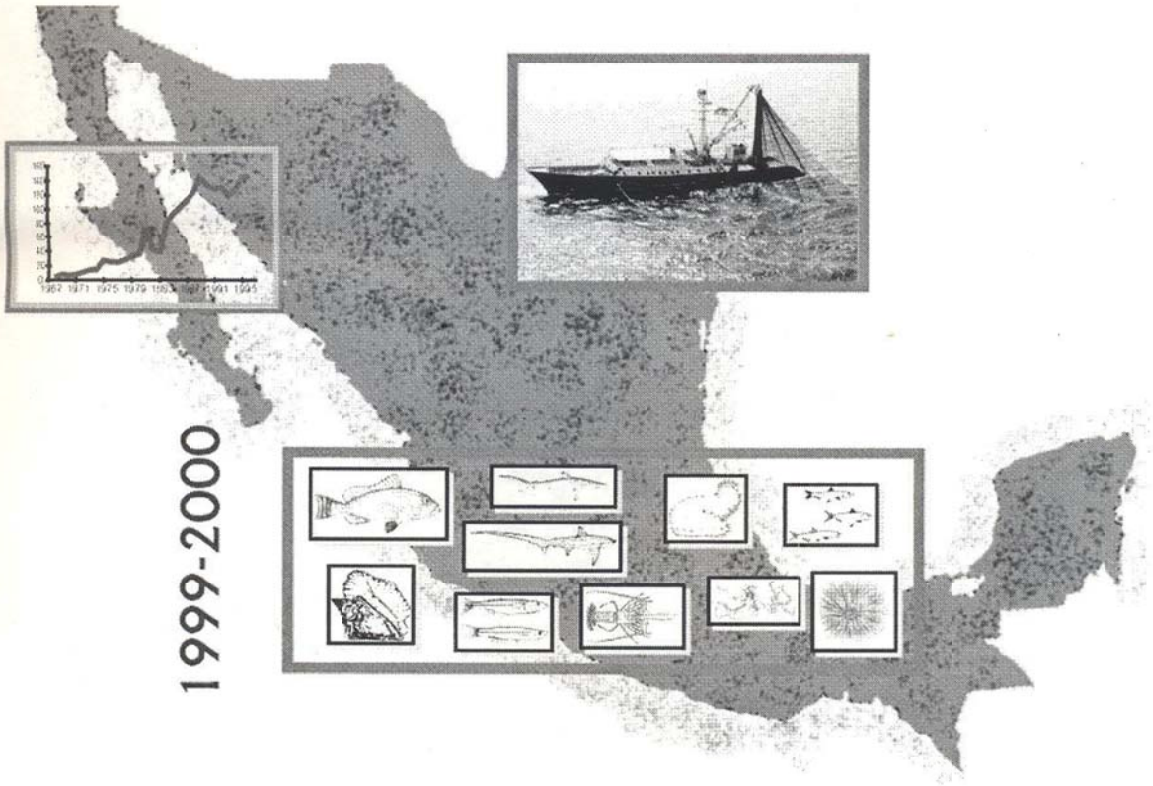
INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA

Sustentabilidad y Pesca Responsable en México
Evaluación y Manejo

SECRETARIA DE
AGRICULTURA, GANADERIA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION | SAGARPA

INSTITUTO NACIONAL
DE LA PESCA

Sustentabilidad y Pesca Responsable en México
Evaluación y Manejo



1999-2000

SECRETARIA DE
AGRICULTURA, GANADERIA,
DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION

SAGARPA

ISBN 968-800-498-7

ÍNDICE

PÁGINA

PRÓLOGO V

INTRODUCCIÓN VII

PESQUERÍAS DEL OCÉANO PACÍFICO 1

CAMARÓN 3
La Pesquería ... 5
Manejo ... 16
Perspectivas ... 40

ATÚN 51
La Pesquería ... 53
Manejo ... 62
Perspectivas ... 67

PELÁGICOS MENORES 73
La Pesquería ... 75
Manejo ... 83
Perspectivas ... 90

CALAMAR GIGANTE 97
La Pesquería ... 99
Manejo ... 104
Perspectivas ... 113

ABULÓN 119
La Pesquería ... 121
Manejo ... 130
Perspectivas ... 144

ERIZO 159
La Pesquería ... 161
Manejo ... 165
Perspectivas ... 173

TIBURONES OCEÁNICOS 179
La Pesquería ... 181
Manejo ... 201
Perspectivas ... 203

TIBURONES DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC 211
La Pesquería ... 213
Manejo ... 220
Perspectivas ... 227

TIBURONES DEL GOLFO DE CALIFORNIA 237
La Pesquería ... 239
Manejo ... 249
Perspectivas ... 251

SIERRA DEL GOLFO DE CALIFORNIA 259
La Pesquería ... 261
Manejo ... 267
Perspectivas ... 270

LISA 275
La Pesquería ... 277
Manejo ... 283
Perspectivas ... 291

ÍNDICE

PÁGINA

HUACHINANGO 295
La Pesquería 297
Manejo 308
Perspectivas 320

JAIBA DE SONORA 327
La Pesquería 329
Manejo 339
Perspectivas 345

ALMEJA MANO DE LEÓN 349
La Pesquería 351
Manejo 355
Perspectivas 362

CARACOL PANOCHA 367
La Pesquería 369
Manejo 373
Perspectivas 381

PEZ VELA 389
La Pesquería 391
Manejo 404
Perspectivas 408

PEZ ESPADA 411
La Pesquería 413
Manejo 427
Perspectivas 429

MARLIN 435
La Pesquería 437
Manejo 452
Perspectivas 459

PESQUERÍAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE 467

CAMARÓN 469
La Pesquería 471
Manejo 499
Perpectivas 519

TIBURÓN 533
La Pesquería 535
Manejo 541
Perspectivas 550

ATÚN 559
La Pesquería 561
Manejo 575
Perspectivas 580

MERO 585
La Pesquería 587
Manejo 595
Perspectivas 607

ÍNDICE

	Página
PULPO	**615**
La Pesquería	617
Manejo	622
Perspectivas	626
LANGOSTA	**631**
La Pesquería	633
Manejo	641
Perspectivas	650
SIERRA PETO	**655**
La Pesquería	657
Manejo	669
Perspectivas	676
HUACHINANGO	**681**
La Pesquería	683
Manejo	692
Perspectivas	698
LISA	**705**
La Pesquería	707
Manejo	715
Perspectivas	720
CARACOL	**727**
La Pesquería	729
Manejo	734
Perspectivas	742
JAIBA	**745**
La Pesquería	747
Manejo	765
Perspectivas	768
ROBALO	**773**
La Pesquería	775
Manejo	786
Perspectivas	790
PESQUERIAS DE AGUAS CONTINENTALES	**793**
LAGO DE PÁTZCUARO	**795**
La Pesquería	797
Manejo	806
Perspectivas	810
LAGO DE CHAPALA	**821**
La Pesquería	823
Manejo	831
Perspectivas	833
AGUAMILPA	**837**
La Pesquería	839
Manejo	843
Perspectivas	847
INFIERNILLO	**851**
La Pesquería	853
Manejo	859
Perspectivas	869

ÍNDICE

	Página
RECURSOS POTENCIALES	**875**
ESPECIES DE ORNATO	**877**
El Recurso	879
Manejo	894
Perspectivas	899
PEPINO DE MAR	**915**
La Pesquería	917
Manejo	927
Perspectivas	931
BACALAO NEGRO	**939**
La Pesquería	941
Manejo	950
Perspectivas	952
ESPECIES SUJETAS A PROTECCIÓN ESPECIAL	**959**
VAQUITA	**961**
El Recurso	963
Manejo	968
Perspectivas	979
BALLENA GRIS	**983**
El Recurso	985
Manejo	988
Perspectivas	991
TORTUGA LORA	**995**
El Recurso	997
Manejo	1004
Perspectivas	1010
TORTUGA CAREY	**1017**
El Recurso	1019
Manejo	1024
Perspectivas	1029
TORTUGA LAÚD	**1033**
El Recurso	1035
Manejo	1040
Perspectivas	1044
TORTUGA BLANCA	**1049**
El Recurso	1051
Manejo	1057
Perspectivas	1062
TORTUGA GOLFINA	**1065**
El Recurso	1067
Manejo	1073
Perspectivas	1079
TORTUGA PRIETA	**1087**
El Recurso	1089
Manejo	1095
Perspectivas	1097
ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS	**1103**
AUTORES	**1107**

PRÓLOGO

La pesca es una actividad económica importante que enfrenta grandes retos. Globalmente, se ha alcanzado la captura máxima posible de la mayoría de los recursos marinos. Hasta fines de los sesentas el ritmo de crecimiento de la producción pesquera era superior al de la población mundial; ahora el crecimiento es nulo o negativo, salvo por la producción acuícola. Adicionalmente, el tamaño de la flota pesquera mundial se encuentra sobredimensionado respecto al tamaño óptimo.

En nuestro país, en la década de 1970 a 1980 la producción pesquera pasó de cerca de 500,000 a casi dos millones de toneladas, aunque desde 1982 la captura nacional ha permanecido alrededor de 1,300,000 toneladas.

El esfuerzo de pesca sigue creciendo debido a la presión social derivada de la pobreza y a la falta de controles eficientes para el acceso. Como resultado, la mayoría de las pesquerías están a su máxima capacidad o sobre explotadas.

El deterioro ambiental antropogénico y natural que se experimenta en buena parte de la zona costera, de donde se extrae el 80% de la pesca, es cada vez más evidente. En una buena proporción de los embalses continentales la situación es similar, debido al deterioro de las cuencas hidrológicas y a sobre pesca.

Ante esta realidad, investigadores y administradores se han percatado de que los recursos acuáticos son vulnerables y por lo tanto finitos. Esto ha resultado en la adopción del concepto de *desarrollo sustentable* (el uso de los recursos naturales sin afectar negativamente su capacidad productiva) y *pesca responsable*.

En México, se ha promovido el ordenamiento y el ejercicio de la pesca responsable. A partir de la Conferencia Internacional sobre Pesca Responsable, organizada en 1992, se generó la *Declaración de Cancún*. En este importante documento de políticas pesqueras se incorporó el concepto de *enfoque precautorio*, el cual fuera después ratificado en la Cumbre de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

En el enfoque precautorio se explicita el papel de la ciencia como elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos naturales bajo la premisa de ser económicamente óptimo, biológicamente sustentable y socialmente aceptado. Para el desarrollo de la actividad pesquera bajo esas condiciones, es necesario un esquema administrativo basado en investigación robusta, que lo oriente y le provea de sustento.

El Instituto Nacional de la Pesca (INP) integró la mejor investigación científica disponible para la toma de decisiones de manejo para la elaboración del libro **"Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y Manejo 1997-1998"**. Acorde con la naturaleza dinámica de los recursos pesqueros, el INP, se ha dado a la tarea de actualizar dicho documento.

Con el objeto de contribuir al mejor aprovechamiento de los recursos mediante la mejor ciencia aplicada, tarea fundamental del INP, se diseñaron estrategias derivadas del análisis de escenarios de manejo.

El presente documento expande el contenido de las anteriores versiones del documento, siguiendo la misma línea de trabajo. En el caso de los recursos pesqueros se siguieron métodos de vanguardia, investigación en tiempo real, puntos de referencia, incertidumbre explícita y riesgo en la toma de decisiones. En el caso de embalses, así como de especies bajo tratamiento especial, se incluyeron recomendaciones para su mejor uso y conservación.

Este esfuerzo representa otro avance significativo en la evaluación de recursos pesqueros para la toma de decisiones. Se detecta la necesidad de un fortalecer la investigación pesquera, incorporando elementos que reconozcan de manera explícita los ecosistemas, de manera particular el incremento al valor de los productos pesqueros, frenar el deterioro ambiental y remediar los efectos de la contaminación.

Es preciso revisar la normatividad vigente, e instrumentar controles que regulen el acceso a los recursos pesqueros. Será necesario también fomentar la recuperación de recursos deteriorados o amenazados, y el uso de artes de pesca cada vez más selectivos y económicamente eficientes para reducir las capturas incidentales y los descartes.

Habrá que considerar explícitamente factores sociales y económicos en el manejo pesquero, para hacer más eficientes y eficaces las regulaciones propuestas; la participación activa de los sectores productivo, académico y de organizaciones no gubernamentales deberá ser una práctica común. Esta integración, apertura, transparencia y promoción de la sociedad en la toma de decisiones de manejo pesquero, es un proceso irreversible en el ordenamiento pesquero de nuestro país.

La presente edición actualizada del libro **"Sustentabilidad y Pesca Responsable en México; Evaluación y Manejo"** proporciona elementos de gestión, orientación y planeación para la conservación y el aprovechamiento de los recursos acuáticos mexicanos más importantes. Se constituye para la sociedad como un instrumento de consulta para el aprovechamiento integral y sustentable de los recursos pesqueros de nuestra Nación.

GUILLERMO A. COMPEÁN JIMÉNEZ

INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera tiene un valor económico, social y alimentario. La pesca genera divisas, da empleo directo y proteína animal. Sin embargo, las tendencias en las capturas de la pesca mundial continúan estabilizadas en los últimos años, a pesar de los incrementos en el esfuerzo de pesca. La demanda excesiva ha generado un esfuerzo pesquero y tasas de aprovechamiento generalmente superiores a las que los recursos pesqueros pueden soportar.

El exceso en la demanda de alimento provoca la sobreexplotación de los recursos pesqueros y conlleva problemas asociados, como son la captura incidental de especies no objetivo, el descarte de las especies sin valor comercial, y el deterioro ambiental, especialmente en las áreas costeras, que provoca la pérdida de hábitats y la contaminación.

Ante este panorama, el Instituto Nacional de la Pesca (INP) redobla esfuerzos de investigación para determinar la situación actual de los recursos acuáticos que se constituyen en pesquerías importantes. El propósito fundamental es proveer a los administradores y a la sociedad en general, las recomendaciones de uso y manejo más apropiadas para su aprovechamiento adecuado.

El INP actualizó el libro Sustentabilidad y Pesca Responsable, incorporando tres pesquerías más. Al igual que en las versiones precedentes, se siguieron metodologías de evaluación de vanguardia.

El estatus de las pesquerías y recursos acuáticos incluidos en las versiones anteriores básicamente no ha variado. La incorporación de otras pesquerías significa un avance en la política orientada al manejo sustentable de los recursos.

La presente edición proporciona un panorama actualizado a los sectores privado, social, instituciones de educación media y superior, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y para toda persona involucrada en el estudio, producción y administración de los recursos pesqueros y en la conservación de especies protegidas de nuestro país.

Se integraron y analizaron 30 pesquerías comerciales de peces e invertebrados, tanto del Océano Pacífico como del Golfo de México y Mar Caribe. Estas pesquerías representan más del 70% del volumen de producción y del valor de la captura nacional. Se incluyeron además, cuatro embalses continentales, tres recursos pesqueros potenciales, dos especies de mamíferos marinos y seis de tortugas marinas.

Las especies incluidas corresponden a los siguientes recursos o embalses:

Océano Pacífico: camarón, atún, peces pelágicos menores, tiburones, calamar gigante, abulón, erizo, sierra, lisa, huachinango, jaiba, almeja mano de león, caracol panocha, pez vela, pez espada y marlin.

Golfo de México y Mar Caribe: camarón, tiburones, atún, mero, pulpo, langosta, caracol, sierra, peto, huachinango, jaiba, robalo y lisa.

Aguas continentales: Lago de Pátzcuaro, Lago de Chapala, presa Infiernillo y presa Aguamilpa.

Recursos potenciales: Especies marinas de ornato, bacalao negro y pepino de mar.

Especies sujetas a protección especial: Vaquita marina, ballena gris, tortuga lora, tortuga carey, tortuga laúd, tortuga blanca, tortuga golfina, tortuga careta y tortuga prieta.

Cada capítulo del libro está dividido en tres secciones:

En la sección de **LA PESQUERÍA** se describen las especies que son aprovechadas. Se indica la importancia de la pesquería, la biología del recurso, se describen las operaciones y equipo de pesca así como las tendencias históricas de la captura y el esfuerzo, el impacto de la pesca incidental y la interacción con otras pesquerías. Cuando existe información suficiente, se detallan también aspectos socioeconómicos como la infraestructura e indicadores de precios y empleos.

En la sección referente al **MANEJO** se describen las medidas administrativas actuales y el análisis cuantitativo que se realizó. En este último apartado se enlista la información disponible, se describen los supuestos y fundamentos del modelo empleado. Bajo el subtítulo de Estado Actual de la Pesquería se le cataloga como pesquería con potencial de desarrollo, aprovechada al máximo permisible o en deterioro. El estado y la clasificación de cada pesquería está justificada con los resultados formales del modelo y apoyada en la historia de la explotación, así como de las características biológicas del recurso.

El apartado sobre **PERSPECTIVAS** incluye las estrategias de manejo que se recomienda seguir para recuperar, mantener o desarrollar a la pesquería en cuestión. En esta sección se establecen los puntos de referencia para su manejo bajo un enfoque precautorio y se efectúan simulaciones para considerar el riesgo que conllevan diversas opciones. Finalmente se resaltan las necesidades de investigación para fomentar la colaboración

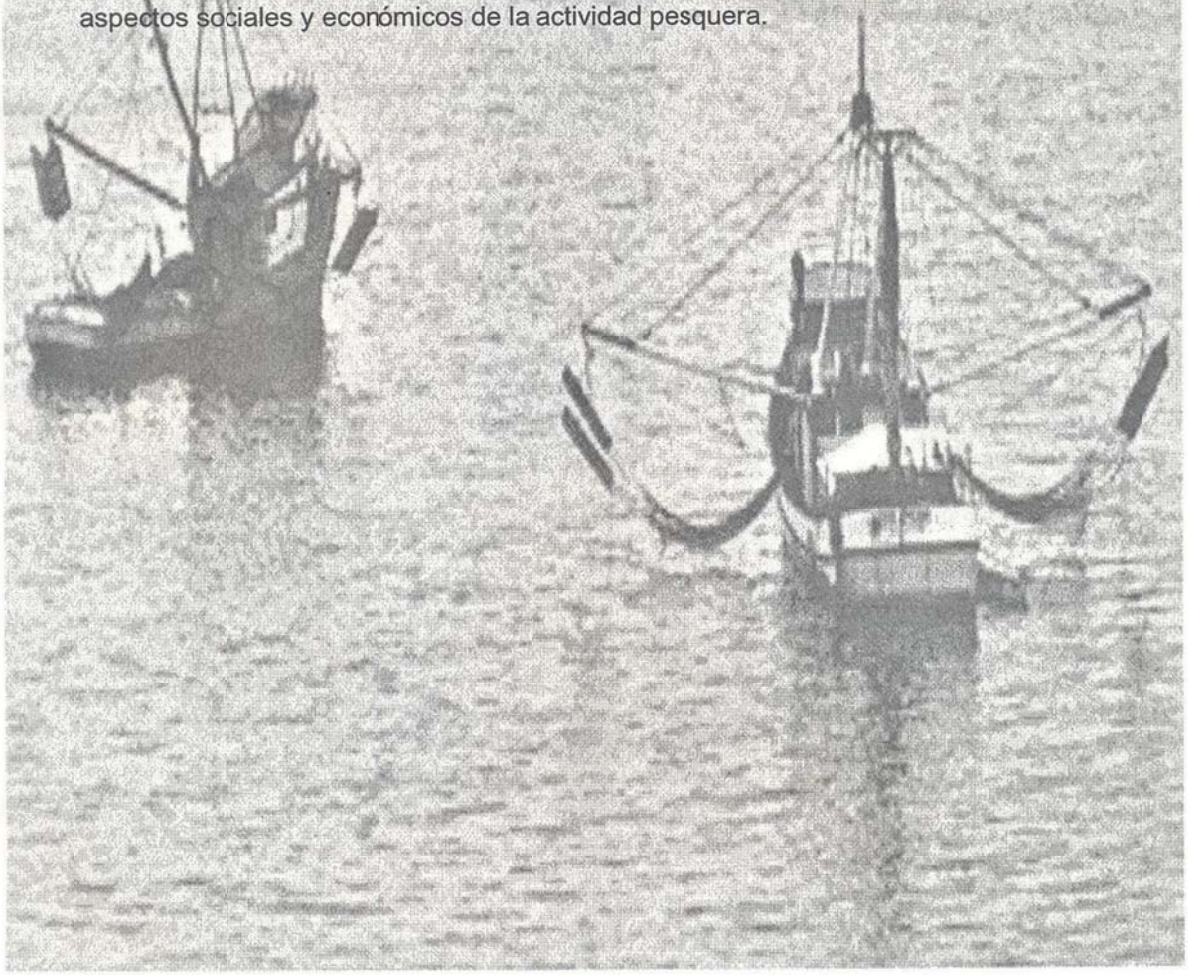
institucional entre gobierno, sector productivo y academia.

En el caso de pesquerías potenciales, se definen recursos pesqueros que en determinado momento, si la información científica lo demuestra, serían considerados para iniciar una actividad comercial bajo un esquema de manejo *ad hoc*.

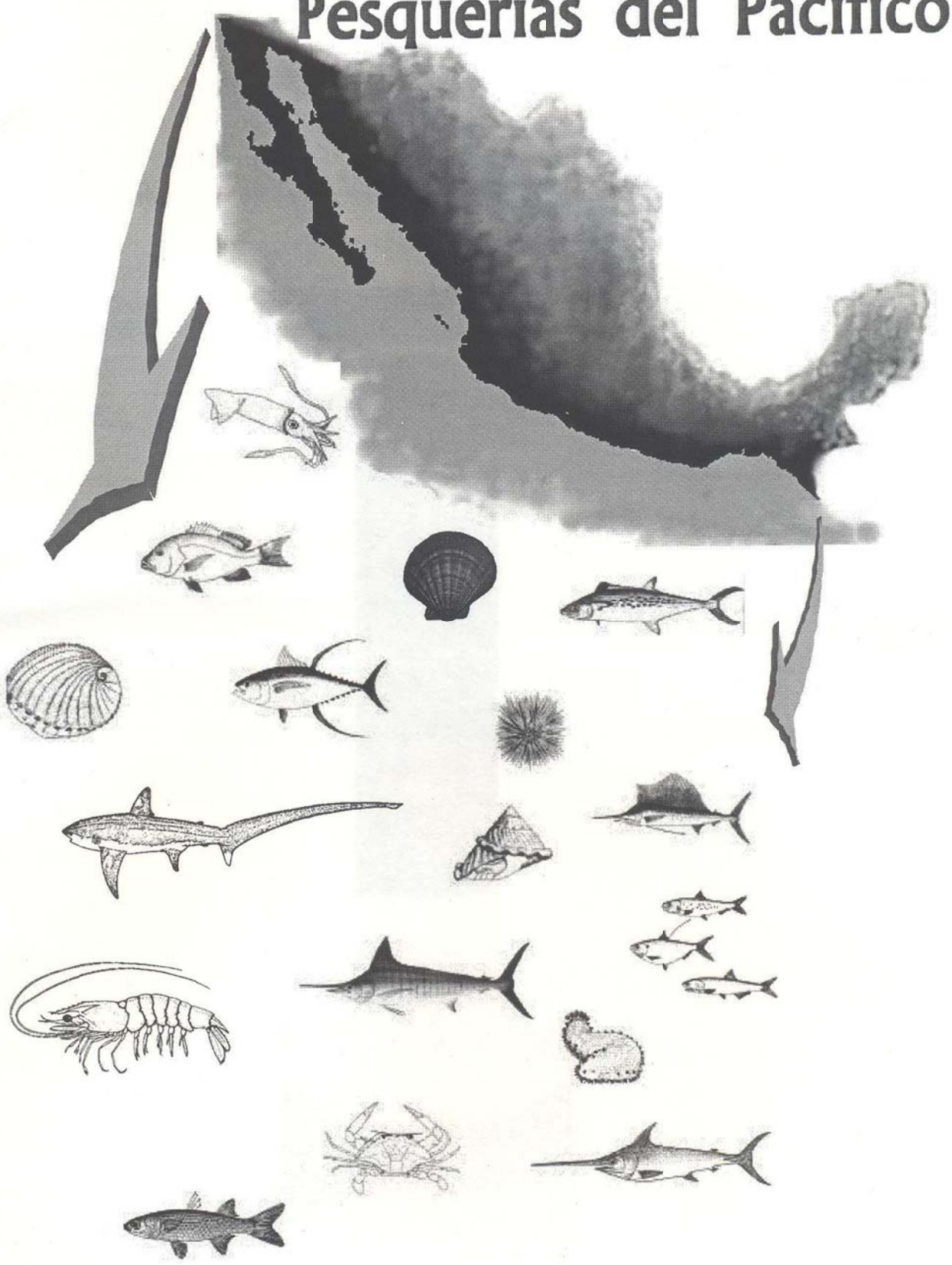
Para las especies sujetas a protección especial, se integra la información científica disponible para determinar el estatus que guardan estas especies y definir las medidas de conservación necesarias para garantizar su permanencia en aguas mexicanas. En el caso de especies consideradas en peligro de extinción, se recomiendan acciones concretas para evitar su desaparición.

El concurso de los sectores productivos ha sido esencial para efectuar los muestreos, para tener programas de observadores, para obtener fondos y apoyo con los datos de capturas.

Este documento refleja el esfuerzo y la dedicación de investigadores, técnicos y personal administrativo, así como de mandos medios y superiores del INP. La actualización del estado de las pesquerías y la evaluación de otras, implicará considerar en el futuro aspectos sociales y económicos de la actividad pesquera.



Pesquerías del Pacífico



camarón
café
camarón
cristal
azul
camarón
cristal
café
camarón
azul
blanco
café
cristal
camarón
blanco
camarón
azul
camarón

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE CAMARÓN DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Camarón café *(Penaeus californiensis),* cristal *(P. brevirostris),* azul *(P. stylirostris)* y blanco *(P. vannamei).*

- La pesquería más importante de México: primer lugar en valor económico y tercer en volumen, décimo lugar mundial.
- Aprovechada desde la época prehispánica, inicia formalmente como pesquería en 1938.
- Son organismos de ciclo de vida corto: edad máxima, dos años; bajo las condiciones de aprovechamiento actual apenas alcanzan un año.
- El aprovechamiento se da en forma secuencial: los juveniles se capturan en sistemas lagunares y los adultos en la zona marina. Alrededor de 37,000 personas están involucradas en la actividad pesquera.
- Poblaciones con enorme capacidad de crecimiento, altamente resistentes al aprovechamiento intenso.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 60,499 t, 77% con respecto al máximo histórico (1982).

EFECTOS ENOS 97-98

- Favorece el reclutamiento y el crecimiento.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa de Schaefer, estructurado por edades de Deriso y estructurado por tallas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible (café en buen estado, blanco y azul deteriorados).

MEDIDAS DE MANEJO

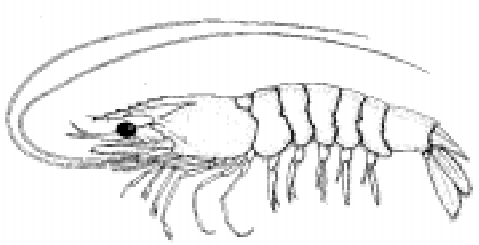
- Vedas temporales, control del esfuerzo, reglamentación de las características técnicas de las artes de pesca, no pesca de la franja de cero a cinco brazas, no arrastre en las bahías (NOM-002-PESC-1993).

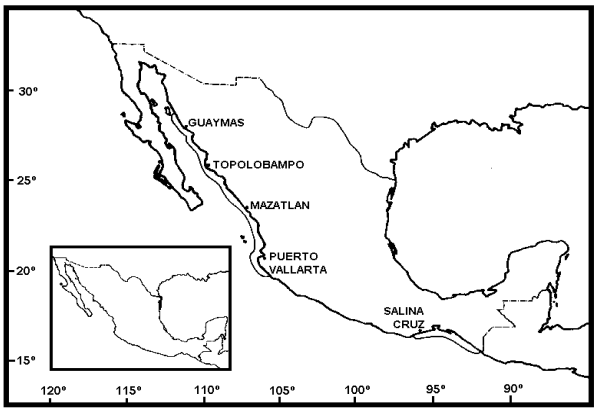
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- A corto plazo: proteger el crecimiento, el reclutamiento y el periodo de reproducción.
- A mediano plazo: incrementar la biomasa al final de cada temporada de pesca.

CAMARÓN DEL OCÉANO PACÍFICO

Farfantepenaeus californiensis
Penaeus brevirostris
Litopenaeus stylirostris
L. vannamei
P. occidentalis





LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La pesquería del camarón del Océano Pacífico, es una de las más importantes en México. Cinco características básicas la definen:

a) Ocupa el primer lugar en México por su beneficio económico. Por la alta cotización del camarón en el mercado internacional, las exportaciones hacia Estados Unidos representan importantes ingresos de divisas para México (Tabla 1).
b) El número de empleos generado directa o indirectamente es de más de 37,000.
c) El volumen de captura (tercer lugar nacional y décimo mundial) sólo es superado por el atún y la sardina.
d) Es una especie con ciclo de vida corto: un año, máximo dos años en condiciones silvestres; de rápido crecimiento, alta fecundidad (hasta 1.250 millones de huevos por hembra) y susceptible de ser cultivado.
e) La pesquería es secuencial, esto es, se aprovecha por diferentes flotas y artes de pesca en tres fases de su ciclo de vida: *i)* como adulto, capturado por la flota de altamar o industrial, *ii)* como juvenil, capturado por embarcaciones menores (pangas) en las zonas someras del litoral, lagunas costeras, esteros y bahías, *iii)* como postlarvas (estadio del camarón de 6-12 mm que penetra a los sistemas lagunares con fines de crecimiento y protección) capturadas en su medio silvestre para ser cultivado.

El Pacífico mexicano, aporta el 77.33% de la captura nacional de camarón. Las principales regiones de producción son: el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec

Del total del camarón desembarcado en México durante 1999 (78,234 t), el litoral del Pacífico contribuyó con 60,499 t, lo que representa el 77.33%. Dos regiones destacan en este litoral por la gran abundancia de este recurso y en general por su alta productividad y diversidad de especies: el Golfo de California y el Golfo de Tehuantepec. Ocho especies son aprovechadas y de ellas cuatro (*F. californiensis, P. brevirostris, L. stylirostris* y *P. vannamei*) constituyen más del 90% de la captura total (Tabla 2).

Desde la época prehispánica el camarón se capturaba en los sistemas lagunares sólo para subsistencia local o regional, costumbre que se conservó hasta finales del siglo XIX. Por otro lado, la primera exportación de camarón se efectuó en

Tabla 1. Volumen y valor* del camarón del litoral Pacífico de México en 1998 (SEMARNAP, 2000).

Región	Volumen (t)	Valor (miles de pesos)
Golfo de California y Pacífico	27,369	1'582,596.0
Golfo de Tehuantepec	6,229	360,188.2
Cultivo	26,901	1'555,534.1
Total	60,499	3'498,318.3

* Valor a precios de playa o primera mano.

Tabla 2. Nombre científico y nombre común de las especies de camarón en explotación en el litoral Pacífico de México

Nombre científico	Autoridad	Nombre común
Farfantepenaeus californiensis	Holmes 1990	Camarón café
Penaeus brevirostris	Kingsley 1878	Camarón cristal o rojo
Litopenaeus stylirostris	Stimpson 1871	Camarón azul
Litopenaeus vannamei	Boone 1931	Camarón blanco
Penaeus occidentalis	Streets 1871	Camarón blanco de Tehuantepec
Trachypenaeus faoea	Loesch y Avila 1964	Camarón zebra
Trachypenaeus pacificus	Burkenroad 1934	Camarón botalón
Sicyonia penicillata	Lockington 1878	Japonés, piedra o cacahuate
Xiphopenaeus riveti	Bouvier 1907	Camarón siete barbas

1921 y en los años treinta los japoneses y norteamericanos, ya capturaban camarón con sus barcos en aguas mexicanas (Hernández-Carballo, 1988).

En 1934 se registraron oficialmente 250 t de camarón y en 1938 el gobierno Mexicano otorgó permisos para la pesca por primera ocasión, considerándose con ello que la pesquería de camarón inició formalmente. Un año después, se registró el primer buque camaronero en el puerto de Guaymas (Rodríguez de la Cruz y Rosales-Juárez, 1976) y en 1941, en este puerto había una flota formal de 21 barcos que capturaron 1,900 t en las cercanías de Topolobampo y Guaymas, donde la pesquería virtualmente inició su desarrollo, propagándose hacia otras regiones hasta el final de los años cuarenta y principios de los cincuenta (Rodríguez de la Cruz y Rosales-Juárez, 1976).

En 1955 se inició la captura de camarón en el litoral de Oaxaca y Chiapas y en 1960 en el litoral oeste de Baja California Sur (Bahía Vizcaíno). La primera fase de crecimiento y expansión de la pesquería fue de 20 a 25 años, observándose entre 1958 y 1965 las máximas capturas de la historia de la pesquería, con una estabilidad en las capturas (36,000 t aproximadamente) y en el número de embarcaciones de altamar (alrededor de 850) en todo el litoral del Pacífico mexicano. Fue tal el auge de la pesca de camarón y las facilidades de su explotación, que en 1958 se redujo el tamaño de malla a 1 $^{5}/_{8}$ pulgadas y 1 $^{3}/_{8}$ pulgadas en el cuerpo y alas de la red y 1 ½ pulgadas en el copo, con objeto de capturar camarón pequeño (Rodríguez de la Cruz y Rosales Juárez, 1976). Esto, aunado al aprovechamiento en el Golfo de Tehuantepec y en la península de Baja California, ocasionó que en los años setenta se sobrecapitalizara la industria, propiciado también por el alto precio del producto en el mercado internacional. Sin embargo, los costos por barco aumentaron y el rendimiento económico por barco disminuyó, (Lluch-Belda, 1974; Wasdworth, 1974).

Con la transferencia de la flota camaronera de altamar al sector cooperativista, concretada en 1981, se inició una nueva etapa en la evolución de la pesquería. En 1982 se estableció el sistema de permiso de pesca por barco, el cual especifica los requisitos para su obtención y las condiciones para su ejercicio. Este sistema se complementó con normas técnicas y administrativas para la operación de la flota que establecen que cada embarcación deberá operar conforme a un programa anual de operación y producción que precise metas de captura de camarón y fauna comestible. Asimismo, cada embarcación tendrá un puerto base de operaciones y un puerto alterno en los que se realicen las operaciones de carga y descarga de productos, además el trámite de documentos necesarios para realizar la navegación y pesca y el uso obligatorio del cuaderno de bitácora.

Un año después de la transferencia de la flota camaronera al sector cooperativista (1981), se estableció el sistema de permiso de pesca por barco posteriormente complementado con normas técnicas y administrativas para la operación de la flota

Para 1988 la flota casi se había duplicado (1,544 barcos) con relación a 1970 y todas las embarcaciones pertenecían al sector social desde 1981, con 37,000 pescadores (87% del total) dedicados a la pesca de camarón en el litoral Pacífico (Hernández-Carballo, 1988). Un factor importante en el aprovechamiento del camarón fue la exclusividad de su captura por parte del sector social, organizado en cooperativas desde 1938. Sin embargo, diversos factores, entre ellos el deterioro de los barcos y los créditos bancarios con altas tasas de interés, ocasionaron que el sector social fuese perdiendo solvencia económica, y que perdiese la exclusividad de la captura de camarón en 1992 y el sector privado se encargara de operar la flota. Los industriales privados estaban respaldados por la nueva Ley de Pesca de 1992, que permitió su ingreso al aprovechamiento del recurso como una medida de incorporar capital fresco a una pesquería industrial de camarón cuya inestabilidad financiera amenazaba con acabarla.

A pesar de que desde 1938 el camarón era capturado exclusivamente por cooperativas, en 1992 el sector privado ingresa a esta pesquería e inicia a operar la flota dado el deterioro económico del sector social

La más reciente fase de aprovechamiento del recurso inició con la instalación de la primer granja de cultivo intensivo de camarón en Puerto Peñasco, Son. en 1971, pero fue hasta finales de los años ochenta y principios de los noventa cuando comenzaron los buenos resultados de esta actividad, contribuyendo en 1995 con el 22% del total de la producción de camarón en el Pacífico. Las primeras fases de desarrollo (postlarvas) fueron incorporadas al sistema global de aprovechamiento al capturarse en su medio natural o produciéndolas en los laboratorios para finalmente “sembrarlas” en los grandes estanques.

El cultivo se perfila hacia el inicio del nuevo milenio como una actividad que podría generar más empleos y divisas para México, cerrando así el círculo de un nivel de aprovechamiento máximo para un sólo recurso. Sin embargo, no se desdeñan las perspectivas a largo plazo, donde la ingeniería genética y mejores tecnologías tendrían un papel de fuerte impacto en el cultivo del camarón.

Biología

Los camarones peneidos son invertebrados de regiones intertropicales y subtropicales, euritérmicos y eurihalinos, con intervalos óptimos para su crecimiento de 24-28°C y de 23-36$^{o}/_{oo}$, y de hábitos bentónicos como juveniles y adultos. *L. vannamei* y *L. stylirostris* viven la mayor parte del tiempo en zonas influenciadas o en estrecha relación por los deltas de ríos, estuarios o lagunas costeras. En cambio, *F. californiensis* y *P. brevirostris* se encuentran preferentemente en el medio marino, aunque también se les pueden encontrar dentro de los sistemas lagunares. Todos los camarones de la Familia Penaeidae del Pacífico mexicano presentan dimorfismo sexual, maduran y se reproducen en mar abierto entre las 5 y 20 brazas de profundidad, sus huevos son demersales y después de la eclosión tienen once estadios larvales planctónicos, pasando de una fase a otra por medio de una muda: cinco nauplios, tres protozoea y tres mysis. La última de estas mudas la transforma en una postlarva que ya tiene la apariencia general del adulto pero su fórmula rostral es incompleta.

Antes de llegar a postlarva, los camarones de la Familia Penaeidae, pasan por 11 estadios larvales: cinco nauplios, tres protozoea y tres mysis

Ya como postlarva, el camarón penetra a los estuarios y lagunas costeras gracias a las corrientes y mareas, donde virtualmente inicia su crecimiento con hábitos semibentónicos. Conforme crece (30 a 60 mm/mes durante la fase de juvenil) se desplaza de las aguas someras de la laguna hacia áreas más profundas. Cuando alcanza 100 mm aproximadamente, sale de estos sistemas hacia el mar para completar su ciclo reproductivo (Rodríguez de la Cruz y Rosales-Juárez, 1976). Estos movimientos migratorios obedecen a la naturaleza de su ciclo de vida, que es dependiente de los sistemas lagunarios, estuarios o bahías, los que son utilizados como zonas de protección, alimentación y crecimiento. Tienen preferencia por fondos blandos fango-arenosos y se alimentan de crustáceos, peces, moluscos, anélidos, plantas y detritus orgánico.

Las especies de camarón del Pacífico se reproducen prácticamente todo el año con picos de desove durante la época cálida (mayo-septiembre).

En el área del Golfo de California, la mayor densidad de camarón se encuentra en el sur de Guaymas y al norte de Mazatlán. Es el área que soporta el esfuerzo de la mayor parte de la flota camaronera durante los primeros cuatro meses de la temporada de pesca.

Las principales especies de camarón del litoral Pacífico de México se distribuyen de la siguiente manera:

- *F. californiensis*. Se encuentra en todo el litoral del Pacífico mexicano, excepto en la costa oeste de Baja California, aunque su distribución no es uniforme. Generalmente se captura en baja proporción en Bahía Sebastián Vizcaíno, en el litoral oeste de la península de Baja California Sur, aumentando su abundancia cuando se presenta el fenómeno de "El Niño". En el Golfo de California es muy abundante, principalmente en la parte central y norte, y es escaso frente a las costas de Nayarit y Jalisco; entre Colima y Guerrero su proporción es baja y abundante en Oaxaca. Las mayores capturas se obtienen entre las 11 y 20 brazas.

- *L. vannamei*. Se distribuye desde la Bahía de Yavaros hasta la frontera con Guatemala, sin que su distribución sea uniforme en todo el litoral. Esta especie es menos abundante con respecto al camarón azul desde Yavaros hasta el río San Lorenzo, Sin.; sin embargo, desde este río hasta Nayarit es la especie dominante, pues en los sistemas lagunares la proporción de captura es hasta del 95%. La mayor abundancia y captura se encuentra entre las 2 y 10 brazas de profundidad en el mar.

- *L. stylirostris*. Se distribuye en todo el litoral Pacífico de México, excepto en la costa oeste de Baja California, pero su distribución no es uniforme. Es la segunda especie de mayor abundancia en la porción central y norte del Golfo de California y la dominante en las lagunas, estuarios y bahías ubicados desde el norte de Mazatlán hasta el río Colorado. Al igual que en el litoral oeste de la península de Baja California Sur, esta especie es la más abundante; sin embargo, desde el río San Lorenzo, ubicado al norte de Mazatlán, hasta la frontera con Guatemala, es menos abundante. En el mar su distribución batimétrica alcanza las 25 brazas.

- *P. brevirostris*. Se localiza desde el río San Lorenzo, Sin. hasta la frontera con Guatemala, con mayor abundancia en los alrededores de Mazatlán y el Golfo de Tehuantepec; en diciembre y enero se registran las mayores capturas de esta especie. Este camarón es pequeño en relación con las otras tres especies y se captura entre 25 y 50 brazas, además es más frágil a la manipulación. Por eso regularmente se le pesca después de que los pescadores observan que las capturas de las otras tres especies han disminuido.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

- **Altamar**

El arte de pesca empleado por la flota industrial para la captura de camarón en altamar es la red de arrastre

Las unidades de pesca industrial (o de altura) son los buques mayores de 15 m de eslora, autonomía mayor de 15 días y que operan en zonas entre las 10 y 60 brazas, con potencia de motor de 220 a 624 Caballos de Fuerza. Algunos cuentan con equipo de navegación (navegador por satélite, radar, compás y sonda), comunicación (radio transmisor-receptor) y con bodega hasta de 100 t con sistema de refrigeración para conservar el producto.

El arte de pesca es la red de arrastre, utilizada sólo por la flota industrial. Todas las redes camaroneras están formadas por una bolsa más o menos cónica que se abre al ser remolcada gracias a una línea de flotadores en su borde superior, otra de plomo en el inferior y un par de puertas o portalones. Existen varios tipos de redes como resultado del avance tecnológico del sistema de arrastre y las condiciones de operación. Las más usadas en el Pacífico son: balón, semibalón, fantasma, hawaiana y la voladora. Su diseño y funcionamiento están en función de la potencia nominal, eslora total y capacidad del barco; las más comunes miden alrededor de 21.5 m. Los portalones que se utilizan en el arrastre camaronero son de tipo rectangular plano, construidos de madera, solera y chapa de acero. Su diseño varía en función de la potencia del barco y tamaño de la red y su área fluctúa entre 1.73 y 3.07 m^2.

La red de arrastre está unida mediante sus dos relingas (superior e inferior) a los cárcamos ubicados en la parte superior de los portalones. El “espantador” (cadena de acero de longitud menor a la relinga inferior de la red), cuya función es la de mover al camarón para que quede expuesto a la acción de la boca de la red durante el arrastre, se une al cárcamo inferior de los dos portalones. Las redes tienen un tamaño de malla de 2.25 pulgadas en el cuerpo y alas de la red (desde julio de 1977).

Las redes de arrastre se han utilizado por más de 50 años, desde el inicio de la pesquería sin modificaciones radicales. El primer cambio de la operación se realizó en los años cincuenta al sustituir la red grande de 80 a 120 pies de relinga superior, por dos redes de 40 a 45 pies, arrastradas por cada banda de la embarcación. Esta innovación tuvo la finalidad de incrementar el área barrida por las redes. Bajo el mismo concepto, en los años setenta algunos barcos instalaron cuatro redes, dos en cada banda unidas en el centro por un patín que se desliza sobre el fondo, sin embargo, esto último ya no está en uso.

La captura se realiza durante las 24 horas con un promedio de seis arrastres por día. La tripulación de las embarcaciones está constituida por: un patrón o capitán del barco, un motorista, ayudante de motorista, un cocinero y dos o tres ayudantes, cuyo salario está de acuerdo con el precio del camarón en el mercado.

Mazatlán es el puerto de mayor importancia como centro de operación y avituallamiento para la flota de altamar, le siguen ocho puertos localizados a lo largo de la costa del Pacífico mexicano

Cuando el capitán elige la zona de pesca, basado esencialmente en su experiencia y en la época del año, larga las redes para iniciar el lance de pesca, el cual varía de dos a cuatro horas con una velocidad promedio de tres nudos. Al finalizar el lance se recobra la red y la captura se deposita en cubierta separándose el camarón y las especies de peces apreciadas en el mercado local o regional. El resto de la fauna acompañante se regresa al mar como “desecho”, “descarte” o “basura”. El camarón es descabezado y las colas son lavadas, tratadas con salmuera y almacenadas en bodega.

Los principales centros de operación y avituallamiento de los barcos son: Mazatlán, el puerto más importante en cuanto a número de embarcaciones y abundancia de camarón en el litoral de Sinaloa; le siguen en orden de importancia:

Guaymas (Son.), Salina Cruz (Oax.), Puerto Peñasco (Son.), Topolobampo (Sin.), San Felipe (B.C.S.), Santa Clara (Son.), Yavaros (Son.) y Puerto Madero (Chis.).

- **Bahías y lagunas**

La pesquería de camarón se realiza por distintas flotas y artes de pesca en tres fases de su ciclo de vida (pesquería secuencial)

Las unidades de pesca ribereña son embarcaciones menores conocidas como "pangas", en su mayoría construidas de fibra de vidrio de 22 pies de largo, 3 a 3.5 t de capacidad y con tres pescadores a bordo. Aunque en las lagunas costeras no se requiere gran potencia de motor, las más comunes son 55, 60, 75, 85, 110, 150 o 200 Caballos de Fuerza. En algunas bahías de Sonora, Sinaloa, Nayarit y zonas de Oaxaca y Chiapas, se utilizan cayucos de madera o fibra de vidrio de 18 pies de eslora. Los más grandes son propulsados con velas y palancas o remos, estos últimos especialmente en zonas someras, como esteros y canales, donde es imposible el empleo del motor fuera de borda.

Los principales artes de pesca utilizados en esteros, bahías y lagunas son los siguientes:

- **Atarraya**. Es uno de los artes de pesca más generalizado, debido principalmente a que su operación no requiere de equipo especial ni de inversiones considerablesEs un equipo que se lanza tratando de cubrir el objeto de pesca y atraparlo entre sus paños y el fondo. Tiene la forma de un círculo construido en malla en cuyo borde exterior se encuentra una línea de plomos. Las atarrayas son de tres tipos diferentes: simple, con bolsa y “atómica”. Están construidos con monofilamento, el cual le proporciona al arte una mayor velocidad de hundimiento; llegan a tener un radio de acción de 5 m o más y su tamaño de malla es de 1 a 2 pulgadas con un calibre de hilo de 0.30 mm.

- **Red agallera**. Desde 1985, este arte de pesca empezó a utilizarse con mucha regularidad por sus altos rendimientos. Su operación requiere de un esfuerzo físico menor que cualquier otro equipo, excepto cuando se recobra la red. Su construcción es muy rápida, es selectivo, captura camarón de mejor talla y menos maltratado. Regularmente tienen una longitud de 280 m, malla de 1 3/4 a 2 3/4 pulgadas y operan entre 1 y 10 brazas. Se deja operar el arte aproximadamente por 45 minutos a una hora. El enmalle opera como una barrera al contacto con los camarones y cuando éstos "saltan" hacia atrás quedan atrapados entre las mallas de la red. Su eficiencia aumenta considerablemente si se utilizan en mareas vivas. En Sonora y Sinaloa estas redes son conocidas como "chinchorros de línea", las cuales operan en el litoral costero, mientras que en Oaxaca y Chiapas se les denomina "mangas" y son de uso común en los sistemas lagunares Huave y Mar Muerto.

- **Suripera o dragón**. Esta red ha desplazado definitivamente a la atarraya de las bahías de Altata y Santa María La Reforma, Sinaloa, donde se originó y su uso es casi exclusivo de esa región debido a que cubre un área mayor sin esfuerzo físico de la tripulación. El equipo y su operación consisten en una pantalla de red en forma trapezoidal cuyo borde más ancho se desliza suavemente sobre el fondo a la velocidad a la que la lancha es jalada por la corriente y el viento. Esta pantalla, al ser remolcada se inclina formando un ángulo interno con el fondo. En el bordo más angosto, la pantalla termina en tres embudos, de los cuales la mitad de la boca por la cara superior va unida a la pantalla y la otra mitad del borde interior cae por su propio peso para mantenerse abierta. Durante la operación este embudo se introduce en una o más bolsas de unos 30 a 40 cm para formar así una trampa en la que yace el camarón, que al subir por la cara interna de la pantalla, trata de franquearla y penetra en el embudo.

- **Chango**. Este equipo es una copia a pequeña escala de la red de arrastre de los barcos camaroneros y se requiere de una buena embarcación cuya estructura resista el tirón de la red y

un motor no menor a 55 CF. A mayor potencia, mayor área de arrastre. Los arrastres con este tipo de arte mediante embarcaciones menores están prohibidos en aguas protegidas y litoral costero del Pacífico mexicano. El empleo de este arte de pesca es conocido como "changuerismo" y constituye una de las fuentes más comunes de pesca ilegal, principalmente durante la veda en los estados de Baja California Sur (Bahía Magdalena), Sonora, Sinaloa y Nayarit.

De los cinco principales artes de pesca que se emplean para captura de camarón en esteros, bahías y lagunas, el "chango" es un equipo prohibido y su utilización constituye una de las fuentes más comunes de pesca ilegal

- **Chayo.** Es un arte de pesca utilizado para la captura de postlarvas cuya estructura es muy simple. Consiste de una red con malla de 0.5 mm sujeta en los extremos por dos varas y manipulado por dos personas. Las áreas de colecta de postlarvas son los frentes de playa alejados una distancia mínima de 2.5 km en ambos lados de las bocas de bahías, esteros y sistemas lagunares con pesquerías establecidas. Las postlarvas son separadas del resto del plancton con el que son capturadas, depositadas en grandes bidones y transportadas a las granjas de cultivo.

▼ *Tendencias históricas*

- **Guaymas**

La captura de camarón en Guaymas se encuentra compuesta principalmente por dos especies el camarón café (*F. californiensis*) y el camarón azul (*L. stylirostris*). La tendencia de las capturas de las diferentes especies ha sufrido fluctuaciones (Fig. 1).

En general, se presenta un incremento en las temporadas 86-87 y 95-96 y un decremento durante la temporada 90-91 y en la 98-99 aumentando nuevamente en la 99-00 (Fig. 1). La proporciónde camarón

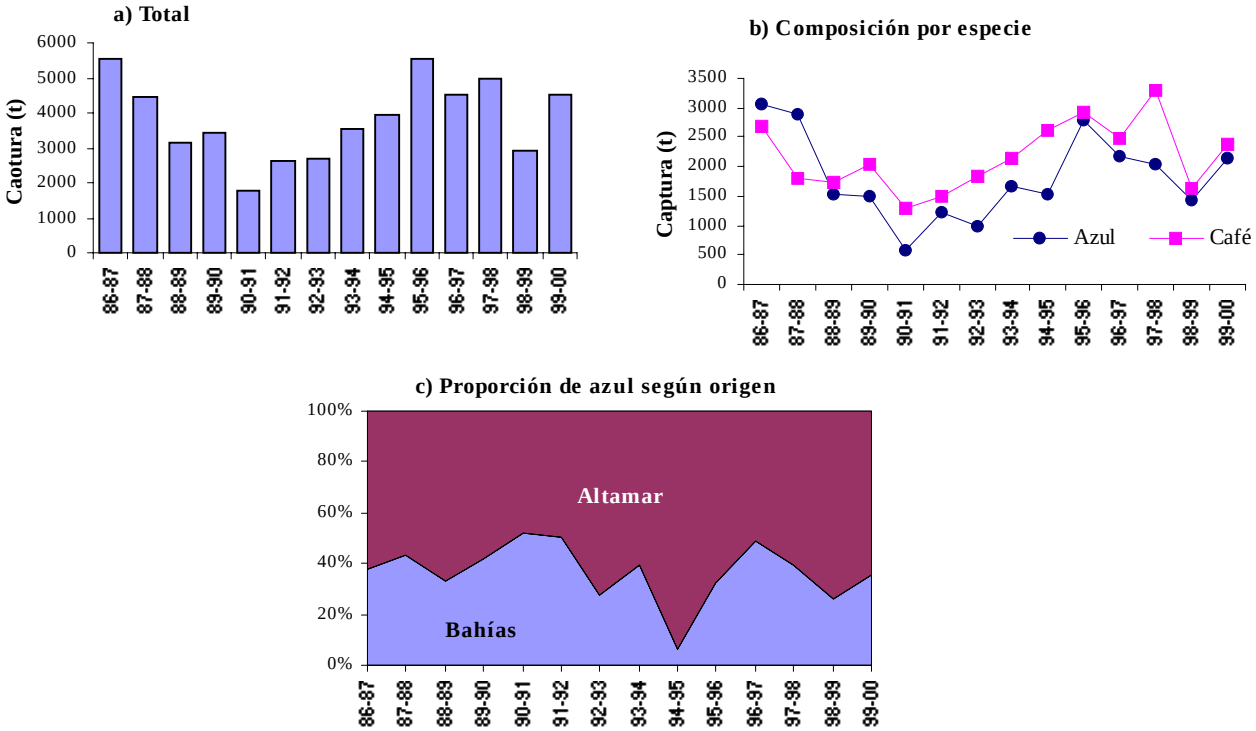


Fig. 1. Tendencia de la captura de camarón registrada para el puerto de Guaymas, de la temporada 1986-1987 a la 1999-2000: a) captura total; b) por especies y c) según origen.

café es ligeramente mayor (54%) La mayor proporción (65%) de capturas de camarón azul proviene de altamar.

- **Mazatlán**

En este puerto se registran tres especies principalmente: el camarón café (*F. californiensis*), el camarón blanco (*L. vannamei*) y el camarón azul (*L. stylirostris*). La tendencia de la captura no ha presentado grandes fluctuaciones desde la temporada 83-84, salvo un ligero decremento en 90-91, incrementándose en los años siguientes, hasta lograr la mayor captura en 97-98 (Fig. 2a).

La especie más importante es el camarón azul (40%)proveniente principalmente de las bahías (Figura 2c) El camarón café es el siguiente en importancia (33%) y el camarón blanco participa con 27% del cual el 48% proviene de altamar y el resto de las bahías.

La captura de las tres especies sufrió también una declinación notable en 98-99. La única especie que se recupera en la temporada siguiente es el camarón azul.

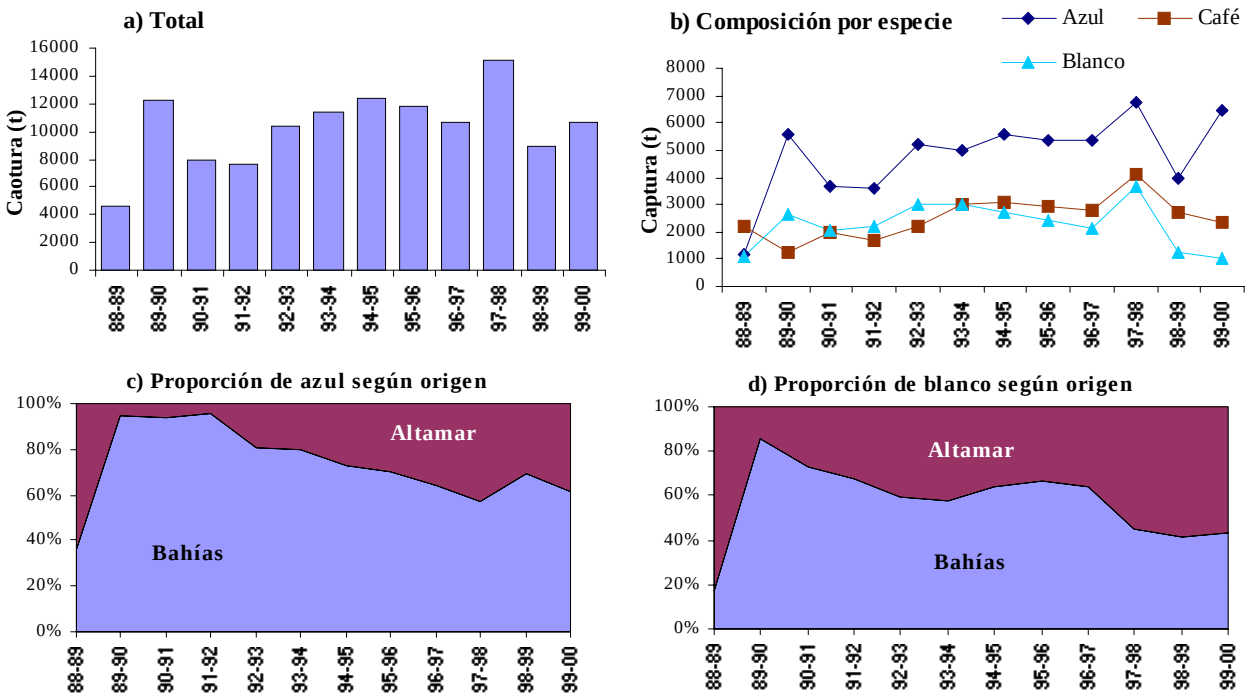


Fig. 2. Tendencia de la captura de camarón registrada en Mazatlán de la temporada 1988-1989 a la 1999-2000: a) captura total; b) por especies; c) y d) según origen.

- **Alto Golfo**

La captura de camarón de esta zona se compone de dos especies, el camarón azul y el café. La producción presenta una tendencia estable del 93 hasta el 97, cuando empieza a incrementarse paulatinamente hasta la última temporada 99-00 (Figura 3). Las capturas se componen principalmente de camarón azul, las que a partir de la temporada 96-97 aumentan constantemente, a diferencia del camarón café que han permanecido estables. La mayor parte del camarón azul de esta región lo captura la flota artesanal, con chinchorro de línea.

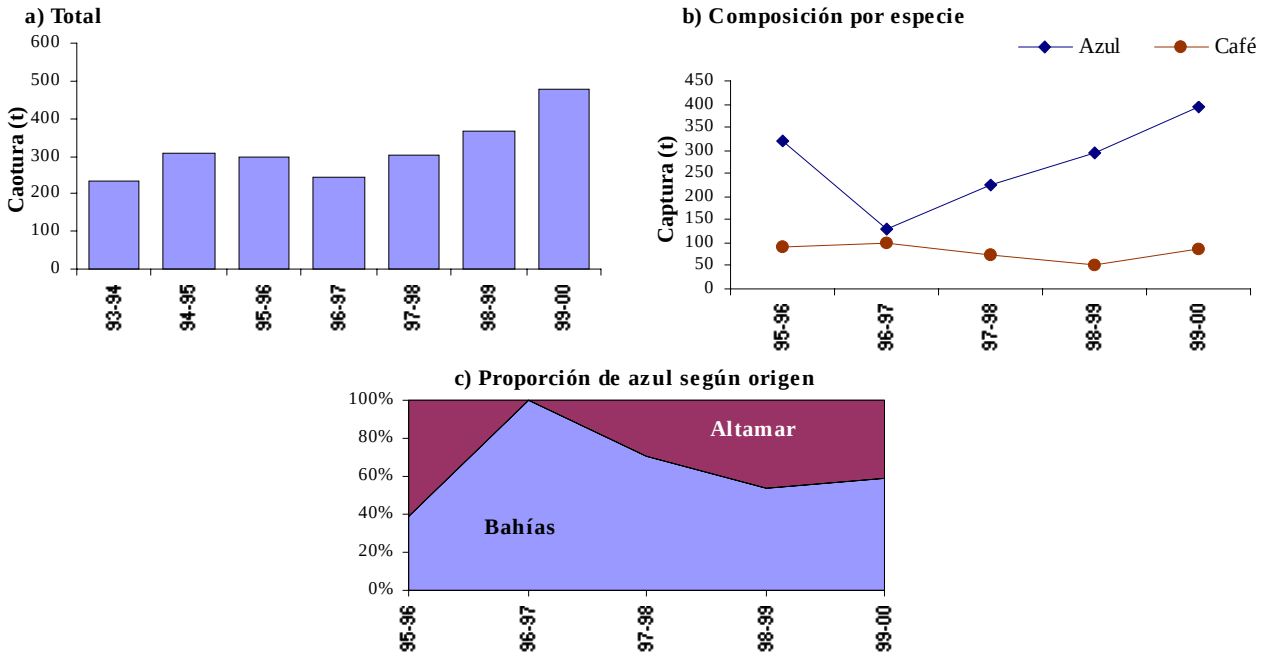


Fig. 3. Tendencia de la captura de camaron registrada para la zona del Alto Golfo de la temporada 1988-1989 a la 1999-2000: a) captura total; b) por especies y c) según origen.

- **Bahía Magdalena-Almejas**

En ésta zona se presentan dos especies, el azul y el café. De 86-87 a 87-88, la captura aumentó de manera notable, y a partir 88-89 a 95-96, es estable. La mayor captura ocurrió en 97-98, pero cayó bruscamente en las últimas dos temporadas registradas (Fig. 4). Entre 80 y 90% del camarón azul proviene de las bahías, mientras que para el caso del café, sólo la mitad proviene de ese ecosistema.

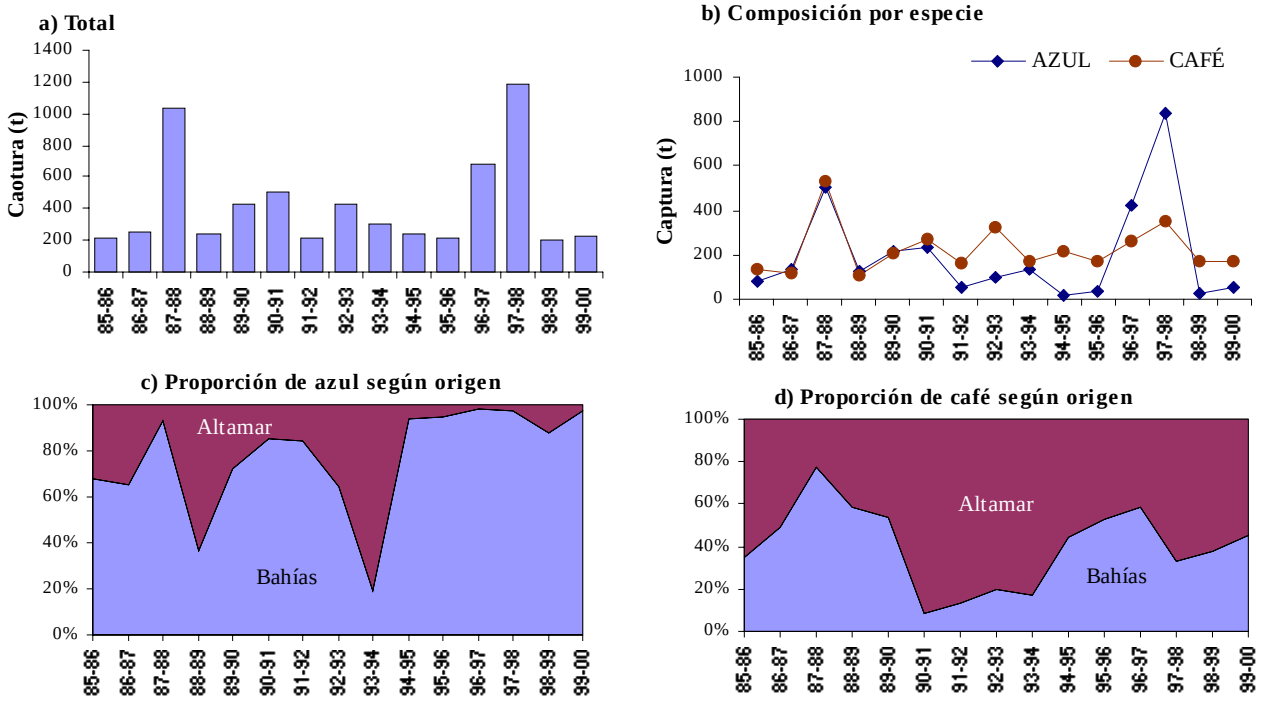


Fig. 4. Tendencia de la captura de camarón registrada para La Paz, B.C.S. de la temporada 1988-1989 a la 1999-2000: a) captura total; b) por especies; c) y d) según origen

- **Golfo de Tehuantepec**

La captura de camarón en el Golfo de Tehuantepec se compone principalmente por dos especies, el camarón, blanco y el café. La tendencia de las capturas de las diferentes especies ha sufrido diversas fluctuaciones, presentándose disminuciones en las temporadas 83-84, 87-88, 89-90 y 92-93. Las capturas se reducen notablemente en 99-00. La especie más abundante en las capturas es el blanco, aunque sin incidencia se ha reducido notablemente a partir de la temporada 96-97 (Fig. 5).

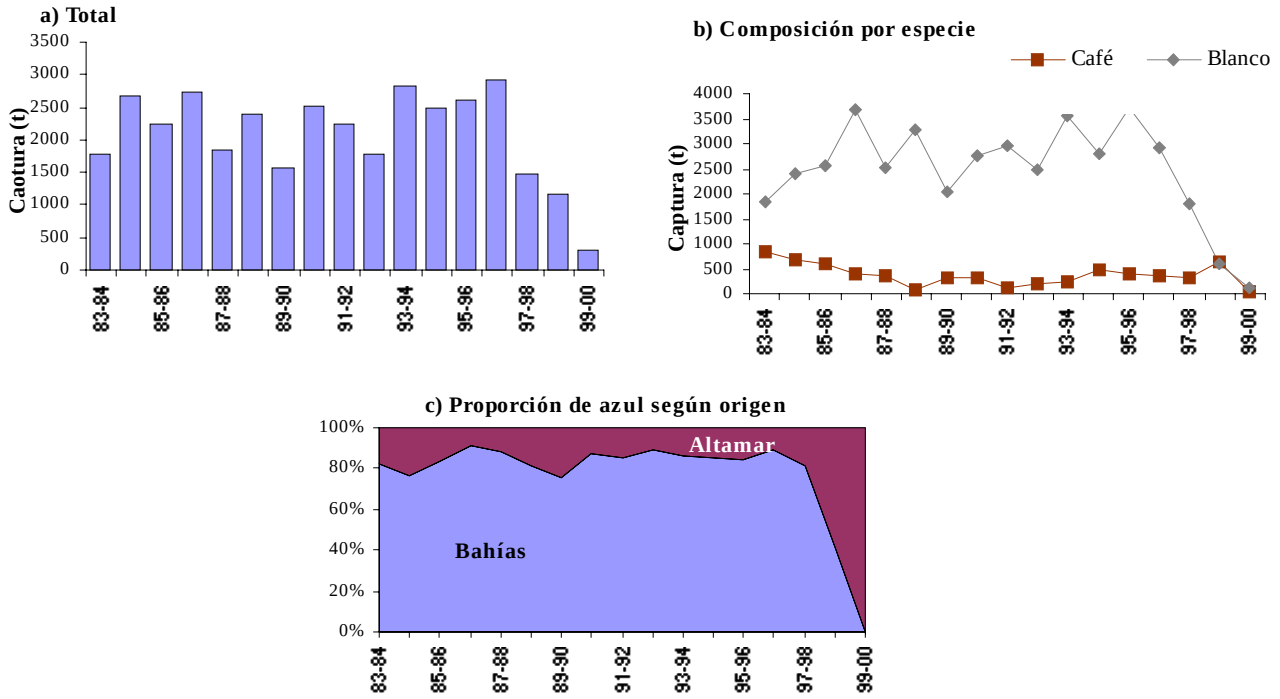


Fig. 5. Tendencia de la captura de camarón registrada en Salina Cruz, Oax. de la temporada 1988-1989 a la 1999-2000: a) captura total; b) por especies y c) según origen

▼*Pesca incidental*

Las pesquerías de camarón en todo el mundo involucran la captura de una alta diversidad de peces. En México, una gran cantidad de especies son desechadas por los buques camaroneros y, aunque no se tienen registros de las embarcaciones menores, es factible suponer que los descartes existen. En la captura de postlarvas de camarón, es desechada gran cantidad de larvas de especies de peces, crustáceos y moluscos que constituyen posibles reclutas a sus respectivas poblaciones. Las relaciones inter e intraespecíficas, así como sus asociaciones funcionales, tanto en tiempo como en espacio, son relativamente desconocidas en los tres sistemas de captura.

En las actividades de pesca de camarón, una gran cantidad de especies es capturada de manera incidental

Durante las últimas dos décadas, el aprovechamiento de la fauna incidental ha sido un tema de interés, pero los estudios no han motivado a los pescadores artesanales y al sector industrial (Van Der Heiden, 1985).

La pesca del camarón en el mundo tienen cuatro problemas:

a) el precio elevado del crustáceo en el mercado con respecto al precio de la captura incidental,
b) estimaciones de los stocks de camarón y de peces asociados,
c) problemas tecnológicos surgidos del intento de capturar sólo una parte del complejo camarón/peces,
d) problemas sociales surgidos de la pesca ribereña y de la pesca furtiva por arrastres dirigidos hacia el camarón (Pauly y Neal, 1985).

En 1985 los cálculos mundiales sobre la fauna incidental del camarón variaban entre 3 y 6 millones de t por año, con una proporción promedio de camarón/peces de 1:10 en los litorales tropicales, donde la pesca de camarón no sólo es mayor sino más diversa en número de especies de peces.

Entre las especies capturadas de manera incidental durante la pesquería de camarón, se encuentran otros crustáceos, moluscos y gran variedad de peces

En México se ha estimado que la proporción camarón/fauna acompañante con variaciones que van desde 1:2 hasta 1:10 en el Golfo de California (Chapa, 1976; Rosales, 1976). En la misma zona se han estimado 150,000 t anuales de fauna incidental, de las cuales el 12% en peso corresponde a 83 especies de crustáceos; del 3 al 8% pertenece a 31 especies de moluscos (Hendrickx, 1985) y el resto lo dominan 187 especies de peces (Van Der Heiden, 1985).

En el Golfo de Tehuantepec, durante los años setenta se estimó que la captura incidental constituía más del 60% (Reyna, 1979), y esta proporción se incrementó en la temporada de veda (junio-julio) de 1989, observándose un 98% de captura incidental. En esta región se han registrado más de 222 especies de peces (Acal y Arias, 1990). La captura incidental comprende especies bentónicas, demersales, semidemersales y pelágicas, pero en general pocas especies de peces dominan en peso y número en los arrastres camaroneros (Grantham, 1980; Grande-Vidal, 1983; Amezcua-Linares, 1985; Hendrickx, 1985; Van der Heiden, 1985; Pérez-Mellado y Findley, 1985; Blaber *et al.,* 1990; Watson *et al.,* 1990; Acal y Arias, 1990; Maharaj y Recksiek, 1991).

Un componente de la captura incidental ha sido especialmente estudiado y protegido: las tortugas marinasLas leyes mexicanas las protegen desde mayo de 1990 con una veda permanente y con la protección de sus nidos y sus zonas de desove ubicados en las playas. En México se han efectuado investigaciones sobre excluidores de tortugas marinas en el litoral de Pacífico mexicano desde 1984 (Grande-Vidal, 1988).

En México se realizan acciones de protección y conservación a las tortugas marinas desde hace más de 30 años. Desde el 22 de diciembre de 1993, toda la flota camaronera del Golfo de México emplea obligatoriamente *Dispositivos Excluidores de Tortugas* (DET's), y la del Pacífico a partir del 1° de abril de 1996. A pesar de la reciente presión internacional y las amenazas sobre un posible embargo camaronero, la investigación demuestra que no existe la posibilidad de un daño permanente a las poblaciones de tortugas marinas por actividades de pesca de camarón. En 1991 el INP inició actividades específicas para evaluar la magnitud del impacto de la flota camaronera sobre las poblaciones de tortugas marinas, concluyendo que estadísticamente no es relevante (Aguilar y Grande-Vidal, 1996).

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Si bien, en términos generales, a la actividad se le conoce como "pesquería del camarón", en realidad, existen distintas subunidades dado su carácter secuencial. La actividad de pesca se realiza sobre un mismo recurso en diferentes etapas de su ciclo de vida, en zonas diferentes y con diversos equipos y artes de pesca. Por ello, existe una fuerte interacción entre las tres pesquerías (altamar, bahías y esteros), además de la pesca furtiva (Fig. 6) que por razones obvias no se conoce con exactitud.

La captura de postlarvas, si bien no se realiza en todo el litoral del Pacífico mexicano, sí constituye una actividad con repercusiones potenciales en a la pesquería en su conjunto.

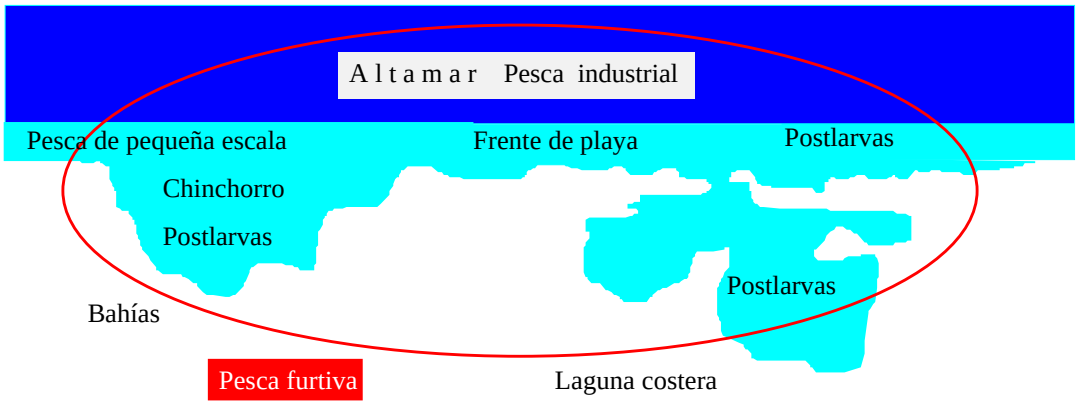


Fig. 6. Elementos de la pesquería de camarón en el litoral del Pacífico mexicano.

Todo el sistema de la pesquería de camarón interactúa con otras pesquerías debido a que se capturan otras especies comerciales (tiburón, jaiba, pargos, mero, mojarras y en general peces de alto valor comercial) como fauna acompañante.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En 1999 se comercializaron en el país 38,365 t de camarón con un consumo *per capita* de 0.44 Kg. En la capital del país el precio de camarón pacotilla cocido fue de 104.71 M.N. al mayoreo, mientras que para el camarón crudo grande, el valor fue de 128.78 M.N. al mayoreo y 133.77 M.N. al menudeo. En 1999 se exportaron 38,365 t con un valor de entrada de divisas de 453,545 millones de dólares (SEMARNAP, 2000).

Ocean Garden, empresa líder en la comercialización de camarón, adquiere el producto directamente del pescador, en firme o a consignación

El camarón es comercializado por tallas, el de mayor tamaño con el mayor valor. La principal empresa que lo exporta hacia Estados Unidos es *Ocean Garden* y tiene dos formas de comprar el producto:

a) En firme, donde el pescador recibe el 92.5% del precio vigente al momento de la entrega y el resto es pagado a los pescadores en los 20 días siguientes cuando el producto es vendido.

b) A consignación o fórmula, en el que se proporciona al pescador la expectativa de obtener una ganancia adicional a futuro en el precio de su camarón ya que compartirá con la empresa los beneficios y riesgos del mercado.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesca de camarón, al igual que otras actividades pesqueras en México, se rige por la Ley de Pesca (Diario Oficial de la Federación, 25/06/92). En ella se establecen las condiciones de acceso al recurso así

como los derechos y obligaciones de los usuarios y/o armadores. Otras leyes son: a) Ley de Metrología y Normalización, concerniente a la emisión de Normas reglamentarias de las pesquerías y, b) Ley General de Sociedades Cooperativas que rige la organización y funcionamiento de las sociedades de producción pesquera (D.O.F. 3/08/94).

Desde 1938, la pesquería el camarón se mantuvo como especie reservada a sociedades cooperativas. Sin embargo, en 1992 se adoptó un nuevo esquema de permisos reglamentados a través de la nueva Ley de Pesca, permitiendo el ingreso del sector privado en la actividad.

Las medidas reglamentarias actuales consideran la aplicación de vedas, restricción del esfuerzo y reglamentación de artes de pesca, en los términos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-PESC-006-1993 (D.O.F. 31/12/93).

La primera veda se aplicó en el Golfo de California en 1938, cuando el gobierno de México extendió por primera vez permisos para la captura de camarón (Polanco *et al.,* 1987). En 1960 la veda se estableció como una medida de conservación, con el objetivo fundamental de permitir el desove del camarón, concepto que se mantuvo hasta 1973. Al año siguiente la veda incluyó por primera vez la costa occidental de la península de Baja California y el Golfo de Tehuantepec y más tarde, en 1977, se reglamentó el tamaño de malla de la red en el cuerpo y en las alas a 2.5 (5.7 cm), que es la malla utilizada hasta 1998. A partir de 1980 la veda se aplicó (15 de julio al 15 de septiembre) para proteger no sólo la reproducción sino también el crecimiento de los camarones, considerando aspectos de índole económica.

Fue en 1938 cuando se estableció la primera veda en el Golfo de California, como una medida de manejo y conservación que permitiera el desove del camarón

Las vedas en el 2000 se acordaron bajo el siguiente esquema (D.O.F. 25/08/00):

- Aguas marinas

a) Del 25 de marzo al 27 de agosto en la franja marina costera comprendida entre cero y cinco brazas de profundidad, ubicada en el litoral del Estado, desde Yavaros hasta Puerto Libertad.

b) Del 25 de marzo al 7 de septiembre en aguas marinas de jurisdicción federal del Océano Pacífico y Golfo de California, excepto las ubicadas en la costa occidental de la Península de Baja California y en el Alto Golfo de California, delimitado en la parte sur por la línea imaginaria trazada desde Punta Final, B.C., hasta Puerto Libertad, Son.

c) Del 25 de marzo 10 de septiembre en las aguas marinas de jurisdicción federal del Océano Pacífico ubicadas en la costa occidental de la Península de Baja California, delimitadas en su parte sur por el paralelo de los 22° 52' 00'' de latitud Norte (Referencia: Carta Náutica O.S.M., Secretaría de Marina); así como en las aguas del sistema Bahía Magdalena-Bahía Almejas, ubicado en Baja California Sur.

d) Del 25 de marzo al 20 de septiembre, para la pesca con embarcaciones mayores y menores con motor fuera de borda; en las aguas marinas del Alto Golfo de California, delimitado en su parte sur por una línea imaginaria trazada desde Punta Final, B.C. hasta Puerto Libertad, Son.

- Aguas protegidas

a) Del 5 de marzo al 27 de agosto para los sistemas lagunares estuarinos ubicados en el sur de Sonora, Sinaloa y Nayarit, excepto el sistema lagunar Huizache- Caimanero, ubicado en el Estado de Sinaloa.

b) Del 5 de marzo al 5 de septiembre del año 2000 en el sistema lagunar Huizache-Caimanero.

Otras medidas de reglamentación se refieren a las especificaciones sobre el área de operación y las características técnicas de las redes, como son el tamaño de malla, la prohibición de realizar arrastres en bahías y en la franja costera de cero a cinco brazas. En lagunas costeras y esteros el acceso al recurso es mediante permisos de pesca por cooperativa, precisando la zona de operación y las características técnicas del arte pesca y si estas son fijas se determina su permanencia y/o temporalidad.

A partir de 1995, el Instituto Nacional de la Pesca promovió por primera vez la participación del sector social y privado de la pesca en las decisiones de apertura y cierre de temporada de pesca del camarón mediante el siguiente esquema: se realiza una reunión técnica con participación de la asesoría técnica del sector, donde el INP presenta las evaluaciones realizadas durante la veda, así como diferentes opciones de cierre o apertura de temporada, sustentadas en modelos matemáticos, por su parte, los técnicos y asesores del sector presentan los resultados de sus estudios. Las diferentes opciones son analizadas y discutidas técnicamente y se llega a un acuerdo sobre la opción más viable. Posteriormente se realiza una reunión plenaria, donde participan autoridades y dirigentes de las diferentes organizaciones de pescadores.

Los cambios de los periodos de veda aplicados en las últimas siete temporadas se resumen en la *tabla 3*.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Modelos*

La modelación es una representación abstracta del mundo real en el cual, atendiendo el principio de parsimonia, se parte de modelos simples a modelos complejos (Gilchrist, 1984). Los sistemas a modelar se ubican en cuatro categorías en función de la calidad de los datos y el conocimiento de los procesos que se modelan (Starfield y Bleloch, 1991). En el caso de la pesquería de camarón, el sistema a modelar se ubica en la categoría de datos pobres y realidad mejor comprendida pues aunque se conocen los ciclos y los factores que influyen en las poblaciones, falta información sobre esfuerzo de pesca en sistemas lagunares y el desplazamiento de la flota mayor.

Destaca la ausencia de un registro estricto de estadísticas en la pesquería de camarón, como del esfuerzo pesquero en sistemas lagunares

Como primera opción se utilizó el *modelo de Schaefer* (1954), en la versión dinámica propuesta por Hilborn y Walters (1992), el cual utiliza sólo datos de captura y esfuerzo. Como segunda opción se utilizó el modelo estructurado por edades de Deriso (1980), que incorpora aspectos biológicos como crecimiento, sobrevivencia y reclutamiento

- **Modelo dinámico de biomasa**

El modelo esta dado por:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t\left(\frac{Bo - B_t}{Bo}\right) - Cind_t - Cart_t \qquad \text{.....(1)}$$

donde *r* es la tasa intrínseca de crecimiento, B_0 es la biomasa virgen (equivalente a la capacidad de carga), B_t y B_{t+1} representan la biomasa en la temporada *t* y *t+1* respectivamente; las pérdidas por efecto de la pesca están representadas por la captura de la flota industrial ($Cind_t$) y por la pesquería artesanal ($Cart_t$).

Tabla 3. Periodos de veda para la explotación de camarón en altamar y aguas protegidas 1993-1999.

Año	Altamar	Aguas protegidas
1993	a) 18 mayo - 13 septiembre; sólo costa occidental de BC b) 5 mayo - 13 septiembre; resto del litoral del Pacífico	1º marzo - 30 agosto
1994	a) 27 mayo - 14 octubre; sólo costa occidental de BC b) 11 mayo - 14 septiembre; resto del litoral del Pacífico	1º marzo - 4 septiembre
1995	a) 15 marzo - 10 septiembre; reserva del Alto Golfo b) 1º mayo - 10 septiembre; resto del litoral del Pacífico	1º marzo - 24 agosto
1996	a) 21 abril - 2 septiembre; franja marina costera (0-5 brazas) de Sonora y zona de amortiguación del Alto Golfo b) 21 abril - 11 septiembre; resto del Pacífico	a) 1º marzo - 2 septiembre; bahías de BC y Sonora b) 1º marzo - 26 agosto; estero Agiabampo y Bahía Lechuguilla, Sonora y resto del Pacífico
1997	a) 26 abril - 26 agosto; franja marina costera (0-5 brazas) de Sonora; Alto Golfo y delta del río Colorado b) 26 abril - 10 septiembre; Oaxaca y Chiapas c) 26 abril - 6 septiembre; resto del Pacífico	27 febrero - 26 agosto
1998	a) 16 mayo - 6 septiembre; franja marina costera (0-5 brazas) litoral de Sonora y Baja California excepto Reserva Biosfera Alto Golfo y Delta Río Colorado b) 6 mayo - 15 septiembre; Reserva Biosfera Alto Golfo y Delta Río Colorado c) 16 mayo - 20 septiembre; desde el límite con E.U.A. hasta Punta Maldonado, Guerrero d) 28 mayo - 20 septiembre; Oaxaca y Chiapas	a) 22 febrero - 6 septiembre; Sonora, norte y centro de Sinaloa, incluyendo Bahía de Ceuta. b) 22 febrero - 13 septiembre; zona sur de Sinaloa y Nayarit
1999	a) 25 marzo - 28 agosto; franja marina costera desde Yavaros, Sonora hasta límite sur de la Reserva del Alto Golfo y delta del río Colorado. b) 25 marzo - 8 septiembre; resto del Pacífico	a) 26 febrero - 25 agosto; Sur de Sonora, norte y centro de Sinaloa, desde Bahía de Agiabampo, Sonora, hasta Bahía Ceuta, Sinaloa. b) 26 febrero - 23 septiembre; Sur de Sinaloa, desde Huizache -Caimanero incluyendo el estado de Nayarit. c) 26 febrero - 10 septiembre; sistema Bahía de Magdalena - Bahía Almejas, B.C.S.

Uno de los aspectos más importantes al utilizar la versión dinámica de este modelo es conocer si al inicio de la serie de datos de captura y esfuerzo el stock ya había sido explotado (Hilborn y Mangel, 1997). Como la información disponible sobre captura y esfuerzo, y en particular sobre la composición por especies es relativamente reciente (entre 15 y 24 años, según la especie), es necesario incorporar un parámetro adicional que define la proporción *P* de *Bo* al inicio de la serie de datos disponibles.

El proceso y estimación de parámetros consistió en ajustar simultáneamente dos vectores: por un lado, la captura por unidad de esfuerzo como un índice de abundancia estimada por el modelo vs la CPUE observada de la flota de altamar; y por otro, la captura artesanal pronosticada vs captura observada.

La CPUE pronosticada se obtuvo como:

$$\hat{C}PUE_t = \frac{\hat{C}ind_t}{f_t} \quad \text{.....(2)}$$

donde f_t es el esfuerzo, y $\hat{C}ind_t$ la captura estimada en la temporada *t,* la cual se obtuvo como:

$$\hat{C}ind_t = B_t Uind_t \quad \text{.....(3)}$$

donde $Uind_t$ es la tasa de aprovechamiento de la flota industrial, en función del esfuerzo y del coeficiente de capturabilidad (*q*).Esta tasa está dada por:

$$Uind_t = 1 - \exp^{(-qf_t)} \quad \text{.....(4)}$$

Como en aguas protegidas no se dispone de datos de esfuerzo, no se puede obtener la tasa de aprovechamiento con la *ecuación 4*. Por tanto, la captura artesanal se estimó como:

$$\hat{C}art_t = B_t Uart \quad \text{.....(5)}$$

donde la tasa de aprovechamiento artesanal (*Uart*) es un parámetro que permanece constante a lo largo de la serie de datos analizados.

- **Supuestos:**

La aplicación del modelo de *Schaefer* a la pesquería del camarón expresado en la forma de la *ecuación 1* asume lo siguiente:

1) Acceso a la pesquería. Tanto la pesquería artesanal como la industrial tienen acceso a todos los componentes del stock. Lo anterior se cumple en mayor grado entre la pesquería del chinchorro de línea y la pesquería industrial en Sonora, ya que ambas constituyen una pesquería paralela al aprovechar el recurso en la misma fase del ciclo de vida (Rodríguez de la Cruz, 1996).

2) Identificación de diferentes de stock. La captura que se descarga en cada uno de los principales puertos del Pacífico mexicano es extraída de stocks de población independientes. Esta independencia implica tanto aspectos pesqueros como poblacionales. Por ejemplo, la mortalidad por pesca en el camarón café del Golfo de Tehuantepec no afecta al stock de la misma especie en Sinaloa, y el reclutamiento de camarón blanco en Sinaloa y Nayarit no depende del stock reproductor del camarón blanco en el Golfo de Tehuantepec. Así, se asume que existen los siguientes stocks:

Dos de camarón blanco:
1) Golfo de Tehuantepec, y
2) Nayarit y Sur de Sinaloa.

Cinco de camarón café:
1) Alto Golfo,
2) Centro-Sur de Sonora,
3) Bahía Magdalena-Almejas, en B.C.S.
4) Sinaloa, y
5) Golfo de Tehuantepec.

El stock de la costa occidental de Baja California Sur (excepto Bahía Magdalena-Almejas) no es considerado en este análisis debido a que las capturas de esa zona no son significativas, excepto en períodos El Niño.

Cuatro de camarón azul:
1) Alto Golfo,
2) Centro-Sur de Sonora,
3) Norte de Sinaloa, y
4) Bahía Magdalena-Almejas en B. C. S.

En realidad, por el desplazamiento de la flota, capturas obtenidas en el Golfo de Tehuantepec o en la costa occidental de la península de Baja California se registran en Mazatlán o Guaymas.

3) Esfuerzo uniforme para todas las especies. La distribución batimétrica y hábitos de las tres principales especies son diferentes. El camarón café es de hábitos nocturnos con mayor abundancia entre las 25 y 35 brazas, mientras que el azul y el blanco son de hábitos diurnos, distribuidos cerca de la costa, entre las cinco y 25 brazas. Las dos últimas especies se capturan durante el día y la primera durante la noche. Sin embargo, no se dispone de información sobre el esfuerzo efectivo asignado a cada una de las especies. Por esta razón se asume que se aplica el mismo esfuerzo para todas las especies.

- **Modelo estructurado por edades con retraso en el reclutamiento (EERR)**

A lo largo de un año las poblaciones de camarón están integradas por diferentes cohortes, cuya biomasa está determinada por dos componentes. El primero es la magnitud inicial del reclutamiento, que varía en función del tamaño del stock reproductor, la duración e intensidad de la reproducción y las condiciones ambientales, tanto en el medio oceánico como en los sistemas estuarinos que determinan la supervivencia en las fases iniciales. El segundo es la biomasa total que genera cada cohorte, que depende del crecimiento, la mortalidad natural y por pesca en las diferentes fases del ciclo de vida (Garcia y LeReste, 1982).

Como una aproximación adicional a la dinámica de las poblaciones de camarón se utilizó el modelo estructurado por edades de Deriso (1980). Este puede incorporar crecimiento individual, supervivencia, retraso en el reclutamiento y reclutamiento en función de la biomasa desovante, sin requerir el número específico de organismos ni el peso promedio por grupo de edad. La versión del modelo aplicado a las dos pesquerías de camarón está dada por:

$$B_{t+1} = S(1 - Uind_t - Uart)(\alpha N_t + \rho B_t) + w_{k,t+1} R_{k,t+1} \quad \text{.....(6)}$$

donde: S es la supervivencia a la mortalidad natural; B_{t+1} y B_t representan la biomasa al mes $t+1$ y t; α y ρ son los parámetros de la ecuación de Brody en peso (Ricker, 1975; Deriso, 1980); Nt es el número de organismos al mes t; $w_{k,t+1}$ es el peso W a la edad de reclutamiento k, en el mes t+1; $R_{k,t+1}$ *es el r*eclutamiento en número de organismos.

En α y ρ están implícitos los parámetros de crecimiento (mensual) de von Bertalanffy y los de la relación morfométrica entre la longitud total y el peso abdominal.

El número de organismos al mes t se estimó como:

$$N_t = S(1 - Uind_{t-1} - Uart) N_{t-1} + R_{k,t} \quad \text{.....(7)}$$

Aquí se asume que el reclutamiento $R_{k,t}$ está en función de la biomasa desovante en el mes t-k, y que depende de la proporción de hembras maduras ηH *en* cada mes y del escape al aprovechamiento industrial y artesanal. La relación anterior se puede escribir como:

$$B\delta_t = \left[(1 - Uind_t - Uart)B_t\right]\eta H \quad \text{.....(8)}$$

donde: Bδ es la biomasa desovante

Para estimar el número de reclutas se utilizó la función denso-dependiente tipo Beverton y Holt utilizada por Hilborn y Mangel (1997) en la versión simple del modelo de Deriso (1980). En esa formulación el reclutamiento está dado en términos de biomasa, pero aquí se ha modificado para obtenerlo en número de organismos al dividir entre el peso a la edad de reclutamiento. La versión modificada de la función quedó entonces como:

$$R_{k,t} = \left(\frac{B\delta_{t-k}}{a + bB\delta_{t-k}}\right) / w_{k,t} \quad \text{.....(9)}$$

En la *ecuación 1* el reclutamiento es producto de la biomasa desovante *k* meses atrás, donde *k* representa el número de meses transcurridos desde el desove hasta que los camarones se hacen vulnerables al arte de pesca. En la mayoría de las pesquerías, la transición de los individuos jóvenes hacia la fase vulnerable es gradual, pero en este modelo se asume que la selectividad es en "filo de cuchillo", es decir; que a la edad *k* el 100% de los individuos son retenidos por el arte de pesca (Deriso, 1980; Hilborn y Mangel, 1997).

Los parámetros *a* y *b* de la función stock-reclutamiento se obtienen analíticamente como:

$$a = \frac{Bo}{Ro}\left(1 - \frac{z - 0.2}{0.8z}\right) \quad \text{.....(10)}$$

$$b = \frac{z - 0.2}{0.8zRo} \quad \text{.....(11)}$$

donde *z* es el parámetro que determina la curvatura y pendiente de la curva; *Ro* es el reclutamiento virgen, análogo al concepto de B_0 (Hilborn y Walters, 1992; Hilborn y Mangel, 1997) y esta dado por:

$$Ro = Bo(1 - s) \quad \text{.....(12)}$$

La estimación de los parámetros de este modelo consistió en ajustar simultáneamente los datos de *CPUE* y captura artesanal mensual de cada temporada. Los parámetros considerados conocidos fueron el crecimiento y la relación biométrica, de tal manera que α y ρ fueron constantes. Los únicos parámetros estimados fueron la biomasa a la edad de reclutamiento para la temporada T ($B_{k,T}$), s, q y Uart. El número de individuos inicial en la *ecuación 7* se estimó simplemente como $B_{k,T} / W_k$.

Un último supuesto, en el caso particular de la pesquería artesanal es que el esfuerzo está regulado por la abundancia. Por tanto, se asume que a mayor captura, mayor esfuerzo de pesca, y conforme el recurso se hace menos abundante, el esfuerzo disminuye. Así, la tasa de aprovechamiento artesanal por mes se ponderó en función de la captura mensual:

$$Uart_t = \frac{Cart_t}{\sum_{t=sep}^{feb} Cart_t} Uart \quad \text{.....(13)}$$

El proceso de ajuste y estimación de los parámetros se realizó en dos fases:

1) Se estimó la mejor combinación de los parámetros mediante el programa ModDin (Sierra, en preparación), que utiliza rutinas de optimización iterativa, con lo cual se obtiene la mejor combinación de parámetros utilizados en el ajuste determinístico.

2) Posteriormente se estimó la distribución de probabilidad posterior (dpp) de cada parámetro, usando para ello un proceso de simulación tipo Montecarlo-Bayesiano incorporado en las rutinas del programa ModDin. Este proceso consiste en generar números aleatorios de cada parámetro con base en su distribución anterior el cual se repite entre 30,000 y 100,000 veces integrando sobre un rango específico para cada parámetro. La probabilidad anterior de los parámetros fue considerada no informativa (Box y Tiao, 1973; Gelman *et al.,* 1995; Carling y Louis, 1997), por lo que los valores aleatorios fueron obtenidos de una distribución uniforme dentro de un rango determinado, de tal forma que todo el peso de la distribución posterior se dejó a la información proporcionada por los datos, a través de la función de verosimilitud que se detalla a continuación.

Tanto en la fase de optimización como en la de simulación se utilizó una función de verosimilitud de la forma:

$$L(Dobs|\theta) = \prod_{t=i}^{n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(V_i)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{.....(14)}$$

donde $L(Dobs|\theta)$ representa verosimilitud de los datos observados, dados los parámetros del modelo (en el de Schaefer θ representa *Bo, r, P, q, Uart* y σ *;* mientras que en el EERR se refiere a *Bo*, $B_{k,t}$, *S*, *Z*, *q* y σ); D_{obs} representa los dos vectores de datos: el primero corresponde a la CPUEobs y el segundo a la *Cart;* V_i es el error de observación, y σ es la desviación estándar del error de observación:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=i}^{n}[V_i]} \quad \text{.....(15)}$$

El error se obtiene mediante:

$$V_i = \left[Obs_i - \hat{E}st_i\right]^2 \quad \text{.....(16)}$$

donde: Obs_i y $\hat{E}st_i$ representan los valores observados y estimados al tiempo *i.* Estos pueden ser CPUE de la flota industrial o captura de la flota artesanal.

Finalmente, la verosimilitud total (VT) que optimiza el ajuste de cada modelo a los datos de la pesquería industrial y artesanal fue obtenida como:

$$VT = L(CPUE_{obs}|\theta)L(Cart_{obs}|\theta) \quad \text{.....(17)}$$

que es el valor con que se calcula en cada repetición al estimar la dpp de los parámetros.

▼*Estado actual de la pesquería de camarón en el litoral del Pacífico*

El manejo moderno de recursos pesqueros se basa en Puntos de Referencia Biológicos *(*PRB) que permiten definir una determinada estrategia de pesca, y se derivan de los modelos que caracterizan la dinámica de las poblaciones (Sissenwine y Shepherd, 1987; Mace, 1994). Los PRB como estrategias de manejo dependen de las condiciones del stock bajo estudio y pueden ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994).

El uso del modelo dinámico de biomasa en el manejo de recursos pesqueros se basa en que la Producción Excedente Máxima (PEM) se obtiene cuando la biomasa de la población se encuentra a la mitad *(Bo/2)* de lo que tendría en su condición virgen y si este nivel de biomasa se mantiene constante, entonces es posible obtener lo que se conoce como el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS). Por consiguiente, el objetivo de manejo es llevar la biomasa de la población al nivel donde la producción excedente es máxima (B_{PEM}), esto es; extraer sólo lo que lo que la población produce en exceso.

Los puntos de referencia biológicos se derivan de modelos que caracterizan la dinámica de las poblaciones. De acuerdo a las condiciones del sctok, se puden definir bajo enfoques precautorios, riesgosos u óptimos

Para definir el estado *Est* del recurso el primer paso consistió en comparar la biomasa actual B_{Actual} con *Bo/2*:

$$Est = \frac{B_{actual}}{[B_{PEM}]}$$

El estado del stock se ubicó de acuerdo a la siguiente regla de decisión y en todos los casos B_{actual} se refiere a la biomasa en 1999.

$$Est \begin{cases} < 1 \text{ Estado } 1: \text{ el stock se encuentra abajo del nivel óptimo} \Rightarrow \text{Se requiere de estrategia de recuperación} \\ > 1 \text{ Estado } 2: \text{ el stock se encuentra arriba del nivel óptimo} \Rightarrow \text{La pesquería tiene potencial de desarrollo} \\ = 1 \text{ Estado } 3: \text{ el stock se encuentra en su nivel óptimo} \Rightarrow \text{La pesquería se encuentra en un nivel adecuado} \end{cases}$$

En general, la *dpp* de los parámetros obtenida al actualizar la serie de datos de cada stock hasta la temporada 1999-2000 es muy similar a la presentada en la versión anterior de Sustentabilidad y Pesca Responsable (INP, 2000). Por ello, en esta actualización se presenta solo el ajuste a la CPUE de la flota industrial, la curva de biomasa estimada por el modelo y la *dpp* de *Est* de cada stock de población en términos de riesgo y probabilidad. En Sustentabilidad y Pesca Responsable (INP, 2000) se puede ver en detalle el ajuste del modelo a todos los datos disponibles, así como la distribución posterior de probabilidad de los parámetros y los PR que definen el estatus de las diferentes poblaciones.

- **GUAYMAS (modelo dinámico de biomasa)**

  - **Camarón azul**

En 1997 se encontraba al 84 % de Bo/2 (INP, 2000). Sin embargo, a partir de la temporada 1996-97 la curva de biomasa presenta una disminución y en la 1998-99 se ubica en la mitad de Bo/2 (Fig. 7 y 8), por lo que este recurso continua deteriorado, con tendencia hacia abajo. Cuantitativamente el camarón azul se encuentra al 53.8 % de Bo/2 (Fig. 9).

Un aspecto importante cuando se usa este modelo en especies de ciclo de vida corto como los camarones peneideos, se refiere a que la biomasa estimada nunca existe como tal. Dada la importancia de las conclusiones que se derivan de la aplicación de este modelo a las poblaciones de camarón, a continuación se explica este punto. Las capturas representadas en la Fig. 7 son las capturas acumuladas durante toda la temporada, y en que realidad se extraen durante los siete uocho meses que dura la temporada. Por lo tanto, la biomasa estimada por el modelo dinámico es la suma de las biomasas de las diferentes cohortes, pero cuyo valor acumulado, como en las capturas, no existe en ningún instante dado. Esta explicación se ampliará mas adelante en la confrontación del modelo dinámico de biomasa y el modelo estructurado por edad.

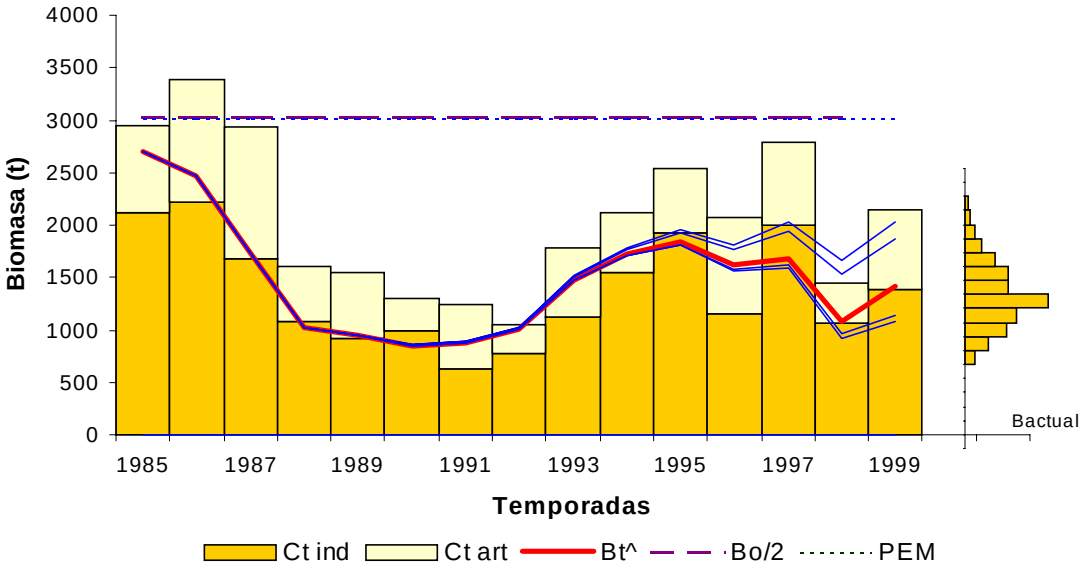


Fig. 7. Captura industrial y artesanal de camarón azul, L stylisrortris, descargado en la zona de Guaymas, Son durante las temporadas 1976-77 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

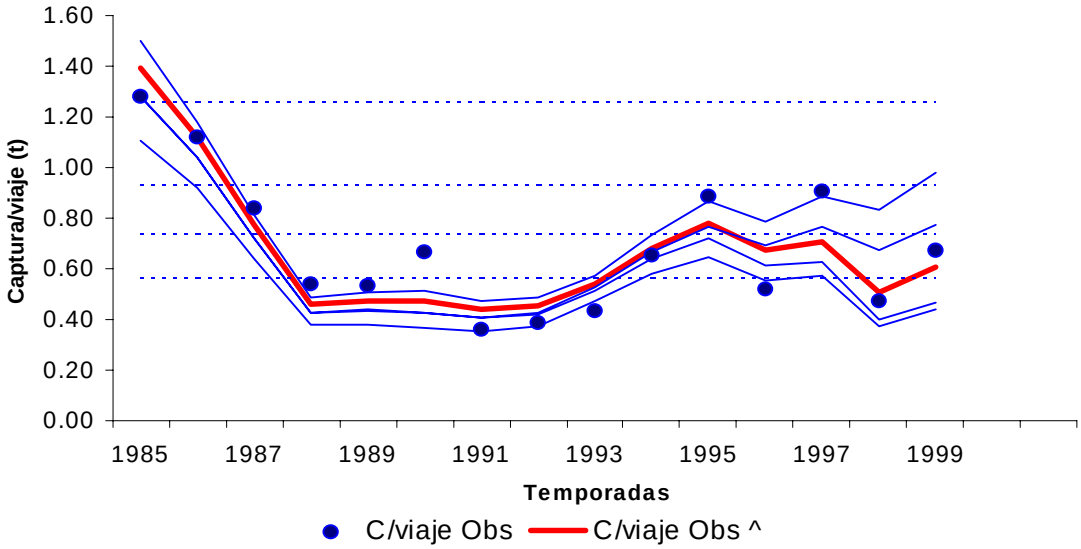


Fig. 8. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer a los datos de captura/viaje de camarón azul, L stylisrortris, en la zona de Guaymas, Son.

- **Camarón café**

Durante las temporadas 1976-1977 a 1990-1991, la captura de camarón café en la zona de Guaymas presentó una tendencia negativa, al disminuir de 3,465 a 1,400 t. A partir de la temporada 1991-1992, se ha observado un ascenso casi continuo, con un máximo en la temporada 1997-98 y una disminución en la 1998-99 (Fig. 10). Durante las 24 temporadas de análisis, la captura se ha mantenido alrededor de la PEM (2300 t); en las primeras seis fue mayor o igual; luego hubo un período de 11 temporadas (de la 1982-83 a la 1991-92) en las que fue inferior, y de la 1994-95 a la 1996-97 nuevamente fue mayor. Conocer si la

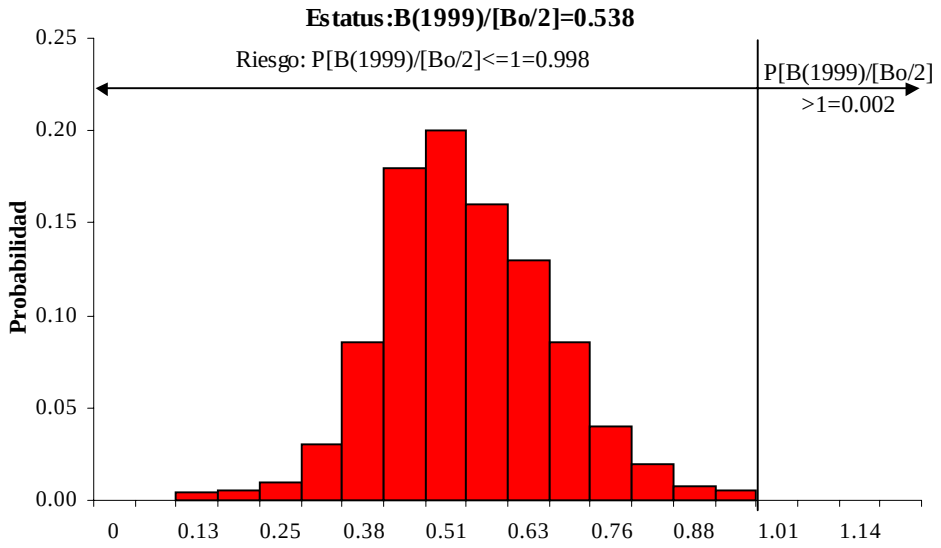


Fig. 9. Estatus del camarón azul, *L stylisrortris*, en la zona de Guaymas, Son., estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer

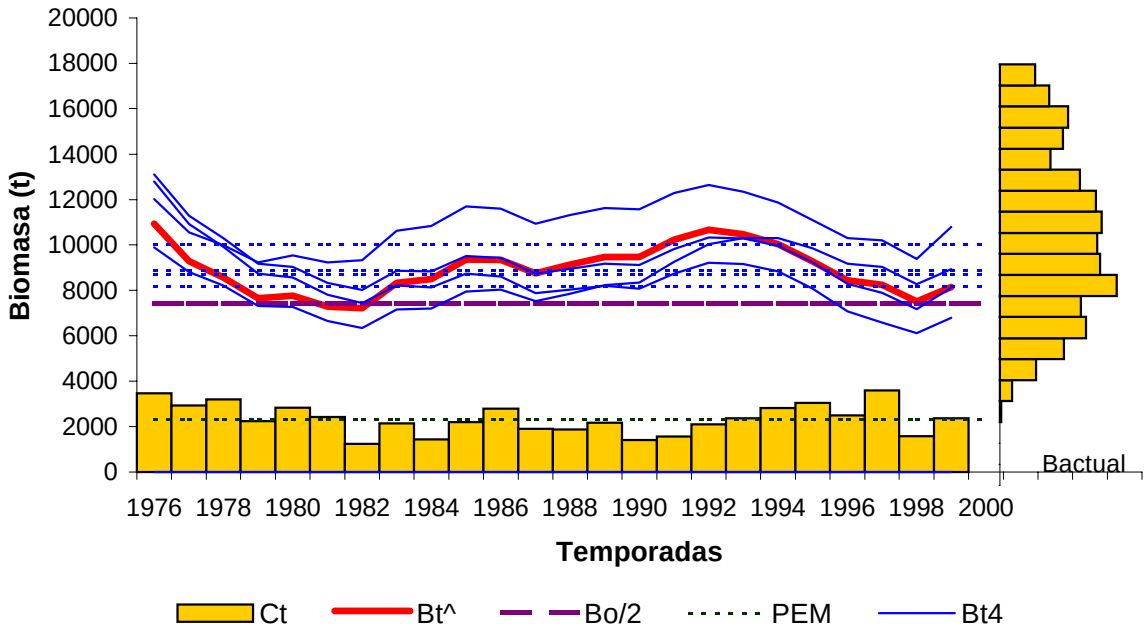


Fig. 10. Captura industrial y artesanal de camarón café, *F. californiensis*, descargado en la zona de Guaymas, Son. durante las temporadas 1985-86 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

flota esta capturando mas o menos de lo que se produce en exceso es muy importante porque define un punto esencial sobre el aprovechamiento del recurso, y porque es una de las bases para interpretar el comportamiento de los índices de abundancia y la curva de biomasa.

Esta interpretación se basa en los siguientes supuestos del modelo utilizado: cuando la captura se incrementa la abundancia disminuye y viceversa; cuando continuamente se extrae más de la PEM, la biomasa disminuye

hasta colapsarse; si la biomasa se encuentra debajo de Bo/2 y se extrae menos de la PEM, pero más de la PEA, también disminuye. Considerando lo anterior, el análisis simultáneo de la *figura 10* y *11* muestra que en las primeras seis temporadas, cuando la captura fue mayor o igual a la PEM la captura por viaje disminuyó, y posteriormente se incrementó durante las 11 temporadas en las cuales la captura fue menor a la PEM, manteniéndose alrededor de las líneas que indican la abundancia proporcional a Bo/2. En la temporada 1997-98 se desembarcaron 3600 t de camarón café, valor superior a la PEM, y como consecuencia de ello, en la temporada siguiente tanto la captura como la abundancia disminuyó (Fig. 10 y 11). Las poblaciones de camarón son afectadas por muchos factores que no se incluyen en el modelo, por lo que es difícil apreciar el comportamiento teórico con datos reales. No obstante, se considera que el modelo describe la tendencia general del índice de abundancia y que a partir de los resultados es posible conocer el estatus del camarón café en la zona de Guaymas. En la *figura 11* se observa que las diferentes posibilidades de curva de biomasa se han mantenido arriba de Bo/2, con una tendencia negativa a partir de la temporada 1993-94. Dado la gran incertidumbre asociada al proceso de ajuste, el rango de la dpp de Bactual abarca desde 4000 hasta 18000 t con valores más probables entre 1000 y 14000 t. El resultado más importante se presenta en la *figura 12*, donde se observa que el stock de camarón café en la zona de Guaymas continua dentro de las pesquerías con aprovechamiento adecuado, con una probabilidad de 0.699 de que la biomasa en 1999 sea mayor a Bo/2.

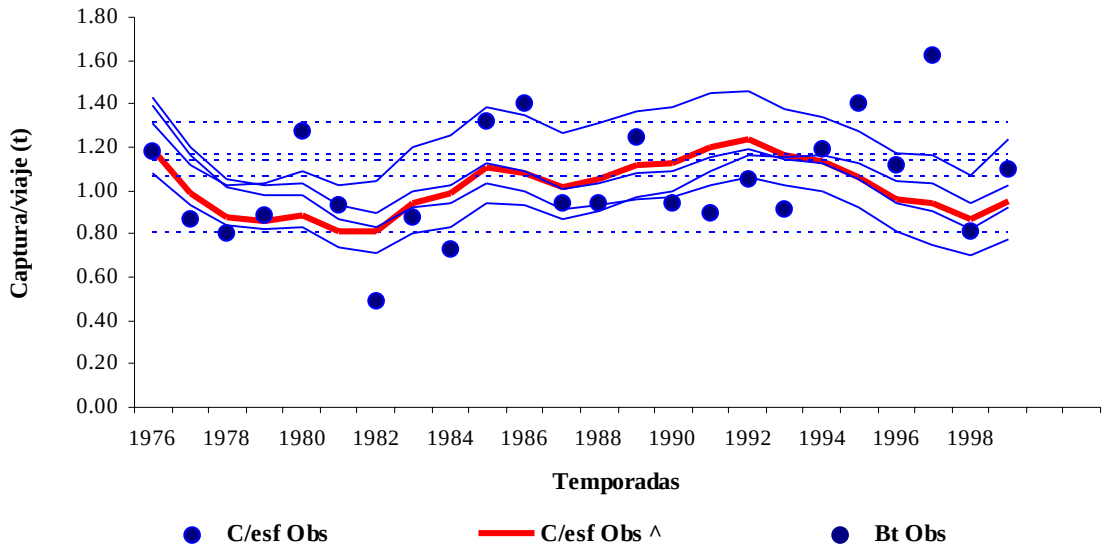


Fig. 11. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer a los datos de captura/viaje de camarón café, *F. californiensis*, capturado en la zona de Guaymas, durante las temporadas 1985-86 a 1999-2000.

- **MAZATLÁN (modelo dinámico de biomasa)**

  - **Camarón Azul**

El comportamiento de la captura y la abundancia de camarón azul en la zona de Mazatlán cumple en general con los supuestos teóricos del modelo. En la temporadas 1985-86 y 1987-88, la captura de ambas flotas fue mayor a la PEM y como consecuencia, en las siguientes temporadas se presentó una disminuciónen la abundancia, cuya tendencia se prolongó hasta la temporada 1991-92. Como respuesta a esta disminución, la abundancia se incrementó a partir de la temporada 1992-93 mientras la captura se mantuvo debajo de la PEM (Fig. 13 y 14).

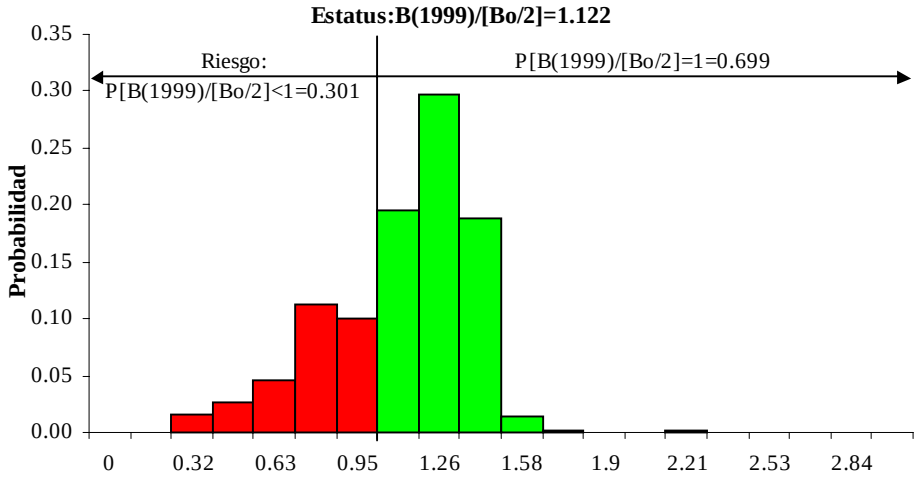


Fig. 12. Estatus del camarón café, *F. californiensis*, en la zona de Guaymas, Son. estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

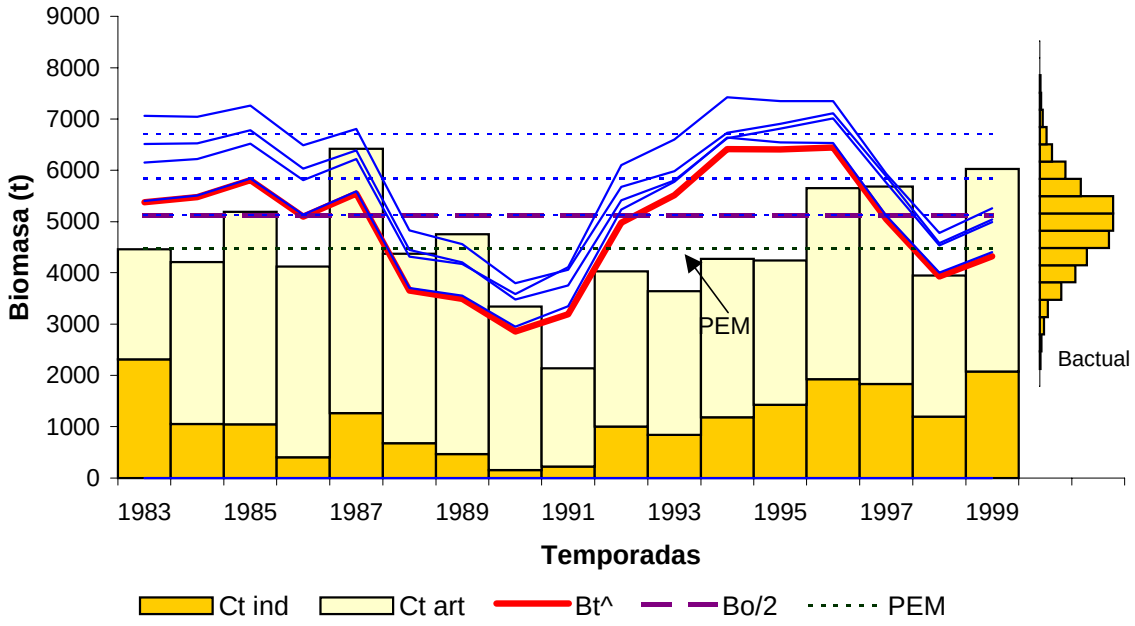


Fig. 13. Captura industrial y artesanal de camarón azul, *L. stilyrostris*, capturado en la zona de Mazatlán, Sin. durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

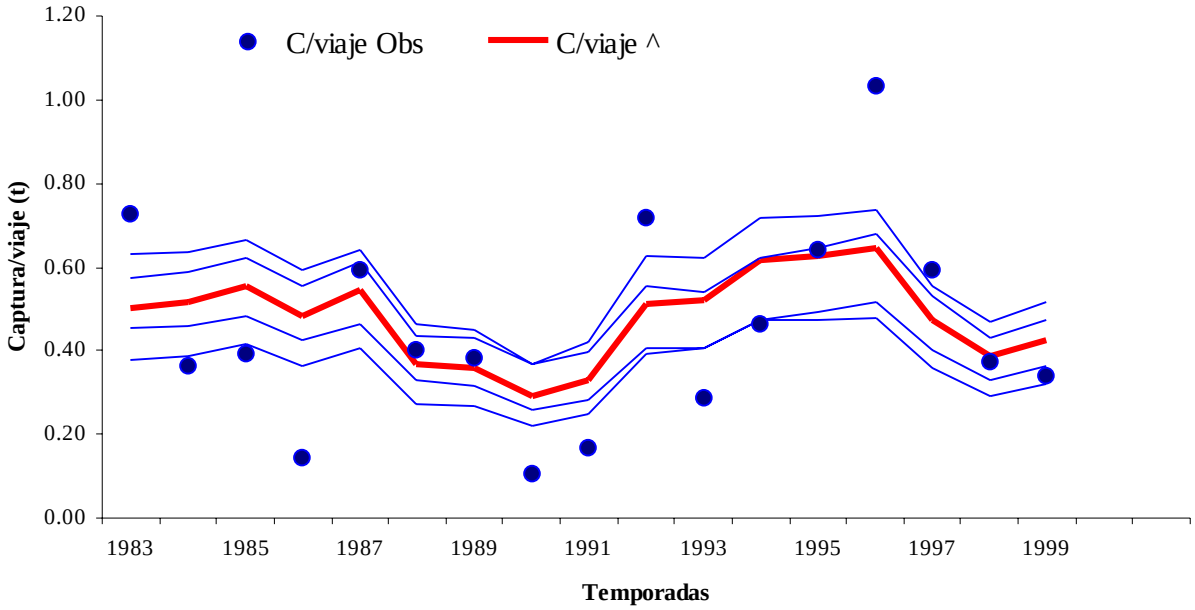


Fig. 14. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer a los datos de captura/viaje de camarón azul. L. stylirostris, descargado en la zona de Mazatlán, Sin. durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000.

La curva de ajuste de la captura por viaje sigue en general los valores observados, aunque hay algunos puntos difíciles de pronosticar. Este se debe a los diferentes errores en los datos utilizados y a la estructura del modelo. Las fuentes de error en las capturas provienen de la falta de registros de la captura por especies, ya que en los avisos de arribo de embarcaciones menores solo se registra "camarón"; en algunos meses se reporta "camarón fresco entero", en otros "camarón sin cabeza" e incluso "camarón seco". Por ello es difícil conocer la proporción de cada especie, especialmente en las zonas donde se captura camarón azul y blanco.

No obstante todas esta fuentes de incertidumbre, en la *figura 13* se observa que el rango de la dpp de Bactual es menor que líneas de Bo/2, por lo que el camarón azul en esta zona se encuentra debajo del PRO. Cuantitativamente está al 90.5 % de Bo/2, con un riesgo de 82.8 % de que la biomasa en 1999 sea menor a Bo/2 (Fig. 15).

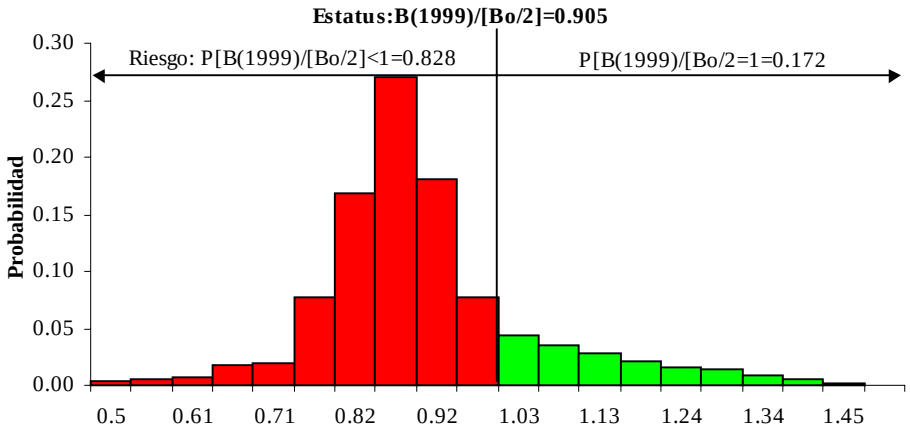


Fig. 15. Estatus del camarón azul, *L. stylirostris*, en la zona de Mazatlán, Sin. estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

- **Camarón blanco**

El caso del camarón blanco en la zona de Mazatlán es muy especial, porque aún cuando las capturas se han sido inferiores a la PEM, la tendencia general de la abundancia es negativa y no muestra señales de recuperación. Después de la disminución de la abundancia en las temporadas 1983-84 a 1986-87, se presentó una estabilización entre las temporadas 1987-88 a 1990-91, lo anterior como resultado de la disminución de la captura en ese período. Al incrementarse la captura en las temporadas 1993-94 y 1994-95 nuevamente se presentó una disminución en la abundancia, cuya tendencia negativa continúa hasta la 1999-2000 (Fig. 16 y 17). En esta última temporada el índice de abundancia se ubica debajo de las líneas que marcan el estatus óptimo, por lo que esta población se encuentra en deterioro (Fig. 17).

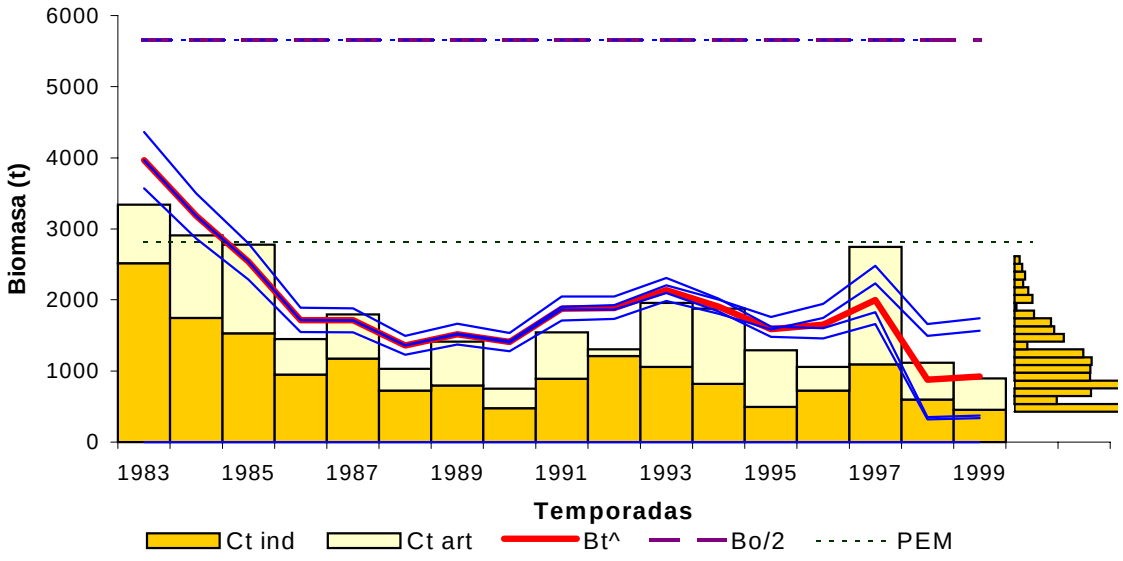


Fig. 16. Captura industrial y artesanal de camarón blanco, *L. vannamei*, descargado en la zona de Mazatlán, Sin durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000 y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

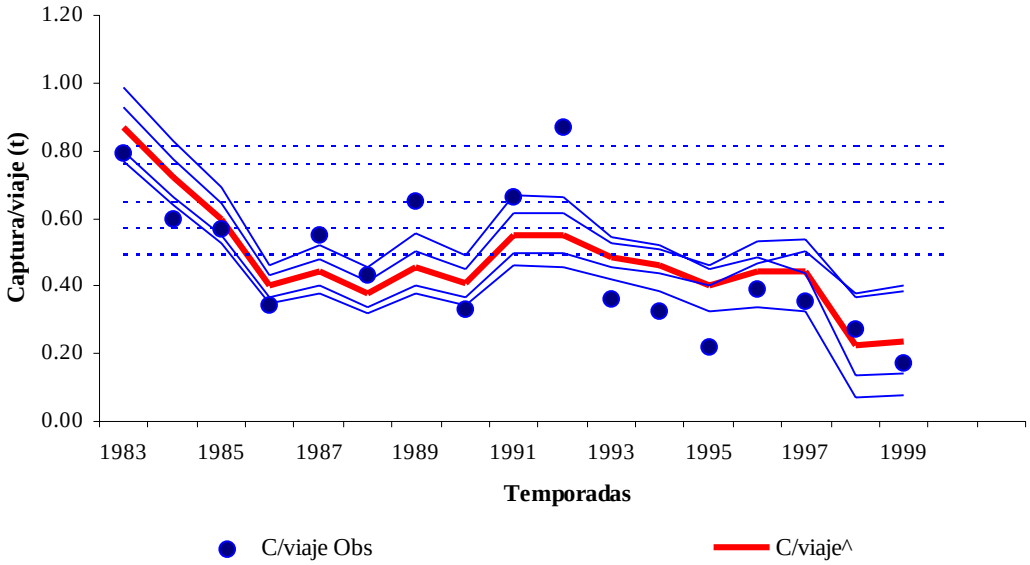


Fig. 17. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer a los datos de captura/viaje de camarón blanco, *L. vannamei*, descargado en la zona de Mazatlán, Sin. durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000

De todos los stocks analizados anteriormente, el camarón blanco en la zona de Mazatlán es el que presenta la biomasa más baja con relación a *Bo/2* (Fig. 16). Tradicionalmente el camarón blanco ha sido aprovechado en la fase adulta por la flota industrial; en la fase juvenil por la pesquería artesanal y en la fase de preadultos, recién reclutados hacia la población marina, por una pesca furtiva de grandes proporciones. Aunado a lo anterior, una presión cada vez más intensa sobre la fase de postlarvas y reproductores durante la veda, asi como el deterioro de los sistemas lagunarios ha traído como consecuencia que la biomasa de esta especie se encuentre muy disminuida. En 1999 la biomasa fue solo el 12.3 % de Bo/2, sin ninguna posibilidad de que sea mayor a Bo/2 (Fig. 18), por lo que es necesario aplicar las estrategias de recuperación señaladas desde la versión anterior de este documento (INP, 2000).

La población del camarón blanco de Mazatlán es el mas deteriorado, por lo que requiere un tratamiento especial de recuperación

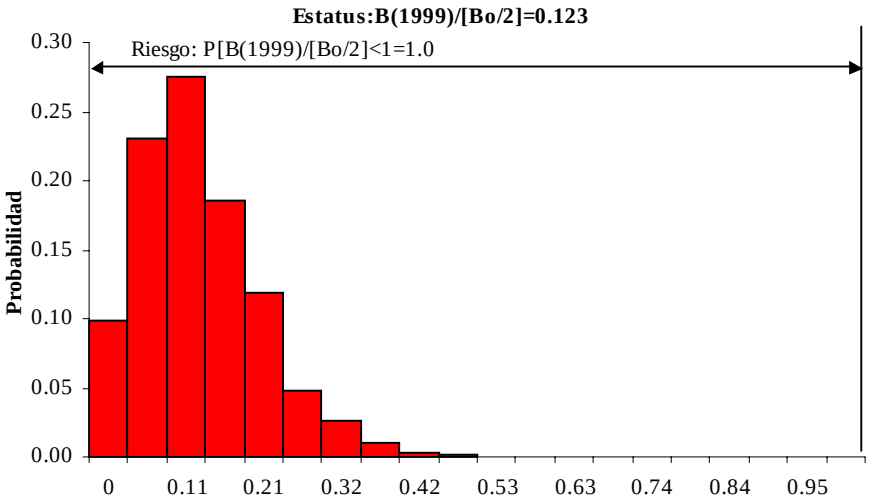


Fig. 18. Estatus del camarón blanco, *L. vannamei*, en la zona de Mazatlán, Sin. estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

- Camarón café

La abundancia de camarón café en la zona de Mazatlán presentó un incremento sostenido desde la temporada 1983-84 hasta la 1989-90 y empezó a disminuir a partir de la temporada 1992-93 (Fig. 19). No es fácil explicar este comportamiento en los términos de los supuestos del modelo, probablemente porque el camarón café descargado en Mazatlán, Sin. es uno de los que menos cumple el supuesto de que provenga del mismo stock. Debido a la gran movilidad de la flota de ese puerto las capturas pueden provenir de la costa de Sinaloa y Sonora; de la Costa Occidental de Baja California Sur; e incluso del Golfo de Tehuantepec.

El camarón café en las zonas de Mazatlán y Guaymas no es accesible para la flota artesanal y por eso encuentra en un estado de aprovechamiento adecuado

Durante casi todo el período de análisis la captura de camarón café en la zona de Mazatlán ha estado alrededor de la PEM, y lo mismo ocurre con la biomasa, que ha oscilado dentro del rango de *Bo/2* (Fig. 20). En 1999 la biomasa fue el 97.8 % de Bo/2, con un riesgo de 54.4 % (Fig. 21), por lo que esta especie se encuentra en un estatus adecuado.

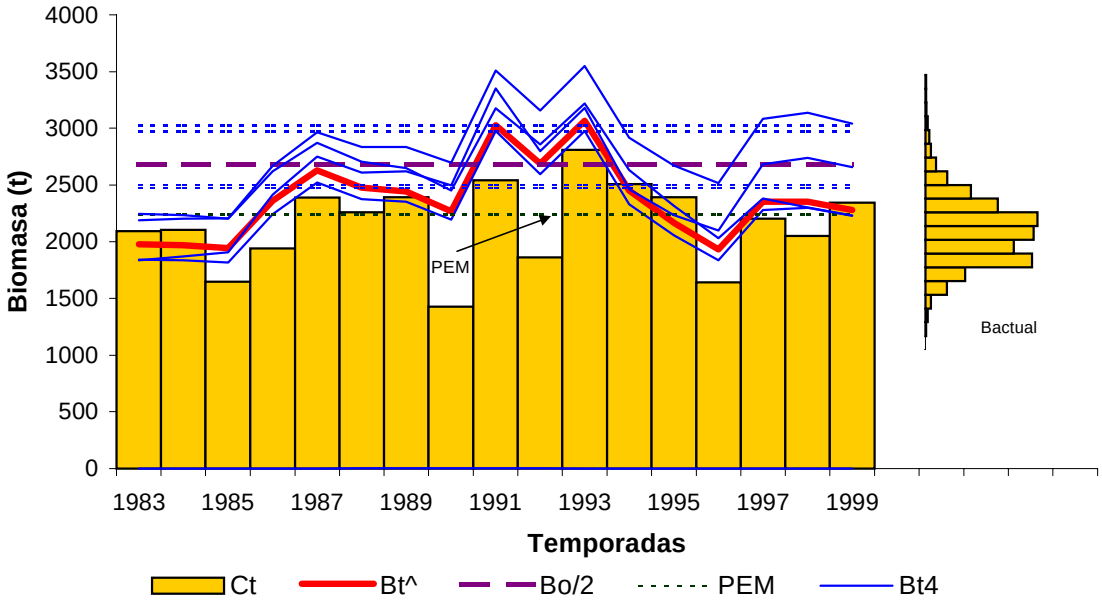


Fig. 19. Captura industrial y artesanal de camarón café, *F. californiensis*, descargado en la zona de Mazatlán, Sin durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

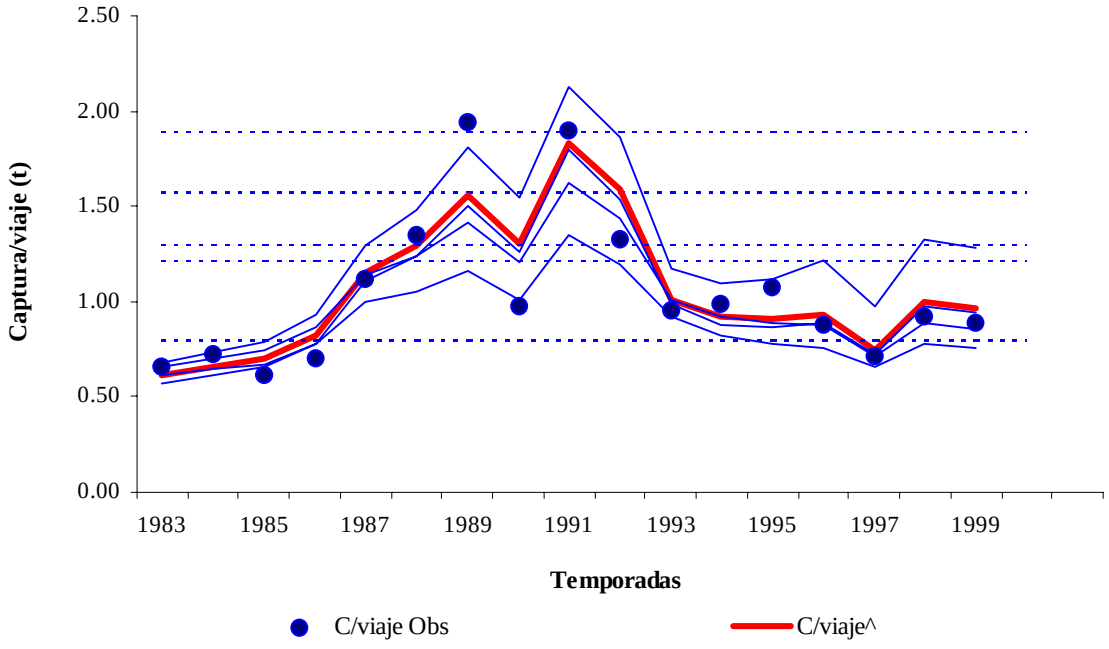


Fig. 20. Ajuste del modelo dinámico de biomasa de Schaefer a los datos de captura/viaje de camarón café, *F. californiensis*, descargado en la zona de Mazatlán, Sin. durante las temporadas 1983-84 a 1999-2000.

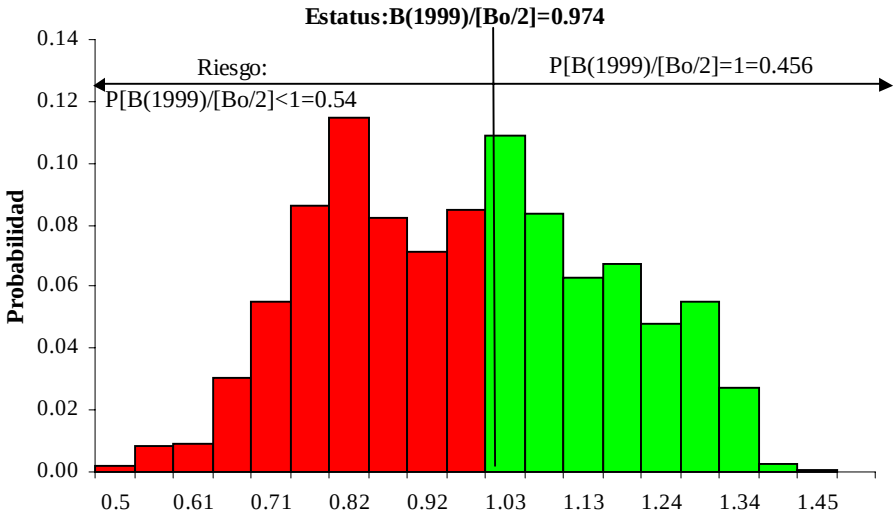


Fig. 21. Estatus del camarón café, *F. californiensis*, en la zona de Mazatlán, Sin. estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer.

Es importante señalar que el camarón café no está sujeto a las altas tasas de aprovechamiento que sufren el camarón blanco y el azul en los sistemas lagunares ni es tan accesible a la pesca furtiva en la franja costera. Además, posee una tasa de crecimiento mayor a las de estas dos especies y su reproducción y reclutamiento ocurren durante casi todo el año. Por ello se explica que tanto en Guaymas como en Mazatlán los stocks de esta especie se encuentren en niveles de biomasa cercanos al de su máxima productividad biológica.

- **GOLFO DE TEHUANTEPEC (modelo dinámico de biomasa)**

La información que el INP posee de la zona del Golfo de Tehuantepec incluye resultados de numerosos estudios biológicos, sin embargo aún falta información sobre el esfuerzo pesquero y estadísticas de captura

La segunda región en importancia de captura de camarón es el Golfo de Tehuantepec. En ella convergen embarcaciones con puerto base en Salina Cruz, Oax. y Puerto Madero, Chis., así como de Mazatlán, Sin. y Guaymas, Son., que en muchas ocasiones descargan el producto en sus puertos de origen. Tradicionalmente el puerto de descarga en esta zona ha sido Salina Cruz, Oax., sin embargo, a partir de la temporada 1996-97 se han incrementado las descargas en Puerto Madero, Chis.

La investigación del Instituto Nacional de la Pesca en esta zona ha cubierto la mayoría de los aspectos biológicos y de tecnología de capturas del camarón (Sierra, 1993a; Sierra y Reyna, 1993; Sierra y Náfate, 1993). Sin embargo, en lo que se refiere a la estadística pesquera y al ordenamiento hay varios asuntos por atender, entre ellos: el control sobre desplazamiento de la flota; la definición de los instrumentos legales para regionalizar el esfuerzo; la ausencia de una veda en la pesquería artesanal, a pesar de que ya hay planteamientos sobre algunas opciones (Sierra y Reyna, 1993; Sierra, 1993b; Sierra y Reyna, 1995) y la no reglamentación de las diferentes artes de pesca que se utilizan en los sistemas lagunares; y finalmente, al igual que en el Golfo de California, es necesario registrar el esfuerzo efectivo de pesca.

- **Camarón blanco**

A partir de la temporada 1996-97 la captura total de camarón blanco presenta una tendencia negativa y en las dos últimas temporadas se registraron los valores más bajos de toda la serie. Es muy importante

resaltar que en promedio, el 70 % de la captura de camarón blanco en el Golfo de Tehuantepec lo obtiene la pesquería artesanal, en tanto que la flota mayor solo captura el 30 %. En términos poblacionales esto significa que del total de la tasa de explotación, el 70% es aplicado en la fase juvenil dentro los sistemas lagunares. En la *figura 22a* se observa que la biomasa se encuentra a la mitad de *Bo/2*, por lo que esta especie también se encuentra deteriorada.

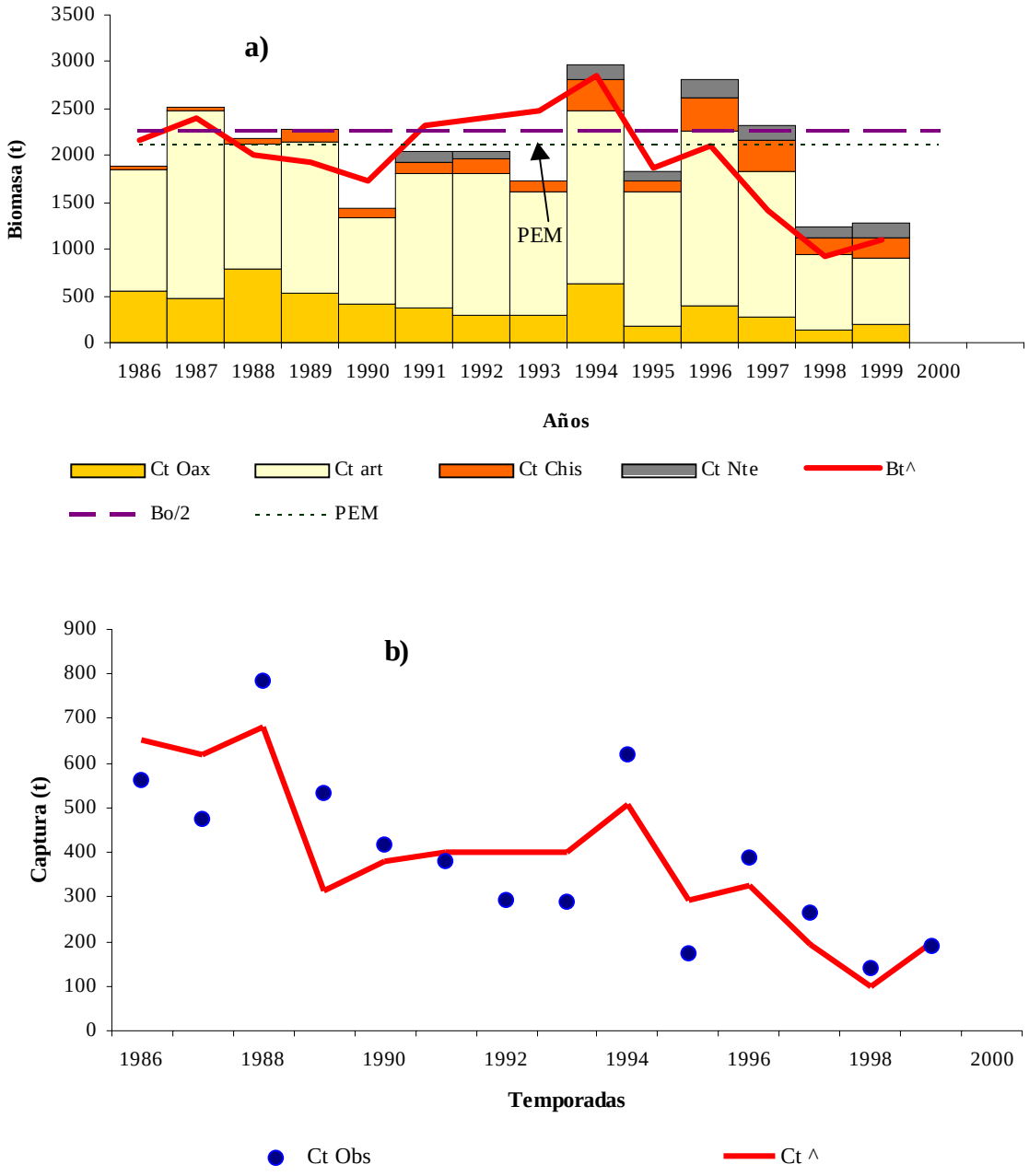


Fig. 22. (a) Captura industrial y artesanal de camarón blanco, *L. vannamei*, descargado en el Golfo de Tehuantepec durante las temporadas 1986-87 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer, Para fines de comparación, la captura artesanal se convirtió a captura sin cabeza. (b) Ajuste del modelo a los datos de captura descargada en Salina Cruz, Oax.

Camarón café

La captura de camarón café en esta zona es muy irregular; hay un incremento en la temporada 1994-95 y luego una disminución considerable en la siguiente temporada. Este comportamiento se repite en 1996-97 y 1997-98, no hay una tendencia definida ni en la captura ni en el índice de abundancia . En la *figura 23a* se indica que la curva de biomasa se encuentra debajo de *Bo/2*; sin embargo, no describe los altibajos observados en la captura por día en las últimas temporadas (Fig. 23b).

Los datos básicos para la aplicación de los modelos dinámicos de biomasa son los índices de abundancia y la captura total, y de la calidad de estos datos depende la validez de los resultados. En el caso del camarón café, es probable que una parte de la captura no sea descargada en ninguno de puertos del Golfo de Tehuantepec, ni que el esfuerzo registrado sea el total que se aplica en la zona, y que por lo tanto, el índice de abundancia no refleje la tendencia real de la biomasa. Estos resultados deben considerarse preliminares y deberán ser validados una vez que se cuente con la información sobre esfuerzo total aplicado tanto en la zona marina como en los sistemas lagunares (Sierra, 1992; Sierra y Gil, 1993). Otra opción es contar con índices de abundancia independientes de la flota durante la temporada de pesca, para lo cual deberá implementarse un programa de observadores a bordo.

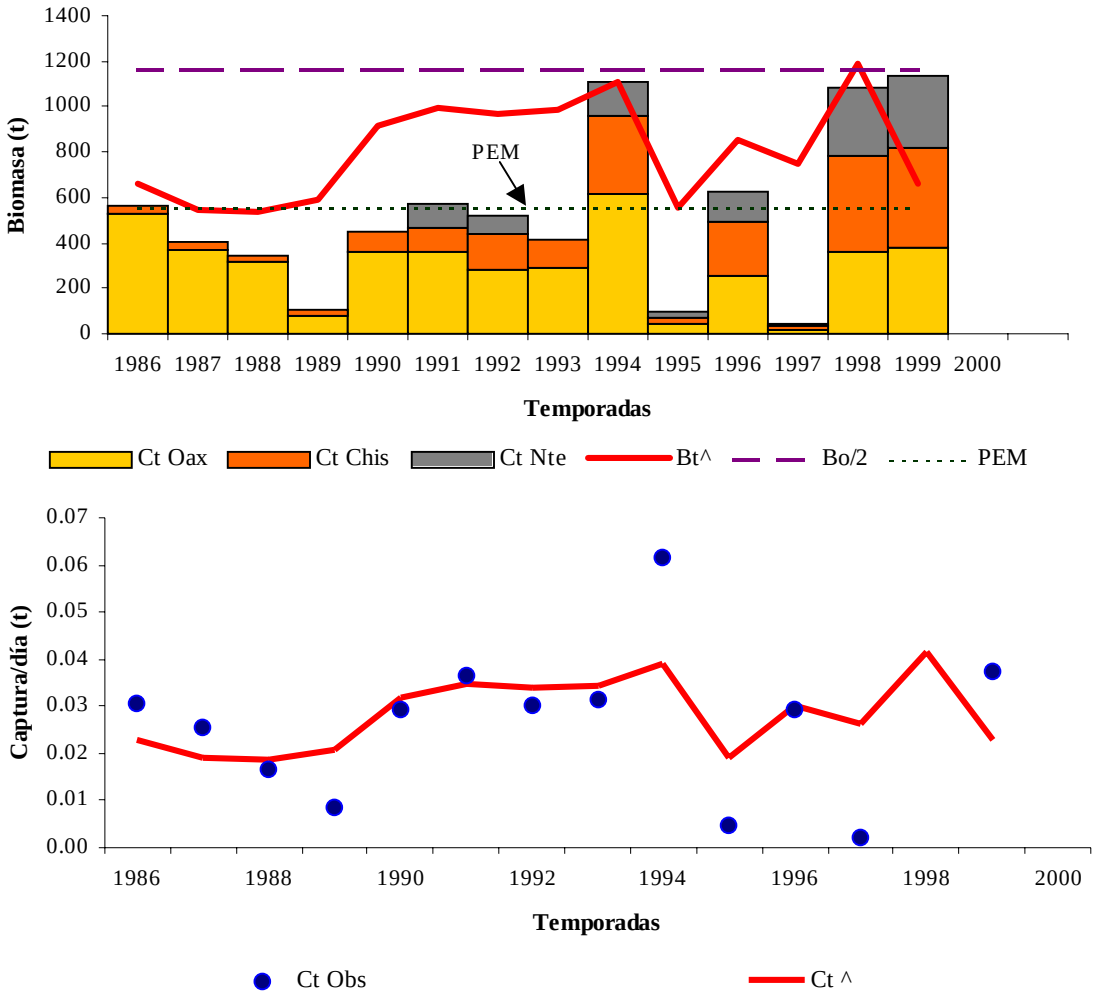


Fig. 23. (a) Captura industrial de camarón café, *F. californiensis*, descargado en el Golfo de Tehuantepec durante las temporadas 1986-87 a 1999-2000, y curva de biomasa estimada con el modelo dinámico de biomasa de Schaefer. (b) Ajuste del modelo a los datos de captura/día descargado en Salina Cruz, Oax.

- **BAHIA MAGDALENA, B.C.S.**

La pesquería del camarón en el sistema Bahía Magdalena-Almejas, constituye otra de las zonas importantes en el Pacífico mexicano. En la temporada 1997-1998 se obtuvieron más de 1,000 t, la captura máxima registrada en la historia de la pesquería en esa zona. De acuerdo con los resultados preliminares sobre el estatus del camarón café y azul en este sistema lagunar, ambas especies se encuentran deterioradas.

- **ALTO GOLFO DE CALIFORNIA**

Esta zona tiene una gran importancia desde el punto de vista ecológico, especialmente el área de la desembocadura del Río Colorado porque en ella se localiza la Reserva de la Biosfera "Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado", en donde se protegen diversas especies, algunas de ellas endémicas y amenazadas como la totoaba, Cynoscion macdonaldi y la vaquita marina, Phocoena sinus.

La Zona de Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California es área de protección de diversas especies, algunas de ellas endémicas y amenazadas

Geográficamente está delimitada por una línea imaginaria entre Punta Final, B. C. y Puertecitos, Son. Los principales puertos de descarga son San Felipe, B.C., Puerto Peñasco y Golfo de Santa Clara, Son. Los resultados preliminares indican que en su conjunto, el camarón azul y café se encuentran aprovechados al máximo.

- **GUAYMAS (modelo EERR)**

Este modelo se aplica únicamente a los datos de camarón azul descargado en Guaymas, Son., debido principalmente a que esta especie presenta sólo un reclutamiento al año. Aún cuando en algunos casos se han observado generaciones secundarias, la mayor parte de la captura esta sustentada en una cohorte que se recluta entre agosto y septiembre, a la edad de 4 a 5 meses. Esto facilita el ajuste a los datos de cada temporada, ya que no es necesario utilizar una función de stock-reclutamiento. En Guaymas se cumplen en mayor medida los supuestos sobre la identificación de la unidad de stock y el acceso al recurso por las dos flotas; además, se tiene una mejor estimación de la composición por especies en la captura, ya que esta se obtiene directamente de las maquilas y no de los muestreos en las plantas congeladoras.

Tabla 4. Parámetros de la población de camarón azul, *P. stylirostris*, estimados con el modelo EERR durante las temporadas 1985-1986 a 1999-2000 en la zona de Guaymas, Son. (Δt=mes).

Temporada	Btr	M	q	Ualta	uLag
1986-1985	3285.460	0.250	9.4500E-04	0.171	0.130
1986-1987	2886.870	0.244	7.6596E-04	0.169	0.277
1987-1988	2295.938	0.243	1.0276E-03	0.228	0.287
1988-1989	1602.070	0.215	9.0182E-04	0.218	0.257
1989-1990	1199.707	0.259	1.0587E-03	0.187	0.239
1990-1991	592.801	0.215	6.4274E-04	0.110	0.223
1991-1992	769.978	0.237	2.7062E-03	0.312	0.328
1992-1993	1159.957	0.214	1.5272E-03	0.280	0.267
1993-1994	1661.645	0.184	6.2571E-04	0.164	0.424
1994-1995	1848.056	0.210	7.8358E-04	0.217	0.240
1995-1996	1957.603	0.010	1.6706E-03	0.360	0.158
1996-1997	1746.053	0.243	6.1457E-04	0.139	0.272
1997-1998	1160.000	0.178	8.4800E-04	0.232	0.328
1998-1999	---	---	---	---	---
1999-2000	1235.000	0.010	0.001	0.293	0.328

La mortalidad natural de camarón azul estimada en esta zona oscila entre 0.010 y 0.259 con un promedio de 0.194 por mes; la tasa de explotación de la flota industrial varía entre 0.110 y 0.360, y la de la artesanal entre 0.130 y 0.424 (Tabla 4). La biomasa inicial de las cohortes varía entre 1,500 y 2,000 t y al final de la temporada llega a ser menos de 500 t (Fig. 24). Dado que las temporadas terminan a fines de abril y principios de mayo de cada año, y como sólo hay una cohorte, la biomasa al final de cada temporada constituye el stock desovante que genera los reclutas para la siguiente temporada, entre agosto y septiembre. Es interesante notar que aún cuando el stock remanente es muy reducido, en sólo cuatro meses de veda la población es capaz de generar una biomasa similar a la de la temporada inmediata anterior, que confirma la extraordinaria capacidad de recuperación de los camarones peneidos (INP, 2000).

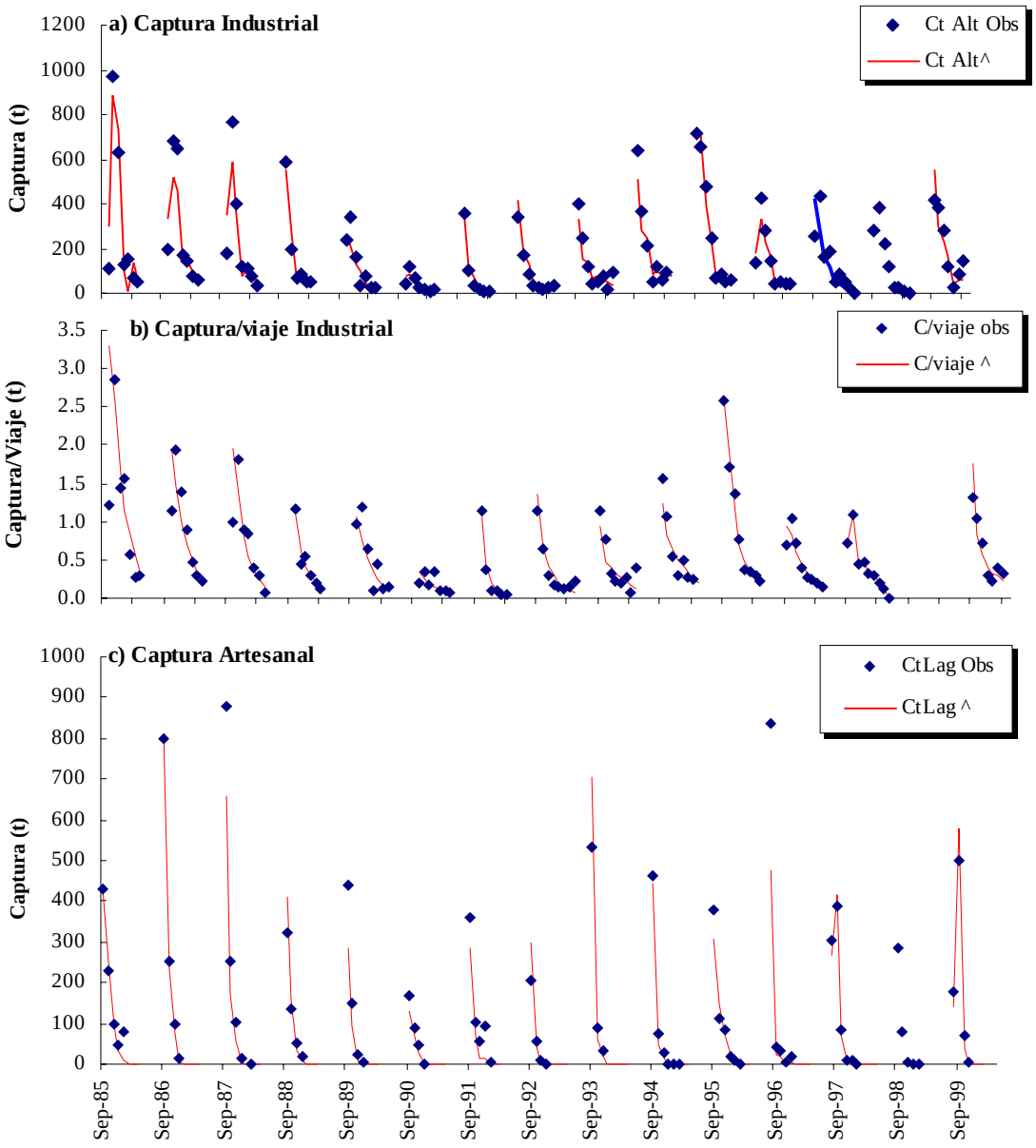


Fig. 24. Ajuste del modelo dinámico estructurado por edades con retraso en el reclutamiento (EERR) a los de camarón azul, *L. stylirostris*, descargado en la zona de Guaymas, durante las temporadas 1985-86 a 1999-2000.

▼*Confrontación de modelos: ajuste histórico*

Uno de los aspectos más importantes en la confrontación de modelos es comparar cuál describe mejor los datos observados y la similitud de las variables de interés. En este caso, el objetivo al analizar los dos modelos consiste en comparar las curvas de biomasa y sus variaciones estimadas por cada uno de ellos.

En la *figura 25* se representa gráficamente la comparación de la biomasa anual y mensual estimada por ambos modelos. En términos del modelo dinámico de biomasa, la disminución observada a partir de la temporada 1985-1986 a 1990-1991 se atribuye a que la captura superó lo que la población produjo en exceso en cada una de las temporadas, mientras que en el modelo de EERR el mismo fenómeno se explica por una disminución del stock reproductor. Es decir, se dejó menos biomasa remanente al final de cada temporada. A partir de la temporada 1985-1986 la biomasa remanente disminuyó progresivamente al final de cada temporada, lo cual ocasionó que en las siguientes temporadas disminuyera el reclutamiento; a partir de 1993-1994 la biomasa remanente se incrementó y en las siguientes dos temporadas el reclutamiento aumentó ligeramente. Sin embargo, a partir la temporada 1995-1996 nuevamente la biomasa al final ha sido menor, y por consiguiente, se ha presentado una disminución en la biomasa de los reclutas. En resumen, la disminución de la biomasa se debe a que la capacidad de regeneración de la población es afectada al extraer mas de lo que se produce en exceso.

Los camarones peneidos poseen una elevada capacidad de recuperación poblacional que, sin embargo, puede verse superada cuando la captura es mayor a lo que las poblaciones producen en exceso

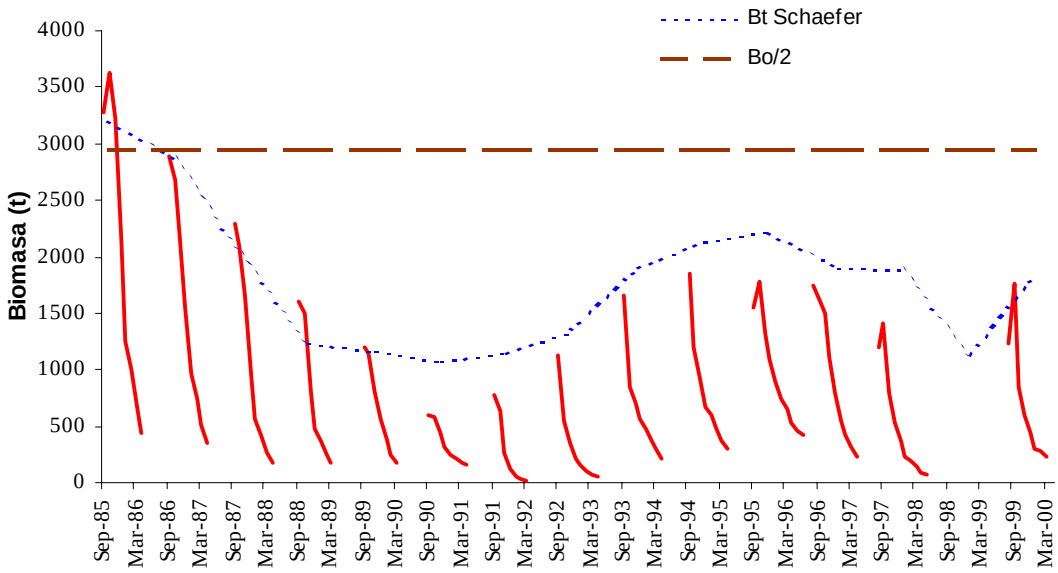


Fig. 25. Confrontación de la biomasa estimada por el modelo dinámico de biomasa y el modelo EERR para la población de camarón azul, *P. stylirostris*, en la zona de Guaymas, Son.

En términos de modelación y en especial para pronóstico, el modelo de Schaefer es mejor que el estruturado por edades, puesto que la regeneración de la población está implícita en el término de crecimiento *[r*Bt*(Bo-Bt)/Bo],* en tanto que en el EERR depende de varios parámetros, entre ellos de la función stock-reclutamiento, que es una de las variables más difíciles de medir en las poblaciones naturales (Gulland, 1973).

La relación stock-reclutamiento, y en particular la de los camarones peneidos, queda enmascarada en muchas ocasiones por las variaciones de las condiciones ambientales (Tang, 1985; Caddy, 1986; Garcia y

LeReste, 1982; Díaz de León, 1993) y por la gran capacidad de recuperación de los camarones peneidos. Gunter (1966) señaló que después de la destrucción casi total del recurso camarón en la costa atlántica de Estados Unidos por el frío invierno de 1940, en 1941 las capturas fueron normales, por lo que los pocos supervivientes fueron suficientes para repoblar la población. No obstante, con objeto de estimar los parámetros de la *ecuación 9*, se realizó un análisis stock-reclutamiento tomando como stock reproductor la biomasa remanente (B_{REM}) al final de la temporada *T,* y como reclutamiento la biomasa inicial de la cohorte (a la edad de reclutamiento *k*) en la siguiente temporada ($B_{k,\ T+1}$) Adicionalmente, el modelo se ajustó estimando los parámetros a y b de manera no analítica (sin considerar la *ecuación 10* y la *ecuación 11), y* sustituyendo la expresión Bδ por a*Bδ en el numerador de la *ecuación 9.* El proceso de ajuste consistió en minimizar la suma de diferencias al cuadrado entre los valores observados y estimados utilizando las rutinas de optimización de la herramienta Solver incluida en Microsoft Excel.

El valor estimado de Z fue 0.85, lo cual indica que con bajos niveles de stock reproductor se puede alcanzar un reclutamiento alto (Hilborn y Mangel, 1997). El valor de *Bo* estimado de esta manera fue de 5,200 t, el cual se encuentra dentro del rango de la DPPB obtenida con el modelo de Schaefer (INP, 2000).

Según García y LeReste (1982), no hay poblaciones, incluso aquellas que han sido fuertemente explotadas, en las que se haya demostrado que el reclutamiento haya sido afectado por el aprovechamiento de los adultos. Sin embargo, en el stock del camarón azul en Guaymas esto sí ha ocurrido. Los resultados indican que aún cuando en la zona más cercana al origen los datos no siguen el patrón de la curva teórica, se observa que el reclutamiento se incrementa conforme aumenta la biomasa remanente al final de la temporada (Fig. 26). Las dos aproximaciones de ajuste describen de manera similar en la parte inicial de la curva, pero cuando *a* y *b* son estimados analíticamente, la predicción de reclutamiento es menor que cuando se estiman como parámetros independientes.

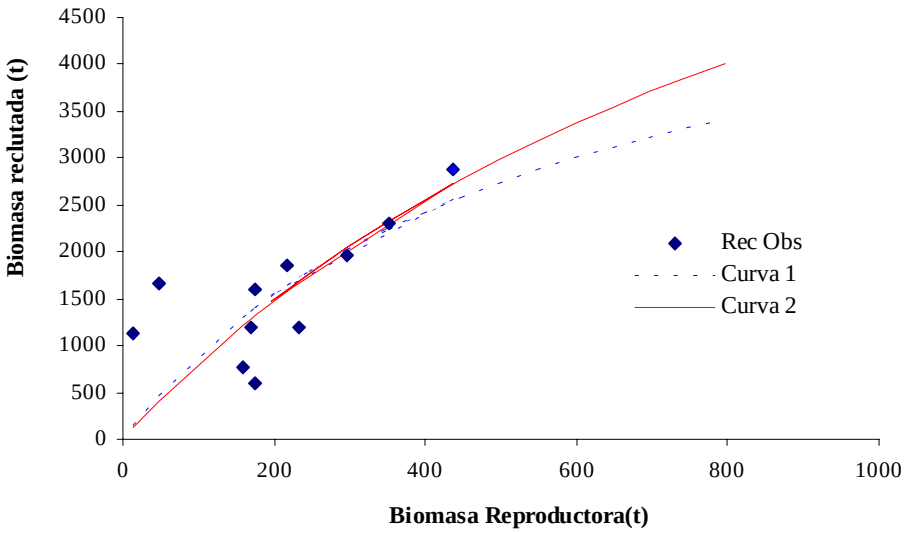


Fig. 26. Ajuste de dos modelos de stock-reclutamiento tipo Beverton y Holt a los datos de biomasa remanente al fin de la temporada *T* y el reclutamiento (en biomasa) para la temporada *T+1* en el camarón azul, *P. stylirostris,* en la zona de Guaymas, Son. (Curva 1: a y b estimados analíticamente; Curva 2: a y b estimados de manera independiente).

Los datos observados no permiten dilucidar si al incrementarse la biomasa remanente el reclutamiento seguirá el pronóstico de la curva 1 o el de la curva 2, y en que nivel esta se alcanzará el máximo. Para tener un valor observado en la parte asintótica de esta curva es necesario que la biomasa se encuentre en Bo, y como en toda en toda la serie disponible la biomasa se encuentra debajo de Bo/2, sólo se observa la

parte inicial de la relación stock-reclutamiento (Fig. 26). Si, por ejemplo, en el periodo analizado la biomasa estuviera entre *Bo* y *Bo/2,* entonces sólo se observaría la parte asintótica. Lo que sí es claro es que al aumentar el stock reproductor (dejar mas biomasa remanente) hay mayor probabilidad de que el reclutamiento se incremente.

La aplicación de este modelo a los datos de camarón azul en la zona de Guaymas permite mostrar que aún cuando el modelo dinámico de biomasa es muy simple, cuando existen datos confiables de captura y esfuerzo, las biomasas estimadas por ambos enfoques (dinámico y estructurado por edades con retraso) son similares. Por lo tanto, ante la ausencia de datos, especialmente de esfuerzo efectivo mensual en sistemas lagunares para usar un modelo más elaborado, las conclusiones derivadas del dinámico de biomasa son confiables aún en recursos de naturaleza extremadamente dinámica y variable como los camarones.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Las vedas estacionales han sido utilizadas comúnmente en el manejo de pesquerías con varios propósitos, entre ellos la limitación del esfuerzo, la protección de desoves y la maximización del rendimiento (en peso o valor económico) que puede ser obtenido de una cohorte. Las vedas modifican la distribución del esfuerzo de pesca en tiempo y espacio limitando el acceso de los pescadores a ciertos componentes del stock (Die y Watson, 1993). Esto implica una compleja interacción espacial y temporal entre los patrones de esfuerzo y la dinámica del stock, los cuales determinan el éxito o fracaso de las estrategias de manejo basadas en este mecanismo de manejo.

Las vedas modifican la distribución del esfuerzo de pesca en tiempo y espacio limitando el acceso de los pescadores a ciertos componentes del stock

El análisis de diferentes escenarios de veda ha sido la opción más viable cuando el manejo es a corto plazo, ya que el objetivo es maximizar el rendimiento en el estado actual de las poblaciones. En otras palabras, el enfoque para el inicio de temporada (fin de veda) es determinar la talla o edad a la que los individuos de la cohorte principal deben ser capturados con objeto de maximizar el rendimiento, ya sea en peso o en valor de la captura.

Si el esfuerzo de pesca se incluye como una variable más, entonces el problema puede ser resuelto con un análisis de rendimiento por recluta. En el caso más simple, la determinación de la fecha de inicio de temporada consiste en conocer el tiempo en el que los individuos alcanzarán la talla deseada. Sin embargo, independientemente de los diferentes escenarios de veda, en el ejemplo de referencia la maximización del rendimiento estará basado siempre en el aprovechamiento de los reclutas de la cohorte principal, que depende en buena medida de del estado poblacional del recurso.

En recursos pesqueros en los cuales el estado actual es sobrexplotación, el objetivo, sobre todo a mediano y largo plazo, es definir estrategias para recuperar la máxima productividad del stock y la estabilidad de la pesquería (Rosenberg y Brault, 1993). Por tal razón, el enfoque de las perspectivas de manejo presentadas en esta sección va más allá de diferentes análisis de escenarios de veda en los términos referidos anteriormente; se plantean estrategias para incrementar la productividad de la población, de tal manera que en vez de aprovechar un número reducido de reclutas, la población sea capaz de generar un número mayor, lo cual implica manejo a mediano y largo plazo.

Dado que los análisis mostrados anteriormente indican que los diferentes stocks de camarón café se están menos deteriorados que el azul y el blanco, en esta sección se hace énfasis en las estrategias de

recuperación de los dos últimos. Estas dos especies constituyen una pesquería secuencial y su aprovechamiento genera una serie de conflictos entre los usuarios, debido a que, como ya se indicó, la pesquería artesanal aprovecha la fase juvenil en las lagunas costeras y la flota industrial aprovecha la fase adulta en la zona marina, de tal manera que el reclutamiento en el mar depende del escape de camarón de las lagunas.

Las pesquerías de camarón blanco y azul son de tipo secuencial, esto es, mientras que la fase juvenil es capturada en lagunas costeras por la flota artesanal, los adultos son capturados en la zona marina por la flota industrial

El manejo de una pesquería con estas características es complejo porque incluye aspectos de competencia por el recurso en diferentes periodos, artes y zonas de pesca, con diferentes costos de producción y número de pescadores.

Idealmente, la asignación óptima a cada pesquería debe hacerse mediante un balance entre aspectos biológicos y económicos (Charles y Red, 1985), pero como estas poblaciones están sobreaprovechadas, las estrategias planteadas se enfocan como un primer paso hacia la recuperación de la productividad. Por lo tanto, en las opciones analizadas no se consideran opciones de eliminación de una u otra pesquería, sino que sólo se analiza el comportamiento de la biomasa bajo diferentes tasas de aprovechamiento en ambas pesquerías.

Los escenarios analizados son los siguientes:

- **Escenario base:** En el escenario de partida o control se analiza teóricamente la gran capacidad de crecimiento de las poblaciones de camarón con una tasa de aprovechamiento de cero.
- **Escenario 1:** Continuar con la tasa de aprovechamiento actual.
- **Escenario 2:** Aumentar el 50% de la tasa de aprovechamiento.
- **Escenario 3:** Disminuir 20% de la tasa de aprovechamiento.
- **Escenario 4:** Disminuir 30% de la tasa de aprovechamiento.
- **Escenario 5:** Disminuir 40% de la tasa de aprovechamiento.

Es importante recordar que para el camarón azul en la zona de Guaymas se dispone de datos confiables, pero no en todas las zonas y especies, por lo que las opciones de recuperación serán analizadas con el modelo dinámico de biomasa y no con el EERR. Por este motivo, es importante confrontar las proyecciones de biomasa de ambos modelos y analizar equivalencias y posibles sesgos cuando se disponga de poca información, o que la complejidad y variabilidad del sistema no permita modelarlo, y sea necesario integrar varios parámetros en un modelo más simple.

▼ *Confrontación de modelos: proyección*

- **Guaymas: camarón azul**

Uno de los productos de la evaluación de recursos marinos mediante modelos es la proyección hacia el futuro bajo diferentes escenarios de manejo (Smith y Gavaris, 1993). Con objeto de probar la validez de las proyecciones con los modelos de Schaefer y el EERR, antes de analizar las diferentes opciones en su conjunto, se realizó el siguiente ejercicio: se asumió que la temporada actual es la 1993-1994 y se proyectó la biomasa hacia las temporadas 1994-1995, 1995-1996 y 1996-1997, a la cual se le denominó “proyección simulada” ya que se trata de un futuro conocido. Si el modelo es capaz de “predecir lo que sucederá” durante las temporadas 1994-1995 a 1996-1997, es posible predecir también lo que pasará en la “proyección real”, a partir de la temporada 2000-2001.

En esta proyección se utiliza la función stock-reclutamiento, usando los valores de a y b (ecuación 9) que modelan la *figura 26*, y como variables de entrada, el índice de reproducción (ηH) durante los meses de febrero a mayo para generar el reclutamiento inicial en la temporada T+1 con base en la biomasa remanente

de la temporada *T*. El resultado de las simulaciones se representa gráficamente en las *figura 27a* y *b*. La línea punteada indica la captura y la CPUE mensual predicha por el modelo EERR, en tanto que la serie con símbolos representa la captura y la CPUE reales. Los resultados obtenidos muestran que el modelo EERR es capaz de estimar con mucha precisión tanto las capturas como la CPUE en las tres temporadas. Estos resultados indican que es posible estimar la captura y la CPUE en el futuro inmediato, empleando la tasa de explotación artesanal y el esfuerzo industrial. El último supuesto es que el patrón de reproducción no varía.

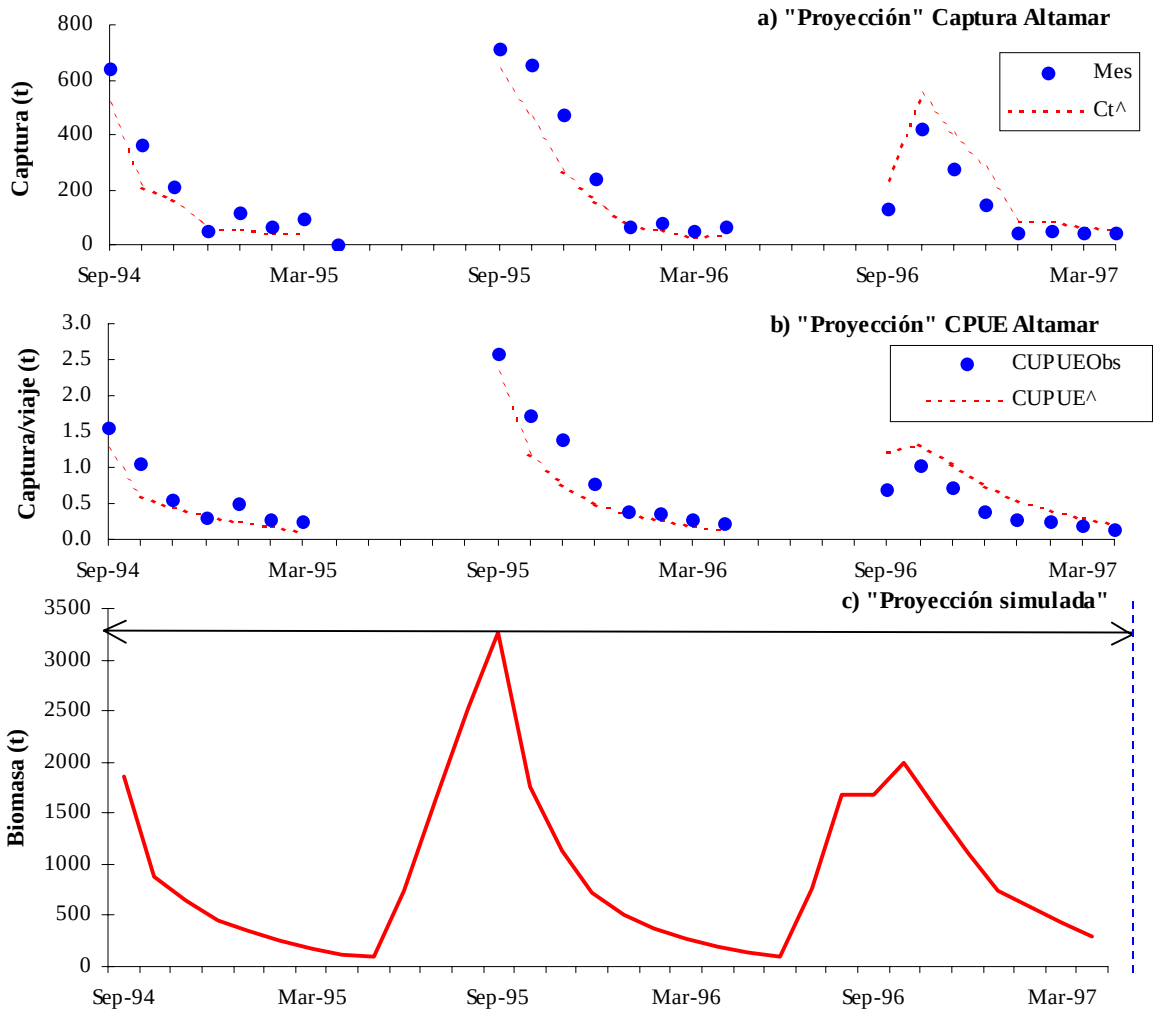


Fig. 27. Ejercicio de simulación de la "proyección simulada" (temporadas 1994-1995 a 1996-1997) para el camarón azul en la zona de Guaymas, Son. a) proyección de la captura, b) Proyección de la CPUE, c) Confrontación de la biomasa estimadas por el modelo de Schaefer y el EERR.

Dado que el esfuerzo de la flota industrial y la tasa de explotación de la pesquería artesanal son variables de control, es posible analizar el comportamiento de la biomasa en el futuro bajo diferentes niveles de aprovechamiento, e incluso modificar el patrón mensual del esfuerzo de la pesca industrial (duración de la temporada de pesca) o la tasa de explotación para entonces manejar la pesquería bajo el mejor escenario.

En la *figura 28* (“recuperación y estabilización”) se analiza determinísticamente la proyección de la biomasa con el Escenario Base (tasa de explotación cero) con los dos modelos. En el caso del EERR (línea continua),

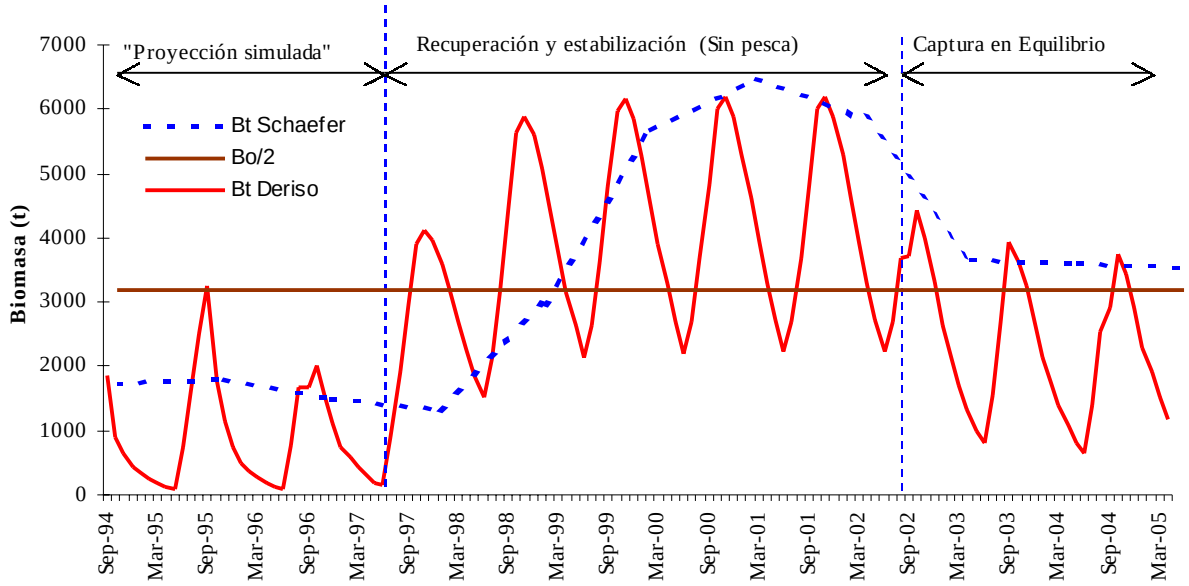


Fig. 28. Representación gráfica del ejercicio de la "proyección simulada", "crecimiento y estabilización", y "captura en equilibrio" para el camarón azul en la zona de Guaymas, Son.

a partir de mayo de 1997 el incremento de la biomasa está dado por el crecimiento individual de los individuos y el reclutamiento, mientras que las pérdidas sólo se deben a la mortalidad natural. Es importante notar que la biomasa muestra un comportamiento similar al de poblaciones integradas por generaciones discretas, que es precisamente como está estructurada la población de camarón azul, donde raramente se traslapan las generaciones.

En lo que respecta a la proyección de Schaefer (línea punteada), la biomasa muestra el típico crecimiento logístico. De acuerdo con esta proyección, con una sola temporada de cero explotación la biomasa alcanzaría el nivel de máxima productividad y con tres alcanzaría el valor asintótico de *Bo* (alrededor de 6,500 t).

Como resultado de la comparación se observa lo siguiente: una vez que la proyección del modelo EERR alcanza el "equilibrio" sin pesca (a partir de sep-2002), la biomasa máxima de cada generación coincide con el valor de *Bo* del modelo de Schaefer, en tanto que el valor mínimo (biomasa remanente) es ligeramente inferior a *Bo/2*.

Finalmente, para simular una población virgen en "equilibrio" y luego someterla a una estrategia óptima de aprovechamiento donde sólo se extrae la producción excedente, se realizó otro ejercicio de simulación. Este consistió en dejar crecer la población bajo una tasa de cero explotación hasta llegar a *Bo,* donde la relación entre stock progenitor y reclutas (progenie) alcanza el equilibrio (no en la estructura de edades, porque las generaciones son discretas).

Una vez en equilibrio se calculó el esfuerzo de la flota industrial y *Uart* necesarios para obtener la tasa de aprovechamiento óptima *(r/2)* y se aplicó durante tres temporadas a partir de sep-1997. De acuerdo con los supuestos del modelo logístico, cuando una población virgen es aprovechada de esta manera, la biomasa tiende a disminuir acercándose a *Bo/2* pero nunca es inferior a este nivel, que es precisamente lo que se observa en la *figura 28* ("captura en equilibrio").

Es importante observar que a partir de la tercera temporada de proyección sin pesca (sep-1999), la biomasa máxima de cada generación estimada por el modelo EERR es muy similar al valor de la curva de Schaefer y que una vez que la población es sometida a un aprovechamiento óptimo (sep-2002) continua esta relación.

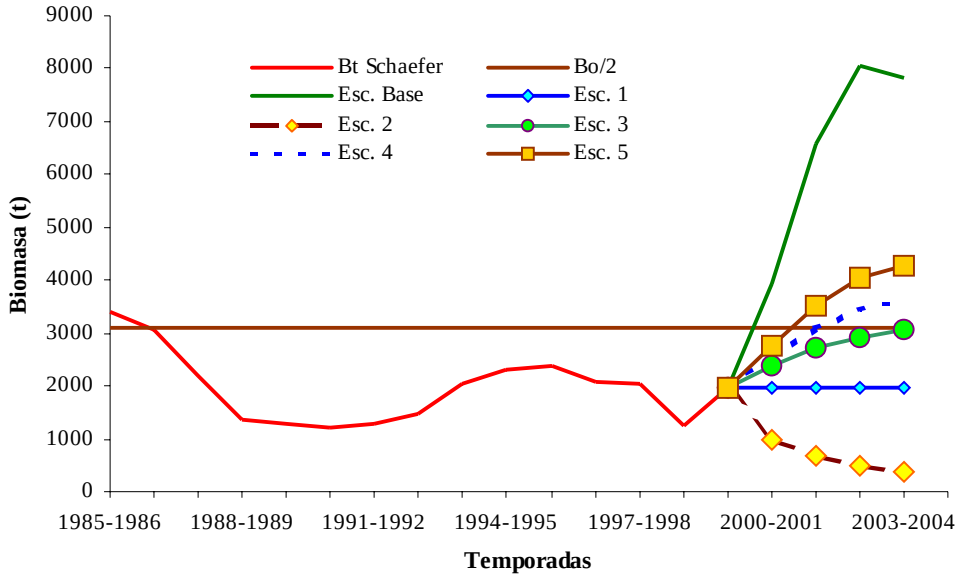


Fig. 29. Representación determinística de la proyección de la biomasa del camarón azul, *P. stylirostrotris*, en la zona de Guaymas, Son. con el modelo de Schaefer bajo diferentes niveles de tasa de explotación.

Así mismo, es importante notar que a partir de mar-2003 el nivel de biomasa remanente requerido para mantener el reclutamiento al nivel de *Bo/2* se estabiliza entre 600 y 700 t, que es mayor a las 200 t que en promedio se han dejado en las últimas temporadas. Es importante observar nuevamente la *figura 26* a la luz de este resultado: el valor máximo observado de biomasa remanente es apenas un poco menor de 500 t. Si este valor se estimó cuando la biomasa estaba mas cerca de Bo/2, al inicio de la serie, (Fig. 7), significa que desde 1985 la biomasa remanente ha sido inferior a las 600-700 donde se maximiza el reclutamiento.

Se concluye que al llevar la biomasa inicial de cada temporada a *Bo/2*, se asegura que la biomasa remanente en cada temporada sea del nivel requerido para asegurar un reclutamiento sostenido manteniendo la producción del sistema en su máximo nivel.

Aunque la aplicación del modelo de Schaefer a especies de ciclo de vida corto ha sido cuestionada (Garcia y LeReste, 1986), con estas simulaciones se muestra que para el nivel de análisis requerido (inferior, superior o alrededor de *Bo/2*), los resultados del modelo de Schaefer son equivalentes a los que se pudieran obtener si se utilizara un modelo estructurado por edades donde se utiliza como punto de referencia la biomasa del stock reproductor, como el caso del camarón azul de la zona de Guaymas.

▼ *Análisis de los escenarios de simulación*

A continuación se presenta el análisis de los cinco escenarios basados en el modelo de Schaefer. Como se muestra en la *figura 29*, en el Escenario Base la biomasa crece hasta alcanzar el valor asintótico de *Bo/2*, y de continuar con el nivel de aprovechamiento actual (Escenario 1) la biomasa se mantiene dentro del nivel de 1999, mientras que al incrementar en 50% el esfuerzo de la flota industrial y la tasa de aprovechamiento de la pesca artesanal (Escenario 2), la biomasa disminuye. En los dos escenarios anteriores los niveles de productividad se encuentran por debajo del máximo, por lo que es claro que ninguno lograría llevar la biomasa a Bo/2.

Cualquier disminución en la tasa de aprovechamiento se traduce inmediatamente en un incremento en la

biomasa (Escenarios 3, 4 y 5), por lo que estos son los que deberán ser considerados a mediano y largo plazo en la recuperación de las poblaciones de camarón.

La problemática asociada a la pesquería de camarón incluye muchos aspectos, por lo que para definir de manera especifica una opción de recuperación deben considerase criterios de tipo socieconómicos, especialmente en la pesca artesanal (Kapestky, 1982). Dadas las características de las poblaciones de camarón y su gran capacidad para soportar altos niveles de aprovechamiento, el problema de acceso al recurso es mas bien de repartición y rentabilidad, cuyo proceso debe fundamentarse en función de los objetivos de manejo, ya sea para obtener el máximo rendimiento biológico, el económico o el social.

En el caso de la flota de altamar es importante tomar en cuenta que en la situación actual, por ningún motivo debe incrementarse el esfuerzo para evitar el riesgo de "sobrepesca económica" o sobrecapitalización de la actividad (Garcia y LeReste, 1982). La sobrecapitalización conlleva a un grave riesgo de exceso de capacidad que se traduce en demasiados barcos, plantas procesadoras ociosas, costos de operación elevados y endeudamiento que propicia empresas ineficaces.

En el caso de la pesquería artesanal, tampoco es conveniente incrementar el esfuerzo, y como lo indican las simulaciones y análisis presentados en este trabajo, es necesario reducir las tasas de explotación en todas sus fases.

Dada la gran capacidad de recuperación de las poblaciones de camarón ejemplificadas de manera precisa en este trabajo con el caso del camarón azul de Guaymas; pero planteados también para los casos de camarón café y blanco en las demás regiones, es posible esta recuperación, y a corto plazo (2-3 temporadas) si las tasas de explotación en toda la pesquería son reducidas.

En general, y considerando todas las especies y los principales puertos de descarga, se puede concluir que la pesquería de camarón en el Pacífico mexicano se encuentra aprovechada al máximo y que no es posible incrementar el esfuerzo de pesca actual en ninguna de sus regiones y especies. Dado que algunos stocks se encuentran en un nivel de biomasa muy inferior al de máxima productividad, es necesario considerar medidas adicionales que reduzcan el esfuerzo de pesca, tales como vedas regionales, control de tasas de explotación artesanal, y evaluación de la capacidad pesquera industrial, a fin de lograr una recuperación y mejores niveles de rendimiento económico.

Campos de colaboración

Siendo la pesquería del camarón la más importante en México, ha sido también una de las más estudiadas. A ella se le asigna la mayor proporción de recursos humanos y financieros en el INP. El ciclo vida de la fase juvenil y adulta está casi cubierto en su totalidad. Los aspectos sobre crecimiento, fecundidad, ciclos de reproducción, migración y reclutamiento son actualizados periódicamente por el Instituto Nacional de la Pesca a través de los cruceros de investigación que se realizan a lo largo del Pacífico todos los años, tanto en sistemas lagunares como en la zona oceánica.

Durante la temporada de pesca se toman muestras de la captura desembarcada en los principales puertos, se estima la composición de especies, tallas y sexos en las captura y se obtiene información sobre los índices de abundancia.

Sin embargo, a pesar de este enorme esfuerzo de investigación, existe también un enorme rezago sobre información de la actividad pesquera, especialmente en la pesquería artesanal.

Las principales líneas de investigación que el INP plantea son las siguientes:

1. Recopilación de datos de esfuerzo efectivo de pesca en la pesquería artesanal: Se debe incluir en los registros oficiales la información sobre el esfuerzo efectivo de pesca en los sistemas lagunares. En

algunas zonas se desconoce el número real de pescadores, equipos y artes de pesca. Pero el esfuerzo no se refiere al simple registro del número de pescadores, artes de pesca o embarcaciones, sino a la identificación de las unidades de pesca y al tiempo de operación de los artes de pesca.

En este tema existe una gran oportunidad de colaboración con los usuarios del recurso para establecer un programa de trabajo que permita recopilar información de esfuerzo, de manera similar al seguimiento que se le da a los avisos de arribo de las embarcaciones mayores. Esto implica el establecimiento de bitácoras y sistemas de control en cada categoría de unidad de pesca.

2. Recopilación de esfuerzo aplicado a cada especie en la zona marina. Si bien el registro de esfuerzo de la pesquería industrial es mejor que el de la pesquería artesanal, se refiere únicamente a "días fuera de puerto". No se conoce el tiempo efectivo (lances, horas), la zona de pesca ni cual es la proporción de esfuerzo, por lo que es de suma importancia obtener información confiable al respecto. La mejor manera de lograr esto es establecer un programa de observadores a bordo de la flota mayor el cual deberá ejecutarse con apoyo de todos los usuarios.

REFERENCIAS

Acal, D. E. & A. Arias. 1990. Evaluación de los recursos demerso-pelágicos vulnerables a redes de arrastre de fondo en el sur del Pacífico de México. Ciencias Marinas 16 (3):93-129.

Aguilar, D. & M. Grande-Vidal. 1996. Evaluación tecnológica de dispositivos excluidores de tortugas marinas, tipo rígido en Océano Pacífico Mexicano, durante el periodo febrero de 1992 a agosto de 1994. Programa Tecnología de Capturas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Amezcua, L. F. 1985. Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. E*n*: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUA, ICMyL, UNAM/ INP. México: 39-94.

Blaber, S.J.M., D.T. Brewer, J.P. Salini & J. Kerr. 1990. Biomasses, catch rate and abundances of demersal fishes, particulary predators of prawn in a tropical bay in the Gulf Carpentaria, Australia. Mar. Biol. 107: 397-408.

Box, G. E. P. & G.C. Tiao. 1973. Bayesian inference in statistical analysis. Wiley Classics. New York.

Caddy, J. F. 1986. Modeling stock recruitment processes in crustacea: some practical and theoretical perspectives. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 13: 2330-2344.

Carling, B. P. & T. A. Louis. 1997. Bayes and empirical Bayes methods for data analysis. Chapman & Hall, New York.

Charles, A. T. & W. J. Reed. 1985. A bioeconomic analysis of sequential fisheries: competition, coexistence, and optimal harvest allocation between inshore and offshore fleets. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 952-962.

Chapa, H. 1976. La fauna acompañante del camarón como un índice de monopesca. Mem. Simposio sobre biología y dinámica poblacional del camarón. Guaymas, Sonora 8-13 de agosto de 1976: 174-186.

Deriso, R. B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 268-286.

Díaz-de-León C., A. J. 1993. Exploitation and management of the Sinaloa shrimp fishery, México. Thesis Ph.D. Renewable Resources Group Center for Environmental Technology Imperial College of Science, Technology and Medicine. 319.

Die, D. J. & R. A. Watson. 1993. A per recruit model simulation for evaluating spatial closures in an Australian penaeid fisheries. Acuatic Living Resources 5:145-153.

Garcia, S. & S. LeReste. 1982. Ciclos vitales, dinámica, aprovecha-miento y ordenación de camarones peneidos costeros. FAO. Doc. Tec. Pesca 203: 1-180.

Gilchrist, W. 1984. Statistical modelling. John Wiley & Sons. New York.

Gelman, A., J. B. Carliny & D. B. Rubin.1995. Bayesian data analysis. Chapman & Hall, New York.

Grande-Vidal, J. M. 1983. Evaluación biotecnológica de los recursos demersales vulnerables a redes de arrastre de fondo en el Golfo de California, 1978-1980. Ciencia Pesquera 4: 97-125.

Grande-Vidal, J. M. 1988. Situación actual y perspectivas de la utilización del Turtle Excluder Device (TED) en México. Programa Tecnología de Capturas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Grantham, G. J. 1980. The prospects for by-catch utilization in the Gulf area. Regional Survey and Development Project FI:DP/RAB/71/278/14. Food and Agriculture Organization, Rome.

Gulland, J. A. 1973. Can a study of stock and recruitment aid management decisions?. Rap. P.V. Reun. Cons. Int. Explor. Mer 164: 368-372.

Gunter, G. 1966. Principles of shrimp fishery management. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst. 18: 99-106.

Hendrickx, M. E. 1985. Diversidad de los macroinvertebrados bentó-nicos acompañantes del camarón en el área del Golfo de California y su importancia como recurso potencial. *En*: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUA, ICMyL, UNAM/ INP. México: 95-148.

Hernández-Carballo, E. A. 1988. Camarón del Pacífico. Programa de Actividades y Vinculación Interinstitucional *En*: Instituto Nacional de la Pesca (ed.) Los recursos pesqueros del país. XXV Aniversario. SEPESCA, México: 303.-312.

Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman-Hall. New York.

Hilborn, R. & Mangel, M. 1997. The ecological detective: Confronting models with data. Princeton University Press, Princeton.

INP, 2000. Sustentabilidad y pesca responsable en México: evaluación y manejo 1997-1998.

Kapestky, J. M. 1982. Consideraciones para la ordenación de las pesquerías de las lagunas y esteros costeros. FAO. Doc. Téc. Pesca 218: 1-49.

Lluch-Belda, D. 1974. La pesquería de camarón en altamar en el noroeste: un análisis biológico-pesquero. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mace, P. M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:110-122.

Maharaj, V. & C. Recksiek. 1991. The by-catch from the artisanal shrimp trawl fishery, Gulf of Paria, Trinidad. Mar. Fish. Rev. 53: 9-15.

Nisbet R. M. & W. S. C. Gurney, 1982. Modelling fluctuating populations. John Wiley & Sons. 379p.

Pauly, D. & R. Neal. 1985. Shrimp *vs* fish in Southeast Asian Fisheries: The biological, technological and social problems. *En*: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUA, ICMyL, UNAM/ INP. México: 487-507.

Pérez-Mellado, J. & L. T. Findley. 1985. Evaluación de la ictiofauna acompañante del camarón capturado en las costas de Sonora y norte de Sinaloa, México. *En*: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUA, ICMyL, UNAM/ INP. México: 201-254.

Polanco, J. E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Pesquerías mexi-canas: estrategias para su administración. Secretaría de Pesca, México.

Polacheck, T. , R. Hilborn & A. E. Punt. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2597-2607.

Reyna, C. I. 1979. Consideraciones acerca de la ictiofauna capturada con el camarón en las costas de Oaxaca y Chiapas. Mem. Primera Reun. Nal. Para el Aprov. Da la Fauna de Acompañamiento del Camarón. Guaymas, Sonora Del 29 al 30 de Mayo: 141-154.

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistic of fish populations. Bull. Fish. Res. Board. Can. 191: 1-382.

Rodríguez de la Cruz, M. C. 1996. Análisis de la pesquería paralela artesanal-industrial de camarón en el Estado de Sonora: INP-SEMARNAP. CRIP Guaymas (inédito).

Rodríguez de la Cruz, M. C. y F.J Rosales-Juárez. 1976. El camarón del noroeste de México Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Rosales J., F. 1976. Contribución al conocimiento de la fauna de acompañamiento del camarón en alta mar, frente a la costa de Sinaloa, México. *En*: INP (ed.) Mem. Reunión sobre los recursos de la pesca costera de México. Veracruz, 23-25 noviembre de 1976: 25-80.

Rosenberg, A. A & S. Brault. 1993. Choosing a management strategy for stock rebuilding when control is uncertain. *En:* Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (eds.) Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 243-249.

Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1:27-56.

Schnute, J. 1987. Data uncertainty, model ambiguity, and model identification. Nat. Res. Mod. 2 (2): 159-212.

Schnute, J. T. 1991. The importance of noise in fish population models. Fish. Res. 11: 197-223.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. SEMARNAP, México.

Sissenwine, M. P. & J. G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Smith, S. J. & S. Gavaris. 1993. Evaluation the accuracy of projected catch estimates from sequential population analysis and trawl survel abundance estimates. *En:* Smith, J.J. Hunt and D. Rivard (eds.) Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 163-172.

Sierra R., P. 1992. Captura y esfuerzo en los sistemas lagunares de Oaxaca y Chiapas. Documento presentado en la Reunión Técnica sobre el Análisis de las Pesquerías del Camarón en el Golfo de Tehuantepec. Salina Cruz, Oaxaca. Abril de 1992 (inédito).

Sierra R., P. & H. A. Gil. L. 1993. Consideraciones en la recopilación de datos para la evaluación de la pesquería del camarón juvenil en las lagunas costeras de Oaxaca y Chiapas. Doc. Téc., CRIP Salina Cruz. Salina Cruz Oaxaca, Agosto de 1993 (inédito).

Sierra R., P. & I. E. Reyna C. 1993. Análisis de la pesquería del camarón en el Golfo de Tehuantepec (con énfasis en la veda de lagunas costeras). Dict. Téc., CRIP Salina Cruz. Salina Cruz Oaxaca, Julio de 1993 (inédito).

Sierra R., .P. 1993a. Abundancia estacional de postlarvas de *P. vannamei* en la bocabarra de Tonalá Chiapas (Investigaciones del CRIP Salina 1990-1992). Doc. Téc., CRIP Salina Cruz. Salina Cruz Oaxaca, Abril de 1993 (inédito).

Sierra R., P. 1993b. Consideraciones para el establecimiento de una veda espacio temporal de camarón en el Golfo de Tehuantepec. Op. Téc., CRIP Salina Cruz. Salina Cruz Oaxaca, Diciembre de 1993 (inédito).

Sierra R., P. & S. Sarmiento-Náfate. 1993. Selectividad y captura de dos redes agalleras utilizadas para la pesca del camarón en la laguna del Mar Muerto. Ditc. Téc., CRIP Salina Cruz. Salina Cruz Oaxaca, Octubre de 1993 (inédito).

Sierra R., P. & I. E. Reyna C. 1995. Opciones de manejo de la pesquería del camarón de altamar en el Gofo de Tehuentepec. Taller Nacional de Dinámica de Poblaciones de Camarón. INP., México, D.F Marzo de 1995 (inédito).

Starfield, A. M & A. L. Bleloch. 1991. Building models for conservation and wildlife management. Burgess International Group, Boulder.

Tang, Q. 1985. Modification of the Ricker stock recruitment model to account for environmentally induced variation in recruitment with particular reference to the blue crab fishery in Chesapeake Bay. Fish. Res. 3: 13-21.

Van der Heiden, A. 1985. Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California. *En*: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos Pesqueros Potenciales de México: La Pesca Acompañante del Camarón. PUA, ICMyL, UNAM/ INP. México: 149-200.

Watson, R. A., M. L. C. Dredge & D. G. Mayer. 1990. Spatial and seasonal variation in demersal trawl fauna associated with a prawn trawl fishery on the Central Great Barrier Reef, Australia. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 41: 97-110.

amarilla
amarilla
aleta azul
azul
azul
aleta
Atún
barrilete
barrilete
patudo
azul
atún aleta
atún aleta
amarilla
amarilla
patudo
azul

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ATÚN DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Atún aleta amarilla *(Thunnus albacares)* y barrilete *(Katsuwonus pelamis).*

- México pesca el 34% del volumen total capturado en el Pacífico oriental tropical.
- La pesca con cerco se realiza en tres modalidades: sobre cardúmenes asociados a delfines, a objetos flotantes y de cardúmenes libres.
- Todos los viajes de pesca llevan observadores a bordo.
- Después de 10 años de embargo, se espera que México se reincorpore al mercado estadounidense, con la etiqueta "dolphin safe".
- Los estudios más recientes sobre poblaciones de delfines indican que éstas no se ven afectadas por la tasa de mortalidad incidental, que es cercana a cero.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1997: 168,373 t. (MÁXIMO HISTÓRICO)
- Captura 1999: En disminución, con 147,261 t.

EFECTOS ENSO 97-98

- Favorece el reclutamiento e incrementa el hábitat por la profundización de la termoclina, reduciendo la vulnerabilidad de captura.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Rendimiento por Reduta (RPR).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible.

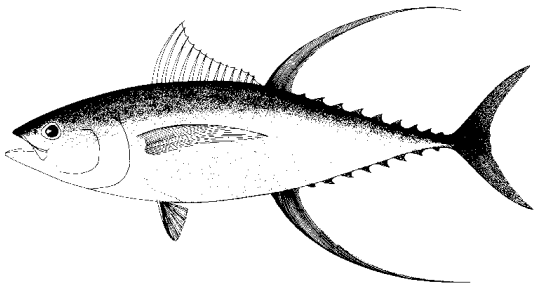
MEDIDAS DE MANEJO

- Límite de mortalidad incidental de delfines por barco (LMD), cuota global para el atún aleta amarilla en el océano Pacífico oriental, con posible cierre de zonas (NOM-EM-002-PESC-1999).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger a los delfines asociados a los cardúmenes.

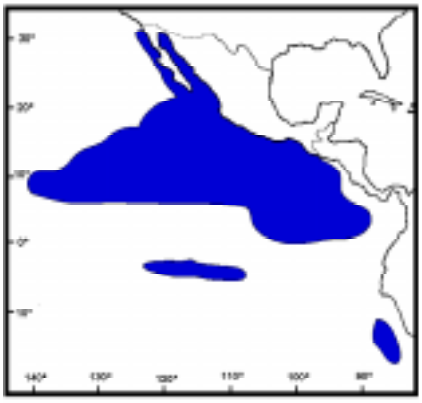
Atún del Océano Pacífico



Thunnus albacares
Katsuwonus pelamis

LA PESQUERÍA:

Importancia



La pesca de túnidos en el mundo sobrepasa los tres millones de toneladas métricas anuales. El océano Pacífico aporta aproximadamente el 65 % de esas capturas. La especie más importante en términos de volumen de captura, a nivel mundial, es el barrilete, *Katsuwonus pelamis* (49%). Sin embargo, otras especies de túnidos, aunque con volúmenes de captura menores, alcanzan un mayor valor comercial en función de la calidad del producto al llegar a puerto, el tamaño de los organismos capturados y aspectos de oferta y demanda. En 1996, el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, aportó el 33% de la captura, el patudo, *T. obesus,* 10%, la albacora, *T. alalunga*, 6% y el atún aleta azul, *T. thynnus*, el 2%.

En el océano Pacífico oriental (OPO) , la pesquería de atún se ha enfocado históricamente a la captura de atún aleta amarilla, que representa en los últimos 10 años un 60% de la captura total de esa zona.

La captura de atún del océano Pacífico oriental, constituye el 13% de la captura total de túnidos a nivel mundial; México aporta el 34% del total de la zona

En el OPO pescan atunes los barcos de 13 países, siendo la flota mexicana la más importante en términos de capacidad de carga, número de embarcaciones de gran capacidad de acarreo y volúmenes de captura. Esta región aporta aproximadamente el 13% de la captura total de atún en el mundo. La pesquería mexicana del atún en esta región se lleva a cabo dentro de la Zona Económica Exclusiva, principalmente en la costa occidental de Baja California Sur, la entrada y parte sur del Golfo de California, y cerca de las islas Revillagigedo. En aguas internacionales, la pesca mexicana se realiza en una franja que tiene como eje los 10º de latitud norte, y se extiende mar adentro aproximadamente hasta los 140º de longitud oeste (Fig. 1).

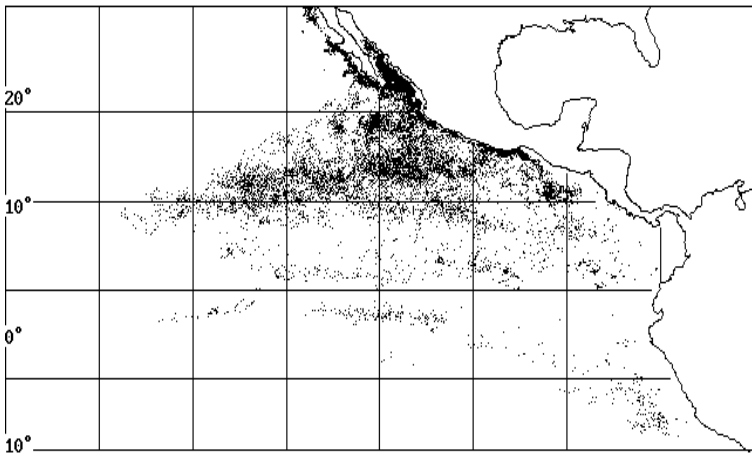


Fig. 1. Zonas de pesca de la flota mexicana. Fuente: Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines.

La captura está compuesta principalmente por el atún de aleta amarilla (75%-90%), el barrilete (7%-20%) y otras especies (5%) como el patudo, el albacora, el aleta azul y el bonito

En México, el atún es la segunda pesquería en volumen, después de la sardina y la segunda en valor, después del camarón. De los 11 estados costeros del Pacífico mexicano, es en Sinaloa, Baja California y Colima donde se descarga en la actualidad el 89% del atún (SEMARNAP, 1999).

El atún aleta amarilla constituye en los últimos años entre 75% y 90% de la captura anual de la flota mexicana, el barrilete representa entre 7% y 20%, mientras que las otras especies (aleta azul, patudo, albacora, bonito) conforman menos del 5% de la captura. Estos porcentajes varían en función de la proporción del tipo de lances que se efectúen, de las condiciones oceanográficas presentes y de la abundancia misma de estos recursos.

La pesquería mexicana de atún en el océano Pacífico comenzó con embarcaciones extranjeras en los años treinta, mientras que barcos mexicanos incursionaron a partir de 1950. Antes de este año la pesquería era mayormente de tipo artesanal. La flota atunera mexicana se desarrolló rápidamente durante los años setenta y ochenta; de 11 barcos en 1970, creció a casi 90 en tan sólo 15 años (Polanco *et al.*, 1987). El número de plantas procesadoras, la capacidad portuaria y las utilidades por exportación también subieron en ese periodo. El desarrollo de las capturas por la flota mexicana ha sido sostenido desde 1989 y para 1997 se obtuvo el máximo para todos los atunes y similares con 168,373 t (SEMARNAP, 1999).

La industria del atún en México ha sido afectada por la imposición de embargos por parte de Estados Unidos, que es uno de los principales consumidores de atún enlatado en el mundo. El primer embargo comenzó en 1980 cuando México ejerció sus derechos de soberanía territorial contra embarcaciones estadounidenses (Castro, 1989). El embargo fue levantado porque de acuerdo a la legislación americana, al no haber más detenciones en un determinado período, las sanciones debían levantarse (SEMARNAP, 1998).

El segundo embargo fue impuesto en 1990 porque se consideró que México, junto con otras naciones, tenía una tasa de captura incidental de delfines mayor a la registrada por la flota estadounidense, de acuerdo con lo estipulado en la Ley de Protección a los Mamíferos Marinos. Esta es una más de las presiones hacia México en el ámbito pesquero, desde los inicios de esta pesquería, motivada por intereses económicos y el control de la misma.

En 1991, México solicitó al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT), que un grupo especial analizara las restricciones impuestas por Estados Unidos. El panel dio su fallo en favor de México, pero éste decidió no continuar la demanda para evitar problemas durante las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (McLaughlin, 1994). Finalmente, el Congreso de Estados Unidos votó el 30 de julio de 1997 a favor del levantamiento del embargo, mediante un proyecto legislativo para modificar la Ley de Protección de Mamíferos Marinos; esto permitiría la importación de atún mexicano a Estados Unidos a partir del primer trimestre de 1998. La legislación contemplaba la modificación del etiquetado "dolphin safe" para marzo de 1999. Esta modificación del etiquetado se hizo efectiva a partir de 2000; aunque la resolución definitiva depende de los resultados de los estudios del NMFS sobre las poblaciones de delfines.

Biología

La familia Scombridae agrupa 49 especies, en su mayoría individuos epipelágicos marinos. Muchas especies de esta familia no poseen una vejiga natatoria rudimentaria, lo que obliga a estos peces a andar en continuo movimiento para mantenerse a cierta profundidad. El grupo de los atunes propiamente dicho, incluye a cuatro géneros con una característica única entre los peces teleósteos. Poseen un sistema de contracorriente de intercambio de calor entre venas y arterias, para retener el calor metabólico, lo cual permite que el pez tenga una temperatura más alta que el agua circundante (Collette, 1978). Este mecanismo, de termoregulación le da la posibilidad a estos organismos de extender su hábitat y mantener un nivel adecuado de actividad metabólica.

El atún posee un sistema de contracorriente de intercambio de calor que le permite tener una temperatura corporal más alta que el agua circundante

La mayoría de las especies de atunes son capaces de recorrer grandes distancias, y se les conoce como nadadores incansables.

Los atunes son cosmopolitas; generalmente prefieren los hábitats oceánicos; son altamente migratorios y se agrupan formando cardúmenes.

El atún aleta amarilla se distribuye en aguas tropicales y subtropicales entre los paralelos 40^0 norte y 40^0 sur. En aguas mexicanas se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico, en la parte sur y media del Golfo de California e islas Revillagigedo; alcanza una longitud furcal máxima de casi 200 cm, aunque en la pesquería se capturan desde los 40 cm de longitud hasta los 160 cm, aproximadamente. Los cardúmenes con tallas mayores frecuentemente se asocian con delfines.

El peso máximo es de 176 kg, aunque el peso promedio de captura es de aproximadamente 20 kg. Este peso promedio está en función de las áreas de captura y de la proporción de lances sobre los diferentes tipos de cardúmenes (asociados a delfines, a objetos flotantes y cardumenes libres o brisas). El atún aleta amarilla se encuentra en un rango de temperaturas de 18 ^{0}C a 31 ^{0}C; su distribución vertical parece estar afectada por la estructura térmica de la columna de agua, generalmente por arriba de la termoclina. (Cole, 1980).

El atún de aleta amarilla del Pacífico oriental constituye una población independiente de otras zonas del Pacífico. Alcanza una longitud furcal máxima de casi 200 cm y un peso máximo de 176 kg

Esta especie se reproduce todo el año, pero en diferentes áreas se alcanzan los valores más altos en diferentes épocas (Cole, 1980**).** El desove se realiza en aguas tropicales y subtropicales frecuentemente cerca de la costa. Los huevos y las larvas son planctónicas. Los organismos adultos son depredadores activos que se alimentan de grandes presas, pequeños peces, crustáceos y calamares.

Las causas de la asociación atún-delfín no son conocidas del todo. González (1989) enlista algunas hipótesis:

- Algunos hábitos del atún aleta amarilla y del delfín manchado (*Stenella attenuata*) son similares, como su alimentación, basada en especies pelágicas y epipelágicas de peces y calamares. El atún obtendría provecho de la interacción, utilizando las habilidades de los delfines para detectar más fácilmente a sus presas. Lo que aún está a discusión es si entre ambos grupos de animales existe una relación de competencia o de mutualismo. Sin embargo, se ha probado que los hábitos alimenticios del atún aleta amarilla y de los delfines con los que se asocia son diferentes. El atún es oportunista. En un estudio de contenido estomacal de atunes y delfines (Galván-Magaña y Olson, 1998), se encontraron estómagos vacíos y otros llenos a diferentes horas del día. Los delfines aparentemente se alimentan de preferencia en la noche, al realizar inmersiones para capturar a sus presas que se desplazan verticalmente desde aguas más profundas.

- Al asociarse atunes y delfines de tallas similares, disminuye la probabilidad de ataque por depredadores, como los tiburones y las orcas.

- Para los delfines, el atún serviría como un falso fondo protector en aguas profundas, lo que daría seguridad a la manada.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesca de atún en el OPO se realiza durante todo el año, sin presentarse una estacionalidad muy marcada, con un patrón de capturas relativamente estable durante los últimos años. La abundancia de este recurso se ve afectada por perturbaciones climáticas notables, como es el caso del fenómeno "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS), que influye directamente en las condiciones ambientales.

El fenómeno de "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS), influye en la abundancia del atún, ya que este recurso es sensible a los cambios climáticos

La flota atunera mexicana está compuesta de cinco tipos de embarcaciones: el atunero cerquero prototipo, el atunero varero prototipo, el sardinero cerquero modificado, el escamero palangrero modificado y el palangrero prototipo. La *tabla 1* muestra el número registrado de cada tipo y la *tabla 2* su capacidad de carga por entidad en el Pacífico mexicano.

El aleta amarilla forma grandes cardúmenes que se asocian a manadas de delfines en altamar y, al efectuar lances con redes de cerco, algunos delfines pueden quedar atrapados. Sin embargo, la tecnología desarrollada en los sistemas de pesca, como las maniobras de liberación, han permitido la reducción de la captura incidental de los delfines.

En México, para la captura de atún se utiliza principalmente la red de cerco que mide de 1,190 a 1,550 m de longitud y cuenta de 12 a 18 paños de profundidad (entre 132 y 198 m), de acuerdo al tamaño y capacidad de la embarcación.

Para capturar el atún, se lanza la red formando un círculo con ella; la relinga inferior está provista de anillas por las cuales pasa un cable llamado jareta, el cual se utiliza para cerrar la red por debajo. De esta forma queda atrapado el cardumen de atún. Posteriormente los atunes capturados son depositados en las bodegas de la embarcación y mantenidos a una temperatura aproximada de –17º C.

Para la captura de atún a nivel mundial se utilizan diferentes artes de pesca, lo mismo que en el océano Pacífico oriental, siendo la red de cerco el arte de pesca más utilizado.

Tabla 1. Composición de la flota atunera mexicana en el océano Pacífico (SEMARNAP 2000).

TIPO DE EMBARCACION	ATUNERO CERQUERO PROTOTIPO	ATUNERO VARERO PROTOTIPO	SARDINERO CERQUERO MODIFICADO	TOTAL
Estado				
Baja California	41	15	1	57
Baja California Sur	3		2	5
Sonora	2			2
Sinaloa	16			16
Colima	5	1		6
Total	67	16	3	86

Sin embargo existen otros sistemas de pesca pesca con carnada viva (usando "vara") y el palangre.

La vara es un arte de pesca muy sencillo, que consiste en una vara de bambú ó de fibra de vidrio, un cordel y un anzuelo. Al inicio de la pesquería el anzuelo se encarnaba con anchovetas vivas. En la actualidad los anzuelos se forran con señuelos o cebos artificiales y la carnada viva se esparce en la superficie.

El palangre consiste en una línea principal, llamada línea madre horizontal, que puede llegar a medir hasta 50 millas náuticas, y líneas secundarias verticales llamadas reinales, que miden entre 18 y 24 m de longitud. Generalmente hay cuatro reinales entre boya y boya y entre éstas hay una distancia de 250 m.

Como carnada se utiliza macarela o calamar. El calado de la línea dura aproximadamente cinco horas, y por lance se encarnan hasta 2,000 anzuelos; el recobre del palangre dura entre 10 y 12 horas.

▼ *Tendencias históricas*

La pesquería del atún en el OPO tuvo sus orígenes en California, en 1903, cuando fue enlatada por primera vez la albacora. Debido a que la captura de esta especie sólo era accesible a los pescadores durante los meses de verano y otoño y la demanda de la industria iba en aumento, en 1916 se inició el procesamiento de atún aleta amarilla, y posteriormente de barrilete.

Con el objeto de aumentar las capturas locales de las especies de atún que aparecían frente a las costas de California, la pesca se extendió a la región de Baja California, en donde el atún aleta amarilla y el barrilete se encontraban en mayor abundancia.

Tabla 2. Capacidad de carga de la flota mexicana en el océano Pacífico (SEMARNAP 2000).

ESTADO	CAPACIDAD DE CARGA (t)				TOTAL
	20-100	100-400	400-750	+750	
Baja California	4	23	5	25	57
Baja California Sur		5			5
Sonora	2				2
Sinaloa	2	2	1	11	16
Colima		2		4	6
Total	8	32	6	40	86

En México, la captura comercial de atún se inició en el año de 1930, poco tiempo después de que fue establecida la planta empacadora de Cabo San Lucas, destinada en principio a procesar el producto de los barcos vareros de la flota californiana. Posteriormente, en el año de 1958, se estableció en Ensenada, B. C., la empresa Atún Mex, para dedicarse tanto a la captura como al procesamiento del atún (Pedrin, 1962).

La pesca con vara predominó hasta 1960. Con la invención de la pasteca hidráulica, el desarrollo de las fibras sintéticas y el mejoramiento de los sistemas de refrigeración, de manera simultánea se propició la sustitución y conversión de estos barcos por embarcaciones de cerco que aumentaron en número por su alta eficiencia. (Mcneely. L. R., 1961).

En 1940 sólo había cuatro barcos atuneros en México, siete en 1965 y 11 en 1970. Fue durante la década de los setentas que tanto el número de embarcaciones como la capacidad de carga de la flota aumentaron de manera considerable. Algunas embarcaciones eran propiedad del gobierno federal, otras de cooperativas y de capital privado.

Hacia el final de la década de los años setenta esta flota era ya considerada como un ejemplo de éxito económico y de creciente importancia política (Petterson, 1980). La *Figura 2* muestra el número de barcos atuneros en el país a lo largo de veinte años.

El artículo 62 de la Tercera Convención sobre Derecho del Mar, establece que los Estados que no aprovechen la totalidad de los stocks dentro de su Zona Económica Exclusiva permitirán el acceso a otros países bajo acuerdos previamente establecidos. México aprovecha íntegramente su ZEE para la pesca del atún y sólo se concedió un número limitado de permisos para la pesca comercial durante la década de los años ochenta (Páez-Delgado, 1997).

Durante el periodo 1984-1995, las capturas de aleta amarilla por la flota internacional en el Pacífico oriental experimentaron un rápido crecimiento, alcanzando en 1989 un máximo de 289,375 t y descendiendo a 218,387 t en 1994, con un promedio en este periodo de 242,178 t. Para 1998 fue de aproximadamente 256,600 t (CIAT, 1999a).

La flota mexicana presenta una tendencia relativamente estable en las capturas de atunes (Fig. 3).

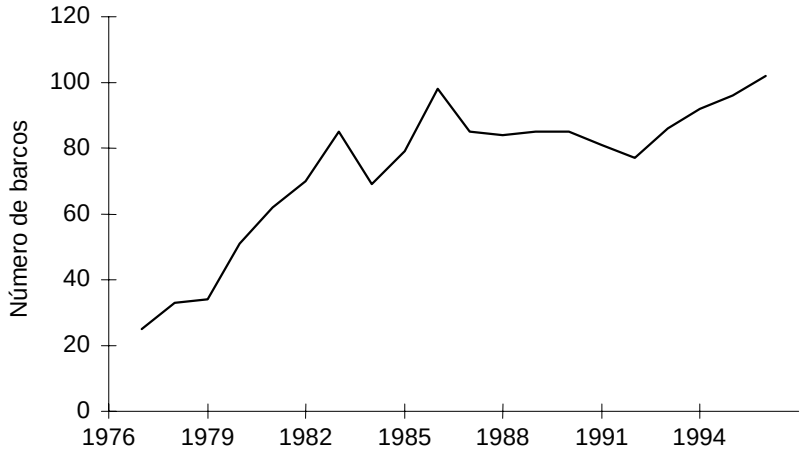


Fig. 2. Tendencia histórica del número de barcos atuneros en México (SEMARNAP, 1999).

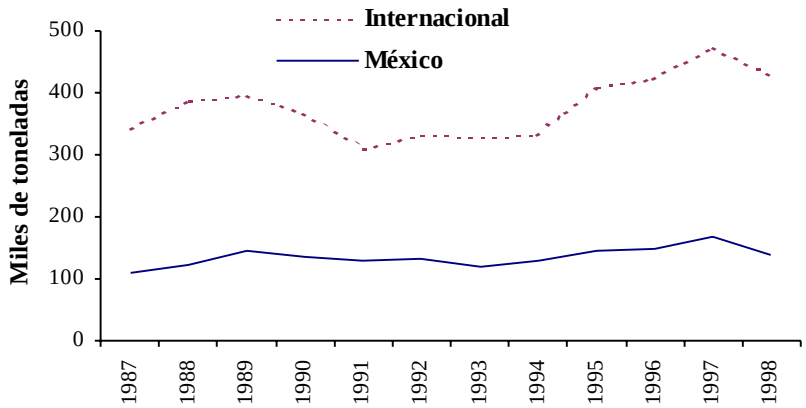


Fig. 3. Tendencia histórica de la captura de atún (varias especies) por la flota atunera internacional y mexicana en el océano Pacífico oriental (SEMARNAP, 1999; CIAT, 1999a).

En 1997 todas las especies capturadas por la flota mexicana en el océano Pacífico oriental comprendieron el máximo histórico de 168,373 t. Con lo que respecta al atún aleta amarilla, que conforma la mayor parte de esa producción, se observó un máximo de 130,107 t en 1989 y descenso a 93,151 t en 1993, con un promedio de 105,460 t. Para 1998 la captura fue de 151,398 t (CIAT, 1999a).

▼ *Pesca incidental*

Existen tres tipos de cardúmenes de atunes: asociados con delfines, asociados a objetos flotantes o palos y cardúmenes libres o brisas.

De estos tres tipos, México realiza el mayor número de lances de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines (Fig. 4).

La pesca de cardúmenes de atún asociados con delfines se considera altamente selectiva por capturar principalmente atunes aleta amarilla de tallas grandes que, al menos una vez en su ciclo de vida ya se han reproducido. Este es un factor importante en la sustentabilidad del recurso y en la reducción de los descartes, además de propiciar un mayor valor en el mercado de exportación.

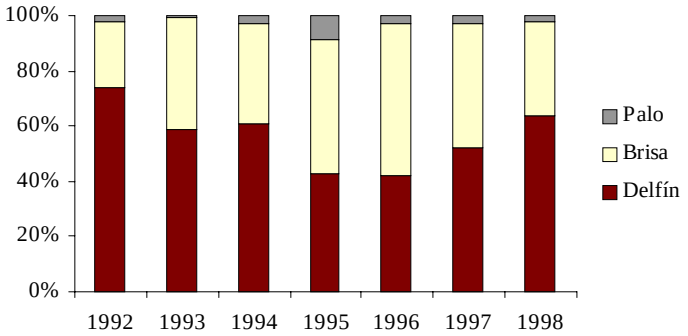


Fig. 4. Porcentaje de lances de la flota mexicana, asociados a delfín, brisa y palos.

En la pesca de atún en cardúmenes asociados a objetos flotantes se captura un elevado número de organismos juveniles, así como gran cantidad de otras especies

Estudios sobre evaluación de stocks de delfines en la zona tropical del océano Pacífico oriental, en particular los involucrados con la pesca del atún, demuestran que las poblaciones de delfines se encuentran estables, sin presentar ningún indicio de declinación a causa de la mortalidad incidental ejercida por la flota atunera internacional. De los delfines que caen en redes de cerco, más del 99.9% son liberados y la tasa de mortalidad de delfines de la flota mexicana en particular en 1999 fue de 0.2 delfines muertos por lance con delfines encerrados. Esta cifra es menor a la impuesta por los E.U.

La pesca de atunes asociados con objetos flotantes captura un elevado número de atunes juveniles y tiene un menor valor comercial. Por esta razón los juveniles, junto con tiburones, picudos, dorados, petos, jureles e incluso tortugas marinas son descartados, lo que puede ocasionar un impacto al ecosistema y hacerla no sustentable (Tabla 3).

En el caso de pesca de atún sobre cardúmenes libres, el problema de los descartes y captura incidental existe, aunque de magnitud inferior, pero se traduce de igual manera en un desperdicio económico y un impacto ecológico (Tabla 4).

Estudios realizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) demuestran que si se aplicara la pesca de atún únicamente sobre objetos flotantes y cardúmenes libres, se induciría un daño a la población de atún de aleta amarilla y al ecosistema en su conjunto, además del correspondiente perjuicio económico (Punsly *et al.*, 1994).

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La flota varera de México en 1998, estuvo compuesta por 12 embarcaciones cuyas capacidades de acarreo oscilan entre las 45 y las 140 t. Esta flota aunque está limitada por su dependencia de provisión de la carnada viva (pelágicos menores), capturó un total de 3,900 t (SEMARNAP, 1999) lo que representa el 3% del total de descargas de ese año. Cuando la pesquería estaba dominada por este tipo de embarcaciones, el posible impacto con la pesca de pelágicos menores era mayor.

Tabla 3. Mortalidad incidental de especies en número de ejemplares en 10,000 lances de pesca (promedio anual de esfuerzo pesquero) de atún con red de cerco en los diferentes tipos de cardumen en el océano Pacífico tropical oriental (Fuente: CIAT).

ESPECIES	LANCES ASOCIADOS CON CARDÚMENES LIBRES	LANCES ASOCIADOS CON OBJETOS FLOTANTES	LANCES ASOCIADOS CON DELFINES
Delfines	8	25	5,000
Atunes juveniles	2,430,000	130,080,000	70,000
Dorado	2,100	513,870	100
Tiburones	12,200	139,580	-----
Peto	530	118,660	-----
Salmón dorado	270	30,050	-----
Otros peces chicos	1,010	12,680	3
Picudos	1,440	6,540	520
Jurel	-----	2,980	-----
Otros peces grandes	-----	200	30
Tortugas marinas	580	1,020	100
Corvinas	-----	50	-----

Tabla 4. Estimación de descartes por tipo de lance en la pesca de atún aleta amarilla (toneladas métricas) (Fuente CIAT).

	1993			1994		
	LANCES SOBRE DELFINES	LANCES SOBRE CARDÚMENES LIBRES	LANCES SOBRE OBJETOS FLOTANTES	LANCES SOBRE DELFINES	LANCES SOBRE CARDÚMENES LIBRES	LANCES SOBRE OBJETOS FLOTANTES
Captura por lance	17.28	13.47	9.66	18.59	11.26	8.81
Descarte por lance	0.07	0.33	1.79	0.13	0.13	1.48
Porcentaje	0.4	2.4	18.5	0.7	1.2	16.8

En el caso de la pesca con palangre en el océano Pacífico, el atún es capturado de manera incidental, ya que la composición de especies es: 50% tiburones, 45% picudos y 5% de otras especies incluyendo el atún. Los atunes que se capturan con este arte de pesca son de mayor edad.

Por otro lado, la captura incidental de algunas especies especialmente en brisa y objetos flotantes puede tener algún efecto en otras pesquerías de la zona, donde estas especies son el objetivo de la actividad pesquera.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En 1998, la pesquería del atún ocupó el segundo lugar en volumen y en valor a nivel nacional (el primer lugar lo ocupan la sardina y el camarón, respectivamente)

La industria atunera es una de las más importantes de la actividad pesquera nacional. Alcanzó en 1998 el 12.2% en volumen, que la coloca en segundo lugar, superada por la pesquería de sardina en producción y por la del camarón en cuanto a su valor (SEMARNAP, 1999).

Esta pesquería cuenta con una infraestructura de 20 plantas enlatadoras en el Pacífico que permite procesar alrededor de 200 t/hora.

Los principales puertos donde se encuentra instalada la industria son: Ensenada, B.C., Mazatlán, Sin., La Paz, B.C.S. y Manzanillo, Col. procesándose en Mazatlán el 55% de la producción en 1998. La industria tuvo un máximo de 130,181 t de materia prima procesada en 1997. En 1998 se procesaron 114,049 t, con la obtención de 85,059 t de producto final, siendo el enlatado y el congelado los procesos principales (SEMARNAP, 1999). La eficiencia en términos de producción obtenida, se incrementó de un 55% en 1989 hasta 74% en 1998.

▼*Indicadores económicos*

El consumo interno se incrementó como consecuencia de la implementación del embargo atunero por parte de Estados Unidos a partir de 1990, alcanzando una cifra récord en 1994 de 124,000 t, para disminuir en 1995 a 93,200 t de atún. En 1998 aumentó de nuevo a 118,766 t, con un consumo *per capita* de 1.23 kg (SEMARNAP, 1999).

En 1989, se exportó aproximadamente el 80% de la producción nacional (83,483 t) principalmente a Europa y Japón. Con la implementación del embargo atunero en 1990 y la caída en los precios del atún, la industria atunera tuvo la necesidad de incursionar en el mercado interno obteniendo una respuesta extraordinaria, garantizando así proteína barata al consumidor; en 1994 se exportaron únicamente 9,302 t. A partir de 1995 se volvieron a incrementar las exportaciones hasta unas 60 mil t, aunque descendió a 30,000 t en 1998. Estas cifras se refieren a atún capturado sin asociación con delfines (SEMARNAP, 1999).

El valor de las exportaciones ha tenido un comportamiento variable como consecuencia de los embargos impuestos a nuestro país por Estados Unidos; en 1981 las exportaciones alcanzaron un valor de 55.8 millones de dólares, pero con el primer embargo impuesto se redujeron a 8.6 millones de dólares en 1984. Al levantarse el embargo en 1986 se recuperó el valor hasta 57 millones de dólares, alcanzando una cifra récord de 81.9 millones de dólares en 1988.

Con el establecimiento del segundo embargo en 1990, se redujó el valor en el periodo de 1992-1994 a niveles inferiores a 30 millones de dólares, siendo hasta 1995 cuando vuelven a incrementarse alcanzando un valor de 59 millones de dólares (Fig. 5).

Esta pesquería sostiene alrededor de 27,000 empleos directos e indirectos actualmente. Como consecuencia de los embargos, se estima una pérdida de más de 30,000 en los últimos años (CANAINPESCA, com. pers.).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

México, a través de una iniciativa en 1975, generó interés por el estudio y evaluación del fenómeno de asociación entre delfines y atunes, que posteriormente se convirtió en un Programa que implementó la Comisión Interamericana del Atún Tropical con el apoyo de México.

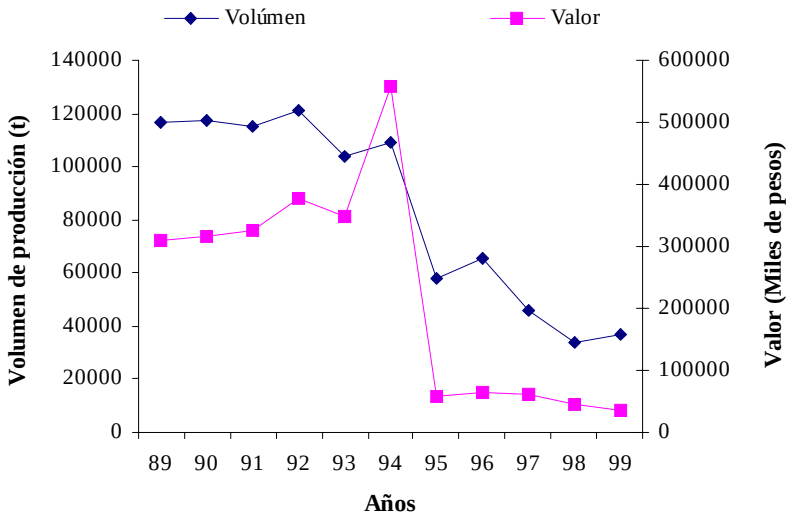


Fig. 5. Volumen y valor de las exportaciones de atún.

Las primeras reglamentaciones mexicanas para la protección del delfín en la pesca de atún con red de cerco se establecieron en 1977, mediante un documento conocido como CIRCULAR NUMERO 20. A partir de entonces, se especificó que para evitar la mortalidad de los delfines, las redes de cerco de la flota atunera nacional deberían integrar un paño protector (llamado paño Medina), cuya característica es que la luz de malla era de dos pulgadas. Además se reglamentó el uso de una balsa rescatadora, la aceptación de observadores a bordo y la obligación de realizar la maniobra de retroceso para facilitar la salida de estos mamíferos marinos.

Desde 1977, México inició las reglamentaciones para la protección al delfín durante las operaciones de pesca del atún. A partir de entonces, se hizo obligatoria la instalación de un dispositivo para evitar la mortalidad de delfines y asimismo, se determinó que es obligatorio ejecutar la maniobra de retroceso, para facilitar la salida de éstos, así como el apoyo de lanchas rápidas con personal que libere a los delfines capturados de manera incidental

Otro requisito es el uso de lanchas rápidas para ayudar en la liberación y rescate de delfines capturados incidentalmente.

En junio de 1990 se prohíbe la realización de lances nocturnos y el uso de explosivos y se cambia el uso del paño Medina por un paño de seguridad ó paño de malla fina de 1.25 pulgadas de luz de malla, con una longitud de 180 brazas (329.5 m) y dos paños de altura (21.96 m).

En septiembre de 1991, se pone en marcha el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín. A la fecha, el 100% de los atuneros mexicanos llevan observadores entrenados a bordo

El 20 de mayo de 1991 se estableció la creación de un Comité de Expertos que evalúa y califica, semestralmente, el desempeño de la flota atunera. En septiembre de 1991, el Presidente de México, anuncia la puesta en marcha del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín, con una cobertura de observadores del 100% en los viajes de pesca.

En diciembre de 1993 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-PESC-001-1993, en la que se establece una tasa semestral máxima de mortalidad incidental de delfines, que se redujo progresivamente de acuerdo con los resultados obtenidos por la flota.

Con base en la tendencia de reducción de la mortalidad detectada se decretó para el segundo semestre de 1991, el primer límite ó tasa de mortalidad de cuatro delfines por lance; posteriormente han sido establecidas reducciones sucesivas de tasas de mortalidad y desde 1994 hasta el presente año, la tasa máxima de mortalidad incidental establecida ha sido de 1.5 delfines por lance. Esta no ha variado, aún cuando la tasa promedio de mortalidad obtenida por la flota mexicana es alrededor de 0.3 delfines por lance.

Durante 1999, ninguna embarcación sobrepasó el límite establecido por la norma oficial mexicana.

México firmó en 1993, el Acuerdo de La Jolla, en el cual cada año se establece un límite de mortalidad incidental de delfines (LMD) para cada barco que opera en la zona de pesca tropical del océano Pacífico oriental. Estas embarcaciones están sujetas a sanciones si no cumplen con las especificaciones implementadas en dicho acuerdo multilateral. A partir de 1999, México se adhiere a la Comisión.

La NOM-PESC-001-1993 establece una tasa máxima de mortalidad incidental de delfines por semestre. Por otro lado, en el Acuerdo de La Jolla se establece la cuota de mortalidad anual, en número de delfines

El 29 de diciembre de 1999 se publicó la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-002-PESC-1999, sobre pesca responsable de túnidos, así como la normatividad relacionada con su comercialización. Esta norma retoma y actualiza todos los acuerdos y normas oficiales anteriores, en materia de protección de delfines, en el marco de los acuerdos establecidos: Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines (APICD); y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). Integra el concepto de "límite de mortalidad incidental de delfines" (LMD) por barco, como medida operativa de pesca sin delfines. Se incluye un Sistema de Seguimiento y Verificación del

La NOM-EM-002-PESC-1999 establece el certificado "atún capturado en lances en los que no resultaron delfines muertos ni gravemente heridos", para permitir la exportación

atún, el cual opera desde el momento de su captura hasta su comercialización, indicando que el producto deberá ser etiquetado al almacenarse en bodega, donde se encontrarán debidamente separados los lotes como: "atún capturado en lances en los que no resulten delfines muertos ni gravemente heridos" y el "atún capturado en lances en los que sí resulten delfines muertos o gravemente heridos".

El lote con etiqueta "atún capturado en lances en los que no resultaron delfines muertos ni gravemente heridos" podrá ser exportado, y deberá estar acompañado de un certificado que expida la PROFEPA. Este certificado, avala la etiqueta "dolphin safe" del producto y permite su exportación.

El cumplimiento de todos estos elementos garantiza simultáneamente la sustentabilidad de la pesquería de atún y la disminución de la mortalidad incidental de delfines, como objetivos del gobierno federal.

Esta pesquería se encuentra bajo el régimen de permisos y concesiones para la explotación de atunes y especies afines en la Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Esta pesquería es de las más estudiadas de nuestro país y cuenta con información colectada directamente por los observadores científicos a bordo de las embarcaciones. Esta información es útil para obtener entre otras cosas, los datos requeridos y de buena calidad para los diversos modelos que se utilizan para evaluar la condición del recurso y plantear estrategias de manejo. Por otro lado, las sinopsis de Cole (1980) y de Wild (1994) son fuentes importantes de información.

▼ *Modelo*

Los modelos son simplificaciones de la realidad y son la vía por la cual se puede intentar interpretar a la realidad misma.

Uno de esos modelos, aplicables a las pesquerías, es el de *Rendimiento Por Recluta (RPR).* El objetivo principal de este modelo es el de determinar la talla o edad "crítica" de captura de una cohorte o grupo de organismos que nacieron en el mismo período. Se basa en dos fenómenos que ocurren al mismo tiempo: la disminución continua del número de organismos que componen a una cohorte, debido a la mortalidad natural, generando una pérdida de biomasa, y por otro lado, el crecimiento de los individuos que produce un incremento en la biomasa total. Con base en estos dos procesos opuestos, de generación y perdida de biomasa de una cohorte, existe una edad para ese grupo de organismos, en que la biomasa es máxima. Ese es, desde el punto de vista de la explotación del recurso, la edad o talla crítica de captura. Sin embargo, desde el punto de vista de operación del esfuerzo de pesca, generalmente no es posible capturar a todos los organismos en la edad óptima. Además existen factores relacionados con la conservación del recurso que no son considerados en este modelo. Uno de estos factores esta relacionado con la reproducción. Es importante que un gran número de organismos alcance la edad adulta y se reproduzca, generando así más biomasa.

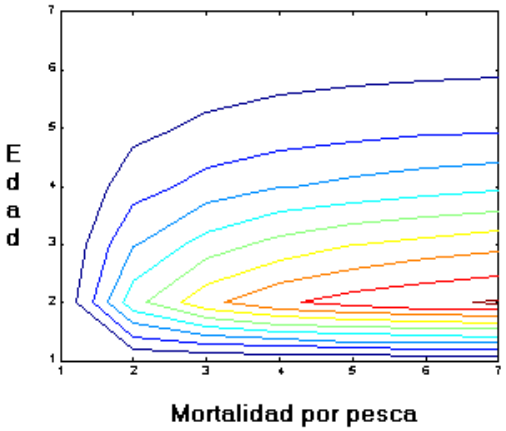


Fig. 6. Modelo de Rendimiento por Recluta.

Si los peces desovan antes de alcanzar el tamaño crítico, no existe peligro, pero si el desove tiene lugar después de que hayan alcanzado el tamaño crítico, y el esfuerzo de pesca es intenso, el número de reproductores se puede reducir al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, el *RPR* máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo.

En el caso del atún aleta amarilla del océano Pacífico tropical oriental, en base a los parámetros poblacionales publicados en Wild (1994), y con el modelo de *RPR* se estima una edad crítica de captura de dos años (Fig. 6). Es un valor cercano al estimado por CIAT (1999b), que considera una edad de dos años y medio.

Se estima que el atún aleta amarilla alcanza su madurez a la edad de dos años. El permitir por lo menos un desove a la mayoría de estos organismos, se puede conseguir parcialmente enfocando la pesquería hacia los cardúmenes asociados a delfines.

Si no se puede controlar el tamaño (edad) de ingreso a la pesquería, la única manera de administrarla es mediante el control de la captura o del esfuerzo. Si el tamaño de reclutas es superior al tamaño crítico, se puede permitir una captura o un esfuerzo mayor que si es inferior, en cuyo caso limitar la captura o el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Los modelos de biomasa en equilibrio, a diferencia de los modelos de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. La forma de este tipo de modelos es:

$$\frac{dB}{dt} = rB\left(1 - \frac{B}{k}\right) - C = 0 \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

B = biomasa
r = tasa de crecimiento del stock
k = capacidad de carga del sistema
C = captura

Se dice que la población está en equilibrio cuando la tasa de cambio de la biomasa con respecto al tiempo es cero; es decir, cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado por las pérdidas causadas por la mortalidad natural y por pesca. Es más fácil analizar la relación entre el esfuerzo, la captura, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez existen estas condiciones.

Este tipo de modelos nos proporciona una estimación de la captura o Rendimiento Máximo que se puede conseguir de manera Sostenible en el tiempo (*RMS*).

Estos modelos son aplicables si existen datos de captura, en un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca, y si las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia relativa, provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca.

Es necesario contar con datos de esfuerzo para estimar el RMS. Esto requiere de un tiempo largo, ya que la población no responde instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan la interpretación de los resultados, al no estar incorporadas en los modelos.

Se utilizan *técnicas de regresión* para obtener los parámetros de los modelos de biomasa en equilibrio, usando series de esfuerzo y captura en varios años.

Es necesario como primer paso el definir una medida de esfuerzo de pesca y estandarizarlo debido a las diferencias existentes en poder de pesca de las embarcaciones y otros factores. Con esto es posible contar con un buen indicador de la abundancia de atún (CPUE estandarizada).

Se considera en este caso como unidad de esfuerzo estándar a los días de búsqueda de las embarcaciones de capacidad de acarreo (*c. a.*) superior a las 1,000 t. Esto considerando que son la categoría de embarcación con mayor representatividad en la flota mexicana y flota internacional (mayor esfuerzo, mayor rango de distribución y mayores volúmenes de captura).

Con la información disponible en el “informe diario” de los observadores a bordo de las embarcaciones atuneras, es posible calcular los días de búsqueda, ya que se registra la actividad que realiza el barco a cada momento.

Como segundo paso se estima el esfuerzo total de la flota internacional en términos de días de búsqueda de embarcaciones de *c. a.* superior a las 1,000 t. Esa es la información de entrada a este tipo de modelos.

El RMS estimado por el método de mínimos cuadrados es de 245,000 t. Este valor es muy cercano al de CIAT (1999b), de 270,00 t. Otras estimaciones (Dreyfus,1991) calculan un RMS cercano de 260,000 t. El valor del coeficiente de capturabilidad obtenido (q = 0.00007) es mayor al que la CIAT utiliza desde hace más de dos décadas (q = 0.000039). Esto se debe a que “q” en realidad no es constante, varía con la eficiencia de la flota. CIAT utiliza como categoría de embarcaciones estándar a la formada por embarcaciones con *c. a.* superior a las 400 t. Al existir diferencias de eficiencia importantes dentro de esta categoría, debido entre otras causas, a que las embarcaciones de más de 900 t de c. a. utilizan helicóptero y tienen mayor autonomía, esta clasificación no es la más adecuada.

▼ *Estado actual de la pesquería de atún del Pacífico*

La pesquería del atún aleta amarilla en el océano Pacífico tropical oriental se está explotando a nivel del Rendimiento Máximo Sostenible. Sin embargo, los modelos de biomasa en equilibrio no consideran la

estructura de la población, ni toman en cuenta si la captura está incidiendo sobre juveniles o adultos principalmente.

Esto explica parcialmente que las estimaciones de *RMS* hayan sido menores en otros períodos de la pesquería, cuando el esfuerzo se enfocaba a la pesca de atún asociado a palos y cardúmenes independientes. Por ejemplo, las estimaciones de *RMS* en la década de los 70's eran de alrededor de 170,000 t. Además de esto, los cambios en el nivel de reclutamiento han sido causantes de fluctuaciones en la biomasa.

En los últimos años la flota internacional ha dirigido un mayor esfuerzo hacia peces no asociados con delfines. Los peces capturados en cardúmenes libres, o asociados con objetos flotantes, son más pequeños que aquellos capturados en asociación con delfines. Esta práctica puede dañar la diversidad y poner en peligro al ecosistema mediante la captura y desecho de atunes juveniles y de otras especies marinas capturadas incidentalmente y conduciría a una declinación en la captura sostenible de aleta amarilla en el Pacífico oriental de un 30% (Punsly *et al.*, 1994).

Existe la preocupación de que la mortalidad de juveniles pueda causar una baja en el rendimiento sostenible, en especial, por el incremento del esfuerzo sobre cardumenes asociados a palos en el hemisferio sur. En 1998, después de más de dos décadas en que la pesquería del atún no requirió de ningún control, se tuvo que implementar una veda espacial a finales de noviembre, debido a la caída de los índices de abundancia del atún.

Existen evidencias de que la pesquería mexicana pueda verse afectada por la captura de juveniles en ciertas zonas de la pesquería en el hemisferio sur, causando una disminución de las capturas con un desfase de dos años (Compean y Dreyfus, 1996).

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

A partir de la 63ª Reunión de la CIAT, celebrada en junio de 1999, México es miembro con derecho a voz y voto de esta Comisión.

De esta forma, México da continuidad a su política de uso responsable de los recursos renovables, la conservación efectiva de los mamíferos marinos y con el uso de la mejor ciencia disponible para la protección de los ecosistemas. México participa y tiene un papel importante en la toma de decisiones que se relacionan con la pesquería de atún.

Para el 2000 los países miembros de la CIAT, acordaron continuar con el esquema de cuota global para el atún aleta amarilla. La cuota corresponde a la estimación de *RMS* efectuada por la CIAT, 265,000 t .

En caso de cubrirse la cuota o de que esta no se haya alcanzado para el 31 de noviembre, entra en efecto una veda, que cierra el Area de Regulación de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA) a la pesca de esta especie.

Se acordó además el cierre de dos zonas con mayor pesca de juveniles, al alcanzarse las 240,000 tm en el Golfo de Panamá una y en la costa occidental de Baja California y Golfo de California la otra zona, de manera similar a 1999.

El atún aleta amarilla se está explotando a niveles máximos sostenibles, pero existe el riesgo de que la

mortalidad excesiva de juveniles cause una disminución de la biomasa de este recurso. Sin olvidar que algún cambio ambiental o de reclutamiento pueden modificar el *RMS*.

No existe otro tipo de regulación con esta especie, sin embargo es tema de estudio el buscar una manera de explotar responsablemente este recurso, que satisfaga a los involucrados en la actividad pesquera. Se están analizando las implicaciones de aplicar una veda espacio-temporal en áreas de alta mortalidad de juveniles, o el limitar por ejemplo el esfuerzo dirigido a cardúmenes asociados a palos.

Una manera indirecta de limitar la mortalidad de juveniles, es a través de las regulaciones de 1998 con una cuota de 45,000 t y de 40,000 t en 1999. Para el 2000, se acordó una veda de 3 meses que inicia el 15 de septiembre. En este caso la pesca sobre objetos flotantes naturales y artificiales en el Pacífico oriental debe cesar. Estos acuerdos tienen vigencia anual, y las negociaciones en el futuro serán difíciles por el desarrollo de la pesca sobre palos en el hemisferio sur. El barrilete se ha convertido en los últimos años en la especie objetivo de esas flotas, y cualquier regulación para limitar la mortalidad de juveniles puede causar dificultades económicas a algunas flotas. México no tiene problema en esos términos, ya que la pesca que realiza sobre cardúmenes asociados a palos es insignificante (alrededor del 3% de los lances) y los descartes de atún son mínimos.

A diferencia del atún aleta amarilla, que cumple su ciclo de vida en el Pacífico oriental, el barrilete no es residente en esta zona, lo cual se refleja en la variabilidad de sus capturas, tanto para la flota internacional como para la mexicana. En años recientes para algunas flotas el barrilete se ha convertido en el objetivo de la pesca, y se han abierto nuevas áreas de pesca en el hemisferio sur, con el uso de objetos flotantes artificiales. No se conoce el tamaño del stock, pero es posible que no se haya alcanzado su máximo potencial de explotación. Para México, el barrilete seguirá siendo una pesca incidental, tanto por su valor económico bajo en comparación al aleta amarilla, como por su distribución más tropical. México incrementa sus capturas de barrilete en lances sobre brisas, en función de períodos con incrementos de temperatura superficial del mar.

Las demás especies de atún, para México, continuarán siendo una pesca de baja escala, debido a su distribución, o escaso valor.

Al igual que la mortalidad de juveniles de aleta amarilla y patudo, la pesca incidental es preocupante por el daño ecológico y los efectos que esto pueda provocar a otras pesquerías. Sin embargo, no existe ninguna regulación al respecto, y será difícil alcanzar un acuerdo a corto plazo.

El esfuerzo de pesca no se ha podido controlar, y puede ser causa de problemas en el futuro. Se han producido incrementos en la capacidad de carga de algunas flotas y varios países sin embarcaciones han declarado su intención de participar en esta actividad pesquera.

En cuanto a la mortalidad incidental de delfines, ésta ha disminuido a niveles que no ponen en riesgo a las poblaciones de delfines. La mortalidad total de delfines desde 1993, no alcanza el límite de 5,000 organismos anuales, que se ha acordado. Este límite de mortalidad se distribuye entre las embarcaciones que realizan este tipo de pesca, sin embargo, aunque estos barcos continúan reduciendo sus niveles de mortalidad incidental de delfines, y en función del número de barcos que participan en este tipo de pesca, el número de lances se ha limitado.

Esto ha generado también un incremento en los otros tipos de lances. Gracias al Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines, que emana de la Declaración de Panamá, se han definido límites de mortalidad de delfines por stock, en función del tamaño de las poblaciones de delfines. Para el 2001, la mortalidad por stock no debe de sobrepasar el 0.01% del límite inferior del intervalo de confianza de la estimación de abundancia. Es muy probable que esto no cause problemas en el futuro ya que en la actualidad no se alcanzan esos límites.

A principios del 2000, se modificó la definición “dolphin safe”, de estar definida en términos de viajes sin pesca sobre delfines, a una nueva definición que incluye a todos los lances asociados a delfines sin mortalidad. Esto le da un potencial de exportación mayor a México, ya que más del 80% de los lances sobre mamíferos marinos no causan mortalidad a éstos.

Esta nueva definición está sujeta a una aprobación final por parte de los Estados Unidos, después de terminada la investigación sobre el estrés que pudieran causar las maniobras de pesca a los delfines. Esta investigación la debe realizar el *National Marine Fisheries Service*, de ese país, y deberán estar terminados en el año 2000. Debido a las dificultades para evaluar una mortalidad adicional causada por el eventual estrés provocado por las faenas de pesca, la resolución final que se dará en el 2001 pudiera revertir la definición “dolphin safe”.

Pese a los logros tan evidentes para disminuir la mortalidad incidental, y conservar un recurso explotado racionalmente, continuarán las presiones de algunos grupos ecologistas. Esto mantiene un futuro incierto.

El estudio de Wallstrom y Wessells (1995) indica que los consumidores estadounidenses han mostrado cierta inclinación por consumir más atún etiquetado “dolphin safe”, desde que se implantó el embargo.

Si esto es cierto, la industria atunera mexicana tendría la oportunidad de aumentar la oferta y el consumo del producto en Estados Unidos, una vez que se implemente la redefinición del etiquetado “dolphin safe”.

Tanto el mercado japonés como el europeo, particularmente Italia y España, serían opciones adicionales para México, el cual tendría que competir con producto barato de Tailandia (Ruckes, 1995).

Por otro lado, el precio del atún en México se encuentra a niveles competitivos en el mercado internacional. Actualmente la mayor parte de nuestra producción se consume en nuestro país. Por tanto, es necesario garantizar el abasto en el mercado interno una vez que se reinicien las actividades de exportación de este producto.

Sin embargo, otro problema al que se está enfrentando la industria atunera es el de la oferta excesiva de atún, que tiene como consecuencia precios bajos y dificultad para colocarlo en mercados internacionales.

En resumen, la pesquería de atún se está explotando a niveles cercanos al máximo. Sin embargo, la mortalidad de juveniles en la pesca de cardúmenes asociados sobre palos, puede causar una baja en el Rendimiento Máximo Sostenible. Existe un éxito absoluto en los esfuerzos por lograr minimizar la mortalidad incidental de delfines. Sin embargo, esto lleva al incremento de la pesca con mayor mortalidad de juveniles de atún y de otras especies (algunas siendo objetivo de otras pesquerías). Sólo existe un acuerdo limitado en cuanto a la mortalidad de atún patudo. Un mejor control y limitación de la mortalidad de juveniles, así como una disminución de la captura incidental, será difícil de lograr aún con la perspectiva de incrementar el *RMS*. Otro problema que se está presentando es el de no tener límites al crecimiento de las flotas. Este es otro aspecto difícil de solucionar, el cual puede acarrear problemas, tanto a nivel de asignación de límites de mortalidad por barcos poco operativos, como por incrementos en la mortalidad de juveniles y en el deterioro del recurso atún.

CAMPOS DE COLABORACION

Tanto el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y la Protección de los Delfines, como el excelente desempeño de la flota atunera mexicana, han recibido reconocimiento internacional por su labor en un periodo de tiempo muy corto, referente a la reducción de la mortalidad incidental. Este éxito es debido a la colaboración de los armadores de la CANAINPESCA, las Sociedades Cooperativas, la SEMARNAP, a través de la Subsecretaría de Pesca y del Instituto Nacional de la Pesca, así como la entusiasta participación de instituciones académicas (Compean, 1994).

Estos esfuerzos deberán continuar para seguir aprovechando el atún de manera responsable, para conservar las especies de delfines asociadas a estos cardúmenes y otras que se capturan de manera incidental.

Asimismo, México participa activamente en las resoluciones que la CIAT aplica en el manejo de esta pesquería, y con sus científicos colabora en la evaluación del recurso.

Deben continuar los estudios relacionados con el fenómeno de la interacción atún-delfín, la migración del atún y el papel que las condiciones ambientales juegan en ella, el impacto de la mortalidad de juveniles de atún en las poblaciones, la magnitud del impacto de la pesca incidental y el comportamiento del mercado doméstico e internacional para productos derivados del atún.

REFERENCIAS

Castro y Castro, F. 1989. Importance of the Exclusive Economic Zone to the tuna and fisheries development in Mexico. *En*: Miles, E.L. (ed). Management of World Fisheries: Implications of Extended Coastal State Jurisdiction. The University of Washington Press, Seattle and London.

CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). 1999a. El año pesquero 1998. Documento 1, 63ª Reunión de la CIAT, Guayaquil, Ecuador.

CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). 1999b. Estudios de evaluación del atún aleta amarilla en el océano Pacífico oriental. Documento 2, 63ª Reunión de la CIAT, Guayaquil, Ecuador.

Cole, J. S. 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 2: 71-150.

Collette,B.B. 1978. Adaptations and systematics of the mackerels and tunas. *En*: Sharp, G.D. & A. E. Dizon. (eds). The Physiological ecology of tunas:7-39. **falta editorial, país**

Compean J., G. 1994. Programa mexicano de protección a los delfines. Calidad Ambiental 1 (12): 11-14.

Compean-Jiménez, G. A. & M. J. Dreyfus-León. 1996. Interaction between the northern and southern yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) fisheries in the eastern Pacific. FAO Fish. Tech. Pap. 365.

Declaración de Panamá, Panamá, 4 de octubre de 1995.

Dreyfus, M. 1991. Control optimo de un sistema bioeconómico: La pesquería del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el océano Pacífico oriental. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, B.C., México.

DOF. 1993. Norma Oficial Mexicana 001-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de los túnidos con embarcaciones de cerco en las aguas de jurisdicción federal en los Estados Unidos Mexicanos del océano Pacífico y con embarcaciones de cerco de bandera mexicana en aguas internacionales y aguas jurisdiccionales de otros países que se encuentren en el océano Pacífico oriental. D.O.F., 31.12.93.

Galván-Magaña, F. & R. J. Olson. 1998. Interacciones tróficas de los depredadores asociados a la pesquería de atún en el océano Pacífico oriental. Mem. Primer Foro Nacional sobre Investigación del Atún. La Paz, B.C.S. Noviembre de 1998. **falta No de páginas**

González-Mandujano, J.A. 1989. Programas de investigación sobre atún-delfín en el océano Pacífico oriental. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Hunter, J.R., A.W. Argue, W.H. Bayliff, A.E. Dizon, A. Fonteneau, D. Goodman & G.R. Seckel. 1986. The dynamics of tuna movements: an evaluation of past and future research. FAO Fish. Tech. Pap. 277: 1-78.

Joseph, J., W. Klawe & P. Murphy. 1986. Atunes y peces espada-los peces sin patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla, California.

McLaughlin, R.J. 1994. U.S. accession of the United Nations Convention on the Law of the Sea and the loss of unilateral sanctions to protect marine living resources. *En*: Borgese, E.M., N. Ginsburg & J.R. Morgan (eds). Ocean Yearbook 11. The University of Chicago Press. Chicago and London. pp: 46-89.

McNeely, R. L. 1961. The purse seine revolution in tuna fishing. Pacific Fisherman 59(7):27-58.

Páez-Delgado, R.O.1997. Mercado global del atún y embargo estadounidense. Un caso de neoproteccionismo comercial. SEMARNAP- H. Cámara de Diputados LVI Legislatura.

Pedrin O., O. 1962. Los desembarques de atún y especies afines por embarcaciones nacionales. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras S.I.C.

Petterson, J.S. 1980. Fishing cooperatives and political power: a Mexican example. Anthropological Quarterly 53: 64-74.

Polanco, J.E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca. México.

Punsly, R. G., Tomlinson, P. K. & A. J. Mullen. 1994. Potential tuna catches in the eastern Pacific Ocean from schools not associated with dolphins. Fish. Bull. 92: 132-143.

Ruckes, E. 1995. World trade in fish and fishery products: review and outlook. *En*: Liao, D.S. (Ed). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development. Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan: 1-16.

SEMARNAP. 1998. Pesca del atún y protección del delfín. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAP. 1999-2000. Anuarios estadísticos de pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Wallstrom, P. & C.R. Wessells. 1995. Analysis of U.S. consumer demand for canned tuna: impact of dolphin-safe labelling. *En*: Liao, D.S. (ed). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development: Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan: 264-276.

Wild, A. 1994. A review of biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. *En:* Shomura, R.S., J. Majkowski & S. Langi. (eds). Interactions of Pacific Tuna Fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 336 (2): 52-107.

anchoveta
macarela
sardina
piña
sardina monterrey
sardina
crinuda
sardina bocona
anchoveta
piña
macarela
macarela
charrito
anchoveta
norteña
sardina japonesa

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS MENORES

ESPECIES: Sardina Monterrey *(Sardinops caeruleus)*, sardina crinuda *(Opisthonema* spp.*)*, macarela *(Scomber japonicus)*, sardina bocona *(Cetengraulis mysticetus)*, sardina japonesa *(Etrumeus teres),* sardina piña *(Oligoplites* spp.*)* y anchoveta norteña *(Engraulis mordax).*

- Pesquería multiespecífica con cardúmenes de gran magnitud.
- La pesquería aporta el 30% del volumen desembarcado en todo el país.
- Ochenta y cinco por ciento de la producción es utilizada como materia prima de alimentos para animales.
- La abundancia fluctúa notablemente de acuerdo con las variaciones climáticas anuales.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 354,640 toneladas.
- Captura 2000: Disminución de las capturas de anchoveta, posible incremento de sardina Monterrey; se espera que las capturas de sardina crinuda se mantengan sobre volúmenes promedio.

EFECTOS ENOS 97-98

- Decrece el reclutamiento y propicia la dispersión del recurso.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Análisis de cohortes (VPA) para el Golfo de California
- Estructurado por edades -CANSAR- (oeste de la Península de Baja California).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Golfo de California: potencial de desarrollo para sardinas y anchovetas.
- Costa occidental de la península de Baja California: sardina con potencial de desarrollo y anchoveta en deterioro.

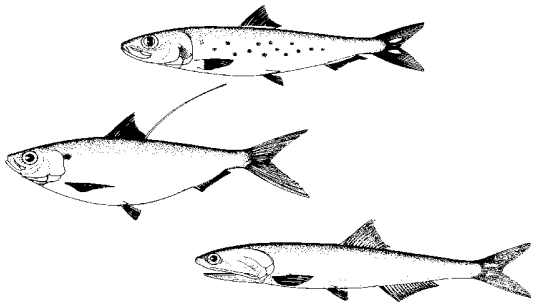
MEDIDAS DE MANEJO

- Tallas mínimas, vedas espaciales y temporales, esfuerzo limitado (NOM-003-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir el crecimiento de los juveniles y proteger los periodos de reproducción.

PECES PELÁGICOS MENORES

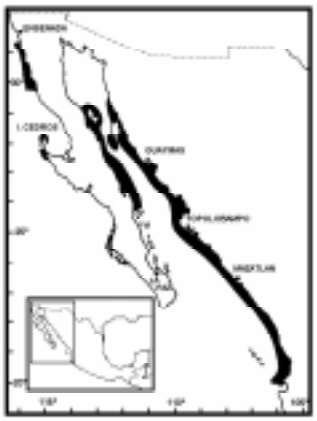


Sardinops caeruleus
Engraulis mordax
Opisthonema spp.
Scomber japonicus
Cetengraulis mysticetus
Trachurus symetricus
Etrumeus teres
Oligoplites spp.

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En términos de peso desembarcado, las pesquerías de pelágicos menores (sardinas, anchovetas y afines) son las más importantes del país. Tradicionalmente las descargas se destinan a la elaboración de harina y aceite de pescado (85%) y de productos enlatados y congelados. En años recientes ha aumentado la proporción de productos enlatados para el consumo nacional y para exportación.



La sardina Monterrey, que es la más importante, pertenece a la categoría de las llamadas sardinas verdaderas. Mundialmente es bien cotizada y por su valor nutricional se recomienda destinarla sólo para el consumo humano directo (González *et al.*, 1982).

La pesquería de peces pelágicos menores es multiespecífica. En México, la sardina Monterrey predomina en las capturas y es la más cotizada en el mercado internacional

Estas pesquerías son multi-específicas. Esto significa que se capturan varias especies con el mismo sistema (barco y red de cerco con jareta), en ocasiones en la misma jornada de pesca.

En el ámbito nacional, las capturas de pelágicos menores ocuparon el primer lugar de 1980 a 1997, promediando 400,000 t. El valor de las varias especies de sardina y de anchoveta respecto del total promedió 1.5% entre 1990 y 1995. En el ámbito mundial, en 1987 ocuparon el sexto lugar y en 1993 bajaron al lugar 21. En valor económico, en 1995 ocuparon el 10º lugar.

En México, 70% de la captura anual en estas pesquerías está conformada por seis especies. Estas son: sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*), tres especies de crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. bulleri*, *O. medirastre*),

macarela (*Scomber japonicus*), anchoveta norteña (*Engraulis mordax*). Otras especies capturadas en menor cantidad son el charrito (*Trachurus symetricus*), la "sardina" bocona (*Cetengraulis mysticetus*), y la "sardina" piña (*Oligoplites* spp.).

A finales de los años setenta e inicio de los ochenta, la anchoveta constituía cerca del 50% de la producción. Actualmente representa alrededor del 10%, mientras que la sardina Monterrey subió a 60%. Las demás especies son menos importantes, aunque el volumen de sus descargas tiende a aumentar cuando escasea la sardina Monterrey, como en los años El Niño.

En Ensenada, B. C., las descargas constan de cuatro especies (García y Sánchez, 1997): sardina Monterrey (80%), macarela (11%), anchoveta norteña (8%) y charrito (1%).

En la última década, la proporción promedio por especies en el Golfo de California es: sardina Monterrey 60%, sardina crinuda 19%, macarela 12%, anchoveta norteña 2%, sardina japonesa 2% y sardina bocona 5%

En Sonora (Guaymas y Yavaros) la descarga media en las dos últimas temporadas (1997/98, 1998/99) por especie fue: sardina Monterrey 50%, crinuda (*O. libertate*) 30%, macarela 10%, bocona 6%, anchoveta 2%, y japonesa 2%.

En Mazatlán, Sin. la pesquería se basa en las tres especies de sardina crinuda (60%) y en la bocona (40%).

En los puertos de Bahía Magdalena, B.C.S. la composición específica de las descargas es similar a la de los puertos de Sonora. En la presente década la sardina Monterrey constituye la mayor parte (70%), seguida por la crinuda (20%).

Los fuertes cambios de distribución geográfica y abundancia de los pelágicos menores han marcado la pauta en el desarrollo de sus pesquerías. En Ensenada, la captura de sardina inició en 1929 y se extendió a Isla Cedros en los años cuarenta y a Bahía Magdalena en los cincuenta (Cisneros-Mata *et al.,* 1995). En 1950 inició la pesca de anchoveta dado el bajo nivel de captura de sardina en California (Chávez *et al.,* 1979).

La escasez de sardina Monterrey en Ensenada, B.C., motivó el desarrollo de la pesquería en el Golfo de California. Allí la pesquería de sardina inició en 1967 con Guaymas como puerto base (Sokolov y Wong, 1973).

La caída y posterior recuperación de la biomasa de la sardina en el océano Pacífico desde finales de los ochenta es tema de debate. Se desconoce con precisión el efecto del esfuerzo pesquero y del ambiente en estos cambios (Wolf, 1992).

BIOLOGÍA

Los pelágicos menores son peces que alcanzan longitudes entre los 10 y 30 cm y tienen un ciclo de vida corto. Suelen habitar en zonas costeras de alta productividad biológica y se alimentan de fitoplancton y de zooplancton. La sardina Monterrey en particular es omnívora (Cadet y Berner, 1959), aunque muestra preferencia por el fitoplancton (Kawasaki, 1983). Además de migraciones estacionales para reproducción y alimentación, los pelágicos menores experimentan fuertes cambios de abundancia relacionados al ambiente, dando lugar a los llamados regímenes (Lluch-Belda *et al.,* 1991).

La distribución geográfica de estas especies es muy amplia, aunque discontinua y segregada en 2 o 3 subpoblaciones o stocks. La sardina Monterrey habita desde Alaska hasta el Golfo de California y en años fríos se extiende hasta Mazatlán, Sin. La anchoveta norteña habita desde Vancouver hasta el Golfo de California (Hammann y Cisneros-Mata, 1989; Lluch-Belda *et al.,* 1995). La sardina crinuda se distribuye en el Pacífico

central oriental, incluyendo el Golfo de California (Berry y Barrett, 1963). La macarela se encuentra desde Alaska hasta el Golfo de California.

La longitud de los peces pelágicos menores varía entre 10 y 30 cm, son de ciclo de vida corto, su distribución es muy amplia y habitan zonas de alta productividad biológica. Realizan migraciones estacionales con fines reproductivos y de alimentación. Son altamente sensibles a los cambios climáticos

Esta distribución de los peces pelágicos menores responde a una combinación de factores bióticos y abióticos. Se ha propuesto que en el caso de sardina Monterrey, existen dos centros de distribución:

- En el Golfo de California, alrededor de las grandes islas.
- Al oeste de la península de Baja California, en Punta Eugenia.

A partir de esos centros las sub-poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales desconocidas (Lluch-Belda *et al.,* 1995).

La época reproductiva de los peces pelágicos menores es variable. La sardina Monterrey del Golfo de California se reproduce en invierno y en menor grado durante la primavera. En el área de Ensenada, B.C., los desoves ocurren de enero a marzo y en junio-julio (Tabla 1).

En el Pacífico, la anchoveta desova en primavera y verano (Lluch-Belda *et al., op. cit.*). Por la maduración asincrónica de los ovocitos, estas especies realizan desoves múltiples: en la época de reproducción la sardina puede desovar cada 15 días (Macewicz *et al.,* 1996) y la anchoveta cada 8 días (Castro-González y Tapia-Vázquez, 1995). Los desoves en el Pacífico se realizan en áreas protegidas con poca turbulencia, como ensenadas y bahías, estrategia para incrementar la sobrevivencia de las larvas (Bakun y Parrish, 1982). En el Golfo de California, la sardina Monterrey desova principalmente la costa de Sonora, aunque se pueden encontrar huevecillos en el centro del Golfo (Hammann *et al.*, 1998).

Tabla 1. Características biológicas de los pelágicos menores en que se basan las pesquerías de Ensenada y del Golfo de California.

Especie	Talla promedio (mm)	Longevidad (años)	Fecundidad relativa (ovocitos)	Reproducción (máximo)
Golfo de California				
S. caeruleus	167	7	19,913	nov.-feb., jun.
Opisthonema spp.	166	6	32,562	abr.-jul.
S. japonicus	173	8		mzo.-abr.
E. mordax	85	4	9,854	feb.-abr.
Ensenada				
S. caeruleus	190	7	24,282	ene.-mzo., jun.-jul.
E. mordax	121	7	12,000	may.-ago.

La talla de primera reproducción de la sardina Monterrey puede variar. Las tallas mínimas registradas en la década pasada eran de 130-135 mm (Torres-Villegas *et al.*, 1986; Cisneros-Mata, 1987). En contraste, en 1996/97 la talla mínima de reproducción bajó a 107 mm, y en 1998/99 subió de nuevo a 130 mm.

La longitud promedio de sardinas y anchoveta fluctúa dependiendo de la magnitud del reclutamiento en diferentes años. Cuando en el Golfo de California ocurren reclutamientos exitosos de sardina Monterrey, en los cruceros de investigación se captura una gran proporción de individuos pequeños.

CAPTURA Y ESFUERZO

◤*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura comercial se realiza por embarcaciones equipadas con red de cerco. Se pueden identificar flotas de acuerdo a la región donde operan y puerto de descarga: costa de Baja California, en los puertos de Ensenada e Isla Cedros; oeste de Baja California Sur, en los puertos de Bahía Magdalena; Golfo de California central, en los puertos de Yavaros y Guaymas; y costa de Sinaloa, en el puerto de Mazatlán. En ocasiones algunos barcos se desplazan de una región a otra, dependiendo de la disponibilidad de recursos, sobre todo en años atípicos. Algunos cuantos barcos que en primavera y verano capturan anchoveta o sardina Monterrey en Ensenada, B.C., en otoño e invierno se trasladan al Golfo de California para la pesca de sardina.

Los barcos más comunes tienen 25 m de eslora, 120 t de bodega y máquina principal de 520 HP. La longitud y calado de las redes dependen de la eslora del barco, del criterio del patrón y de las empresas. La luz de malla de las redes sardineras es de 25 mm y de las anchoveteras de 13 mm. Algunos barcos usan redes mixtas, con paño de ambos tamaños de malla.

La flota comercial, equipada con red de cerco se desplaza en el área de distribución de los peces pelágicos menores dependiendo de su disponibilidad

La flota ha cambiado en tamaño y estructura a lo largo del tiempo. Originalmente constaba de barcos camaroneros y atuneros con capacidad de bodega entre 40 y 100 t, adaptados para la pesquería. A mediados de los años setenta se incorporaron cerca de dos docenas de barcos peruanos con bodega de 120 t y algunos de 300 t. Ello fue parte de la instrumentación del Plan Nacional de Desarrollo Pesquero (Garci-Crespo *et al.,* 1982; Lluch-Belda *et al.,* 1995).

Al inicio los lances se hacían por la noche, en "oscuros" lunares del cuarto menguante al creciente. Con la incorporación de tecnología de búsqueda como sonar y ecosonda, ahora la captura se puede realizar durante el día. Esto también hizo que los oscuros de pesca se alargaran de dos semanas a tres o más. Con la incorporación de avionetas para ubicar los cardúmenes y dirigir la maniobra, el poder de pesca se ha desarrollado sensiblemente.

En Sonora la flota aumentó de tres barcos a mediados de los sesenta (Sokolov y Wong, 1973), hasta 77 en 1990 (Fig. 1A). La flota activa se redujo a 32 barcos en 1993, después del desplome de la pesquería de sardina Monterrey (Cisneros-Mata *et al.,* 1996a). Hoy operan 35 barcos.

En Ensenada, B. C., desde el colapso de la pesquería de anchoveta en 1996, operan sólo nueve barcos (García y Sánchez, 1997). En Sinaloa laboran seis embarcaciones y en Bahía Magdalena generalmente tres (Fig. 1B).

◤*Tendencias históricas*

- **Corriente de California**

A principios de siglo se detectó el espectacular incremento en la biomasa de las poblaciones de sardina en la costa noroccidental de México y oeste de Estados Unidos. Esto propició el desarrollo de la importante pesquería de sardina en California, con capturas iniciales de cerca de 100,000 t en la década de los años veinte. Las descargas alcanzaron 664,000 t, con una biomasa de 3.6 millones de t (Murphy, 1966; Arenas *et al.,* 1996).

Después de alcanzar su máximo a principios de los cuarenta, la pesquería declinó sostenidamente hasta finales de los cincuenta (Fig. 2A). A mediados de la década de 1960 la pesquería en California se colapsó y a partir de 1967 se suspendió.

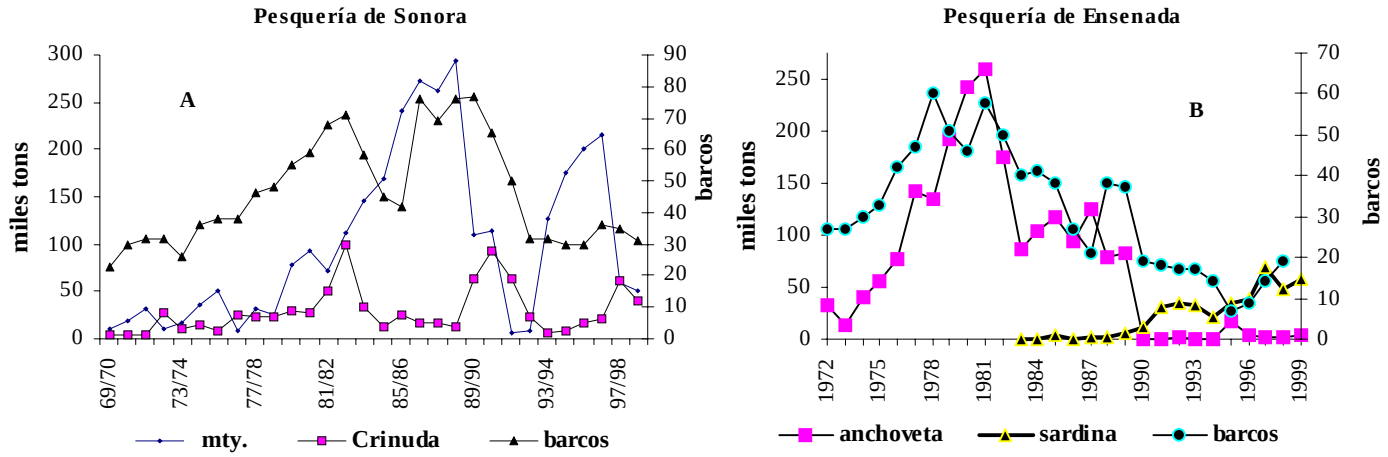


Fig. 1. Descarga comercial de pelágicos menores y esfuerzo pesquero en Sonora (A) y en Baja California (B).

La biomasa de las poblaciones, y las pesquerías se desplomaron en secuencia desde Columbia Británica, Canadá hacia el sur. Esto se ha interpretado como un repliegue poblacional de norte a sur, y un cambio de régimen (Lluch-Belda *et al.,* 1995; Arenas *et al.,* 1996).

El auge de la pesquería de anchoveta en Ensenada, B.C. inició en los años setenta (Fig. 2A), por el desplome de la anchoveta peruana. De esa forma se abrieron mercados para la harina de pescado mexicana. En 1981 se alcanzó la captura récord de 259,000 t, que posteriormente disminuyó hasta su nivel más bajo al inicio de los años noventa (Fig. 2A).

En las costas de California y Baja California, la biomasa de sardina Monterrey comenzó a incrementarse en los años ochenta (Wolf, 1992). Recientemente se han encontrado sardinas hasta de siete años en las costas de Canadá (Hargreaves *et al.,* 1994), lo cual indica que la sub-población está experimentando una franca recuperación.

Como resultado del desplome de la pesquería de sardina Monterrey, en 1993 la flota de Sonora se redujo a 32 embarcaciones, después de haber llegado a 77 en 1990

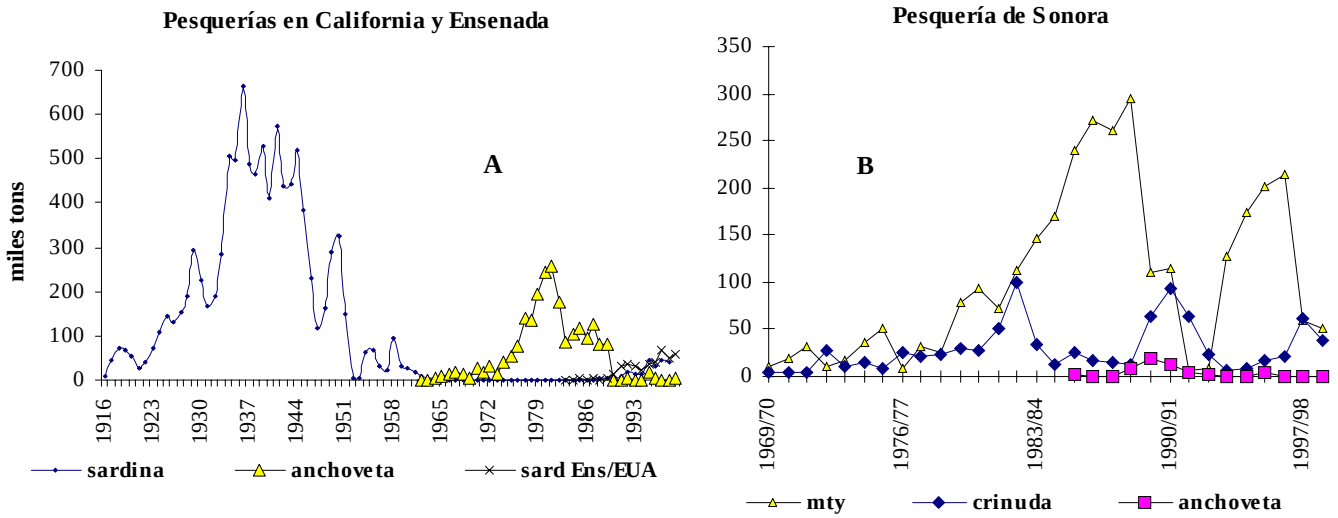


Fig. 2. (A) Capturas de sardina en California, de anchoveta en Ensenada y sardina en California y Ensenada. (B) Captura en Guaymas, Son.

Las capturas recientes de sardina Monterrey de Ensenada, B.C. y California (Deriso *et al.* 1996; García y Sánchez, 1996) ascienden a 64,000 t (Fig. 2A). En Bahía Magdalena se han capturado hasta 35,000 t (Félix-Uraga *et al.,* 1996).

La pesquería de anchoveta en Ensenada presentó un auge en la década de 1970 debido al desplome de la anchoveta peruana

Existen dudas acerca de los niveles que estas pesquerías podrían alcanzar. Durante este siglo, las oscilaciones en las capturas de la sardina de California, Japón y Chile han estado sincronizados, sugiriendo que un proceso común podría controlar la abundancia de sardina en el Pacífico (Kawasaki y Kumagai, 1984; Lluch-Belda *et al.,* 1989).

La sardina asiática y la chilena han alcanzado gran abundancia, no así la de California. Entonces, si a los stocks de la sardina los controla un proceso común, se esperaría que el crecimiento de la población de la sardina Monterrey en el Pacífico americano ha concluido (Hargreaves *et al.*, 1994). Pero si los ciclos no están sincronizados, su crecimiento podría continuar.

- **Golfo de California**

En Sonora, la captura ha fluctuado de acuerdo con la abundancia de sardina Monterrey. En los años setenta y ochenta, las descargas de esa especie crecieron de 11,500 t hasta un récord de 294,000 t en 1988/89. Después hubo una rápida declinación hasta casi 7,000 t en las temporadas 1991/92 y 1992/93 (Cisneros-Mata *et al.,* 1995). Las capturas incrementaron nuevamente hasta 215,000 t en 1996/97, pero debido a "El Niño", disminuyeron de nuevo a 55,000 t en 1998/99.

En los años ochenta aumentaron también las capturas de macarela y sardina japonesa. El hallazgo en 1985 de anchoveta norteña en las capturas de sardina marcó el inicio de esta pesquería en el Golfo de California (Hammann y Cisneros-Mata, 1989; Cisneros-Mata *et al.,* 1995).

Hay una estrecha relación inversa en las capturas de sardina crinuda y Monterrey que se asocia a El Niño. Cuando se presenta este fenómeno la captura de la sardina Monterrey disminuye y la de crinuda aumenta (Molina *et al.,* 1987; Lluch-Belda *et al.,* 1986). Esto ocurrió nuevamente en 1997/98, cuando la sardina crinuda descargada en Sonora se incrementó a 62,000 t, cifra récord, y la Monterrey disminuyó a 59,000 t.

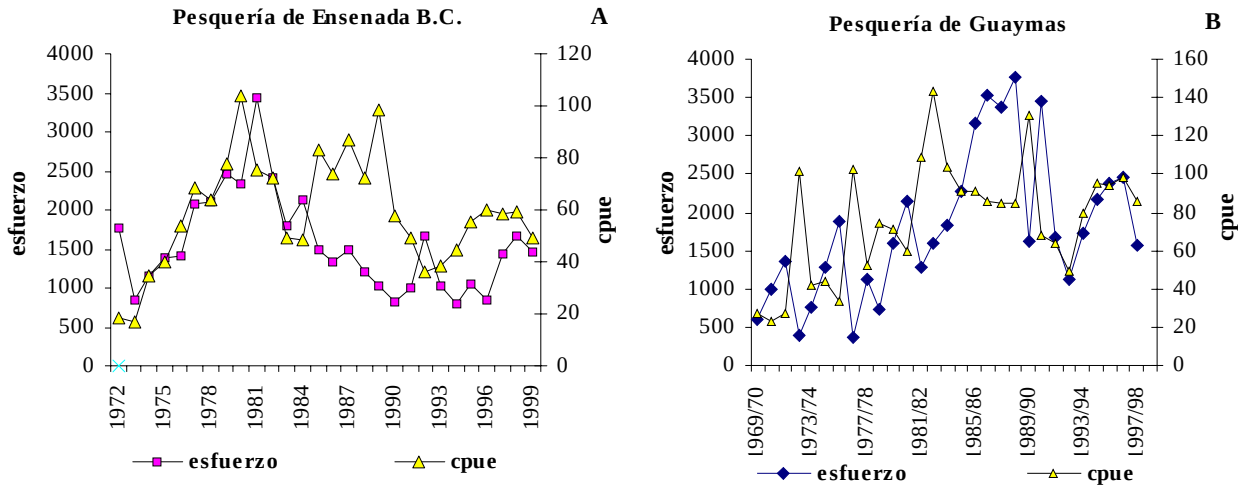


Fig. 3. (A) Esfuerzo de pesca en Ensenada y CPUE de anchoveta. (B) Esfuerzo y CPUE de sardina Monterrey en Sonora. Los datos de esfuerzo están dados en número de viajes.

El esfuerzo de pesca se ha incrementado sensiblemente en esta pesquería. La f*igura 3* muestra las relaciones entre la captura total y el esfuerzo, considerando el número de viajes con captura por barco como la unidad de esfuerzo pesquero. En ambas pesquerías la CPUE (captura por unidad de esfuerzo) se ha incrementado paralelamente con el esfuerzo.

Esto se debe al incremento en el poder de pesca de la flota por el uso de mejor tecnología de búsqueda y la experiencia de los pescadores. El paralelismo refleja el crecimiento simultáneo de la población y el desarrollo de la pesquería (Cisneros-Mata *et al.,* 1995).

En resumen, se pueden identificar cinco etapas en la historia de la pesquería del Golfo de California:

- ***Exploración***, hasta 1975/76
- ***Desarrollo***, hasta 1981/82
- ***Estabilización***, en 1988/89
- ***Descenso***, hasta 1992/93
- ***Recuperación****, desde 1993/94*

En el Golfo de California la temporada 1988/89 registró una captura récord de 294,000 t de sardina Monterrey. Después declinó a 7,000 t en 1991/92, para luego recuperarse a 215,000t en 1996/97. Debido a "El Niño", la captura volvió a caer a 59,000 t en 1997/98. Las capturas de sardina crinuda y macarela no compensaron esa reducción

Los cruceros de prospección indicaron que, después del colapso de inicio de los años noventa, el crecimiento de la población de sardina Monterrey se estabilizó a mediados de ésa misma década (Fig. 4). La captura creció de 2 Kg por hora en 1992 a 30 Kg en 1995, estabilizándose posteriormente.

La producción biológica aumentó en los periodos 1975-78 y 1981-84; en el segundo periodo la producción anual fue de 500,000 t (Martínez-Zavala, 1997). Ello se reflejó en el acelerado crecimiento de las capturas comerciales hasta la temporada 1988/89.

A partir de 1986 la biomasa decreció sensiblemente al tiempo que se obtenían las mayores capturas de sardina, hasta que en 1989 disminuyó la disponibilidad de sardina para la flota. A ello le siguió la recuperación de la producción en 1990-92, cuando la tasa de producción fue la más alta del periodo analizado. Esto explica el rápido ascenso de las capturas de las últimas temporadas de pesca. La biomasa poblacional continuó con esa tendencia, y luego se estabilizó, pero El Niño 1997/98 volvió a impactar el stock (c.f., Fig. 2B)

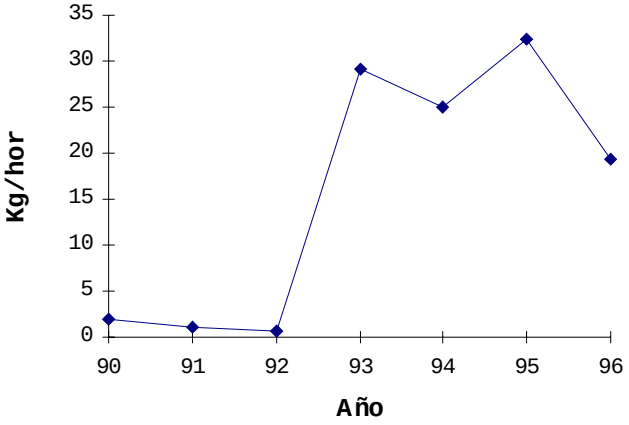


Fig. 4. Indice de abundancia anual de sardina Monterrey. Captura por hora de arrastre en el Golfo de California. (Tomada de Cisneros-Mata *et al*., 1997).

◤ *Pesca incidental*

A partir de observaciones a bordo de las embarcaciones y entrevistas con los pescadores, se sabe que hay descartes. Cuando el cardumen cercado es demasiado grande y no cabe en la bodega o cuando se captura sardina pequeña, la sardina es devuelta al mar.

▼*Interacción con otras pesquerías*

En la corriente de California, los stocks de sardina Monterrey y anchoveta abarcan aguas territoriales tanto de México como de Estados Unidos. El muestreo de las descargas en puertos limítrofes de ambas naciones indica que existe una distribución diferencial por edades.

Es importante no perder de vista que en el caso de la sardina Monterrey el centro de distribución a partir del cual se expande la población, se ubica en aguas mexicanas. En el Golfo de California, aparte de los pelágicos menores raramente se capturan otras especies como calamar gigante y peces de la familia Balistidae.

T**abla 2.** Embarcaciones sardinero-anchoveteras por sector (anuarios SEPESCA y SEMARNAP).

AÑO	SOCIAL	PRIVADO	PUBLICO	LONG.ATRAQUE	BARCOS
1990	16	77	8	3343	101
1991	6	76	19	3303	101
1992	6	73	18	3367	97
1993	8	76	14	3157	98
1994				3096	94
1995				2871	81
1996				2871	77
1997				3572	69
1998				3640	69

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Entre 1990 y 1993 el sector privado poseía el 76% de los barcos que operaron, el público el 15% y el social el 9% (Tabla 2). Cabe mencionar que el mismo tipo de barco es empleado para pescar sardina y anchoveta.

El índice promedio de utilización de los barcos que descargaron en 1988 fue de 55% en Sonora, 75% en Sinaloa y 63% en Bahía Magdalena (Cisneros-Mata *et al.*, 1989). El análisis se basó en datos de la flota durante una de las mejores temporadas de pesca. Los porcentajes equivalen a la cantidad de sardina capturada en relación con la captura potencial de acuerdo a la capacidad de acarreo, que considera la capacidad de bodega promedio y el número de viajes realizados.

En el caso de la sardina Monterrey, los centros permanentes de distribución se localizan en aguas mexicanas

Existen plantas procesadoras de sardina y anchoveta en Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. En ellas se produce harina y aceite de pescado así como productos enlatados. El análisis de la capacidad instalada y la operación de las plantas sardineras en 1988 (Tabla 3) indicó que la eficiencia de operación de las enlatadoras fue de 29% y en las harineras de 65%, con eficiencia total del 53% (Cisneros-Mata *et al.*, 1989).

Las capturas se destinan al enlatado para consumo humano (15%) y como materia prima de alimentos para aves y ganado (84%). Una mínima fracción de la captura se comercializa en fresco.

Tabla 3. Volúmenes de procesamiento e índice de eficiencia promedio (I.E.) de la planta industrial procesadora de sardina (Cisneros-Mata *et al*., 1989).

PROCESO	PRIVADO (t)	PUBLICO (t)	SOCIAL (t)	TOTAL (t)	POTENCIAL* (t)	I.E.(%)
ENLATADO	34,240	39,092		73,332	249,063	29.4
HARINA	267,923	29,867	13,142	310,935	480,631	64.7
TOTAL	302,163	68,959	13,142	384,267	729,694	52.7

* Considerando que trabajen 15 días del mes y la capacidad de operación sea 1,361 y 2,626.4 TM/8 hr de trabajo (SEPESCA 1987).

De la captura, el 15% se enlata para consumo humano y el 84% se utiliza como materia prima para alimentos de aves y ganado. La mínima fracción restante se comercializa en fresco

En años recientes México ha incrementado sus exportaciones de sardina enlatada. Sin embargo, se ha incrementado la importación de harina de pescado. Por ejemplo, en 1995 se importaron 17,334 t de harina de pescado con un valor de 12,139.00 USD (SEMARNAP, 1999), es decir 700.20 dólares por tonelada. La importación obedece, por un lado, al desplome de las descargas de anchoveta en Ensenada, que se destinaban hasta en 98% a la harina de pescado. Por otro lado, se tiene la enorme oferta de harina barata y de buena calidad procedente de Chile y Perú, en donde las pesquerías se han recuperado después del colapso durante la década anterior.

En la *tabla 4* se muestra la capacidad y número de plantas en el litoral del Pacífico, aunque no necesariamente son específicas para industrializar peces pelágicos menores.

Tabla 4. Plantas procesadoras en operación en el Pacífico mexicano.

	Reducción		Enlatado		Congelado	
Año	**No. plantas**	**Capacidad (t/h)**	**No. Plantas**	**Capacidad (t/h)**	**No. Plantas**	**Capacidad (t/h)**
1981	51	477	33	210	89	60
1987	38	495	35	282	122	65
1995	44	440	44	339	201	105
1996	44	441	44	339	201	104
1997	16	141	35	250	160	145
1998	16	141	35	240	164	160

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El seguimiento constante de las pesquerías mediante su monitoreo y evaluación han resultado en la instrumentación de medidas de manejo. Las Normas Oficiales Mexicanas publicadas en el Diario Oficial de la Federación, se basan en las siguientes medidas de regulación:

- ***Golfo de California***

En 1983 se establecieron tallas mínimas de captura de 150 mm de longitud patrón para la sardina Monterrey y 160 mm para crinuda.

En 1985, la costa occidental del Golfo de California se decretó zona vedada del 8 de agosto al 21 de septiembre. Con esta medida se protege a los juveniles. También se prohibió la operación de barcos sin refrigeración en bodega más allá de 40 millas náuticas de su puerto base. De 1987 a 1990 se decretaron vedas zonales durante el verano, concertadas entre el sector productivo y la entonces Secretaría de Pesca.

En el Golfo de California, la talla mínima de captura de sardina Monterrey es de 150 mm, de 160 mm para crinuda, y de 100 mm para anchoveta.
También se han decretado vedas y zonas de no pesca como medidas de manejo

En 1993, como medida tendiente a la recuperación de la pesquería de sardina Monterrey, se estableció que la flota que opere al norte de los 20° Norte no deberá exceder a 36 barcos, el mismo número que operaron ese año. Con el mismo fin se decretó una veda de reproducción de dos semanas.

Desde entonces se han acordado vedas en agosto y septiembre, propuestas por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Son., y concertadas entre los sectores productivo y administrativo. Las propuestas se presentan como parte de la agenda en las reuniones informativas trimestrales que se realizan en Guaymas.

El manejo de esta pesquería se ha facilitado mediante el diálogo abierto en las reuniones periódicas entre los sectores. Ello ha resultado en un ambiente de cooperación reflejado no sólo en la aceptación de las propuestas de manejo, sino en el apoyo económico de los industriales a la investigación pesquera.

- ***Costa occidental de la península de Baja California***

En 1987 se fijó talla mínima de 100 mm para la anchoveta norteña, con un límite de 30% del total por debajo de esta talla, admisible como pesca incidental. El establecimiento de tallas mínimas pretende proteger a los primeros reproductores y así garantizar las existencias futuras.

Para anchoveta, en Baja California se estableció en 1987 talla mínima de 100 mm con límite de 30% de la captura total menor, considerada pesca incidental

En 1987 se acordó también mantener el tamaño y capacidad de acarreo de la flota en las mismas condiciones que en la temporada 1985/86.En 1993 se estableció el número de embarcaciones activas como el máximo al que podrán llegar las flotas de las diferentes pesquerías (SEPESCA, 1994).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼*Información disponible*

La pesquería de pelágicos menores tiene una historia de más de 25 años de colecta de información derivada del muestreo continuo de las capturas comerciales en todos los puertos de descarga, así como registros oficiales de captura por viaje. Las bases de datos incluyen información ambiental obtenida de los centros del Servicio Meteorológico Nacional y de mareografía de la UNAM. Se cuenta también con información de cruceros oceanográfico-pesqueros, en particular una serie de 33 cruceros realizados estacionalmente en el Golfo de California a partir de 1991.

◤ *Modelo*

- ***Costa occidental de la península de Baja California***

Sardina Monterrey

La más reciente evaluación de biomasa de sardina Monterrey de la costa occidental de Baja California se realizó con el modelo CANSAR (*Catch at Age Analisis for Sardine*, Deriso *et al.*, 1996). Este es un modelo estructurado para evaluación de poblaciones derivado del modelo CAGEAN (Deriso *et al.*, 1985).

CANSAR utiliza diversos índices de abundancia independientes de la pesquería:

- Producción de huevos,
- Abundancia,
- Área de desove,
- Biomasa desovante,
- Captura semestral

El modelo fue diseñado para utilizar datos de las pesquerías de Ensenada, B. C., y de California, E.U.A. El propósito es simular la dinámica de la población de sardina Monterrey y estimar su rendimiento. Las predicciones se ajustan por iteración usando criterios de mínimos cuadrados para estimar los parámetros de la pesquería.

La simulación se basa en una Matriz de Leslie para una población de sardinas de 0 a 5 años de edad. El modelo asume que el desove ocurre en abril. La mortalidad natural (M) de 0.4 por año es constante para todas las edades e invariable en el tiempo. La ecuación general que describe la abundancia en el tiempo es la siguiente:

$$N_{a,y,s} = N_{a-1,y,s} e^{-Z_{a-1,y,1}} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

$N_{a,y,S}$ = Número de sardinas de edad a al comienzo del primer (s =1) o segundo (s = 2) semestre.
$Z_{a\text{-}1,y,1}$ = Tasa intrínseca de mortalidad total en el año.

El modelo estima el vector de reclutamiento anual (edad 0) de la sardina al comienzo del segundo semestre de cada año. La biomasa se calcula sumando los productos de abundancia en edad y el peso en edad de la población.

Con ese modelo se estimaron incrementos de biomasa de la edad 1+ desde aproximadamente 10,000 t en 1983 a 344,000 t en 1995 (Fig. 5).

Esta tendencia creciente fue después analizada mediante redes de neuronas artificiales (Cisneros-Mata *et al.* 1996b), usando datos biológicos, pesqueros y ambientales.

Las evaluaciones recientes en la zona de Bahía Magdalena también indican fuertes reclutamientos después de 1981, particularmente en las clases anuales 1984, 1989 y 1993 (Félix-Uraga *et al.*, 1996).

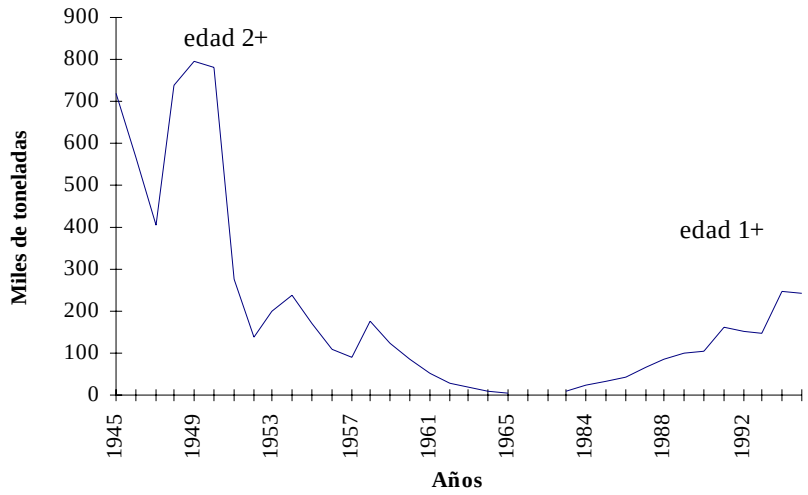


Fig. 5. Biomasa de sardina Monterrey de edad 2+ para los años 1945-1965 (MacCall, 1979) y edad 1+ para 1983-1995 (Deriso *et al.*, 1996).

- ***Golfo de California***

En Sonora constantemente se realizan análisis de diversa índole para determinar el estado de los recursos y de la pesquería. Los análisis se basan en información derivada de la pesquería, datos ambientales de registro continuo, y cruceros oceanográfico-pesqueros.

Sardina Monterrey

Para determinar el impacto de la pesquería en la población de sardina Monterrey del Golfo de California en los últimos años, se hizo un análisis de cohortes (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997) para capturas estructuradas por tallas (Jones, 1984). La ecuación básica del análisis de cohortes por tallas es:

$$N_t = (N_{t+1} e^{-M\Delta t/2} + C_t) e^{-M\Delta t/2} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

N_t = Número de individuos al tiempo t,
Δt =Tiempo requerido para crecer desde el inicio hasta el final del intervalo de longitud
C_t = Captura en el intervalo de tiempo Δt

La biomasa desovante anual de la sardina Monterrey en el Pacífico se incrementó en el periodo 1983-1995

Puesto que el modelo supone condiciones de equilibrio dinámico, se construyeron distribuciones promedio de captura por talla a partir de varias distribuciones anuales (Jones, 1984).

La pesquería de sardina Monterrey, en términos de captura fue similar durante las dos temporadas de pesca 1991/92 y 1992/93 y en las tres temporadas siguientes (1993/94 a 1995/96), pero muy diferente entre los dos periodos. En consecuencia, se utilizaron las distribuciones de longitud de las dos primeras temporadas para evaluar el periodo 1991/93 y las siguientes tres temporadas para evaluar el periodo 1993/96.

El análisis indicó un incremento en el reclutamiento entre ambos periodos. Es factible que ello se relacione con la variabilidad ambiental (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1995; Shannon *et al.*, 1988), y al reclutamiento denso-dependiente de la especie (Cisneros-Mata *et al.*, 1996a).

En el Golfo de California, en términos de captura la pesquería de sardina Monterrey durante las temporadas 1991/92 y 1992/93 fue muy similar. Lo mismo ocurrió en las temporadas 1993/94, 1994/95 y 1995/96. Ambos periodos son muy diferentes entre sí

Con base en un análisis de población virtual (VPA) se encontró que la población de adultos reproductores aumentó lentamente desde 1973 hasta 1986, para luego decrecer en 1987 (Cisneros-Mata *et al.*, 1995). La disminución poblacional alcanzó sus niveles más bajos en 1989-92 y se reflejó directamente en las capturas de la flota sardinera. Este marcado descenso fue seguido por un fuerte incremento a partir de 1992/93 (Martínez-Zavala, 1997).

Sin embargo, los cruceros de pesca de prospección indican que sin bien hay una gran cantidad de juveniles, la población de sardina Monterrey ya no está creciendo como al inicio de los años noventa (Cisneros-Mata *et al.*, 1997b).

Acorde a la variabilidad temporal de la biomasa de la sardina Monterrey, se han realizado varias evaluaciones del rendimiento recomendable. En las condiciones actuales en que la sardina está en recuperación, se estima una captura máxima de 170,000 t por temporada (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997).

El análisis asumió las condiciones de la sardina Monterrey en 1989/90, la temporada de captura récord (Nevárez-Martínez *et al.*, 1999). Por lo tanto, el rendimiento estimado puede considerarse como el máximo promedio. El estudio se basó en un modelo dinámico, bio-económico, aleatorio, estructurado por edad. Fue calibrado por iteración con datos de captura observados durante 18 temporadas de pesca. El modelo incluye un shock aleatorio en el reclutamiento, a su vez dependiente de la densidad.

El rendimiento promedio estimado como óptimo desde los puntos de vista biológico y económico es de 220,000 t por año para una relación costo-beneficio a largo plazo de 1.1. Se encontró que el punto de referencia adecuado para esta pesquería es 0.9 F_{RMS}, con una tasa de mortalidad por pesca F óptima de 0.26 por año. Es decir, la F que maximiza la relación costo-beneficio es 90% de la F que maximiza el rendimiento máximo sostenible desde el punto de vista biológico.

Un aspecto importante en el manejo de estos recursos es determinar el efecto de la pesca de juveniles y de adultos en estado de gravidez. Para la sardina Monterrey se investigaron dichos aspectos mediante un modelo dinámico estructural con resolución mensual (Cisneros-Mata *et al.*, 1998). La ecuación general del modelo es:

$$B_{a,m} = W_a(\phi(N_{a,m-1},\alpha) + N_{a,m-1}e^{-M_a})\, f(s_{a,m}) - Y_{a,m} \quad \text{.....(3)}$$

donde:

$B_{a,m}$ =Biomasa de los individuos de edad a en el mes m
W_a =Peso promedio a la edad a
$N_{a,m}$ = Abundancia numérica de sardinas de edad a en el mes m
f(Na,m,a)=Función de reclutamiento dependiente de $N_{a,m}$ y de la edad de primera reproducción a
M_a =Tasa instantánea de mortalidad natural a la edad a
$f(s_{a,m})$ =Forzamiento ambiental de la tasa de sobrevivencia s a la edad a en el mes m
$Y_{a,m}$ = Captura (en peso) de sardinas de edad a en el mes m

El análisis indicó que para una captura esperada de 190,000 t, pescar antes de la reproducción genera un impacto negativo al reducir la tasa de crecimiento poblacional en 7% por año. Si adicionalmente se captura 30% en número de sardinas juveniles la tasa de crecimiento se reduce en 8%. La captura real en esas condiciones disminuye también a 150,000 t. La máxima captura deseable de sardinas juveniles en todo caso es de 20% por mes.

En 1989-92 la población de sardina Monterrey del golfo de California tuvo su tamaño más bajo. Esto se reflejó en la captura comercial

Sardina crinuda

En recientes evaluaciones de las pesquerías de sardina crinuda, japonesa, y bocona se utilizaron modelos tradicionales (Cisneros-Mata *et al.*, 1997a). La biomasa anual B y el rendimiento máximo sostenible RMS se calcularon de la siguiente forma (García *et al.*, 1989):

$$B = Y/F \quad \text{.....(4)}$$

y

$$RMS = \frac{(F_{RMS}\, B)^2}{2F_{RMS}\, B - Y} \quad \text{.....(5)}$$

En ambas ecuaciones, Y es captura anual en peso, F y M son las tasas anuales de mortalidad por pesca y natural, y F_{RMS} es la F que produce el RMS.

Para sardina crinuda, la biomasa media anual en el período de 1991 a 1996 fue de 62,000 t, y el RMS de 54,000 t. Estas cifras se aplican a *O. libertate*, que comprende casi 100% de las descargas de crinuda en Sonora.

Debido a la abundancia de sardina crinuda en temporadas El Niño, es importante para el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas pronosticar su captura. Mediante un modelo de regresión basado en datos históricos de temporadas El Niño, se estimó una captura de 50,000 t para 1997/98 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997a). La captura registrada en esa temporada fue de 62,000 t.

Sardina japonesa

Para sardina japonesa, la biomasa promedio de 1991 a 1996 fue de 6,900 t y el RMS de 5,560 t.

Anchoveta

En el Golfo de California se han realizado dos evaluaciones de biomasa de anchoveta por el Método de Producción de Huevos. La biomasa de adultos aumentó de 105,100 t en 1991 (Cotero-Altamirano y Green-Ruíz, 1997) a 235,000 t en 1994 (Cotero-Altamirano, com. pers.).

Para estas especies se recomienda una tasa de explotación de 0.25 (Beddington y Cooke, 1983). Con una tasa de mortalidad natural M de 0.95 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997b), y con la media de ambas estimaciones de biomasa, por aproximaciones sucesivas usando la fórmula para biomasa arriba descrita, se tiene que el rendimiento adecuado para la anchoveta es de 51,000 t.

ESTADO ACTUAL DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS MENORES

▼ *Costa occidental de la península de Baja California*

- ***Sardina Monterrey***

Hay buenas expectativas para la pesquería de Ensenada, B.C. El hallazgo de sardinas de más de 5 años tan al norte como Canadá es un buen indicador de que la sub-población se está expandiendo. Sigue creciendo la biomasa de sardina Monterrey y esto se refleja en la captura comercial.

En Bahía Magdalena pasa algo similar: crece la disponibilidad de sardina Monterrey, y se sabe que la macarela tiene un comportamiento similar. Después del impacto de El Niño 1997/98 el ambiente regresa a condiciones favorables. Si continúa la tendencia actual cabe esperar que la captura de pelágicos menores aumente en el mediano plazo.

Las sub-poblaciones de sardina Monterrey del Golfo de California y de la costa occidental están creciendo

- ***Anchoveta***

La sub-población de anchoveta y las capturas en la costa occidental de la península siguen deprimidas. Aquí se requiere implementar una estrategia de recuperación.

▼ *Golfo de California*

- ***Sardina Monterrey***

La sardina Monterrey del Golfo de California se está recuperando del colapso del inicio de la década y de El Niño 1997/98. Se espera que continúe la tendencia creciente de la biomasa interrumpida por efecto del fenómeno y que la pesquería de esta especie siga en recuperación. Pese a las bajas capturas de las dos temporadas recientes, en los cruceros se ha detectado una gran abundancia de juveniles.

Debido al fenómeno El Niño 1997/98, el más intenso del siglo, las capturas de sardina Monterrey fueron mucho menores que las de años anteriores. La captura de sardina crinuda, significativamente mayor al promedio, no compensó el impacto

Pero los cambios experimentados en esta pesquería por el efecto de uno de los fenómenos El Niño más fuertes del siglo implican que deben hacerse ajustes. Se requiere de un manejo regional en tiempo real, un manejo adaptativo (Walters, 1986). En condiciones adversas se debe cerrar la pesquería a tiempo en zonas o meses de gran abundancia de sardina juvenil y/o en el máximo de la reproducción.

- ***Sardina crinuda***

En el puerto de Mazatlán, Sin., las capturas históricas indican que durante los años El Niño aumenta la disponibilidad de sardina crinuda. Esto volvió a confirmarse en la temporada 1997/98. Ahora que el ambiente ha regresado a condiciones normales, se espera que la pesquería se mantenga en las cifras promedio.

En Sonora, después de alcanzar una cifra récord, se espera que la pesquería de sardina crinuda tienda a la normalidad. Sin embargo, en tanto que la sardina Monterrey se recupera del todo, la captura de crinuda continuará siendo más alta que el promedio.

- ***Anchoveta***

Aunque la biomasa de anchoveta del Golfo de California está creciendo, no hay una pesquería bien estable-

Mientras que la anchoveta del golfo de California es una pesquería potencial, la de la costa occidental requiere de una estrategia de recuperación

cida. Pese a la escasez de sardina Monterrey, la captura de anchoveta ha disminuido con respecto al principio de los años noventa. Esta pesquería representa un recurso potencial importante, sobre todo para la elaboración de harina y aceite de pescado.

Esta especie podría convertirse en una alternativa real para la industria pesquera del Golfo de California. Los factores que condicionan su captura son de orden tecnológico. Por un lado, el procesamiento se dificulta por la carencia de sistemas propicios. Por otro lado, en algunos meses del año en los barcos ocurre la rápida descomposición del producto, lo cual dificulta el procesamiento y reduce el precio del producto.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Las fluctuaciones naturales de las poblaciones de peces pelágicos menores influyen directamente en la administración, particularmente en la toma de decisiones sobre el tamaño de la flota. El principal problema de esta pesquería es que la demanda industrial de materia prima rebasa la biomasa disponible. La capacidad de procesamiento de peces pelágicos menores en Sonora es de 500,000 t/año de materia prima en peso vivo, y la oferta natural es de 375,000 t (Cisneros-Mata *et al.*, 1996c). Esta demanda excesiva estimula el crecimiento de la flota.

La capacidad de acarreo de los barcos activos del Golfo de California es suficiente para capturar más de 375,000 t /año. En consecuencia, no se justifica un incremento en el tamaño de la flota (Cisneros-Mata *et al.*, 1996c). Además, un mayor número de barcos entorpecería la regulación concertada que se realiza actualmente en el Golfo de California.

Debido a sus grandes variaciones de abundancia y disponibilidad, es difícil hacer predicciones a largo plazo para el manejo de los pelágicos menores

Se está explorando la aplicación de programas de pesca basados en el tamaño de las existencias, medidas por lo menos anualmente mediante técnicas de hidroacústica. Se prevé seguir desarrollando más modelos para predicción, calibrados con información independiente de la pesquería, además de la derivada de ésta. Se utilizarán datos de cruceros, de estaciones de monitoreo ambiental, estructura de edad, y reproducción. La resolución mensual continuará siendo la característica de tales modelos.

Las variaciones de abundancia y disponibilidad a las que están sujetos los pelágicos menores en particular hacen que sea muy difícil predecir cambios de biomasa a largo plazo. En tales circunstancias, una opción es aplicar una tasa fija de captura (Walters y Parma, 1996). La tasa recomendada es la mitad del valor de la tasa de mortalidad natural.

El crecimiento poblacional de la sardina se relaciona con la edad de primera reproducción, y ésta varía temporalmente. Cuando la edad de primera reproducción disminuye se reduciría el impacto de la captura de sardina pequeña, siempre y cuando se permita la reproducción antes de la captura. Esto es importante puesto que entonces la talla legal de primera captura debe ser variable y el manejo muy dinámico.

Para la pesquería de Ensenada, B.C., existe la posibilidad de aumentar el rendimiento de sardina Monterrey si se mantiene la talla de 160 mm y una tasa de mortalidad por pesca F de 1.5/año. Para la macarela se recomienda una talla de captura de 315 mm y una F de 1.8/año (García y Sánchez, 1997).

El sector industrial manifestó interés en que se le permita una proporción de captura por debajo de la talla mínima legal. Esto ya fue evaluado y la Norma Oficial se encuentra en proceso de edición.

El crecimiento poblacional de la sardina se relaciona con su edad de primera reproducción

La talla legal actual de anchoveta es 115 mm, pero es preferible evitar la captura de individuos menores a 100 mm. También se recomienda una captura máxima de 21,500 t y que el incremento en el número d e viajes no rebase el 10% para sardina y 7% de macarela.

Para el Golfo de California, es preciso hacer valer las medidas acordadas en las reuniones trimestrales. Esta es la mejor forma de ejercer un manejo con el dinamismo que la pesquería demanda. Si esto ocurre, por el momento las tallas legales de captura debieran permanecer como se recomendó en la Norma en proceso. La talla para sardina Monterrey debiera quedar en 150 mm, con un máximo de 20% en número por oscuro como captura incidental.

No es recomendable aumentar el número de embarcaciones; son ya suficientes las 35 que operan. Habrá que diseñar fórmulas para que las flotas de otros puertos no se incorporen a la pesquería de Sonora.

Se debe apoyar el desarrollo de la pesca y mercado de anchoveta. Como medida de manejo, esto liberaría la presión que se ejerce sobre la sardina Monterrey, la especie objetivo en este momento.

Campos de colaboración

En el Golfo de California, la colaboración de CANAINPES, UNAM, CICIMAR e INP ha resultado en la ejecución de cruceros experimentales para estimar la biomasa por ecointegración. Se continuará con estos cruceros, que además se aprovechan para hacer estudios de productividad primaria, plancton y oceanografía física. En ellos participan colegas de CICIMAR y DICTUS.

En la costa occidental de la península de Baja California, deberá continuar la participación del INP en el Programa IMECOCAL, extensión del Programa CalCOFI, que tienen como objetivo el monitoreo ambiental y biológico de la corriente de California, hábitat de los pelágicos menores. Los Programas cuentan con la participación, además del INP, de CICIMAR, CIBNOR, CICESE, ICMyL, por parte de México, y Scripps, SWFSC y CDFG, por parte de Estados Unidos.

El manejo de estos recursos se vería beneficiado con la integración y formalización de comités locales de pesca responsable. Deben participar INP, industria, gobiernos locales y federal, además de instituciones académicas interesadas. Esto es relativamente fácil de lograr puesto que existen dos antecedentes. Cada tres meses se reúnen en Guaymas, Son., representantes de la industria, PROFEPA, gobierno de Sonora, y autoridades de Pesca, convocados por el CRIP Guaymas. Se discute el desarrollo de la pesquería, y el CRIP proporciona boletines informativos sobre el estado de la pesca y condiciones ambientales. En forma oportuna se muestran resultados de cruceros que la propia industria y, en ocasiones, el gobierno del estado ayudan a financiar.

Por otro lado, cada año, a partir de 1993, se reúne el Comité Técnico de Pelágicos Menores. Este se conforma por representantes de la industria y del sector académico, además del INP. En cada taller se presentan avances en la investigación sobre ecología, pesquerías y manejo de pelágicos menores. Por ejemplo, en junio de 2000, en Ensenada, B. C., el tema del VIII Taller anual fue “Manejo adaptativo de pelágicos Menores”.

Es necesario utilizar técnicas antiguas para responder preguntas actuales. Entre estas sobresalen las tasas de mortalidad, reclutamiento y migración. El sector productivo de Guaymas, Son., ha retomado la propuesta del INP de ejecutar un programa de marcado de sardinas en el Golfo de California. Esto es factible

con la participación de CIBNOR, CICIMAR, INP y la propia industria.

Por su carácter migratorio, la población de sardina Monterrey de la costa occidental de Baja California se localiza en aguas costeras de E.U. y México. Esto señala la posibilidad de seguir realizando proyectos binacionales de investigación. Deberán continuar los convenios de investigación en áreas específicas, como el MEXUS-PACIFICO.

REFERENCIAS

Arenas F., P., R.J. Hunter & L.D. Jacobson. 1996. The 1994 México-U.S. spawning biomass survey for Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and the 1995 CalCOFI Sardine Symposium. CalCOFI Rep. 37: 129-133.

Bakun, A. & R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current systems. CalCOFI Rep. 23: 99-112.

Beddington, J.R. & J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 242:47.

Berry, H. & I.Barret. 1963. Gillraker analysis and speciation in the thread herring genus *Opisthonema*. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 2(VII): 1-153.

Cadet, H.H. & L. Berner. 1959. Food of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Fish. Bull. 164 (60): 171-183.

Castro-González, J.J. & O.M. Tapia-Vázquez. 1995. Frecuencia de desove de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en la costa Occidental de Baja California, México. Ciencia Pesquera 11: 28-31.

Chávez, H., S. Silva & J.S. Sunada, 1979. La pesquería de anchoveta (*Engraulis mordax*) en California y Baja California durante 1975, con datos sobre el desarrollo de la industria en 1976 y 1977. Serie Científica del Departamento de Pesca 20.

Cisneros-Mata, M.A. 1987. Biología reproductiva de sardina Monterrey en la costa occidental de Baja California Sur y costa de Sonora. *En:* Ramírez, M. (Ed.). Simposium sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. La Paz, B. C. S. Abril 1987: 47-53.

Cisneros-Mata, M.A., G.J. Estrada, J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota & C.E. Alvarado. 1989. Diagnóstico de la pesquería de sardina en el estado de Sonora. Temporada 1987/88. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez & M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, Mexico. CalCOFI Rep. 36: 136-143.

Cisneros-Mata, M.A., G. Montemayor-López & M.O. Nevárez-Martínez. 1996a. Modeling deterministic effects of age structure, density dependence, environmental forcing and fishing on the population dynamics of *Sardinops sagax caeruleus* in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 37: 201-208.

Cisneros-Mata, M.A., T. Brey, T. Jarre-Teichmann, W. García-Franco & G. Montemayor-López. 1996b. Redes de neuronas artificiales para el pronóstico de biomasa de sardina del Pacífico y su medio ambiente. Ciencias Marinas 22: 427-442.

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota & M.A. Martínez-Zavala. 1996c. Pesquería de pelágicos menores del Golfo de California: pasado, presente y perspectivas para 1996/97. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota, M.O. Nevárez-Martínez, M. Anguiano-Carrazco & M.A. Martínez-Zavala. 1997a. Pesquería de pelágicos menores en el Golfo de California durante los oscuros 1 (octubre) al 3 (diciembre) de la temporada 1996/97. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, M. A. Martínez-Zavala, M.L. Anguiano-Carrazco, J.P. Santos-Molina, A.R. Godínez-Cota & G. Montemayor-López. 1997b. Diagnosis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/92 a 1995/96. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.A. Martínez-Zavala, E. Cotero-Altamirano, W. García-Franco & F. Páez-Barrera. 1998. Recomendaciones para el manejo de las pesquerías de pelágicos menores del noroeste de México. Dictamen Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cotero-Altamirano, C. E. & Y.A. Green-Ruiz. 1997. Biomasa desovante de anchoveta (*Engraulis mordax*) en el Golfo de California. CalCOFI Rep. 38: 171-179.

Deriso, R.B., T.J. Quinn & P.R. Neal. l985. Catch-at-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 815-824.

Deriso, R.B., J.T. Barnes, L.D. Jacobson & P. Arenas. 1996. Catch-at-age analysis for Pacific sardine (*Sardinops sagax*), 1983-1995. CalCOFI Rep. 37: 175-187.

Félix-Uraga, R., R.M. Alvarado-Castillo & R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. CalCOFI Rep. 37: 188-192.

García, W. & R.F.J. Sánchez. 1996. Proyecto Pelágicos Menores: Boletín Anual de la Temporada 1995. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

García, W. & R.F.J. Sánchez. 1997. Proyecto Pelágicos Menores: Boletín Anual de la Temporada 1996. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

García, S., P. Sparre, & J. Csirke. 1989. Estimating surplus production and maximum sustainable yield from biomass data when catch and effort time series are not available. Fish. Res. 8: 13-23.

Garci-Crespo, R.R., M.M. Guzmán, A.P. Mora & A. Davidoff. 1982. Documento base para la elaboración del plan de acción del sector pesquero (1983-1985) (sardina y anchoveta). Programa de Investigación y Desarrollo Pesquero Integrado MEX/FAO (inédito).

González, D.G., P.P. Jacquemin, R.R. Garci-Crespo & A.P. Mora. 1982. México, el mar y sus recursos. Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Hammann, M.G. & M.A. Cisneros-Mata. 1989. Range extension and commercial capture of the Northern anchovy *Engraulis mordax* Girard, in the Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game 75: 49-53.

Hammann, M.G., M.O. Nevárez-Martínez & Y. Green-Ruíz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. CalCOFI Rep. 39: 169-179.

Hargreaves, N.B., D.M. Ware & G.A. McFarlane. 1994. Return of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) to the British Columbia coast in 1992. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 460-463.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of exploitation pattern using length composition data (with notes con VPA and cohort analysis). FAO Fish Tech. Pap. 256: 1-118.

Kawasaki, T. & A. Kumagai. 1984. Food habitats of the far eastern sardine and their implication in the fluctuation pattern of the sardine stock. Bull. Jap. Sci. Fish. 50: 1657-1663.

Kawasaky, T. 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis in fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. Actas para la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos San José, Costa Rica, 18-29 de abril de 1983. FAO, Informe de Pesca 3 (291):1065-1080.

Lluch-Belda, D., B.F.J. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. CalCOFI Rep. 27: 136-140.

Lluch-Belda, D., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose & P.E. Smith. 1989. World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. S. Afr. J. Mar. Sci. 8: 195-205.

Lluch-Belda, D., S. Hernández-Vázquez & R.A. Schwartzlose. 1991. A hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*). *En:* Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (Eds). The long-term-variability of pelagic fish populations and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai Japan, 14-18 nov. 1989. Oxford Pergamon Press: 293-300.

Lluch-Belda, D., M.J. Arvizu, S. Hernández-Vázquez, D. LLuch-Cota, A.C.Z. Salinas, T. Baugartener, G. Hammann, V.A. Cota, C.E. Cotero, F.W. García, O. Pedrín, S.M. Lizárraga, M.A. Martínez, R. Morales, M.O. Nevárez M., J.P. Santos M., R. Ochoa B., S.R. Rodríguez , J.R. Torres V. & F. Páez B. 1995. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca/ Instituto Nacional de la Pesca/Universidad de Colima (Cenedic).

MacCall, A. D. 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific sardine fishery. CalCOFI Rep. 20: 72-82.

Macewiicz, B.J., J.J. Castro-González, C.E. Cotero-Altamirano & J.R. Hunter. 1996. Adult reproductive parameters of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. CalCOFI Rep. 37: 140-151.

Martínez-Zavala, M. A. 1997. Análisis del reclutamiento de sardina Monterrey *Sardinops sagax caeruleus* en el Golfo de California. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Molina-Valdéz, D., B.F. Magallón, A.C. Castro & F. Páez B. 1987. Interrelación recurso-ambiente y la evaluación de la pesquería de sardina Monterrey del Golfo de California por medio de los modelos de producción. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Murphy, G. I. 1966. Population biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Proc. Calif. Acad. Sci. 34: 1-84.

Nevárez-Martínez, M.O., M.A. Cisneros-Mata, M.A. Martínez-Zavala & J.P. Santos-Molina. 1997. Aplicación de dos métodos para determinar el rendimiento óptimo de la sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) del Golfo de California: el uso de información auxiliar. Océanides 13(1): 31-39.

Nevárez-Martínez, M.O., E.A. Chávez, M.A. Cisneros-Mata & D. Lluch-Belda. 1999. Modeling of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* fishery of the Gulf of California, México. Fish. Res. 41(1999): 273-283.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programable calculators. ICLARM Stud. Rev. 8. 325 p.

SEPESCA. 1994. Normas Oficiales Mexicanas del sector pesca. SEPESCA, México.

SEPESCA. 1987. Anuario Estadístico de Pesca. México.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca. México.

SEMARNAP. 2000. Memorias del VIII Taller de Pelágicos Menores.

Shannon, L.V., M.R.J. Crawford, G.B. Brundit & L.G. Underhill. 1988. Response of fish populations in the Benguela ecosystem to environmental change. J. Cons. Perm. int. Explor. Mer 45: 5-12.

Sokolov, V.A. & M. Wong. 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. Programa de Investigaciones y Fomento Pesquero México/PNUD/FAO Informe Científico 2. México.

Torres-Villegas, J.R., M.A. Reinecke-Reyes & R. Rodríguez-Sánchez. 1986. Ciclo reproductor de *Sardinops sagax* (sardina Monterrey) en el Golfo de California. Inv. Mar. CICIMAR 3: 52-68.

Walters, C.J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan Publishing Co. New York.

Walters, C. & A. Parma. 1996. Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 148-158.

Wolf, P. 1992. Recovery of the Pacific sardine and the California sardine fishery. CalCOFI Rep. 33: 76-86.

calamar
mar
mar
pota
gigante
pota
calamar
calamar
gigante
gigante
calamar
calamar
pota
gigante
calamar
calamar
calamar

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DEL CALAMAR

ESPECIE: Calamar gigante (*Dosidicus gigas).*

- Especie de rápido crecimiento y un ciclo de vida corto (2 años).
- Alcanza 80 cm de longitud del manto y casi 9 kg de peso.
- Recurso altamente migratorio de presencia irregular en aguas mexicanas.
- Alto potencial pesquero, dependiente del reclutamiento de juveniles.
- El principal destino de exportación es el mercado asiático, el cual reportó casi 18 millones de USD en 1996.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura 1995-2000: Disminución de las capturas por menor biomasa disponible.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Estructurado por edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

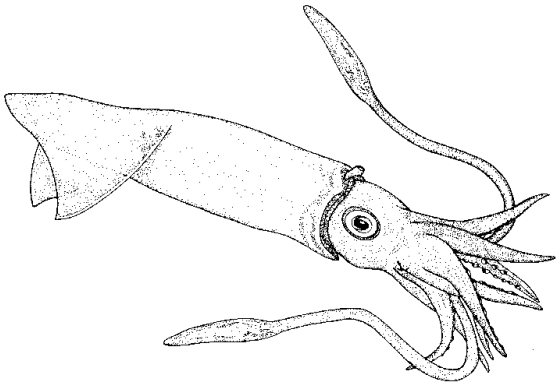
- Con potencial de desarrollo.

MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero por número de permisos.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir un escape del 40% de la biomasa reproductora.



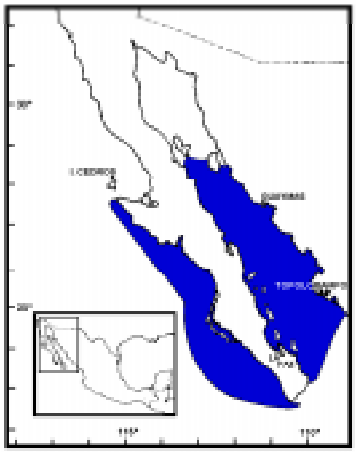
CALAMAR GIGANTE

Dosidiscus gigas

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En México, el recurso calamar está compuesto de varias especies de los géneros *Loligo, Lolliguncula, Loliolopsis, Illex, Ommastrephes* y *Symplectoteuthis.* La mayoría se pesca en forma incidental y solamente el calamar gigante *Dosidicus gigas,* es actualmente la especie que constituye la única pesquería con un grado de desarrollo importante en el Pacífico norte de México.



El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar el desarrollo histórico de la pesquería y evaluar el estado actual de la misma dentro del Golfo de California.

En 1995 y 1996, la producción pesquera de calamar gigante en Baja California Sur representó el 21.3% y 36.4% y en Sonora el 3.8% y 13%. Para el mismo período de tiempo las capturas para ambos estados ascendieron de 33,726 t a 97,361 t de peso de manto, representando el 2.8% y 5.4% de la producción pesquera nacional para los mismos años (Anuarios Estadísticos de Pesca, 1995 y 1996).

Los ingresos en divisas de calamar en México para los últimos tres años fueron del orden de 140 mil dólares por exportación de 121 t en 1994, 2.22 millones de dólares por 2,341 t en 1995 y 17.84 millones de dólares por 19,233 t en 1996 (SEMARNAP, 1997).

La importancia de este recurso en nuestro país es regional, principalmente en el Golfo de California. Los principales estados productores son Sonora y Baja California Sur

El mercado nacional e internacional está sujeto a la demanda. Para el mercado nacional se presenta en filete congelado y enlatado, para otros países se procesa como filete congelado, filete precocido, precocido con sal, precocido con azúcar, con ambos o con otros sazonadores.

La pesca del calamar gigante en el Golfo de California, empezó en 1974, con la operación de una pequeña flota artesanal, la cual pescaba de dos a tres meses durante el verano, cuando el stock se encontraba cercano a la costa. La producción era muy poca y la captura consumida localmente (Ehrhardt *et al.*, 1982b).

Los principales paises que compran el calamar gigante a México son, Corea del Norte, Japón, Corea del Sur, Hong Kong, Estados Unidos, Chile y España

A partir de 1978 con la presencia de altas concentraciones de calamar, una parte de la flota camaronera se incorporó a esta pesquería de manera complementaria a la del camarón en los meses de verano, iniciándose el primer periodo de máximas capturas y la conformación de una flota que explotó a gran escala esta especie de 1979 a 1981. Durante este lapso se incorporaron alrededor de 285 embarcaciones nacionales de características variables, 15 barcos calamareros japoneses operando a través de empresas de coinversión de capital mexicano-japonés y con ellos nuevas tecnologías que incidieron en el mejoramiento y eficiencia en la captura del calamar, y la flota menor compuesta por pangas de pesca ribereña. En 1981 la pesquería se mantuvo mientras el recurso se encontraba dentro del Golfo de California y posteriormente solo los barcos de las empresas de coinversión siguieron el recurso en su migración fuera del Golfo de California, pescándose en la zona de Cabo San Lucas, B.C.S., costas de Nayarit y Colima.

En el período 1983 a 1987 la escasez del recurso en las áreas de pesca disminuyó notablemente y la pesquería casi desapareció presentándose solamente capturas esporádicas a lo largo del año.

De 1989 a 1992 se inicia nuevamente una pesquería comercial en la que participaron 6 embarcaciones calamareras japonesas, controladas por empresas mexicanas, operando en la costa occidental de la Península de Baja California y alrededor de las Islas Revillagigedo, además de tres embarcaciones camaroneras adaptadas a la pesca de calamar operando dentro del Golfo de California.

En 1994 se inicia un nuevo período en esta pesquería dentro del Golfo de California, lo que reactivó la flota nacional (pangas y barcos camaroneros adaptados), conforme el recurso fue incrementando su presencia en las áreas de pesca, alcanzando una captura de 97 mil toneladas de peso de manto en 1996 (Fig. 1); este año, para embarcaciones mayores se autorizaron 150 permisos en el estado de Sonora y uno en el estado de Baja California Sur, mientras que para embarcaciones menores (pangas con motor fuera de borda), los permisos autorizados amparan 646 en el estado de Sonora y 342 en el de Baja California Sur, las unidades de producción son mostradas en la Tabla 1.

BIOLOGÍA

Esta especie se distribuye en el Océano Pacífico Oriental desde la frontera de México y los Estados Unidos hasta Chile y se encuentra desde la superficie hasta más de 400 metros de profundidad, asociando sus mayores concentraciones a zonas de surgencias, ricas en nutrientes, que sostienen especies que conforman su dieta básica (Suda, 1973).

Tabla 1. Unidades de producción de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en los estados de Sonora y Baja California Sur (Fuente: Delegaciones Estatales de Pesca).

Unidades	Número	Pescadores	Embarcaciones	Equipos y artes
Sector social (Cooperativas, asociaciones y sociedades de producción pesquera.)	38*	1,972	986	3,944
Sector Industrial	150	900	150	1,500
Total	150	2,872	1,136	5,444

* Solo para el estado de Sonora.

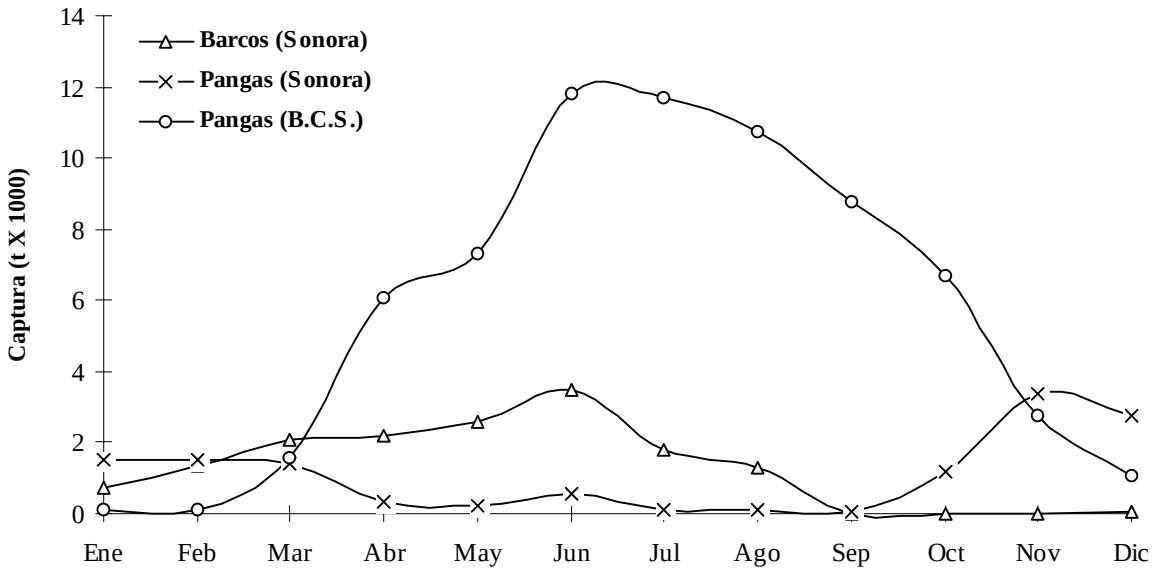


Fig. 1. Variación mensual de la captura de calamar gigante (*D. gigas*) separada por las tres flotas con mayor influencia sobre el recurso.

Dosidicus gigas tiene un ciclo de vida corto de máximo dos años. Presenta altas tasas de crecimiento, alcanzando tallas de alrededor de los 87 cm de longitud de manto (LM) y peso máximo de 13 Kg (Hernández-Herrera *et al.*, 1998). De la Rosa *et al.* (1992) registraron organismos de una longitud máxima de 97 cm de longitud de manto y peso entero de 37 Kg. Por otra parte, Hernández-Herrera *et al.* (1998) han estimado que el reclutamiento de calamar sucede a los seis meses de edad.

El calamar presenta varios picos de desove pero los más importantes por su magnitud suceden en verano e invierno, aunque parece ser que el ciclo reproductivo de la especie no es un proceso estático y definitivo (Hernández-Herrera *et al.*, 1998), ya que los cambios de las condiciones oceanográficas en el Golfo de California y aguas del Pacífico tienen gran influencia en la determinación de los picos reproductivos de *Dosidicus gigas* (Ehrhardt *et al.*, 1986).

La talla de primera madurez en el caso de las hembras se presenta cuando éstas alcanzan de 35 a 40 cm de LM, de cuatro a cinco meses de edad; en los machos se observa cuando miden de 18 a 25 cm, de tres a cuatro meses de edad (Ehrhardt *et al.*, 1986). Hernández-Herrera *et al.* (1996) reportan la talla mínima de madurez a los 25 cm de LM para las hembras y de 30 cm de LM para los machos. Mientras que la talla al 50% de reproducción fue de 42.2 y 51.6 cm de LM para hembras y machos respectivamente.

La fecundidad para esta especie fue calculada por Nesis (1970) para la porción sureña del Pacífico (Perú y Chile). Para el caso de las hembras la fecundidad varía de 100,000 a 600,000 huevos con un máximo de 650,000 huevos en hembras de más de 50 cm de longitud de manto.

La población de calamar gigante en el Golfo de California estuvo compuesta durante 1982 y 1983 por un stock formado de cuatro cohortes (Ehrhardt et al.*, 1986); mientras que en 1996 la captura fue sostenida por una sóla cohorte (Hernández-Herrera, 1998)*

Ehrhardt *et al*. (1986) reportaron para el Golfo de California que la población de calamar gigante estuvo compuesta durante 1982 y 1983 por un stock formado de cuatro cohortes, las cuales migraban separadamente, pero coincidían en el tiempo y en las áreas de reclutamiento de acuerdo a las condiciones ambientales, la influencia de estas últimas sobre la pesquería no han sido determinadas. Hernández-Herrera *et al*. (1998) reportan que la captura durante 1996 estuvo sostenida por una cohorte, la cual presentó el siguiente crecimiento en talla (LM) en cm y peso (WM) en gr:

$$LM = 87\ (1 - \exp^{(-0.85(t-0.115))})$$

$$WM = 0.013(1 - \exp^{(-0.85(t-0.115))})^{3.42}$$

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La flota que ha participado en esta pesquería a lo largo del tiempo ha sido muy heterogénea, desde las pangas de fibra de vidrio con motor fuera de borda (eslora de 6 a 8 m), barcos camaroneros y sardineros adaptados para la pesca de calamar (eslora de 20 a 25 m), hasta los barcos calamareros de diseño japonés, con alta tecnología (eslora de 35 a 63 m).

Por las características de comportamiento del calamar su captura es nocturna; el modo de la operación es situarse en el área de pesca, encender luces de atracción y esperar que el recurso (que presenta *fototropismo positivo*) responda a la luz concentrándose en la zona de penumbra bajo la embarcación, desde donde ataca cualquier presa disponible incluyendo los señuelos.

El esfuerzo de pesca está regido por la disponibilidad del recurso en las áreas de captura

El arte de pesca es la potera, que puede ser de varios tipos: las japonesas de 12 cm de longitud con dos coronas de ganchos de acero, de 1.5 o 2.0 cm de longitud y poteras de construcción local elaboradas de diferente material y de 20 a 30 cm de longitud, con anzuelos de rayos de bicicleta o clavos como coronas de ganchos. El número de poteras por línea varía de acuerdo al sistema de pesca, que va desde una potera por línea por pescador o varias poteras por línea en un tambor de recuperación manual, hasta máquinas calamareras automáticas con dos tambores y dos líneas con 8 a 24 poteras por línea (Ehrhardt *et al*., 1982b y De la Rosa *et al*., 1992).

Para el período de 1995-1997, la pesca comercial se desarrolló por tres flotas principalmente, una compuesta por embarcaciones mayores en Sonora, y dos más compuestas por embarcaciones menores en Sonora y Baja California Sur, las cuales se diferencian por su modo de operación.

Ehrhardt *et al*. (1982b) agruparon la flota en seis categorías de embarcaciones y calcularon el poder de pesca, considerando como unidad de esfuerzo la noche de pesca, encontrando diferencias en cada categoría en función del tamaño de las embarcaciones y modo de operación, mostrando que el comportamiento biológico del recurso es determinante en la captura por unidad de esfuerzo. Los criterios empleados para el establecimiento de las categorías son:

- Dimensiones de la embarcación.
- Poder del sistema de iluminación utilizado.
- Artes de pesca.
- Número de tripulantes.
- Modo de operación de pesca.

En 1980, la flota calamarera estuvo representada por 15 barcos calamareros japoneses, 200 camaroneros, 10 huachinangueros y 60 pangas (Ehrhardt *et al.*, 1982b), cubriendo un esfuerzo nominal de 29,750 noches de pesca durante el periodo de enero a septiembre.

▼ *Tendencias históricas*

Las capturas de calamar han presentado cambios significativos a través del tiempo, ya que como se ha descrito, es un recurso oceánico altamente migratorio que se ha presentado por pulsos de varios años en las costas mexicanas, como es el caso del periodo 1979-1981, el de 1988-1992 y el actual iniciado en 1994 (Fig. 2). (Ehrhardt *et al.*, 1986; Secretaría de Pesca, 1981-1994).

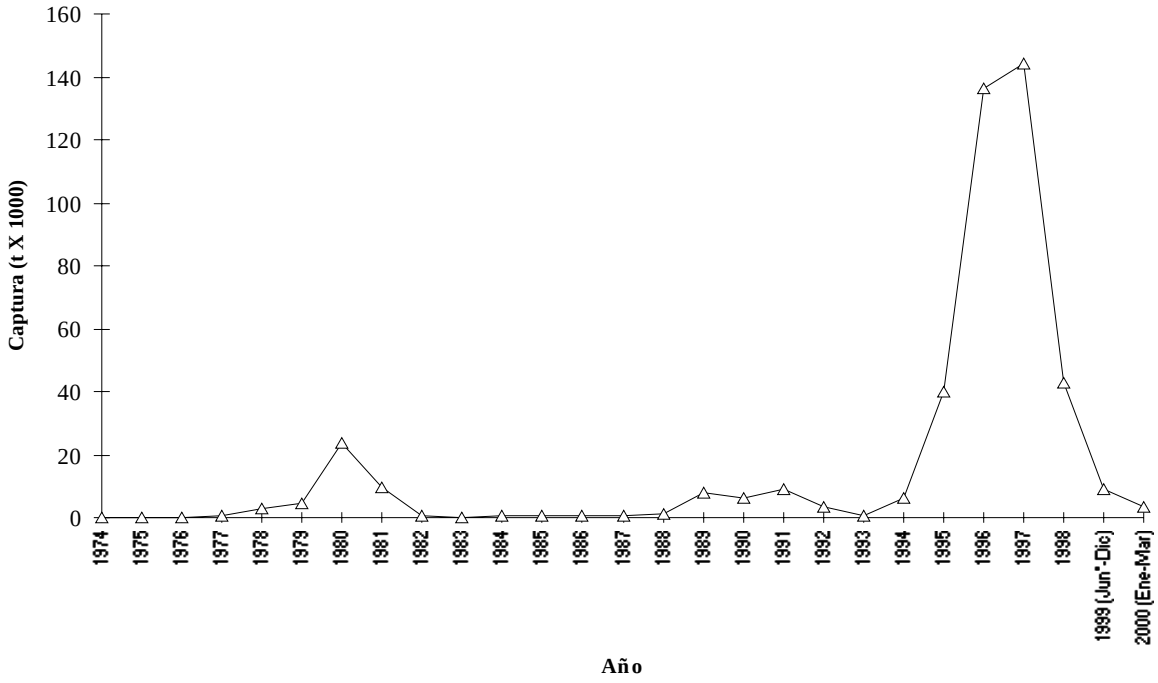


Fig. 2. Tendencia anual de las capturas de calamar gigante, *D. gigas*.

▼ *Pesca incidental*

El calamar gigante no forma parte de la pesca incidental, ocasionalmente y rara vez puede aparecer en redes de cerco de embarcaciones sardineras, sin embargo, la captura es mínima.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Esta es una pesquería muy específica y constituye la única especie de calamar que se captura comercialmente en grandes volúmenes, por tanto, no tiene interacción directa con otras pesquerías. Se ha observado, que hay una preferencia de la flota camaronera del Golfo de California a incorporarse a la pesquería de calamar gigante, cuando la temporada de camarón en el Pacífico Mexicano entra en veda, de tal forma, que la interacción entre estas pesquerías sucede en espacio y tiempo diferentes (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Si se considera el máximo esfuerzo pesquero de pangas y barcos, la pesquería de calamar genera aproximadamente 11,000 empleos directos por mes

▼*Infraestructura pesquera*

Para 1997, la infraestructura instalada en el estado de Sonora es de 24 plantas con una capacidad de recepción de 781 t diarias y capacidad de procesamiento de 351 t de frescongelado y 264 t en presentación *daruma*, además de 3,873 t de almacenamiento. Para el estado de Baja California Sur se cuenta con 9 plantas de recepción.

▼*Indicadores económicos*

En la captura e industrialización participan tanto el sector social como el privado, mientras que la exportación es exclusiva del sector privado, los cuales se localizan a lo largo de la costa de la Península de Baja California y de los estados de Sonora y Sinaloa.

En cuanto a la extracción, considerando el máximo esfuerzo pesquero aplicado tanto por las pangas como los barcos y conociendo que en las primeras participan en promedio dos pescadores y en los segundos ocho, existen aproximadamente 11,000 empleos directos por mes. Las variaciones en este número dependen principalmente de la disponibilidad del recurso calamar y de la accesibilidad del recurso camarón, ya que la pesquería de calamar adquiere relevancia cuando la pesquería de camarón entra en período de veda (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Este recurso no cuenta con medidas de regulación establecidas a través del Diario Oficial de la Federación.

A partir de 1995, año en el que se observó el incremento en la captura de calamar gigante, la industria se incorporó masivamente a esta actividad, por lo que la pesquería necesitó ser ordenada para regular los niveles de esfuerzo permisibles (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

El esquema de manejo actual ha sido la regulación de los permisos de pesca controlando al mismo tiempo el esfuerzo sobre la pesquería, fundamentando las medidas administrativas aplicadas con evaluaciones de biomasa hechas por el Instituto Nacional de la Pesca, a través del análisis de datos de captura y esfuerzo, así como de la información obtenida por cruceros de investigación.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La colaboración regional de los grupos de investigación del INP ha permitido desde 1995 avanzar y actualizar el conocimiento de las variables y parámetros biológicos (Tabla 2) que influyen en el comportamiento de la pesquería.

Tabla 2. Parámetros y variables actuales disponibles para la modelación de la pesquería de *D. gigas.*

Captura y Esfuerzo		Biomasa	Crecimiento			Mortalidad			Longitud Peso		Madurez	Selectividad	
Captura (t)	Esfuerzo	B_{obs}	Loo	k	t_0	M	F	q	a	b		M	H
52,000	830 pangas 63 barcos (1999)	65,000 t (1997)	87 cm	0.8	0.115	0.101/ semana	0.42	6.432 x 10-6	3.08 x 10-5	3.42	28 cm (manto)	51 cm (manto)	42 cm (manto)

▼ *Modelo*

- ***Análisis de la captura por unidad de esfuerzo***

A partir de los avisos de arribo de pesca en el puerto de Guaymas, Sonora se registró información semanal de captura (t) y esfuerzo (noches de pesca), tanto de la flota mayor (barcos camaroneros adaptados a la pesca del calamar gigante) como de la flota menor (pangas con motor fuera de borda). Esta comprendió de la semana del 15 al 21 de octubre de 1995 hasta la semana del 24 al 30 de marzo de 1996.

A través del modelo de extracción propuesto por Rosenberg *et al.* (1990), se analizó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por semana para cada flota. Con esto se estimó la abundancia inicial de la población (N_0), y el coeficiente de capturabilidad (q) por flota. Este modelo considera una función exponencial de decremento que se encuentra asociada con la tasa de mortalidad natural (M), que fue estimada a través del método de Silliman (Ricker, 1975). Este método supone que F1/F2 = f1/f2, considerando a los valores de esfuerzo (f) como las noches de pesca y F = mortalidad por pesca. El modelo de extracción asume a:

$$\sum_{i-0}^{t-1} C_i \exp^{-(t-1)M} \quad \text{.....(1)}$$

como la variable independiente, donde C_i representa la captura, mientras que la variable dependiente corresponde al estimado de capturabilidad (q). De esta forma el modelo de extracción presenta la siguiente expresión:

$$CPUE_t = qN_0 \exp^{-(t+0.5)M} - q\sum_{i-0}^{t-1} C_i \exp^{-(t-1)M} \quad \text{.....(2)}$$

Los estimados de N_0, q y M resultantes de la ecuación, se utilizaron como parámetros de entrada para obtener una reconstrucción de las capturas semanales observadas, con base en un modelo no lineal, que deriva de la ecuación de captura de una cohorte (Rosenberg *et al.*, 1990).

Este modelo expresa la captura al tiempo t como una función que depende del esfuerzo (f) aplicado, y tiene la siguiente forma:

$$C_t = N_0 \exp\left[-(q\sum_{i=0}^{t-1} f_i) + Mt\right] \frac{qf_t}{qf_t + M}\left\{1 - \exp(-(qf_t + M))\right\} \quad \text{.....(3)}$$

Posteriormente, se aplicó un método de optimización a los valores estimados de C_t, considerando como parámetros de ajuste a N_0, q y M, con lo cual se localizó el valor mínimo en la sumatoria de la diferencia entre los cuadrados de los valores de captura estimados y observados (Hilborn y Walters, 1992). El valor optimizado de la capturabilidad fue considerado como el mejor ajuste para la flota mayor. Con el modelo y los parámetros ajustados se estimó la captura de *D. gigas* para las siguientes siete semanas posteriores al análisis, con un periodo desde la semana del 31 marzo al 6 de abril hasta la semana del 12 al 18 de mayo de 1996, obteniendo a la vez una comparación con los registros de captura a través de los avisos de arribo.

Debido a que los modelos anteriores no consideran la interacción entre distintas flotas como se observa en esta pesquería, una nueva estimación de N_0 fue realizada a través de un estimador de máxima verosimilitud (Rosenberg *et al.*, 1990) utilizando simultáneamente la información de la flota mayor y menor.

En este caso se supone que la captura obtenida deriva de una serie de esfuerzo, en el cual no es necesario que se conozca todo el esfuerzo de las flotas participantes, sino solamente para los grupos o flotas representativas, que pueden ser usadas como los indicadores del estado del stock, ya que también se supone que la CPUE es directamente proporcional a la abundancia del stock sobre algún periodo de pesca determinado.

De esta forma la función de máxima verosimilitud para los parámetros desconocidos, se deriva bajo el supuesto de que la captura obtenida por cada flota, está normalmente distribuida con media y varianza:

$$q_j f_{jt} N_t \exp^{-M/2} \quad \text{.....(4)}$$

y

$$\mathrm{var}(C_{jt}) = \sigma_j^2 \quad \text{.....(5)}$$

Respectivamente, la cual es transformada para aproximarla a un valor de variancia constante. El logaritmo de la función de máxima verosimilitud está dado de acuerdo a lo siguiente:

$$\ln(L) = K - \frac{T}{2}\sum_{j=1}^{J}\ln\sigma_j^2 - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{J}\sigma_j^{-2}\sum_{t=1}^{T}\left(C_{jt} - q_j f_{jt} N_t \exp^{-M/2}\right)^2 \quad \text{.....(6)}$$

En esta expresión los parámetros desconocidos a ser estimados son N_0, q_j (j =1,2,...J) y σ_j^2 (j =1,2...J); j indica el número de flotas presentes en la pesquería, así todos los N_t pueden ser expresados en términos de N_0. El valor optimizado de q con el ajuste de la ecuación de captura, se utilizó como un parámetro de entrada para la flota mayor dentro del modelo, mientras que el valor de q para la flota menor se estimó a través de este método (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997).

La utilización de la metodología anterior, asume la explotación de especies de corta vida (anuales), ya que dependen directamente de un valor N_0. Para confirmar la presencia de una sola cohorte durante el periodo de estudio, se realizaron también muestreos biológicos para conocer la estructura de tallas (longitud de manto) de la población. Utilizando la información de la captura comercial se calculó la frecuencia relativa por intervalo de talla y se extrapoló a la captura comercial registrada en cada semana. Posteriormente se realizó un análisis de progresión modal a escala de tiempo quincenal, calculando el número de individuos a través del análisis de población virtual disponible en el paquete para computadora ELEFAN ver. 1.1 (Gayanilo *et al.*, 1989).

- ***Cruceros de Investigación***

Se obtuvieron estimaciones de biomasa durante 1996 a 1999; en cada crucero se realizaron un promedio de 35 estaciones de muestreo. El área de estudio se localiza desde el sur de Isla Tiburón en Sonora hacia la parte de Santa Rosalía en B.C.S., y llega hasta Yavaros en Sonora y la Bahía de la Paz en B.C.S. Para cada operación de pesca se registró la posición inicial y final del barco, el número de calamares capturados, el tiempo de pesca, y el tiempo previo de iluminación al funcionamiento de las poteras manuales, las cuales fueron manejadas por seis pescadores. Cuando la captura lo permitió, 100 calamares fueron medidos, y se seleccionaron 20 a 25 al azar para el muestreo biológico, longitud del manto, peso del manto, peso total, sexo y fase de madurez.

Se estimó la biomasa de calamar por el método del área barrida, que usa captura total en peso (Pierce y Guerra, 1994). Para reducir el error en la estimación, el área del estudio fue dividida en cinco estratos (Fig. 3)

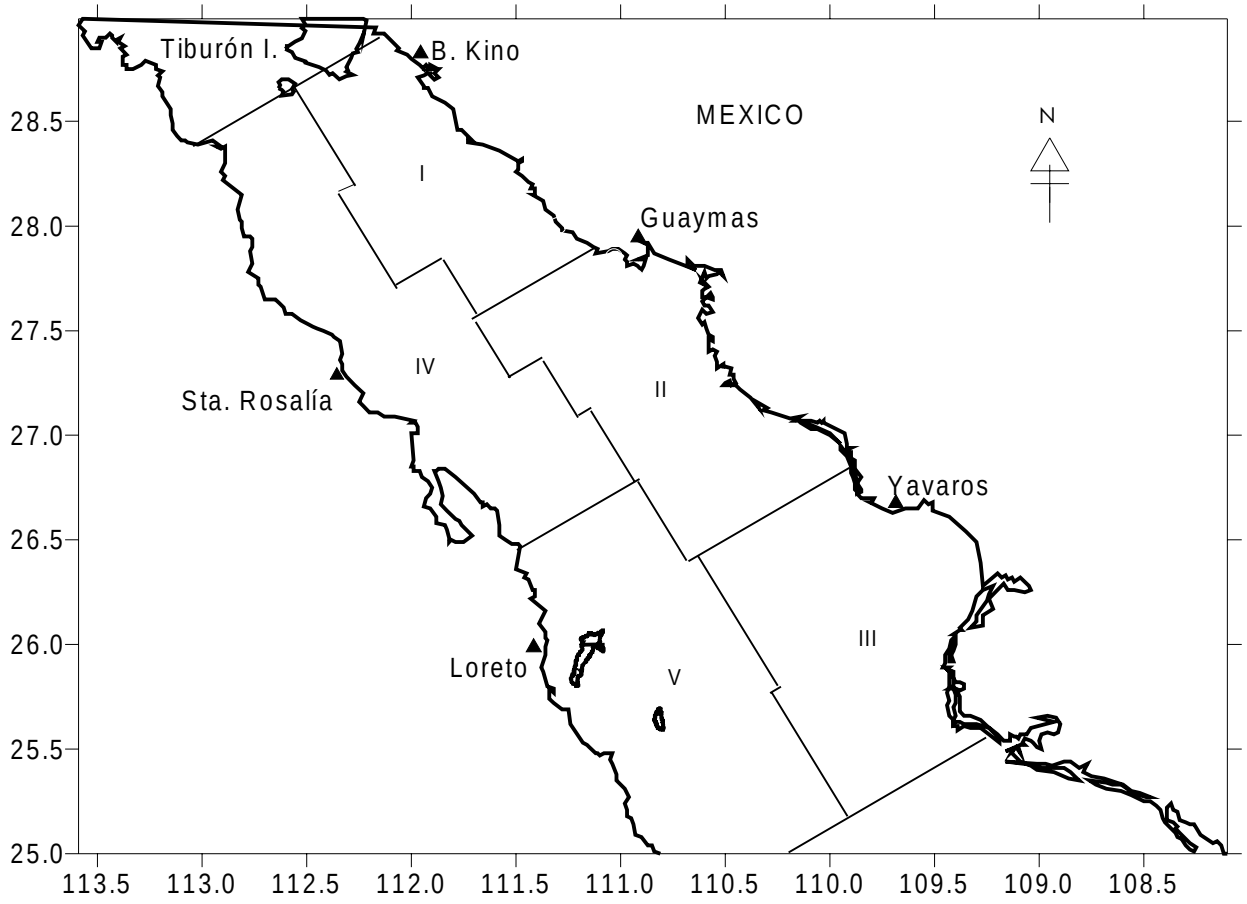


Fig. 3. Distribución de los cinco estratos seleccionados en el Golfo de California.

La estimación de la biomasa se obtuvo de acuerdo a lo siguiente (Pierce y Guerra, 1994; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000):

$$B_T = \sum_{k=1}^{n} \left(Y_k * \frac{A_k}{a_k} \right) \quad \text{.....(7)}$$

con varianza:

$$\hat{V}(B_T) = \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{A_k^2 * n_k * s_k^2}{a_k^2} \right) \quad \text{.....(8)}$$

donde:

B_T = *Biomasa total.*

Y_k = *Captura total en el estrato k-ésimo.*

A_k = *Área total del estrato k-ésimo.*

a_k = *Área barrida en el estrato k-ésimo.*

s_k^2 = *Varianza de la captura del estrato k-ésimo.*

n_k = *Número de operaciones de pesca en el estrato k-ésimo.*

El área barrida en cada estación se definió como la deriva del barco (millas náuticas), multiplicado por la distancia de influencia de las poteras (establecido arbitrariamente como 10 m desde la borda del barco).

- ***Parámetros biológicos***

Se realizó un análisis de distribución de frecuencia de la longitud de longitud de manto que consideró periodos quincenales, utilizando el método de Bhattacharya, disponible en Fisat v.1.0 (Gayanilo *et al.*, 1995).

Posteriormente se estimaron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. También fue obtenida la relación de longitud del manto - peso de manto. Se usaron datos de la muestras biológicas para estimar números totales desembarcados por intervalo de longitud de manto en el desembarco semanal de Guaymas (Sparre y Venema, 1995).

Las fases de madurez fueron determinadas según Lipinski (1995): las Fases I (inmaduro), II (en transición), y VI (fin del desove) se agruparon como no activos para la reproducción, considerando las fases III (madurando), IV (maduros), y V (desovando) como activos para la reproducción (Hernández-Herrera *et al.*, 1996).

- ***Modelación de la Pesquería***

Se realizó un análisis de la población virtual (APV) por periodos quincenales considerado los grupos de edad presentes en la distribución de frecuencia de longitud de manto (Pope, 1972). Se usó un valor de mortalidad de pesca terminal (F) de 0.3, y un valor de mortalidad natural M = 0.202/quincena (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997). La estimación de M fue calculada usando estimaciones de la proporción de mortalidad

de pesca (F) y esfuerzo de pesca (f) para dos periodos diferentes (Silliman citado por Ricker 1975).

Se estimó el tamaño de la población inicial (N_0), usando una modificación del modelo propuesto por Alverson y Carney (1975), para determinar el crecimiento y decaimiento de una cohorte. La expresión es la siguiente:

$$P_t = N_0 \exp^{-M*t} W_\infty (1 - \exp^{-k*t})^\beta \quad \text{.....(9)}$$

donde

P_t = Biomasa de la población al tiempo t
N_0 = Reclutamiento inicial
W_∞ = el peso asintótico
k = la constante de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

La modificación consideró la incorporación de la mortalidad por pesca (F) de acuerdo con lo siguiente:

$$P_t = N_0 \exp^{-[(M+F)*t]} W_\infty (1 - \exp^{-k*t})^\beta \quad \text{.....(10)}$$

En esta expresión, el valor de N_0 fue optimizado, minimizando la diferencia entre la estimación directa de abundancia de la población (biomasa del crucero de investigación), y la abundancia de la población calculada por el modelo a la quincena correspondiente (Hernández-Herrera *et al*., 1998).

• ***Ajuste del modelo poblacional y estimación de la incertidumbre***

Debido a que el calamar gigante en la pesquería no se mantiene después de los dos años de edad, M fue aumentado un 13% cada quincena posterior a la edad de 1 año. Una curva de biomasa que usa un valor de F de 0.9 fue ajustada, y se usó como una referencia para trazar a una familia de curvas para valores de F diferentes, desde F = 1 a F = 1.5, con incrementos de 0.1. Para cada trayectoria de la biomasa, un valor de K se calculó como:

$$K = \exp^{(-F)} \quad \text{.....(11)}$$

(Rosenberg *et al*., 1990).

En esta forma, la estrategia de manejo fue determinar un nivel del escape útil en el control del esfuerzo de pesca. Este control podría llevarse a cabo de dos maneras: a) limitando el número de permisos, y b) limitando el tiempo de la temporada de pesca (Beddington *et al*., 1990, Basson y Beddington, 1993).

Con los valores teóricos de F, y según la expresión:

$$f_{Est} = \frac{F}{q} \quad \text{.....(12)}$$

El esfuerzo (f_{Est}) fue estimado como el número de noches de pesca para la flota usando q = 0.000429 (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997). Para la flota artesanal el esfuerzo fue normalizado (f_{Sta}) usando f_{Est}, y calculando un factor de la corrección (Fc):

$$Fc = \overline{CPUE}_{sr} / \overline{CPUE}_{af} \quad \text{.....(13)}$$

donde :

$\overline{CPUE}_{sr}$ es la captura media por unidad de esfuerzo de la flota camaronera, y

$\overline{CPUE}_{af}$ es la captura media por unidad de esfuerzo para la flota artesanal.

De esta forma se tiene:

$$f_{Sta} = f_{Est} * Fc \quad \text{.....(14)}$$

(Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

▼ *Estado actual de la pesquería de calamar*

En el caso de la pesquería de *D. gigas* como otras pesquerías de pulpos y calamares, el punto de referencia biológico (PRB) lo constituye el escape proporcional constante, el cual indica la proporción de biomasa adulta que debe sobrevivir al final de la temporada de pesca si esta fuera únicamente sometida a la mortalidad natural (Rosenberg *et al.*, 1990; Beddington *et al.*, 1990; Morales-Bojórquez *et al.*, 1997; Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997; Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

Esto con el fin de tener una población adulta que a través de la reproducción, genere una cantidad de organismos jóvenes que teóricamente puedan sustentar la pesquería en la siguiente temporada. Para lograr lo anterior, el escape proporcional constante debe ser al menos el 40% de la biomasa adulta (Rosenberg *et al.*, 1990; Morales-Bojórquez *et al.,* 1997).

Para la temporada 1995-1996, se observó que la explotación del calamar fue sostenida por una cohorte anual, la cual se recluta durante los meses de abril a junio (Hernández-Herrera *et al.*, 1998). Para el mes de mayo de 1996 se observó simultáneamente la presencia de calamares con tallas entre 60 y 80 cm de longitud de manto, y con tallas entre 28 y 45 cm de longitud de manto, es decir, el fin de una cohorte compuesta por organismos “viejos” y la incorporación de una nueva cohorte de organismos “jóvenes” reflejo del éxito del desove.

Durante este periodo de tiempo la incorporación de nuevos organismos y un escape proporcional estimado entre el 55 y 62% (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997), promovió el desarrollo de la pesquería mediante la incorporación de esfuerzo pesquero, obteniéndose para 1996 una captura mayor a las 100,000 t de peso vivo de calamar.

De acuerdo con las estimaciones de biomasa realizadas en mayo y octubre de 1996 y con los niveles de esfuerzo registrados, en marzo de 1997 el escape proporcional alcanzado fue del 44.5% (Tabla 3).

Tabla 3. Situación actual con base en el Punto de Referencia Biológico.

Punto de Referencia	Actual	Optimo
Escape proporcional	44.5%	40%

La biomasa en explotación se ha mantenido por encima del punto de referencia lo que le da a esta pesquería el estatus de *pesquería en desarrollo* pero conlleva el riesgo implícito de su potencial variable tanto por movimientos migratorios como por el tamaño de cada nuevo reclutamiento.

Para mantener los niveles actuales de esfuerzo, es necesario evaluar la intensidad del nuevo reclutamiento, que permita estimar el valor de escape proporcional de la nueva cohorte en la pesquería, lo que no permite un buen pronóstico del potencial a futuro sino a corto y mediano plazo. Sin embargo, las características de este stock, compuesto principalmente por una cohorte son: que es altamente migratorio, con una mortalidad natural alta, gran potencial reproductivo y con grandes variaciones en el reclutamiento definidas posiblemente por variables independientes al esfuerzo de pesca, lo que hacen posible la disminución de las capturas sin llegar al colapso de la población (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

En este caso, se presentan dos formas para la estimación de la abundancia de *D. gigas*, utilizando datos de captura y esfuerzo, estableciendo dos diferencias con el método presentado por Rosenberg *et al.* (1990). En la primera se utilizó el modelo de extracción sucesiva solamente para obtener parámetros iniciales de q, M y N_0, que posteriormente fueron optimizados en la ecuación de captura, utilizando solamente la información de la flota mayor. La estimación se presentó de esta forma porque no se obtuvieron resultados satisfactorios sobre un proceso previo de normalización de ambas flotas, por lo cual se utilizó a la flota mayor como la flota representativa en la pesquería (Rosenberg *et al.*, 1990), de esta forma se empleó la unidad nominal de esfuerzo (noche de pesca) para calcular los parámetros de la flota mayor.

La segunda diferencia se relaciona con la utilización del parámetro q de la flota mayor como un valor fijo dentro del estimador de máxima verosimilitud (Fig. 4), ya que al ser utilizada como la flota de referencia permitió únicamente estimar el valor de q de la flota menor. Se obtuvo así una nueva estimación de N_0 = 80,800 t considerando en este caso el modelo de flotas múltiples (Rosenberg *et al.*, 1990).

Para utilizar a la flota mayor y a su parámetro q como referencia dentro del estimador de máxima verosimilitud, se demostró en principio que con la ecuación de captura se obtuvo una adecuada reconstrucción de las capturas observadas. Se encontró también que durante este periodo la CPUE fue proporcional a la abundancia, ya que por una parte se muestra la tendencia de la CPUE y por otro el comportamiento de la cohorte que se está explotando (Fig. 5).

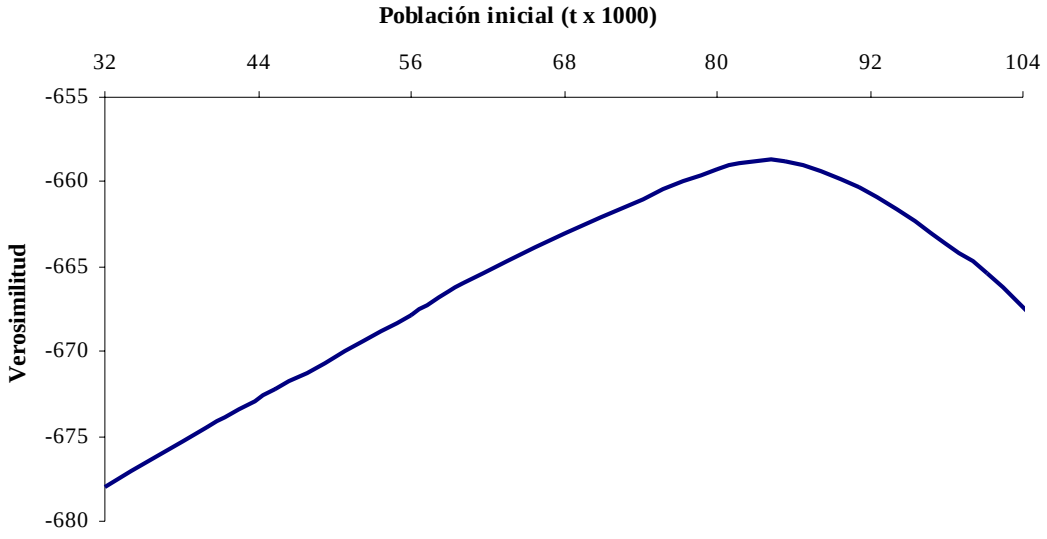


Fig. 4. Tamaño de la población de *D. gigas* con el modelo de flotas múltiples.

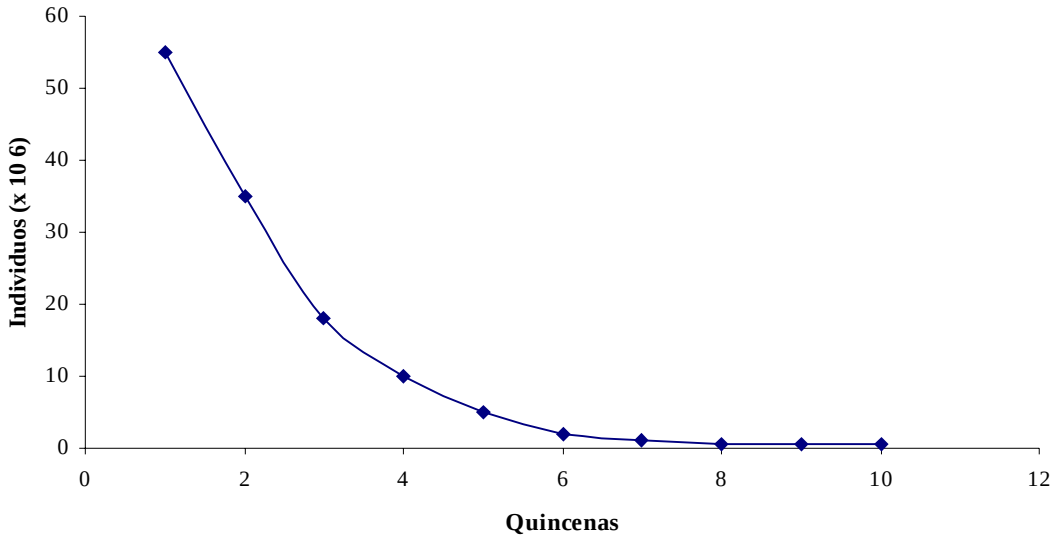


Fig. 5. Tendencia de la cohorte de *D. gigas*

Sin embargo, se observó un incremento continuo del esfuerzo pesquero, lo que provocó la permanencia de la cohorte durante 24 semanas dentro de la pesquería. Esta situación se pudo comprobar al realizar una predicción de la captura para las siete semanas posteriores al análisis de la información, en donde la ecuación de captura estimó valores de 100 t que semanalmente disminuían, mientras que los registros de la captura mostraban la tendencia inversa (Fig. 6). Ello sugiere la presencia de una nueva cohorte dentro de la pesquería (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997), que pudo seguir sustentando la captura hacia las semanas siguientes.

En el ajuste del modelo de la ecuación de captura de Baranov, el modelo depende del tamaño del reclutamiento inicial (No), del coeficiente de capturabilidad y de la mortalidad natural. Dados los datos de captura, se resolvió un algoritmo de diferencias cuadráticas por medio de una aproximación no lineal de búsqueda directa (método de Newton), entre los datos observados y estimados de captura. El modelo resultó exitoso hasta la semana 20, sin embargo, a partir de la semana 21 el modelo muestra una tendencia a disminuir la captura, mientras que los registros de la pesquería muestran el patrón opuesto. Esta condición del modelo es explicada por el agotamiento de la cohorte dominante en la pesquería, que es la que mantiene las capturas. Después de la semana 21 se observa un nuevo reclutamiento a la pesquería, lo cual explica la recuperación de los registros de captura (Morales-Bojórquez *et al.,* 1997). Este reclutamiento fue también reportado por Hernández-Herrera *et al.* (1998), que observaron este suceso en mayo, lo cual coincide con la temporalidad observada en la *figura 6.*

Esta situación hace necesario el establecimiento de mecanismos apropiados para el acceso a la pesca, ya que altos incrementos en la cantidad del esfuerzo aplicado pueden provocar problemas relacionados con el reclutamiento, debido al desconocimiento de la abundancia de la población. De esta forma se puede planear la estrategia de explotación, ya que también debe tomarse en cuenta que esta es una pesquería inestable, debido a su patrón de migración asociado a una alta mortalidad natural (Ehrhardt *et al.*, 1986), condiciones bajo las cuales se puede realizar una sobrepesca de crecimiento o de reclutamiento.

Este esquema de análisis de información tiene ventajas en el manejo del recurso calamar, ya que el continuo seguimiento a escala semanal, permite tener un control sobre la mortalidad por pesca y sobre la tendencia de la biomasa de la cohorte presente. De tal forma será posible detectar la incorporación de nuevos reclutamientos que se asocien con el mantenimiento, disminución o aumento del esfuerzo pesquero y así podrá seguir siendo una pesquería con potencial dentro del Golfo de California.

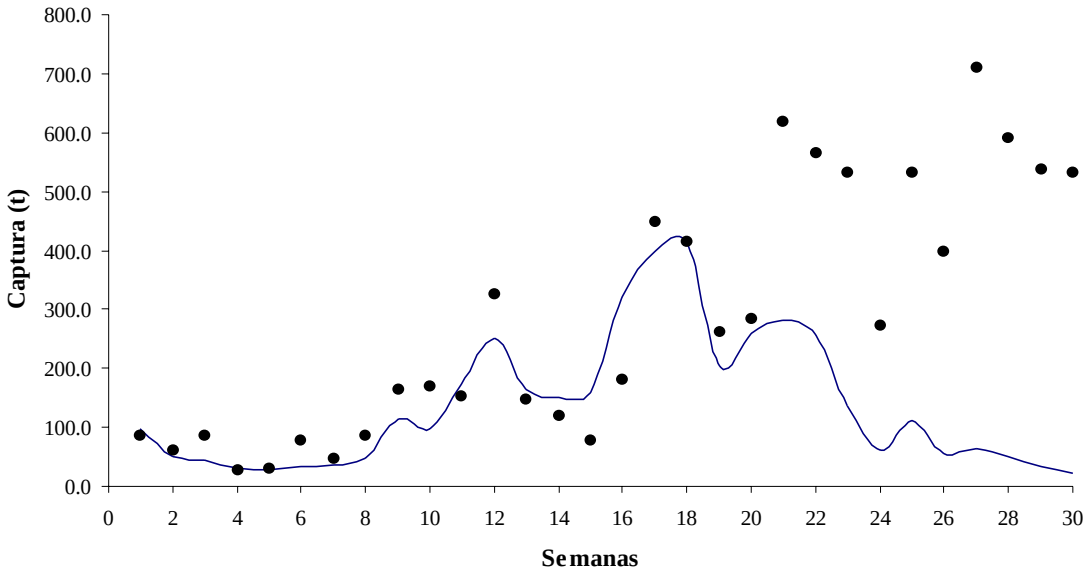


Fig. 6. Reconstrucción y pronóstico de las capturas de *D. gigas* .

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

De acuerdo al estatus anteriormente descrito y con el fin de mantener el objetivo de manejo (escape proporcional), en la *figura 7* se presenta la estimación de biomasa para el año de 1997, así como la simulación del comportamiento de la población variando los niveles de esfuerzo.

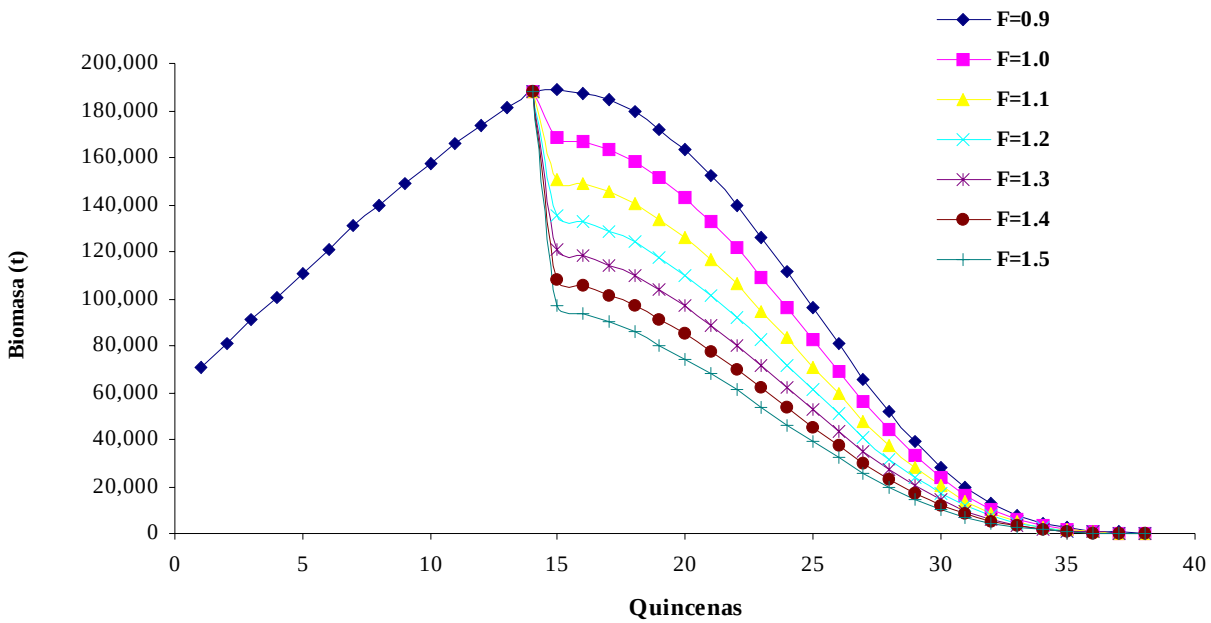


Fig. 7. Diferentes estrategias de explotación de *Dosidiscus gigas* considerando distintos niveles de moratlidad por pesca.

Las acciones de manejo aplicadas a este recurso se plantean como objetivos a corto plazo. Como ya se señaló, esta pesquería es inestable por lo que la proyección es a su vez para períodos cortos de tiempo (menores a un año), debido a que las fluctuaciones en la biomasa y las capturas dependen totalmente del reclutamiento inicial y de la disponibilidad del recurso. Por otra parte, el reclutamiento observado tiene la característica de incorporar individuos maduros (Fig. 8), por lo cual, la utilización de tallas mínimas en la pesquería es una medida de control inútil. Hernández-Herrera *et al.* (1996) mostraron que individuos desde 27 cm de LM ya han presentado desove, y por otra parte, la captura comercial desembarca individuos con tallas superiores a los 32 cm de LM en la zona de Guaymas, Sonora.

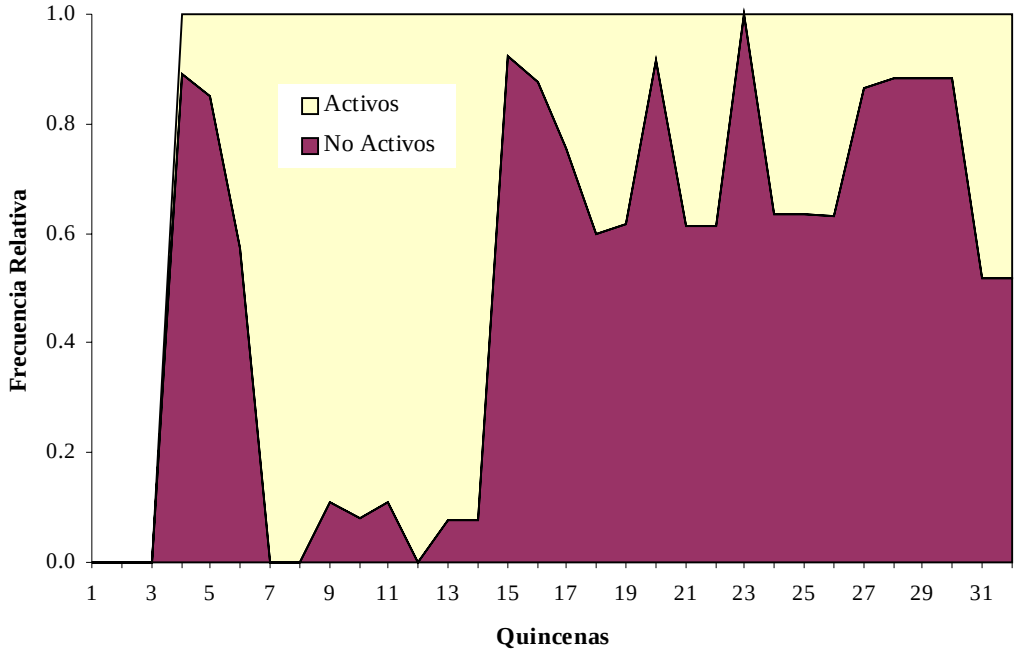


Fig. 8. Variación temporal de la madurez de *Dosidiscus gigas*

Las proyecciones de biomasa de calamar asumen un patrón de reclutamiento variable debido a que como en la mayoría de las pesquerías de cefalópodos el reclutamiento es imprevisible. Este es el principal riesgo en la toma de decisiones acerca de manejo en esta pesquería, ya que como se observa, cualquier cambio temporal o en la intensidad del reclutamiento llevan implícita la duración de la temporada de pesca en la cual se puede alcanzar el PRB objetivo.

Por otra parte, los patrones de comportamiento de la flota mayor han mostrado una tendencia a incorporarse masivamente a la pesca del calamar momentos antes de la veda del recurso camarón del Pacífico mexicano, por lo que la explotación de *D. gigas* concentra su mayor esfuerzo aproximadamente entre febrero y julio, considerándose principalmente una pesquería alternativa. En este sentido, las decisiones encaminadas al manejo del recurso tienen sus implicaciones más fuertes dentro de este periodo. Otros aspectos importantes relacionados directamente con la explotación de *D. gigas* se refieren a la insuficiente capacidad instalada de descarga e industrialización del producto, así como al suministro de insumos para la misma, tales como elaboración de hielo (importante en la conservación del producto), lo cual también limita la operación masiva de las embarcaciones con licencia en la actividad. Debido a ello, es posible pueda iniciarse un proceso de sobrecapitalización de la pesca del calamar gigante, riesgo demasiado alto para una pesquería con importantes fluctuaciones en disponibilidad (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

Campos de colaboración

Actualmente se están realizando reuniones bimensuales de los diferentes sectores involucrados en la pesquería del calamar en Guaymas, Sonora, donde participan los miembros de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (CANAINPES) Sección Calamar, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.-Unidad Guaymas; Subdelegados de Pesca, Jefes de Oficina de Pesca, Directores de los Centros Regionales de Investigación Pesquera, investigadores de los mismos y otros sectores interesados en esta pesquería. Estas reuniones tienen como objetivo mostrar los avances en las diferentes líneas de investigación de *D. gigas*, y al mismo tiempo constituyen un foro abierto para discutir problemas y soluciones referentes al estado de salud del recurso a tiempo real.

También se han establecido convenios de cooperación con diferentes instituciones de investigación (CIBNOR, S. C.-Unidad Guaymas, UNAM y CICESE) en los cuales se pretende abordar de manera conjunta o complementaria aspectos que permitan conocer mejor la biología básica del recurso, así como la dinámica de su población dentro del Golfo de California.

Todo este esfuerzo se desarrolla con el fin de predecir con certeza el volumen de las capturas de *D. gigas*, sin embargo, como ya se mencionó, este recurso presenta altas fluctuaciones a corto plazo en sus niveles de abundancia ocasionados posiblemente por cambios en el reclutamiento, o movimientos migratorios influenciados por la variabilidad ambiental, lo cual aumenta el riesgo y la incertidumbre en el manejo del mismo.

REFERENCIAS

Alverson, D.L. & M.J. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J. Cons. int. Explor. Mer. 36(2): 133-143.

Basson, M. & J.R. Beddington. 1993. Risk and uncertainties in the management of a single cohort squid fishery: the Falkland Islands Illex fishery as an example. *En:* Smith, S. J., J. J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 253-259.

Beddington, J.R., A.A. Rosenberg, J.A. Crombie & G.P. Kirkwood. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Island waters. Fish. Res. 8:351-365.

De la Rosa, M., J. T. Silva, V. M. García-Tirado & S. García-Peña. 1992. El calamar una pesquería en desarrollo. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Ehrhardt, N. M., P. S. Jacquemin, A. Solís-Nava, F. García-Badillo, G. González-Dávila, J. Ortíz-Cobos & P. Ulloa-Ramírez. 1982a. Crecimiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera 3: 33-39.

Ehrhardt, N. M., P. S. Jacquemin, G. González-Dávila, P. Ulloa-Ramírez, F. García-Badillo, J. Ortiz-Cobos & A. Solís-Nava. 1982b. Descripción de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, flota y poder de pesca. Ciencia Pesquera 3: 41-60.

Ehrhardt, N. M., A. Solís-Nava, P. S. Jacquemin, J. Ortiz-Cobos, P. Ulloa-Ramírez, G. González-Dávila & F. García-Badillo. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera 5: 63-76.

Gayanilo Jr., F.C., M. Soriano & D. Pauly. 1989. A draft guide to the compleat ELEFAN. ICLARM software 2,70. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines.

Gayanilo Jr., F. C., P. Sparre & D. Pauly. 1995. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) User's guide. FAO Computerized Information Series (8).

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojórquez, M.A. Cisneros-Mata, M. O. Nevárez-Martínez & G.I. Rivera-Parra. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 39: 212-218.

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojorquez, M. O. Nevárez-Martínez, A. Balmori & G. I. Rivera. 1996. Distribución de tallas y aspectos reproductivos del calamar gigante (*Dosidicus gigas*, D´Orbigny, 1835) en el Golfo de California, México. Ciencia Pesquera 12:85-89.

Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Lipinski, M. 1995. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum?. S. Afr. J. Mar. Sci. 15: 207-223.

Morales-Bojórquez, E., A. Hernández, M. O. Nevárez, J. Díaz de León, G. I. Rivera & A. Ramos. 1997. Abundancia poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en las costas de Sonora, México. Oceánides 12(2):90-96.

Nevárez-Martínez, M., A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M.A. Cisneros-Mata & R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fish. Res. (en prensa).

Nevárez-Martínez, M. O. & E. Morales-Bojórquez. 1997. El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico $F_{\%BR}$, para la explotación del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, del Golfo de California. Oceánides. 12(2):97-105.

Nesis, K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology. 10: 108-118.

Pierce, G.J. & A. Guerra. 1994. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. Fish. Res. 21:255-285.

Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull. 9: 65-74.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191:1-382.

Rosenberg, A. A., G. P. Kirkwood, J. A. Crombie & J. R. Beddington. 1990. The assessment of stocks of annual squid species. Fish. Res. 8: 335-350.

Secretaria de Pesca. 1981-1994. Anuarios Estadísticos de Pesca. SEPESCA, México.

SEMARNAP. 1997. Indicadores de la Producción Pesquera. SEMARNAP, Subsecretaría de Pesca, Dirección de Estadística y Registro Pesqueros. México.

Sparre, P. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca. 306 (1): 1-440.

Suda, A. 1973. Development of fisheries for non convencional species. J. Fish. Res. Bd. Can. 30: 2121-2158.

negro
amarillo
chino
abulón
abulón
azul
rayado
azul
aplanado
negro
amarillo
amarillo
amarillo
chino
azul
abulón
rojo
rojo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ABULÓN

ESPECIE: Abulón azul *(Haliotis fulgens)* y abulón amarillo *(H. corrugata).*

- Pesquería con más de un siglo de antigüedad.
- Esta pesquería ha fomentado el desarrollo de diversas comunidades costeras en la península de Baja California.
- Organismos longevos (20 años) y lento crecimiento.
- Poblaciones susceptibles a cambios climáticos y a la sobrexplotación.
- El valor de la producción disminuyó de 55 millones de USD en 1991 a 17.029 millones de USD en 2000.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura 2000: 197.853 t, 13% menos respecto a 1999 y 3.3% del máximo histórico 1950.

EFECTOS ENOS 97-98

- Decrece el reclutamiento y el crecimiento, mayor mortalidad natural y pérdida de peso individual.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa con anomalías térmicas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro, con tendencias a la recuperación.

MEDIDAS DE MANEJO

- Talla mínima, vedas espaciales y temporales, reducción de cuotas de captura por cooperativa y por especie (NOM-005-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

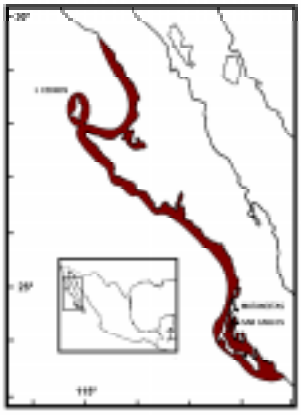
- Llevar la biomasa al valor donde se maximize la producción excedente.

ABULÓN

Haliotis fulgens
H. corrugata

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La pesquería de abulón constituye una de las actividades más importantes que se desarrollan en la costa occidental de la península de Baja California, desde la frontera con Estados Unidos hasta Isla Margarita en Baja California Sur, México. Su gran demanda a nivel internacional hace que sea un producto de alto valor comercial, fincándose en él, la actividad tanto económica como social de las comunidades pesqueras establecidas en esa región.

Hasta 1996 ocupaba el cuarto lugar en generación de divisas; actualmente se encuentra entre las veinte principales pesquerías con un valor de producción de 74 millones de dólares (SEMARNAP, 1998).

El abulón azul y el abulón amarillo, constituyen alrededor del 98 % de la captura total de abulón en Baja California

Las especies de abulones distribuidas en aguas mexicanas quedan comprendidas en el grupo de haliótidos de Norteamérica, conformado por ocho especies, de las cuales siete existen en la costa oeste de la Península de Baja California: *Haliotis fulgens* (abulón azul), *H. corrugata* (amarillo), *H. cracherodii* (negro), *H. rufescens* (rojo), *H. sorenseni* (chino), *H. assimilis*, (rayado) y *H. walallensis* (aplanado). Losabulones amarillo y azul contribuyen aproximadamente con el 98% de la captura total (Tabla 1).

Esta pesquería tuvo sus inicios en México desde el año 1860 con la incursión de personas de origen chino, quienes tuvieron como base de operaciones San Diego (California), posteriormente, en su lugar ingresaron buceadores japoneses conocidos como “buzos de los barriles de sake”. Estos pescadores, desde mediados de los años veinte y hasta poco antes de la Segunda Guerra Mundial, utilizaron el buceo con escafandras (sistema de *Escaphandro Denayrouze*), lo cual les permitió desplazarse de zonas someras a profundidades mayores. Ellos controlaban tanto la captura, como la industrialización y su comercialización (Cox, 1962).

Antes de que los pescadores mexicanos ingresaran a la pesquería del abulón, ésta era realizada por chinos y japoneses. A mediados de 1940 (80 años después del inicio de la pesquería en California), los pescadores mexicanos empezaron a integrarse en organizaciones cooperativistas

Aunque hay registros esporádicos desde 1922, no es sino a partir de 1940 que los pescadores mexicanos ingresaron a esta actividad, formando pequeñas villas, que actualmente constituyen los poblados pesqueros de la región. A mediados de ese año se empezaron a constituir las primeras cooperativas (Ortíz-Quintanilla y León-Carballo, 1992).

Tabla 1. Porcentaje de especies en la captura anual de abulón para las tres zonas administrativas de la península de Baja California (Vélez y Muciño, 1998).

Año	Zonas de Pesca									
	I						II		III	
	amarillo	azul	negro	rojo	chino	rayado	amarillo	azul	amarillo	azul
1990	6.1	93.9					3.7	96.3	6.8	93.2
1991	4.3	95.7					4.5	95.5	9.9	90.1
1992	5.0	84.6	0.4		10.0		16.6	83.4	11.4	88.6
1993	3.5	89.8	1.5	3.6	1.4	0.3	22.4	77.6	12.9	87.1
1994	1.0	87.6	1.8	6.1	3.1	0.4	22.8	77.2	33.9	66.1
1995	9.4	87.7	0.7	1.1	1.0	0.0	27.0	73.0	43.2	56.8
1996	11.6	86.9	0.4	1.1	0.1	0.0	22.2	77.8	40.5	59.5
1997	12.8	86.9	0.0	0.3	0.0	0.0	22.7	77.3	30.6	69.4
1998	17.5	82.4	0.1	0.0	0.0	0.0	16.2	83.8	32.8	67.2
1999	22.0	77.7	0.3	0.0	0.0	0.0	17.5	82.5	40.7	59.3
2000	17.1	82.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	80.8	35.6	64.4

Entre 1950 y 1960 las capturas se incrementaron y se organizó la industria pesquera, orientada hacia la sardina, atún, langosta roja y abulón. En 1950, el Sr. Ruffo Sandoval, estableció la empacadora Baja California en Ensenada, B.C. Para 1958 la Cooperativa California de San Ignacio se instaló en Bahía Asunción, B.C.S. (Ortíz y León, 1988).

Actualmente la explotación del abulón se rige en un esquema de permisos y concesiones. Dentro de esta actividad se tienen registradas 22 sociedades cooperativas

Las cuotas empezaron a disminuir a partir de 1996 como una medida para incrementar la biomasa en general y esto pudiera continuar de acuerdo al esquema de manejo implementado actualmente bajo un enfoque precautorio.

Existen un total de 22 sociedades cooperativas dedicadas al aprovechamiento del abulón en una porción de la costa. Éstas están concesionadas en algunos casos y permisionadas en otros y agrupan a 705 socios que operan en total 235 equipos abuloneros. Las áreas de pesca se encuentran en cuatro zonas administrativas a lo largo de Baja California (Fig.1).

BIOLOGÍA

Los haliótidos habitan en zonas costeras rocosas, asociadas principalmente a mantos de algas y pastos marinos, así como a poblaciones de erizos y otros individuos bentónicos; así se establecen relaciones tróficas de protección y competencia por sustrato y alimento. Son de hábitos nocturnos y tienen fototropismo negativo, tienen sexos separados (dioicos) y su fertilización es externa.

Tanto el abulón azul como el amarillo, se distribuyen y explotan desde Islas Coronado, B.C. hasta la punta sur de Isla Margarita, B.C.S., pero las mayores concentraciones se encuentran desde Isla de Cedros hasta Punta Abreojos.

Vega *et al.* (1994) han hecho una revisión espacial reciente de la distribución batimétrica de las especies de abulón.

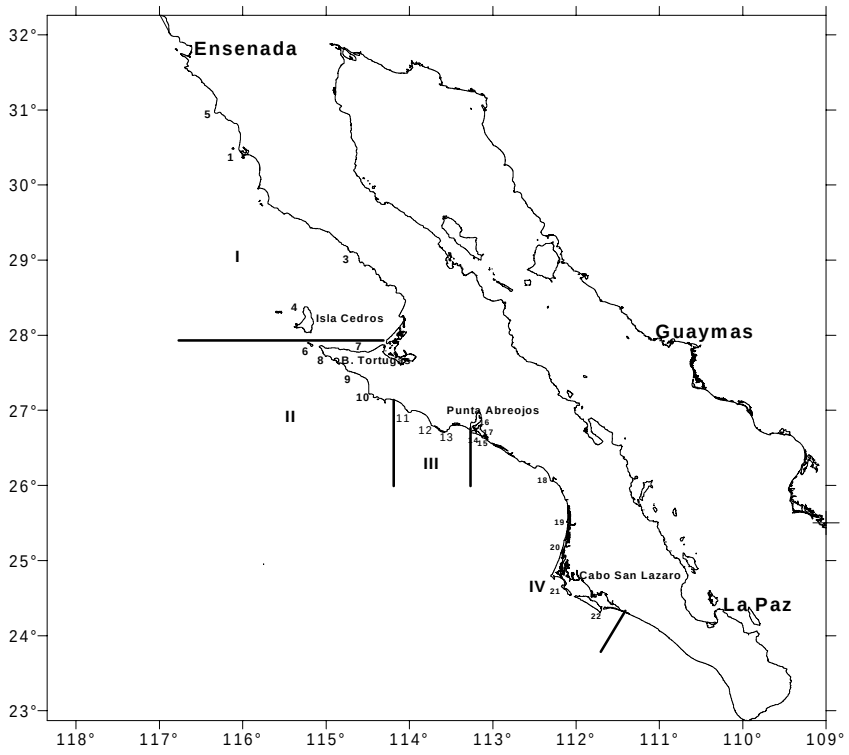


Fig. 1. Zonas geográficas reglamentadas para la captura de abulón y ubicación de las cooperativas pesqueras en la península de Baja California, México.

La distribución batimétrica del abulón azul es desde el piso mediolitoral hasta los 24 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 1.5 y 9 m. El abulón amarillo se localiza desde los 7 hasta los 44 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 8 y los 28 m. En algunas localidades estas especies han sido afectadas en su abundancia por el síndrome del deterioro y deshidratación (Turrubiates, 1996).

La mayor abundancia de las especies más representativas de abulón, con respecto a la profundidad es:

Azul: 1.5 a 9.0 m
Amarillo: 8.0 a 28 .0 m
Rojo: 6.0 a 18.0 m
Negro: 0.9 a 4.0 m
Chino: 24.0 a 29.0 m

El abulón negro se presenta desde Coos Bay, Oregon, hasta Punta Prieta, B.C.S. Se distribuye verticalmente desde el piso mediolitoral hasta los 8 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 0.9 y los 4 m. Los stocks son poco abundantes a causa de enfermedades naturales como el síndrome de deterioro y deshidratación (Vega *et al*., 1994; Turrubiates, 1996).

El abulón rojo se distribuye desde Islas Coronados, B.C. hasta Punta Blanca, B.C. con mayor abundancia en la región aledaña a bahía El Rosario. Esta especie se encuentra desde el piso mediolitoral hasta cerca de los 100 m de profundidad. Su mayor abundancia se reporta entre los 6 y los 18 m.

El ámbito geográfico del abulón chino, comprende desde Punta Concepción hasta Punta San Hipólito, B.C.S. (Vega *et al.,* 1990). Es más abundante en las islas y bajos adyacentes a la costa. Verticalmente se localiza desde los 10 m hasta cerca de los 50 m. Su mayor abundancia se localiza entre los 24 y 29 m de profundidad. Los stocks de esta especie también presentan el síndrome del deterioro y deshidratación (Valles, 1993).

Además de las anteriores, existen otras especies de abulón que son capturadas de vez en cuando. Una de éstas es el abulón rayado que se distribuye desde Punta Concepción, Baja California hasta bahía Tortugas,

B.C.S. Su distribución vertical va desde los 3 m a los 36 m y su mayor abundancia se encuentra entre los 21 y 30 m. Otra especie es el abulón aplanado, para el cual Cox (1962) reporta su distribución desde Columbia Británica, Canadá, hasta La Jolla, California, aunque Owen *et al.* (1971), indican como límite sur de su distribución a Punta Santo Tomás, B.C., México.

La época de reproducción varía entre las especies dentro de una misma zona (Andrade, 1971; Vega *et al.*, 1993) y también latitudinalmente (Guzmán del Proó *et al.*, 1980; Ortíz *et al.*, 1990).

Comúnmente las especies maduran sexualmente y desovan una vez por año, aunque pueden presentar dos periodos o incluso desovar a lo largo de todo el año como *H. rufescens* (Mottet, 1978); por lo general, el período de máxima madurez y desove ocurre hacia fines del verano y con mayor énfasis entre otoño e invierno (Muciño-Díaz, 1996; Ortíz-Quintanilla y León-Carballo, 1996).

En la mayoría de los casos, el desove se presenta una vez al año, por lo general con mayor intensidad entre otoño e invierno

Durante el desove, los gametos son expulsados para que la fertilización se realice en la columna de agua, donde ocurren diversos cambios morfológicos.

Las larvas véliger después de tres o cuatro días realizan la metamorfosis y entran a la etapa de vida bentónica (Ogawa *et al.*, 1992). La fase de postlarva se mantiene hasta la formación del primer poro respiratorio, lo cual ocurre de uno a tres meses de edad. A partir de este estadio y hasta que alcanza la madurez sexual, el abulón es considerado como juvenil (Leighton, 1974).

La talla mínima a la que se han encontrado individuos maduros varía también con la especie y con la zona de pesca. Lelevier *et al.* (1989) reportan tallas mínimas de madurez, con base en análisis de monitoreos biológicos entre 1980 y 1989. Por su parte, Vega *et al.* (1994) presentan un resumen de la talla de madurez sexual al 50% (Tabla 2).

La composición por especies en la captura en los últimos años ha variado para cada zona:

Zona I: las especies representadas en las capturas son el abulón azul, amarillo, negro, chino, rayado y rojo. En la temporada 1993 el porcentaje máximo fue de 87.2% de abulón azul y el mínimo fue de 0.2% de abulón rayado, disminuye paulatinamente en las siguientes temporadas. En 1996 se tenía un porcentaje máximo de 90.4% en abulón azul, mientras que para el abulón rayado no hay registros. Las demás especies de abulón, como el chino, el rojo y el negro, aportan sólo el 1.5% de la producción. Para 1997 la composición ha seguido el mismo patrón.

Zona II: la composición de especies en la captura está sustentada en el abulón azul y amarillo. En algunas cooperativas de la parte norte se captura un porcentaje muy bajo de abulón chino, pero no existen registros, ya que éste era reportado como abulón amarillo. En la temporada 1990, la composición de abulón azul y amarillo fue de 96.3% y 3.7%, respectivamente, y para el año de 1998 fue de 83.8% y 16.2%

Zona III: las capturas también se basan en el abulón azul y amarillo. En 1990 la composición para ambas especies fue de 93.2% y 6.8%, respectivamente. Se ha observado una disminución paulatina en el abulón azul, de tal forma que para 1998, los porcentajes fueron aproximadamente del 67.2% y 32.8%. En esta zona se presenta una aparente alternancia entre las especies que integran las capturas, aunque en realidad se debe a la disminución de una de ellas.

Zona IV: la especie de abulón azul, es la única que se registra en las capturas comerciales, con el 100.0%, no obstante que existen poblaciones de abulón amarillo en las áreas de influencia de las cooperativas.

Tabla 2. Talla de madurez al 50% (mm) por especies de abulón y zonas en la península de Baja California, México (Tomado de Lelevier *et al.*, 1989 y Vega *et al.*, 1994).

ESPECIE	ZONAS DE PESCA				FUENTE
	I	II	III	IV	
Rojo	150	-	-	-	Ortíz y González (1986)
	169	-	-	-	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	170	-	-	-	Molina (1986)
Chino	-	-	133	-	Vega *et al*. (1994)
Negro	124	126	-	-	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	-	-	120	-	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	-	-	119	-	
Azul	148	148	147	122	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	145	152	125	117	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	-	145	-	-	Vega y Michel (1992)
	-	-	-	127	León y Ceseña (1988)
	-	-	-	116	Luna, (1993)
	-	-	129	101	Astudillo,(1993)
	-	105	-	-	Shepherd *et al.*(1991)
Amarillo	130	135	132	110	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	129	138	132	120	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	-	121	-	-	Vega *et al*. (1994)

- No existen reportes

La longevidad ha sido estimada indirectamente de 20 años para *H. fulgens* y *H. corrugata* (Guzmán del Proó *et al.*, 1976; Doi *et al.,* 1977). Mediante la lectura de anillos de la espiral de la concha, Muñoz (1976) determinó para *H. corrugata* una edad máxima de 21 años a una talla de 179.5 mm. Turrubiates y Castro (1992) determinaron para *H. fulgens* una edad de 25 años a una longitud de 175.0 mm.

Molina (1986) y Ortiz y González (1986) han hecho estimaciones de fecundidad en los haliótidos de Baja California, pero básicamente se han efectuado en las áreas norteñas (Zona I), por lo que es necesario ampliar estas estimaciones para las zonas II, III y IV.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La extracción del abulón se realiza mediante buceo, en jornadas diurnas de trabajo denominadas localmente "mareas" con una duración de tres a cinco horas continuas.

En dicha actividad, intervienen tres personas: el buzo, el cabo de vida y el bombero. El primero busca y captura el abulón; el cabo de vida, quien apoya al buzo en el

El abulón se extrae mediante buceo semiautónomo y con un "arrancador" que tiene señaladas las tallas mínimas de captura autorizadas para cada especie

descenso y ascenso, recibe el producto y mantiene la comunicación con el buzo mediante una línea de mano. El bombero se encarga del manejo de la embarcación, de activar el compresor y de seguir los desplazamientos del buzo.

El equipo empleado consiste en una lancha o panga de madera o fibra de vidrio de 18 a 22 pies de eslora y motor fuera de borda de 45 CF o más, provista de un equipo de buceo semiautónomo tipo *hooka*. Éste está compuesto por un compresor, tanque de reserva de aire de aluminio o acero inoxidable, manguera de alta presión flotante en tramos de 50 pies y traje completo de buceo de neopreno; además de visor, regulador de aire o boquilla, plomos, guantes de lona y una línea de seguridad o "cabo de vida".

El arte de pesca utilizado para la extracción se conoce como "arrancador", el cual consiste en un instrumento metálico similar a una espátula de 1.5 a 3 cm de ancho por 18.5 a 20 cm de largo, con mango de madera, el cual se sujeta a la muñeca del buzo.

El arrancador lleva líneas marcadas en su parte metálica que indican las tallas mínimas de captura por especie. El abulón capturado es colocado dentro de una bolsa de malla tejida conocida como "jaba" (León y Ortíz, 1992).

▼*Tendencias históricas*

El registro más antiguo de la pesquería de abulón en Baja California se remonta al año de 1929, con una producción de 180 toneladas (Guzmán del Proó, 1989); sin embargo, los registros más precisos son a partir de los años cuarenta. En la *figura 2* se presenta la captura global de abulón obtenida en la península de Baja California durante el período de 1940 -1998.

El registro formal de la extracción de abulón inició en 1941. El máximo valor de producción durante dicho período fue de casi 6,000 toneladas registradas en 1950

Los registros de producción han sido actualizados con base en la revisión de libros y archivos de las sociedades cooperativas, de 1981 a 1990. El INP considera que ésta es la serie de capturas que mejor representan el aprovechamiento de esta pesquería.

Entre 1940 y 1946, los volúmenes de producción se mantuvieron alrededor de las mil toneladas, lo que es atribuible a los efectos negativos que tuvo la Segunda Guerra Mundial sobre el mercado, así como el escaso número de equipos de buceo (tipo escafandra) y al confinamiento de las capturas en contadas zonas de la costa.

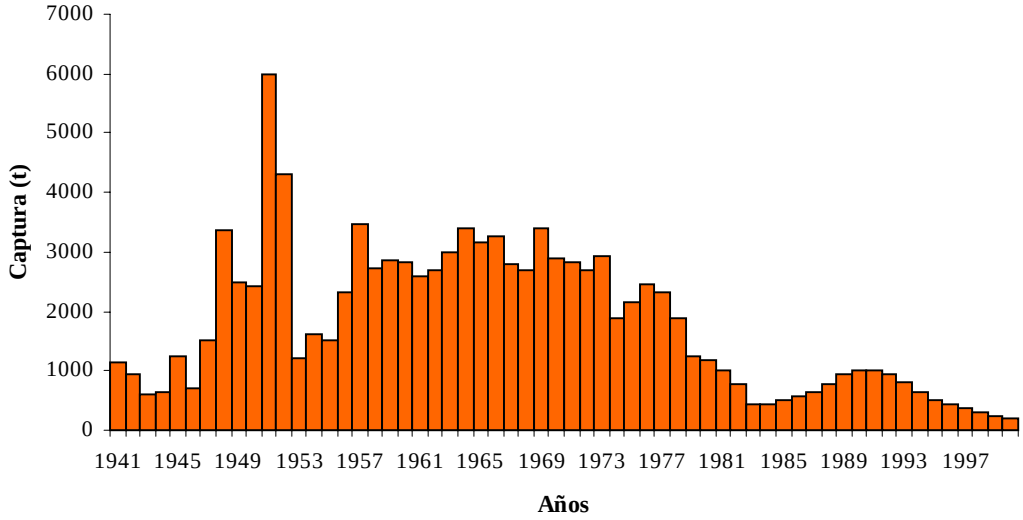


Fig. 2. Tendencia histórica de la captura total de abulón en la península de Baja California México. Fuente: Información de los libros y archivos de las cooperativas abuloneras.

De 1947 en adelante, las capturas presentaron incrementos hasta llegar a 1950 cuando se obtuvieron 5,993 t, que es el registro más alto en la historia de esta pesquería. En años subsecuentes, los volúmenes extraídos declinaron abruptamente.

En 1946 y 1947 se decretaron por parte del Gobierno Federal de México las primeras medidas sobre buceo de abulón (León y Muciño, 1995).

Entre 1956 y 1976 la captura se mantuvo alrededor de las 3,000 t con fluctuaciones máximas y mínimas entre 3,461 y 1,894 t. En este periodo cabe destacar dos aspectos importantes:

1. Se presenta la formación de nuevas cooperativas pesqueras; así como la incorporación de nuevas áreas de captura.

2. Se decretan de manera oficial medidas para la reglamentación de su captura. En 1956 se implantó una veda de dos meses comprendida del 16 de enero al 15 de marzo, así como tallas mínimas de captura por especie. Además se hizo obligatorio el transportar vivo al abulón a la planta procesadora.

En el año de 1972 la veda se cambió a los meses de julio y agosto (León y Muciño, 1995).

A pesar de que desde 1981 la pesquería de abulón se regulaba dentro de un esquema de vedas y tallas mínimas, sus poblaciones no tuvieron una recuperación total, debido a que no fueron suficientes las medidas de manejo aplicadas

En el periodo de 1977 a 1984 la pesquería se caracterizó por una notoria disminución en sus capturas hasta un nivel de poco más de 400 t. Esta tendencia se derivó principalmente de la desorganización del sector productor, debido a la carencia de control sobre el esfuerzo aplicado, tallas mínimas y época de veda; además coincidió con la demanda y el acelerado aumento de precios en el mercado internacional. Lo anterior provocó una captura indiscriminada de abulones de todos los tamaños.

Por otra parte, la presencia del fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS) durante los años 1976-77 y 1982-83 tuvo efectos colaterales causando variaciones en las poblaciones. Se observaron cambios en la composición, abundancia y dominancia de flora y fauna; así como la alteración física del substrato por acarreo y depósito de sedimentos, remoción de fondos, turbidez ocasionada por marejadas e inaccesibilidad a las áreas de pesca (León y Muciño, 1995).

De 1985 a 1989 se presentó un incremento paulatino en la producción como reflejo de una recuperación moderada de las poblaciones silvestres. En ese último año se alcanzó un nivel de cerca de 1,000 t. Asimismo, en este periodo, la pesquería se encontraba operando con base en el esquema de reglamentación de septiembre de 1981, enfocada directamente a los periodos de veda y tallas mínimas de captura por zona y a la entrega del recurso vivo en planta para verificación de tallas. Sin embargo, no se llevó a la práctica la aplicación de una medida sobre límites de cuotas de captura y esfuerzo permisible.

Fue hasta 1990 cuando se aplicaron las primeras cuotas de captura como medida reglamentaria para poner un límite máximo a la producción y controlar de manera indirecta el esfuerzo (León y Muciño, 1995).

Entre 1989 y 1992 se observó una producción aparentemente constante y en algunas zonas productoras se detectaron decrementos en mayor o menor grado en sus poblaciones naturales. La producción promedio en esos años fue de 979.5 t. Los volúmenes de captura continuaron descendiendo entre 1993 y 1995 con una captura global de aproximadamente 520 t para ese último año. Estos volúmenes de captura fueron determinados con base en la densidad (ind/m^2) y la abundancia para cada zona y temporada.

Como refuerzo al sistema de manejo de pesca de abulón, en 1990 se agregaron las cuotas de captura y esfuerzo permisible

Por lo anterior, en la temporada 1995-1996, se aplicaron de manera oficial nuevos criterios para la asignación de cuotas de captura, basados principalmente en las existencias de reclutamiento por especie, por zonas y en los valores de densidades promedio.

Desde que se tienen registros de datos sobre la pesquería de abulón, el esfuerzo de pesca ha estado referido al viaje o "marea", cuya duración es de tres a cinco horas y el cual es medido con base en el número de viajes realizados por cada unidad pesquera o equipo abulonero por día/mes/temporada.

En la actualidad, el esquema de manejo está basado en cuotas tallas mínimas, períodos de veda y captura. Las cooperativas han establecido esquemas de asignación de cuota por pescador, lo que dificulta la medición de la CPUE, ya que el buzo trata de completar su cuota, independientemente del tiempo empleado para ello.

▼*Pesca incidental*

Dado que la extracción del abulón se realiza mediante selección manual, no existe pesca incidental. La experiencia de los buzos y la ayuda de las marcas en el arrancador les permite seleccionar los abulones de la talla comercial.

En 1996 se registraron descartes de individuos pequeños en una proporción mínima aproximada del 0.20% en la zona III y una máxima que va de 8.75% a 11.66% en la zona IV. Para esta última zona el rango disminuyó entre 0.30% y 2.20% en 1997.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Por lo general, los equipos y los artes de pesca se utilizan exclusivamente para la captura de abulón, y en caso de que éstos sean utilizados para la captura de otras especies, no se considera que implique interacción con otras pesquerías.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Actualmente en la Península de Baja California operan un total de ocho plantas industrializadoras de abulón localizadas en: Isla de Cedros (1), Isla Natividad (1), Bahía Tortugas (1), Bahía Asunción (2), La Bocana (1), Punta Abreojos (1) y Puerto San Carlos (1).

No existen plantas de recepción en los campos pesqueros, pero en algunas cooperativas una vez capturado y desconchado en la playa, mantienen el producto en hielo en el mismo campo y cada tercer día es transportado a la planta industrializadora

▼*Indicadores económicos*

Actualmente la producción de abulón obtenida se destina a la exportación casi en un 100%, comercializándose de manera directa o a través de la compañía *Ocean Garden Products Inc.*, la cual la vende y distribuye a Estados Unidos y a los países asiáticos. Casi el 100% de abulón se comercializa en presentación de enlatado y un pequeño porcentaje entero vivo.

El costo aproximado en 1997 de una caja con 48 latas de abulón de primera estaba entre 1,650 y 2,200 USD en el mercado internacional.

La demanda a nivel nacional es relativamente escasa, por su precio tan alto y la demanda que tiene en el ámbito internacional hace que sea un producto de alto valor comercial. La presentación destinada al mercado nacional es el abulón en trozo, que tiene un precio entre 650 a 850 USD la caja con 48 latas con 300 gr de peso drenado cada una. En ocasiones se comercializa abulón de primera cuando existen solicitudes especiales (León y Ortíz, 1992).

Como producto de la disminución de las capturas, el valor de la producción bajó de 54.242 millones USD en 1991 a menos de 30 millones USD en 1998 (Fig. 3).

Independiente de la demanda de abulón enlatado a nivel nacional e internacional, la concha de este recurso es también requerida por ambos mercados para su procesamiento artesanal y trabajos de joyería. Los precios por tonelada de concha de abulón fueron semejantes en ambos mercados y manejados también en divisa estadounidense. La concha de abulón de primera calidad, por tonelada, se cotizó para 1991 de abulón negro en aproximadamente 11,100 USD, seguido por abulón azul en 7,600 USD y de abulón amarillo en 2,600 USD.

A partir de 1992, el mercado internacional de la concha de abulón de México, conformado por países de Oriente, principalmente Corea, disminuyó su demanda a cantidades casi nulas.

El mercado nacional de este producto representado por artesanos principalmente del estado de Michoacán, se vio ligeramente incrementado adquiriendo sólo concha de la especie azul. Sin embargo, su demanda no es comparable a la oriental. Actualmente se encuentra entre 2,000 y 2,800 USD la concha de abulón azul sin clasificar. No existe demanda de la concha de abulón amarillo, por lo que generalmente es desechada en los lugares de producción.

Aproximadamente 20,000 personas dependen directa o indirectamente de la explotación de este recurso. El desarrollo regional de poblaciones enteras (incluyendo construcción y obras públicas) se ha basado en las utilidades obtenidas por la captura del abulón.

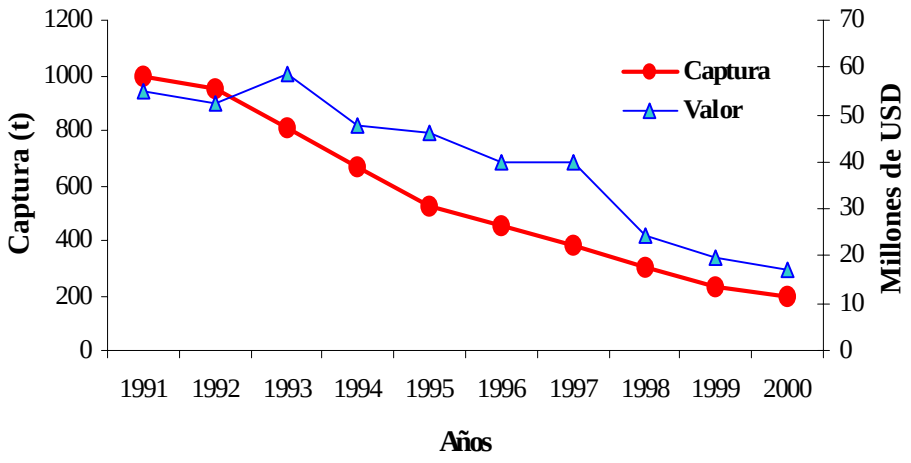


Fig. 3. Tendencia de la captura de abulón exportada y el valor económico, 1991-1998. (Fuente: Captura: Registros de las S.C.P.P; Valor: Ocean Garden Inc.).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El régimen actual que reglamenta el aprovechamiento de las distintas especies de abulón en aguas de jurisdicción federal de la península de Baja California está establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-005-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 31.12.93) y por la NOM-009-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 4.04.94), en donde se define el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas.

Para cada una de las zonas de pesca (Fig. 1) se implantan periodos de veda diferenciales con duración de cinco meses (Departamento de Pesca, 1980). La localización de cada zona es la siguiente:

Zona I: de Islotes Coronado, B.C. (frontera con E.U.), a Punta Malarrimo, B.C.S.; del 1° julio al 30 de noviembre.

Zona II: de Punta Malarrimo al primer tercio noroeste de Bahía Asunción, B.C.S.; del 1° de agosto al 31 de diciembre.

Zona III: de Bahía Asunción a Punta Holcomb, B.C.S.; del 1° de agosto al 31 de diciembre.

Zona IV: de Punta Holcomb a Arroyo El Conejo, B.C.S.; del 1° de septiembre al 31 de enero.

Los valores de reclutamiento reproductor reportados por Guzmán del Proó *et al.* (1980), sirvieron de base para la definición de las tallas mínimas de captura, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (22.08.81) y actualmente vigentes de acuerdo con la NOM-005-PESC-1993.

Las evaluaciones de las poblaciones de abulón están basadas desde 1996 en un modelo dinámico de biomasa, modificado para incluir el efecto de las anomalías térmicas. El proceso de análisis consiste en ajustar las biomasas pronosticadas por el modelo a las biomasas estimadas de manera directa. Este análisis es la base para la asignación de cuotas que utiliza el esquema de manejo aplicado desde 1996-1997. Adicionalmente, se consideran las tallas mínimas de captura y las vedas estacionales para zonas concesionadas y permisionadas a cooperativas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información que se ha utilizado en el modelo mencionado a partir de 1996 es la captura y la abundancia obtenida de prospecciones (Muciño *et al*., 1998). Existe información del esfuerzo nominal, pero ésta no se consideró en el análisis porque en el caso de recursos bentónicos como el abulón la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) no es un buen índice de abundancia (Perry *et al.,* 1997). En el caso de abulón los buzos no se distribuyen aleatoriamente en el área de pesca, sino que se dirigen hacia los bancos donde la abundancia es mayor. Si se considera además que por lo general los abulones tienden a la agregación aún después de la pesca (Prince, 1992), la CPUE permanece alta aún cuando la abundancia total ha disminuido considerablemente, siempre que la medida de esfuerzo no tome en cuenta esto.

Asimismo, existe información sobre fecundidad, talla de reclutamiento reproductor, crecimiento, mortalidad, relaciones biométricas, pero es necesario confirmar y actualizar las estimaciones antes descritas.

▼ *Modelo*

El manejo de las pesquerías de abulón se ha basado en la mayoría de los casos en el establecimiento de una talla mínima legal (TML) y en menor grado en cuotas de captura, las cuales han sido utilizadas por décadas, pero a menudo sustentadas en modelos cuantitativamente poco robustos (Breen, 1992).

La aplicación del *modelo de rendimiento por recluta* de Ricker por Doi *et al.* (1977) y Sainsbury (1977), constituyen los primeros análisis formales de las pesquerías del abulón (Breen, 1992), que hasta antes de 1978, prácticamente no existían (Mottet, 1978).

Según Breen (1992), esto se debe a:

a) Las técnicas para evaluación de poblaciones se desarrollaron en un principio para peces.

b) Los abulones son sésiles y tienden a agregarse, lo que dificulta la aplicación de técnicas que requieren usar la CPUE, además de que la determinación de la edad es difícil e impide la aplicación de modelos estructurados por edades.

c) El reclutamiento es estocástico, por lo que no se cumplen las condiciones de equilibrio requerida por los primeros modelos de stock-reclutas.

d) Las pesquerías de abulón parecen ser propensas a colapsos impredecibles.

Con base en la información disponible de abulón en la península de Baja California y tomando en cuenta las consideraciones de Breen (1992), la evaluación de esta pesquería se realizó con el *modelo dinámico de biomasa de Schaefer* (Hilborn y Walters, 1992) modificado para incluir el efecto ambiental en las poblaciones.

El modelo está definido por:

$$B_{t+1} = B_t + r(a_t)B_t\left(\frac{Bo - B_t}{Bo}\right) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

donde

r es la tasa intrínseca de crecimiento
B_o *es* biomasa virgen
C_t es captura al tiempo t
B_t es la biomasa al tiempo t

Como variable ambiental se utilizó el negativo más uno de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) (Sierra *et al.,* 1998):

$$a_t = 1 - TSM_t \quad \text{.....(2)}$$

donde

TSM_t = Anomalía de la temperatura superficial del mar en el año t

En general las pesquerías se desarrollan antes de que exista conocimiento básico sobre las poblaciones y registros de captura (Smith, 1993), por lo que es importante averiguar si antes del registro de datos el *stock*

ya había sido explotado (Hilborn y Mangel, 1997). En el caso del abulón es evidente que las capturas se empezaron a registrar después de iniciada la explotación, por lo que fue necesario utilizar un parámetro adicional para estimar la biomasa inicial ($B_{inicial}$), donde P representa el parámetro de proporcionalidad.

▼*Definición de puntos de referencia biológicos*

El manejo tradicional de los recursos pesqueros se basa en *puntos de referencia biológicos* (PRB) que permiten definir una determinada estrategia de pesca y se derivan de los modelos que caracterizan la dinámica de las poblaciones (Sissenwine y Shepherd, 1987).

En el caso del modelo de la ecuación 1 hay dos PRB relacionados entre sí; el primero es *Bo/2*, la mitad de la biomasa en su condición virgen, y el segundo es la producción excedente máxima (PEM) que se genera únicamente cuando la biomasa se encuentra en *Bo/2*. Si este nivel de producción excedente se mantiene constante, entonces es posible obtener lo que se conoce como *rendimiento máximo sostenido* (RMS), que en la realidad casi nunca ocurre porque las poblaciones son variables y dinámicas.

Los PRB como estrategias de manejo dependen de las condiciones del stock bajo estudio y pueden ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994; Caddy y Mahon, 1995). Los dos PR del modelo dinámico de biomasa son muy importantes, porque a partir de ellos se determina el estatus del recurso y se derivan los PR para el manejo. En el caso de abulón se han definido dos PR:

- **Un PR objetivo** (PRO), *Bo/2* que se deriva del modelo dinámico de biomasa. De acuerdo con este PR, el objetivo de manejo es llevar la biomasa de la población al valor donde se maximiza la PE.

- Un **PR límite** (PRL). Puesto la mayoría de las biomasas de las diferentes poblaciones de abulón se encuentran debajo del PRO, desde 1996 se definió un PRL cuyo objetivo fue detener la tendencia negativa de las biomasas. Cuantitativamente, el PRL está definido por:

$$PRL = \frac{B_{t+n}, c}{B_{actual}} \quad \text{.....(3)}$$

donde

B_{t+n}, c es la biomasa proyectada a n años, con una cuota c, y B_{actual} es la biomasa en el año que se esté haciendo el análisis. En este documento, B_{actual} se refiere a la biomasa en el año 2000.

▼Ajuste del modelo

El ajuste del modelo consistió en comparar las biomasas pronosticadas por el modelo con las estimadas mediante muestreo directo en las diferentes zonas de captura (Muciño *et al.* 1998). Dada la gran variabilidad presente en la pesquería del abulón, las acciones de manejo se realizan bajo incertidumbre, de manera que las decisiones tomadas con esa información pueden estar sujetas a error (Restrepo *et al.*, 1992).

En este caso lo apropiado es medir esta incertidumbre expresada en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987). Para estimar la distribución de posterior probabilidad (dpp) de los parámetros *Bo*, *r* y *P* se aplicó el *Teorema de Bayes* (Hilborn y Walters, 1992; Hilborn y Mangel, 1997), el cual está dado por:

$$P(\theta_j \mid D) = \frac{P(D \mid \theta_j) P(\theta_j)}{\sum_j P(D \mid \theta_j) P(\theta_j)} \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$P(\theta_j|D)$ es la probabilidad posterior de un estado de la naturaleza θ incierto
$P(D|\theta)$ es la probabilidad de los datos dado el valor de θ
$P(\theta)$ es la probabilidad de θ antes de que los datos sean analizados (probabilidad anterior).

En el modelo utilizado, θ representa los parámetros *Bo*, *r* y *P*, mientras que $P(D|\theta)$ es la probabilidad de las biomasas estimadas de manera directa dados los parámetros *Bo, r* y *P*, la cual es obtenida mediante una función de v*erosimilitud* (*L*) con distribución normal de la forma:

$$L(B_t|Bo,r,P) = \prod_{t=\text{año inicial}}^{n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Bobs_t - \hat{B}_t)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$L(Bobs_t|Bo, r, P)$ representa la verosimilitud de las biomasas observadas $Bobs_t$ dados los valores de *Bo, r* y *P*

$\hat{B}_t$ representa las biomasa estimada por el modelo en el año *t*

σ es la desviación estándar del error de observación (Polacheck *et al.,* 1993).

La estadística bayesiana permite la incorporación de probabilidades anteriores a los parámetros (Hilborn *et al.*, 1994), pero dado que éstas no están disponibles para el abulón, se consideraron uniformes (y por tanto, no informativas). El procedimiento de estimación consistió en:

1. Generar números aleatorios con distribución uniforme de los parámetros *Bo, r* y *P.*
2. Calcular la biomasa en cada año *t* con la ecuación (1).
3. Estimar la máxima verosimilitud con la ecuación (5).
4. Acumular la máxima verosimilitud al valor de cada parámetro y puntos de referencia de interés.
5. Este proceso se repite 150 000 veces.
6. Expresar la verosimilitud en términos de probabilidad con el teorema de Bayes.

▼*Estado de la pesquería del abulón*

La determinación cuantitativa del estatus (*Est*) de cada población se obtuvo del valor medio de la dpp de la tasa B_{actual} / *[Bo/2]*, donde B_{actual} se refiere a la biomasa en el 2000. A partir del estatus, la situación del stock se ubicó en una de las tres categorías de la *Tabla 3*.

Tabla 3. Clasificación de las condiciones de las pesquerías de acuerdo al estatus.

$$Est\begin{cases} \frac{Bactual}{Bo/2} < 1: \text{Estado1, stock debajo del nivel óptimo, deteriorado} : \Rightarrow \text{requiere estrategias de recuperación} \\ \frac{Bactual}{Bo/2} > 1: \text{Estado 2, stock arriba del nivel óptimo, sano} : \quad \Rightarrow \text{con potencial} \\ \frac{Bactual}{Bo/2} = 1: \text{Estado 3, el stock en el nivel óptimo, sano} : \quad \Rightarrow \text{sin potencial} \end{cases}$$

- ***Estatus por zona concesionada a las diferentes cooperativas***

El análisis que se describe a continuación se llevó a cabo para 13 cooperativas abuloneras de las 22 registradas en la península de Baja California. De 1995 a 1996 estas 13 cooperativas han aportado el 98.2% de la captura total, por lo que se considera que con el análisis de estas se puede concluir sobre el estatus de abulón en toda la península.

Para fines de ilustración, sólo se describe en detalle el resultado de tres, las cuales se denominarán, con fines de confidencialidad: Cooperativa I, Cooperativa II y Cooperativa III. Posteriormente se presentan los resultados de ajuste para las otras 10, así como el resumen general sobre el estatus de cada especie en las diferentes zonas.

- Cooperativa I

Abulón azul

En la *figura 4* se presenta el ajuste del modelo a los datos de biomasa del abulón azul en la zona de esta cooperativa. En esta primera figura de ajuste se describirá con mas detalle la información representada en ella:

a) Los puntos indican los valores de biomasas estimadas de manera directa,
b) La línea continua más gruesa alrededor de estos puntos representa la curva de biomasa estimada con el modelo que mejor ajusta a los datos observados. Dado que existen diferentes errores asociados al proceso de ajuste (errores de observación en la estimación de biomasa y en la estructura del modelo), hay otras posibilidades de ajuste, representadas por las líneas continuas menos gruesas que también siguen la tendencia general de los datos observados, aunque con menor verosimilitud. Al inicio de la serie de datos, las biomasas estimadas por el modelo son mas inciertas, pero convergen en un menor rango conforme se usan mas datos en el ajuste. Al final de las diferentes curvas de ajuste se presenta la distribución posterior de probabilidad (dpp) de la biomasa en el 2000 (B_{actual}).

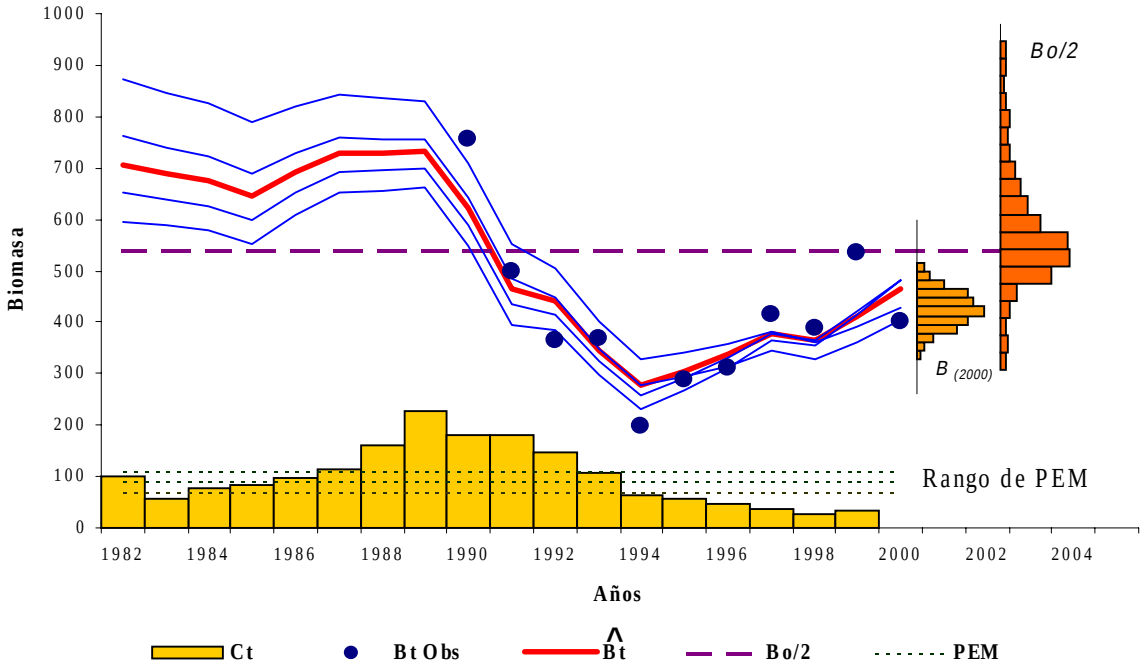


Fig. 4. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa I.

c) La línea punteada arriba de 500 t representa el valor de *Bo/2*, y al final de esta línea se presenta la dpp de *Bo/2*.

d) Finalmente, las líneas punteadas debajo de 100 t indican el rango de la dpp de PEM; la de el centro señala el valor más probable, y las otras dos los valores máximos y mínimos de la dpp.

Es importante enfatizar que las biomasas estimadas de manera directa están sujetas tanto a los errores aleatorios inherentes al proceso de muestreo como a la estimación efectiva de los bancos abuloneros, y por lo tanto no se consideran como valores reales de biomasa, sino como una estimación. De acuerdo con las herramientas y los conceptos utilizados en este análisis, la ddp de B_{actual} observada en la *figura 4*, y todas las demás dpp presentadas mas adelante, tiene la siguiente interpretación: no se conoce el valor verdadero de B_{actual}, es incierta. Dentro de esta incertidumbre se puede descartar que sea menor a 300 t, o mayor a 500 t. Por lo tanto, se puede decir que el valor verdadero está entre 300 y 500 t. Como no se conoce el valor verdadero dentro de este rango, la única forma de representar esta incertidumbre es como una dpp, que considera toda la información disponible, incluidas las capturas, las biomasas estimadas por muestreo directo, las anomalías de la TSM y el modelo utilizado.

En la *figura 4* se observa que la biomasa estimada por el modelo al inicio es muy incierta, ya que pudo haber estado entre 600 y 900, e incluso menos; esto se debe a que no se tienen estimados directos de biomasa en ese período para para ajustar el modelo y así reducir la incertidumbre. El mejor ajuste indica que de 1982 a 1986 la biomasa estimada osciló alrededor de 700 t, arriba del valor de *Bo/2*; en ese periodo la captura se mantuvo alrededor de la PEM.

De 1987 a 1989 la captura se incrementó arriba de la PEM, debido al incremento de la biomasa en ese período, inducida probablemente por condiciones ambientales favorables al abulón (anomalías negativas en la TSM). Sin embargo, después de capturar mas de 200 t en 1989, más del doble de la PEM, se observó una disminución de la biomasa de 1992 a 1994. Es importante notar que a partir de 1991 la biomasa se encontraba debajo de Bo/2, lo que indica que la PE fue menor a la PEM; y fue precisamente en ese período cuando se extrajo mas de la PEM. Aunado a lo anterior, en esos años se presentaron anomalías positivas en la TSM, que dio como resultado una tendencia negativa en la biomasa. A partir de 1994 se empezaron a asignar cuotas menores a la PEM, y como respuesta, la población inició el crecimiento. Este esquema de manejo se fortaleció a partir de 1996, con la definición de los PR y el análisis de riesgo para la asignación de cuotas descritos anteriormente.

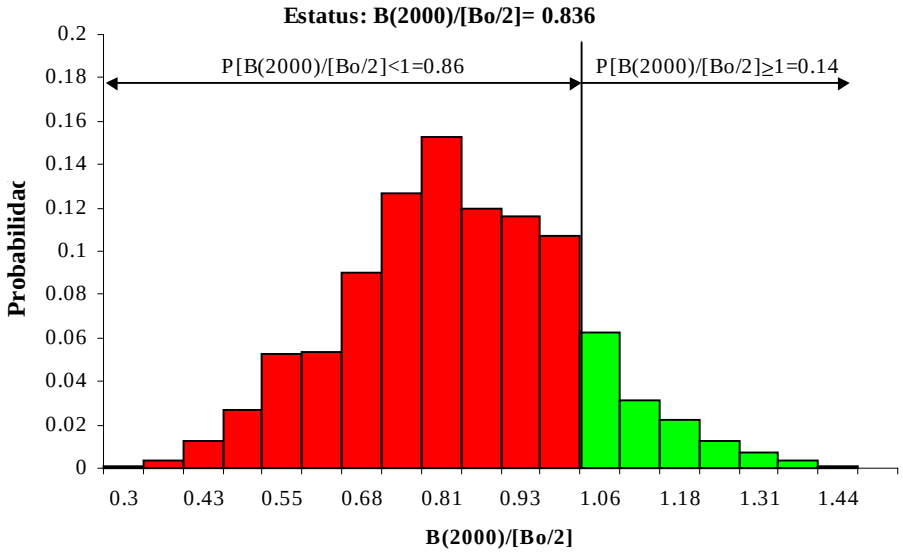


Fig. 5. Estatus del abulón azul en la Cooperativa I. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

No obstante esta recuperación de la biomasa, en la *figura 4* se observa que la ddp de B_{actual} es menor a la dpp de *Bo/2*, por lo que el abulón azul en esta zona aún se encuentra en la categoría de recursos deteriorados, aunque con tendencia a la recuperación. Cuantitativamente, el estatus es 0.836 del PRO, con un riesgo de 86% de que se encuentre debajo de Bo/2 y solo 14% de que no sea así (Fig. 5).

Abulón amarillo

En la *figura 6* se observa que la biomasa disminuyó desde un poco mas de 200 t en 1982 a alrededor 100 t en 1988, y se estabilizó hasta 1992. Esta dismunición se debe a que de 1982 a 1988 se capturó mas de la PEM, y la estabilización ocurrió precisamente cuando se redujo la captura entre 1999 y 1991. Sin embargo, en 1992 y 1993 nuevamente se extrajo mas de la producción excedente y la biomasa disminuyó en 1994 (Fig. 6). Estas variaciones de la biomasa, como respuesta a la captura, cumple satisfactoriamente con los supuestos del modelo dinámico de biomasa, por lo que aún cuando de 1998 a 2000 las biomasas observadas presentan una tendencia negativa, a pesar de que se han disminuido las cuotas, es posible sacar conclusiones sobre el estatus del abulón amarillo en esta zona. En la *figura 7* se observa que la dpp de la B_{actual} se encuentra casi a la mitad del valor más probable de Bo/2, por lo que se concluye que esta especie también se encuentra deteriorada.

Tanto la población de abulón azul como la de amarillo en la zona concesionada a la Cooperativa I, requieren de una estrategia de recuperación, ya que sus niveles de biomasa están por debajo de la máxima producción excedente

Cuantitativamente el estatus es 0.547 del PRO, con un riesgo de 99.9% de que se encuentre debajo de *Bo/2*. En este caso, la probabilidad de que B_{actual} sea mayor que *Bo/2* es casi cero, puesto que ninguno de los intervalos de la dpp de $B_{actual}/[Bo/2]$ es mayor a la unidad (Fig. 7).

Por consiguiente, ambas especies en esta zona se ubican en la categoría de pesquerías que requieren estrategias de recuperación porque aún están debajo del Punto de Referencia Objetivo (Tabla 3).

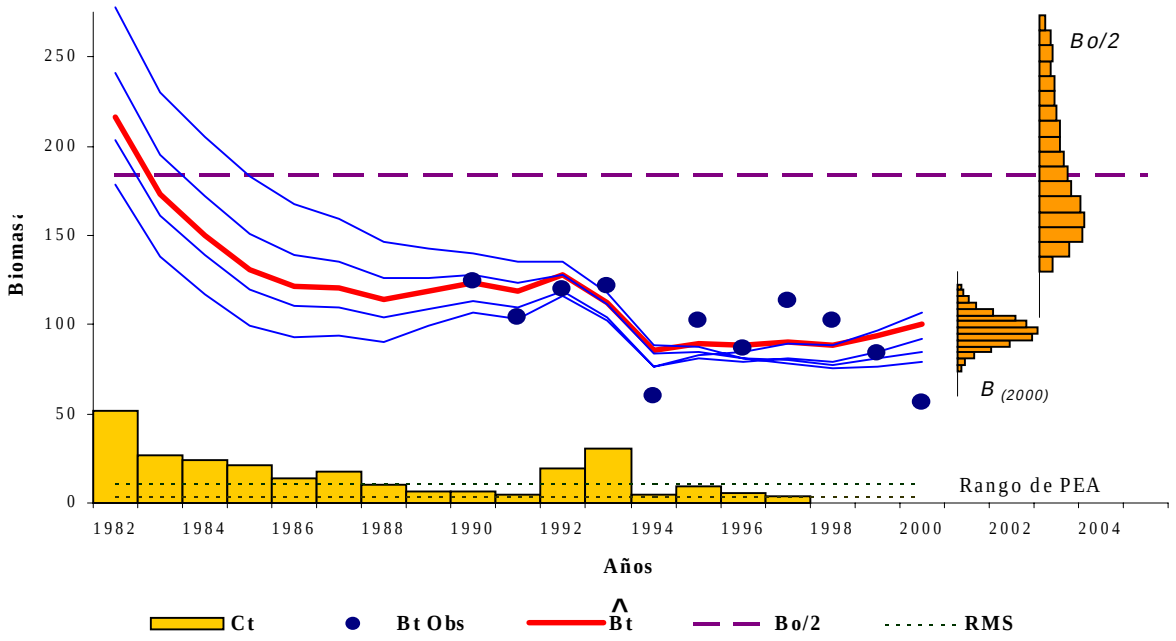


Fig. 6. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa I.

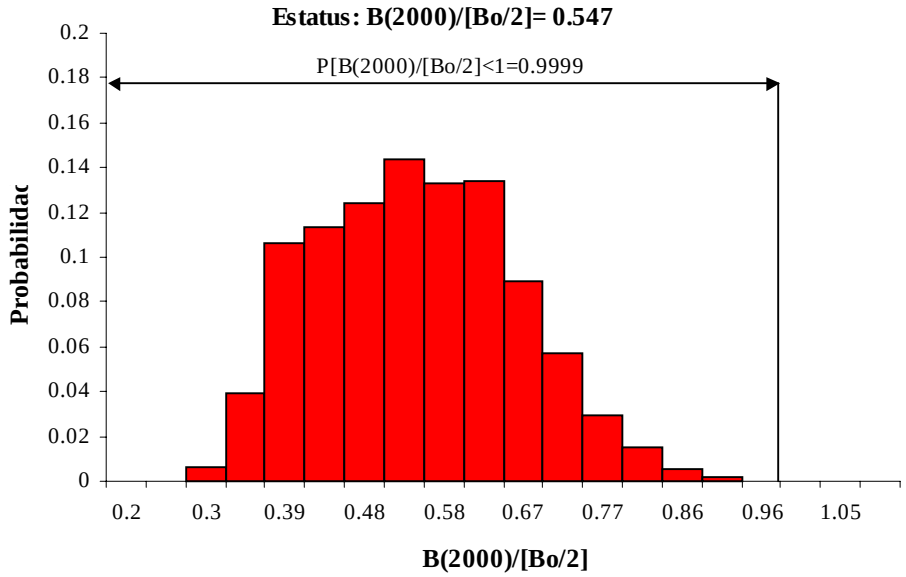


Fig. 7. Estatus del abulón amarillo en la Cooperativa I. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

- Cooperativa II

Abulón azul

La tendencia de la biomasa del stock de la población de abulón azul en la zona concesionada a la Cooperativa II presenta un comportamiento similar al observado en la Cooperativa I hasta 1998. Esto es, después de la disminución en las biomasas de 1990 a 1994, se inició la recuperación de 1995 a 1997, como resultado de la disminución de las cuotas. En ambos casos se observa una disminución en 1998, derivado de los efectos

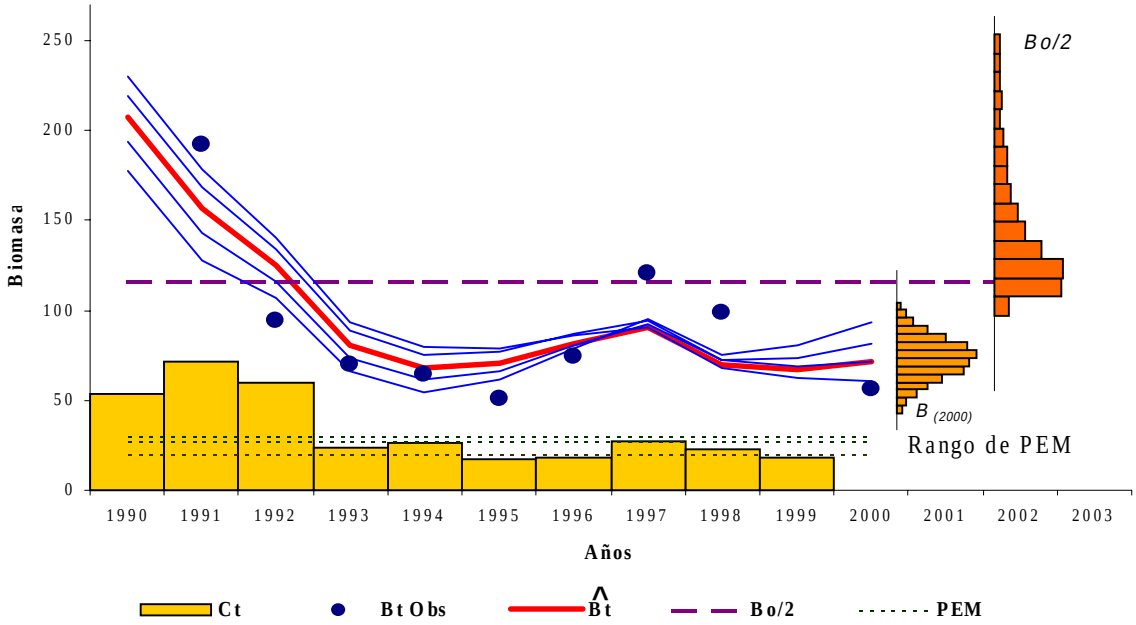


Fig. 8. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimados de manera directa en la zona de la Cooperativa II.

del fenómeno ENOS 1997-98. Sin embargo, a diferencia de la cooperativa I, donde las cuotas han tenido una tendencia ligeramente hacia abajo (Fig. 8), en la cooperativa II las cuotas se han mantenido muy cerca de la *PEM*, e incluso en 1998 se incrementaron, debido a que esta cooperativa optó por un mayor riesgo en el proceso de asignación de cuotas. En 1997 la estimación directa de biomasa estuvo dentro del rango de de la dpp de *Bo/2*, pero de acuerdo con la estimación del modelo y la tendencia en los siguientes años, es probable que ese valor esté sobreestimado. Considerando que en los útimos años la biomasa se ubica casi a la midad de *Bo/2*, y que se está extrayendo casi la *PEM*, que sólo se genera cuando la biomasa es *Bo/2*, se concluye que en esta cooperativa el abulón azul también se encuentra deteriorado. Cuantitativamente, este deterioro es de 53.3%, con un riesgo de 97.7% de que no esté en el PRO (Fig. 9).

Abulón amarillo

En la *figura 10* se observa que de 1991 a 1993 las capturas fueron mayores a la *PEM* y por eso la biomasa disminuyó; a partir de 1995 la tendencia en las biomasas observadas y las predichas por el modelo se han estabilizado alrededor de 20 t, pero no han mostrado ninguna señal de recuperación, lo que indica que se está extrayendo lo que la población produce en exceso, sin dejar margen de crecimiento. La dpp de B_{actual} es menos de la mitad de *Bo/2*, no hay ningún traslape en ambas distribuciones de probabilidad, por lo que no hay ninguna posibilidad de que B_{actual} sea mayor a *Bo/2.*

Las poblaciones de abulón azul y amarillo ubicadas en la zona concesionada para su explotación a la Cooperativa II, continúan deterioradas. Es necesario disminuir el riesgo en el proceso de asignación de cuotas

El abulón amarillo en esta zona también se ubica en la categoría de pesquerías que requieren estrategias de recuperación ya que la biomasa actual es menos de la mitad del nivel óptimo. Cuantitativamente, el deterioro es de 0.474, con 100% de seguridad de que la biomasa en el 2000 es menor a Bo/2 (Fig. 11).

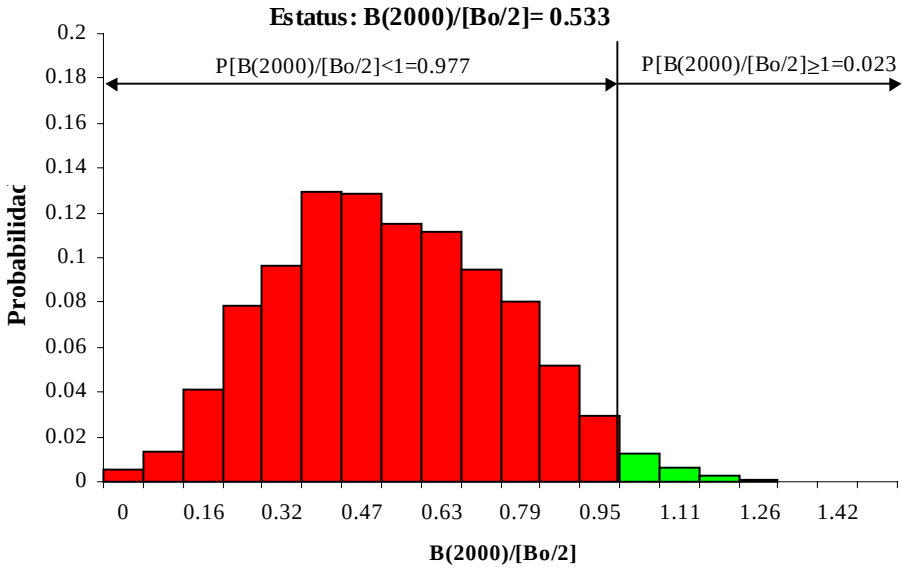


Fig. 9. Estatus del abulón azul en la Cooperativa II. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

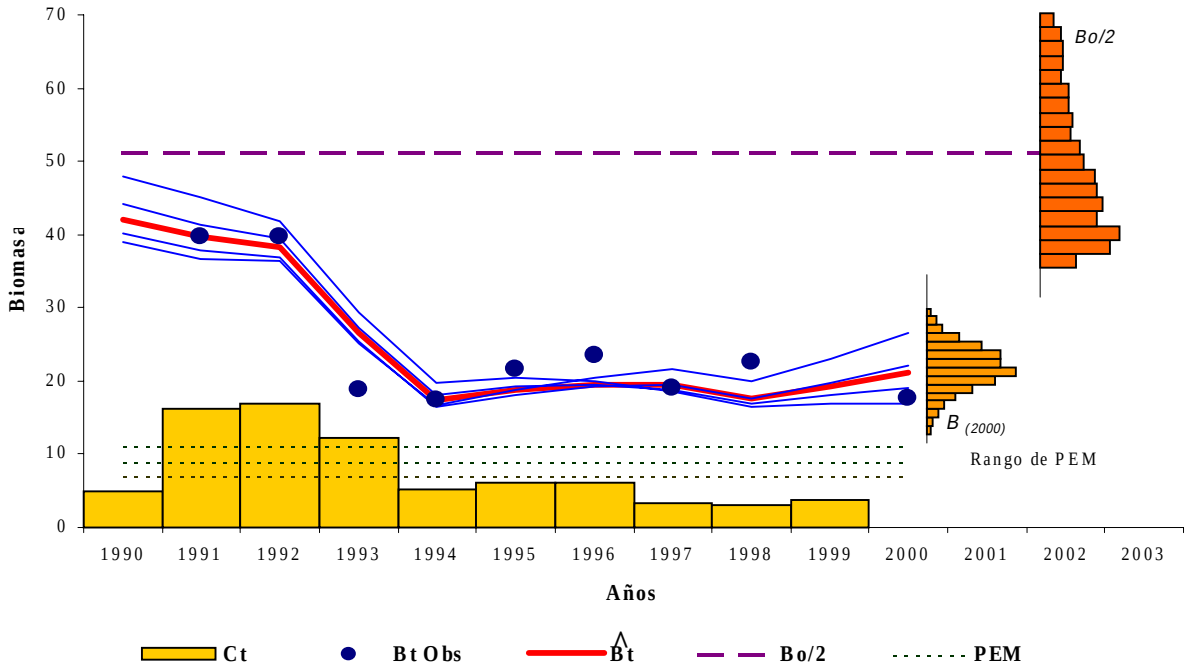


Fig. 10. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa II.

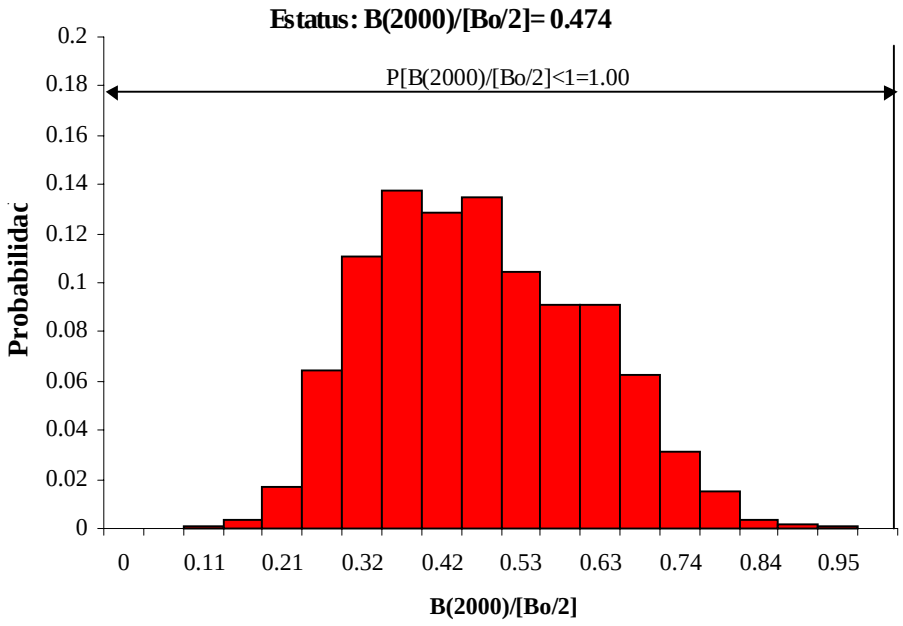


Fig. 11. Estatus del abulón amarillo en la Cooperativa II. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

- Cooperativa III

Abulón azul

La biomasa de abulón azul en esta zona presenta una tendencia similar a la observada en las otras cooperativas, caracterizada por una disminución hasta 1995, y una ligera recuperación a partir de 1996. Esta disminución de la biomasa, al igual que en las otras zonas, se debe a que hasta 1993 se extrajo más de la *PEM*, y se acentuó porque la biomasa ya era menor a *Bo/2*. La ligera recuperación empezó a partir de 1996, cuando se redujeron las cuotas de captura a partir del nuevo esquema de manejo (Fig. 9). Es importante señalar que al menos uno o dos de los primeros tres datos de biomasa (1990-1992) pueden estar sesgados por lo siguiente: si las estimaciones en 1990 y 1991 son correctas, entonces el valor de 1992 posiblemente está sobreestimado, debido a que la tasa de crecimiento de las especies de abulón no explica el crecimiento de 1991 a 1992; si el valor de 1992 es correcto, entonces posiblemente las estimaciones en 1990 y 1991 están subestimadas. Por esta razón el modelo no describe los datos de biomasa en los primeros cuatro datos de biomasa (1900-1993). Asimismo, en la *figura 9* se observa que el mejor ajuste no describe los dos últimos datos, que son las mas bajas de toda la serie disponible. La dpp de B_{actual} muestra que la biomasa en el 2000 se encuentra en el rango de 100 a 300 t, con un valor más probable de 200 t, en tanto el valor medio de la estimación directa en 2000 fue de 132 t. Esta incertidumbre ocasiona que el coeficente de variación de las dpp sea mayor, como se observa en *Bo/2*, que puede estar entre 200 y 700 t con un valor más probable de 350 t. No obstante lo anterior, y considerando todos los posibles errores asoaciados en la estimación de biomasa y el proceso de ajuste, el abulón azul en esta zona también se ubica dentro de los recursos deteriorados, puesto que la dpp de B_{actual} es menor a la dpp de *Bo/2* (Fig. 12).

Cuantitativamente, el estatus de abulón azul en la zona de la cooperativa III es de 0.491 respecto al PRO, con un riesgo de 96.4 de que sea inferior a *Bo/2* (Fig. 13).

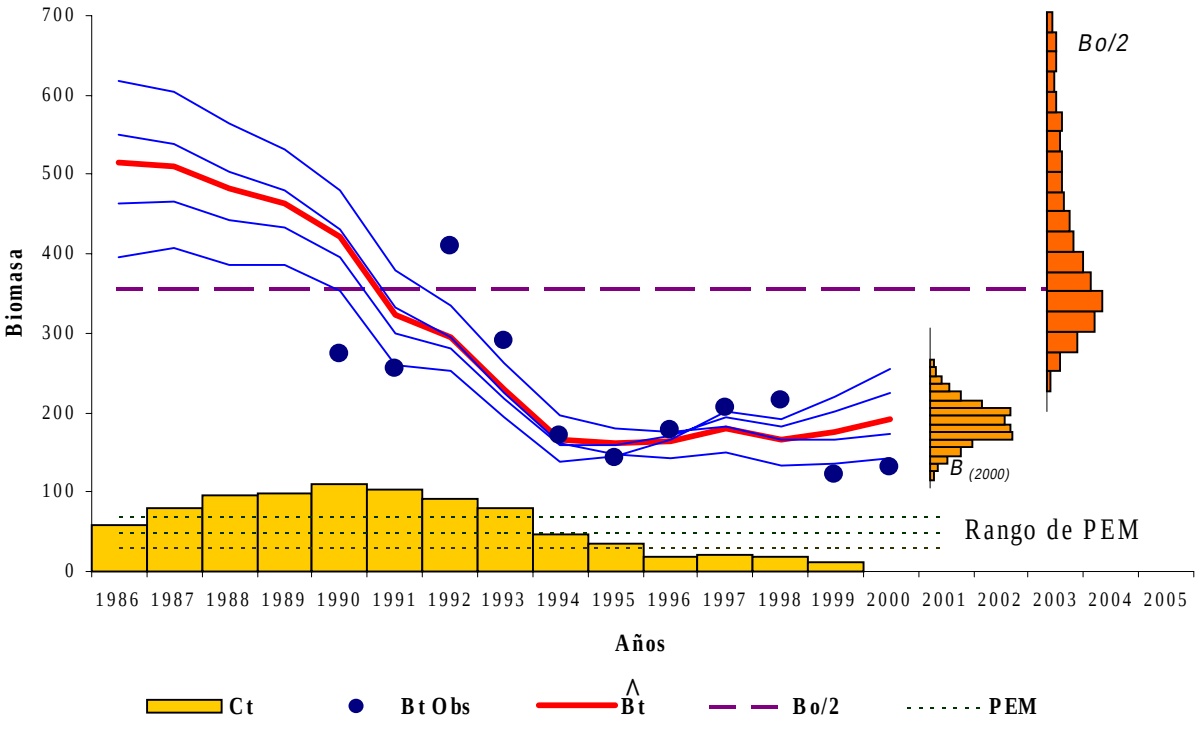


Fig. 12. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa III.

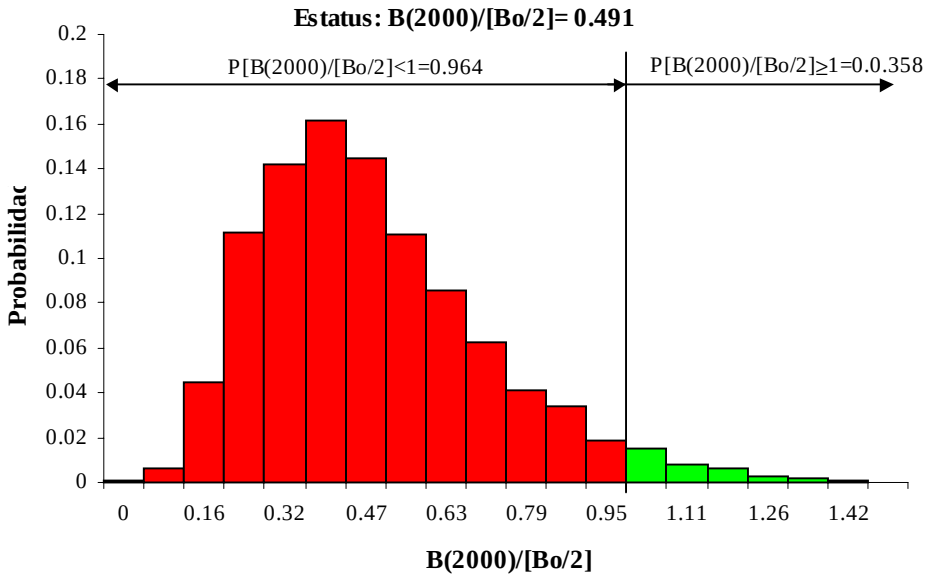


Fig. 13. Estatus del abulón azul en la Cooperativa III. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

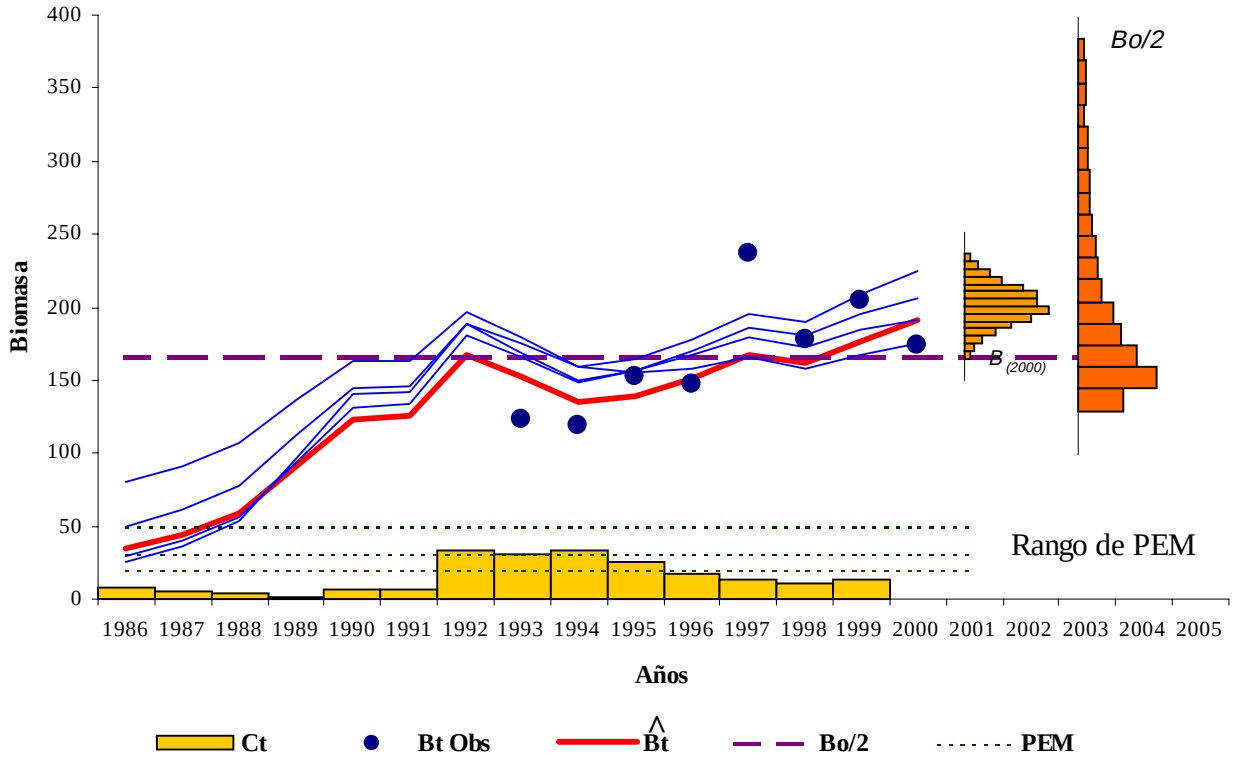


Fig. 14. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa III.

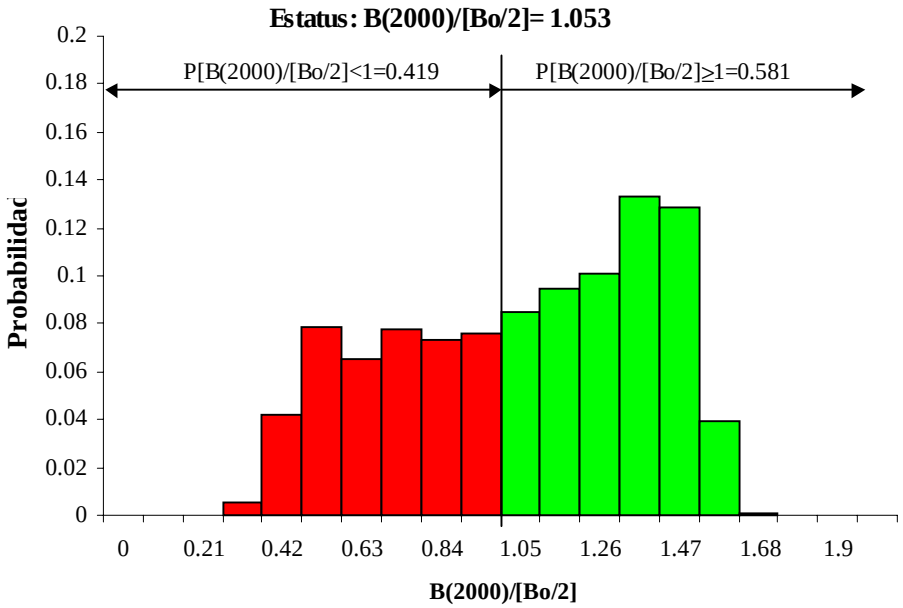


Fig. 15. Estatus del abulón azul en la Cooperativa III. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

Abulón amarillo.

La tendencia de la biomasa de abulón amarillo en esta zona es diferente a las analizadas anteriormente, puesto que es ascendente. El comportamiento de las capturas es más o menos similar a las observadas en las otras cooperativas, con un incremento entre 1989 y 1992 (Fig. 4); 1992-93 (Fig. 6); 1990-1992 (Fig. 8); 1991-1992 (Fig. 10). La diferencia es que en todos esos periodos la captura fue mayor a la *PEM* y que cuando eso ocurrió la biomasa era menor a *Bo/2*. En la *figura 14* se observa que aún cuando hay incrementos en la captura durante 1992-1994, nunca es mayor al valor medio de la *PEM*, y como justamente en esos años la biomasa se encontraba alrededor de Bo/2, no se reflejó en una disminución de la biomasa. Al disminuir las cuotas en 1996 la población respondió con una tendencia ascendente en la biomasa, de tal manera que la dpp de B_{actual} es mayor que la dpp de *Bo/2*, por lo que esta especie no se encuentra deteriorada.

Cuantitativamente el estatus de abulón amarillo en la zona de la cooperativa III es 1.053, con un riesgo menor al 50 % (41.9 %) de que esté debajo de Bo/2 (Fig. 15).

El ajuste para las otras 10 cooperativas se presenta en la *figura 16*. De manera similar a las tres analizadas en detalle, se observa que a partir de 1996, como resultado del nuevo esquema de manejo se detuvo la tendencia negativa, incluso en algunas también se presenta ya la recuperación (abulón azul en las cooperativas 4, 5 y 9). Sin embargo, en otras la tendencia sigue siendo negativa, aunque menos pronunciada (abulón azul y amarillo en la cooperativa 7; abulón azul en la cooperativa 8), por lo que es necesario que en la asignación de cuotas para en 2001 se aplique mayor precaución en estas cooperativas.

En la *tabla 4* se presenta el resumen del estatus y los riesgos para las 13 cooperativas analizadas. En el caso de abulón azul, la media ponderada a la dpp de biomasa en el 2000 indica que el abulón azul se encuentra al 68.7 % del PRO, con un riesgo de 90.4 % y en el abulón amarillo el estatus es de 92.3 %, con un riesgo de 58.0 %.

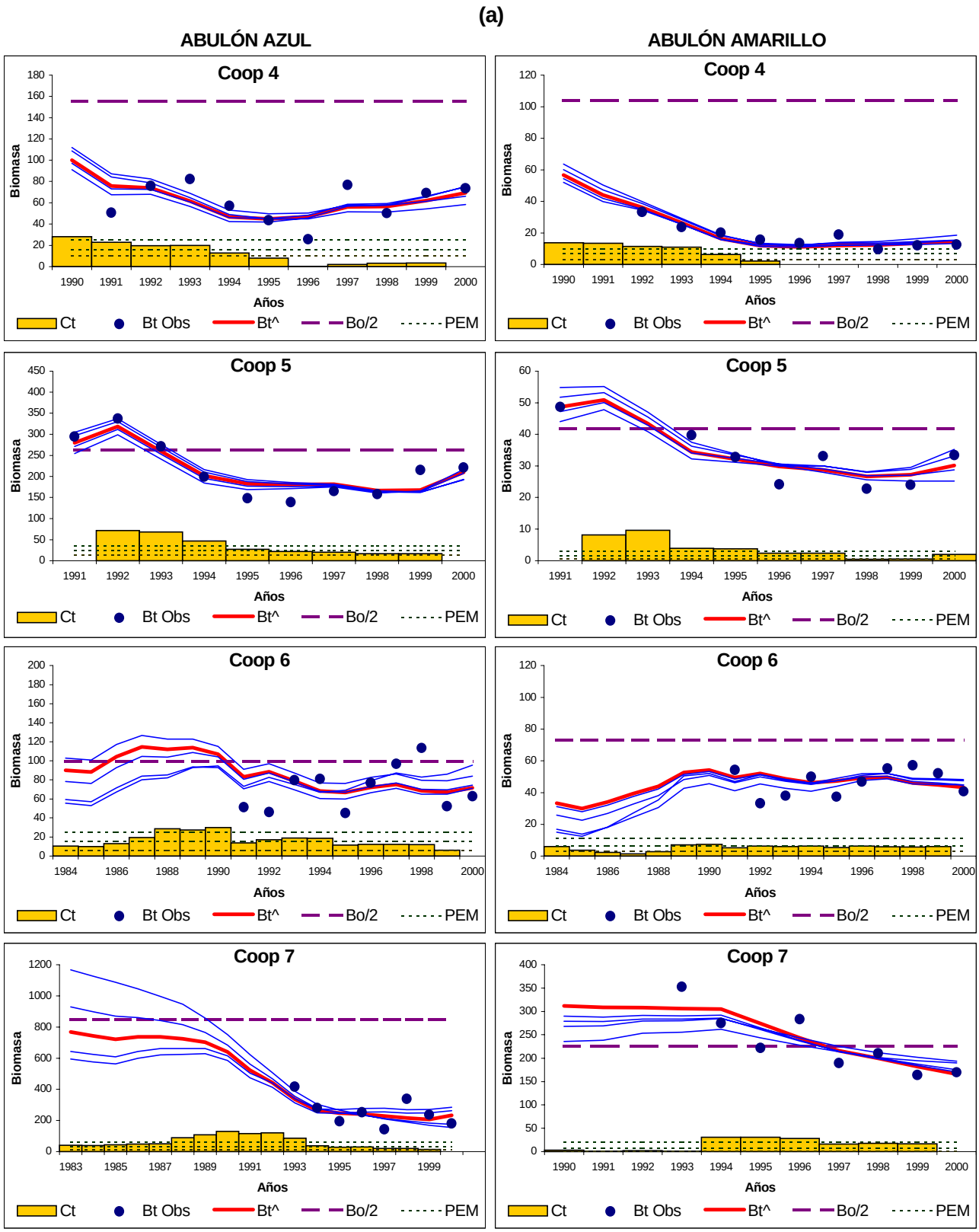


Fig. 16. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul y amarillo estimadas de manera directa en 10 cooperativas en la península de Baja California: (a) cooperativas que registran abulón azul y amarillo, (b) cooperativas que solo registran abulón azul.

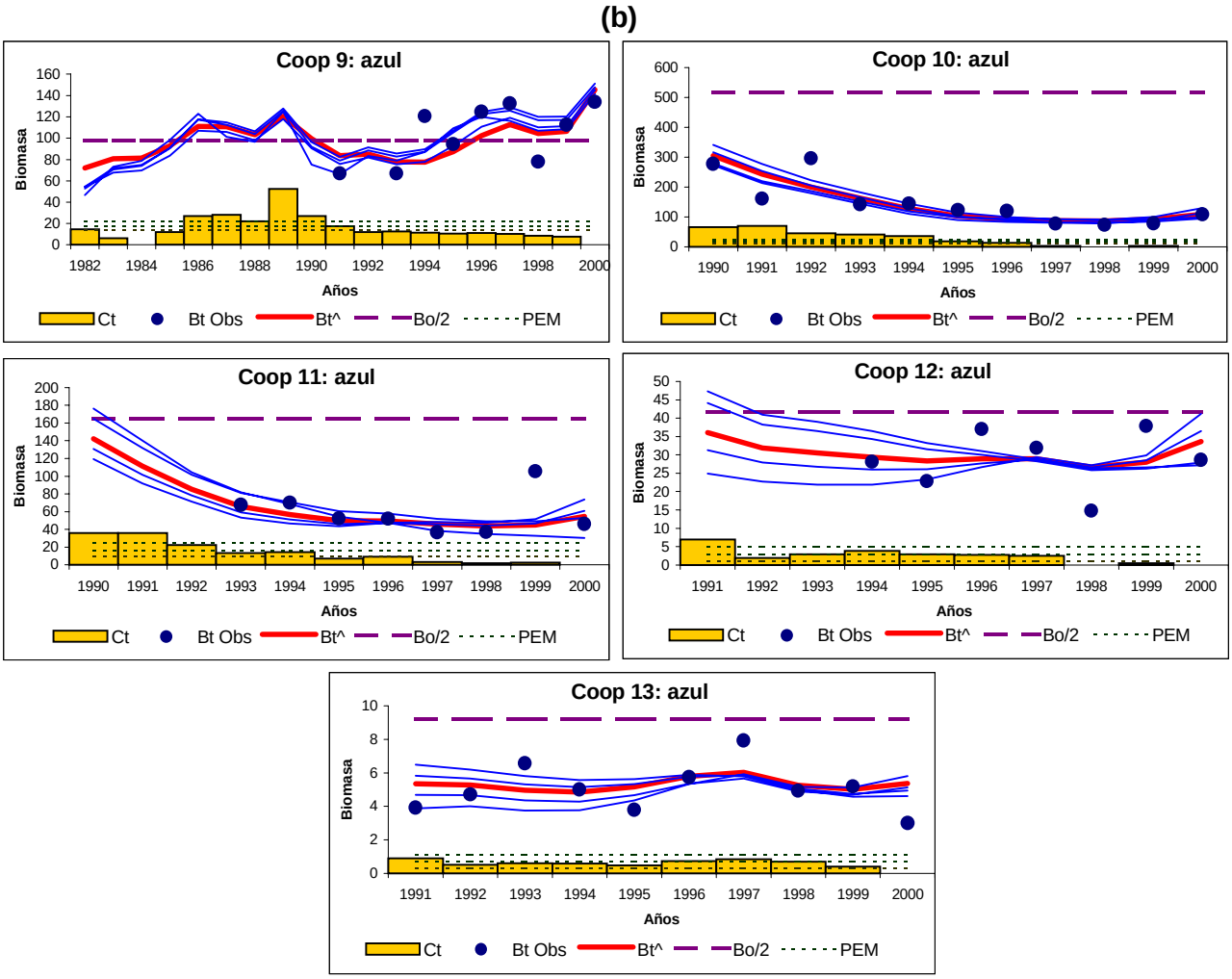


Fig. 16. Continuación.....

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Uno de los productos de la evaluación de recursos marinos es la proyección bajo diferentes escenarios de manejo (Gavaris, 1993; Smith y Gavaris, 1993). En recursos en los cuales el estado actual es de sobre-aprovechamiento, el objetivo de manejo es definir estrategias para recuperar la máxima productividad del stock y la estabilidad de la pesquería (Rosenberg y Brault, 1993).

- **Proceso de asignación de cuotas**

Las estrategias de manejo y el proceso de asignación de cuotas que se utiliza desde 1996 en todas las cooperativas se ejemplifican con el abulón azul en la zona concesionada a la cooperativa II. Posteriormente

Tabla 4. Estatus de la pesquería de abulón azul y amarillo en las zonas de las 13 cooperativas que aportan el 98.2 % de la captura total de abulón.en la Península de Baja California.

Coperativa	Azul		Amarillo	
	Estatus [1/]	Riesgo [2/]	Estatus	Riesgo
Cooperativa 1	0.836	0.86000	0.547	0.99995
Cooperativa 2	0.533	0.97660	0.474	1.0000
Cooperativa 3	0.491	0.96400	1.053	0.41900
Cooperativa 4	0.631	0.85535	0.263	0.99999
Cooperativa 5	0.815	0.81971	0.793	0.75652
Cooperativa 6	1.026	0.40680	0.577	0.99644
Cooperativa 7	0.298	1.00000	0.886	0.60600
Cooperativa 8	0.511	0.98800	1.367	0.1737
Cooperativa 9	0.264	0.99999	--	--
Cooperativa 10	1.470	0.99960	--	--
Cooperativa 11	0.422	0.99240	--	--
Cooperativa 12	0.849	0.73810	--	--
Cooperativa 13	0.633	0.89930	--	--
Promedio [3/]	**0.687**	**0.90421**	**0.923**	**0.58014**

1/: *B(2000)/[Bo/2]*
2/: *P[B(2000)/[Bo/2]*
3/: Promedio ponderado con el valor medio de la dpp de la biomasa en el 2000
-- No se captura abulón amarillo en estas cooperativas

se dan los lineamientos generales de una propuesta de plan de manejo para consolidar la recuperación que ya se observa en algunas zonas, e iniciar la recuperación en aquellas en las que solo se ha logrado detener la disminución de la biomasa y en las que aún se observa tendencia negativa.

Ningún modelo puede explicar perfectamente los datos observados, puesto que en todo el proceso de ajuste existe incertidumbre, debido a errores de observación (*e.g.* capturas, biomasas observadas), errores de proceso en la dinámica de la población (Polacheck *et al.,* 1993) o en la formulación de un modelo no adecuado (Schnute, 1987; Schnute y Hilborn, 1993). Si el proceso de evaluación está sujeto a error, entonces las biomasas proyectadas con una determinda cuota seran inciertas.

En la *figura 17* se representan gráficamente las proyecciones de biomasa con cinco opciones de cuota. Las líneas sólidas que salen de la dpp de B_{actual} representan la proyección determinística (sin error) de la biomasa con cuota 0, 10, 20, 30 y 40. Con una cuota 0, la biomasa se incrementa hacia Bo; con 20 t la biomasa se incrementa ligeramente, en tanto que con cuotas mayores a 20 t la biomasa decrece, disminuyendo con ello la posibilidad de alcanzar en el futuro el PRO.

La incertidumbre en la proyección de las biomasas se ejemplifica con la proyección al año 2005 con una cuota de 20 t, cuya dpp se observa al final de las proyecciones. El rango de la dpp de B_{actual} va de 30 a 120 t, mientras que en el 2005 se ubica entre 10 y 200 t, con un valor promedio de 190 t (Fig. 17) Esto significa que a mayor tiempo de proyección, la incertidumbre se incrementa y la precisión disminuye.

Si el trabajo con incertidumbre es ineludible, entonces es necesario que para el manejo de recursos pesqueros las diferentes opciones se presenten con los riesgos y consecuencias asociadas a cada una de las posibles alternativas de manejo (Francis, 1992). En la teoría de decisiones, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso en un determinado tiempo (Francis, 1992; Cordue y Francis, 1994, Mace, 1994).

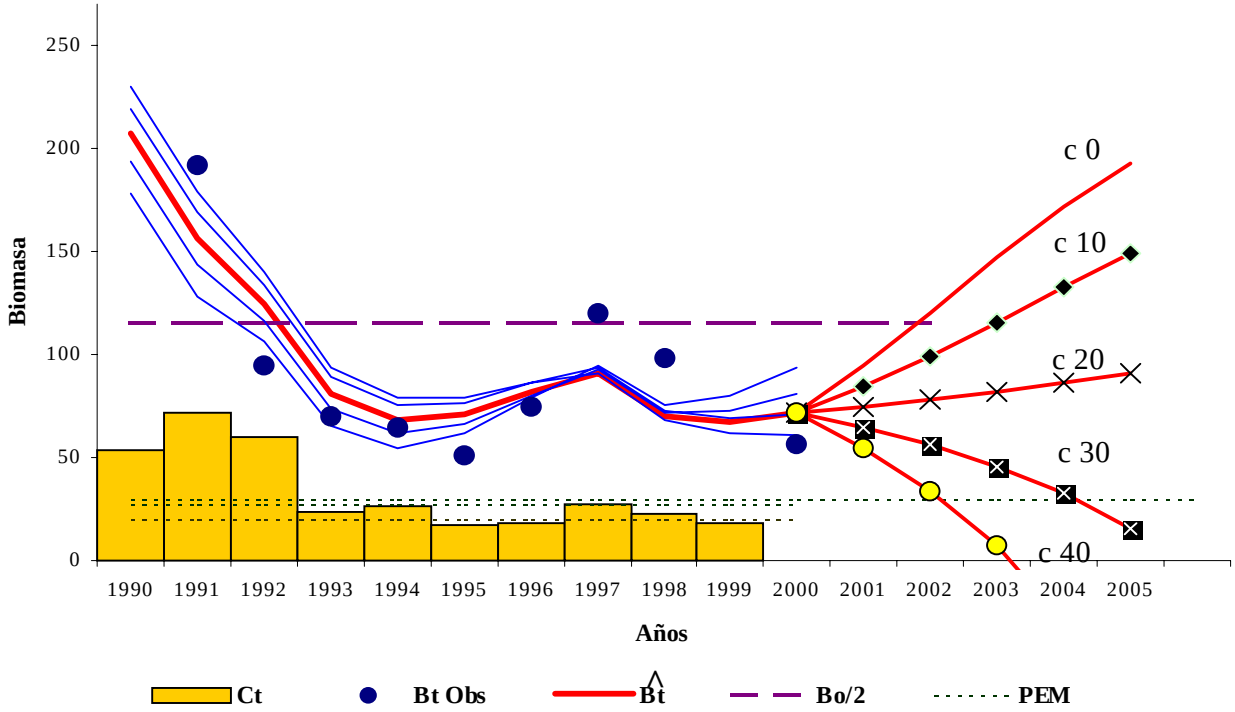


Fig. 17. Representación grafica de la incertidumbre en las biomasas proyectadas con diferentes opciones de cuota de abulón azul en la zona concesionada a la Cooperativa II.

De acuerdo con los conceptos anteriores, en el proceso de asignación de cuotas anuales de abulón se considera el análisis e interpretación de cuatro criterios: a) análisis de la Producción Excedente Actual (PEA), b) análisis riesgo sobre el PRL, c) la proporción de incremento o disminución de las biomasas proyectadas, y d) el estatus y la tendencia de la biomasa.

a) Análisis de la PEA

La PEA es la biomasa que la población produce en exceso en el año actual, de acuerdo a cierto valor de biomasa y los parámetros *Bo* y *r*. Si se extrae más de la PEA, en el siguiente año la población disminuye; si se extrae menos, entonces crece, en tanto que si se extrae "exactamente" la PEA, teóricamente no crece ni disminuye.

La dpp de la PEA de abulón azul en la zona de la cooperativa II muestra que en el 2000 la población pudo haber generado entre 5 y 37 t, con una media de 21.6 (Fig. 18). Al proyectar con 10 t, la población se incrementa (Fig. 17), puesto que aún cuando está dentro del rango de la dpp, es poco probable que sea el valor verdadero; al proyectar con 20 se mantiene alrededor de la biomasa en el 2000, con tendencia hacia el crecimiento. Al proyectar con 30 t la población disminuye porque se está removiendo más de lo que el sistema produce en exceso, ya que es un valor que se encuentra a la derecha de la dpp, y por lo tanto, menos probable que 21.6 t.

b) Análisis de riesgo sobre el PRL

El análisis de la dpp de la PEA proporciona la primera aproximación sobre la cuota. De acuerdo con la *figura 18*, para cumplir con el PRL e iniciar la recuperación hacia el PRO, la cuota no podría ser mayor a 21.6 t. Esto se refuerza con el análisis de riesgo sobre PRL, que está definido como "la probabilidad de que $B_{t+n,c}$ sea menor que B_{actual}", y se obtiene al sumar las probabilidades de las tasas iguales o menores a uno de la dpp del PRL mediante la siguiente expresión:

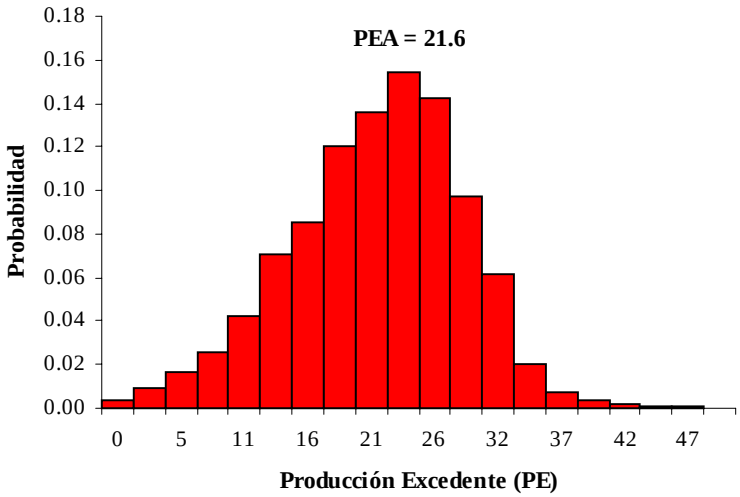


Fig. 18. Distribución posterior de probabilidad de la producción excedente en el 2000 en la zona concesionada a la cooperativa II.

$$Riesgo = P\left[B_{t+n}, c / B_{actual}\right] < 1 = \sum_{i=\min}^{1} Pi\left[B_{t+n}, c / B_{actual}\right] \quad \text{.....(6)}$$

En la *figura 17* se observa que al proyectar con 20 t, se presentaría un pequeño incremento, pero con gran incertidumbre en la dpp de la biomasa en el 2005, por lo que no se pueden obtener conclusiones cuantitativas sobre el estatus de la biomasa en el 2005 únicamente con el análisis de esa figura. Esto se obtiene de la dpp del PRL. En la *figura 19* se observa que la biomasa seria 16.2% mayor a la del 2000, con un riesgo de 30.1%; la posibilidad de que en el 2005 la biomasa sea mayor que la del 2000 es 69.9%.

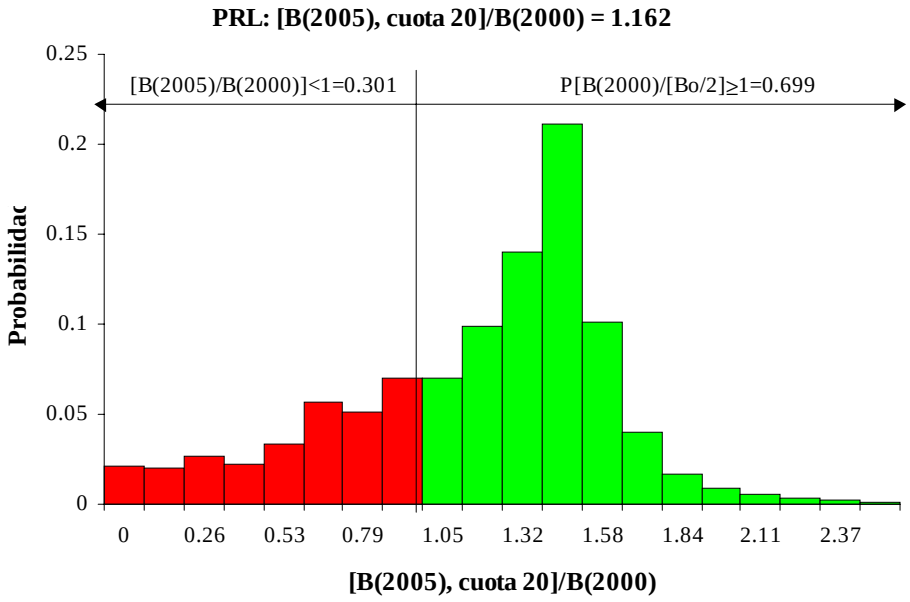


Fig. 19. Distribución posterior de probabilidad del Punto de Referencia Limite de abulón en la zona concesionada a la cooperativa II: proyección de biomasa al 2005 con una cuota de 20 t. El riesgo está representado por las barras obscuras a la izquierda de la línea vertical.

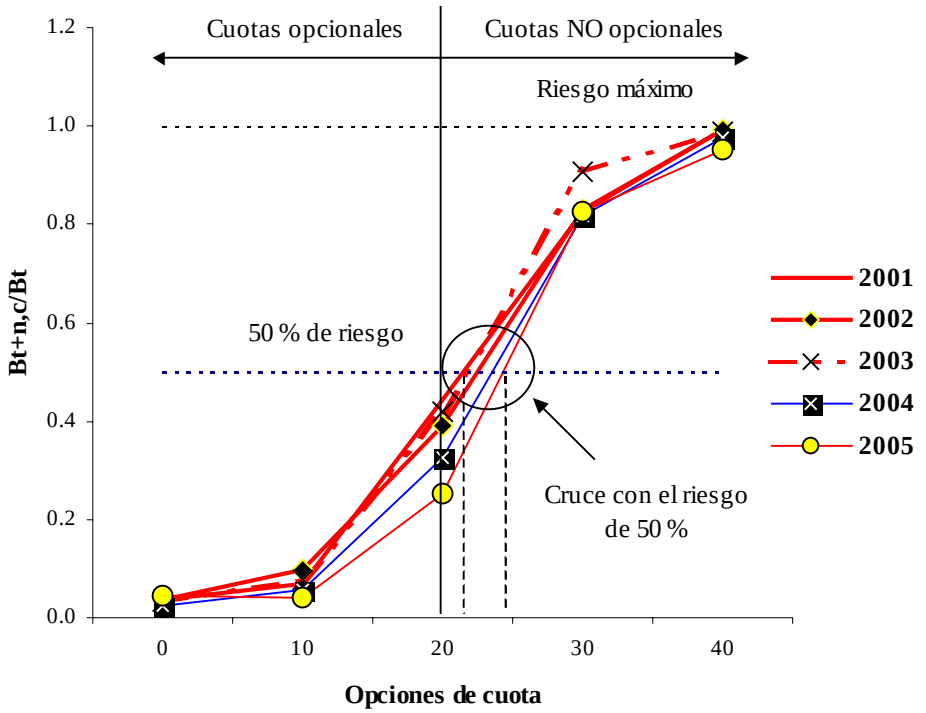


Fig. 20. Análisis de riesgo sobre el Punto de Referencia Límite con las biomasas de abulón azul de la cooperativa II proyectadas al 2005 utilizando diferentes opciones de cuota.

La representación gráfica de los riesgos para cada una de las proyecciones y las diferentes opciones de cuota se presentan en la *figura 20*. Con una cuota cero, el riesgo es prácticamente cero; con 10 t se incrementa alrededor de 7%, en tanto que con 20 varía entre 25 y 44%, con una media de 37%. En la *figura 20* se observa que las curvas de riesgo cruzan con la línea del 50% entre 21 y 25 t. Cuotas mayores a 25 t generan riesgos mayores a al 50%. Si se observa la dpp de la PEA (Fig. 18) se notará que los valores más probables están precisamente en ese rango. Por lo tanto, con base en la dpp de la PEA y el análisis de riesgo ya se han definido las cuotas que pueden ser opcionales (menores de 20 t) puesto que cumplen con el PRL y las que no se pueden asignar (mayores de 20 t).

b) Proporción de incremento o disminución de las biomasas proyectadas.

Una vez conocidas las cuotas opcionales y las no opcionales, la definición de la cuota dentro del rango opcional se determina considerando la proporción de incremento de B_{t+n}, c respecto a B_{actual}. La representación gráfica de estas proporciones para cada una de las proyecciones y las diferentes opciones de cuota se presentan en la *figura 21*. En la versión (a) los resultados se presentan de manera análoga a las proyecciones de la *figura 17*, solo que en proporciones; en la (b) se analizan las proporciones con cada opción de cuota. En la *figura 21a* se observa que al proyectar con 20 t, la proporción se mantiene alrededor de 1.0 hasta el 2003 y luego se incrementa ligeramente en los dos años siguientes. Este incremento es el 16.2% calculado de la *figura 19*. Con las cuotas 20 y 30 la proporción es menor a 1.0, lo que indica que las biomasas proyectadas son menores a B_{actual}. En la *figura 21b* se observa claramente el límite entre las cuotas opcionales y las no opcionales. La decisión sobre la cuota a recomendar depende entonces de la proporción de incremento que se desea obtener, y para esto se considera el estatus, las cuotas asignadas en el año anterior y la tendencia de la biomasa.

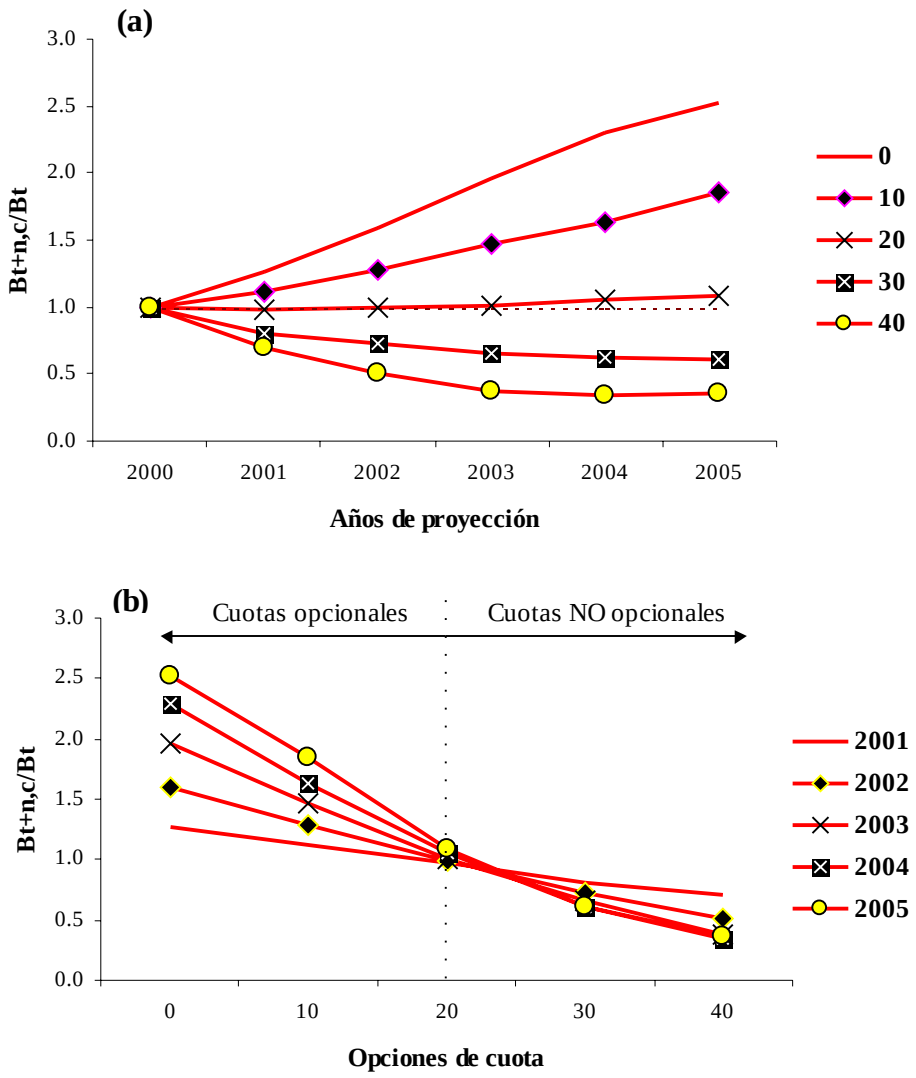


Fig. 21. Estatus del Punto de Referencia Límite proyectado al 2005 con diferentes opciones de cuota de abulón azul en la zona concesionada a la cooperativa II. (a) y (b) muestran dos formas de representar los mismos datos.

e) El estatus y la tendencia de la biomasa

En esta parte usan conceptos de manejo adaptativo (Hilborn y Walter, 1976). De acuerdo con la *figura 9* y la *figura 17*, el estatus de abulón azul en la cooperativa II es de 0.53 del PRO, y tiene una tendencia negativa en los últimos tres años (de 1998 a 2000). Si en 1999 se capturaron 18 t y la biomasa disminuyó al siguiente año, significa entonces que se extrajo más de la PE, por lo que la cuota deberá ser menor a 18 t. Por lo tanto, considerando los elementos técnicos derivados de la dpp de la *PEA*, el riesgo sobre el *PRL*, la proporción de incremento de la biomasa con las diferentes opciones de cuota, el estatus y la tendencia de la biomasa, mas los aspectos sociales y económicos, la cuota recomendada de abulón azul para la cooperativa II de ubicó entre 12 y 17t. Con esta cuota, la biomasa se incrementará 5% en el 2001, 14% en el 2002, 24% en el 2003, 35% en el 2004 y 46% en el 2005.

Este análisis se ha realizado formalmente para todas las cooperativas abuloneras en la península de Baja California desde 1996-1997, y de acuerdo a los resultados obtenidos observados en la *figura 16* se han obtenido los objetivos planteados, puesto que se ha detenido el deterioro y en algunas zonas se ha iniciado

la recuperación hacia el PRO. Estos objetivos se han logrado gracias a la participación del programa abulón en los CRIP La Paz y Ensenada y a la valiosa colaboración de los cooperativas abuloneras, quienes participan con el INP en las estimaciones directas de biomasas, y además, cuentan con un estricto control de las medidas establecidas por ellos mismos.

Es muy importante enfatizar que la baja de las capturas se debe a una disminución de la biomasa, considerada en la estrategia de manejo. En las zonas donde se ha iniciado la recuperación las cuotas podrán incrementarse gradualmente, sin que se afecte la recuperación, mientras que en las que no hay señales de recuperación las cuotas tendrán que reducirse aún más para estimular el crecimiento.

Con base en el análisis sobre el estado de la pesquería de abulón en la península de Baja California se concluye lo siguiente:

- La tasa de crecimiento poblacional de estas especies es muy baja.

- La estrategia de recuperación iniciada en 1996-1997 ha dado resultados satisfactorios. La tendencia negativa en las biomasas se ha detenido y en algunas zonas se ha iniciado la recuperación.

- Se ha validado la aplicación del modelo utilizado, lo que ha permitido estimar con mayor precisión el estatus y los riesgos de cada especie en las diferentes zonas.

- En general, hasta el 2000 el abulón azul se encuentra a 70% del PRO, con un riesgo de 40% de que la biomasa sea inferior a *Bo/2*; el abulón amarillo se encuentra al 60% del PRO, con un riesgo de 40 de que la biomasa sea inferior a *Bo/2*.

- El recurso fue afectado fuertemente por el fenómeno ENOS 1997-1998. Sin embargo, desde 1999 los mantos de algas y en general, la comunidad marina de los bancos abuloneros se ha recuperado, por lo que existen condiciones favorables para el crecimiento de las poblaciones de abulón.

Es importante recordar que los modelos sólo son una aproximación a la realidad (Gilchrist, 1984), y que las fuentes de incertidumbre van desde la identificación y planteamiento del mismo hasta el error en los datos utilizados. La modelación de recursos pesqueros sujetos a explotación comercial es un proceso de actualización continua. El acopio de nuevos datos permite validar las predicciones realizadas con el modelo y, al mismo tiempo, esta nueva información permite identificar un prototipo (modelo) más similar al mundo real.

La actualización del estado de la pesquería de abulón se basará en la validación de las predicciones del modelo utilizado en este análisis al comparar las biomasas estimadas de manera directa en 2001 con las predicciones del modelo. Es necesario utilizar un modelo que incorpore más aspectos biológicos en la dinámica de la población con objeto tener mas Puntos de Referencia.

Finalmente, es importante revisar la situación de las nueve coopertivas de las que no se dispone de información, ni han colaborado con el INP en los trabajos de estimación de biomasa. De estas nueve, cuatro son de Baja California (Ensenada, Rafael Ortega Cruz, Abuloneros y Langosteros, y S.P.P. Litoral de Baja California), y cinco son de Baja California Sur (Pescadores de la poza, Cadejé, San José de Gracia, 19 de Septiembre y Laguna San Ignacio).

CAMPOS DE COLABORACIÓN

En 1994 el CRIP La Paz (INP) elaboró un convenio por dos años con el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y con el sector productivo para colaborar en el proyecto de investigación “Estudio

ecológico de comunidades de fondos rocosos en la zona de transición templado-tropical e impacto de cambios climáticos y su relación con las fluctuaciones de la producción pesquera en la costa occidental de la Península de Baja California Sur". En 1997 se elaboró la segunda fase, basados en los efectos de cambio climático, particularmente de "El Niño" 1997-98, sobre el reclutamiento y la abundancia de especies bentónicas, en la costa occidental de la península de Baja California.

Existen también proyectos de investigación conjunta con el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR).

Dentro del contexto internacional, se tiene relación entre investigadores del CRIP La Paz y del Departamento de Pesca del Sur de Australia. Uno de los resultados ha sido la elaboración del documento *A Long-term study of the abalone fishery at La Natividad Island, México*. Sin embargo, en este aspecto es necesario realizar acciones para fortalecer la relación Institucional.

▼*Plan de manejo*

Una de las colaboraciones más importantes es la de las cooperativas abuloneras, ya que gracias al apoyo logístico, financiero y técnico se cuenta con prospecciones de biomasa desde 1990 a la fecha, que fueron los datos base para el análisis realizado en este documento. Esta es una de las relaciones de colaboración que se debe continuar y consolidar con proyectos de investigación para la evaluación y el manejo. Esta colaboración debe formalizarse en un plan de manejo que contemple entre otros, los siguientes aspectos:

1. Lineas de investigación.

Si bien los modelos dinámicos de biomasa definen estrategias de manejo mediante puntos de referencia generales, es necesario reducir la incertidumbre en las estimaciones de biomasa las cuales están asociadas a la precisión en la estimación de las áreas abuloneras.

Es importante también probar con otro tipo de modelos que incorporen más elementos biológicos e incluir nuevos puntos de referencia que permitan analizar otras alternativas de manejo. Ejemplos de esto serían: la biomasa mínima del stock reproductor, la producción de huevos por recluta y la biomasa desovante por recluta. Esto implica actualizar los estudios de edad y crecimiento, mortalidad natural en las diferentes fases del ciclo de vida, deriva larval y definición de las unidades de stock.

Los estudios de fecundidad se han efectuado principalmente en la zona I, salvo el caso de abulón amarillo en la zona II, por lo que es necesario ampliar estos trabajos en las zonas II, III y IV, así como complementar las estimaciones en la zona I.

Adicionalmente es importante estudiar la dinámica de las poblaciones de abulón dentro de un marco ecológico, lo que permitirá comprender aún más el efecto de los cambios asociados a los eventos ENOS en las comunidades marinas y su impacto en las especies de interés comercial, además de las relaciones entre las especies que comparten el mismo hábitat en lo que se refiere a competencia y depredación. Indudablemente para lograr esto se requiere de datos fidedignos, obtenidos con una estrecha colaboración entre cooperativas, universidades, empresas que comercializan este recurso y el Instituto Nacional de la Pesca, responsable científico del manejo de los recursos pesqueros en México.

Las principales líneas de investigación que deben abordarse son:

- Estudiar cuantitativamente el impacto de enfriamiento y calentamiento de agua en la estructura de la poblaciones de abulón, en el reclutamiento y en la estructura de la comunidad de los bancos abuloneros.

- Determinación del área efectiva de los bancos abuloneros y analizar métodos alternativos para la estimación

de biomasa.

- Fortalecer el registro de datos del esfuerzo efectivo medido en tiempo de buceo, que permitirá a futuro empezar a elaborar la serie de registro de captura y esfuerzo de manera confiable. Este permitirá tener otras fuentes de índices de abundancia cuando la tendencia de las biomasas estimadas de manera directa son contradictorias.

- Actualización de los estudios de fecundidad y crecimiento (en longitud y peso) por especie en cada una de las zonas.

- Reiniciar los estudios para determinar índices de reclutamiento a nivel semilla mediante colectores.

- Estudiar la efectividad de crear polos de reproducción mediante el transplante de organismos de áreas ambientalmente similares.

- Evaluar cuantitativamente la mortalidad debida a la enfermedad del síndrome de deshidratación, así como las causas de su presencia.

- Evaluar la efectividad de los repoblamientos vía semilla cultivada en zonas donde el abulón prácticamente ha desaparecido.

2. Puntos de referencia para la recuperación: aspectos socieconómicos y alternativas

El desarrollo regional de poblaciones enteras, incluyendo construcción y obras públicas, se ha basado en las utilidades obtenidas de la captura de abulón. Por esa razón, aún cuando todas las cooperativas están de acuerdo con las conclusiones del INP sobre el estatus de las poblaciones de abulón, han solicitido que la reducción de las cuotas no afecten el equilibrio económico de las comunidades que dependen de este recurso. Desde 1996-1997 al 2000, la recomendación sobre la asignación de la cuota se ha basado en los criterios detallados en este documento, procurando en lo posible elegir riesgos y proporciones de incremento que favorezcan la recuperación de la biomasa, sin afectar la economía de las comunidades dedicadas a esta pesquería. Sin bien este esquema dado resultados como ya se ha mostrado, puede mejorarse significativamente con la participación directa de los usuarios en la elección de los riesgos y las proporciones de incremento en el proceso de asignación de cuotas.

El PRO definido en 1996-1997 implica llevar la biomasa a Bo/2, donde se maximiza la producción excedente. Sin embargo, este es un objetivo a largo plazo, puesto que en algunas zonas el estatus es menos del 50%. La nueva propuesta incluye por lo tanto, establecer **P**untos de **R**eferencia **O**bjetivo para la recuperación a **C**orto **P**lazo (PROCP).

En términos generales el proceso de asignación de cuotas tendría los siguientes puntos

- Definir el PROCP: por ejemplo incrementar la biomasa en 15% en dos años; o llevar la biomasa de un estatus de 60% a 75% de Bo/2.

- Asignar las cuotas que cumplan con ese objetivo a corto plazo

- Evaluar los resultados al transcurso del tiempo establecido y fijar un nuevo punto de referencia objetivo a corto plazo.

- Repetir este proceso hasta alcanzar el PRO final.

De esta manera, la elección de los riesgos y las proporciones de incremento serían mas objetivos, ya que están acotadas también por un PRO a largo plazo, y se estaría cumpliendo implicitamente el PRL. La definición cuantitativa del PROCP deberá ser por especie y zona y deberán participar necesariamente los usuarios. Esta propuesta es uno de los puntos que se tratarán en el taller de abulón que se realizará en La Paz en octubre de 2000.

REFERENCIAS

Andrade, P.M.L. 1971. Algunos aspectos sobre la madurez gonadal en *Haliotis fulgens* y *Haliotis corrugata* (Phyllum Mollusca, Clase Gasteropoda) por observación directa. Tesis Profesional. Esc. Sup. Cien. Mar. UABC, Ensenada, Baja California.

Astudillo, G.J.M. 1993. Algunos aspectos reproductivos del abulón azul *Haliotis fulgens* Philippi 1845 (Mollusca: Haliotidae) en tres áreas: La Bocana, San Juanico y La Poza, B.C.S., México en un ciclo anual. Tesis Profesional. Dep. Biol. Mar. UABCS, La Paz, México.

Bayes, T. 1963. Essay towards solving a problem in the doctrines of chances. Biometrica 45:293-1315.

Breen, P.A. 1992. A Review of models used to stock assessment in abalone fisheries. *En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp: 243-275.

Brown, B. E. & G. P. Patil. 1986. Risk analysis in George's Bank Haddock fishery - a pragmatic example of dealing with uncertainty. N. Am. J. Fish. Man. 6:183-191.

Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347: 1-83.

Cordue, P.L. & R.I.C.C. Francis. 1994. Accuracy and choice in risk estimation for fisheries assessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 817-829.

Cox, K. W. 1962. California abalones, family Haliotidae. Fish. Bull. 118: 1-33.

Departamento de Pesca. 1980. Análisis de la pesquería de abulón en Baja California y fundamentos biológicos para un nuevo régimen de explotación del recurso. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Doi, T., S. Guzmán del Proó, A.V. Marín; Q.M. Ortiz, A.J. Camacho & L.T. Muñoz. 1977. Análisis de la población y diagnóstico de la pesquería de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en el área de Punta Abreojos e Isla de Cedros, B.C. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. Serie Científica 18.

Francis, R. I. C. C. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 922-930.

Gavaris, S. 1993. Analytical estimates of reliability for the projected yield from commercial fisheries. *En:* Smith, J.J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 185-191.

Gilchrist, W. 1984. Statistical modelling. John Wiley & Sons. New York.

Guzmán del Proó, S.A. 1989. Una revisión sobre la biología y pesquería del abulón (*Haliotis* spp) en México. Res. I Simp. Intern. Abulón: Biología, Pesquerías y Cultivo. La Paz, B.C.S. México.

Guzmán del Proó, S.A., V. Marín A. & C. Castro A. 1976. Estructura y abundancia de la población de abulón (*Haliotis* spp.) de Baja California en los años 1968-70. Memorias del Primer Simposium Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México: Abulón/Langosta. SIC/INP. Ensenada. pp: 219-301.

Guzmán del Proó, S.A., J. Pineda, B.J. Molina, F. Uribe, R. Aguilar, M. Andrade, G. León, V. Marín y C.E. Castro. 1980. Análisis de la pesquería del abulón de Baja California: fundamentos biológicos para un nuevo régimen de explotación del recurso. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. N. Am. J. Fish. Manag. 7: 1-5.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press.

Hilborn, R. E.K. Pikitch & M.K. Mc Allister. 1994. A Bayesian estimation and decision analysis for an age-structured model using biomass survey data. Fish. Res. 19: 17-30.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Leighton,D.L.1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of Southern California abalones. Fish. Bull. 72(4):1137-1145.

Lelevier, G.A., G. León C., M. Ortíz Q., J.R. Turrubiates M., J.G. González A. & M.A. Reinecke R. 1989. Análisis biológico pesquero del stock abulón en la península de Baja California, durante las temporadas de pesca 1981-1988. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. y N. Ceseña. 1988. Análisis biológico pesquero de la temporada de pesca 1987 de abulón. Zona de explotación de la S.C.P.P. Bahía Magdalena S.C.L. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. & M. Muciño. 1995. Nota informativa sobre la pesquería de abulón en Baja California. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. & M. Muciño. 1996. Pesquería de abulón (15-41). *En*: Casas Valdez, M. & G. Ponce Díaz. (eds). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Gobierno del Estado de B.C.S./FAO/SEMARNAP. México. pp:15-41.

León, C.J.G. & M. Ortíz. 1992. La pesquería del abulón en Baja California. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Lindley, D.V . 1983. Theory and practice of bayesian statistics. The Statistician 32: 1-11.

Luna, G.A. 1993. Ciclo reproductivo de abulón azul *Haliotis fulgens* Philippi, 1845 (Mollusca: Haliotidae) en la Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis Profesional, Dpto. Biol. Mar. UABCS. La Paz, B.C.S. México.

Mace, P.M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.

McAllister, M. K., E. K. Pikitch; A. E. Punt & R. Hilborn. 1994. A Bayesian approach to stock assessment and harvest decisions using the sampling/importance resampling algorithm. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2673-2687.

Molina, M.J. 1983. Estimaciones de fecundidad en *Haliotis fulgens* de El Bajo, Bahía Rosario, Baja California. Ciencia Pesquera 4: 77-95.

Mottet, M. G. 1978. A review of the fishery biology of the abalones. Wash. State Dep. Fish. Tech. Rep 37: 1-81.

Muciño D., M., B.A. Vélez, J.R. Turrubiates & M.A. Reinecke. 1995. Aspectos reproductivos del recurso abulón en las zonas II, III y IV y su relación con la ampliación del periodo de veda. México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Muciño-Díaz, M. 1996. El cultivo del recurso abulonero. *En:* SEMARNAP. (ed). Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca. pp: 153-166.

Muciño D., M., B.A. Vélez, P. Reinecke, M.J. Talavera, M.J. Turrubiates & C.J. León 1998. Estimación del tamaño de las poblaciones de abulón en la península de Baja California, México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Muñoz, L.T. 1976. Resultados preliminares de un método para determinar edad en abulones (*Haliotis* spp) de Baja California. Memorias del Primer Simposium Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México: Abulón/Langosta. SIC/INP. Ensenada. pp:281-301.

Ogawa, J., M. Muciño D. & D. Aguilar O. 1992. Producción de semillas de abulón *Haliotis fulgens* en el laboratorio de la S.C.P.P. Progreso S.C.L. en La Bocana, B.C.S. México. JICA/SEPESCA. México.

Ortíz Q.,M. & G. González A. 1986. Notas sobre madurez, índice gonadal y fecundidad en tres especies de abulón *Haliotis* spp. (Mollusca: Gasteropoda) a partir de colectas en el Rosario e Islotes Benitos y Bahía Asunción, Baja California. México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ortiz-Quintanilla, M. & G. León-Carballo. 1996. La pesquería de abulón. *En:* SEMARNAP. (ed). Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca.121-152.

Ortíz Q., M., G. León C., M.A. Reinecke, A. Lelevier G., J.R. Turrubiates M. & J.G. González A. 1990. Proceso reproductivo en especies de abulón (*Haliotis* spp) y su relación con los mecanismos regulatorios pesqueros en la costa occidental e islas de la península de Baja California, México. Res. VIII Simp. Internal. Biol. Mar. UABC, Ensenada, México: 156-163.

Ortiz Q., M., G.C. León & M. Muciño. 1988. La pesquería de abulón en la Península de Baja California: Situación actual y perspectivas. *En:* SEPESCA. (ed*).* Los Recursos Pesqueros del País. XXV Aniversario Instituto Nacional de la Pesca, SEPESCA-INP, México. pp:1-51

Owen, R., J.H. McLean & R.J. Meyer. 1971. Hibridization in the Eastern Pacific abalones (*Haliotis*). Bull. L.A. Co. Mus. Nat. Hist. Sci. 9: 1-37.

Perry, R.I., C.J. Walters & J.A. Boutillier. 1997. A framework for providing advice for the management of new invertebrate fisheries. Rev. Fish Biol. Fish. (manuscript).

Polacheck, T., R. Hilborn & A.E. Punt. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2597-2607.

Prince, J. & S. Guzmán del Proó. 1993. A stock reduction analysis of the Mexican abalone (Haliotid) fishery. Fish. Res. 16: 25-49.

Prince, J. 1992. Using a spatial model to explore the dynamics of an exploited stock of the abalone *Haliotis rubra. En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp:305-307.

Restrepo, V. R., J. M. Hoenig, J. E. Powers, J. W. Baird & S. C. Turner. 1992. A simple simulation approach to risk and cost analysis, with applications to swordfish and cod fisheries. Fish. Bull. 90: 736-748.

Rosenberg, A.A. & S. Brault. 1993. Choosing a management strategy for stock rebuilding when control is uncertain. *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 243-249.

Sainsbury, K.J. 1977. Populations dynamics and fishery management of the abalone, *Haliotis iris*. Ph.D. Thesis, Caterbbury University. Chirstchurch, New Zealand.

Schnute, J. 1987. Data uncertainty, model ambiguity, and model identification. Nat. Res. Mod. 2 (2): 159-212.

Schnute, J.T. & R. Hilborn. 1993. Analysis of contradictory data sources in fish stock assessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1916-1923.

SEMARNAP. 1996. Anuario Estadístico de Pesca 1995. México.

Shepherd, J.G., S.A. Guzmán del Proó, J. Turrubiates, J. Belmar, J.L. Baker & P.R. Sluczanowski. 1991. Growth, size at maturity, and egg-per-recruit analysis of the abalone *Haliotis fulgenski* in Baja California. Veliger 34 (4): 324-330.

Sierra R., P., E. Zárate, M. Muciño & A. Vélez. 1998. Incoporación de la variabilidad ambiental en los modelos de producción excedente e incertidumbre en el proceso de ajuste. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Sissenwine, M.P & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Smith, A.D.M. 1993. Risk of over-and under-fishing new resources. *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 261-267.

Smith, S.J. & S. Gavaris. 1993. Evaluation the accuracy of projected catch estimates from sequential population analysis and trawl survely abundance estimates *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 163-172.

Turrubiates, M.J. 1996. Mortalidad natural de abulón *Haliotis* spp en la región noroccidental de Baja California Sur. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Turrubiates, M. J. & J.L. Castro O. 1992. Growth of *Haliotis fulgens* in Bahia Tortugas, Baja California Sur, México. *En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp: 10-15.

Valles, R.H. 1993. Síndrome de deterioro en poblaciones de abulón chino *Haliotis sorenseni* detectados en puntos situados entre Punta Baja y Punta San Antonio, B.C. México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Vega V., A. & E. Michel. 1992. Contribución al conocimiento de la biología reproductiva del abulón azul (*Haliotis fulgens* Philippi 1845), en el litoral de Punta Eugenia, B.C.S. México. Res. IX Simp. Biol. Mar. UABCS, La Paz, México.

Vega V., A., G. León & M. Muciño. 1994. Sinopsis de información biológica, pesquera y acuacultural de los abulones (*Haliotis* spp.) de la península de Baja California, México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Vega V., A., A. del Valle & R. Ayala. 1990. Evaluación poblacional de abulón (*Haliotis* spp) durante el verano-otoño de 1990, en las áreas de pesca comprendidas de Punta Los Elefantes hasta tres millas al sur de Punta Eugenia; dentro de la zona de pesca de la S.C.P.P. La Purísima S.C.L. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Vega V., A., E. Michel, J. Turrubiates, A. del Valle, A. Piñuelas & F. Espinoza. 1993. Desarrollo gonádico y reclutamiento reproductor del abulón amarillo (*Haliotis corrugata*), en el litoral centro-oeste de la península de Baja California, México. Res. V Congr. Latinoam. Cienc. Mar. UABCS, La Paz, México.

Vélez, B.J.A. & M. O. Muciño D. 1998. Composición por especies en las existencias silvestres y en la captura comercial del abulón *Haliotis* spp en la península de Baja California, México. Período 1990-1998. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

erizo
rojo
erizo
ROJO
ROJO
erizo
erizo
ROJO
erizo
ROJO
rojo
erizo
rojo
ROJO
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ERIZO

ESPECIE: Erizo rojo *(Strongylocentrotus franciscanus)*

- Especie densodependiente susceptible a cambios climáticos.
- Pesquería artesanal cuya distribución en parches está estrechamente vinculada a las áreas de alimentación del erizo.
- Producto de exportación con altos precios en el mercado asiático. Genera un promedio de 7 millones de USD anuales.
- México es el 5º productor mundial.
- Programa conjunto de repoblamiento entre el sector productivo e instituciones académicas y gubernamentales.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 1,806 t: 22% con respecto al máximo histórico (1989).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa con anomalías térmicas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

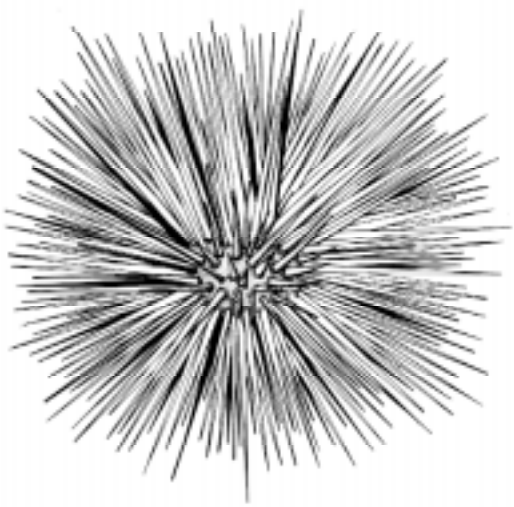
- En deterioro.

MEDIDAS DE MANEJO

- Veda temporal, cuota de captura por región, talla mínima, control del esfuerzo pesquero por número de permisos (NOM-007-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

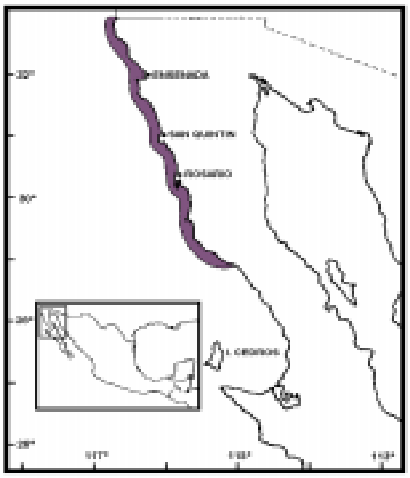
- Alcanzar el 50% del nivel de la biomasa virgen.



ERIZO DE MAR

Strongylocentrotus franciscanus

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

La pesquería del erizo rojo de mar (*Strongylocentrotus franciscanus*), junto con las pesquerías de abulón y langosta, es una de las más importantes en la península de Baja California. Genera aproximadamente 2 , 000 empleos en la región y sus volúmenes de captura se encuentran alrededor de 1, 500 t en los últimos tres años.

El erizo es apreciado en el mercado asiático por la calidad y tamaño de sus gónadas, y debido a la demanda internacional siempre se ha canalizado como un producto de exportación que genera divisas para el país equivalentes a siete millones de dólares anuales, lo que la ubica en el séptimo lugar en México y en quinto lugar a nivel mundial.

Existen cuatro especies de erizos en la península de Baja California, *Strongylocentrotus franciscanus* (erizo rojo), *S. purpuratus* (erizo morado), *Centrostephanus coronatus* y *Lytechinus anamesus;* de ellas, sólo las dos primeras especies son explotadas comercialmente.

De las cuatro especies que se localizan en B.C., solo dos (el rojo y el morado) son explotadas comercialmente.
La pesquería de erizo rojo ha generado alrededor de 1,500 t durante los últimos 3 años. Su importancia económica la ubica en el quinto lugar a nivel mundial

Los primeros intentos de aprovechamiento de erizo rojo de mar (*S. franciscanus*) fueron a finales de la década de los años sesenta por una compañía japonesa, pero fue hasta 1972 cuando se inicia su explotación a nivel comercial con una captura de 93 t de peso entero (Malagrino, 1972).

La principal especie que se captura es el erizo rojo, pero a partir de 1993 el erizo morado fue incorporado también a las capturas comerciales (Palleiro *et al.,* 1995).

Las capturas han disminuido su nivel desde 1986, y actualmente la pesquería se encuentra administrada bajo un enfoque precautorio. Desde 1997 se establecieron cuotas y tasas de explotación variables para llevar a cabo la recuperación de las poblaciones (Cota *et al.,* 1997; Solana, 1997).

Utilizando el método de la curva de captura, se estimó la mortalidad total para las temporadas 1995/1996 y 1996/1997 para las 4 zonas de pesca. Los valores de Z son elevados, con un valor promedio de las 4 zonas de 1.70 ± 0.248 que equivalen a una sobrevivencia de un 31.03% y de una mortalidad anual de 68.96%.

La pesquería del erizo rojo ha contribuido al desarrollo y diversificación regional de la pesca, sin embargo este recurso tiene características de vida y hábitat que lo hacen susceptible a los cambios ambientales y a la sobrexplotación.

La pesquería inició formalmente en 1972, registrándose 93 t de peso vivo. En 1979 alcanzó 5,500 t y en 1986 superó las 8 mil t. Actualmente la pesquería se maneja bajo un enfoque precautorio mediante el establecimiento de Puntos de Referencia Biológicos

BIOLOGÍA

El erizo rojo es el equinodermo de mayor tamaño en la costa noroccidental del continente americano. Se distribuye desde las costas de Alaska, E. U., hasta Isla Cedros en Baja California, México. Habita en sustratos rocosos, desde la zona intermareal hasta los 125 m de profundidad (Mottet, 1976; Kato y Schroeter, 1985).

La población de erizo rojo se distribuye en parches desde Alaska hasta Isla Cedros, B.C. en México

El erizo rojo alcanza tallas máximas de 170 mm de diámetro. Su crecimiento varía estacional y espacialmente, siendo lento antes de madurar y acelerado después del desove. Swan (1961), Farías (1980) y Palleiro (1982) determinaron una constante de crecimiento de von Bertalanffy (*k*) de 0.189, aunque en los dos primeros años muestran diferencias en longitud (11 y 25 mm para el primer año y 34 y 42 mm para el segundo) y valores similares para el tercer (53 y 56 mm) y cuarto año (68 y 71 mm).

El erizo es una especie dioica, sin dimorfismo sexual y con fertilización externa (Mottet, 1976). Su estadio larvario, que dura entre dos y tres meses, depende de la disponibilidad de sustrato adecuado para su asentamiento. Inmediatamente después de fijarse al sustrato lleva a cabo la metamorfosis dando origen a un erizo de un mm de diámetro.

El desove del erizo en Baja California se presenta de febrero a mayo; los picos de desove pueden variar estacionalmente. En México no se han realizado estudios de fecundidad de las especies que se explotan.

El comportamiento reproductivo tiende a cambiar a través del tiempo, madurando en forma precoz y rápida en momentos distintos a los que se ha venido reproduciendo. Tapia (1986) y Ruiz *et al*., (1987) determinaron que la talla de primera madurez se alcanza entre los 60 y 65 mm. Mientras que Castro y Tapia (1995) estimaron que está se alcanza entre los 41 y 50 mm.

Las tasas de reclutamiento, sobrevivencia de los juveniles y la disponibilidad de alimento determinan la distribución de la población

La población de erizo rojo se encuentra distribuida en parches o agregaciones (Rosenthal *et al.,* 1974), determinada principalmente por la disponibilidad de alimento, la tasa de reclutamiento y por la tasa de sobrevivencia de los juveniles (Ebert, 1983). Los erizos presentan movimientos motivados principalmente por la búsqueda de alimento y sus desplazamientos son cercanos a los 10 m al día. Una característica importante es que los adultos sirven como dosel y protección para los juveniles contra los depredadores, subiéndose a ellos y escondiéndose entre sus espinas (Tegner y Dayton, 1977; Sloan *et al.,* 1987). Esto genera un mecanismo de depensación, o efecto de Allen, en la población.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura del erizo rojo se realiza en la costa noroccidental de Baja California, desde Playas de Tijuana (frontera con E. U.) hasta Punta Blanca B.C. Palleiro *et al.* (1991) dividen el área de pesca en cuatro zonas administrativas: Zona Uno (Playas de Tijuana a El Puerto de Ensenada), Zona Dos (Punta Banda a Punta Colonett), Zona Tres (Punta Colonett a El Socorro) y Zona Cuatro (El Socorro a Punta Blanca).

La pesca se realiza en embarcaciones menores (14 a 27 pies de eslora) con motor fuera de borda (40-135 caballos de fuerza), a una profundidad de 6 a 30 m, en la cual participan tres personas: un motorista, un cabo de vida y un buzo.

▼ *Tendencias históricas*

La captura comercial se efectúa mediante buceo semiautonómo (sistema Hooka; compresor de aire acoplado a mangueras de hule con una boquilla de respiración deportiva). El esfuerzo pesquero se ha incrementado desde el inicio de la pesquería: de menos de 100 equipos antes de 1985 a 250 en 1986 y actualmente se han registrado cerca de 300.

El número de equipos de pesca se ha incrementado; antes de 1985 participaban menos de 100, en 1986 se registraron 250 equipos de pesca, y durante la temporada 1997-98 se registraron un total de 292 embarcaciones

En la temporada de pesca 1997/1998 se registraron 51 unidades de producción autorizadas (Tabla 1), con un total de 292 embarcaciones y un número igual de equipos de pesca (fuente: Delegación Federal de la SEMARNAP en Baja California).

Durante la época de veda del erizo, la flota captura adicionalmente otras especies como son pepino de mar, abulón y caracol.

El aumento en el esfuerzo ejercido en la explotación del recurso provocó un descenso en la captura durante la temporada 1980-1983, que también se asoció al fenómeno ENOS

Las capturas anuales del erizo rojo han fluctuado, con máximos en 1979 y 1986, con 5 , 500 y 8,250 t, respectivamente (Fig. 1) (Cota *et al.*, 1997). Durante el periodo 1980-83 se observó un descenso en las capturas, que se atribuyó a un efecto combinado del fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS) (1982-1983) y a una fuerte presión de pesca (Palleiro *et al.*, 1986b).

Después del máximo de 1986 la pesquería ha mantenido una tendencia negativa en sus volumenes de desembarques. Para el periodo de 1995 a 1999, las capturas promedio son del orden de las 1,600 t.

Tabla 1. Unidades de pesca, número de embarcaciones y número de equipos registrados para la explotación del erizo rojo en Baja California, México, para la temporada 1997-1998.

UNIDADES	NO.	NO. EMBARCACIONES Y EQUIPOS
Cooperativas	1	37
Asociaciones	36	207
Permisionarios	14	50
TOTAL	51	294

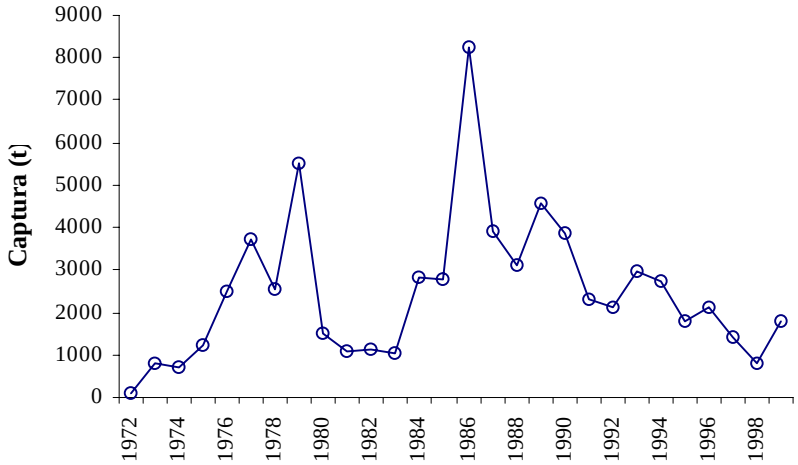


Fig. 1. Captura comercial de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* de 1972 a 1999 en Baja California, México.

El rendimiento obtenido por día ha disminuido considerablemente, de 309.2 kg/día de erizo entero en 1988-1989 hasta 146.2 kg/día durante la temporada 1994-1995; para 1998-1999 disminuyó a 97 kg/día (Aguilar y Romero, 1999).

▼*Pesca incidental*

Dado que la extracción del erizo se realiza mediante selección manual, no existe pesca incidental. La experiencia de los buzos les permite seleccionar los erizos de talla comercial.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Por lo general, los equipos y los artes de pesca se utilizan exclusivamente para la captura de abulón, y en caso de que éstos sean utilizados para la captura de otras especies, no se considera que implique interacción con otras pesquerías.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

La pesquería cuenta con 40 plantas procesadoras, 2 muelles y cerca de 40 varaderos. La flota en general no cuenta con facilidades de muelle para la descarga del producto.

Los canales de comercialización entre el permisionario y el mercado en Japón se realizan a través de aproximadamente 10 intermediarios.

Hasta 1996, la pesquería generó alrededor de 2 , 000 empleos en la región y el valor de la captura anual fue aproximadamente de siete millones de dólares.

El erizo es altamente apreciado en el mercado asiático, principalmente en Japón, donde se comercializa a buen precio por su calidad y el tamaño de las gónadas; el valor de la captura anual es de aproximadamente 7 millones de dólares

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesquería del erizo es regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-007-PESC-1993 y por un Subcomité Técnico en el que participan autoridades federales, estatales, productores y la Universidad Autónoma de Baja California.

En el régimen de derechos a la pesca participan 50 permisionarios (con vigencias de ocho meses a dos años) y dos concesionarios (con vigencia de 20 años).

La Norma establece para la pesquería los acuerdos siguientes:

1.- Una talla mínima legal de 80 mm, tipo de embarcaciones, método de extracción, composición de la tripulación, estudios para la administración de la pesca y formas de registrar la producción (D.O.F. 12/06/87).

3.- Una cuota de captura anual, con base en un dictamen técnico elaborado por el Instituto Nacional de la Pesca (D.O.F. 12/06/87).

2.- Un periodo de veda temporal del 1º de marzo al 31 de junio (D.O.F. 22/06/90).

Además, en el Subcomité Técnico se han acordado las disposiciones estatales siguientes:

1) El programa “Hoy no pescas”; donde la captura se realiza por cinco días de lunes a viernes.
2) Dos formas de pesca mensual: por cuotas diarias y por tallas. Es decir, si se presenta una incidencia alta de juveniles en el mes actual, el próximo mes la flota trabajara con cuotas diarias en cada una de las zonas de pesca. Si no hay incidencia, el mes siguiente se pesca toda la captura posible, respetando únicamente la talla mínima legal.

Además, para proteger a los juveniles, se ha acortado el periodo de pesca de ocho a cuatro meses o hasta tres meses en algunas ocasiones. Esto ocurrió en la Zona Uno durante el periodo 1990-1993.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Se cuenta con registros de captura de 1972 a 1999, esfuerzo estandarizado (número de viajes por temporada) de 1987 a 1999, estimaciones de biomasa de los años 1986, 1990, 1995, 1996 y 1997 (Aguilar y Romero, 1999), mortalidad por pesca, capturabilidad y la tasa de explotación (*U*).

▼ *Modelo*

Dado el tipo de información disponible, el análisis de la pesquería del erizo rojo se realizó con el modelo de producción excedente de Schaefer (1954), en su *versión dinámica* propuesta por Hilborn y Walters (1992), modificado para incluir anomalías térmicas (Sierra *et al.*, 1998), el cual está definido como:

$$B_{t+1} = B_t + r(\alpha_t)B_t\left(\frac{Bo - B_t}{Bo}\right) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

donde:

B_t = biomasa en el tiempo *t*
r = tasa intrínseca de crecimiento
Bo = biomasa virgen
C_t = captura observada al tiempo *t*
α_t = anomalía térmica (en la temperatura superficial promedio del mar (TSM)) al tiempo *t.*

En este modelo, cuando la biomasa se encuentra en el nivel de *Bo*/2, la tasa de crecimiento es máxima, por lo que se considera el *punto de mayor producción.*

Las poblaciones de erizo son influenciadas por cambios ambientales (Palleiro *et al*., 1986b). Para Walters y Parma (1996) el efecto de los cambios climáticos causa confusión en el análisis de las pesquerías, debido a que es difícil distinguir entre el impacto de la explotación y el efecto ambiental.

Por lo anterior, y para estimar su efecto, en el análisis cuantitativo se incluyeron las anomalías definidas como:

$$\alpha_t = \left[1 - TSM_t\right] \quad \text{.....(2)}$$

Debido a que los registros de captura iniciaron a partir de 1972, la biomasa inicial para el modelo se estimó como:

$$B_{inicial} = Bo * P \quad \text{.....(3)}$$

donde:

P = proporción de la biomasa inicial con respecto a *Bo*.

El ajuste al modelo se realizó con base en los datos de las evaluaciones de biomasa y datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), obtenidos por el Proyecto Erizo de Mar del Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada.

Se estimó la mejor combinación de los parámetros (*Bo*, *r*, *P*, y *q*) mediante rutinas iterativas de optimización para una función de verosimilitud de la forma (Hilborn y Walters, 1992):

$$L(Y|Bo,r,P,q) = \prod_{t=i}^{n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(V_t)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$L(Y|Bo,r,P,q)$ = probabilidad de los datos observados (*Y*), ya sea biomasa o la CPUE, dado el valor de los parámetros del modelo de Schaefer *Bo, r*, *P*, *q*;
V_t = error de observación al tiempo *t;*
σ_t = desviación estándar del error.

El error de observación (V_t) está definido para la biomasa como:

$$V_t = \left[Ln(Bobs_t) - Ln(B_t) \right] \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$Bobs_t$ = biomasa observada al tiempo *t;*
B_t = biomasa estimada mediante el modelo al tiempo *t.*

El error de observación para la CPUE es:

$$V_t = \left[Ln(CPUE_t) - Ln(\hat{I}_t) \right] \quad \text{.....(6)}$$

donde:

$CPUE_t$ = captura por unidad de esfuerzo al tiempo t, obtenida como:

$$CPUE_t = \frac{Cobs_t}{f_t} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$Cobs_t$ = captura observada al tiempo t.
f_t = esfuerzo al tiempo *t*

$\hat{I}_t$ = índice de abundancia relativa o la CPUE estimada al tiempo *t* descrito como:

$$\hat{I}t = \frac{\hat{C}_t}{f_t} \quad \text{.....(8)}$$

donde:

$\hat{C}_t$ = captura estimada al tiempo *t* definida como:

$$\hat{C}_t = \hat{B}_t U_t \quad \text{.....(9)}$$

donde:

$\hat{B}_t$ = biomasa estimada por medio del modelo:

$$U_t = 1 - e^{-qf_t} \quad \text{.....(10)}$$

donde:

U_t = tasa de explotación al tiempo *t*
q = coeficiente de capturabilidad

La desviación estándar del error de observación (σ) es expresada por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left[Ln(Y_t) - Ln(\hat{Y}_t)\right]^2} \quad \text{.....(11)}$$

donde:

Y_t = datos observados al tiempo *t,* ya sean de biomasa o CPUE

$\hat{Y}_t$ = datos estimados al tiempo *t* de biomasa o CPUE.

En el manejo de las pesquerías es necesario incorporar incertidumbre ya que es difícil estimar la variabilidad en la naturaleza. Para esta pesquería lo apropiado es medir esta variabilidad expresada en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987). Para ello se estima la distribución de probabilidad de los parámetros antes mencionados (*Bo*, *r*, *P* y *q*), con la formula de Bayes (1763, citado en Hilborn y Walters, 1992), la que se describe como:

$$P(\theta_i|D) = \frac{P(D|\theta_i)\cdot P(\theta_i)}{\sum P(D|\theta_j)\cdot P(\theta_j)} \quad \text{.....(12)}$$

donde:

$P(\theta_i|D) =$ probabilidad posterior de un estado de la naturaleza incierto;
$P(D|\theta_i)$ = probabilidad de los datos dado el valor de los parámetros θ;
$P(\theta_i)$ = probabilidad de θ antes de que los datos sean analizados (probabilidad anterior);

La formula de Bayes permite incorporar la probabilidad anterior de los parámetros (Box y Tiao, 1973, Gelman *et al.*, 1995).

El proceso de estimación de la distribución de probabilidad de los parámetros se realizó de la siguiente manera:

a) Se generaron números aleatorios con distribución uniforme de los parámetros del modelo;
b) Se calculó la biomasa (Ecuación 1) y los índices de abundancia (Ecuación 7), desde el primer hasta el último año de la serie de datos de captura y esfuerzo;
c) Se calcula la verosimilitud (Ecuación 4) y se asignó el valor de los diferentes parámetros generados en (a);
d) Se repitió el procedimiento "n" veces, hasta encontrar la combinación de parámetros de máxima verosimilitud.

Los resultados obtenidos del ajuste del modelo de Schaefer a los datos de Biomasa, CPUE y capturas muestran que existen gran variedad de combinaciones de los valores de los parámetros que pueden dar un buen ajuste (Fig. 2 y 3).

A partir de 1987 la biomasa estimada de erizo se encuentra por debajo del nivel de máxima productividad

Incluir las anomalías térmicas permite un mejor ajuste del modelo, al describir apropiadamente los cambios de la población de erizo durante el periodo analizado. Estos cambios coinciden con la descripción de la relación entre las capturas y los periodos de calentamiento y enfriamiento de la superficie del mar (Palleiro *et al.*, 1986b).

Se encontró que a partir de 1987, la biomasa estimada de la población de erizo se encuentra por debajo del nivel de la máxima productividad, esto es en el punto de $Bo/2$ (Fig. 2).

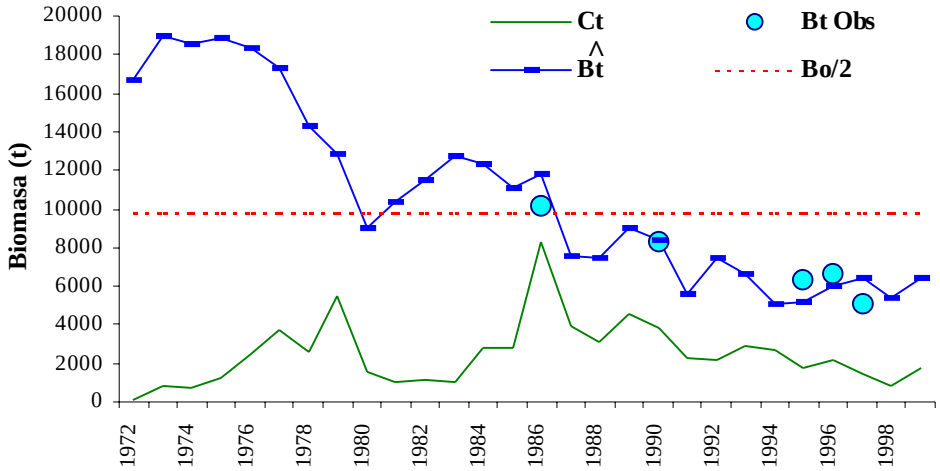


Fig. 2. Curva de biomasa estimada con el modelo de Schaefer para los datos de biomasa del erizo rojo en Baja California, México, durante el periodo de capturas 1972-2000. La biomasa estimada (B_t) es la representación determinística con la mejor combinación de parámetros del modelo.

La disminución de la biomasa se debe posiblemente a: 1) al incremento de la captura, como en 1986, cuando se registró un máximo de ésta; 2) condiciones ambientales adversas, como el fenómeno de "El Niño" ocurrido en 1982-1983, y 3) la pesca ilegal. La biomasa ha disminuido al grado que no se ha podido recuperar a pesar de adoptarse diversas medidas para la regulación de la pesquería, como se observa en la *figura 3 a* y *b*, donde se muestra una tendencia decreciente de la CPUE y las capturas.

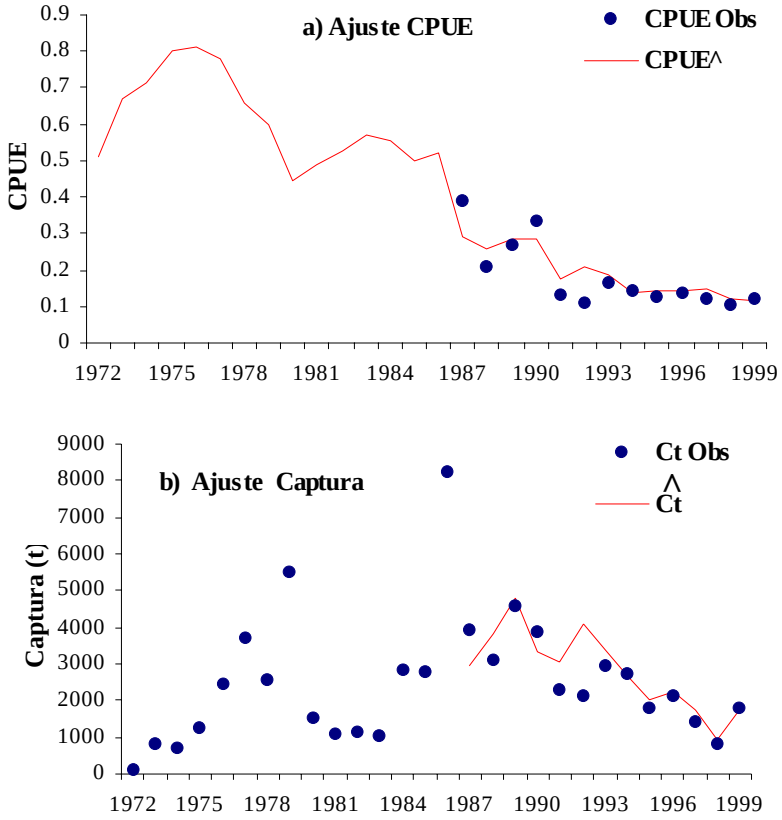


Fig. 3. Curvas ajuste de la captura por unidad de esfuerzo, CPUE (a), y capturas estimadas (b) con el modelo de Schaefer para los datos de CPUE y capturas observadas del erizo rojo de Baja California, México, durante el periodo de capturas 1972 a 1999.

Se estimó que el valor más probable de la biomasa en 1972 fue de alrededor de 19,000 t, lo cual se considera muy cercano al de la biomasa virgen. Sin embargo, se muestra una gran variación de este valor pudiendo ser cualquiera entre 14,000 a 21,000 t (Fig. 4a) y puesto que hasta antes de este año no existía evidencia de explotación intensa, se considera un valor de *P* de casi 1.

El valor más probable de la tasa de crecimiento (r) se observa que este es de 0.56, con un intervalo de 95% entre 0.4 y 0.8 (Fig. 4b).

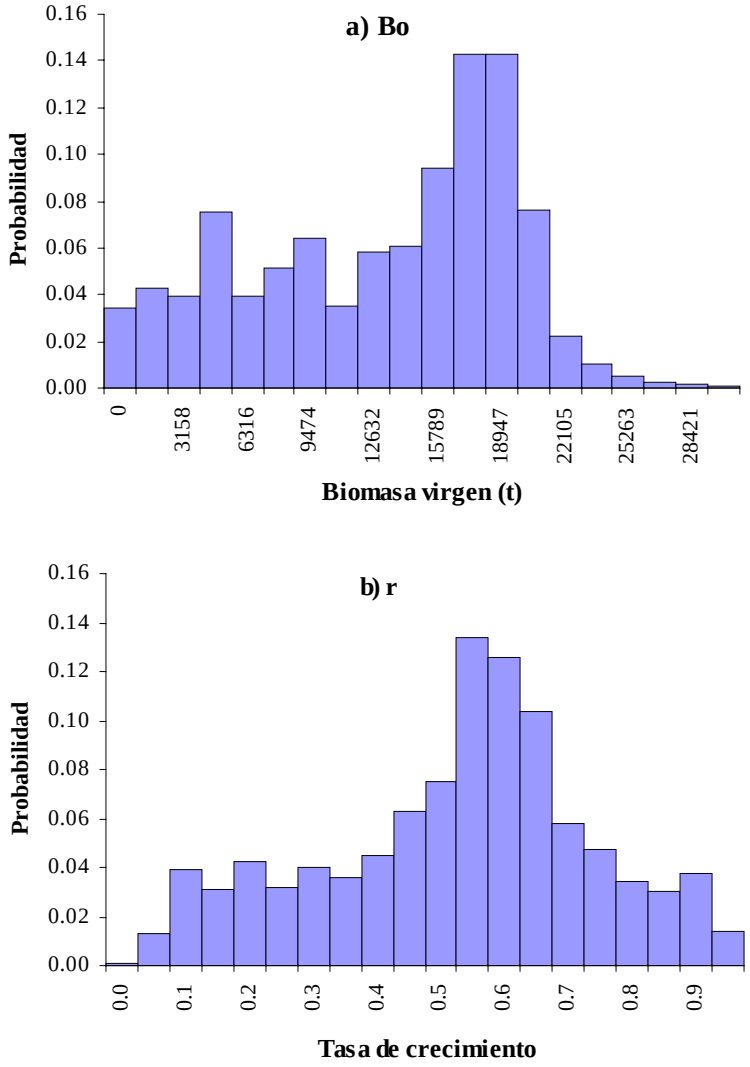


Fig. 4. Distribución de probabilidad de los parámetros del modelo de Schaefer ajustados para datos de biomasa, para la pesquería de erizo de Baja California, México.

▼*Estado actual de la pesquería de erizo rojo*

El manejo de los recursos pesqueros se basa en Puntos de Referencia Biológicos (PRB) (Sissenwine y Shepherd, 1987; Mace, 1994). En la pesquería del erizo rojo se ha iniciado el trabajo con los PRB para mejorar la estrategia de pesca, y obtener modelos que caractericen la dinámica de las poblaciones (Sierra *et al.*, 1997; Cota *et al.*, 1997).

Los Puntos de Referencia Biológicos dependen de las condiciones de las poblaciones, pueden ser óptimo, precautorios o riesgosos. Considerándose como niveles (máximos o mínimos) que sirven de puntos de referencia objetivos

Los PRB como componentes de estrategias de manejo dependen de las condiciones del stock bajo estudio, pudiendo ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994).

Con el uso de modelos de producción excedente se puede estimar la Producción Excedente Máxima (PEM) que, como se mencionó, en el modelo de Schaefer se obtiene cuando la biomasa de la población es la mitad de lo que tendría en su condición virgen (*Bo*/2). Este nivel de biomasa se puede usar como punto de referencia objetivo, midiendo así el estado de la población con respecto a ese nivel (Caddy y Mahon, 1995). En este caso, el Punto de Referencia Objetivo (PRO), considera el valor estimado de la biomasa de 2000, observando si éste se encuentra por arriba o por debajo del nivel de *Bo*/2.

Los puntos de referencia también pueden ser considerados como límites (PRL), definidos como un determinado nivel (máximo o mínimo) que no se desea exceder (Caddy y Mahon, 1995).

El Punto de Referencia Límite definido en este estudio, es que las biomasas futuras no deben ser menores a la biomasa estimada para 2000, y posteriormente llevar la biomasa de la población al nivel donde se alcanza la PEM (B_{PEM}) o punto de referencia objetivo.

Hilborn y Mangel (1997) definen a los PRO de la manera siguiente:

$$\text{PEM} = [Bo/2]U_{PEM} \quad \text{.....(11)}$$

$$\text{Biomasa para la PEM} = Bo/2 \quad \text{.....(12)}$$

Producción Excedente Actual:

$$\text{PEA} = rBt\left(\frac{Bo - Bt}{Bo}\right) \quad \text{.....(13)}$$

La tasa de explotación para la PEM se calculó mediante:

$$U_{PEM} = r/2 \quad \text{.....(14)}$$

y el esfuerzo para la PEM

$$Esf_{PEM} = -\ln(1 - U_{PEM})/q \quad \text{.....(15)}$$

Para definir el estatus (*Est*) del recurso, el primer paso consistió en conocer si la biomasa para 2000 (B_{2000}) es mayor o menor a *Bo*/2, la cual se obtuvo con:

$$Est = \frac{B_{Actual}}{[B_{PEM}]} \quad \text{.....(16)}$$

Se observa que la biomasa estimada para 2000 es menor al PRO definido (Fig. 2), por lo que el estatus del stock se ubicó como una pesquería que requiere estrategias de recuperación.

Lo anterior se muestra claramente en la *figura 6*, donde la distribución de probabilidad de la biomasa de 2000 y la distribución de *Bo*/2 se traslapan (Fig. 5a). Sin embargo, el valor más probable de la biomasa actual es menor al de *Bo*/2.

Esto mismo se observa en la distribución de probabilidad de la relación B_{1999}/[*Bo*/2] notando que existe 75% de probabilidad de que la biomasa de 2000 sea menor que *Bo*/2 (Fig. 5b).

La distribución de probabilidad de la PEM varió de 1 ,000 a 3 ,200 t, con un valor más probable de 2 , 894 t y la Producción Excedente Actual 2000 (PEA) varió de 1 ,000 a 3 ,000 t, con un valor más probable de 2 ,894 t (Fig. 6). Si tomamos como referencia la PEA y la comparamos con la captura obtenida en 1999 (1,806 t), se observa que se capturó menos biomasa de la que se produjo. Sin embargo, no se observa un crecimiento de la biomasa y esto puede deberse a los efectos negativos de captura de años anteriores y al fenómeno ENOS de 1997 que han afectado a las poblaciones y que se esta capturando más de lo que puede crecer la población.

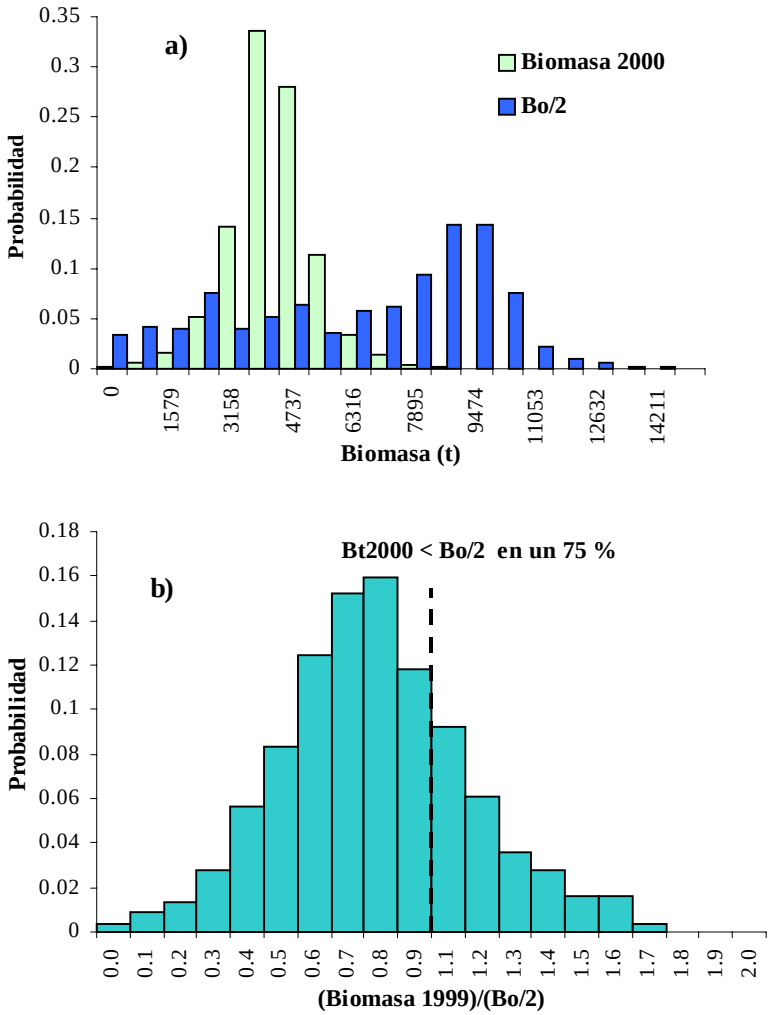


Fig. 5. Distribución de probabilidad de la biomasa del 2000, de la *Bo*/2 (a), y de la relación de Biomasa actual/[*Bo*/2] (b) de erizo rojo de Baja California.

El valor de la biomasa al punto de la PEM (B_{PEM}) indica que la biomasa actual es el 10 % del nivel objetivo, esto es que la biomasa actual esta muy por de bajo del nivel que se quiere alcanzar para obtener una pesquería sustentable (Tabla 2).

Se puede observar también que el esfuerzo aplicado en esta pesquería es casi el triple de lo que sería el optimo (Tabla 2).

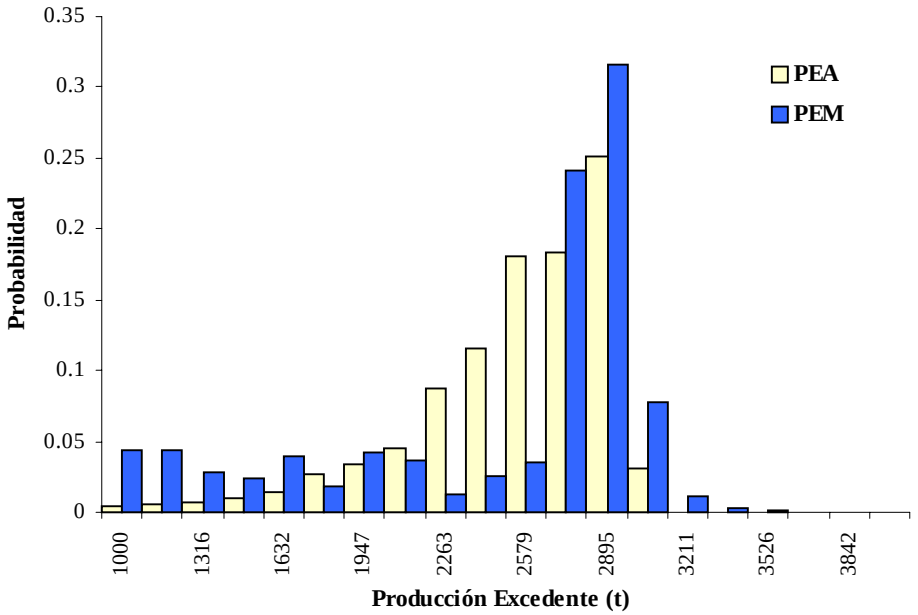


Fig. 6. Distribución de probabilidad de la producción excedente máxima (PEM) y producción excedente actual (PEA) de 1999, de la pesquería del erizo rojo de Baja California, México.

Tabla 2. Puntos de referencia estimados con los parámetros obtenidos del ajuste del modelo de Schaefer y el enfoque Bayesiano, para la pesquería de erizo rojo de Baja California, México.

PR	Actual	Optimo	Actual/Optimo
B_{PEM}	1230.127	11424.101	0.107678
U_{PEM}	0.44304	0.228	1.943143
f_{PEM}	15168	5909.048	2.566911
Ct_{PEM}	1806	2604.695	0.693363

Nota: B_{PEM}: Biomasa en el Punto de Producción Excedente Máxima; U_{PEM}: Tasa de explotación de Producción Excedente Máxima; f_{PEM}: Esfuerzo en Producción Excedente Máxima; Ct_{PEM}: Captura en Producción Excedente Máxima.

PERSPECTIVAS:

Estrategias de manejo

El estado actual del erizo rojo ubica a la pesquería dentro de las que requieren una estrategia de recuperación. El primer paso para alcanzar el Punto de Referencia Objetivo es evitar que la B_{t+1} sea menor a la B_t; para

De acuerdo con Punto de Referencia Objetivo seleccionado (Bo/2), la pesquería de erizo requiere de una estrategia de recuperación

ello se definió el Punto de Referencia Límite antes descrito, para lograr el objetivo de manejo a este punto debe ser mayor a la unidad.

Para determinar las estrategias de recuperación del erizo, se estimó la distribución de probabilidad de la biomasa de 2000 al 2005, considerando siete opciones de cuotas de captura, en las que se incorpora la incertidumbre total mediante el Método de Simulación Bayesiano (Walters y Ludwig, 1994; Walters y Punt, 1994; Sierra *et al.*, 1998).

De esta manera, se obtiene la probabilidad de que la biomasa proyectada en cada año sea menor a la biomasa actual, que es el nivel por debajo del cual no se desea llegar (Punto de Referencia Límite).

El cálculo de la distribución de probabilidad posterior de Bayes, de la biomasa proyectada y el análisis de riesgo, se realizó de la misma manera en la que se generó la distribución de probabilidad de los parámetros del modelo de Schaefer, además:

a) se calculó la biomasa proyectada al año *t* con base en los parámetros obtenidos;

b) se estimó *Bo/2* y la B_t;

c) se calculó la fracción de B_{t+1}/B_t;

d) se calculó una verosimilitud al intervalo de clase correspondiente a la fracción B_{t+1}/B_t.

Una vez obtenida la distribución de probabilidad posterior de Bayes de la fracción B_{t+1}/B_t, se estima el riesgo como la suma de las probabilidades de las clases menores a uno.

Los resultados de las opciones de cuota asignadas para este análisis se muestran en la *figura 7,* e indican que las opciones 1, 2 y 3, tienden a recuperar la biomasa, alcanzando después del año 2005 el nivel en que se obtiene la PEM; y que con una captura de 1200 t (Opción 2), la probabilidad de que la biomasa proyectada sea menor que la *Bo*/2 es de 17 % para el año 2005.

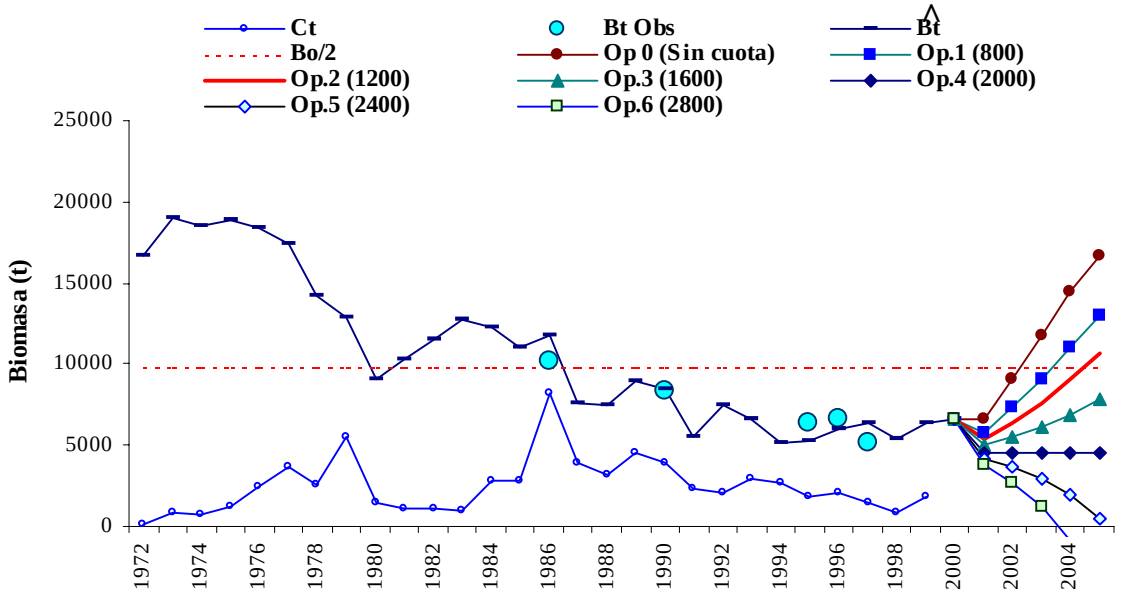


Fig. 7. Proyecciones de biomasa de erizo rojo en Baja California, México, bajo diferentes opciones de captura (t) con base en el Modelo de Schaefer.

Con la opción 4 al parecer se mantendría la biomasa, sin embargo, al igual que con las opciones 5 y 6 la biomasa tendería a colapsarse con el tiempo y no permitiría alcanzar el PRO ni el PRL.

Si se determina una cuota mayor a esta última se observa un desplome de la biomasa (Cuota 5), llegando al grado del colapso de la pesquería. Se considera que, entre los escenarios propuestos, la opción 2 permite elevar la biomasa y mantenerla en los niveles de la PEM.

La pesca del erizo de Baja California cuenta con una estrategia de manejo que ha mejorado en poco tiempo: Se establecieron normas en 1987, 1990, y 1993; se constituyó un Subcomité Técnico, también desde 1997; la pesquería cuenta con tasas de explotación y cuotas de captura que dependen de los estudios del recurso y los resultados en la pesca comercial (Cota *et al.*, 1997; Solana-Sansores, 1997; Sierra *et al.*, 1998).

La alta rentabilidad de la pesca ha generado beneficios socioeconómicos importantes, pero a su vez diversos problemas que deben solucionarse: La flota real supera a la flota nominal y la incidencia de juveniles es común.

La inspección y vigilancia de la pesquería deben robustecerse con el involucramiento de los grupos pesqueros interesados y el mejoramiento real de estas actividades.

El ordenamiento de la pesquería es otro paso que debe continuarse. El cambio en el régimen de derechos a la pesca puede fortalecer la actividad.

Campos de colaboración

Gran parte del ciclo de vida del erizo rojo es desconocido, siendo necesarios programas que aborden el estudio de las primeras etapas de su desarrollo hasta la fase de reclutamiento de estos individuos.

Se requiere de un programa de marcaje-recaptura para estimar la tasa de crecimiento y de mortalidad que son fluctuantes de un banco a otro; una vez generada esta información, se podrán utilizar otros puntos de referencia, como la talla mínima de captura en función del rendimiento por recluta.

Es necesario realizar estudios socioecomicos de la pesquería, que contribuyan a fortalecer mediante inversiones, el empleo y el desarrollo de las comunidades pesqueras y de la región

Actualmente existe un convenio con el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), para iniciar un programa de repoblamiento, el cual cuenta con el apoyo de algunos permisionarios que han buscado asesoría de los investigadores.

REFERENCIAS

Aguilar, D.M. & J.M. Romero M. 1999. Dictamen Técnico Biológico para la pesquería de Erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus,* en la costa Noroccidental de Baja California, México en la temporada de pesca 1999-2000. SEMARNAP.INP.CRIP Ensenada. Junio de 1999. (inédito).

Box, G.E.P. & G. Tiao C. 1973. Bayesian inference in statistical analysis. Wiley Classics. New York.

Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347: 1-83.

Castro, J.J. & O.M. Tapia V. 1995. Ciclo reproductivo del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* de la zona uno de pesca de septiembre de 1992 a septiembre de 1993. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cota V., A; A. Aguilar M, M. Romero M, R. Solana S. & F. Uribe O. 1997. Análisis de la administración de la pesquería del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) y del erizo morado (*S. purpuratus*) en la costa noroccidental de la Baja California. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Ebert, T.A. 1983. Recruitment in echinoderms. *En*: M. Jangoux & J. M. Lawrence (eds.) Echinoderms studies. A. Balkeema, Rotterdam. pp:169-203.

Farías, J.A. 1980. Observaciones preliminares de una población de erizos, *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata: Echinoidea), en Baja California. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Gelman, A., J.B. Carlin & D.B. Rubin. 1995. Bayesian data analysis. Chapman & Hall.

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. N. Am. J. Fish. Mgt. 7:1-5.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press. New Jersey.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman-Hall, New York.

Kato, S. & S.C. Schroeter. 1985. Biology of red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus* and its fishery in California. Mar. Fish. Rev. 47:1-20.

Leighton, D.L. 1966. Studies of food preference in algivorus invertebrates of Southern California kelps beds. Pac. Sci. 20 (1): 104-113.

Leighton, D.L. 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. *En*: The Biology of Giant Kelp Beds (*Macrocysitis*) in California. Nova Hedwigia Biehft. pp: 421-453.

Lindley, D.V. 1983. Theory and practice of bayesian statistics. The Statistician 32:1-11.

Mace, P.M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.

Malagrino, L.G. 1972. Extracción y preservación de las gónadas del erizo de mar. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Mattison, J.E., J.D. Trent, A.L. Shanks, B.T. Akin & S.J. Pearse. 1977. Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. Mar. Biol. 39: 25-30.

Mottet, M.G. 1976. The fishery biology of sea urchins in the family Strongylocentrotidae. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. 20: 1-66.

Palleiro, J.S. 1982. Estimación de la densidad y crecimiento del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz), para la zona de Santo Tomás, B.C. Tesis de Licenciatura, Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Palleiro, J.S., A. Lelevier G., M. Navarrete & J.M. Romero M. 1986a. Diagnóstico del estado del recurso. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Palleiro, J.S., A. Lelevier G., M. Navarrete & J.M. Romero M. 1986b. Análisis y medidas de regulación de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California, México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Palleiro, J.S., D. Aguilar M. & J.M. Romero M. 1991. La pesquería del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus,* en Baja California, México. Memorias del Taller México-Australia de Reclutamiento de Recursos Bentónicos. Instituto Politécnico Nacional. SEPESCA. La Paz, B.C.S.

Palleiro, J.S., D. Aguilar M. & J.M. Romero M. 1995. La pesquería del erizo de mar en Baja California, México. Diagnóstico de la temporada de pesca 1994-1995. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Polanco J., E., R. Mimbela S., L. Beléndez M., M.A. Flores & A.L. Reynoso A. 1988. Situación actual de las principales pesquerías mexicanas. SEPESCA. México.

Rosenthal, R.J., W.D. Clarke & P.K. Dayton. 1974. Ecology and natural history of a stand giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, off. Del Mar, California. Fish. Bull. 72 (3): 670-684.

Ruiz, A., D. Herrera & J. Castro. 1987. Análisis anual histológico y productividad orgánica gónadal en el ciclo reproductivo del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz, 1863), Echinodermata: Echinoidea en Punta San Miguel, Ensenada, B.C. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1: 27-56.

Sierra R., P., E. Zárate B., M. Muciño & A. Vélez. 1998. Incorporación de la variabilidad ambiental en los modelos de producción excedente e incertidumbre en el proceso de ajuste. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Sierra R., P., A. Solis & D. Acal.1997. Definición del modelo para el diagnóstico del estado de salud de los recursos erizo, pepino y langosta. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Sissenwine, M.P. & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Sloan, N.A., C.P. Lauridsen & R.M. Harbo. 1987. Recruitment characteristics of the commercially harvested red urchin, *Strongylocentrotus franciscanus,* in Southern British Columbia. Fish. Res. 5: 55-69.

Solana-Sansores, R. 1997. Conservative management of the sea urchin fishery in Baja California. Mexico. Informe Tecnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Swan, E.F. 1961. Some observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole 120: 420-427.

Tapia, O.M. 1986. Informe de los resultados obtenidos sobre la determinación de madurez gonadal en *Strongylocentrotus franciscanus*, durante el ciclo anual de enero de 1984 a enero de 1985 en Punta San Miguel. CRIP-Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Tegner, M.J. & P.K. Dayton. 1977. Sea urchin recruiment patterns and implications of commercial fishing. Science 196: 324-326.

Walters, C. & D. Ludwig. 1994. Calculation of Bayes posterior probability distribution for key population parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 713-722.

Walters, C. & A. Parma. 1996. Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 148-158.

Walters, C. & A. Punt. 1994. Placing odds on sustainable catch using virtual population analysis and survey data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 946-958.

volador

mako

tiburón

tiburón

tiburón

martillo

azul

limón

zorro

tiburón

tunero

tiburón

coyote

chato

tiburón

aleta blanca

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA OCEÁNICA DE TIBURÓN

ESPECIES: Tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*), comuda (*Sphyma lewini*), tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón sedoso (*C. falciformis*).

- Pesca sostenida por tiburones maduros e inmaduros, estos últimos principalmente en el verano.
- Poblaciones compartidas con Estados Unidos y Centroamérica.
- Migraciones relacionadas a reproducción y factores climáticos.
- Captura incidental en las pesquerías de atún y peces picudos.
- El aprovechamiento exclusivo de las aletas de tiburón está prohibido.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 18,140 toneladas (total Pacífico): 70% respecto al máximo histórico (1981).

EFECTOS ENSO 97-98

- Cambia la distribución del recurso; se mueve hacia el norte desde Centro América hacia los Estados Unidos.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Demográfico.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Tiburón zorro, en deterioro y el resto de las especies, aprovechadas al máximo.

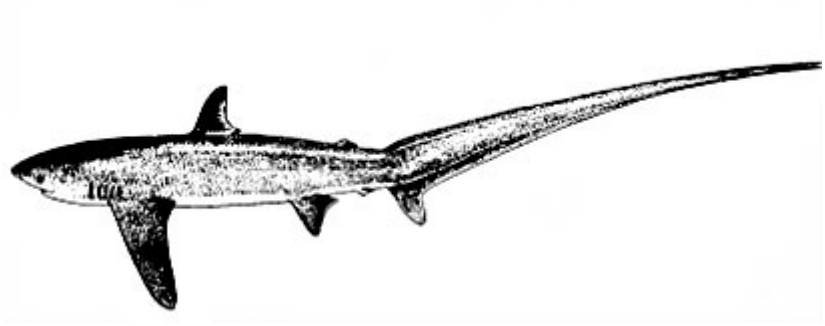
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Mantenimiento, determinación de potenciales.

TIBURONES OCEÁNICOS DEL PACÍFICO

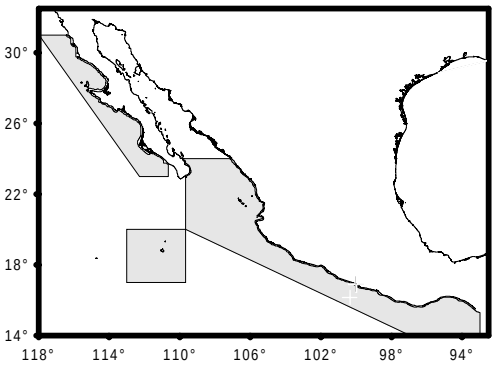


Alopias spp.
Prionace glauca
Isurus oxyrinchus
Carcharhinus spp.
Sphyrna spp.

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

Los tiburones oceánicos son capturados en grandes cantidades en las diversas pesquerías alrededor del mundo: con redes de cerco en la pesca atunera, en las redes y palangres de deriva en la pesca de atunes y picudos, así como la pesca de salmón y calamares. La mayoría de los tiburones oceánicos son altamente migratorios, y ello dificulta la información de las capturas, índices de abundancia, la biología de las especies, el manejo, el ordenamiento y la conservación. Los tiburones oceánicos lo determina como un recurso frágil y susceptible a la sobre explotación en comparación con los peces teleósteos (Compagno, 1990; Taniuchi, 1990; Bonfil, 1994; Walker, 1998).



Los tiburones poseen un bajo potencial reproductivo, periodos de gestación largos y crecimiento lento, alcanzan la madurez sexual tardíamente, periodos de vida largos. Estas características hacen que presenten una capacidad muy baja a recuperarse a la sobrepesca (Holden, 1973, 1974 y 1977), por lo que no es posible una pesquería sostenible con presión de pesca elevada.

Los tiburones poseen un bajo potencial reproductivo, periodos de gestación largos y crecimiento lento, alcanzan la madurez sexual tardíamente, periodos de vida largos. Estas características hacen que presenten una capacidad muy baja a recuperarse a la sobrepesca

La pesquería de palangre de deriva es de las más importantes alrededor del mundo en la captura de pelágicos mayores, principalmente en las especies objetivo que son atunes y picudos. En esta pesquería frecuentemente se capturan tiburones oceánicos como una parte muy importante en las capturas.

Las cantidades de tiburones oceánicos en las capturas de palangreros se desconocen y eso dificulta la evaluación para un manejo y ordenamiento de las pesquerías (Bonfil, 1994).

La flota palangrera japonesa inició exploraciones pesqueras en el Océano Pacífico Oriental en 1956, penetrando en la Zona Económica Exclusiva de México (denominada ZEE a partir de 1976) en 1962, (Joseph *et al.*, 1974; Ueyanagi, 1974; 1989). En el año de 1963 dicha flota operó en aguas del Pacífico mexicano, dirigiendo la pesca a picudos y atunes (Squire y Au, 1990).

Embarcaciones palangreras con banderas de Taiwán y Corea se agregaron a dicha zona de pesca a mediados de 1960. Otras expediciones fueron realizadas por palangreros de la URSS y Cuba en el Golfo de Tehuantepec en 1965 y1967, respectivamente (Joseph *et al.*, 1974). Durante el periodo 1962-1980 la proporción de la captura de la flota japonesa fue 69% de atunes y 31% picudos en el Océano Pacífico Oriental (Squire y Au, 1990).

En 1963 la flota palangrera japonesa operó decididamente en aguas del Pacífico mexicano dirigiendo la pesca a picudos y atunes

En 1986 un total de 21 permisos de pesca fueron otorgados a embarcaciones palangreras para operar en la ZEE. De las cuales 18 iniciaron operaciones en 1987, quedando activas a finales del mismo año solo 16 embarcaciones (SEPESCA, 1987). La principal flota palangrera mexicana operada en la ZEE tiene como puerto base Manzanillo, Colima. Un barco de la misma flota cambió de base a Mazatlán en 1997, dos embarcaciones atracaron con más frecuencia en Mazatlán y Ensenada de 1997-1999. Dicha flota ha operado de 1983 a la fecha y sus capturas son típicamente representadas por picudos, tiburones, dorados y atún (Vélez-Marín *et al.*,1989; Macías-Zamora *et al.*, 1994; Santana *et al.*, 1998).

En los años sesenta inició la investigación sobre tiburones en el Pacífico de México con los trabajos de Castro-Aguirre (1967), y Kato *et al.* (1967) que describen la taxonomía y distribución geográfica de 46 especies en el Pacífico oriental y el Pacífico mexicano. Kato y Carballo (1967) señalan los patrones de migración en las regiones antes mencionadas y Hernández (1971) reseña por primera vez la pesquería de tiburones en México, con datos estadísticos de 27 especies que integran las capturas comerciales de 1937-1969.

Applegate *et al.* (1979) elaboraron un catálogo con 80 especies para las zonas costeras y oceánicas de México; Virgen *et al.* (1981) realizaron un estudio de prospección y pesca exploratoria de tiburones en el Golfo de Tehuantepec.

En la *tabla 1* se enlistan las principales especies de tiburones y otros pelágicos mayores que se capturan en la ZEE.

BIOLOGÍA

El **tiburón zorro** pelágico, *Alopias pelagicus* (Fig. 1a), es una especie oceánica, epipelágica y circuntropical (Compagno, 1984), considerada de aguas tropicales con temperaturas de la termoclina entre 20 y 25 ºC, encontrándosele a diferentes profundidades.

La variación en la temperatura, así como las corrientes oceánicas, son factores que influyen en la distribución del tiburón zorro, encontrándosele más cerca al ecuador durante el invierno

La variación de temperatura así como las corrientes de agua son factores que afectan su distribución, acercándose al ecuador en el invierno y alejándose de él en el verano (Dingerkus, 1987).

En el Océano Pacífico centro y sur de México, se ha observado que el índice de abundancia de captura por lance de pesca es mayor frente a Mazatlán, Sin., de septiembre a diciembre; de enero a abril su distribución es hasta Zihuatanejo, Gro. Presenta índices inferiores de mayo a agosto de Manzanillo, Col. al Golfo de Tehuantepec. Este tipo de migraciones se relacionan con el desplazamiento en latitud sur de la isoterma de 28 y 27 º C (Vélez *et al.*, 1989; Mendizábal *et al.*, 1990).

La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de octubre a marzo entre la boca del Golfo de California y Manzanillo, particularmente al norte y frente a Mazatlán. La talla mínima de preñez que se ha observado es de 140 cm de longitud furcal (LF) a la edad de tres años, alcanzando una proporción anual de preñez del 50% a los 160 cm, a los cuatro años de edad, y un 0.92% a los siete años de edad.

Tabla1. Lista de las principales especies de tiburones y otros pelágicos mayores que se capturan con palangre de superficie en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano. Flota palangrera de Manzanillo, Col. de 1986 a 1996 y otros barcos de Pto. base de Ensenada, B.C. y Mazatlán, Sin., de 1997 a 1999.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
TIBURONES	
Tiburón zorro	*Alopias pelagicus*
Tiburón grillo	*Alopias superciliosus*
Tiburón zorro común	*Alopias vulpinus*
Tiburón azul	*Prionace glauca*
Tiburón mako o alecrin	*Isurus oxyrinchus*
Tiburón cornuda común	*Sphyrna lewini*
Tiburón cornuda baya	*Sphyrna zygaena*
Tiburón volador o puntas negras	*Carcharhinus limbatus*
Tiburón sedoso o tunero	*Carcharhinus falciformis*
Tiburón aleta blanca	*Carcharhinus longimanus*
Tiburón limón	*Negaprion brevirostris*
Tiburón coyote	*Nasolamia velox*
Tiburón chato	*Carcharhinus leucas*
Tiburón espinoso	*Echinorhinus cookey*
PICUDOS	
Marlin rayado	*Tetrapturus audax*
Marlin negro	*Makaira indica*
Marlin azul	*Makaira mazara*
Pez espada	*Xiphias gladius*
Pez vela	*Istiophorus platypterus*
OTROS PECES	
Dorado	*Coryphaena hippurus*
Atún aleta amarilla	*Thunnus albacares*
Otras especies	

Su reproducción es ovovivípara o vivípara aplacentaria (Luer y Gilbert, 1991). La fecundidad es de dos embriones por camada.

La longevidad ha sido estimada superior a los 14 años, con talla y peso máximo observado de 220 cm de longitud furcal y 141 kg. Su principal alimento lo constituyen los cefalópodos 73%, los peces 26% y los crustáceos 1% (Mendizábal, 1992; 1995).

El **tiburón sedoso o tunero,** *Carcharhinus falciformis* (Fig. 1b), frecuentemente confundido con *C. limbatus*, es la especie del género *Carcharhinus* más abundante en las capturas de palangre en la ZEE. Es un tiburón abundante en la zona oceánica, así como en la zona costera; habita en los trópicos cerca del borde de la plataforma de las islas y los continentes, ocasionalmente se le encuentra en áreas cercanas a la costa a profundidades de 18 m y en mar abierto desde la superficie hasta profundidades de 500 m. Se tienen registros en aguas con temperaturas de 23 a 24 ºC. Se caracteriza por ser un tiburón muy activo y agresivo.

Carcharhinus falciformis es la especie del género Carcharhinus más abundante en las capturas de palangre y es una de las tres principales especies de tiburones oceánicos

La estructura de la dinámica poblacional es poco conocida. Los muestreos en la pesca palangrera en el océano Pacífico oriental y central muestran que es más

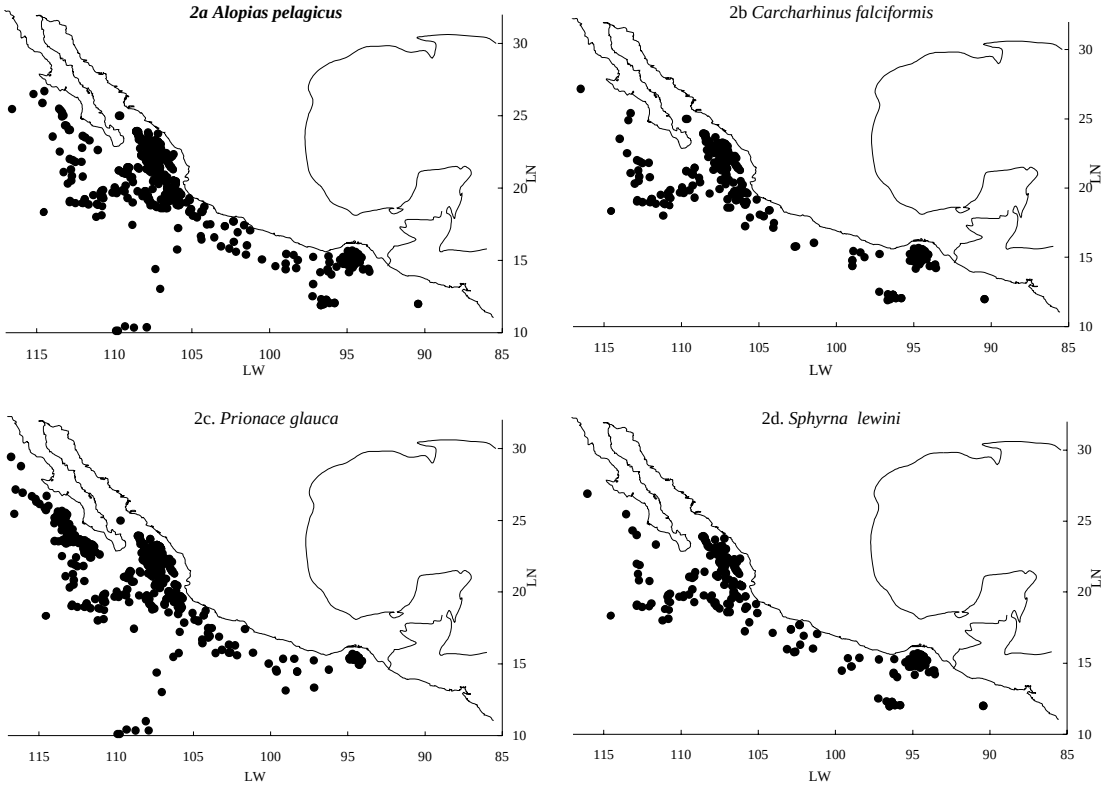


Fig. 2. a) Áreas de distribución del tiburón zorro, *Alopias pelagicus,* b) del tiburón tunero, *Carcharhinus falciformis,* c) del tiburón azul, *Prionace galuca* y d) del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*.

abundante en las zonas costeras que en la zona oceánica. Se ha observado una segregación por tallas; los juveniles se concentran en áreas de crianza cercanas a la costa y los adultos en la zona oceánica (Compagno, 1984).

Los antecedentes sobre registros de captura en el Pacífico de México son reportados por Kato *et al.* (1967) y Kato y Carballo (1967), en estudios de migración en las zonas costeras, oceánicas así como alrededor de las Islas del Océano Pacífico Oriental, incluyendo al Pacífico Mexicano. Kato (1964) menciona que es una especie incidental dominante en la captura de atún; se localiza en las Islas Socorro, San Benedicto y Roca Partida, y se han registrado ejemplares con tallas de 140 a 165 cm y promedio de 152 cm de longitud total (LT). Es una especie frecuente alrededor de las Islas Revillagigedo.

Una de las razones por las que se le llama "tiburón tunero", es debido a su alta incidencia en las capturas de túnidos

Para el Océano Pacífico centro y sur de México el índice de abundancia de captura por lance de pesca es mayor frente a Puerto Vallarta, Jal., durante julio y agosto, menor de enero a abril de la Boca del Golfo de California al sur de Manzanillo, Col. e intermedio de mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec. Estas migraciones se relacionan con el desplazamiento al norte de la isoterma de los 29 ºC (Vélez *et al.*, 1989; Mendizábal *et al.*, 1990).

La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de mayo a junio entre Zihuatanejo y el Golfo de Tehuantepec. La talla mínima de preñez fue de 130 cm de longitud furcal (LF) a la edad de dos años, alcanzando una proporción anual de preñez del 50% a los 160 cm, a la edad de cuatro años y un 80% a la edad de seis años. Su reproducción es vivípara, con fecundidad de dos a doce embriones en relación proporcional a la talla; la longevidad estimada es superior a los 14 años con talla y peso máximo observado

a los 210 cm de LF de 101 kg. Su principal alimento lo constituyen los peces 54%, los cefalópodos 31% y los crustáceos 15% (Mendizábal, 1995).

Esta especie ha sido reportada por Castro-Aguirre (1967) y Applegate *et al.* (1979). En las capturas de embarcaciones menores tiburoneras al sur de Nayarit se reportan tallas mínimas de 87 cm y máximas de 225 cm LT, con una abundancia del 50% de todas las especies durante octubre a marzo (Corro, 1997).

En Puerto Madero, Chis., embarcaciones menores tiburoneras reportan una proporción del 43.24% considerada una de las especies que sostienen la pesquería en la región del Golfo de Tehuantepec, con mayor abundancia en marzo, octubre y noviembre arriba del 80%; con tallas mínimas de 50 cm y máximas de 340 cm LT. Durante febrero, marzo, junio, octubre, noviembre y diciembre se observaron hembras preñadas. (Castillo *et al.*, 1999).

El **tiburón volador o puntas negras,** *Carcharhinus limbatus,* es una especie pelágico-costera, que habita sobre y fuera de la plataforma continental, común en aguas tropicales y templado-cálidas (Compagno, 1984), con temperaturas mayores de 21 ºC. Realiza migraciones anuales siguiendo las corrientes de las masas de agua (Dingerkus, 1987). Bigelow y Schroeder (1948) indican que especies de aguas cálidas se mueven hacia el sur durante el invierno y hacia el norte a finales de primavera.

El tiburón volador realiza migraciones anuales siguiendo las corrientes de agua. En el Pacífico la mayor abundancia en la pesca es en B.C.

En el Pacífico norte de México la mayor abundancia en la pesca con red de cerco se presenta en la zona de Baja California (CIAT, 1997). De septiembre de 1997 a mayo de 1998, barcos palangreros tiburoneros efectuaron 118 lances de captura en el Océano Pacífico de México frente a Baja California Sur, noroeste de Islas Revillagigedo y boca del Golfo de California al suroeste de Islas Marías capturándo 185 ejemplares. La distribución por tallas para machos fue de 75 a 175 cm longitud furcal (LF) y para hembras de 90 a 185 cm LF con talla promedio de 142 y 135 cm LF respectivamente; las hembras preñadas fueron de una talla mínima de 145 cm y máxima de 185 cm de LF. Su reproducción es vivípara con fecundidad de 5 a 10 embriones, promedio de 7 con una proporción de sexos de 1:1. En octubre las hembras preñadas se localizaron frente a Baja California Sur y al noroeste de las Islas Revillagigedo, en noviembre y diciembre de la boca del Golfo de California al noroeste y suroeste de Islas Marías, hasta marzo. De noviembre a diciembre también se observaron hembras con huevos fértiles. En este período las tallas de los embriones de hembras preñadas variaron de 15 a 28 cm LF, en marzo se presentaron los embriones de mayor talla con 54 cm LF. Durante marzo de 1996 se colectaron embriones de 56 cm LF de una hembra capturada por una embarcación menor frente a Manzanillo, Col., así como neonatos de 60 cm LF capturados por un barco camaronero en marzo de 1992 en el Golfo de Tehuantepec.

Kato y Carballo (1967) describen movimientos migratorios en invierno de la Boca del Golfo de California a San Blas y viceversa. Las embarcaciones menores tiburoneras capturaron de enero a abril un 36% de tiburón volador del total de las especies frente a Mazatlán al sur de Sinaloa (Corro, *et al.*, 1997). Para Pto. Madero, Chis., durante el período de junio a diciembre de 1997, las mayores capturas fueron en mayo (10.02%), junio (4.32%), julio (2.19%), agosto (10.17%) y septiembre (25.38%), presentando tallas mínimas de 55 cm longitud total (LT) y máximas de 220 cm LT. La mayoría de las hembras preñadas se capturaron en octubre, noviembre y diciembre (Castillo *et al.*, 1999). Esta especie es transfronteriza al sur del océano Pacífico.

El **tiburón azul,** *Prionace glauca* (Fig. 1c), es una especie oceánica y circunglobal en aguas tropicales y templadas, mostrando fuertes fluctuaciones estacionales en su abundancia, de acuerdo con las migraciones anuales hacia el hemisferio norte en el verano y hacia el sur en el invierno (Compagno, 1984). Es considerada de aguas templadas con temperaturas entre 10 y 21 ºC, pudiendo desplazarse a mayores distancias que los tiburones tropicales (Dingerkus, 1987).

En el Pacífico norte de México las principales temporadas de captura son en octubre-noviembre, cuando realizan su migración hacia el sur y en junio cuando se dirigen al norte. La captura se compone principalmente

de individuos juveniles entre los 100 y 150 cm de longitud total (LT), con edades entre uno y tres años, excepto por el mes de agosto con frecuencia de talla más grande. En el verano la frecuencia de hembras aumenta y en el invierno aumenta la frecuencia de machos. El periodo de nacimientos comprende de marzo a mayo, estimándose una edad de 13 años para la hembra más grande de 265 cm de LT (Miranda, 1996).

En el Pacífico centro y sur de México el principal periodo de captura y abundancia comprende de marzo a mayo, en la entrada de la boca del Golfo de California, frente a Mazatlán, en la parte oceánica alrededor de las Islas Marías hasta el sureste y noreste de las Islas Revillagigedo y sureste de Cabo San Lucas, frente a Punta Abreojos al norte de BCS, frente a Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Acapulco, Puerto Angel y sureste del Golfo de Tehuantepec.

La mayor abundancia de hembras preñadas de tiburón azul ocurre de finales de enero a abril en Baja California Sur en el océano Pacífico y de marzo a mayo de la Boca del Golfo de California a Islas Marías e Islas Revillagigedo. La talla mínima de preñez que se ha observado es de 140 cm y la mayor frecuencia entre 160 y 170 cm de longitud furcal (LF) cuando alcanzan el 50% de su proporción de preñez. Su reproducción es vivípara; la fecundidad varía de 10 a 60 embriones, con longitud media de 23 cm. La LF media anual para machos fue de 161 cm y para hembras de 155 cm (Mendizábal *et al.,* 2000).

Esta especie es transfronteriza al norte del Océano Pacífico de México. Se han recapturado tiburones marcados por el Departamento de Caza y Pesca de California, frente a Bahía Magdalena, BCS y Acapulco, Gro. (Anónimo, 1997).

El **tiburón cornuda** común, *Sphyrna lewini* (Fig. 1d), es una especie de hábitos pelágicos y costeros de aguas cálidas (Compagno, 1984), presenta una distribución circuntropical (Gilbert, 1967; Castro, 1983).

En el Golfo de California, existe una relación directamente proporcional entre la talla y la profundidad de captura del tiburón cornuda común

Realiza migraciones estacionales siguiendo las corrientes: se desplaza en el invierno hacia el Ecuador y en el verano hacia los polos; habitan en aguas superficiales (Dingerkus, 1987). En el Océano Pacífico centro de México, Galván *et al.* (1989) determinaron una migración hacia el norte de fines de primavera y principios de verano desde el área de Mazatlán al norte, hacia la parte inferior del Golfo de California (Klimley, 1987). En esta última área se encuentra una relación directamente proporcional entre las tallas y la profundidad de captura, distribuyéndose las hembras a mayor profundidad que los machos. En el Pacífico centro y sur de México el mayor índice de captura por lance de pesca es durante mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec y Acapulco, siguiendo en importancia frente a Puerto Vallarta, y durante enero a abril altas concentraciones se localizan frente a Islas Marías. Los menores índices se presentan durante septiembre a diciembre.

La máxima abundancia de hembras preñadas se presenta de mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec, cuando se alcanzan temperaturas superficiales mayores de 29.5 ºC; su frecuencia hasta Puerto Vallarta. Con los mismos índices se presenta durante enero a abril de la Boca del Golfo de California a las Islas Revillagigedo y de septiembre a octubre frente a Mazatlán. La talla mínima de preñez es de 135 cm de LF, alcanzando un 50% de la proporción de preñez en las tallas mayores; de manera correspondiente, la fecundidad es de 10 a 34 embriones. Su reproducción es vivípara. La talla y peso máximo observado fue de 255 cm de LF y 212 kg. Su principal alimento lo constituyen los cefalópodos 60% y peces 40% (Mendizábal *et al.*, 2000).

Para la misma población oceánica, Andrade (1996) determinó una longevidad de 13 años y una edad de primera preñez a los 8.5 años. Anislado (1995) reconoce en aguas someras de la costa de Michoacán en el área del río Neixpa una área de crianza, con periodo de nacimiento de abril a julio. Esta especie es transfronteriza al sur del Océano Pacífico.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura oceánica y costera de tiburón-cazón en 1968 registró 5,000 t y alcanzó 15,000 t en 1975. Durante el periodo 1976 a 1989 se obtiene una captura promedio de 19,500 t y se alcanza un máximo de 25,500 t. En la última década el promedio es de 20,217 t con máxima de 23,250 t. Se presentan fluctuaciones periódicas regulares en la captura desembarcada que pueden reflejar fluctuaciones en el medio ambiente marino y variaciones en la intensidad de la pesquería (Caddy y Gulland, 1983).

El esfuerzo anual de la pesca palangrera oceánica en el litoral del océano Pacífico de 1970 a 1976 fue de 5,647,711 anzuelos (Polanco *et al.*, 1987). De acuerdo a CIB (1990) y Macías *et al.* (1994) el promedio anual de anzuelos calados fue de 1,549,314 para el periodo 1989-1990. Para 1996 se estima un promedio de 1,725, 582 anzuelos, con base en la información del Anuario Estadístico de Pesca (1996), y registros de embarcaciones mayores de la SEMARNAP (1995 y 1996), cantidad semejante a la década de los años ochenta.

Las embarcaciones utilizadas en los años cuarenta en la zona oceánica del oeste de Norteamérica (Roedel y Ripley, 1950), también fueron utilizadas en el Pacífico norte de México y el Golfo de California, con algunas diferencias en las especificaciones de las embarcaciones y los artes de pesca.

Las embarcaciones de pesca costera y mediana altura, empezaron a incursionar a la captura de tiburones en el Pacífico de México en la década de los años cincuenta

Las embarcaciones utilizadas en California oscilaban entre los 11 a 20 m de eslora con capacidad de bodega de 30 a 60 t, motores estacionarios de 110 a 240 CF, casco de madera y hierro. Utilizaban redes de deriva y fondo de 548.7 a 1,829 m de longitud, con una abertura de luz de malla de 22.8 a 27.9 cm y con una caída de 15 a 60 mallas de profundidad. Operaban de la zona costera a las 100 mn.

También se utilizaban palangres de profundidad con una línea madre de 250 a 300 brazas de longitud, cada línea tenía de 90 a 125 anzuelos tipo norteamericano del 11/0 a 14/0. La carnada consistía en sardina seco-salada, fresca u otro tipo de peces.

A principios de 1950 se desarrolló la construcción de embarcaciones grandes y medianas con eficientes equipos y artes de pesca, con redes de arrastre, de cerco, de deriva, palangres de deriva, con cámaras de refrigeración de -20 a -55 º C, con capacidad de bodega de 10 a 400 t, equipo de sonar para detección de cardúmenes, con autonomía de 10 a 60 días.

Desde mediados de la década de los años cincuenta resurge el interés por los derivados como son la carne, piel y las aletas en los mercados nacionales e internacionales. Las embarcaciones oceánicas utilizadas de los años cincuenta hasta los años noventa en las capturas de tiburón son de 15 a 45 m de eslora con casco de madera, acero y fibra de vidrio, con capacidad de bodega de 15 a 500 t.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de unidades de pesca para el tiburón:

- **Rederos costeros**

Miden de 10 a 17 m de eslora con motor estacionario de 110 a 170 CF, capacidad de bodega de 15 a 48 t, con hielo o refrigeración, autonomía de siete a diez días, capacidad para cuatro a seis tripulantes, redes de enmalle de 8 a 16 pulgadas de abertura de luz de malla, red de 500 a 1,000 brazas y una caída de 10 a 25 brazas. Los lances o días efectivos de pesca son de cinco a siete por viaje.

Para 1996 operaban alrededor de 20 embarcaciones en las diferentes entidades del Pacífico mexicano. El potencial de esfuerzo estimado es de 1,920 lances al año por 20 barcos (SEMARNAP, 1996; Macías, 1995).

Durante las actividades de pesca de los palangreros costeros así como de las embarcaciones costeras se capturaron 12 especies diferentes de tiburones, pertenecientes a tres familias

•Palangreros costeros

Entre 10 a 17 m de eslora, autonomía parecida a los rederos, de siete a diez días, capacidad de bodega semejante, así como el número de tripulantes, hielo o refrigeración con 350 a 550 anzuelos por lance de operación, 70 a 110 boyas, palangre de deriva de 10.5 a 16.5 km, con anzuelos tipo atunero de 3.6 a 3.8.

En 1996 trabajaron aproximadamente 18 embarcaciones, con un potencial de esfuerzo calculado de alrededor de 776,600 anzuelos por año.

Los dos tipos de embarcaciones capturaron aproximadamente 12 especies, principalmente de la familia Carcharhinidae, Sphyrnidae y Alopiidae (Macías, 1995; SEMARNAP, 1996).

• Rederos de mediana altura

Tienen de 18 a 30 m de eslora con motores de 170 a 576 CF, capacidad de bodega de 50 a 80 t, hielo y refrigeración, autonomía de 12 a 25 días, de cinco a ocho tripulantes, redes de enmalle de 12 a 22 pulgadas de la luz de malla; la longitud de la red es de 1,000 a 1,600 brazas, caída de 25 a 45 brazas, los lances o días efectivos de pesca son de 8 a 18 lances por viaje. Para 1996 operaron aproximadamente 36 embarcaciones en el Pacífico mexicano. El potencial del esfuerzo ejercido fue de 4,320 lances/año (SEMARNAP, 1996; Castillo, 1994; ARJE, 1995).

• Palangreros de mediana altura

Entre 18 a 24 m de eslora con motor de 165 a 360 CF, bodega de 38 a 60 t, hielo y refrigeración, autonomía de 10 a 18 días, de cinco a ocho tripulantes, 550 a 750 anzuelos por lance, 110 a 150 boyas, palangre de deriva de 26.4 a 36 km y anzuelos atuneros del número 3.6 a 3.8. Para 1996 trabajaron 15 embarcaciones palangreras, y el potencial del esfuerzo estimado es de 558,000 anzuelos/año, (SEMARNAP, 1996; Fajardo, 1994).

• Palangreros oceánicos

Pescaron en el Pacífico oriental desde principios de los años sesenta. Fueron construidos en Japón y en menor proporción en Corea y Taiwán. Eran barcos con casco de acero de 42.8 a 43.7 m de eslora, con motor de 750 a 800 CF, bodega de 204 a 440 m^3, cuartos de refrigeración de 72.2 a 87.5 m^3, refrigeración por amoníaco -35 a -55 ºC, tonelaje bruto de 238.6 a 339.7 (Kikawa, 1975). El palangre opera de 50 a 150 m de profundidad; la distancia entre reynales de 20 a 60 m, longitud de los reynales de 12 a 25 m, de cuatro a nueve por canasta, anzuelos del número 3.4 al 3.8, distancia entre boyas de 140 a 360 m (Katsuo *et al.*, 1969). Trabajaron en el Pacífico de México de 1980 a 1990 (Macías *et al.*, 1994).

Los palangreros denominados “TIBURONES” de la flota de Manzanillo poseen casco de acero, de construcción japonesa de 44 m de eslora. Cuentan con motor principal de 900 CF, tonelaje bruto de 299.6 t y tonelaje neto de 83.6 a 108.6 t, capacidad de bodega de 204 m^3 y cuartos de congelación de 120 t entre -27 y -35 ºC. Tienen autonomía para 42 días y capacidad para 23 tripulantes. El palangre de deriva de 60 a 86 km de longitud, anzuelo atunero número 3.6 a 3.8. El promedio de anzuelos por lance es de 1,385, el promedio de días efectivos de pesca es de 22; la carnada utilizada principalmente es lisa o macarela fresco-congelada. De 1983 a 1990 operaron cuatro barcos “TIBURONES” y de 1992 a 1996 sólo uno, el TIBURON III (Vélez *et al.*, 1989, 1996; Márquez, 1991; Santana, 1997). De 1997 a 1999 operaron 5 barcos palangreros denominados TIBURÓN III, MARFLOTA II (antes Tiburón II), YUKI III, IVANA Y ESCATUNA 1H15 (Vélez *et al.*, 2000).

Los 90 barcos registrados en 1996 (SEMARNAP, 1997) ejercieron un esfuerzo como sigue:

- Embarcaciones de 10 a 17 m de eslora con redes: 20 barcos y 1,920 lances por año.
- Embarcaciones palangreras de 10 a 17 m de eslora: 18 barcos y 777,600 anzuelos por año.
- Embarcaciones de 18 a 30 m de eslora con redes: 36 barcos y 4,320 lances por año.
- Embarcaciones palangreras de 18 a 24 m eslora: 15 barcos y 858,000 anzuelos por año.
- Embarcaciones palangreras de 44.4 m de eslora: un barco y 74 lances y 89,982 anzuelos por año.

La estimación del esfuerzo total de la flota en 1996 es la siguiente:

a) Los barcos que operaron con redes de enmalle, realizaron un total de 6,240 lances.
b) Las embarcaciones con palangre operaron con un total de 1,725,582 anzuelos.

De 1997 a 1999 el esfuerzo de pesca se considera el mismo, excepto para cinco embarcaciones palangreras mayores que operaron de manera irregular, estimando 10 viajes anuales por lo que el esfuerzo total en 1999 se considera de 1,940,300 anzuelos.

▼ *Tendencias históricas*

Durante el periodo 1973-1985, se reportó que una tercera parte de la captura en la actividad pesquera de atún y picudos estaba conformada por tiburones, los cuales eran por lo general devueltos al mar

El análisis de la información registrada por embarcaciones palangreras japonesas de investigación, durante el periodo de 1973 a 1985, mostró que la captura de tiburones era cercana a un tercio de las capturas combinadas de atún y picudos. Generalmente los tiburones eran regresados al mar debido a su bajo precio y dificultad en su manejo.

En el océano Pacífico oriental las especies más frecuentemente capturadas en altamar fueron el tiburón azul, *Prionace glauca,* con 40%, el tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis,* y el tiburón oceánico puntas blancas, *C. longimanus*, ambos con 20% (Taniuchi, 1990).

A partir de 1960 la flota japonesa extiendio su pesquería hacia las áreas tropicales y subtropicales del océano Pacífico oriental, ingresando en la actual ZEE de México en 1962, e incrementó sus actividades durante 1964 con la finalidad de aumentar sus capturas de picudos ya que las capturas de atunes estaban sufriendo una baja de más del 50% (Squire y Au, 1989).

Polanco *et al.* (1987), presentan datos estadísticos del esfuerzo de la flota palangrera japonesa en la ZEEM durante el periodo de 1970 a 1980, notándose una disminución considerable de 1977 a 1980 debido al establecimiento de la ZEE, que entró en vigor el 31 de julio de 1976. El esfuerzo de pesca promedio anual de 1970 a 1976 fue de 3,198 lances con 5,647,711 anzuelos, correspondiendo al año de 1974 los valores más altos con 7,168 lances y 7,546,196 anzuelos.

Para explotar los recursos pesqueros de la ZEE, se promovió la creación de empresas mexicanas y de coinversión extranjera, hasta junio de 1982, fecha en que se revocaron los permisos por incumplimiento de los compromisos contraídos, recurriendo las empresas a la vía del juicio de amparo que les permitió continuar pescando.

En 1987 se establecieron zonas de protección de picudos, comprendiendo las áreas de mayor abundancia para el marlin y espada en la boca del Golfo de California, y de mayor abundancia de pez vela en la zona sur del Golfo de Tehuantrepec, respetando la franja de 50 millas náuticas reservadas para la pesca deportiva (SEPESCA, 1987).

Esta zona de protección funcionó indirectamente para el tiburón oceánico. Las empresas de coinversión reportaron una captura de tiburón del 15% (Squire y Muhlia, 1992).

En 1986, se instaló el *Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines (CTPPEA)*, que integró una base de datos de las operaciones de la flota comercial mexicana de coinversión a partir de 1980. La información fue procesada por el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C., entregando el primer informe técnico de diagnóstico y la base de datos a la Secretaría de Pesca (INP, 1987).

A partir de esta información, Macías *et al.* (1994) actualizaron dicha base de datos hasta 1990, con las bitácoras entregadas a la SEPESCA y el Registro Nacional de la Pesca. Esta base incluía el número de las embarcaciones que operaron en el área del Pacífico oriental.

Loa barcos "CHIDORI" en su mayoría cambiaron de nombre a "COPEMAPRO", quedando así el grupo de los "COPEMAPRO-CHIDORI" que operó exclusivamente en la parte norte; el de los "ALIANZAS" en la parte norte y sur, y el de los "TIBURONES" en la parte centro y sur de la ZEE.

El esfuerzo acumulado para el periodo de 1980 a 1990 fue de 7,342 lances y 14'691,792 anzuelos (utilizando la media ponderada del número de anzuelos y número de lances por barco y por flota) para el total de las embarcaciones (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Barcos y esfuerzo total de la flota palangrera que operó en Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico de México de 1980 a 1990 (Macías *et al*., 1994).

Barcos	No. de barcos	No. de lances	No. de anzuelos totales
Alianza	6	830	1'823,591
Copemapro-chidori	9	3,501	8'108,784
Tiburón	4	1,995	2'514,500
Pesca múltiple	3	78	39,000
Típico palangrero	4	870	2'038,977
Gran palangrero	1	68	166,940
Gran Total	**27**	**7,342**	**14'691,792**

En 1990, el CTPPEA, presentó una actualización y procesamiento de la base de datos de 1980 a 1989, para la flota palangrera mexicana en el Océano Pacífico de México, resultando 7,795 lances de captura con 16,691,792 anzuelos. El máximo esfuerzo fue durante 1988 con 1,974 lances y 3,757,060 anzuelos (CIB, 1990)(Tabla 4).

El Instituto Nacional de la Pesca, a través del CRIP Manzanillo y con apoyo de CONACyT, dio seguimiento al proyecto a partir de 1984, participando en seis cruceros comerciales, propiedad de la empresa privada "Palangreros Mexicanos del Pacífico S.A. de C.V.". Se registraron datos de 138 lances de captura o días efectivos de pesca, con un acumulado anual de 188,510 anzuelos.

La captura de pelágicos mayores por cada 100 anzuelos fue de 7.14 organismos; la composición de las capturas fue de 57% tiburones, siendo los más abundantes: el tiburón zorro, *Alopias pelagicus* (33.3%), y tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis* (19.5%).

Las principales zonas de pesca fueron la boca del Golfo de California, los alrededores en la parte oceánica de las Islas Marías y el Golfo de Tehuantepec (Vélez *et al.*, 1989).

Tabla 3. Esfuerzo de pesca y porcentaje de captura de barcos palangreros que operaron en Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico de México de 1980 a 1990.

FLOTA "ALIANZA" AREA NORTE Y SUR						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
2	2359	140	229	38.8	MARLIN	26.0
4	2098	285	39	44.0	VELA	36.1
5	2500	220	52	No reporta	ESPADA	1.2
8	2184	165	244	26.8	TIBURON	28.1
10	1547	199	46	43.1	ATUN	7.1
11	2125	174	220	16.5	DORADO	1.5

FLOTA "COPEMAPRO"-*"CHIDORI" AREA NORTE							
BARCOS		No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
COPEMAPRO	CHIRODI						
1	76	2329	230	700	* 14.0	MARLIN	50.6
2	88	2388	220	798	* 13.4	ESPADA	34.6
3	--	2307	165	377	19	VELA	3.5
4	86	2426	190	247	* 11.0	TIBURON	7.4
5	7	2349	190	699	* 10.5	ATUN	3.5
6	--	2147	290	442	8.7	DORADO	0.4
9	--	1942	240	147	19.3		
	33	2500	220	44	*		
	35	2500	220	47	*		

*CHIDORI NO REPORTA CAPTURA DE TIBURON, SOLO COPEMAPRO.

FLOTA "TIBURON" AREA CENTRO Y SUR						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
1	1216	120	487	46	PEZ VELA	40.38
2	1268	120	424	50	MARLIN	4.78
3	1324	120	419	36.8	ESPADA	2.27
4	1248	120	665	47	TIBURON	44.99
					ATUN	0.78
					DORADO	6.80

FLOTA DE PESCA MULTIPLE						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
JUREL 5	500	50	25	89	PEZ VELA	4.97
JUREL 6	500	50	4	No reporta	MARLIN	4.28
CALOMEX 1	500	50	49	87	ESPADA	0.03
					TIBURON	87.71
					ATUN	2.99

FLOTA TIPICO PALANGRERO						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
SHOICHI 1	2233	290	327	No reporta	PEZ VELA	10.31
SHOICHI 2	2233	290	42	No reporta	MARLIN	33.72
KEIFUKU 5	1000	199	25	No reporta	ESPADA	55.96
HOSHIO 21	2500	165	476	No reporta		

FLOTA GRAN PALANGRERO						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
STA EIKIU 2	2455	463	68	44.5	PEZ VELA	8.47
					MARLIN	40.97
					ESPADA	0.96
					TIBURON	44.52
					ATUN	5.08

Información analizada de Macías *et al*. (1994)

Tabla 4. Esfuerzo total por año de la flota palangrera que operó en la ZEE del Océano Pacífico de México de 1980 a 1989.

AÑO	No. DE LANCES	No. ANZUELOS TOTALES
1980	238	595,000
1981	1,122	2,764,864
1982	727	1,808,468
1983	1,191	2,594,672
1984	177	262,181
1985	464	621,339
1986	986	2,006,220
1987	549	1,276,963
1988	1,974	3,757,060
1989	367	607,625
GRAN TOTAL	**7,795**	**16,294,392**

Información analizada del documento del Comité Técnico de Picudos y Especies Afines (CIB, 1990).

La flota palangrera oceánica (cuatro barcos) de Manzanillo, de 1983 a 1988 capturó en promedio 944 t por año. La captura más alta fue durante 1986 con 1,670 t.

La flota palangrera de Manzanillo reportó durante el periodo 1983-88 una captura anual promedio de 944 t, registrando la más alta en 1986 con 1,670 t

Respecto al peso eviscerado desembarcado, el tiburón representó 66%, los picudos 33% y dorado 2%. La temporada de máxima descarga de tiburones de noviembre a febrero y abril, y para tiburones pequeños o cazones, de junio a julio. El promedio anual de viajes por barco fue de 5.9, con una captura por viaje de 40 t (Mendizábal *et al.*, 1990).

El Programa Tiburón del CRIP Manzanillo monitoreó la pesquería de tiburón de palangreros oceánicos desde 1986 a 1999. En 40 cruceros, cubrió el área frente Baja California Sur, boca del Golfo de California, sur de Cabo Corrientes al noroeste de Puerto Angel, Golfo de Tehuantepec e Islas Revillagigedo. El esfuerzo de pesca acumulado de 908 lances, 1,244,530 anzuelos y una eficiencia de captura de 7.58 por cada 100 anzuelos. La captura de tiburones fue de 50.78% (tiburón zorro 19.16%, tiburón tunero 9.0%, tiburón azul 18.89%, tiburón cornuda 0.9%); para picudos 40.76% (pez vela 30.54%, marlin rayado 6.8%, pez espada 3.2%), para dorado 4.59% y atún aleta amarilla 3.54% (Vélez *et al.*, 2000) (Fig. 2; Tabla 5).

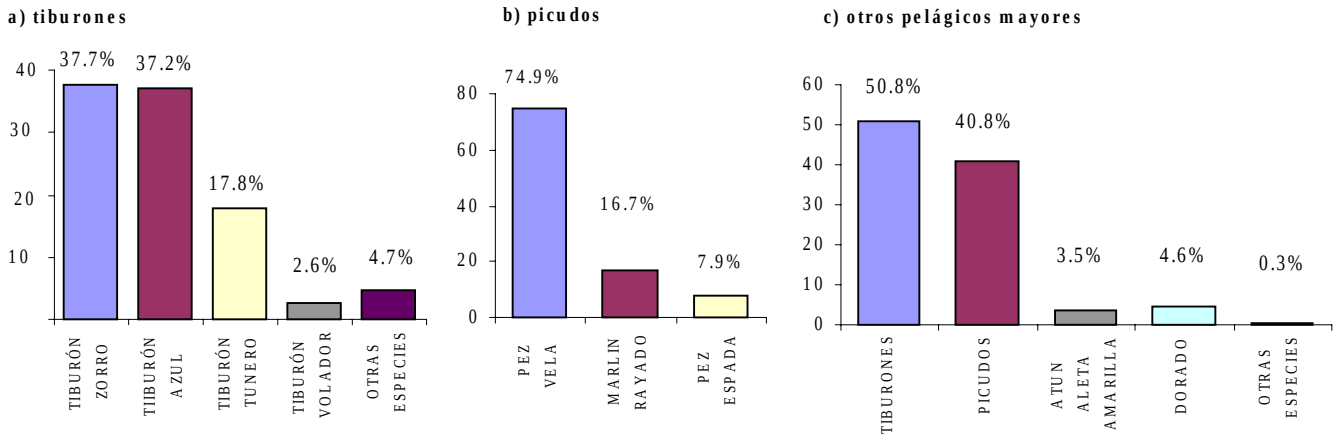


Fig. 2. Composición promedio de las capturas de la flota palangrera oceánica, 1986 - 1999, por grupos de especies, a) tiburones, b) picudos y c) otros pelágicos mayores

Tabla 5. Composición por especies de las capturas y esfuerzo de la flota palangrera oceánica en el Oceáno Pacífico de México, 1986-1994.

	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1993	1994
TIBURONES								
Alopias pelagicus *	2,614	2,541	1,295	1,261	1,411	925	949	2,506
Prionace glauca	267	85	24	71	664	626	598	937
Carcharhinus falciformis	1,087	1,845	150	471	896	193	191	2,650
Carcharhinus limbatus	1	0	0	0	163	0	0	0
Sphyrna lewini	59	265	3	37	185	47	58	52
Isurus oxyrinchus	16	47	11	12	29	7	16	20
Nasolamia velox	0	44	0	0	136	0	0	22
Carcharhinus longimanus	0	0	0	0	7	2	4	22
Alopias superciliosus	6	24	1	0	0	0	2	22
Negaprion brevirostris	0	0	0	0	86	0	0	0
Galeocerdo cuvieri	0	50	0	0	29	0	1	4
Sphyrna zygaena	0	0	0	0	0	0	1	18
Carcharhinus leucas	0	11	0	0	0	0	0	6
Carcharhinus albimarginatus	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinorhinus cookey	0	1	0	0	0	0	0	0
Total de Tiburones	4,050	4,913	1,484	1,852	3,606	1,800	1,820	6,259
PICUDOS								
Istiophorus platypterus	1,775	2,691	968	4,550	4,924	225	55	8,320
Tetrapturus audax	446	271	15	117	84	115	203	317
Xiphias gladius	187	62	113	749	347	64	78	275
Makaira mazara	0	5	16	0	0	0	4	7
Makaira indica	26	26	7	11	6	5	0	0
Total de Picudos	2,434	3,055	1,119	5,427	5,361	409	340	8,919
Otros grandes Pelágicos								
Coryphaena hippurus	71	1,114	21	158	1,046	46	8	889
Thunnus albacares	101	76	28	38	383	26	91	833
Total otros Pelágicos	172	1,190	49	196	1,429	72	99	1,722
Otras especies								
Katsuwonus pelamis	0	0	0	26	62	0	3	10
Acanthocibium solandri	1	0	1	0	0	3	0	0
Dasyatis sp.	0	0	0	0	0	0	0	4
Lepidochelys olivacea	0	0	0	1	0	0	2	19
Thunnus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Luvarus sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
Euthynnus lineatus	0	0	0	0	0	0	0	1
Urotrygon asterias	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de otras especies	1	0	1	27	62	3	6	34
Total por año								
Captura (número)	6,657	9,158	2,653	7,502	10,458	2,284	2,265	16,934
Número de anzuelos	96,660	139,850	29,515	80,694	116,256	28,125	31,360	181,061
Número de viajes	3	4	1	2	3	1	1	6
Número de lances	74	95	25	51	65	21	23	136

*Captura de *Alopias vulpinus* mezclado (< 0.001%).
Vélez *et al*. (2000)

Tabla 5. Continúa.

	1995	1996	1997	1998	1999	Total (n)	% Total	% de grupo	CPUE
TIBURONES									
Alopias pelagicus *	2,052	712	393	115	1,298	18,072	19.16	37.73	1.45
Prionace glauca	698	753	3,888	8,745	461	17,817	18.89	37.19	1.43
Carcharhinus falciformis	442	28	496	75	820	9,344	9.04	19.51	0.75
Carcharhinus limbatus	0	55	105	109	0	433	1.33	0.90	0.03
Sphyrna lewini	13	8	44	20	25	816	0.87	1.70	0.07
Isurus oxyrinchus	13	9	14	316	8	518	0.55	1.08	0.04
Nasolamia velox	0	0	0	0	82	284	0.30	0.59	0.02
Carcharhinus longimanus	3	10	81	110	37	276	0.29	0.58	0.02
Alopias superciliosus	20	14	8	8	10	115	0.12	0.24	0.01
Negaprion brevirostris	0	0	0	0	0	86	0.09	0.18	0.01
Galeocerdo cuvieri	0	0	0	0	0	84	0.09	0.18	0.01
Sphyrna zygaena	4	6	0	0	0	29	0.03	0.06	0.00
Carcharhinus leucas	0	0	0	0	0	17	0.02	0.04	0.00
Carcharhinus albimarginatus	0	0	0	5	6	11	0.01	0.02	0.00
Echinorhinus cookey	0	0	0	0	0	1	0.00	0.00	0.00
Total de Tiburones	3,245	1,595	5,029	9,503	2,747	47,903	51		3.85
PICUDOS									
Istiophorus platypterus	2,617	305	758	189	1,424	28,801	30.54	74.92	2.31
Tetrapturus audax	915	1,777	1,124	850	177	6,411	6.80	16.68	0.52
Xiphias gladius	133	325	170	444	71	3,018	3.20	7.85	0.24
Makaira mazara	35	10	25	4	7	113	0.12	0.29	0.01
Makaira indica	0	2	3	2	9	97	0.10	0.25	0.01
Total de Picudos	3,700	2,419	2,080	1,489	1,688	38,440	40.76		3.09
Otros grandes Pelágicos									
Coryphaena hippurus	319	81	232	163	182	4,330	4.59	56.47	0.35
Thunnus albacares	85	9	125	1,390	153	3,338	3.54	43.53	0.27
Total otros Pelágicos	404	90	357	1,553	335	7,668	8.13		0.62
Otras especies									
Katsuwonus pelamis	3	1	0	0	0	105	0.11	34.54	0.01
Acanthocibium solandri	3	2	27	44	0	81	0.09	26.64	0.01
Dasyatis sp.	0	3	21	28	0	56	0.06	18.42	0.00
Lepidochelys olivacea	7	0	21	0	4	54	0.06	17.76	0.00
Thunnus sp.	0	0	2	3	0	5	0.01	1.64	0.00
Luvarus sp.	0	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Euthynnus lineatus	0	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Urotrygon asterias	1	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Total de otras especies	14	6	71	75	4	304	0.32		0.02
Total por año									
Captura (número)	7,363	4,110	7,537	12,620	4,774	94,315			
Número de anzuelos	105,005	74,960	101,107	176,497	83,440	1,244,530			
Número de viajes	5	3	3	4	4	40			
Número de lances	87	61	54	141	75	908			

*Captura de *Alopias vulpinus* mezclado (< 0.001%).

Vélez *et al*. (2000)

La captura de especies templadas como el tiburón zorro y el azul es mas abundante a finales de octubre a abril en el área norte; para las especies tropicales como el tiburón volador, tunero y martillo la mayor captura es de junio a septiembre en el área sur.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de los 40 cruceros mencionados anteriormente por cada 100 anzuelos, es de 4.05 para tiburones, con máximo de 6.4 y mínimo de 2.13; para los picudos de 3.0 en promedio con máximo de 6.73 y mínimo de 0.84.

Los datos revelan un movimiento cíclico de la CPUE a través del tiempo, desfasado entre tiburones y picudos: cuando los tiburones alcanzan valores máximos (tiburón zorro y tiburón azul), los picudos (pez vela y marlín rayado) presentan valores mínimos y viceversa (Vélez *et al.*, 2000) (Fig. 3 y Tabla 6).

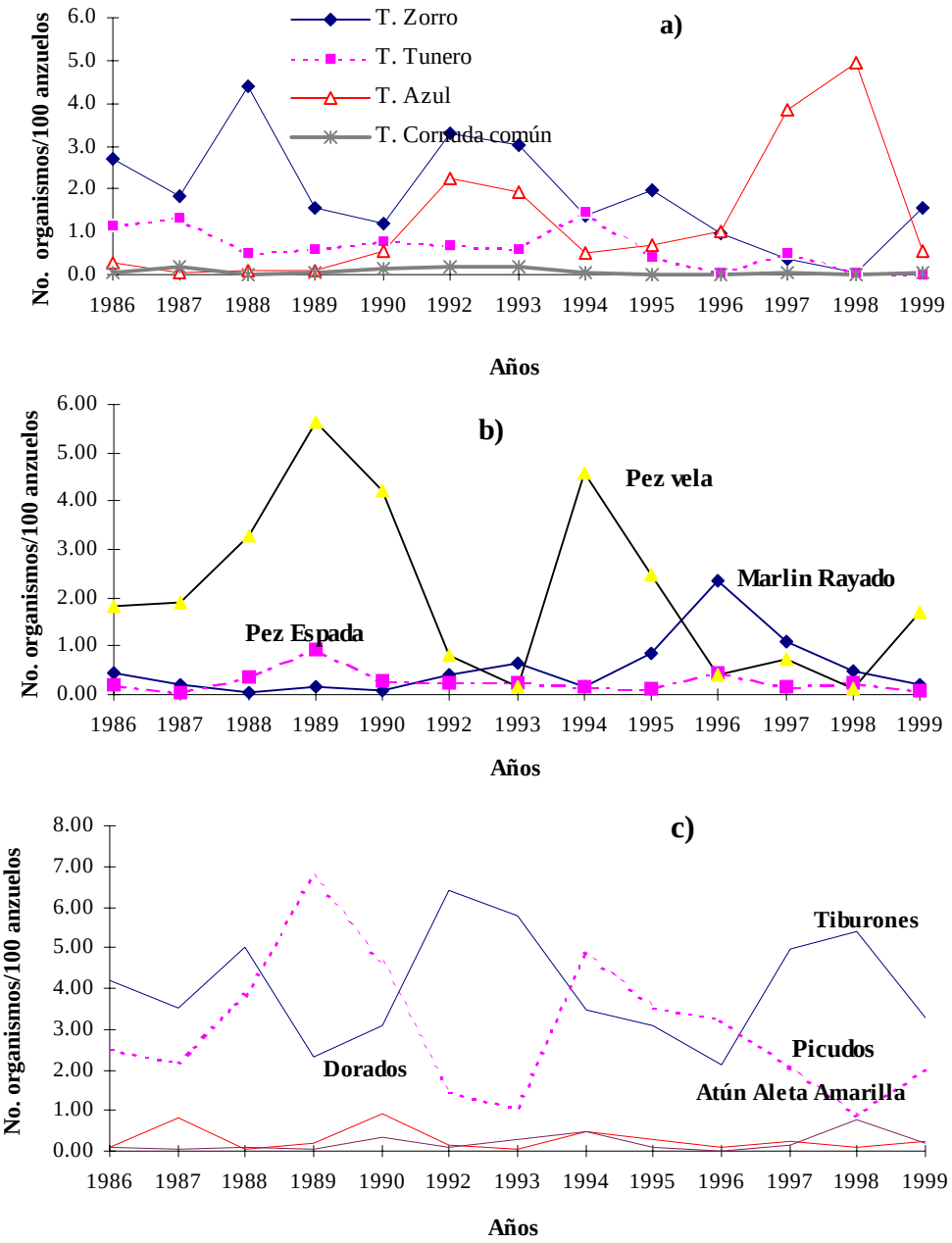


Fig. 3. Captura por unidad de esfuerzo de la flota palangrera oceánica, durante el periodo 1986-1999. a) tiburón, b) picudos y c) pelágicos mayores.

Tabla 6. Captura por 100 anzuelos de pelágicos mayores, por grupo y especies de la flota palangrera oceánica de 1986 a 1999.

	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Min.	Promedio	Max
Tiburones																
A. pelagicus	2.70	1.82	4.39	1.56	1.21	3.29	3.03	1.38	1.95	0.95	0.39	0.07	1.56	0.07	1.87	4.39
P. glauca	0.28	0.06	0.08	0.09	0.57	2.23	1.91	0.52	0.66	1.00	3.85	4.95	0.55	0.06	1.29	4.95
C. falciformis	1.12	1.32	0.51	0.58	0.77	0.69	0.61	1.46	0.42	0.04	0.49	0.04	0.98	0.04	0.70	1.46
C. limbatus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.06	0.00	0.00	0.03	0.14
S. lewini	0.06	0.19	0.01	0.05	0.16	0.17	0.18	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.07	0.19
Total tiburones	4.19	3.51	5.03	2.30	3.10	6.40	5.80	3.46	3.09	2.13	4.97	5.38	3.29	2.13	4.05	6.40
Picudos																
I. platypterus	1.84	1.92	3.28	5.64	4.24	0.80	0.18	4.60	2.49	0.41	0.75	0.11	1.71	0.11	2.15	5.64
T. audax	0.46	0.19	0.05	0.14	0.07	0.41	0.65	0.18	0.87	2.37	1.11	0.48	0.21	0.05	0.55	2.37
X. gladius	0.19	0.04	0.38	0.93	0.30	0.23	0.25	0.15	0.13	0.43	0.17	0.25	0.09	0.04	0.27	0.93
Total picudos	2.52	2.18	3.79	6.73	4.61	1.45	1.08	4.93	3.52	3.23	2.06	0.84	2.02	0.84	3.00	6.73
Otros pelágicos																
Coryphaena hippurus	0.07	0.80	0.07	0.20	0.90	0.16	0.03	0.49	0.30	0.11	0.23	0.09	0.22	0.03	0.28	0.90
Thunnus albacares	0.10	0.05	0.09	0.05	0.33	0.09	0.29	0.46	0.08	0.01	0.12	0.79	0.18	0.01	0.20	0.79
Total de otros pelágicos	0.18	0.85	0.17	0.24	1.23	0.26	0.32	0.95	0.38	0.12	0.35	0.88	0.40	0.12	0.49	1.23

Fuente: Vélez *et al.*, 2000

Las zonas principales de pesca de los barcos palangreros tiburoneros de México en la ZEE (Fig. 4) son:

Zona 1: Baja California, de los 23º a los 29º N y de los 111º a los 116º O. En años recientes la flota ha operado más al norte de los 31º N y 118º O.
Zona 2: Boca del Golfo de California, de los 20º a 24º N y 105º a 110º O.
Zona 3: del sur de Cabo Corrientes al sudoeste de Puerto Angel, de los 14º a los 20º N y 97º a los 110º O.
Zona 4: Golfo de Tehuantepec, de los 14º a los 16 N y de los 93º a los 97º O. En años recientes la flota ha operado de 13º N y de 95 a 97 º O.
Zona 5: Islas Revillagigedo, de los 17º a los 20º N y los 110º a los 113º O.

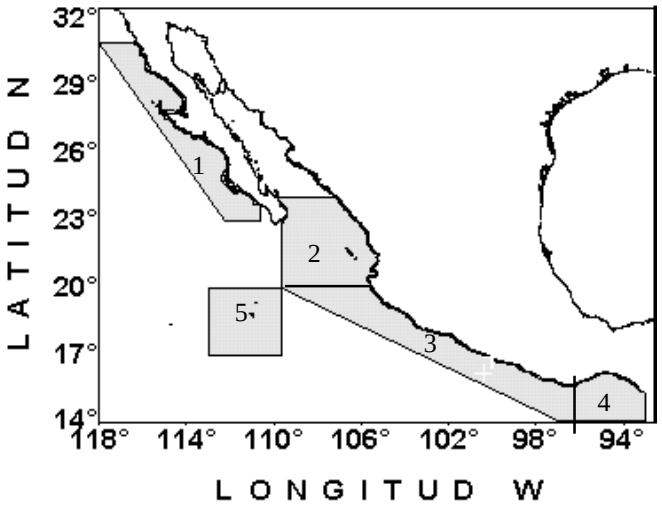


Fig. 4. Areas de captura de barcos palangreros tiburoneros en la ZEE del Océano Pacífico Mexicano.

Durante los 40 cruceros comerciales el número de especies de tiburones capturadas fue de quince, siendo cuatro las más representativas en las capturas oceánicas:

- **Tiburón zorro**, *Alopias pelagicus* :
  Distribución en la ZEE. Capturas de uno a 50 tiburones, de 50 a 100 se localizaron de Manzanillo, Col., a Altata, Sin., hasta la Isla San Benedicto de las Islas Revillagigedo. Frecuencias de 100 a 200 de Manzanillo, Col., al sur de Cabo Corriente y norte de Mazatlán a Altata, Sin. La captura en 100 anzuelos se promedió por grado en Lat. N y en Long. O; los índices más altos de abundancia fueron en Lat. N de 18° a 23°, de 2.09, y en Long. O de 104° a 110°, de 2.46.

- **Tiburón azul**, *Prionace glauca:*
  Se distribuye en toda la ZEE. Los lances con frecuencia de 50 a 150 se presentaron en su mayoría al oeste de BCS, al norte, noreste y este de Islas Revillagigedo y al noroeste de Islas Marías. Los lances de 150 a 300 al oeste de BCS, particularmente frente a Bahia Magdalena y al este y noroeste de Isla Roca Partida de Islas Revillagigedo. La CPUE muestra índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 24° a 29°, de 8.53, y en Long. O de 110° a 117°, de 5.47.

- **Tiburón sedoso**, *Carcharhinus falciformis:*
  Se distribuye en la ZEE. Sólo tres lances frente BCS con capturas de uno a 50 tiburones, los lances de 50 a 150, principalmente frente al Golfo de Tehuantepec, así como frente a Cabo Corriente, noroeste de Islas Marías y un lance frente a Bahía Magdalena en BCS. La mayor abundancia (de 200 a 215) en el Golfo de Tehuantepec y en la entrada de la boca del Golfo de California. Índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 14° a 15° de 2.20 y de 19° a 21° de 0.8 y en Long. O de 93° a 97° de 2.31.

- **Tiburón cornuda común**, S*phyrna lewini:*
  Se distribuye en la ZEE. Sólo cinco lances frente BCS de 1 a 5 tiburones; lances con 5 a 15 en su mayoría frente al Golfo de Tehuantepec, así como frente a Zihuatanejo, Manzanillo, Cabo Corrientes, noroeste y oeste de Islas Marías y entrada a la boca del Golfo de California. La mayor abundancia (de 15 a 20) en el Golfo de Tehuantepec con 2 lances y noroeste de Islas Marías con un lance de captura. Índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 14° a17 ° de 0.14 y de 20° a 22° de 0.06 y en Long. O de 93° a 95° de 0.35 y de 101° a 102° de 0.11.

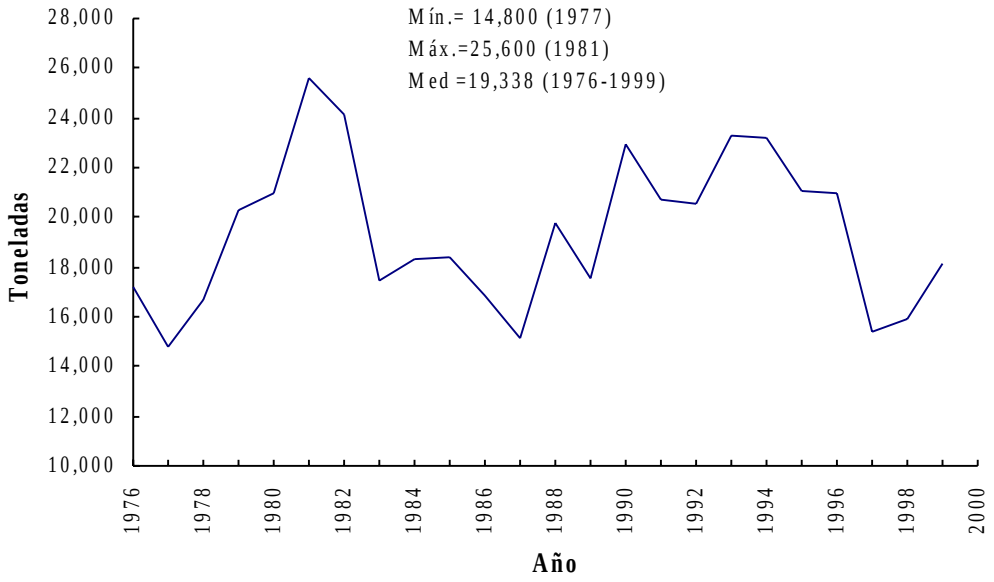
Se reconocen zonas de máxima abundancias para cada especie en aguas oceánicas: para el tiburón azul frente a la costa suroeste de la península de Baja California, mostrando una agregación norteña a la ZEEOPM; para el zorro común, del noroeste de Islas Marías hasta la entrada del Golfo de California; para el tiburón sedoso y el tiburón cornuda común, frente al Golfo de Tehuantepec (Vélez *et al*., 2000).

▼*Tendencias históricas*

Según las estadísticas internacionales, de 1988 a 1997, México ha ocupado el séptimo lugar en la producción de tiburón-cazón, con un promedio de 33,000 t anuales, contribuyendo con el 4.6 % de la producción mundial de tiburón y cazón en peso entero.

En el periodo 1988-1997, la producción de tiburón de México representó el 4.6 % de la producción total mundial, registrando un promedio de 33,000 t anuales

En el litoral del Pacífico mexicano, la producción de tiburón-cazón a partir de 1968, con una producción anual de 5,000 t, alcanzando en 1975 las 15,000 t (Solórzano *et al.*, 1982). En el periodo de 1976 a 1999 se obtuvo un promedio anual de 19,391 t con máxima de 25,500 t en 1981; durante las ultimas dos décadas de 1980-1989 y 1990-1999 se obtuvo un promedio de 19,367 t y 20,217 t respectivamente (Castillo, 1992; SEPESCA, 1991-1994; SEMARNAP, 1995-2000) (Fig. 5).



FUENTE: Anuario Estadístico de Pesca. 1991-1994. SEPESCA.
Anuario Estadístico de Pesca. 1995-2000. SEMARNAP.

Fig. 5. Producción de tiburón-cazón en toneladas de peso entero en el litoral del Océano Pacífico. 1976-1999.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Existen al menos dos pesquerias comerciales donde ocurren incidencias importantes de tiburones oceánicos: pez espada con red a la deriva y atún aleta amarrilla con red de cerco.

En México la pesca de pez espada se inició en 1986 con cuatro embarcaciones utilizando redes agalleras y como puerto base Ensenada, B.C., que operan a lo largo de la zona oeste de la península de Baja California dentro de la ZEE. Las especies capturadas son el tiburón zorro común, *Alopias vulpinus*, el tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* y el barrilete, *Katsuwonus pelamis.*

La temporalidad del tiburón comprende de febrero a abril, junio y octubre, con máximos en febrero y junio; para el pez espada de febrero a mayo y su abundancia disminuye en julio, con otro pico de abundancia durante noviembre y diciembre (ARJE, 1995).

Squire y Muhlia (1992) mencionan que México otorgó durante 1990 permisos de captura para pez espada a 12 embarcaciones, mientras que para 1992 se otorgaron 27 permisos, operando 24 frente a la costa oeste de Baja California. En 2000 existen 48 permisos vigentes (CNP, 2000).

Durante 1995 se recopilaron datos estadísticos de la pesca para pez espada, tiburón y escama, capturados por embarcaciones con redes de enmalle. De 17 embarcaciones, nueve registraron producción de tiburón (algunas de ellas solicitaron la captura con palangre). De 1986 a 1995 se capturaron en promedio 21 t anuales de tiburón por embarcación en las zonas de Baja California (SEMARNAP, 1995) (Tabla 7).

De los registros oficiales se estima una captura promedio anual de 20 t de tiburón durante 153 días y 10 viajes anuales por barco (Tabla 8). Durante la temporada 1995-96 se registraron un total de 21

embarcaciones (SEMARNAP, 1995; 1997). Dentro de los proyectos técnico-económicos presentados a la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, ARJE (1995) menciona que la pesquería llega a su máximo desarrollo con 30 embarcaciones en la temporada 1992-1993, reduciéndose a 16 en 1994 (SEMARNAP, 1997). Sosa-Nishizaki *et al.* (1992) indican que 22 embarcaciones con red de deriva controlada de pesca múltiple, incluyendo camaroneros y atuneros con adaptaciones propias, operaban de los 21º 30' a los 32º 20' N, con una captura de tiburón de 25% y 12% de pez espada, así como atunes (19%) y pez sol (19%) (de 0 a 25 tiburones por lance).

Tabla 7. Captura promedio anual de tiburón de barcos con red agallera de deriva, frente a las costas de Baja California. 1986-1995.

BARCO	PROMEDIO CAPTURA ANUAL (t)	PERIODO
FEDECOOP 20	27.13	1987-1995
FEDECOOP 10	30.05	1988-1995
FEDECOOP 21	24.15	1988-1995
FEDECOOP 22	16.15	1992-1995
VICTORIA-EUGENIA	39.00	1986-1995
DIANA ELISA	18.37	1991-1993
ILEANA	15.22	1991-1995
CERRO CRESTON	13.55	1993-1995
PROGRESO 1	8.46	1995
MEDIA	21.34	1986-1995

NOTA.- No están representadas todas las embarcaciones, (14 solicitan permiso en 1995)

FUENTE.- Dir. Gral. de Admon. de Pesquerías, SEMARNAP (1995).

Tabla 8. Captura anual, días de pesca, viajes y CPUE de barcos con red agallera de deriva frente a las costas de Baja California, 1996.

BARCO	CAPTURA DE TIBURON	DIAS	VIAJES	CAPTURA POR DIA	CAPTURA POR VIAJE (t)
FEDECOOP 3	26.45	235	13	0.113	2.035
FEDECOOP 21	18.33	154	10	0.119	1.833
FEDECOOP 22	0.96	64	4	0.015	0.24
FIPESCO 20	22.1	240	11	0.092	2.01
FIPESCO 168	11.08	138	9	0.08	1.231
FIPESCO 174	15	13	1	1.154	15
P. ABREOJOS 1	53.75	193	18	0.278	2.986
P. ABREOJOS 2	35.25	158	13	0.223	2.712
SAN PABLO	21.05	182	12	0.116	1.754
ISLA PIEDRA	18.88	192	14	0.098	1.348
CERRO CRESTON	9.86	151	8	0.065	1.232
VICTORIA EUGENIA	8.4	250	12	0.033	0.7
AGRESOR	28.94	157	12	0.184	2.411
DON TOMAS	8.83	8	2	1.103	4.415
MEDIA POR BARCO	19.92	152.5	9.93	0.262	2.85

NOTA.- De un total de 21 a 23 embarcaciones, Pedersen (CIAT.) y Nishizaki (C.I.C.E.S.E.) comunicación personal.

FUENTE.- Dir. Gral. de Admon. de Pesquerias, SEMARNAP (1997).

En el informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1997), se presentan estimaciones de abundancias de tiburón volador o puntas negras *Carcharhinus limbatus*, en número de individuos por lance de captura con red de cerco. La incidencia es de 0.3 en lances sobre delfines, 2.1 sobre cardúmenes

(no asociados) y 7.0 sobre objetos flotantes; la mayoría de los lances con capturas fueron frente al área de Baja California, México.

El proyecto de fauna asociada con objetos flotantes en el Pacífico oriental de la CIAT, de 1987 a 1990, analizó 5,349 registros de frecuencia de ocurrencia de fauna asociada, durante 497 viajes de pesca con red de cerco.

La mayor parte de los lances fue entre los 5º a los 15º N y frente a México de los 15º a los 30º N.

La frecuencia de aparición de especies de tiburón en los lances fueron:

- Tiburón no identificado: 31.3%, parece corresponder al tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis*, ya que es el más común en las áreas de pesca del atún.
- Tiburón volador o puntas negras, *Carcharhinus limbatus*: 9.1%
- Tiburón puntas blancas, *Carcharhinus longimanus*: 3.2%
- Tiburón cornuda, *Sphyrna* spp.: 2.6%
- Otros tiburones, *Carcharhinus* spp.: 4.7%

Algunas especies de tiburones se encuentran asociadas a pequeños peces forrajeros y marlin; otros picudos se asocian con grandes peces y tiburones. Se cree que muchas especies utilizan los objetos flotantes como eslabones entre las islas y los montes marinos a lo largo de sus patrones de movimiento (Arenas *et al*., 1992). Asimismo, Klimley (1987) propone patrones semejantes en el Golfo de California de tiburones cornuda y otras especies pelágicas.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Indicadores económicos*

De acuerdo con los reportes del Anuario Estadístico de Pesca 1999 (SEMARNAP, 2000), la producción de tiburón en el litoral del Pacífico, en peso desembarcado (eviscerado y sin cabeza), fue de 12,272 t y 2,340 t de cazón con un valor comercial de $120,608,000 M.N. y $24,857,000 M.N., respectivamente.

Los principales estados productores de tiburón en el Pacífico son: Baja California Sur (22.7%), Chiapas (18.2%), Baja California (17.2%), Sonora (15.5%), Sinaloa (12.6%) y Colima (8.5%); y de cazón, Baja California Sur (33.2%), Sinaloa (20.1%), Oaxaca (13.1%), Nayarit (9.0%) Baja California (7.4%) y Sonora (7.1%) (Tabla 9).

Tabla 9. Producción anual de tiburón-cazón (en peso entero) por Estado en el litoral del océano Pacífico, durante 1999.

Estado	Tiburón	Cazón
B.C.	2,645	206
B.C.S.	3,491	925
Sonora	2,384	199
Sinaloa	1,935	561
Nayarit	415	250
Jalisco	2	27
Colima	1,248	28
Michoacán	12	35
Guerrero	105	78
Oaxaca	272	366
Chiapas	2,792	116

Fuente: Anuario estadístico de Pesca, SEMARNAP (2000).

En la industrialización del tiburón el principal proceso de conservación es el congelado (93%) y el seco salado (7%). Los registros de piel de tiburón de 1978 a 1988 promediaron 15.4 t anuales, y de aleta fresca de tiburón de 1977 a 1998, 164 t anuales; esta última representó el mayor valor comercial, alcanzado durante 1993 hasta 30 veces el valor de la carne debido a su demanda internacional.

Los productos derivados del tiburón para consumo humano directo son presentados congelados y seco-salados. El consumo aparente "per capita" nacional de éstos es de 0.23 kg

El consumo aparente, relacionando la producción total (tiburón-cazón) con la población nacional, es de 0.23 Kg *per cápita*. El número de plantas congeladoras en el litoral del Pacífico es de 177 con capacidad instalada de 169 t por hora, correspondiendo para los principales estados productores de tiburón-cazón: en Sinaloa 67 plantas, Sonora 40, Baja California 28, Baja California Sur 28, Chiapas cinco, y Colima una.

El financiamiento al sector pesquero en la pesca de altura fue de $310,524,000 M.N. para ambos litorales, a través de fondos de desarrollo de FIRA-FOPESCA (SEMARNAP, 2000).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Al decretar México la Zona Económica Exclusiva, ejerce derechos de soberanía sobre los recursos vivos existentes en ella, comprometiéndose internacionalmente a determinar su capacidad permisible de captura se permite el acceso a otros Estados al excedente de dicha captura cuando no tuviera capacidad para explotarlo totalmente (SEPESCA, 1987).

A partir de 1975 se incrementó la pesquería de este recurso; los promedios anuales de captura por década de 20,000 t en el litoral del Pacífico han permanecido constantes. Sin embargo, a partir de 1993, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca con base en los resultados de las investigaciones científicas que realiza el INP, dispuso no expedir nuevos permisos para captura de tiburón, excepto en el caso de que se sustituyan embarcaciones descartadas o renueven permisos que no impliquen incremento en el esfuerzo de pesca existente.

Esta medida reglamentaria será vigente hasta que no sea elaborado un plan de manejo y ordenación de la pesquería.

El Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, inició a través del Comité Consultivo Nacional una serie de reuniones de consulta regional sobre tiburón durante junio a julio de 1996, teniendo previsto a corto plazo la elaboración del anteproyecto e implementación de la Norma Oficial Mexicana (NOM) para la Regularización de la Pesca de Tiburón, como instrumento jurídico. Posteriormente el 12 de enero del 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación dicho anteproyecto (ANTEPROYECTO-NOM-29-PESC-1999) para su revisión por parte del sector pesquero y población en general dedicada a esta actividad pesquera en un plazo de 60 días para emitir comentarios al respecto. El proceso de consulta no ha concluído.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Los modelos tradicionales de pesquerías en peces teleósteos no se ajustan para la evaluación de tiburones. El análisis demográfico ha demostrado ser útil en el manejo de pesquerías de elasmobranquios y requiere

estimaciones confiables de edad, mortalidad y tasa de natalidad, así como de información adicional de la biología, abundancia, distribución y hábitos (Cailliet, 1992).

Entre la fauna marina, los elasmobranquios son uno de los grupos de los que menos se conoce su biología y manejo. Actualmente se realizan análisis de la determinación de edad en vértebras de los principales tiburones oceánicos pelágicos y se integra con información básica de su biología (Tabla 10).

Tabla 10. Crecimiento, mortalidad y relaciones de peso y fecundidad.

		Crecimiento				Mortalidad			Explotación		Longitud-Peso		Fecundidad		
	SEXO	L∞	k	to	W∞	M	F	Z	q	E	a	b	MIN	MAX	MED
Tiburón zorro[1]	Ambos sexos	220LF	0.213	-2.19	141.5	0.358	0.921	1.279	0.073	0.3696	0.0000148	2.98			
Tiburón zorro[1]	Machos					0.406	0.873	1.279		0.3377	0.000076	2.68			
Tiburón zorro[1]	Hembras					0.352	1.197	1.549		0.4159	0.000076	2.58	2	2	2
Tiburón sedoso[1]	Ambos sexos	210LF	0.235	-1.97	100.7	0.536	0.452	0.988	0.017	0.168	0.00000318	3.23			
Tiburón sedoso	Machos					0.461	0.67	1.131		0.2649	0.0000093	3.01			
Tiburón sedoso	Hembras					0.64	0.284	0.924		0.1853	0.000005	3.14	2	12	6
Tiburón cornuda[2]	Ambos sexos	380LT	0.083	-0.851	349.2										
Tiburón cornuda[2]	Machos	389LT	0.083	-0.682	248.5										
Tiburón cornuda[2]	Hembras	390LT	0.082	-0.722	282.1										
Tiburón cornuda[3]	Ambos sexos	340LT	0.1515	-0.997	122.1	0.144	0.762	0.907		0.8415	0.00001247	2.83	30	40	35
Tiburón cornuda[5]	Machos										0.0000358	2.76			
Tiburón cornuda[5]	Hembras										0.0000049	3.17	10	35	20
Tiburón azul[4]	Ambos sexos	402LT	0.0609	-3.395											
Tiburón azul[4]	Machos	314LT	0.0904	-2.876											
Tiburón azul[4]	Hembras	670LT	0.0306	-4.084											
Tiburón azul[5]	Hembras												10	23	60

1. Mendizábal, 1995 (Información 1986-1987)
2. Andrade, 1994 (Información 1992-1994)
3. Anislado, 1996 (Información 1993-1994)
4. Miranda, 1996 (Información 1995)
5. Mendizábal en proceso (Información 1986-1995)

En el presente trabajo no se realizó una evaluación basada en modelos, aunque los elementos mostrados son suficientes para obtener conclusiones sobre el estado de las pesquerías de algunos de estos recursos

El índice de abundancia (cf. fig. 3) muestra cómo han decrecido los stocks de tiburón zorro y cornuda comun.

Las tasas de explotación estimadoas para ambas especies son de 0.37 y 0.84, respectivamente (cf. Tabla 10), las cuales en son mayores a las recomendadas (Beddington y Cooke, 1983), y mayores a sus respectivas tasas de mortalidad natural. Ello implica que por lo menos éstas dos especies requieran cuidado especial en su manejo.

▼ *Estado actual de la pesquería de tiburones oceánicos del Océano Pacifico*

Los factores que intervienen en el estatus de las poblaciones incluyen la captura comercial, incidental, recreacional, costera, así como la degradación del hábitat y las pérdidas por mortalidad natural. Además la sobreexplotación de las especies presa y los cambios ambientales tienen un impacto adverso en los tiburones (CITES, 1996).

Las tendencias en la CPUE de la flota palangrera del Pacífico Mexicano (1986 a 1999) muestran un decremento de abundancia en la última década de tiburones zorro, volador y martillo, no así para el tiburón azul, lo que no necesariamente significa una disminución en las poblaciones.

Las proporciones variaron en relación con las otras especies en el porcentaje de captura por cada 100 anzuelos, debido a que anteriormente el tiburón azul no se aprovechaba y no fue incluido en las capturas. Como medida de enfoque precautorio no se ha incrementado el esfuerzo de pesca desde 1993.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

El principal objetivo es aplicar un plan de manejo que garantice la conservación y uso sustentable de las poblaciones de tiburones, así como la rehabilitación de las poblaciones bajo explotación.

Es necesario estimar los efectos de los diferentes artes de pesca en la composición por tallas y edades, que actúan de manera selectiva sobre las poblaciones con el fin de estar en condiciones de proponer alternativas de manejo adecuadas para el recurso.

Con el objeto de asegurar el reclutamiento a la pesquería, es necesario determinar la capacidad reproductiva de recuperación de la población, identificar las principales áreas de crianza, desarrollo de juveniles, así como la estimación de índices independientes de abundancia.

Dentro de las estrategias de manejo para la pesquería de tiburón en México se prevé la protección de las áreas de crianza, mediante vedas temporales:

- **Tiburón zorro.** Su periodo máximo de reproducción es de octubre a marzo, que corresponde a la isoterma superficial de 27º C entre la boca del Golfo de California y frente a Manzanillo, particularmente al frente y noroeste de Mazatlán. Se recomienda vedar su captura con redes de enmalle en el mes de octubre, que es cuando las hembras preñadas ser acercan a las áreas de crianza a parir y dejan de alimentarse, y con palangre tiburonero en el mes de marzo durante su mayor abundancia de captura que es cuando se encuentran en las primeras etapas de gestación y se están alimentando. Asimismo, las embarcaciones palangreras oceánicas y con redes de enmalle deben operar fuera de las 50 millas náuticas a partir de la línea de costa en la porción continental y 30 millas náuticas alrededor de las Islas Revillagigedo (Mendizábal, 1995).

- **Tiburón azul.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de finales de enero a abril frente a Baja California Sur en el océano Pacífico y de marzo a mayo de la Boca del Golfo de California a Islas Marías e Islas Revillagigedo. La propuesta de regulación es vedar su captura con redes de enmalle en el mes de febrero, que es cuando las hembras se acercan a las áreas de crianza para parir. Las zonas corresponden a la parte oceánica frente a Bahía Sebastián Vizcaíno hasta Cabo San Lucas, en esta misma área vedar su captura con palangre tiburonero o durante la pesca de pez espada en el mes de abril, que es cuando las hembras se encuentran en las primera etapas de gestación. Se recomienda inatalar observadores de tiburón en barcos con redes de enmalle en la pesca de Pez espada para conocer la incidentalidad en las capturas y el total aprovechamiento del recurso (Mendizábal, 1995).

- **Tiburón sedoso.** Su periodo máximo de reproducción es de mayo a junio entre la zona oceánica frente a Zihuatanejo y el Golfo de Tehuantepec, siendo importante durante agosto frente a Puerto Vallarta, con el aumento de la termoclina y la isoterma superficial de los 29º C. Se recomienda vedar su captura con redes de enmalle y palangre tiburonero de principios de mayo a mediados de junio frente al Golfo de Tehuantepec; igualmente las embarcaciones palangreras oceánicas y con redes de enmalle deberán operar por fuera de las 50 millas náuticas a partir de la línea de costa y 30 millas náuticas alrededor de las Islas Revillagigedo. Se recomiendan observadores de tiburón en barcos atuneros para conocer la incidentalidad en las capturas y el total aprovechamiento del recurso frente al Golfo de Tehuantepec (Mendizábal, 2000).

- **Tiburón volador.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre frente a Baja California Sur y al noroeste de las Islas Revillagigedo. En noviembre y diciembre se localizaron de la Boca del Golfo de California al noroeste y suroeste de Islas Marías, permaneciendo ahí hasta marzo. La propuesta de regulación es vedar su captura con palangre en el mes de octubre, que es cuando las hembras preñadas se encuentran en las primeras etapas de gestación y se están alimentando; las zonas corresponden a la parte oceánica frente a la Bahía Sebastían Vizcaíno hasta Cabo San Lucas. Vedar su captura con redes en el mes de marzo que es cuando las hembras preñadas dejan de alimentarse y se encuentran con embriones en las últimas etapas del desarrollo acercándose a las áreas de crianza. Las zonas corresponden a la parte océanica de la entrada de la Boca del Golfo de California hasta Cabo Corrientes frente a Puerto Vallarta.

- **Tiburón cornuda.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de mayo a agosto frente a Puerto Vallarta hasta el Golfo de Tehuantepec. La propuesta de regulación es vedar su captura con redes de enmalle y palangre tiburonero de mayo a mediados de junio, que es cuando se acercan a las áreas de crianza para parir en aguas someras. Las zonas corresponden a la parte océanica frente al Golfo de Tehuantepec (Mendizábal, 2000).

Deben continuar los trabajos de evaluación de las principales poblaciones de tiburones oceánicos como el zorro, volador, azul, tunero y cornuda común, para determinar con mayor precisión si la tendencia en las capturas presenta un declive acelerado, presenta ciclos alternantes anuales o bianuales de incrementos, disminuciones por efectos de mortalidad por pesca o por factores ambientales en el ecosistema marino.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Como parte del Convenio de Cooperación Bilateral de Investigación Conjunta entre México y Estados Unidos (MEXUS-PACIFICO) se han iniciado los cruceros conjuntos de investigación del grupo de trabajo sobre pesquerías de tiburones en el área oeste de la península de Baja California, capturando, marcando y liberando tiburón azul, zorro común y mako. Lo anterior es para definir los patrones migratorios de especies templadas compartidas entre ambos países, así como conocer aspectos básicos de su biología, parámetros oceanográficos y captura por unidad de esfuerzo.

Recientemente se estableció un convenio de cooperación bilateral entre México y Guatemala para realizar investigación pesquera sobre tiburones tropicales compartidos entre ambos países, así como aspectos de la biología del tiburón sedoso, volador, cornuda y coyotito principalmente.

REFERENCIAS

Andrade G., Z. 1996. Determinación de edad y crecimiento en vértebras del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini,* del Pacífico mexicano (1992-1994). Tesis de Biología, Fac. de Ciencias, Univ. de Guadalajara, México.

Anislado T., V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith 1834), en el Pacífico central mexicano. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Anóniymo. 1997. Shark Tagging News. A Newsletter. California Dep. Fish and Game, Ca, USA. 2:1-8.

Applegate P., S., L. Espinoza, L. Menchaca, L. & F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. Secretaría de Educación Pública, México.

Arenas P., M. Hall & M. García. 1999. Association of fauna with floating objects in the eastern Pacific Ocean. Proceedings of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, La Jolla, California, February 11-13, 1992. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 11:285-326.

ARJE. 1995. Estudio técnico y socioeconómico para la obtención de la concesión para la extracción de pez espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico mexicano. ARJE S.A. de C.V. (inédito).

Beddington, J.R. & J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 242:47.

Bigelow H., B. & W.C. Schroeder. 1948. Sharks. Mem. Sears Found. Mar. Res. 1: 53-576.

Bonfil S., R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Tech. Pap. 341.

Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. Australia 43:183-193.

Castillo, C.A. 1994. Informe de crucero del B/P San Andrés 23 febrero a 9 marzo, 1994, en el Océano Pacífico de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castillo G., J.L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 128p.

Castillo G., J.L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca. México (inédito).

Castillo, G.J.L., A. Cid del Prado V., S. Soriano V., F. Sancho V. & C. Ramírez S. 1999. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro-Aguirre, J.L., 1967. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis de Biología. Esc. Nal. Ciencias Biológicas, IPN. México.

Castro, J.I. 1983. The Sharks of North American Waters. Texas A&M University Press, College Statation.

CIAT. 1997. Informe anual de la CIAT, 1995. La Jolla, California, USA.

CIB. 1990. El CIB en el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y especies afines. CICPA (inédito).

CITES. 1996. Biological and trade status of sharks. Report of CITES Animals Committee.

Compagno L., J.V. 1984. Sharks of the world. FAO Fish. Synop. 125 (1-2):1-655.

Compagno L., J.V. 1990. Shark exploitation and conservation. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:391-414.

Corro E., D. 1997. Análisis preliminar de la pesquería artesanal de tiburones en el norte de Nayarit y sur de Sinaloa. Informe Técnico. CRIP-Mazatlán. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Dingerkus, G. 1987. Shark distribution. *En*: Facts on File Publications (ed.). Sharks. New York. pp: 36-49.

Fajardo, J. 1994. Informe del crucero del B/P Don Gustavo 23 enero a 6 febrero, 1994, en el Océano Pacífico de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Galván, M.F., H.J. Niehuis & P.A. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of the sharks of the lower Gulf of California, Mexico. Cal. Fish Game 75: 74-84.

Gilbert, C.R. 1967. A revision of the hammerhead sharks (Family Sphyrnidae). Proc. US Nat. Mus. 119 (3539): 1-88.

Hernández C., E.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis de Biología. Esc. Nal. Ciencias Biológicas, Inst. Politec. Nac. México.

Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranches possible? *En:* "Fish stocks and Recruitment". Rapports et Proces Verbaux des Réunions Conseil International Pour l'Exploration de la Mer 64.

Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *En:* "Sea Fisheries Research. Halsted Press. New York. pp:117-137.

Holden, M. J. 1977. Elasmobrachs. *En:* Gulland, J.A. (ed.). "Fish Population Dynamics". John Wiley. London. pp:187-216.

INP. 1987. Informe final de análisis de las pesquería, agosto 1987. Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines. CRIP-La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Joseph, J., W.L. Klawe & C.J. Orange. 1974. A review of the longline fishery for billfishes in the Eastern Pacific Ocean. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams, F. (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 309-331.

Kato, S. & A.H. Carvallo. 1967. Shark tag in the eastern Pacific ocean, 1962-1965. *En*: Gilbert, P.W., R.F. Mathewson & D.P. Rall. (eds.). Sharks, Skates and Rays. John Hopkins Press, Baltimore. pp:93-109.

Kato, S. 1964. Sharks of the genus Carcharhinus associated with the tuna fishery in the Eastern Tropical Pacific Ocean. US Fish. Wild. Serv. Cir.172: 1- 22.

Kato, S., S. Springer. & M.H. Wagner. 1967. Field guide to Eastern and Hawaiian sharks. Circ. U.S. Fish. Wild. Serv. 271: 1-47.

Katsuo, M.N. 1969. Katsuo-Maguro-Nenkan (Skipjack-tuna yearbook). Suisan Schinchosha, Tokyo.

Kikawa, S. 1975. Synopsis on the biology of the shortbill spearfish, *Tetrapturus angustirostris* Tanaka, 1914 in the Indo Pacific areas. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (3): 39-54.

Klimley, A.P. 1987. The determination of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *S. lewini*. Env. Biol. Fish. 18: 27-40.

Luer, C.A. & P.W. Gilbert. 1991. Elasmobranch fish: oviparous, viviparous and oviviparous. Oceanus: 47-53.

Macías S., G. 1995. Análisis de la información estadística del recurso tiburón a nivel nacional e internacional (período 1978-1987). Tesis de Lic. en Admon de Rec. Mar. Fac. Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México.

Macías Z., R., A. L. Vidaurri & H. Santana 1994. Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de pez vela en el Pacífico mexicano. Invest. Mar. CICIMAR 20: 339-408.

Manjarrez, A. 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológico-pesqueros del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Memoria profesional, Esc. Cienc. Mar. Univ. Autón. de Sinaloa, México. 90p.

Márquez F., F. 1991. Esfuerzo de pesca y distribución de las especies capturadas por el barco palangrero "Tiburón IV" en el Océano Pacífico mexicano (octubre-noviembre 1988). Tesis profesional. Fac. de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. México.

Mendizábal O., D., R. Vélez, F. Valdez, A. Ramírez, E. Bejarano, & A. Vega. 1990a. Información y representación gráfica de los datos estadísticos de captura y esfuerzo de la flota palangrera de Manzanillo, Colima (1983-1988). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Valdez. 1990b. Relación de la captura con la temperatura y profundidad de la termoclina durante la pesca comercial de picudos, tiburones y dorados en la zona oceánica del Pacífico central mexicano. *En*: Dailey, M. & H. Bertsh. (eds.). Mem. VIII Simp. Biol. Mar. pp: 127-144.

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Valdez. 1992. Distribución estacional e índices alimenticios de las especies forrajeras del tiburón zorro *Alopias vulpinus* y tiburón volador *Carcharhinus limbatus* en el Pacífico central mexicano. Periodo 1986-1987 y 1989-1990. *En*: Alfaro S., A. (eds.). Mem. IX Simp. Biol. Mar. pp: 123-131.

Mendizábal O., D. 1995. Biología reproductiva, crecimiento, mortalidad y diagnóstico de *Alopias vulpinus* (tiburón zorro) y *Carcharhinus limbatus* (tiburón volador) de la boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec (período 1986-1987). Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Mendizábal O., D. R. Vélez, J. Valdez, J. Fajardo & C. Castillo. 2000. Información biológica, distribución y abundancia relativa del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*, en el océano Pacífico de México (1986-1995). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Marquez. 2000. Información biológica, distribución y abundancia relativa del tiburón azul, *Prionace glauca*, en el océano Pacífico de México (1986-1996). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Miranda V., L.A. 1996. Análisis biológico pesquero del tiburón azul (*Prionacea glauca*, Linnaeus 1758) en Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE, B.C. México.

Nakano, H. & T. Uozumi. 1995. Report to the ICCAT on the participation in the 2nd ICES study group on elasmobranch fishes. ICCAT SCRS/95/11: 1-12.

Polanco J., E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Esquema de regulación propuesto para la administración de la pesquería mexicana de picudos en el océano Pacífico oriental. En: Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca, México. pp: 379-445.

Roedel P., M. & W.M. Ripley. 1950. California sharks and rays. Fish. Bulletin. California Division of Fish and Game 75: 1-89.

Santana H., H. 1989. Distribución y abundancia relativa espacio temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la ZEE del Pacífico mexicano. Tesis Profesional. Esc. Sup. de Ing. Pesquera, Univ. Autón. de Nayarit, México.

Santana H., H. 1997. Relación del éxito de la pesca palangrera con la temperatura superficial y la profundidad en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Santana H., H., R. Macias Z. & J. J. Valdez F. 1998. Selectividad del sistema de palangre utilizado por la flota mexicana en la Zona Económica Exclusiva. Ciencias Marinas. 24(2):193-210.

SEMARNAP. 1996-2000. Anuarios Estadísticos de Pesca 1995-1999. SEMARNAP, México.

SEMARNAP. 1995. Relación de solicitudes para la pesca de pez espada, tiburón y escama en general, frente a las costas de Baja California. Informe Técnico de la Dirección General de Administración de Pesquerías. SEMARNAP. México (inédito).

SEMARNAP.1997. Rendimiento de las embarcaciones mayores del Pacífico de México. Informe Técnico de la Dirección General de Administración de Pesquerías. SEMARNAP. México (inédito).

SEPESCA. 1993a. Anuario estadístico de pesca1991. México.

SEPESCA. 1993b. Anuario estadístico de pesca 1992. México.

SEPESCA. 1994. Anuario estadístico de pesca 1993. México.

SEPESCA. 1995. Anuario estadístico de pesca 1994. México.

SEPESCA. 1987. Acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies marlin, pez vela y pez espada conocidas comúnmente como picudos, en la Zona Económica Exclusiva del litoral del Océano Pacífico. *En*: SEPESCA (ed.). Síntesis pesquera 1982-1987. SEPESCA. México. pp:157-168.

Sosa-Nishizaki, O., R. Pacheco, R.L. Castro, J.L. Grijalva & J. de la Rosa. 1992. Estudio biológico pesquero del pez espada (*Xiphias gladius*) y otras especies de picudos, marlin y pez vela. Reporte anual CICESE-CANAINPES, Ensenada, B.C. México.

Squire, J.L. & D.W. Au. 1989. Management of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Northeast Pacific a case for lcal depletion and core area management . In: H. Stroud (ed.), Proc. Sec. Int. Billfish Symp., Kailwa-Kona, Hawaii, 1-5 August 1988. Part 2, Contr. Papers, pp. 199-214.

Squire, J.L. & A. Muhlia. 1992. A review of striped marlin (*Tetrapterus audax*), swordfish (*Xiphias gladius*), and sailfish (*Istiophorus platypterus*) fisheries and resource management by Mexico and United States in the northeast Pacific ocean (inédito).

Taniuchi, T. 1990. The role of elasmobranch in Japanese fisheries. NOAA Tech. Rep NMFS 90: 415-426.

Ueyanagi, S. 1974. A review of the world commercial fisheries for billfishes. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 1-11.

Velez M., R., F. Márquez F., D. Mendizábal & F. Valdez. 1994. Examen de la pesca de pelágicos mayores en un barco comercial palangrero en el Pacífico central de México (octubre-noviembre, 1988). *En*: A. Siqueiros, A. (ed.). Mem. IX Simp. Biol. Mar. pp:133-148.

Velez M., R., O. Mendizábal, F. Márquez F., 2000. Sharks caught in the pelagic longline fishery in the Pacific Ocean off México: A review. International Pelagic Shark Worshop. Monterey, California, February 13-17, 2000. U.S.A.

Velez M., R., O. Mendizábal, F. Valdez & A. Venegas. 1989. Prospección y pesca exploratoria de recursos pesqueros en la Zona Económica Exclusiva del Océano Pacífico. CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Velez, M., R., O.D. Mendizábal, F. Valdez, J. Fajardo, & L. Castillo. 1996. Análisis de la pesca omercial del barco palangrero Tiburón III de la flota de Manzanillo, Colima, en el Océano Pacífico de México (1992-1996). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Virgen, A.J., E. González, H.C. Severino & S.E. Cruz. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. Ser. Tecnol. Inst. Nal. Pesca 21: 1-10.

Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably?. A question revisited with a review of shark fisheries. Mar. Freshwater Res. , CSIRO. Vic. Australia. 49(7): 553-72.

tiburón
martillo
cornuda
tiburón
coyotito
tiburón
tiburón
zorro
cazón
toro
puntas negras
chato
tiburón
aleta de cartón

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE TIBURÓN DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC

ESPECIES: Tiburón aleta de cartón (*Carcharhinus falciformis*), tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), tiburón coyotito (*Nasolamia velox*) y tiburón torito (*Mustelus lunulatus*).

- Pesquería artesanal multiespecífica, sustentada por la captura estacional de varias especies de tiburones en aguas del Golfo de Tehuantepec.
- La captura artesanal está compuesta principalmente por organismos inmaduros del tiburón aleta de cartón (*Carcharhinus falciformis*) y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*).
- La mayor parte de la producción de tiburones que se desembarca en Puerto Madero, Chiapas, se canaliza para consumo humano a la Ciudad de México.
- El aprovechamiento exclusivo de las aletas de tiburón está prohibido.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- En 1999 la captura en Puerto Madero, Chis., fue de 1, 639 t que representa el 56% de la producción del estado de Chiapas (2, 908 t).
- El estado de Chiapas ocupa el 4to lugar con el 16% de la captura del Pacífico Mexicano.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Demográfico

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Pesquería aprovechada al máximo sustentable.

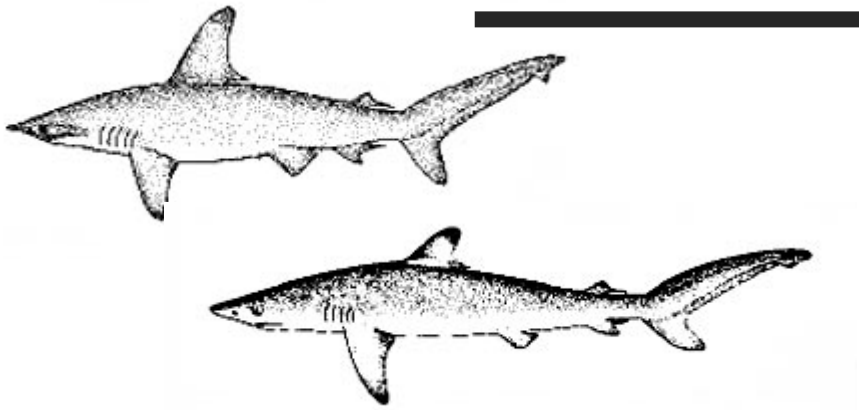
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo por número de permisos.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- No incrementar el esfuerzo pesquero, disminuir la captura de individuos inmaduros y proteger áreas de crianza.

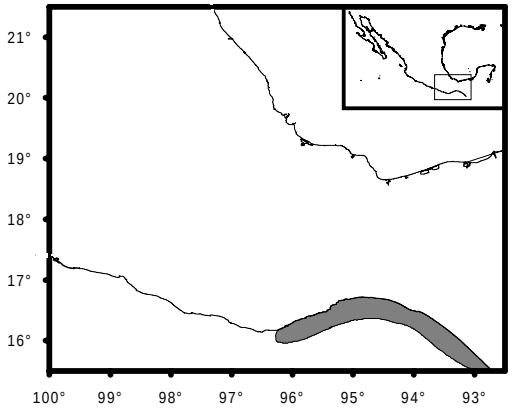
Tiburones del Golfo de Tehuantepec



Carcharhinus falciformis
Sphyrna lewini
Carcharhinus limbatus
Nasolamia velox
Mustelus lunulatus

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



En México, los principales estudios sobre pesquerías han sido sobre recursos que por su gran abundancia o por su valor comercial han influido de manera importante en la economía pesquera del país. Sin embargo, por su posición geográfica, México cuenta con una gran diversidad de especies, que soportan pesquerías ribereñas multiespecíficas a lo largo de todo su litoral.

Entre las especies más importantes en estas pesquerías por sus volúmenes de captura se encuentra el grupo de los tiburones, sus características son muy peculiares ya que presentan lenta tasa de crecimiento, bajo potencial reproductivo, madurez sexual tardía y una relación directa entre el reclutamiento y las poblaciones adultas, lo que los hace altamente vulnerables a intensos y prolongados regímenes de pesca. La sobreexplotación de las poblaciones de elasmobranquios tanto de tiburones como de rayas, en países como Estados Unidos y Australia, ha propiciado un abrupto decremento de la abundancia de dichas poblaciones desde hace varias décadas, y actualmente aún no presentan síntomas de recuperación (Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1996). En nuestro país los tiburones se han explotado de manera tradicional desde hace mas de un siglo, explotación que se ha incrementado con el crecimiento demográfico y por ende la demanda creciente de alimentos y de productos industriales tanto nacional como internacional (SEMARNAP, 1998).

Entre las especies pesqueras más importantes por sus volúmenes de captura se encuentra el grupo de los tiburones, sus características biológicas, los hacen altamente vulnerables

Como consecuencia del uso de diferentes artes (redes agalleras, redes de enmalles, cimbras, palangres) y zonas de pesca, la composición de la captura, además de ser multiespecífica, abarca una gran variedad de tallas y estadios de desarrollo: organismos recién nacidos, juveniles y adultos, incluso hembras preñadas con diferentes estadios embrionarios, la mayoría en estadios avanzados.

Los estudios sobre tiburones se han dirigido primordialmente a la caracterización de sus pesquerías y en menor grado hacia aspectos de la biología reproductiva. En las pesquerías de los elasmobranquios las estrategias reproductivas resultan ser un factor limitante (Pratt *et al.*, 1990).

En 1960 se incrementaron las capturas de tiburón por la demanda a nivel mundial de algunos productos como sus aletas y pieles. En México se consolidó el aumento en los volúmenes de producción al extenderse la demanda doméstica de carne en estado fresco y seco salado. Los registros de las capturas mundiales de tiburones y similares (rayas y mantas), en el período de 1978-1993, promediaron por año 610,000 t que representaron el 0.7% del total de la producción mundial en las pesquerías marinas, de las cuales 427,000 t (0.5%) correspondieron a tiburones y 183,000 t (0.2%) a rayas y mantas. Los principales países en el mundo son Indonesia, India, Estados Unidos, Pakistán y Taiwán con capturas de 101, 71, 52, 51 y 41 mil toneladas anuales respectivamente durante 1996; Japón y México registraron 38 y 33 mil toneladas anuales respectivamente, ocupando nuestro país el séptimo lugar en la captura mundial de tiburón y cazón (SEMARNAP, 1999).

Los tiburones pueden ser aprovechados de forma integral, ya que la mayoría de las partes de su cuerpo son utilizadas: aletas, piel, carne, hígado, dientes, vísceras y cartílago. El hígado de tiburón lo destinan fundamentalmente para obtener vitamina “A”; las aletas, el producto más valioso de los tiburones, se exportan hacia el mercado oriental. Recientemente los tiburones son un recurso importante para las ciencias biomédicas por ser fuente de sustancias medicinales y excelentes animales para pruebas de laboratorio, ya que de la sangre de algunas especies se obtienen sustancias anticoagulantes que se emplean en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Parte de su esqueleto cartilaginoso se utiliza para tratamientos de quemaduras y para estudios inmunológicos y lo más sorprendente es que desde hace varios años en los Estados Unidos las córneas de tiburones han sido usadas como exitosos substitutos de las humanas. La piel, se utiliza para la fabricación de zapatos y otros artículos peleteros (Hernández, 1971; Castillo 1990; Bonfil, 1994 y Macías 1995).

De la producción nacional de tiburón y cazón, más del 90 % es utilizada como filete para el consumo humano directo en diferentes presentaciones como fresco, congelado y seco salado. En el Estado de Chiapas, la pesca de tiburones es importante fuente de empleo, alimento y obtención de divisas. La mayor

Tabla 1. Producción y Valor Nacional de Tiburón-Cazón.

AÑO	ESPECIE	VOLUMEN* (t)	VALOR (Miles de pesos)
1995	Cazón	10,257	54,975
	Tiburón	18,285	97,457
	Tib-cazón	**28,542**	**152,432**
1996	Cazón	10,213	59,440
	Tiburón	18,932	105,629
	Tib-cazón	**29,145**	**165,069**
1997	Cazón	6,603	54,665
	Tiburón	14,256	93,911
	Tib-cazón	**20,859**	**148,576**
1998	Cazón	6,432	61,053
	Tiburón	14,938	128,579
	Tib-cazón	**21,370**	**189,632**
1999	Cazón	5,541	58,860
	Tiburón	16,904	166,131
	Tib-cazón	**22,445**	**224,991**

* Peso desembarcado
Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca (SEMARNAP)

parte de la producción de tiburón que se desembarca en puerto Madero, Chiapas se canaliza como alimento para consumo humano a la Ciudad de México (SEMARNAP, 1994).

En la *Tabla 1* se muestra el volumen y valor de la producción en peso desembarcado. Se observa que en los dos últimos años han descendido las capturas; sin embargo en su valor no se manifiesta una disminución sustancial. En el caso de 1999, aumentó en un 26.6% con respecto a 1996.

Las especies que se capturan pertenecen a los ordenes Carcharhiniformes, Lamniformes y Orectolobiformes que incluyen a las familias Carcharhinidae, Alopiidae, Lamnidae, Sphyrnidae, Triakidae y Ginglymostomatidae. Los géneros *son: Carcharhinus, Nasolamia, Galeocerdo, Prionace, Alopias, Isurus, Sphyrna, Mustelus,* y *Ginglymostoma;* de las cuales se registran 18 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies capturadas por la flota artesanal en puerto Madero, Chiapas (Ordenadas por su importancia en las capturas).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
1. Tiburón aleta de cartón	*Carcharhinus falciformis*
2. Tiburón martillo	*Sphyrna lewini*
3. Tiburón puntas negras	*Carcharhinus limbatus*
4. Tiburón torito	*Mustelus lunulatus*
5. Tiburón coyotito	*Nasolamia velox*
6. Cornuda prieta	*Sphyrna zygaena*
7. Tiburón perro	*Alopias superciliosus*
8. Tiburón chato	*Carcharhinus leucas*
9. Tiburón perro	*Alopias pelagicus*
10. Tintorera	*Galeocerdo cuvier*
11. Cornuda gigante	*Sphyrna mokarran*
12. Gata	*Ginglymostoma cirratum*
13. Tiburón azul	*Prionace glauca*
14. Cornuda	*Sphyrna media*
15. Mako	*Isurus oxyrinchus*
16. Tiburón perro	*Alopias vulpinus*
17. Tiburón puntas blancas	*Carcharhinus longimanus*
18. Tiburón martillo	*Sphyrna corona*

El análisis de abundancia indica que la pesquería está soportada principalmente por dos especies, *C. falciformis* y *S. lewini,* que representan el 89.3% de la captura total. El 10.7% remanente se distribuye entre las 16 especies restantes, sobresaliendo *C. limbatus, M. lunulatus* y *N. velox* que suman 7.5% (Fig.1).

BIOLOGÍA

El tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Fig. 2) es una especie tropical y subtropical de distribución cosmopolita. Es común en el Pacifico mexicano, incluyendo Golfo de California, así como en el litoral del Golfo de México y Mar Caribe (Compagno, 1984; Castro, 1983).

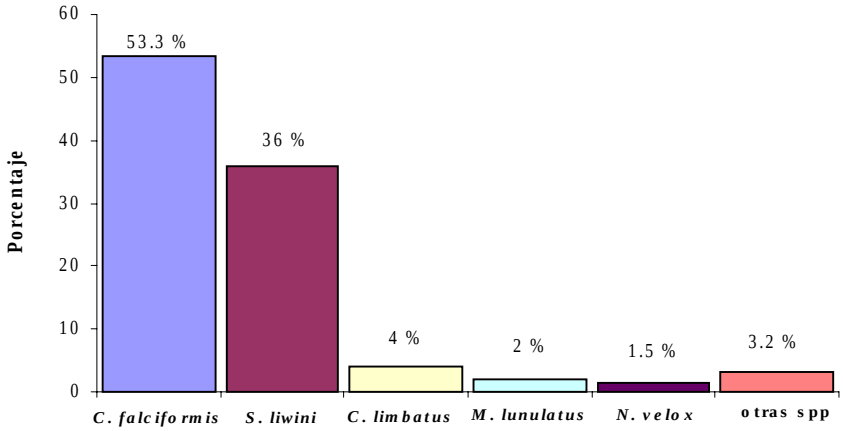


Fig. 1. Composición específica de tiburones capturados en puerto Madero, Chis. de 1996 a 1998.

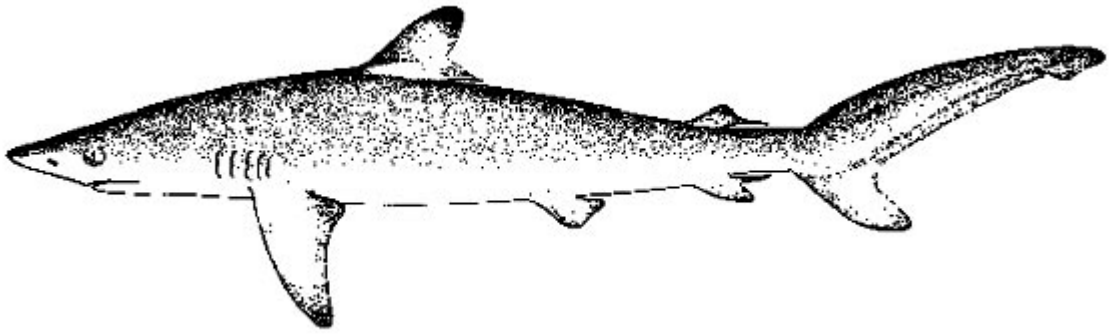


Fig. 2. Tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839). Dibujo tomado de Compagno (1984).

De acuerdo a Compagno (1984), esta especie es vivípara, el número de crías por hembra es de 2 a 14, aunque por lo común tienen de 4 a 7. El periodo de gestación es de 10 a 12 meses, y la talla de las crías al nacer es de 70 a 87 cm.

Del análisis de las capturas se observó que *C. falciformis* fue la especie más abundante en el periodo de 1996 a 1998. Del total de organismos (n = 11,667) capturados se tiene que la longitud total (LT) de ambos sexos va de 60 a 340 cm, con un promedio de 137.19 cm ; la talla mínima de madurez que se observó fue de 178 cm LT con ejemplares inmaduros en un mayor porcentaje (81.9%); los intervalos son: para hembras de 50 a 338 cm y para machos de 50 a 340 cm.

La mayor abundancia de hembras grávidas ocurre en los meses de febrero a mayo; se observaron 64 organismos con estas características con un rango de talla de 180 a 340 cm LT. Las tallas de los embriones presentaron un rango de 25-70 cm LT. El número de crías fue de 2 a 7 por hembra. La proporción de sexos fue de 1:1.

El tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Fig. 3) es una especie cosmopolita, que habita en aguas tropicales y subtropicales del Pacífico mexicano, incluyendo el Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe (Compagno, 1984).

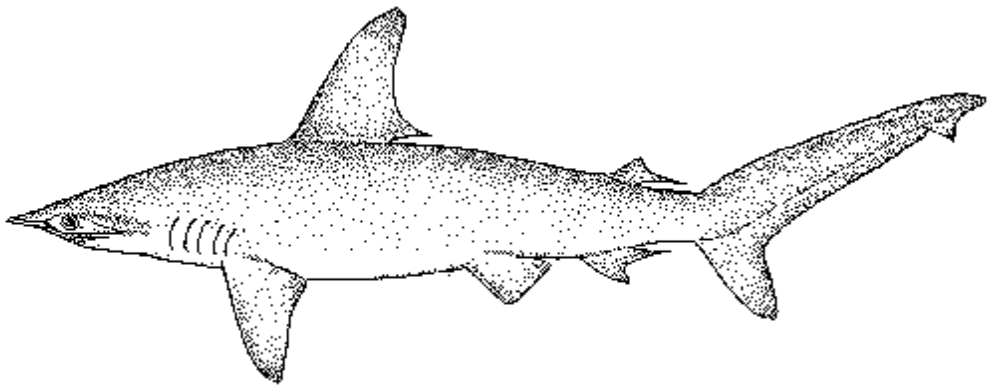


Fig. 3. Tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834). Dibujo tomado de Compagno (1984).

En puerto Madero, Chiapas se ha observado que esta especie es la segunda en importancia, referente a los índices de captura. Del número de organismos del muestreo (n = 8,659) se observó que la LT de ambos sexos va de 30 a 495 cm con un promedio de 74.5 cm de LT. La talla mínima de madurez se observó a partir de 100 cm LT, con presencia de un alto porcentaje de ejemplares inmaduros (92.5%). Sin embargo, el intervalo de tallas para las hembras son de 30 a 495 cm de LT y para los machos de 35 a 324 cm de LT.

La mayor abundancia de hembras grávidas ocurre en los meses de mayo a julio; se observaron 79 hembras grávidas en un rango de talla de 215 a 380 cm LT. Las tallas en embriones presentaron un intervalo de 35 a 75 cm de LT. El número de crías fue de 10 - 43 por hembra. La proporción de sexos fue de 1:1.

CAPTURA Y ESFUERZO

La totalidad de las capturas de tiburones desembarcadas en puerto Madero, Chis. provienen de flotillas de embarcaciones menores

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La totalidad de las capturas de tiburones desembarcadas en puerto Madero, Chis. provienen de flotillas de embarcaciones menores denominadas “pangas” o ”lanchas” con una eslora promedio de 25 pies hechas de fibra de vidrio, con motores fuera de borda entre 48 y 75 CF (caballos de fuerza).

Los caladeros de pesca de tiburones se ubican dentro de la franja costera que comprende las 30 millas náuticas a partir de la línea de costa, y generalmente los viajes de pesca duran de uno a dos días. El tiempo efectivo de pesca es de ocho a 10 horas. La pesca se efectúa durante todo el año, aunque llega a ser limitada por las condiciones climáticas.

Los principales equipos de pesca empleados para la captura de tiburón en esta región son las redes de enmalle de nylon con luz de malla entre 84 mm y 300 mm, de 100 m de longitud y 50 mallas de calado. En puerto Madero se cuenta con un registro oficial de 355 redes, de las cuales el 76.9% se utilizan para la captura de tiburón. Las redes de seda con luz de malla entre 250 y 310 mm, de 200 m de largo y 50 mallas de caída registradas son 313, de las cuales el 95.8% son para tiburón únicamente. Las cimbras que se utilizan para la pesca de tiburones grandes son 29.

▼*Tendencias históricas*

A nivel nacional, la producción de tiburón se ubica en la novena posición, aportando el 2.03% de la producción pesquera, con 26,164 t anuales para 1999 (SEMARNAP, 2000). Para 1999 la captura de tiburón-cazón registró una disminución del 21.8% con respecto al año 1996.

La pesca del tiburón en las costas de Chiapas hasta 1980 era una actividad poco desarrollada en la que la producción anual no sobrepasaba las 300 t. Para 1981 la demanda de alimentos de origen marino favoreció su desarrollo, convirtiéndose en un periodo de 16 años en el primer estado productor de tiburón del país con un promedio anual de 3,687 t (1981 - 1996). Sin embargo, para 1999 las capturas han registrado una disminución en un 14% (2,908 t) con respecto al año anterior. Por su volumen de producción este Estado ocupó en 1999 el cuarto lugar, con el 16.03% de la captura del Pacífico mexicano y el 11.11% de la producción nacional de tiburón-cazón (SEPESCA, 1982 - 1995; SEMARNAP, 1996 - 2000) (Fig. 4).

Del análisis de los volúmenes de producción anual de tiburón-cazón en Puerto Madero, Chis., durante el período de 1986 y 1997 se observa que las máximas capturas fueron registradas para los años 1988 y 1989 con 5,022 t y 4,311 t, respectivamente. Sin embargo para los últimos cinco años las capturas han presentado una disminución promedio anual del 46.01%. Durante el período mencionado, la mayor producción pesquera mensual de tiburón y cazón se registró de noviembre a marzo, con producciones de 170 - 279 t en promedio, mostrando picos en febrero y marzo (Fig. 5).

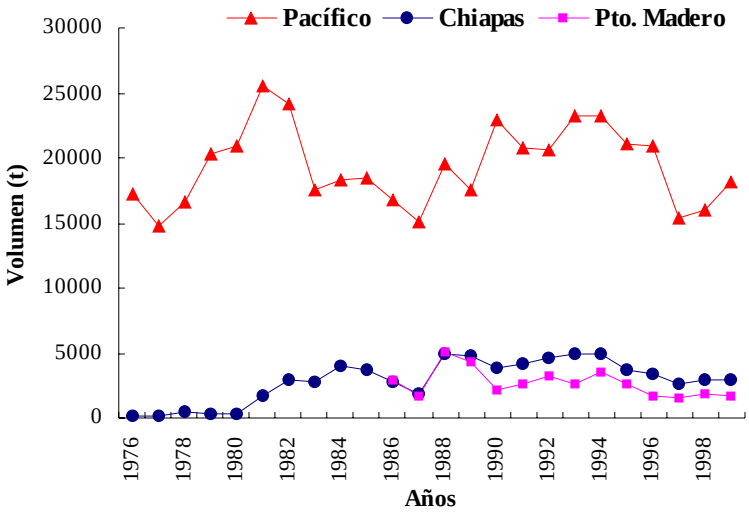


Fig. 4 . Volumen de la producción pesquera de tiburón - cazón.

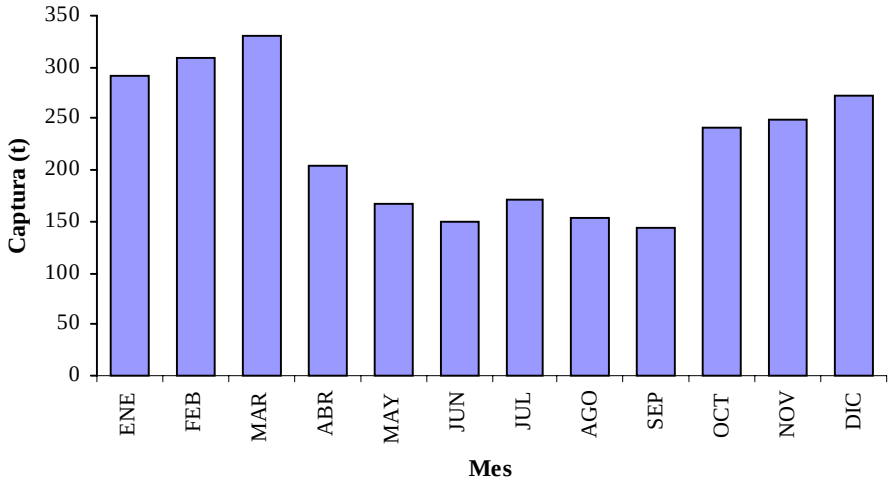


Fig. 5. Volumen de captura mensual promedio de tiburón - cazón en puerto Madero, Chis., durante el periodo 1986-1997.

▼ *Pesca incidental*

Dentro de la fauna de acompañamiento se pesca el huachinango (*Lutjanus* spp.), berrugata (*Scianops* spp.), tacazonte (chihuil), pez vela (*Istiophorus gladius*), cherna (*Epinephelus itajara*), entre otros.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La pesca artesanal de tiburones grandes y pequeños, en el Golfo de Tehuantepec está íntimamente relacionada con la pesca artesanal de peces llamados de escama, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en muchos casos con los mismos equipos y artes de pesca. Generalmente las únicas diferencias entre ellas son la temporada y la zona de pesca.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

En la región no existe una industria instalada propiamente para esta actividad pesquera. La captura es desembarcada directamente en playa y entregada a los permisionarios, quienes cuentan con una zona específica (generalmente un pequeño muelle rústico) en donde se desembarcan las capturas para su eviscerado y fileteado. El cortado y pesado de las capturas se lleva a cabo por lo general en una plancha de concreto bajo la sombra. La mayoría de los permisionarios cuentan con instalaciones de luz eléctrica y de agua. Las aletas de los tiburones son cortadas y puestas a secar en mallas rústicas para su venta posterior.

El número de permisionarios registrados para la captura de escama y tiburón - cazón son 58, de los cuales el 70.7% tienen permiso solo para tiburón. El número de embarcaciones registradas son 300 y de ellas el 88.5% se dedican a la captura de tiburón. Los permisionarios poseen de 1 a 21 lanchas con una capacidad de 1.5 t; ellos le proporcionan al pescador ribereño la embarcación, arte de pesca e insumos de operación (combustible, carnada, hielo, boyas, lámparas, etc.).

El número de pescadores dedicados a la captura de tiburón y escama registrados son 793, de los que el 82.8% participan a la pesca de tiburón. La población beneficiada es de 2,028 personas de las cuales el 85.8% es para la actividad pesquera de tiburón. Entre los puertos de desembarque en Chiapas se encuentran puerto Madero, Mpio. de Tapachula, Las Palmas, Mpio. de Acapetahua y Paredón, Mpio. de Tonalá.

Los permisionarios se encargan de distribuir el producto por vía terrestre en viajes de 15 horas de duración a la Nueva Central de Abastos y Mariscos en la Cd. de México, principal centro de acopio y comercialización del tiburón. De acuerdo a los Anuarios de Pesca de la SEMARNAP, más del 90% de la producción de tiburón y cazón de puerto Madero es utilizada para consumo humano directo en diferentes presentaciones como fresco, congelado y seco - salado.

▼ *Indicadores económicos*

Los productos que se exportan del tiburón son las aletas y pieles principalmente. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, se comercializan en los mercados de Estados Unidos y de Asia. Los mayores exportadores de tiburón son Hong Kong, Japón, China, México y los Estados Unidos. Respecto a los países importadores, la región que mayor cantidad importa es el este de Asia ($133 millones de dólares en 1989), teniendo a Hong Kong y a Singapur como importadores principales, lo que ha propiciado que las aletas alcancen precios muy elevados**.**

Los productos que se exportan del tiburón son las aletas y pieles principalmente. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, se comercializan en los mercados de Estados Unidos y de Asia

A principios de 1997, en las costas de Oaxaca, el precio pagado a los pescadores por kg de aleta de tiburón fue entre $600 a $750, el equivalente a 75 - 90 dólares. Por otra parte, las pieles cuentan con un mercado internacional tanto en los E.U. como en algunos países de Europa. En México, los estados de Yucatán, Sonora y Chiapas son los principales exportadores de pieles, sin embargo se desconoce el número de piezas. Los pescadores comercializan su producto a la iniciativa privada (permisionarios), quien es la que controla la mayor parte del mercado de mariscos del país.

De acuerdo con los datos de la FAO (1996), las exportaciones mundiales de carne de tiburón en diferentes presentaciones se incrementó de 2,203 t en 1985 a 47,686 t en 1994, mientras que las exportaciones se incrementaron de 33,838 t en 1985 a 50,579 t en 1994 (Comité de Fauna, CITES, 1996).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Actualmente no existe reglamentación pesquera para la explotación del recurso tiburón en la región del Golfo de Tehuantepec. Para los litorales del océano Pacífico y Golfo de México, en marzo de 1993 se estableció una moratoria en el otorgamiento de nuevos permisos de pesca comercial de tiburón, con la finalidad principal de no incrementar el esfuerzo pesquero considerando la fragilidad biológica del recurso, mientras no se cuente con un plan de manejo y ordenación para esta pesquería.

En marzo de 1993 se estableció una moratoria en el otorgamiento de nuevos permisos de pesca comercial de tiburón, con la finalidad principal de no incrementar el esfuerzo pesquero

Dentro del Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, se acordó para 1997 la elaboración e implementación de la Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca del Tiburón, que será el instrumento que norme el aprovechamiento racional de este recurso. Actualmente esta NOM se encuentra en proceso de revisión.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ ***Información disponible***

No existen estudios sobre evaluación poblacional de los tiburones en la región del Golfo de Tehuantepec. Los trabajos de investigación que se han realizado hasta ahora sólo han permitido conocer la composición específica de las capturas comerciales, aspectos de su ciclo de vida, el esfuerzo de pesca aplicado para su explotación. Entre ellos se pueden mencionar los trabajos de Virgen *et al.* (1981), Ortiz (1993); Sierra (1995).

A partir del proyecto de investigación científica denominado ***"Descripción, Evaluación y Manejo de la Pesquería Artesanal de Tiburón de Puerto Madero, Chiapas"***, que inició actividades en junio de 1996 con la participación del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar en Puerto Madero, Chis., se ha generado información biológica y pesquera, y como resultado un análisis por especie de estructura de tallas (longitud total, longitud furcal y precaudal), peso individual, estadios de madurez, proporción de sexos, hembras grávidas, tallas de embriones, esfuerzo de pesca y volumen de producción de Chiapas para el periodo 1980-1998. Asimismo, se ha estimado la abundancia por especie, y se han realizado análisis de captura y esfuerzo, tasas de mortalidad natural, por pesca y total; talla de madurez, talla de primera gravidez y un estimado preliminar del coeficiente de capturabilidad (q) (Tabla 3, Apéndice 1).

Tabla 3. Valores de los parámetros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis*, y el tiburón martillo, *Sphyrna lewini*.

Litoral	Recurso	Crecimiento					Mortalidad		Peso-Longitud		Madurez
		Lα	K	to	Emax	M	F	q	a	b	Epm
Golfo de México	*C. falciformis*	320	0.09	-2.25	30	0.132	0.17, 0.15	0.0000183, 0.0000255	0.00000678	2.94	6
Pacífico	*S. lewini*	340	0.15	-0.99	23	0.181	1.33, 0.798	0.0000264, 0.0000267	0.000458	2.14	5

▼ ***Modelo***

• **Planteamiento**

Dadas sus características, los tiburones son vulnerables a la sobrepesca y la mayoría de los modelos para pesquerías consideran a organismos con un alto potencial reproductivo, madurez sexual alta, crecimiento rápido y con gran número de descendencia, condiciones que no se cumplen en los tiburones (Hoenig y Gruber, 1990).

• **Análisis de Población Virtual**

Los intentos que se han realizado para evaluar las poblaciones de tiburones han producido resultados cuestionables debido a la información insuficiente o el uso de modelos que incorporan supuestos que se refieren más a peces teleósteos que a tiburones (Anderson, 1990). En este estudio se aplicó un análisis de población virtual (APV) con la finalidad de conocer el efecto de la explotación sobre los grupos de tallas que componen la población y un análisis preliminar sobre el estado actual de las abundancias N, sobrevivencia y su biomasa anual promedio B. Para el (APV) se utilizó la información sobre capturas y tallas desglosada por especie para el año de 1997, de las cuales se seleccionaron *C. falciformis y S. lewini* por ser las dos especies más abundantes y por lo mismo la información es más completa. La metodología que se aplicó es la propuesta por Jones (1984, citado por Sparre y Venema, 1995), la cual está desarrollada para utilizar la estructura de tallas de la población y sus capturas respectivas, los requerimientos básicos adicionales al modelo es conocer estimados independientes de la mortalidad natural (M). Esta última se estimó a través de la ecuación propuesta por Hoenig (1983). Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Lα y K), fueron tomados para estas especies de Bonfil (1993) y Anislado (1995) y se calculó la razón de explotación F/Z para el intervalo de talla o grupo de edad mayor (Apéndice 1).

• **Análisis Demográfico** (Apéndice 1)

Otro método utilizado fue el análisis demográfico, en el cual la mortalidad a edades específicas, las tasas de natalidad, fecundidad y longevidad (Cailliet *et al.*, 1992) son combinadas para producir estimaciones de la tasa neta reproductiva por generación (*Ro*) que indica el número de hijos hembra que reemplazarán a cada hembra por generación, el tiempo generacional (*G*) que es una estimación del tiempo teórico que transcurre desde que los padres nacen hasta que tienen hijos; la tasa intrínseca (instantánea) de incremento de la población (*r*) y el tiempo teórico de duplicidad de la población (tx^2) que es el tiempo en el que la población pudiera duplicarse siempre y cuando r sea positivo (Krebs, 1986). Asimismo, se estiman parámetros incorporando índices de mortalidad por pesca F, que permitan simular su efecto a diferentes

edades de primera captura (*Epc*). Este tipo de análisis se utiliza cuando se tiene una carencia general de series históricas de datos de captura y esfuerzo por especie, como es el caso de la pesca artesanal de tiburón en México, lo que permitirá determinar si una población se incrementará o disminuirá y dar un diagnóstico de qué tan susceptible puede ser la población a una explotación sin un manejo adecuado de la pesquería.

Se llevó a cabo un análisis demográfico para el tiburón aleta de cartón, *C. falciformis*, y el tiburón martillo, *S. lewini*, utilizando datos biológicos tales como reproducción, edad de primera madurez (*Emad*), fecundidad, edad máxima (*Emax*), proporción sexual, mortalidad natural (M), información sobre edad y crecimiento; la estimación de mortalidad total (Z) y la mortalidad por pesca (F). El valor de los parámetros utilizados para el análisis demográfico se resume en la *tabla 3*.

El modelo demográfico permite simular la variación de la tasa neta reproductiva *Ro*, o de la tasa de incremento poblacional *r* como una medida del vigor demográfico de la población (Krebs, 1985; Hoenig y Gruber, 1990) a diferentes mortalidades y edad de primera captura**.**

Los parámetros demográficos fueron estimados a diferentes escenarios. La primera estimación se realizó utilizando la mortalidad natural (M) como el único evento que afecta a la sobrevivencia, el cual se ha llamado escenario natural. La segunda estimación consistió en incorporar valores de mortalidad por pesca (F) calculados a partir de las capturas 1997 y 1998, los cuales fueron considerados como los escenarios del estado actual de la población.

Una vez determinado el estado actual de la población se procedió a incorporar una mortalidad por pesca variable que permite simular el efecto de una disminución o aumento del esfuerzo de pesca sobre la población. Asimismo, se muestran los escenarios que incorporan un cambio en la *Epc* para simular modificación en el arte de pesca.

• **Supuestos:**

- Tabla de Vida:

  · Distribución estable por edades de la población.
  · La supervivencia anual de los tiburones a partir de la edad de primera captura (i_{pc}) está dada por e^{-M-F}.
  · Proceso de fecundidad y mortalidad no son afectados por la densidad de la población.
  · El éxito reproductivo de las hembras no depende del número de machos de la población y éstos parámetros son estacionarios en el tiempo.
  · La sobrevivencia es constante para todos los grupos de edad considerando que después que alcanzan una talla de aproximadamente 100 cm LT la depredación de estas especies es mínima.
  · No se toman en cuenta la inmigración o emigración.
  · La proporción sexual igual 1:1.
  · La estimación de los parámetros demográficos se lleva a cabo de forma determinística.

• **Modelo dinámico** (Apéndice 1)

  · El número de sobrevivientes de un año dado depende de los sobrevivientes del año anterior.
  · El coeficiente de mortalidad natural (M) es constante para todos los grupos de edad y en todos los años.
  · En ambos modelos se supone que se trata de una sola población para *C. falciformis* y una sola población para *S. lewini* en el Golfo de Tehuantepec.

▼ *Estado actual de la pesquería de tiburón*

• **Análisis de Población Virtual** (Apéndice 1)

- ***Carcharhinus falciformis***

Para la estimación de sobrevivencia a través del APV se utilizaron los valores de M = 0.132 y una razón de explotación de F/Z = 0.57. En la *figura 6* se presenta el número de individuos que sobreviven a cada intervalo de talla dando una abundancia del grupo inicial (No) por arriba de los 181,000 individuos, valor que se considera subestimado, ya que la mortalidad natural se ha considerado como constante y es claro que durante los primeros años de vida ésta es mayor.

En cuanto a la mortalidad por pesca, como se muestra en la misma gráfica, ésta impacta principalmente en los grupos de talla desde 130 cm hasta los 210 cm, con tasas mayores a 0.15 y máxima de 0.193. El impacto primordial de la explotación está siendo soportado por grupos de tallas menores a la talla de primer madurez (178 cm LT). La biomasa promedio anual estimada para *C. falciformis* fue de 8,124 t.

El comportamiento de la abundancia promedio (N) por tallas y su biomasa promedio correspondiente se presenta en la *figura 7*.

- ***Sphyrna lewini***

El estimado de sobrevivencia para esta especie con base en una razón de explotación inicial de 0.88 y una mortalidad natural constante de M = 0.181 se presenta en la *figura 8*. El número de individuos a cada intervalo de talla llevan a un valor del grupo inicial (No) de alrededor de los 147,000 individuos, valor que como en la especie anterior, se considera subestimado por la mortalidad natural constante que se asumió.

Con relación a la mortalidad por pesca por grupo de talla, como se muestra en la misma gráfica, ésta impacta principalmente sobre los grupos desde los 50 cm hasta los 110 cm, con tasas máximas en los grupos de talla 40 - 60 con una F = 1.48 y el grupo 60 - 80 con una F = 0.89, reflejándose en la caída del

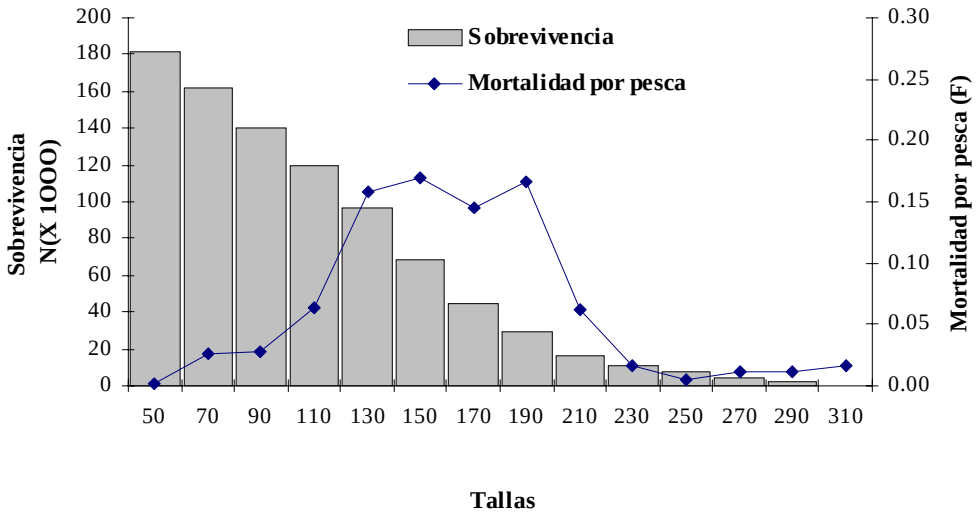


Fig. 6. Sobrevivencia y mortalidad por pesca de *Carcharhinus falciformis*, tiburón aleta de cartón, durante 1997.

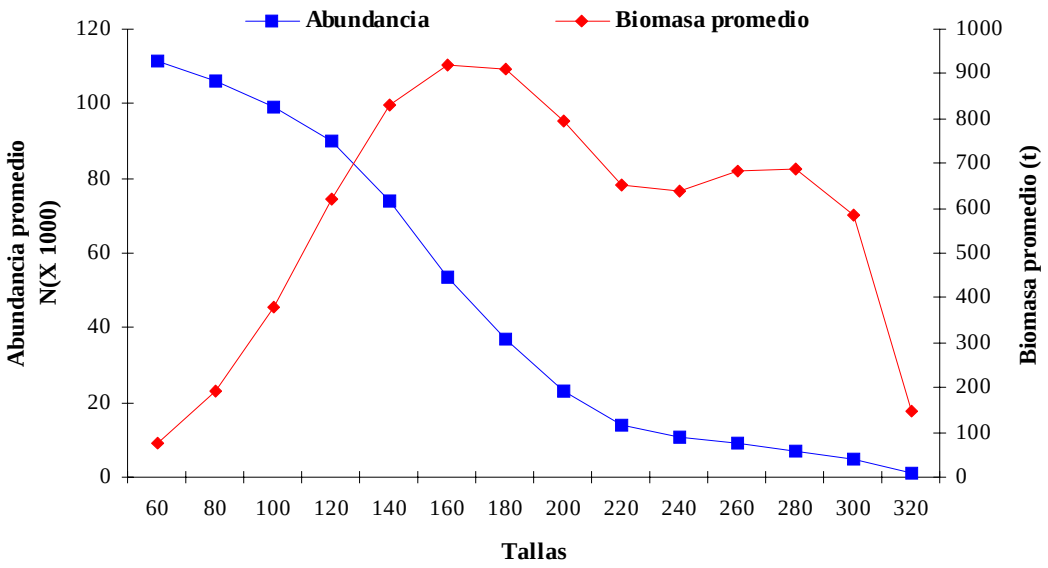


Fig. 7. Distribución de la abundancia y biomasa promedio por longitud de *Carcharhinus falciformis* para 1997.

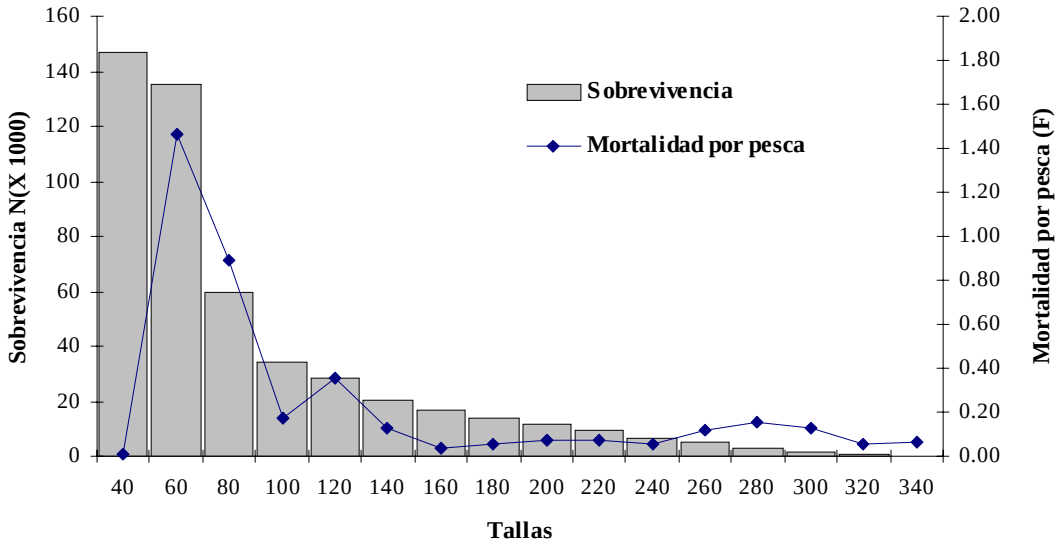


Fig. 8. Sobrevivencia y Mortalidad por pesca de *Sphyrna lewini*, tiburón martillo, durante 1997.

número de individuos de estos grupos al siguiente. Para esta especie fue más evidente que el impacto de la explotación está siendo soportado por grupos de tallas menores a la talla de primera madurez (100 cm LT) y transformando las tallas a edades, la explotación está soportada por los grupos de edad 0, 1 y 2.

La biomasa promedio anual estimada para *S. lewini* es de 2,466.3 t. El comportamiento de la abundancia promedio (N) por tallas y su biomasa promedio correspondiente se presenta en la *figura 9*.

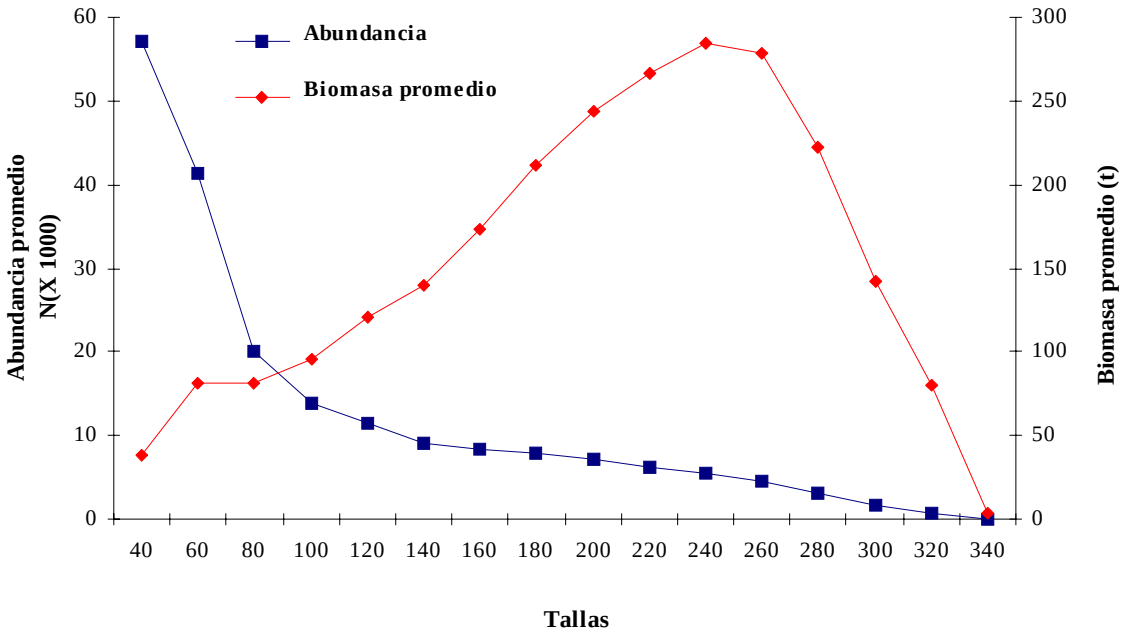


Fig. 9. Distribución de la abundancia y biomasa promedio por longitud de *Sphyrna lewini* para 1997.

- **Análisis Demográfico**

  - ***Carcharhinus falciformis***

Se estimó en condiciones naturales (escenario natural), que la población se puede incrementar en un 16.3% al año (*r*) con una tasa neta reproductiva (*Ro*) de 7.83 y se pudiera duplicar cada 4 años (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de los parámetros demográficos para el escenario natural (M = 0.1316) del tiburón aleta de cartón, *C. falciformis* y del tiburón martillo (M = 0.181).

Especie	Ro	G	rm	recálculo de r	e^r	i=ln2/r	M
Carcharhinus falciformis	7.836	19.778	0.045	0.163	1.177	4.247	0.1316
Sphyrna lewini	19.388	15.969	0.081	0.250	1.284	2.777	0.18

La estimación de los parámetros en condiciones de explotación para 1997 y 1998 con tasas de mortalidad por pesca de 0.174 y 0.149 respectivamente, indican que la población actualmente se está incrementando (*r*) entre el 3% y el 5% al año y el tiempo de duplicación de la población es de 20.6 a 13.5 años. Se observa que a un valor de F = 0.174 y F = 0.149 la tasa reproductiva neta (*Ro*) presenta un decremento como efecto de Epc < Epm (Tabla 5).

De los escenarios bajo explotación se estimaron los parámetros demográficos variando la mortalidad por pesca desde F = 0.1 hasta 0.26, cuyos valores están representados verticalmente en la *tabla 5*. En la misma se muestran los escenarios de la variación de la *Epc* de forma horizontal (*Epc* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8,

Tabla 5. Resultado de las simulaciones del análisis demográfico del tiburón aleta de cartón , *C. falciformis* con variaciones de F (F = 0.1, 0.14, 0.149*, 0.174*, 0.18, 0.22, 0.26) a diferentes *Epc* (*Epc* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9).

Epc	1	2	3	4	5	6	8	9
F=0.1								
Ro	2.778	3.070	3.393	3.750	4.144	4.580	5.062	5.594
G	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988
rm	0.025	0.027	0.029	0.032	0.034	0.037	0.039	0.042
recalculo de r	0.086	0.096	0.105	0.114	0.124	0.134	0.145	0.152
e^r	1.090	1.100	1.111	1.121	1.132	1.144	1.156	1.164
i=ln2/r	8.019	7.256	6.610	6.056	5.577	5.159	4.791	4.562
F=0.14								
Ro	1.856	2.135	2.456	2.825	3.249	3.737	4.299	4.945
G	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281
rm	0.016	0.019	0.023	0.026	0.030	0.033	0.037	0.040
recalculo de r	0.057	0.069	0.082	0.095	0.109	0.123	0.138	0.148
e^r	1.059	1.072	1.086	1.100	1.115	1.131	1.147	1.159
i=ln2/r	12.076	9.979	8.446	7.282	6.369	5.638	5.040	4.692
F=0.149 * (1998)								
Ro	1.696	1.969	2.285	2.653	3.079	3.573	4.148	4.814
G	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124
rm	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.032	0.036	0.040
recalculo de r	0.051	0.064	0.077	0.091	0.105	0.120	0.136	0.147
e^r	1.052	1.066	1.080	1.095	1.111	1.128	1.146	1.158
i=ln2/r	13.585	10.882	9.004	7.627	6.579	5.758	5.098	4.722
F=0.174 * (1997)								
Ro	1.324	1.576	1.875	2.232	2.656	3.160	3.761	4.476
G	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692
rm	0.007	0.012	0.016	0.021	0.025	0.030	0.034	0.039
recalculo de r	0.034	0.048	0.063	0.079	0.096	0.113	0.132	0.144
e^r	1.034	1.049	1.065	1.082	1.100	1.120	1.141	1.155
i=ln2/r	20.604	14.476	11.005	8.781	7.241	6.119	5.267	4.805
F=0.18								
Ro	1.248	1.494	1.789	2.142	2.564	3.070	3.675	4.400
G	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589
rm	0.006	0.011	0.015	0.020	0.025	0.029	0.034	0.039
recalculo de r	0.030	0.044	0.060	0.076	0.093	0.112	0.131	0.144
e^r	1.030	1.045	1.061	1.079	1.098	1.118	1.139	1.154
i=ln2/r	23.460	15.706	11.620	9.110	7.420	6.212	5.309	4.825
F=0.22								
Ro	0.845	1.053	1.312	1.635	2.037	2.538	3.163	3.941
G	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917
rm	-0.005	0.001	0.007	0.013	0.019	0.025	0.031	0.037
recalculo de r	0.003	0.020	0.038	0.057	0.078	0.100	0.124	0.140
e^r	1.003	1.020	1.038	1.059	1.081	1.105	1.132	1.150
i=ln2/r	229.471	35.288	18.392	12.123	8.879	6.911	5.602	4.961
F=0.26								
Ro	0.576	0.747	0.968	1.256	1.629	2.112	2.740	3.553
G	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270
rm	-0.016	-0.008	-0.001	0.006	0.014	0.021	0.029	0.036
recalculo de r	-0.022	-0.004	0.016	0.038	0.063	0.089	0.117	0.136
e^r	0.978	0.996	1.016	1.039	1.065	1.093	1.124	1.146
i=ln2/r	-31.367	-176.901	42.677	18.011	11.038	7.783	5.920	5.098

* Estado actual de la población

9). Los resultados indicaron que la población podría disminuir desde un 2% hasta lograr un incremento del 15% al año, y la tasa neta reproductiva (*Ro*) presenta un intervalo de 0.5 a 5.5 y el tiempo de duplicidad (tx^2) entre -31.4 a 4.6 años.

- ***Sphyrna lewini***

Para el tiburón martillo, *S. lewini*, en condiciones naturales (escenario natural), la población se puede incrementar en un 25% al año (*r*) con una tasa reproductiva neta (*Ro*) de 19.4 y se pudiera duplicar cada 2.8 años (tx^2) con una mortalidad natural de 0.18 (Tabla 4).

La estimación de los parámetros en condiciones de explotación para 1997 y 1998 con tasas de mortalidad por pesca de 1.33 y 0.798 respectivamente, indican que la población actualmente está disminuyendo en un 6% al año (*r*) y la tasa neta reproductiva (*Ro*) presentó un rango de 0.000007 a 0.001. Se observa que la *Ro* presenta un decremento como efecto de que la Epc < Epm (Tabla 6).

Para el caso de *S. lewini* se elaboraron escenarios bajo explotación, estimándose los parámetros demográficos variando la mortalidad por pesca desde F = 0.4 hasta 2.0. Los valores están representados verticalmente en la *tabla 6*. En la misma se muestran los escenarios de la variación de la *Epc* de forma horizontal (*Epc* = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9). Los resultados indicaron que la población presenta una drástica disminución en aquéllos escenarios en donde los valores de F son altos y la *Epc* varia de 0 - 5 años. Únicamente se observa un incremento (*r*) del 1 al 8% al año si la población fuera explotada a la edad de primera captura *Epc* = ó > 6 con F < 1.33, dando valores de *Ro* > 1 (1.0 a 1.8) y el tiempo de duplicidad (tx^2) entre 42.2 a 8.4 años.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

En su estado actual sin ningún ordenamiento, la flota artesanal captura organismos de *C. falciformis* y *S. lewini* por arriba del 80% inmaduros, siendo más crítico en la segunda especie. En el caso de *C. falciformis* la mortalidad por pesca (F = 0.15 hasta F = 0.193) impacta en los grupos por debajo de la talla de madurez de 170 cm LT, mientras que para *S. lewini* los grupos menores a la talla de madurez de 100 cm LT (F = 1.49 y F = 0.89) son los que soportan el mayor impacto de la explotación. Los estudios de APV reafirman lo antedicho ya que, las tasas de mortalidad por pesca sobre los grupos de longitud menores presentan valores máximos.

La pesca artesanal impacta a los grupos por debajo de las tallas de primera madurez tanto para C. falciformis como para S. lewini

Los resultados del modelo demográfico demuestran que para *C. falciformis* la población se incrementa en un 5% anual a una de *Epc* = 1. Una edad de primera captura por debajo de la *Epm* no permitirá que la población se reemplace por sí misma y si se continúa aumentando el esfuerzo, aplicando una F mayor, la r disminuirá. En análisis demográficos realizados en especies de tiburón como *Negaprion brevirostris* (Ro = 1.22, G = 16.4, r = 0.012), *Carcharhinus obscurus* (Ro = 2.11, G = 26.8, r = 0.028) y *C. limbatus* (Ro = 1.93, G = 9.5, r = 0.072) (Cortés, 1998), y *Carcharhinus plumbeus* en el Atlántico Norte Occidental (Ro = 1.06, G = 21.1, r = 0.003) (Sminkey y Musick, 1996), se ha concluido que las poblaciones declinan drásticamente bajo mortalidades de pesca intensas sobre organismos inmaduros y que los organismos maduros que soportan bajas tasas de explotación.

Tabla 6. Resultado de las simulaciones del análisis demográfico del tiburón martillo, *S. lewini* con variaciones de F (F = 0.4, 0.798*, 0.8, 1.2, 1.33*, 1.6, 2.0) a diferentes *Epc* (*Epc* = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9).

Epc	0	1	2	3	4	5	6	7	9
F=0.4									
Ro	0.134	0.263097	0.586	1.303	1.944	2.900	4.327	6.118	8.288
G	12.649	11.315	11.315	11.315	11.315	11.315	11.315	11.641	12.204
rm	-0.069	-0.051	-0.021	0.010	0.026	0.041	0.056	0.068	0.075
recalculo de r	-0.128	-0.100	-0.044	0.024	0.064	0.109	0.157	0.194	0.219
e^r	0.880	0.905	0.957	1.025	1.066	1.115	1.170	1.214	1.245
i=ln2/r	-5.399	-6.926	-15.731	28.562	10.767	6.377	4.417	3.575	3.160
F=0.798 * (1998)									
Ro	0.001	0.0067	0.033	0.162	0.360	0.800	1.776	3.109	4.824
G	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.743	8.465
rm	-0.396	-0.300	-0.205	-0.109	-0.061	-0.013	0.034	0.064	0.081
recalculo de r	-0.628	-0.509	-0.379	-0.224	-0.133	-0.030	0.082	0.154	0.199
e^r	0.673	0.741	0.815	0.897	0.941	0.987	1.035	1.066	1.084
i=ln2/r	-1.751	-2.309	-3.387	-6.359	-11.328	-51.813	20.129	10.894	8.586
F=0.8									
Ro	0.001	0.006795	0.034	0.167	0.371	0.826	1.837	3.250	5.145
G	8.639	7.795	7.795	7.795	7.795	7.795	7.795	8.413	9.366
rm	-0.328	-0.278	-0.189	-0.100	-0.055	-0.011	0.034	0.061	0.076
recalculo de r	-0.392	-0.359	-0.278	-0.178	-0.111	-0.024	0.083	0.155	0.200
e^r	0.676	0.699	0.757	0.837	0.895	0.976	1.086	1.167	1.221
i=ln2/r	-1.770	-1.932	-2.494	-3.888	-6.235	-28.848	8.372	4.479	3.473
F=1.2									
Ro	0.000025	0.000271	0.003	0.033	0.110	0.364	1.207	2.420	4.080
G	6.630	6.392	6.392	6.392	6.392	6.392	6.392	7.042	7.988
rm	-0.694	-0.558	-0.395	-0.232	-0.150	-0.069	0.013	0.054	0.076
recalculo de r	-0.640	-0.594	-0.360	-0.360	-0.276	-0.148	0.030	0.130	0.187
e^r	0.527	0.552	0.698	0.698	0.759	0.863	1.030	1.139	1.206
i=ln2/r	-1.083	-1.167	-1.926	-1.926	-2.513	-4.694	23.334	5.337	3.698
F=1.33 * (1997)									
Ro	0.000007	0.000099	0.001	0.020	0.077	0.292	1.106	2.282	3.895
G	6.699	6.175	6.175	6.175	6.175	6.175	6.175	6.822	7.743
rm	-0.768	-0.649	-0.461	-0.274	-0.180	-0.087	0.007	0.053	0.076
recalculo de r	-0.671	-0.670	-0.550	-0.417	-0.328	-0.186	0.016	0.124	0.185
e^r	0.511	0.512	0.577	0.659	0.720	0.830	1.017	1.132	1.203
i=ln2/r	-1.033	-1.035	-1.261	-1.663	-2.113	-3.719	42.169	5.590	3.755
F=1.6									
Ro	0.0000005	0.0000133	0.00033	0.008	0.040	0.196	0.970	2.095	3.640
G	5.946	5.899	5.899	5.899	5.899	5.899	5.899	6.541	7.419
rm	-1.054	-0.827	-0.591	-0.356	-0.238	-0.120	-0.002	0.049	0.076
recalculo de r	-0.887	-0.824	-0.682	-0.530	-0.432	-0.262	-0.005	0.115	0.180
e^r	0.412	0.439	0.506	0.589	0.649	0.770	0.995	1.121	1.197
i=ln2/r	-0.782	-0.841	-1.017	-1.309	-1.606	-2.648	-132.193	6.048	3.850
F=2.0									
Ro	0.000000013	0.0000007	0.000039	0.002	0.016	0.116	0.854	1.937	3.425
G	5.695	5.688	5.688	5.688	5.688	5.688	5.688	6.331	7.172
rm	-1.385	-1.081	-0.776	-0.470	-0.317	-0.165	-0.012	0.045	0.075
recalculo de r	-1.134	-1.053	-0.877	-0.694	-0.582	-0.367	-0.028	0.105	0.175
e^r	0.322	0.349	0.416	0.500	0.559	0.693	0.973	1.111	1.192
i=ln2/r	-0.611	-0.658	-0.791	-0.999	-1.191	-1.891	-25.061	6.590	3.950

* Estado actual de la población

La región del Golfo de Tehuantepec es una zona importante debido a las características oceanográficas que posee, ya que presenta una alta productividad y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento. Es una región de agregación de hembras grávidas; se considera que solo se está pescando una fracción de estos organismos ya que el mayor porcentaje se encuentra en aguas de Centroamérica. Es importante aclarar que como solo una fracción de la población del Pacifico oriental se está pescando, los resultados para ambas especies, *C. falciformis* y *S. lewini*, se limitan al área del Golfo de Tehuantepec.

La producción en el estado de Chiapas y Puerto Madero, Chis., en los últimos cinco años ha presentado una disminución del 38 % y 46% en promedio, respectivamente. Esto es debido, entre otros factores, a la degradación de su hábitat, cambios climáticos, y la pesca intensiva del recurso. *C. falciformis* es considerada una especie sensible a intensos y prolongados regímenes de pesca, por lo tanto se recomienda manejarse con un enfoque precautorio: no incrementar el esfuerzo de pesca y reducir la mortalidad por pesca en las épocas de alumbramiento y crianza.

Para la especie de tiburón martillo, *S. lewini*, los resultados indican que la tasa neta reproductiva se encuentra alrededor de 0.003 y la tasa de incremento de la población actualmente es negativa de –62% presentando una población en franco decremento lo que se ve reflejado más drásticamente si se consideran los valores del escenario natural *Ro* = 19.4 y una *r* = 25% anual.

Con el objetivo de revertir los efectos de la explotación sobre la población o de detener su deterioro, se recomiendan tres posibles vías para las especies antes mencionadas:

Reducción del esfuerzo de pesca
Incremento de la talla o edad de primera captura
Una combinación de ambas

Los escenarios planteados en este estudio para la especie *C. falciformis* (Figs. 5 y 7) apuntan qué medidas de manejo son las mas recomendables para el recurso. Para ello es necesario aumentar la tasa de crecimiento de la población de tiburón aleta de cartón y a la vez obtener un excedente para explotación sin dañar el nivel actual de la población. Es necesario tomar medidas dirigidas a valores de *Ro* (7.8) y *r* (16.3% anual) estimados para el escenario natural o considerar por lo menos los valores promedio entre el escenario natural y el estado actual de 5.6 y 12.7% anual, respectivamente. Para permitir un manejo adecuado de esta especie y asegurar que dichos niveles de producción se mantengan en un nivel aceptable se recomienda: Primero reducir el esfuerzo a valores por abajo de F actual (0.149) y segundo modificar el arte de pesca con la finalidad de aumentar la edad de primera captura (*Epc*), lo que situaría a los escenarios de Epc > 5 con un valor de *Ro* > 3 y un valor de r > 10% como la medida mas recomendable.

Con el objetivo de revertir los efectos de la explotación sobre la población o de detener su deterioro, se recomienda: la reducción del esfuerzo de pesca y el incremento de la talla o edad de primera captura

Al igual que en el caso de la primera especie, para el tiburón martillo se recomienda tomar medidas dirigidas hacia los valores obtenidos en el escenario natural o considerar por lo menos los valores promedio entre el escenario natural y el estado actual de 9.69 y 18.9% anual respectivamente. Para evitar que la población siga disminuyendo se recomienda reducir el esfuerzo a valores por abajo de F actual (0.798), además de modificar el arte de pesca con la finalidad de aumentar la edad de primera captura (*Epc*) lo que situaría a los escenarios de Epc >3 con un valor de Ro>=1 y un valor de r positivo. Y de continuar en el mismo nivel de explotación lo recomendable sería situar a escenarios de *Epc*=6 para permitir un incremento de la población por lo menos a un 8% anual.

El implementar una medida sobre la reducción del esfuerzo implicaría un impacto de tipo socio-económico en el sector dedicado a esta actividad pesquera principalmente. En el caso de establecer un incremento de la talla o edad de primera captura implicaría modificación en el arte de pesca hasta ahora utilizados.

Con la finalidad de conocer los vectores de captura y esfuerzo es necesario que se lleven a cabo las siguientes acciones que permitan el ordenamiento de la pesquería:

1) Conocer el esfuerzo pesquero aplicado en las pesquerías ribereñas, de mediana altura y oceánica, caracterizando las unidades de pesca y los equipos y artes de pesca que se emplean en la captura de tiburones.

2) Mejorar el sistema de registro y acopio de las estadísticas de captura y esfuerzo de estas pesquerías, desglosando éstas por especie, mediante el establecimiento de una clave o guía de identificación dirigida a toda aquella persona dedicada a la pesca de tiburones.

3) Mantener el esfuerzo pesquero en su nivel actual, hasta contar con un plan de regulación y manejo de la pesquería, a fin de evitar que continuen incrementando las capturas y poner en riesgo al recurso. Este principio se conoce como el enfoque precautorio de la FAO (1995) para una pesca responsable.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Desde 1996 el INP ha iniciado una estrategia de cooperación en materia de investigación pesquera y biológica sobre tiburones con la Unidad de Estudios Científicos y Tecnológicos del Mar (UECyTM) a través del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar en Puerto Madero, Chiapas, en donde se lleva a cabo el proyecto de investigación científica denominado ***"Descripción, Evaluación y Manejo de la Pesquería Artesanal de Tiburón de Puerto Madero, Chiapas"*** a partir de junio de 1996.

Los tiburones grandes costeros y oceánicos realizan extensos movimientos migratorios que abarcan de E.U. a Guatemala y el Salvador. Esto implica que para poder entender la dinámica poblacional de estas especies es necesario reunir y conocer la información pesquera y biológica en todo su rango de distribución geográfica. Con ese objetivo el INP estableció en 1996 de forma conjunta con el Centro del Suroeste de Ciencias Pesqueras de La Jolla del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de los E.U. (SWFC de la NMFS) el grupo de trabajo sobre tiburones dentro del marco de cooperación MEXUS-PACIFICO.

Desde julio de 1996, se participa en cruceros de investigación conjunto INP-NMFS con el objetivo de determinar los índices de abundancia de tiburones oceánicos en aguas costeras adyacentes a la frontera de México-E.U.

Recientemente se estableció un convenio de colaboración bilateral con Guatemala el cual ha permitido establecer un programa conjunto, iniciado en octubre de 1996 con la capacitación de investigadores y técnicos guatemaltecos en materia de investigación pesquera de elasmobranquios (tiburones y rayas). Asimismo en junio de 1997 se inició el análisis conjunto de la información pesquera y biológica de los tiburones que se pescan en aguas territoriales de Guatemala. Para 1998 y 1999 esta cooperación se extendió a otros países centroamericanos como El Salvador y Costa Rica, permitiendo tener una visión regional de la pesca de tiburones en Centroamérica.

En septiembre de 1999 se estableció un convenio con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para realizar el proyecto denominado **"Elasmobranquios del Golfo de Tehuantepec, Litoral Chiapaneco",** el cual tendrá una duración de 12 meses y como objetivo conocer la diversidad de peces elasmobranquios marinos (tiburones y rayas) que habitan las aguas costeras del Golfo de Tehuantepec, Chis.

REFERENCIAS

Anderson E., D. 1990. Estimates of the large shark catches in the western Atlantic and Gulf of México, 1960-1986. *En*: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. U. S. Dep.Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS 90. p. 443-454.

Anislado T., V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834), en el Pacífico central mexicano. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Bonfil S., R.; R. Mena & D. de Anda. (1993). Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis,* from the Campeche Bank, Mexico. Conservation Biology of Elasmobranchs. NOAA Technical Report. NMFS 115.

Bonfil S., R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO fisheries technical paper 341.

Castillo G., J. L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Cailliet G., M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 183-193.

CITES, 1996. Biological and trade status of sharks. Report of the CITES Animals Committee (Pursuant to Resolution Conference 9.17). 42 p.

Castro J. 1983. The sharks of north American waters. Texas A & M University press. Texas, E.U. 180 p.

Compagno L., J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of shark species known to date. Part 2, Carcharhiniformes. FAO Fish Synop. 125 (4): 251-655.

Hernández C., A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México. 123 p.

Hoenig J., M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. 82: 898-903.

Hoenig J., M. & S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *En:* Pratt, H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Krebs C., J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Harper and Row, New York.

Macías S., G. 1995. Análisis de la información estadística del recurso tiburón a nivel nacional e internacional (período 1978-1987). Tesis de Lic. en Admon de Rec. Mar. Fac. Ciencias Marinas de la Universidad de Colima, México.

Márquez-Farias J., F. & Castillo-Géniz, J. L. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. Fish. Res 39:183-198.

Márquez-Farias J., F.; J.L. Castillo-Géniz, & Ma. C. Rodríguez de la Cruz 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. Ciencias Marinas 24(1):13-34.

Ortiz S., C. 1993. Historia de la Pesca de Tiburones en Puerto Madero, Chiapas. Centro de Invest. y Est. Sup. en Antropología Social, Secretaría de Educación Pública. México 41 pag.

Pratt H., L. & J. G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. *En:* H. L. Pratt, Jr.,S.H.Gruber, & T. Taniuchi (eds). Elasmobranch as living resource: advances in the biology, ecology, systematics and the status of fisheries. U.S. Dept. Commerce, NOAA technical Report NMFS 90.p.97-108.

Rodríguez de la Cruz Ma. C., J. L. Castillo-Geniz & J. F. Márquez-Farías. 1996. Evaluación de la Pesquería de Tiburón del Golfo de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Informe del Proyecto de Investigación 116002-5-13134N-9206. 199 pp.

SEMARNAP. 1994-1998. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, México.

SEPESCA. 1982-1993. Anuarios Estadísticos. Secretaría de Pesca, México.

Sierra R., P. 1995. Análisis preliminar de la pesquería del tiburón en Puerto Madero, Chiapas, 1994. CRIP Salina Cruz. Informe Final del Proyecto. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Sparre, P. & Venema, S. C. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306.1, Rev. 1. Rome, 376 p.

Virgen A., J., E. González, H.C. Severino & S.E. Cruz. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. Ser. Tecnol. Inst. Nal. Pesca 21: 1-10.

APENDICE 1

- **Análisis de Población Virtual**

En primer instancia el vector de tallas es convertido a edades relativas a través de la ecuación inversa de von Bertalanffy y de este nuevo vector se obtiene el tiempo requerido para crecer desde un intervalo de talla al siguiente (Δt), siendo ésta una variable que permite estimar la fracción que sobrevive al final de cada periodo del intervalo de talla e inicio del siguiente a través de M y es citado como factor de mortalidad natural (Sparre y Venema, 1997).

$$Factor\ de\ M = \exp\left((M*\Delta t)/2\right) \quad \text{.....(1)}$$

El tamaño de la población sobreviviente por intervalo de talla N_{Li} es entonces estimado de forma secuencial desde el grupo de edad o talla más viejo hasta el más joven como:

$$N_{Lmayor} = C_{\mathrm{Im}ayor}/\left(F/Z\right) \quad \text{.....(2)}$$

para el grupo de talla mayor, y

$$N_{Li} = \left[N_{i+1} * \exp\left((M*\Delta t)/2\right) + CLi\right] * \exp\left((M*\Delta t)/2\right) \quad \text{.....(3)}$$

para los demás grupos, donde: *Li* es el grupo de talla.

El como está impactando la mortalidad por pesca (F) sobre cada grupo de talla se obtiene a través del estimado preliminar de la tasa explotación de cada grupo como

$$F_{Li} = \left(M * \left(F/Z\right)_{Li}\right)/\left(1-\left(F/Z\right)_{Li}\right) \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$$\left(F/Z\right)_{Li} = C_{Li}/\left(N_{Li} - N_{Li+}\right) \quad \text{.....(5)}$$

- **Análisis demográfico**

  - **Tabla de vida**

La tasa instantánea de mortalidad natural (M), fue calculada utilizando la ecuación de regresión propuesta por Hoenig (1983) para especies de tiburones grandes.

$$Z = \exp\left(0.941 - 0.873 \ln\left(E_{\max}\right)\right) \quad \text{.....(6)}$$

la cual permite calcular la mortalidad total *Z* como una función de la longevidad *Emax* en años, suponiendo que si la población se encuentra en equilibrio o ligeramente explotada, entonces *Z* puede ser aproximadamente igual a *M*.

La estimación de mortalidad total (Z) se estimó con el método de Beverton y Holt (1956, en Krebs, 1995).

$$Z = K\left(L_{\infty} - \overline{L}\right)/\overline{L} - L' \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$\overline{L}$ = long. promedio de los organismos mayores a L´
L´ = long. 1ª captura

Los valores de Z que se utilizaron fueron los estimados por Beverton y Holt con datos agrupados en intervalos de 2 cm.

La mortalidad por pesca (F) se obtiene de la diferencia de la mortalidad total (Z) y la mortalidad natural (M):

$$Z = F + M \quad \text{.....(8)}$$

Los parámetros demográficos fueron calculados de acuerdo a la metodología convencional (Krebs, 1985) y la recomendada por Cailliet (1992) y Cortés (1995) para tiburones. Los parámetros de salida del análisis demográfico incluyen la tasa neta reproductiva *Ro,* la cual está dada por:

$$R_o = \sum_{i=0}^{E_{max}} l_i m_i \quad \text{.....(9)}$$

donde:

l_i y m_i son la sobrevivencia anual neta y la fecundidad a la edad *i*, respectivamente.

El tiempo generacional *G*, fue calculado con la siguiente función:

$$G = \frac{\sum_{i=0}^{E_{max}} l_1 m_i i}{R_0} \quad \text{.....(10)}$$

La tasa intrínseca de incremento poblacional anual *r* se calculó mediante la fórmula:

$$r = \left(Ln\,(R_o) / \; G \right) \quad \text{.....(11)}$$

El parámetro *r*, fue recalculado por aproximaciones sucesivas a través de la ecuación de Euler-Lotka (Krebs, 1985):

$$\sum_{i=0}^{E_{max}} l_i m_i \exp^{-ri} = 1 \quad \text{.....(12)}$$

El valor teórico (años) del tiempo de duplicidad poblacional, t_{x2}, fue calculado como:

$$i_{x2} = ln(2) / r \quad \text{.....(13)}$$

• Modelo dinámico

Para predecir la tendencia de la tasa neta reproductiva *Ro*, se utilizaron los mismos valores de los parámetros vitales, los cuales son proyectados en el tiempo utilizando un modelo dinámico.

El crecimiento es representado con la ecuación de von Bertalanffy

$$L_i = L_\infty \left[1 - \exp^{-k(i - t_0)}\right] \quad \text{.....(14)}$$

el peso w_x del tiburón está relacionado con la longitud a través del siguiente modelo:

$$w = aL^b \quad \text{.....(15)}$$

La sobrevivencia de los tiburones reclutados a la edad i en el año *t* se supone que está dada por

$$\exp^{-M - F_{it}} \quad \text{.....(16)}$$

desde que $i \geq Epc$, *F* permanece constante para todas las edades reclutadas.

La sobrevivencia de los pre-reclutas en el año t está dada por

$$\exp^{-M} \quad \text{.....(17)}$$

mientras que el número de tiburones reclutados de edad i al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por

$$N_{i+1,t+1} = N_{it} \exp^{-M - F_{it}} \quad \text{.....(18)}$$

El número de tiburones pre-reclutas de edad i en la población al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por

$$N_{i+1,t+1} = N_{it} \exp^{-M} \quad \text{.....(19)}$$

Se consideró que las hembras de la población que se reproducen al año t_i ($i \geq Emad$) es igual a 1.0, lo cual significa que todas las hembras se reproducen en la misma proporción después de alcanzar la edad de madurez, *Emad*.

La fecundidad se estimó como el número promedio de nacimientos por año por hembra de edad i suponiendo que es igual al número de embriones contenidos por cada hembra preñada

$$m_i = a + bL_i \qquad \text{.....(20)}$$

donde *a* y *b* son parámetros de la regresión entre la longitud total de la madre *Li*, y el número de embriones m_i. El número total de neonatos, n_{it}, producidos por hembra de edad i, al inicio del año *t*, está dado por:

$$n_{it} = N_{it} m_{it} t_i \qquad \text{.....(21)}$$

donde

N_{it} = número de hembras de tiburón a la edad *i*, al año *t* .

La proporción sexual de los embriones fue de 1:1 para ambas especies (*C. falciformis* y *S. lewini*) y el valor inicial en la población depende del número de sobrevivientes del año anterior, por lo que el número total de hembras que nacerán en el año i +1, $N_{o,i+1}$, está dado por:

$$N_{0_{i+1}} = \sum_{i=0}^{E_{\max}} n_{it} = R_o \quad \text{(tasa neta reproductiva)} \qquad \text{.....(22)}$$

Tiburón del Golfo de California
tiburón
tiburón
Tiburón Golfo
Golfo
tiburón
tiburón
Golfo
California
tiburón
tiburón
tiburón
Golfo
tiburón
Golfo
California

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE TIBURONES DEL GOLFO DE CALIFORNIA

ESPECIES: Cazón mamón (*Mustelus henlei, M. lunulatus y* otras), *cazón bironche* (*Rhizoprionodon longurio*), *cornuda o* martillo (*Sphyrna lewini*), angelote (*Squatina californica*), tiburón comudo (*Heterodontus mexicanus*), comuda prieta (*S. sygaena*), tiburón volador (*Carcharinus limbatus*).

- Pesquería multiespecífica de naturaleza artesanal de importancia desde el punto de vista alimenticio y laboral. Su valor comercial varia por el tipo de carne, aletas y tamaño.

- Durante los años 40 la pesquería llego a su máximo con un desplome posterior por la fabricación sintética de la vitamina A. A partir de los 60 resurge por la demanda mundial de la aleta de tiburón y otros productos. Actualmente su demanda es por el cartílago como producto artesanal y farmacéutico.

- Las especies que integran esta pesquería presentan características en su biología que los hacen susceptibles a la sobreexplotación.

- Existe una migración estacional de tiburones en el Golfo de California con motivos de reproducción (alumbramiento de neonatos) y alimentación, aunque existen especies que son residentes.

- Su captura es es de características heterogéneas de material, construcción y dimensión: redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales y chinchorro) y anzuelos (línea de mano, cimbras y palangres

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura promedio 12,643 t. Registro máximo en 1979 con 16,780 t.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- No existe información suficiente de capturas, esfuerzo y biológica por especie para realizar un análisis cuantitativo de las poblaciones de tiburón en el área.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Por el momento no es posible definir el estatus del recurso.

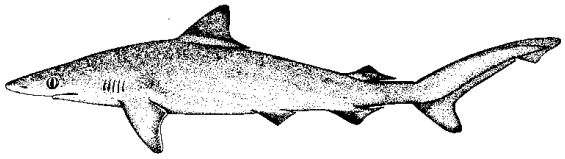
MEDIDAS DE MANEJO

- No incrementar el esfuerzo. PROY-NOM-029-PESC-1999 regulará la pesca de tiburón en México.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

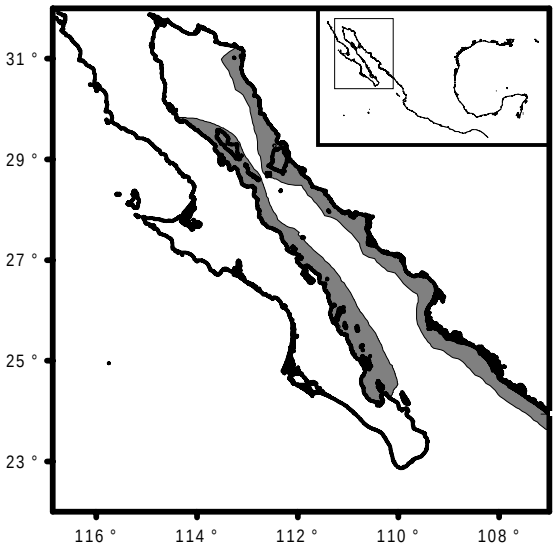
- Protección, regulación y aprovechamiento racional del recurso.

TIBURONES DEL GOLFO DE CALIFORNIA



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La captura de tiburones en aguas mexicanas es una actividad tradicional. Según Applegate *et al.* (1979) dicha actividad se remonta al tiempo de los Olmecas y Aztecas, quienes aparentemente fueron capaces de distinguir entre las diferentes especies. Esta pesquería es típicamente multiespecífica de naturaleza artesanal (Castillo, 1992; Castillo *et al.*, 1998).

Los primeros informes con que se cuenta sobre la pesquería de tiburón en México datan de fines del siglo pasado (1890-1900), cuando se llevaron a cabo las primeras exportaciones de aletas de tiburón de La Paz, BCS, hacia el mercado oriental (Hernández, 1971). Posteriormente, en junio de 1939, se efectuó la primera exportación de hígados de tiburón de Guaymas, Son. a Los Angeles, California, E.U.

En 1942, en la zona del noroeste de México se obtuvieron 1,087 t de hígado de tiburón que se exportaron a E.U. Según Hernández (1971), a partir de tal requerimiento de hígados, fundamentalmente para obtener fuentes naturales de vitamina A durante la Segunda Guerra Mundial, varios industriales mexicanos establecieron las primeras plantas procesadoras de tiburón en Guaymas, Son., Mazatlán, Sin. y en San Blas, Nay. En esa época la pesca de tiburón llegó a su máximo. En 1944 se registró la primer cifra récord de captura de tiburones en el país con 4,833 t, gracias a la enorme demanda internacional de fuentes de vitamina A. Con la fabricación sintética de dicha vitamina a un costo menor, en 1949 se desplomó el mercado internacional de hígado de tiburón.

Los primeros informes con que se cuenta sobre la pesquería de tiburón en México datan de fines del siglo pasado (1890-1900), cuando se llevaron a cabo las primeras exportaciones de aletas de tiburón de La Paz, BCS y de hígados de Guaymas, Son.

A partir de los años sesenta se inició un nuevo incremento en las capturas como consecuencia de la demanda mundial de aletas y otros productos derivados de los tiburones. La participación en esta etapa de las cooperativas de producción pesquera (sector social) permitieron acelerar el desarrollo de la actividad, reflejándose en un decidido crecimiento y dando así lugar, a la pesquería artesanal de tiburón más grande del mundo.

En 1944 se registró la primer cifra récord de captura de tiburones en el país con 4,833 t, gracias a la demanda internacional de vitamina A. Con la fabricación sintética de dicha vitamina, en 1949 se desplomó el mercado internacional de hígado de tiburón

El Golfo de California se caracteriza por ser una zona de transición de zonas geográficas y cualidades hidrodinámicas singulares. Resultado de lo anterior es la alta diversidad de especies que lo habitan de manera permanente o temporal. Dada la diversidad de tiburones que habitan en aguas del Pacífico de México, la composición específica de las capturas varía según la región y estación del año. Algunas especies de gran tamaño migran hacia aguas someras con fines de alumbramiento. Las especies pequeñas (cazones) también realizan marcadas migraciones masivas con los mismos propósitos y también por la busca de alimento. La migración de los cazones esta muy asociada a la abundancia calamar, sardina, macarela y otras especies de abundancia estacional en el Golfo de California.

La mayor parte de la producción de tiburón es para consumo directo. La captura del tiburón es una actividad muy importante desde el punto de vista alimenticio y laboral. La demanda de los subproductos ha ido variando. Por ejemplo, el aceite del hígado se ha utilizado como lubricante en equipos de alta precisión, además de la extracción de vitamina A. El uso del hígado ha sido muy importante en la industria farmacéutica y en la ciencia médica por sus propiedades anticoagulantes. La piel es actualmente utilizada para la elaboración de carteras, bolsas de mano, zapatos, botas, cintos y extensibles de reloj. La carne de los elasmobranquios se consume en muchas modalidades: seco, salado o ahumado. Durante algún tiempo se vendió como bacalao. Las aletas son consideradas como uno de los productos pesqueros más caros del mundo. La mayoría de la producción de aleta de tiburón es enviada a países asiáticos en donde es considerada como afrodisiaco.

Actualmente, existe una creciente demanda del cartílago de tiburón. Este producto es utilizado para hacer artesanías y también como un agente curativo. En algunos países existe una alta demanda por las píldoras de cartílago de tiburón como anticancerígeno y muchas otras propiedades aún no comprobadas. Finalmente, algunos otros componentes del tiburón han sido exitosamente utilizados en trasplantes al ser humano cómo córneas y válvulas del corazón. Una comprensiva revisión del uso de los productos del tiburón a nivel internacional es proporcionada por Walker (1998).

El resultado de los muestreos realizados en la costa de Sonora, indicó la presencia de por lo menos 24 especies de tiburones (Tabla 1). Dichas especies se clasifican en cinco órdenes y nueve familias (Tabla 2). Los tiburones que se capturan con mayor frecuencia pertenecen a los órdenes Carcharhiniformes (Compagno, 1984, 1988, 1990) y su valor comercial varía por el tipo de carne, aletas y tamaño.

Algunas de las especies que son capturadas sustancialmente de forma estacional son el cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, y otros cazones mamones *(Mustelus* spp.). Estas especies son muy características por las migraciones estacionales masivas al interior del Golfo de California. Dichas migraciones son conocidas como "corridas". Entre las especies que se ha documentado que realizan grandes migraciones Norte-Sur, penetrando al Golfo de California están *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini, S. zygaena*, *Alopias pelagicus*. Las especies de tiburón que potencialmente inciden la pesca artesanal del Golfo de California se presentan en la *figura 1*.

Al parecer, los tiburones penetran al Golfo de California en busca de zonas para el alumbramiento. Dichas áreas requieren de características muy particulares para el nacimiento de los neonatos (Castro 1993), dado que ahí encontrarán refugio a la depredación y un ambiente con condiciones bióticas y abióticas que les permita crecer rápidamente para incorporarse a la población de juveniles y adultos. Se desconoce la distribución y el tiempo de residencia de las especies en las áreas de crianza.

Otras especies son de hábitos mas residentes, como es el caso de los géneros *Heterodontus* spp., y el tiburón ángel, *Squatina californica*. Estas especies son de hábitos mas bentónicos y sus migraciones son de aguas profundas a aguas someras, dependiendo de la estación del año.

Tabla 1. Proporción de las especies que inciden en la pesca artesanal de tiburón en el Golfo de California.

Orden	Familia	Especie	%	% Acumulado
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus henlei*	60.33	60.33
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus lunulatus*	12.62	72.95
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Rhizoprionodon longurio*	8.42	81.36
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus* sp	6.27	87.64
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna lewini*	4.61	92.25
Squatinifomes	Squatinidae	*Squatina californica*	2.86	95.11
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus mexicanus*	1.53	96.64
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna zygaena*	1.52	98.15
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus limbatus*	0.72	98.87
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus falciformis*	0.41	99.28
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus californicus*	0.33	99.61
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Nasolamia velox*	0.13	99.74
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Galeocerdo cuvieri*	0.06	99.80
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna* sp	0.05	99.85
Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	*Cephaloscyllium ventriosum*	0.04	99.89
Lamniformes	Alopiidae	*Alopias pelagicus*	0.03	99.92
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus francisci*	0.02	99.94
Lamniformes	Alopiidae	*Alopias vulpinus*	0.02	99.95
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus* sp	0.01	99.96
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus obscurus*	0.01	99.97
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus* sp	0.01	99.98
Lamniformes	Lamnidae	*Isurus oxyrinchus*	0.01	99.98
Carcharhiniformes	Triakidae	*Triakis semifasciata*	0.00	99.99
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Hexanchidae*	0.00	99.99
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Prionace glauca*	0.00	99.99
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna mokarran*	0.00	99.99
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Hexanchus griseus*	0.00	100.00
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Notorynchus cepedianus*	0.00	100.00
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus leucas*	0.00	100.00

Tabla 2. Número de especies de tiburones por Familia y Orden, que inciden en la pesca artesanal del Golfo de California.

Familia/Orden	%	% Acum.	Total de especies
Carcharhiniformes			
Triakidae	79.55	79.6	4
Carcharhinidae	9.76	89.3	8
Sphyrnidae	6.18	95.5	3
Squatinifomes			
Squatinidae	2.86	98.3	1
Heterodontiformes			
Heterodontidae	1.55	99.9	2
Lamniformes			
Alopiidae	0.05	99.9	2
Lamnidae	0.01	100	1
Scyliorhinidae	0.04	100	1
Hexanchiformes			
Hexanchidae	0.01	100	2
Total	100.00	100.00	24

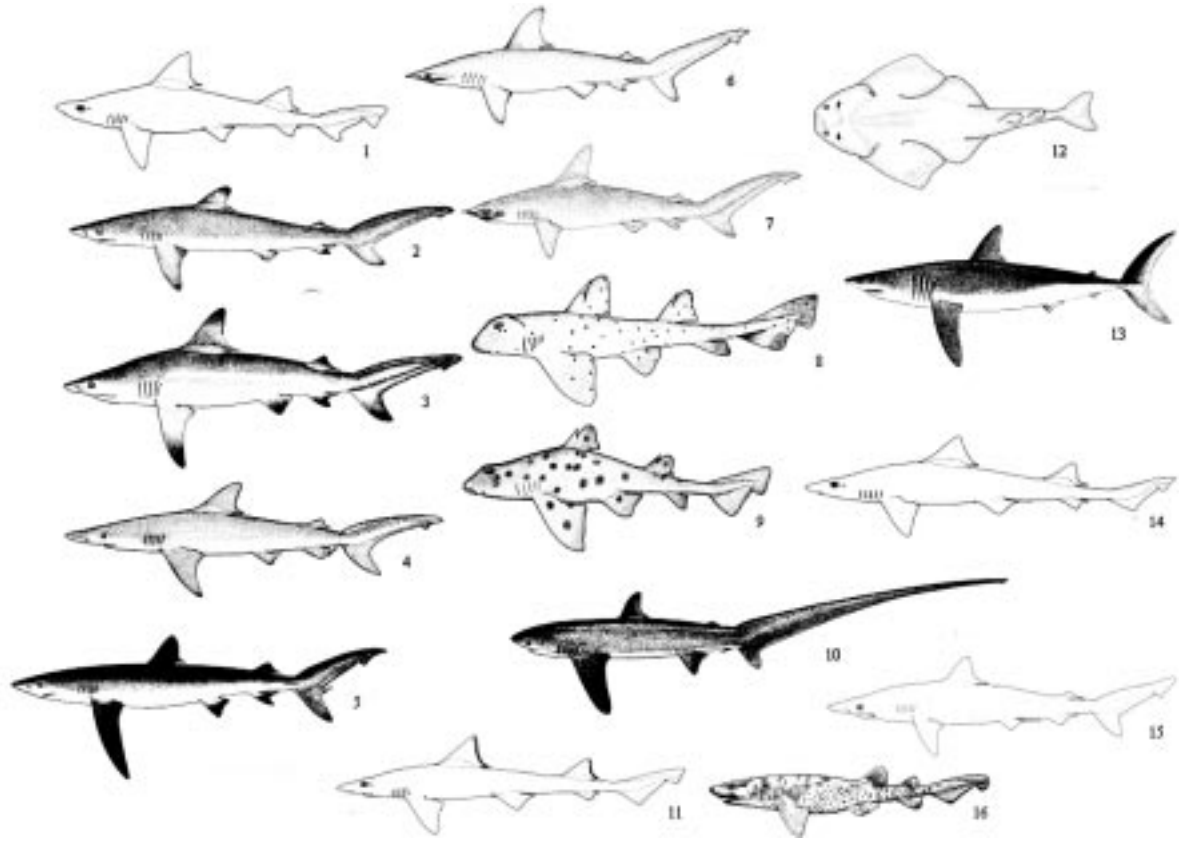


Fig. 1. Tiburones de importancia capturados en la pesca artesanal del Golfo de California.
1) *M. lunulatus*, 2) *C. falciformis*, 3) *C. limbatus*, 4) *N. velox*, 5) *P. glauca*, 6) *S. lewini*, 7) *S. zygaena*, 8) *H. francisci*, 9) *H. mexicanus*, 10) *A. pelagicus*, 11) *M. henlei*, 12) *S. californica*, 13) *I. oxyrinchus*, 14) *M. californicus* y 15) *R. longurio*.

BIOLOGÍA

Los tiburones presentan características muy distintivas en su ciclo de vida. Entre las mas comúnmente mencionadas están su lento crecimiento, madurez tardía, prolongada gestación, alta longevidad, baja fecundidad, desconocida frecuencia reproductiva, y un aparente mecanismo denso dependiente asociado a la relación stock-reclutamiento (Walker, 1992). Lo anterior ha sido considerado como un protocolo de alerta al comparar dichas características intrínsecas con los regímenes de explotación de las poblaciones. Tales características biológicas ubican a los tiburones como organismos de bajo poder reproductivo comparado con los peces teleosteos y por lo tanto susceptibles de ser sobrexplotados.

Poco se conoce sobre la biología de los tiburones que penetran al Golfo de California. La observación reciente sobre la pesquería permitió determinar que existe una gran actividad reproductiva en varias especies. Los tipos de reproducción de los tiburones que se encuentran en el Golfo de California varían poco. La mayoría de ellos son vivíparos (placentario y no placentarios), pero también se pueden encontrar especies ovíparas (*Heterodontus* spp.). Estos últimos pueden ser particularmente vulnerables a la pesca, dado que se desconoce el número de huevos que producen su frecuencia. Las especies que inciden en la pesquería tienen una fecundidad de moderada a baja y algunas de las especies como *A. pelagicus*, solo produce una camada de dos embriones. En general, se desconoce casi todo sobre el ciclo de vida de las especies y su grado de resistencia a la explotación comercial.

Los tiburones presentan características muy distintivas en el desarrollo de su vida, como su lento crecimiento, madurez tardía, prolongada gestación, alta longevidad, baja fecundidad y frecuencia reproductiva

En la *figura 2*, se observa la estructura de tallas de las principales especies que son vulnerables a la pesca. Por lo general, la incidencia de dichas longitudes está muy asociada a las propiedades de selectividad de las redes utilizadas. Sin embargo, a pesar de los patrones de explotación similares, algunas especies pudieran estar siendo más afectadas por la gran incidencia de individuos juveniles, como es el caso de los tiburones martillo (*S. lewini* y *S. zygaena*) y el tiburón puntas negras (*C. limbatus*).

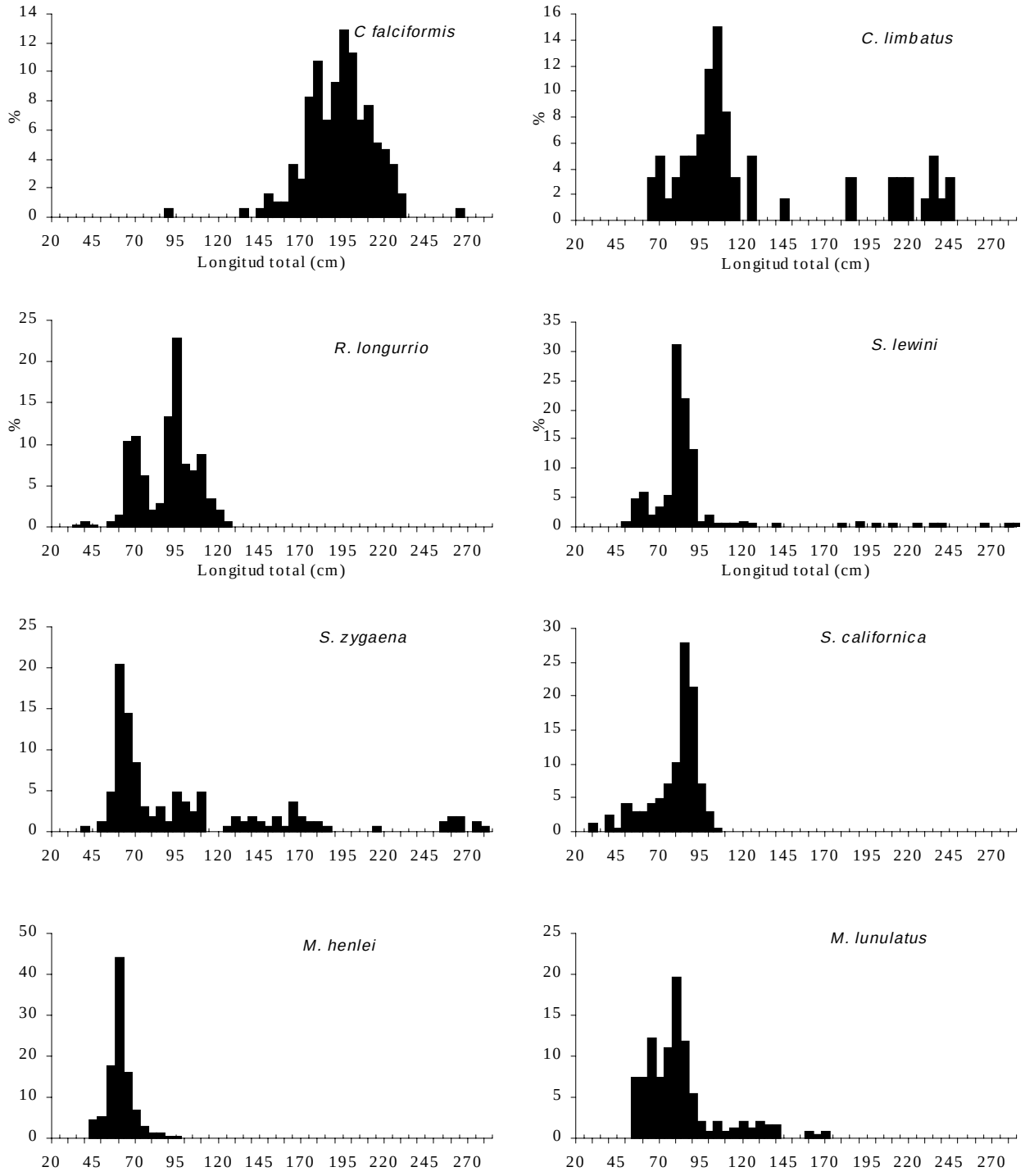


Fig. 2. Estructura de longitudes vulnerables a la pesca artesanal en el Golfo de California.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

Actualmente, se desconoce el número total de embarcaciones menores que participan en la captura de tiburón en el Golfo de California. No se cuenta con series históricas de esfuerzo y captura de la pesquería artesanal de tiburones. La presencia de flotas provenientes de otros Estados ha venido complicando esta situación dado que se establecen campamentos temporales para la pesca de camarón, sierra, baqueta, raya y otras especies.

Los resultados preliminares del monitoreo de la pesca de tiburones en el litoral de Sonora indicaron que la captura en número de tiburones es del 3.3% y de cazón del 96.7%. En categoría de tiburón se incluye las especies que cuando son juveniles se reportan como cazón (Márquez-Farías *et al.*, 1999a).

Entre las especies de mayor preocupación por su captura son las especies grandes que por lo general son de baja fecundidad y alta longevidad. En 1998, una estimación de la abundancia relativa de las cuatro principales especies capturadas con redes agalleras de deriva en la parte oeste del Golfo, indicó que el *C. falciformis* es la especie más abundante, con una frecuencia en los viajes (con captura) de dos tiburones. Otras especies de gran tamaño como *A. pelagicus*, y los tiburones martillos, *S. lewini* y *S. zygaena,* son también capturados a una frecuencia de un tiburón por viaje (Fig. 3).

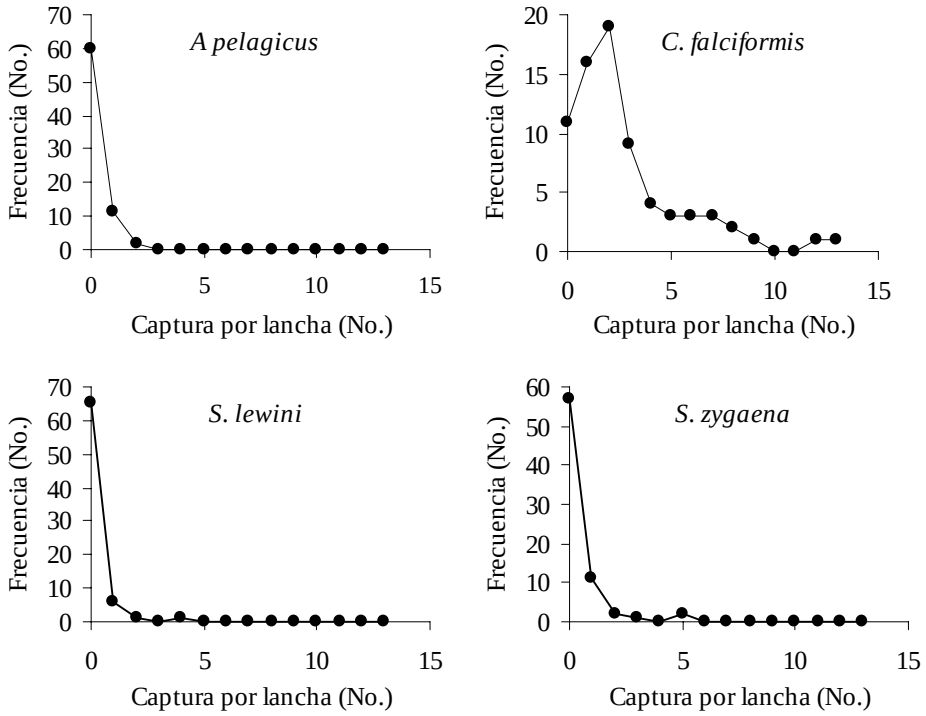


Fig. 3. Frecuencia de captura por viaje de las principales especies capturadas con red agallera de deriva en la temporada Junio a Octubre de 1998.

La captura de las especies pequeñas que realizan migraciones estacionales de menor escala, pueden llegar a ser hasta de 1,200-1,500 tiburones por viaje. Estos desembarques son frecuentes en los meses de otoño-invierno, principalmente. Las especies que realizan estas corridas son: *R. longurio*, *Mustelus lunulatus*, *M. californicus* y *M. henlei;* esta última es capturada a profundidades mayores a los 80 m. La producción estacional promedio de 1993-1999, de varias categorías de tiburón reportada en Sonora se presenta en la *figura 4.*

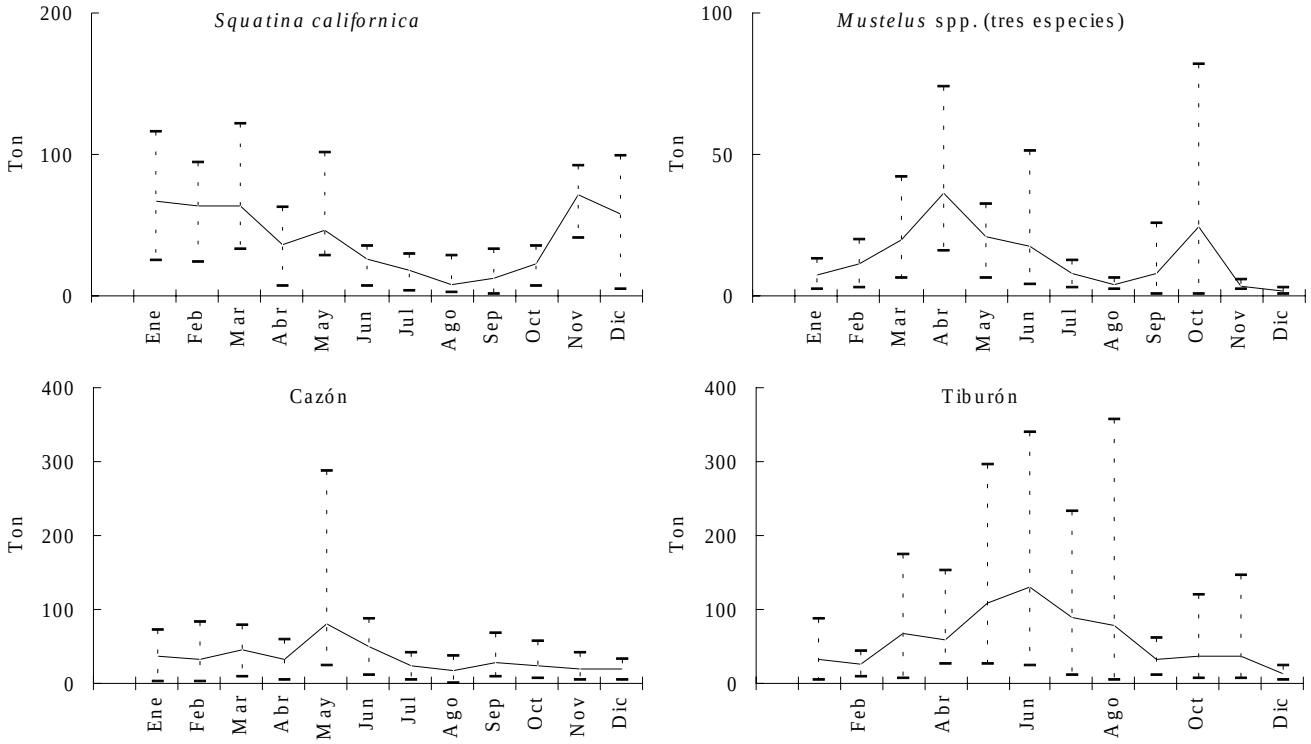


Fig. 4. Producción estacional de tiburón (por categoría) en Sonora. La línea continua representa el promedio de 1993 a 1999. Las líneas verticales representan los intervalos.

En el Golfo de California, existen dos tipos flotas que dirigen su pesca al tiburón: 1) la flota ribereña (artesanal) con pangas de 7 a 10 m de eslora, de 1 a 2.5 m de manga (ancho), de 1 a 2 t de capacidad y una autonomía de 1 a 3 días. Utilizan (uno o dos) motores fuera de borda de 45 a 115 CF, 2) De mediana altura; esta flota está compuesta por embarcaciones de más de 10 m de eslora, tienen una autonomía de 4 a 15 días y cuentan con motor estacionario. Algunas de las embarcaciones de mediana altura son barcos camaroneros adaptados para la pesca del tiburón y otras especies de escama.

La captura del tiburón se efectúa mediante redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales, y chinchorros), y anzuelos (línea de mano, cimbras y palangres) lo que implica características heterogéneas de material y construcción y dimensión de los equipos de pesca. Las redes varían fundamentalmente en el número de paños adheridos (lo cual da dimensión a la longitud de la red), el material de la red, la abertura de malla, el uso de tirantes (lo cual se ha observado que tiene un efecto crítico en el poder de pesca y es proporcional a la capturabilidad). En el caso de la pesca artesanal, el uso de cimbra o palangre tiende a ser muy variable, así como el tipo y tamaño de anzuelo. En la pesca de mediana altura, los equipos de pesca son mas homogéneos. Tanto redes como anzuelos pueden ser de fondo o superficie.

En el Golfo de California, existen dos tipos flotas que dirigen su pesca al tiburón, la ribereña artesanal con pangas y de mediana altura, compuesta por embarcaciones de más de 10 m de eslora

La captura del tiburón se efectúa mediante redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales, y chinchorros), y anzuelo (línea de mano, cimbras y palangres)

Se han reconocido tres tipos de usuarios que directamente tienen acceso a la explotación del recurso tiburón en la pesca artesanal: 1) permisionarios, quienes cuentan con suficiente solvencia económica para cubrir los costos de operación de las pangas. El pescador entonces es un empleado que recibe un pago por kilogramo de carne. No tiene acceso a los ingresos por la venta de la aleta; 2) cooperativas, que son grupos solidarios que comparten gastos y ganancias, y eventualmente cuentan con una infraestructura limitada en sus lugares de acopio; 3) pescadores libres: aún existen pequeños grupos de pescadores libres que han explotado tradicionalmente el tiburón y hasta el momento se desconoce su número.

Como consecuencia de lo heterogéneo de las flotas y equipos de pesca, la captura es multiespecífica. La estructura de longitudes de las especies capturadas abarca individuos recién nacidos (neonatos), juveniles y adultos, incluyendo hembras preñadas con embriones en fase terminal. La estructura de la población vulnerable a los equipos de pesca también permite especular sobre las características del Golfo de California como una zona crítica en los procesos de reproducción de elasmobranquios y en particular de tiburones.

▼ *Tendencias históricas*

De 1976 a 1981 los volúmenes de captura anuales nacionales se incrementaron en casi 15,000 t. Entre 1981 y 1995 la pesquería presentó a nivel nacional un comportamiento estable alrededor del promedio anual de 32,797 t, con un máximo de producción de 36,737 t en 1990. En 1996 la producción total nacional fue de 33,469 t, 2.67% más que la registrada en 1995 (32,575 t).

Durante el período 1976-1996, la producción del Pacífico representó el 65.7% de las capturas totales nacionales. La máxima captura se observó en 1981 con 25,562 t, mostrando en los últimos años una tendencia estable de 20,370 t en promedio. La producción de 1996 fue 0.3% menor con respecto al año anterior. La producción histórica de tiburón corresponde a la suma de las capturas de tiburón y cazón de cada año.

La captura anual promedio de tiburones en el Golfo de California es de 12,643 t. La máxima en esta zona se registró en 1979, con 16,780 t. En 1992 había 3,638 embarcaciones menores o lanchas con permiso para pesca de tiburón en esta zona, y 126 para embarcaciones mayores. Un importante número de estas lanchas pescan en la costa occidental de la península de Baja California. La tendencia de la producción de Sinaloa y Sonora se observa oscilante con una decidida tendencia negativa (Fig. 5).

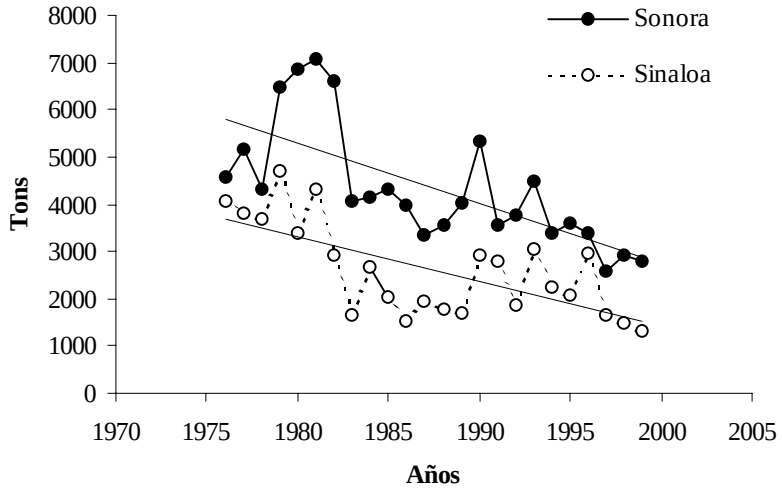


Fig. 5. Series de producción de tiburón de los estados de Sonora y Sinaloa. La línea continua representa la tendencia relativa.

En la *figura 6* se presentan los caladeros de pesca de tiburones. Los tiburones grandes son capturados en zonas profundas del Golfo de California, particularmente de los 26° a los 30° LN. Los chiapanecos (ver aspectos socioeconómicos) son los que realizan esta pesquería con redes agalleras de deriva de 10" a 12" de abertura de malla y con anzuelo, utilizando barrilete y mantarraya como carnada.

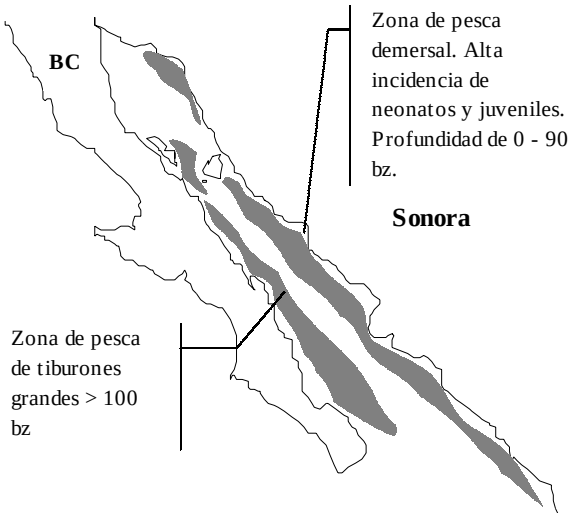


Fig. 6. Principales zonas de captura de tiburón en el Golfo de California.

Los neonatos y juveniles de especies grandes son capturados sustancialmente entre los 28° y 29° LN, en el Banco de la zona costera entre la Isla San Pedro Nolasco al Norte de Guaymas y la Isla Tiburón frente a Bahía de Kino. La profundidad de pesca de este caladero es de 0-90 brazas. Dicho Banco es un importante caladero de la pesquería de redes agalleras dirigida a la raya, en donde se ha documentado también una lata diversidad de especies.

En la región sur del Golfo de California, que comprende las costas del sur de Sinaloa y Nayarit, los estudios recientes sobre la pesca ribereña de tiburones (1994-1996) realizados por el INP a través del CRIP de Mazatlán, han permitido determinar que las principales especies que sostienen ésta son el tiburón martillo, *S. lewini*, y el cazón bironche, *R. longurio*, en Sinaloa. En las aguas de Nayarit (1994-1995) son el tiburón aleta de cartón, *C. falciformis* (60.81%) y la cornuda prieta, *S. zygaena* (19.16%) (Corro, 1997).

La captura de *S. lewini* frecuentemente está compuesta por individuos de diferentes estadios de madurez. Los juveniles y adultos son capturados entre los meses de noviembre a mayo; mientras que de mayo a septiembre se capturan recién nacidos. En la composición de las capturas de Sinaloa durante 1994, 1995 y 1996 esta especie fue el 80.3%, 52.54% y 85.68%, respectivamente. El cazón bironche *R. longurio* exhibe una marcada abundancia estacional de noviembre a mayo, con aproximadamente el 95% de las capturas compuesta por adultos. Las hembras preñadas y hembras que han alumbrado constituyen alrededor del 50% de los desembarques. En Sinaloa, durante 1995, esta especie representó el 28.56% de las capturas. Por otra parte, se ha observado que las capturas de *S. zygaena* están compuestas por el 76% de hembras inmaduras, y del tibuón azul, *Prionace glauca,* el 55% de los machos fueron individuos maduros (Corro, 1997). Se han detectado áreas de crianza de algunas especies, particularmente de *S. lewini* y *C. leucas* en la región del sur de Sinaloa (Corro, 1997).

Las principales especies que sostienen ésta pesqueria en Sinaloa son el tiburón martillo, S. lewini, y el cazón bironche, R. longurio, mientras que en las aguas de Nayarit son el tiburón aleta de cartón, C. falciformis y la cornuda prieta, S. zygaena

▼ *Pesca incidental*

La pesca incidental de tiburón depende del tipo de pesquería, temporada y caladero de pesca. En la pesquería costera puede existir incidencia de rayas y otras especies de escama. En la pesca de tiburones grandes es común la presencia del pez vela, *Istiophorus platypterus,* y dorado, *Corhyphaena hippurus,* como principal pesca incidental.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La mayor pesca incidental de elasmobranquios se da en los barcos de arrastre camaroneros. La captura de cazón mamón y otros tiburones de pequeña talla conforman, por tradición, la fauna de acompañamiento del camarón. No existe ningún registro de las proporciones de tiburones y rayas que han sido capturados durante la historia de la pesquería de camarón en el Golfo de California. Actualmente, existe una actividad paralela de comercialización de los tiburones y rayas capturados incidentalmente, en donde el pescador se convierte temporalmente en un intermediario en la comercialización de lo que compra a los barcos y se vende en la playa. A los pescadores que realizan esta actividad se les conoce regionalmente como "guateros". Lo anterior ha provocado un problema de registro en las Oficinas de Regionales de Pesca, al mezclar los desembarques legítimos de captura con la producción comprada por los guateros y reportada como captura.

La pesca artesanal de tiburones grandes y pequeños está íntimamente relacionada con la pesca artesanal de escama, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en algunos casos con los mismos artes de pesca. Generalmente, las diferencias entre ellas es la temporada de pesca y la zona de pesca (Bonfil *et al.*, 1990).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

Siendo una pesquería de escasa infraestructura y tradicional, actualmente no se conoce el número de embarcaciones que dedican su pesca a la captura del tiburón. Lo informal de dicha pesquería da la oportunidad para que los usuarios en cualquiera de sus modalidades (permisionario, libre o cooperativa) cambie de especie objetivo y dirija su pesca al tiburón cuando así le convenga. Esta dinámica es una de las coyunturas más agudas en las pesquerías ribereñas o artesanales puesto que no permite cuantificar formalmente el esfuerzo de pesca dirigido a un recurso en particular. La pesquería artesanal depende en gran medida de las condiciones climáticas y es aparentemente modulada por el régimen de la luna a través de las mareas.

La mayor pesca incidental de elasmobranquios se da en los barcos de arrastre camaroneros. La captura de tiburones de pequeña talla conforman la fauna de acompañamiento del camarón

Durante el desarrollo del proyecto de prospección de la pesquería de tiburón en el Golfo de México (1993–94), conducido por el Instituto Nacional de la Pesca (INP), fue posible detectar la presencia de pescadores foráneos en la Playa Bagdad municipio de Matamoros, Tamaulipas. Dichos pescadores se desplazan desde la localidad de Chachalacas, Veracruz con la finalidad de pescar tiburón durante el periodo de abril a noviembre contratados por un permisionario. Se desconoce desde cuándo se ha venido realizando dicho movimiento de flotas en el Golfo de México.

Un fenómeno de movimiento de flotas muy similar ocurre en el Golfo de California, en donde pescadores chiapanecos provenientes de Puerto Madero se establecen temporalmente en La Manga, Bahía de Kino y Yavaros en Sonora, y en San Francisquito y El Barril, en Baja California, aparentemente desde 1994 o

antes (Márquez-Farías *et al*., 1999b). La captura es procesada en la playa, y almacenada en hielo en camiones de 3 t, para ser enviada al Mercado de La Nueva Viga en la Ciudad de México. No en todos los campamentos se ha observado la misma infraestructura en el lugar de desembarque. En el caso de La Manga la infraestructura es similar a aquella utilizada en Puerto Madero. Los pescadores forman una pequeña comunidad y son empleados del permisionario, el cual opera con cinco pangas. Se les paga entre $5.00 y $6.00 por kg de carne dependiendo de la especie y los gastos de operación son cubiertos por el permisionario. La problemática de esta situación no ha sido formalmente considerada dentro del actual proceso de regulación en la Administración de la pesquería de tiburón.

▼ *Indicadores económicos*

Más del 90% de la producción nacional de tiburón y cazón es utilizada como alimento para consumo humano directo en diferentes presentaciones, como fresco, congelado y seco-salado, productos que son de los más accesibles para las clases populares de nuestro país.

Más del 90% de la producción nacional de tiburón es utilizada como alimento para consumo humano directo en diferentes presentaciones, como fresco, congelado y seco-salado, los productos del tiburón que se exportan son fundamentalmente aletas y pieles

Los productos del tiburón que se exportan de México son fundamentalmente dos: aletas y pieles. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, ya que la gran demanda en el mercado oriental de Hong Kong y Singapur ha permitido que los precios por estas alcancen hasta los $100.00 dls. por kilogramo de aleta de primera. En nuestro país existe una gran demanda de aletas para exportación, aunque los Anuarios Estadísticos de Pesca en el periodo analizado sólo reportan valores para cuatro años: 1982 (181 t), 1986 (155 t), 1987 (190 t), 1988 (138 t).

En el caso de la piel, que cuenta con un mercado internacional tanto en E.U. como en algunos países de Europa, México exporta un número indeterminado de piezas, provenientes principalmente de estados como Yucatán, Sonora y Chiapas. En Guaymas, Sonora actualmente sigue operando la tenería mas antigua del país, con un porcentaje menor al 5% de la capacidad, cuando los niveles de producción de pieles fueron de hasta 2 t por día (Enrique De la Torre, comunicación personal).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En virtud de la incertidumbre en cuanto al nivel de esfuerzo de pesca y el situación de las poblaciones de tiburones explotadas durante el desarrollo de la pesquería, se propuso una medida preventiva de administración. En marzo de 1993 se estableció una moratoria para otorgar nuevos permisos de pesca comercial de tiburón en ambos litorales, con el objetivo principal de no incrementar el esfuerzo pesquero, mientras no se cuente con un plan de administración y ordenamiento para esta pesquería (Castillo-Géniz *et al*., 1998). Esta moratoria ha permitido la renovación continua de los permisos de pesca de tiburón vigentes hasta 1993, por lo que se considera que el esfuerzo pesquero en el periodo 1993-1997 no ha tenido un incremento significativo o por lo menos, no continuó con la tendencia exponencial que se supone se ha venido desarrollando.

Dentro del Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, se tenía previsto para 1999-2000 la elaboración de la Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca del Tiburón que será el instrumento jurídico que norme el aprovechamiento racional de este recurso, dicha norma se encuentra actualmente en proceso

La Norma Oficial Mexicana para la regulación de la pesca del tiburón será el instrumento jurídico que norme el aprovechamiento racional de este recurso

de publicación. Sin embargo, en 1999 la Delegación Federal de SEMARNAP en el Estado de Sonora informó localmente sobre un periodo de veda del tiburón entre los meses de junio y julio. Dicha medida no se basó en ninguna evaluación cuantitativa por parte del Instituto Nacional de la Pesca. Las repercusiones sociales fueron notorias pero de baja escala y a nivel local, debido a la corta duración de dicha disposición.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

No existen datos de captura y esfuerzo por especie de la pesquería y la información referente a la biología de la especie es escasa para realizar una análisis cuantitativo de la pesquería y las poblaciones de tiburones. Uno de los principales impedimentos para la evaluación de poblaciones de tiburón, es el desconocimiento de la edad de las especies. Se plantea la alternativa en un futuro, de estimar parámetros demográficos como una herramienta de evaluación para la administración de la pesquería (Cortés, 1998). Este enfoque está siendo desarrollado y aplicado a las principales especies de tiburones que se explotan en el Golfo de México (Márquez y Castillo, 1998; Márquez *et al*., 1998) y se empleará para las especies del Pacífico.

La información de que se dispone es muy limitada a estudios de carácter básico, tales como descripción de especies, distribución y otra información eventual de incidencia de especies en otras pesquerías. Los estudios más relevantes al respecto en las costas del Pacífico mexicano son: Hernández (1965 y 1971), Castro-Aguirre (1967, 1967b y 1978) y Kato y Hernández (1967). El ciclo de vida de algunas especies de elasmobranquios de aguas del Golfo de California y aguas adyacentes (costa oeste de la península) ha sido revisado por Villavicencio y Abitia (1984), Villavicencio (1996a, b y c). Prácticamente se desconoce todo sobre los ciclos de vida de las especies de tiburones y rayas que sostienen la pesquería de elasmobranquios en el Golfo de California.

▼ *Modelo*

Una vez que se obtenga la información mínima necesaria, se pretende estimar los parámetros demográficos de las especies de importancia comercial. Los análisis demográficos se consideran una herramienta adecuada para conocer el grado de vulnerabilidad de las poblaciones de tiburones diferentes regímenes de pesca (Jones y Geen, 1977; Hoenig y Gruber, 1990; Hoff, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al*., 1992; Cortés, 1995; Sminkey y Musick, 1996; Cortés y Parsons, 1996; Márquez y Castillo, 1998; Márquez *et al*., 1998).

Para entender la demografía de los tiburones es necesario contar con información biológica referente a crecimiento, supervivencia a edades específicas, madurez y fecundidad. Con dicha información, es posible construir una tabla de vida y estimar los parámetros demográficos tales como: tasa neta reproductiva (R_0), tiempo generacional (G), y la tasa neta de incremento poblacional (r) y con ello conocer la productividad de las especies sometidas a explotación. Otros modelos demográficos alternativos desarrollados recientemente (Au *et al*., 1997; Smith *et al*., 1998) han demostrado ser muy consistentes con los patrones de vida de las especies de tiburón. La discusión sobre ventajas y desventajas de cada uno de ellos va más allá del propósito de éste capitulo.

▼ *Estado actual de la pesquería artesanal de tiburón en el Golfo de California*

En este momento, no es posible definir el estado actual de las poblaciones de las principales especies de tiburones que sostienen pesquería. Habida cuenta de la bien documentada fragilidad de las poblaciones de tiburones a intensos y prolongados regímenes de pesca (Ripley, 1946; Olsen, 1959; Anderson, 1990; Cailliet *et al*., 1993; Walker, 1993), y de que las principales capturas del Golfo de California están soste-

nidas por tiburones inmaduros (Castillo *et al*., 1997; Corro, 1997) no es recomendable incrementar los niveles de esfuerzo en esta región.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La problemática del pasado y presente que ha impedido el adecuado diagnóstico de la pesquería de tiburón se resume en la falta de atención a la pesquería por parte de las autoridades y el sector académico. Es posible que la alta diversidad de especies sea lo que ha permitido el sostenimiento hasta ahora de la pesquería. Sin embargo, es necesario que el conocimiento de la biología básica de las especies se ha incrementado de tal forma que al corto plazo se pueda entender su ciclo de vida y así, poder estimar el impacto que la pesca tradicional tiene sobre las poblaciones.

Por lo anterior, la elaboración de un Plan de Administración Regional de la Pesquería es necesario. Dicho Plan de Administración deberá establecer claramente los Objetivos de la Administración, y las Prioridades de Investigación que permitan el cumplimiento de dichos objetivos. Para lo cual es necesario la participación de instituciones y el Sector garantizando que la investigación pesquera resulte en acciones y estrategias funcionales para la conservación y administración del recurso. En el *Apéndice I,* se desglosan las prioridades de investigación para la pesquería de elasmobranquios en el Golfo de California.

Un problema que ha sido evidente para el diagnóstico de la pesquería es el deficiente sistema de acopio de los avisos de arribo. La desvinculación de la parte técnica en esto, provocó un registro mediocre en las series de producción (tiburón y cazón). Es necesario corregir esta problemática, ubicando personal capacitado que demande un registro de desembarque que pueda ser utilizado para la evaluación de las poblaciones que sostienen la pesquería.

Al igual que en otros recursos pesqueros, la evaluación y administración de poblaciones de tiburones requiere del monitoreo de la captura y del esfuerzo de pesca aplicado, la composición específica de la captura, así como peculiaridades biológicas de reproducción, supervivencia, frecuencia y conducta reproductiva, al igual que características de los regímenes de explotación; selectividad de las redes y palangres con el objetivo de establecer puntos de referencia biológico-pesqueros auxiliares para la administración de la pesquería.

Walker (1994a y b) ha demostrado que es posible aspirar a pesquerías de tiburones con explotación sostenida si éstas son conducidas cautelosamente. Sin embargo, al pretender diagnosticar las poblaciones contenidas en un complejo multiespecífico el cual es explotado por flotas heterogéneas, la aplicación de acciones reguladoras serán erráticas para especies que comparten el mismo nicho ecológico en momentos intermitentes de su ciclo de vida. Esta no es una situación nueva en las pesquerías tropicales y/o artesanales; pero tampoco es una situación resuelta.

En el proceso de administración de la pesquería de tiburón es necesario apoyar la investigación pesquera planteando preguntas concretas sobre los puntos vulnerables del recurso, de la pesquería y de todo el complejo de unidad de pesquería (Kesteven, 1973). Con los elementos técnicos disponibles, se podrán detectar las acciones de regulación pesquera y sobre todo recomendar las más factibles. Por ejemplo, una medida preventiva de conservación es la detección y protección de áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Esta medida favorecerá que los neonatos de las especies de tiburón logren reclutarse al resto de la población e iniciar su migración hacia el exterior del Golfo de California. Dicha iniciativa emergente depende de la disposición y cooperación de los pescadores para no operar en áreas de crianza potenciales.

Acciones inmediatas de administración:

- Con base en el principio precautorio de las administración pesquera (FAO, 1995) es necesario prohibir la captura de tiburones juveniles, de los que se sabe o sospecha son especies de alta longevidad.

- Cuantificar el número de permisos de pesca de tiburón que están operando actualmente.

- Fomentar el registro de los desembarques por especie en formatos técnicamente diseñados y responsabilizar a los usuarios de la información reportada.

- Apoyar a la investigación pesquera en la estimación de parámetros biológicos claves que permitan estimar la vulnerabilidad de las especies (*Apéndice I*).

- Convocar la participación de la academia y centros de investigación pesquera avanzados a sumar esfuerzo en el entendimiento de la demografía de las poblaciones de tiburones explotados.

- Mantener el esfuerzo pesquero de la pesquería en su nivel actual.

- Diseñar e implementar a mediano plazo, un Plan de Administración de la Pesquería para Rayas y Tiburones del Golfo de California basado en las dinámica de la pesquería y el ciclo de vida de las principales especies. Dicho Plan de Administración deberá ser desvinculado del Plan de Administración incluido en el Proyecto de NOM que regula la captura de tiburón y especies afines a nivel Nacional.

- Se recomienda fomentar e implementar el concepto de co-manejo o administración participativa (los usuarios vigilan y protegen las actividades pesqueras) en algunas regiones de conflicto, en donde prevalecen los intereses regionales y tradicionales que están pretendiendo ser regulados por políticas centralizadas.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Para la investigación pesquera llevada a cabo por parte del Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas (CRIP-Guaymas) ha sido valiosa la participación del CETMAR e ITMAR de la localidad.

Los tiburones grandes, costeros y oceánicos, realizan extensos movimientos migratorios que abarcan de Estados Unidos a Centroamérica. Esto implica que para poder entender la dinámica de poblaciones de estas especies es necesario reunir y conocer la información pesquera y biológica en todo el ámbito geográfico en que se distribuyen. Con ese objetivo el INP estableció en 1996 de forma conjunta con el Centro del Sudoeste de Ciencias Pesqueras de La Jolla, California, del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de Estados Unidos (SWFCS del NMFS) el Grupo de Trabajo sobre Tiburones dentro del contexto del marco de cooperación entre ambas naciones en materia de investigación pesquera denominado MEXUS-PACIFICO. Desde julio de 1996 se participa en cruceros de investigación conjunta INP-NMFS con el objetivo de determinar los índices de abundancia de tiburones oceánicos en aguas costeras adyacentes a la frontera de México y Estados Unidos. Dicha cooperación se ha ratificado en la reunión del año 2000, para extender las investigaciones en tecnología de capturas de barcos que dirigen su pesca al tiburón.

Se estableció un Convenio de Colaboración Bilateral con Guatemala en materia de cooperación pesquera, el cual ha permitido establecer un programa conjunto, que inició en octubre de 1996 con la capacitación de investigadores y técnicos guatemaltecos en materia de investigación pesquera de elasmobranquios (tiburones y rayas). En junio de 1997 se inició el análisis conjunto de la información pesquera y biológica de los tiburones que se pescan en aguas territoriales de Guatemala (Márquez-Farías, 1997; Márquez & Ruíz, 1997; Márquez & Ruíz, 1999). El resultado de dicha cooperación permitió establecer los lineamientos técnicos para la regulación de la pesquería de tiburón en Guatemala (Márquez & Ruíz, 1999).

Recientemente, se han estrechado lazos de investigación sobre tiburones entre el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas y la Universidad de Sonora a través del Departamento de Investigación Científica y Tecnológica. Dos proyectos fundamentales están actualmente en marcha, análisis genético de poblaciones de de elasmobranquios de importancia comercial, y estimación de longitud mínima de madurez a través de análisis histólogicos. Adicionalmente se realiza un análisis genético para comparar las poblaciones de *Carcharhinus limbatus* del Golfo de México y Golfo de California con el Instituto de Investigación Pesquera de Carbondale, E.U.

REFERENCIAS

Applegate, S. P., L. Espinosa, L, Menchaca & F, Sotelo. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología de Mar, México. 147 p.

Anderson, E.D. 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 473-484.

Au, D. W. & S. E. Smith. 1997. A demographic method with population density compensation for estimating productivity and yield per recruit of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:415-420.

Bonfil, R.S., D.F. Anda & R.A. Mena. 1990. Shark fisheries in Mexico: The case of Yucatán as an example. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 427-441.

Castillo-Géniz, J. L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca. México. 72 p.

Castillo-Géniz, J.L., J.F. Márquez-Farías, M.C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés & A. Cid del Prado. 1998. The Mexican artsanal shark fishery in the Gulf of Mexico: toward a regulated fishery. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49: 611-620.

Castillo-Geniz, J.L., J.F. Márquez-Farías, A. Cid del Prado V., S.R. Soriano V. & S.C. Ramírez. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro-Aguirre, J.L. 1967a. Aprovechamiento de tiburones y rayas de México, Inst. Nal. de Invest. Biol. Pesq. Trabajos de divulgación 96(10):1-10.

Castro-Aguirre, J.L. 1967b. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis Profesional. ENCB. IPN, México.

Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces que penetran a aguas continentales de México. Con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Instituto Nacional de la Pesca. Serie Científica 19:1-296.

Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of sharks nurseries of the Southern coast of United States. Envir. Biol. of Fishes 38:37-48

Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 183-193.

Cailliet, G.M., H.F. Mollet, G.G. Pittinger, D. Bedford & L.J. Natanson. 1992. Growth and demography of the Pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:1313-1330.

Cailliet, G.M., D.B. Holts & D. Bedford. 1993. A review of the commercial fisheries of sharks on the west coast of the United States. *En*: Pepperell J., J. West & P. Woon (*eds*). Proceedings of an International Workshop on the Conservation Of Elasmobranch held at Taronga Zoo, Sydney, Australia. pp: 13-29.

Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1 & 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. 125(4):251-655.

Compagno, L.J.V. 1988. Sharks of the order Carcharhiniformes. Princeton University Press, Princeton.

Compagno, L.J.V. 1990. Sharks explotation and conservation. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:391-414.

Corro, E. 1997. Análisis preliminar de la pesquería artesanal de tiburones en el norte de Nayarit y sur de Sinaloa. CRIP-Mazatlán. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cortés, E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae,* in the Gulf of Mexico. Fish. Bull. 93:57-66.

Cortés, E. & G.R. Parsons. 1996. Comparative demography of two populations of the bonnethead shark (*Sphyrna tiburo*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:709-718.

Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fish. Res. 39:199-208.

FAO. 1995. Precautionary Approach to Fisheries. Part 1: Guidelines on the Precautionary Approach to capture Fisheries and Species Introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350:1-52.

Hernández, C.A. 1965. Resumen de las investigaciones sobre elasmobranquios de la República Mexicana. Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. Trab. Div. 97(10):1-9.

Hernández, C.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México. 123 p.

Hoenig, J.M. & S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Hoff, T.B. 1990. Conservation and management of the western North Atlantic shark resource based on the life history strategy limitations of the sandbar shark. Ph. D. Thesis, University of Delaware, Newark. 282 p.

Jones, B.C. & G.H. Geen. 1977. Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. J. Fish. Res. Board Can. 34:1286-1292.

Kato, S. & C.A. Hernández. 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific ocean,1962-65. *En*: Gilbert, P.W., R.F. Mathewson & D.P. Rall (*eds*). Sharks, skates and rays, Johns Hopkins, Baltimore. pp: 93-109.

Kesteven, G.L. 1973. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 1. Una Introducción a la Ciencia Pesquera. FAO Doc. Tech. 118. 45 p.

Márquez-Farías, J.F. 1997. Mexico-Guatemala: a collaboration in shark fisheries. Sharknews. June 9 pp: 14.

Márquez-Farías, J.F. & C.L. Ruíz-Alvarado. 1997. Informe del grupo de trabajo del proyecto de colaboración científica México-Guatemala en materia de investigación del recurso tiburón en aguas de ambos países. INP.SEMARNAP.DITEPESCA.MAGA. Guatemala, Centro América. (inédito).

Márquez-Farías, J.F. & J.L. Castillo G. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. *Fish. Res.* 39:183-198.

Márquez-Farias, J.F., J.L. Castillo-Géniz & M.C. Rodríguez de la Cruz. 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), del sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas* 24(1):13-34.

Márquez-Farías, J.F., J. Tyminski, R.E. Hueter, J.L. Castillo-Géniz & C. Murillo. 1999. Diversidad de elasmobranquios en Sonora estimado de una prospección de la pesquería artesanal. Memorias I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. 25-28 Mayo 1999. DICTUS. Hermosillo, Sonora.

Márquez-Farías, J.F., G. Montemayor, J.L. Castillo-Geniz & R.E. Molina. 1999. Movimientos estacionales de flotas en la pesquería artesanal de tiburón: el caso de los chiapanecos en Sonora. Memorias I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. 25-28 Mayo 1999. DICTUS. Hermosillo, Sonora.

Márquez-Farías, J.F. & C.L. Ruíz-Alvarado. 1999. Lineamientos técnicos para la implementación de un plan de acción que regula la captura de tiburón en aguas de jurisdicción de la República de Guatemala, C.A. INP-SEMARNAP/MAGA-UNEPA. (inédito).

Olsen, A.M. 1959. The status of the school shark fishery in south-eastern australian waters. *Aust. J.* Mar. Freshwater Res. 10:150-176.

Ripley, W.E. 1946. The soupfin shark and the fishery. Fish. Bull. 64:7-37.

Sminkey, T.R. & J.A. Musick. 1996. Demographic analysis of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the western North Atlantic. Fish. Bull. 94:341-347.

Smith, S.E., D.W. Au & C. Show. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of pacific sharks. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49:663-678.

Villavicencio, G.C.J. 1996a. Reproducción de *Carcharhinus obscurus* (Pisces: Carcharhinidae) en el Pacífico nororiental. Rev. Biol. Trop. 44(1):287-289.

Villavicencio, G.C.J. 1996b. Aspectos poblacionales del angelito, *Squatina californica*, en Baja California, México. Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS 7(1-2):15-21.

Villavicencio, G.C.J. 1996c. Pesquería de tiburón y cazón. *En*: Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz (*eds*). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, CONACYT, Gob. Edo. BCS. pp:305-316.

Villavicencio, G.C.J. & C.L.A. Abitia. 1994. Elasmobranquios de Bahía Magdalena y Laguna de San Ignacio, Baja California Sur, México. Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS 5 (2): 62-65.

Walker, T.I. 1992. Fishery simulation model for shark applied to the gummy, *Mustelus antarticus* Günther, from southern Australian Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:195-212.

Walker, T.I. 1993. Conserving the shark stocks of Southern Australia. *En*: Pepperell, J., J. West & P. Woon (eds). Procedings of an International Workshop on the Conservation of Elasmobranch held at Taronga Zoo, Sydney, Australia pp: 33-40.

Walker, T.I. 1994a. Fishery model of gummy shark, *Mustelus antarticus*, for Bass Strait. *En*: Bishop I. (*ed*). Resource Technology '94 New Opportunities Best Practice. The University of Melbourne, Melbourne. pp: 422-438.

Walker, T.I. 1994b. Stock assessment of the gummy shark, *Mustelus antarcticus*, Günther, in Bass Strait and South Australia. *En*: Hancock D.A. (ed). Population Dynamics for fisheries management. Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings (Australian Goverment Printing Service, Canberra) 1:173-187.

Walker T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49: 553-572.

APENDICE 1

PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA LA PESQUERÍA DE ELASMOBRANQUIOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Prioridad	Situación	Solución (plazo)	Acción	Objetivo
1	Formatos de registro de datos de captura y esfuerzo inadecuados para obtener series históricas que reflejen los patrones de explotación del recurso a través de CPUE.	Implementar un sistema regional (o nacional) de registro de la producción y esfuerzo pesquero de la pesquería de tiburón (u)	Capacitar al personal técnico, académico y pescadores artesanales, así como a los participantes en la pesca de altura.	Fomentar el reporte de los desembarques por especie o grupo.
2	Falta de datos biológicos de las especies, particularmente de los aspectos de reproducción.	Proponer e instrumentar el monitoreo sistemático de datos biológicos de la pesquería del tiburón en colaboración con el sector académico (c)	Entrenamiento de personal técnico para los muestreos de campo.	Entender los aspectos de biología reproductiva de las especies mas importantes e identificar las biológicamente mas vulnerables.
3	Alta incidencia de tiburones neonatos y juveniles en las capturas de la pesca artesanal.	Búsqueda y localización de áreas de crianza de tiburones (u)	Prospección a bordo de embarcaciones de pesca artesanal con lances experimentales.	Identificar a las especies que utilizan zonas costeras como áreas de crianza.
4	Desconocimiento de la proporción de hembras grávidas en la pesca dirigida y no dirigida al tiburón	Cuantificar la proporción de hembras grávidas en las capturas, estimación de la fecundidad por especies y seguimiento del crecimiento embrionario de las especies de importancia (m)	Examinar las hembras grávidas en los centros de acopio, registrar el número de embriones por hembra y documentar la longitud de los embriones.	Conocer las temporadas de nacimiento de los tiburones en base a la presencia de hembras grávidas en fase terminal y el crecimiento de los embriones.
5	Se desconoce la fase de madurez de la fracción de la población explotada	Estimación de la talla mínima de madurez de las especies de importancia (m)	Observaciones directas de madurez en los centros de desembarque	Estimar la proporción de individuos inmaduros que están siendo capturados.
6	Desconocimiento de la estructura de la(s) población(es) de tiburones que son vulnerable(s) de forma incidental a las redes agalleras utilizadas en la pesca artesanal de rayas y otras especies	Estimación de los parámetros de selectividad de las redes agalleras de la pesca dirigida y no dirigida a los tiburones (m)	Muestreo de las longitudes de los tiburones desembarcados registrando la longitud de los organismos y abertura de malla de las redes agalleras.	Estimar la probabilidad de retención de las redes agalleras con diferentes aberturas de malla y relacionarlo con la fase de madurez de los organismos
7	Desconocimiento de la estructura por edades de las especies capturadas	Estimaciones de edad y crecimiento, colaborando con instituciones especializadas nacionales e internacionales (c)	Colecta de vértebras de las principales especies para las estimaciones de edad y crecimiento	Estimar la edad de primera madurez y longevidad de las especies de importancia comercial
8	Se desconoce el potencial de supervivencia natural y la mortalidad por pesca de las poblaciones explotadas	Estimación de tasas de mortalidad (l)	Aplicar la metodología especializada basada en talla, edad o índices relativos de abundancia para estimar tasas de mortalidad.	Estimar el coeficiente de mortalidad natural y la tasa de explotación de las poblaciones.
9	Incertidumbre de la productividad de especies explotadas	Realizar análisis demográficos que permitan proyectar la vulnerabilidad de las especies a los regímenes de explotación (l)	Utilizar la mejor información disponible sobre, edad y crecimiento, mortalidad, fecundidad y madurez	Estimar el comportamiento de los parámetros demográficos bajo diferentes escenarios de explotación. Fomentar la participación de los usuarios con miras al Co-manejo de la pesquería.
10	Desconocimiento del beneficio directo de la pesquería a las comunidades costeras en cuanto a empleo y alimentación.	Conducir análisis socioeconómicos de la pesquería de tiburón (m)	Levantamiento de censos y encuestas sistemáticamente diseñados que incluyendo los aspectos relevantes de las comunidades costeras.	Estimación del número de familias y personas que dependen directamente de la pesca del tiburón
11	Desconocimiento del tiempo de residencia de los neonatos en áreas de crianza y los movimientos migratorios de los adultos en aguas de jurisdicción nacional	Conducir, apoyar y participar en proyectos pilotos de marcado de tiburones juveniles y adultos en ambos litorales en colaboración internacional (m)	Efectuar actividades de marcado de tiburones en áreas de crianza y zonas de pesca	Estimar el tiempo de duración de los tiburones recién nacidos en áreas de crianza y entender los patrones migratorios de las especies oceánicas y costeras.

sierra

sierra

sierra

sierra

sierra

Sierra

Sierra

sierra

sierra

Sierra

sierra

sierra

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE SIERRA DEL GOLFO DE CALIFORNIA

ESPECIES: Sierra (*Scomberomorus sierra* y *S.concolor*).

- Especie migratoria nerítica epipelágica que desova cerca de la costa.
- La sierra realiza dos corridas en sonora, la primera de octubre a noviembre y la segunda de enero a abril o mayo.
- La talla de reclutamiento pesquero de *S. concolor* es de 25 cm, y seis meses de edad.
- Pesquería estacional que proporciona ingresos complementarios en la temporada baja de especies de alto valor (camarón).
- Recurso de oportunidad y pesca complementaria, de tipo artesanal.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura máxima en México (1996): 16,791 t.
- Captura máxima en Sonora (1999): 2605 t.
- El esfuerzo pesquero se duplicó en los últimos cinco años, hasta 1500 pangas. Disminución de la CPUE.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Poblacional de crecimiento logístico que incluye cosecha.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo con riesgo.

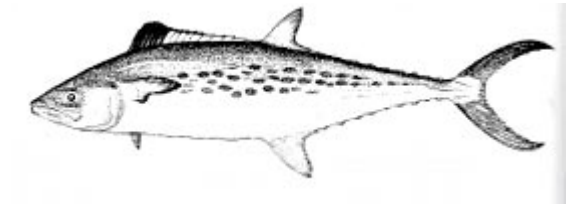
MEDIDAS DE MANEJO

- Permiso de pesca para escama en general. Se sugiere dar los permisos por especie objetivo y reducir el esfuerzo pesquero sobre este recurso.

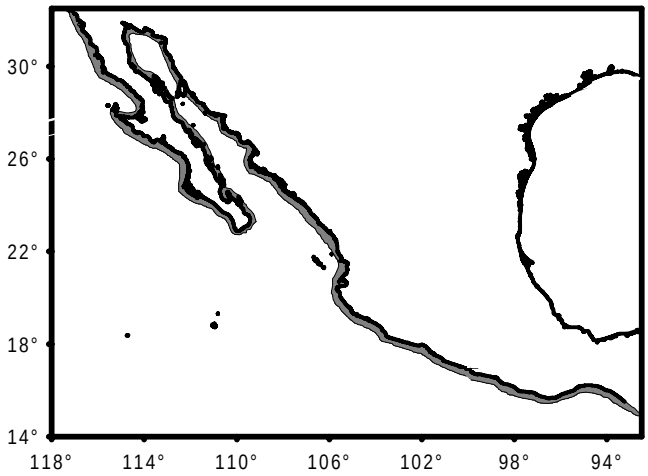
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Al reducir el esfuerzo se espera un incremento en el número de individuos de la población.

SIERRA DEL GOLFO DE CALIFORNIA



Scomberomorus sierra
S. concolor



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La sierra constituye una pesquería importante en algunas regiones del litoral mexicano. En Sonora es considerada uno de los recursos principales dentro de la pesca costera o ribereña de "escama", que incluye más de 45 especies.

La disponibilidad de sierra en localidades del Golfo de California está gobernada por su marcada estacionalidad; esto la transforma en un recurso esperado en ciertos meses del año. Su aparición en el sur de Sonora ocurre en octubre o noviembre, dos o tres meses después del inicio de la pesquería de ribera del camarón, y permanece hasta abril. En algunas temporadas de bajas capturas de camarón, la sierra se convierte en una fuente de ingresos complementaria para los pescadores.

La captura total de sierra en México durante 1999 fue de 13,636 t con un valor de 106.4 millones de pesos (SEMARNAP, 2000). Esto representa 1.2 % en volumen y 1.5% en valor de la producción nacional de ese mismo año. En Sonora se reportan 2,605 t para 1999, lo que representa 19.1% del total nacional.

La captura total de sierra en México durante 1999 fue de 13,636 t con un valor de 106.4 millones de pesos. En Sonora para el mismo año se reportan 2,605 t , lo que representa 19.1% del total nacional

En el ámbito mundial, en 1981 las especies del género *Scomberomorus*, al cual pertenecen las sierras, contribuyeron con 252,209 t (Collette y Nauen, 1983). Esto representó un 0.39 % del volumen de las descargas totales en ese año.

Las especies que conforman este recurso, denominado por los pescadores como "el sierra", y que se captura en las costas del Pacífico al noroeste de México, son *Scomberomorus sierra* y *S. concolor*. Algunos otros nombres comunes con que se las conoce son "pinto", "vago", "lomo prieto" y "sierra". Tradicionalmente se ha considerado que la pesquería de sierra en el Pacífico se constituye sólo por *S. sierra.* Sin embargo, durante las últimas dos temporadas en que se ha realizado un muestreo sistemático se encontró que en el Golfo de California la especie más común (95%) durante la temporada intensiva de pesca fue *S. concolor* (Fig. 1). El presente trabajo se refiere a esta última especie y el análisis se basa en la pesquería ribereña del centro y sur de Sonora.

En el centro-sur de Sonora es posible identificar cuatro regiones principales de captura de sierra (Fig. 2). Dos terceras partes de la captura se reportan como realizadas cerca de Puerto Libertad y el resto de El Choyudo a Las Guásimas.

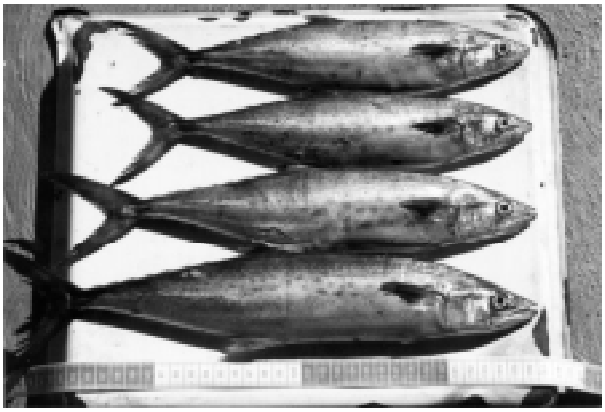


Fig. 1. *Scomberomorus concolor* (sierra del Golfo de California).

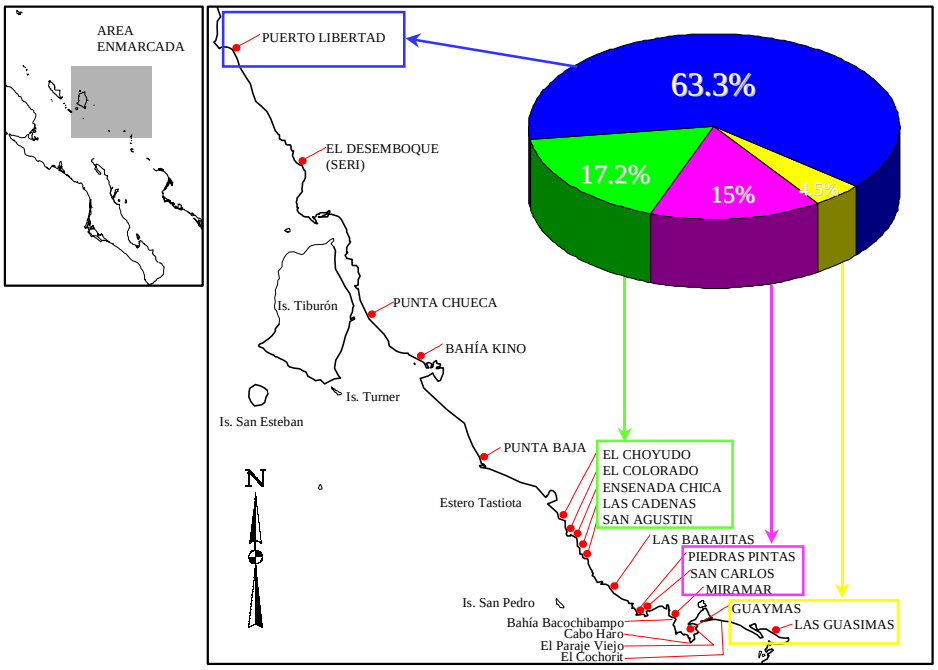


Fig. 2. Localidades de captura de sierra en el Golfo de California.

BIOLOGÍA

La sierra, *S. concolor*, es una especie migratoria nerítica epipelágica que desova cerca de la costa. Hay controversia respecto a sus límites de distribución latitudinal. Hace un siglo, *S. concolor* se distribuía desde la Bahía Monterey (Cal., E.U.), hasta Panamá, incluyendo el Golfo de California (Fitch y Flechsig, 1949). Se considera que en la actualidad está confinada a la parte norte del Golfo de California (Fischer *et al.*, 1995). Sin embargo, durante las dos temporadas analizadas (1997/98 y 1998/99) se encontró que *S. concolor* constituyó más del 90% de las capturas en el centro y sur de Sonora.

Los datos recientes sugieren una segregación temporal de las dos especies de sierra presentes en el Golfo de California. La sierra aparece erráticamente (al mismo tiempo en lugares distantes unos de otros) en la costa de Sonora a finales de octubre ó principios de noviembre, y las capturas en este tiempo no son muy abundantes. A ésta se le denomina como "primera corrida". Desaparece de la región en diciembre y realiza una "segunda corrida" de finales de enero hasta abril o mayo, constituyendo *S. concolor* la mayor parte de la captura. En mayo y junio la mayoría de los ejemplares observados en las capturas esporádicas y de bajo volumen de las últimas dos temporadas, eran *S. sierra* y unos cuantos ejemplares de *S. concolor.* En verano los registros de captura provienen básicamente del norte del Golfo e incluyen a *S. sierra*; hay reportes no confirmados de que esta especie desova en esa región en el verano.

La especie mas común durante las últimas dos temporadas es S. concolor, siendo abundante en dos periodos de octubre a noviembre y de enero a abril

Se desconocen los aspectos básicos sobre la reproducción de *S. concolor.* Los ejemplares de los muestreos mostraron gónadas inmaduras o en reposo. En forma indirecta se pudo deducir un patrón de desove. Analizando las tallas de captura mediante el programa ELEFAN II (Pauly, 1987), se encontró un patrón de reclutamiento bimodal. El reclutamiento pesquero máximo (24%) ocurre en noviembre, y un pulso de menor intensidad (13%) en marzo (Fig. 3). La talla de reclutamiento pesquero de *S. concolor* es de 25 cm de longitud patrón (l.p.), que corresponde a una edad media de 6 meses, estimada con la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Montemayor-López *et al.*, 1999). Por lo tanto, si la edad de reclutamiento es de 6 meses, el pulso reproductivo máximo debe ocurrir en mayo, y el menos intenso en septiembre, meses en los que no aparecen en las capturas de la región considerada en el presente estudio.

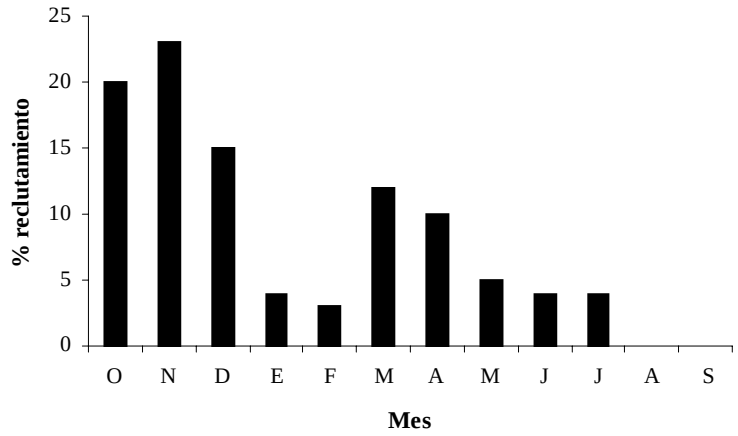


Fig. 3. Patrón de reclutamiento anual de *S. concolor* en el Golfo de California.

Las sierras son organismos carnívoros que se alimentan de plancton y peces. En análisis de contenidos estomacales, Lizárraga-Rodríguez (1984) encontró que *S. sierra* en la costa de Nayarit se alimenta de sardina crinuda (*Opisthonema* spp). Para la costa de Sonora, en observaciones hechas durante el período analizado se encontró que los organismos de *S. concolor* con talla promedio de 45 cm de l.p. contenían *Opisthonema libertate*. Las sierras más pequeñas contenían anchoveta (*Anchoa ischana*). Durante un varamiento de eufáusidos *Nyctyphanes simplex,* ocurrido en marzo y abril de 1998, se observó que los estómagos de sierras capturadas dentro de la bahía de Guaymas estaban repletos de esos organismos (Montemayor-López y Cisneros-Mata, 1999).

Debido a que no existe información publicada sobre esta especie, se incluyen aquí los parámetros básicos de la dinámica de esta población. La tasa de mortalidad natural, la relación longitud – peso, y los parámetros de crecimiento individual son indispensables en los modelos de manejo. Con base en la ecuación empírica

de Pauly (1980) se estimó la tasa instantánea de mortalidad natural anual: log M = -0.0066 - 0.279 log L_∞ + 0.6543 log k + 0.4634 log T, donde T es la temperatura media del hábitat de la sierra (22 °C); el resto de los parámetros se definen más adelante. El valor estimado de M fue 0.63, indicando que en un año promedio y en condiciones de equilibrio casi la mitad de una cohorte muere por causas naturales (=exp[-063]).

Los parámetros de la relación longitud (L) – peso (W) se calcularon por regresión no lineal, utilizando el programa FISAT. La ecuación específica para *S. concolor* es: $W = 0.0365\ L^{2.629}$ (r^2=0.96).

Los valores estimados de los parámetros de crecimiento individual del modelo de von Bertalanffy son: longitud asintótica L_∞ = 71.6 cm l. p., coeficiente de crecimiento k = 0.36/año, y edad teórica a la longitud nula t_0 = -0.023 años. La longitud asintótica se calculó como la razón entre la máxima longitud observada (68 cm) y 0.95 (Pauly, 1984); los otros dos parámetros se tomaron del estudio que Espino *et al*. (1990) realizaron sobre *S. maculatus* en el litoral de Colima.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesca de sierra es una actividad costera. Las capturas se realizan dentro de un radio de acción de 150 km en dirección paralela a la costa cuando los pescadores se trasladan de un campo pesquero a otro, y a profundidad de 5 a 40 brazas. Por lo general, la pesca de sierra se realiza entre 5 y 10 millas náuticas de la costa.

La pesca de sierra es una actividad costera. Las capturas se realizan dentro de un radio de acción de 150 km en dirección paralela a la costa, y a profundidad de 5 a 40 brazas.

La unidad de pesca consta de una embarcación (panga) de fibra de vidrio con motor fuera de borda, de 75 HP (caballos de fuerza) en promedio, operada por tres pescadores. Las dimensiones de la panga son siete metros de eslora y capacidad de carga de dos toneladas. El arte de pesca consta de una red agallera llamada chinchorro “sierrero”, con abertura de malla de 2.5 a 3.5 pulgadas, siendo la más común la de 2.75 pulgadas. La profundidad de los chinchorros varía entre 100 a 150 mallas, y el largo de 190 a 800 brazas, aunque las más comunes son de 300 brazas.

Los pescadores operan generalmente durante el oscuro lunar (cuarto menguante a c. creciente) debido a que así se les facilita la ubicación de los cardúmenes, por la bioluminiscencia del plancton (“fosfórica”) en la superficie del agua. Un indicador de disponibilidad de sierra, de acuerdo a los pescadores, es la presencia de sardina juvenil (“pelillo”), su alimento principal.

Existen tres tipos de faena de pesca: de encierro y con curricán (activas), así como de tendido (pasiva). En el encierro, el esfuerzo de pesca dura una noche, regularmente de las 21 hrs. hasta las cinco o seis hrs. del día siguiente. Aquí se busca al cardumen (una a dos horas), y una vez localizado se le encierra largando el chinchorro, se “lamparea” para azuzar y concentrar a los peces, y se cierra el fondo del chinchorro a la manera de una red de cerco con jareta. Después se recobra el chinchorro y se deposita la captura en la panga. La faena de tendido es practicada sobre todo por los pescadores del área de Bahía Kino, donde la sierra pasa más alejada de la costa. Aquí los pescadores tienden el chinchorro en la madrugada y lo recogen a media mañana, dependiendo de la abundancia de cardúmenes.

Otra forma de pesca de sierra es mediante el uso de curricanes, generalmente para capturar organismos grandes. Esto ocurre, a saber, en la región norte del Golfo, y en la región de Yavaros. Aquí, con la panga en marcha se arrastran en la superficie señuelos de plástico de colores vivos con múltiples anzuelos para atraer y capturar a los organismos.

▼*Tendencias históricas*

Durante los últimos 11 años, la producción de sierra en México promedió 13,192 t en peso vivo, con 38% en el litoral del Pacífico y 62% en el Golfo de México y Caribe (SEMARNAP, 2000). Las mayores capturas ocurrieron en 1996, con 16,791 t en peso vivo. En Sonora, la mayor producción en la última década se registró en 1999, con 2,605 t en peso vivo (Fig. 4).

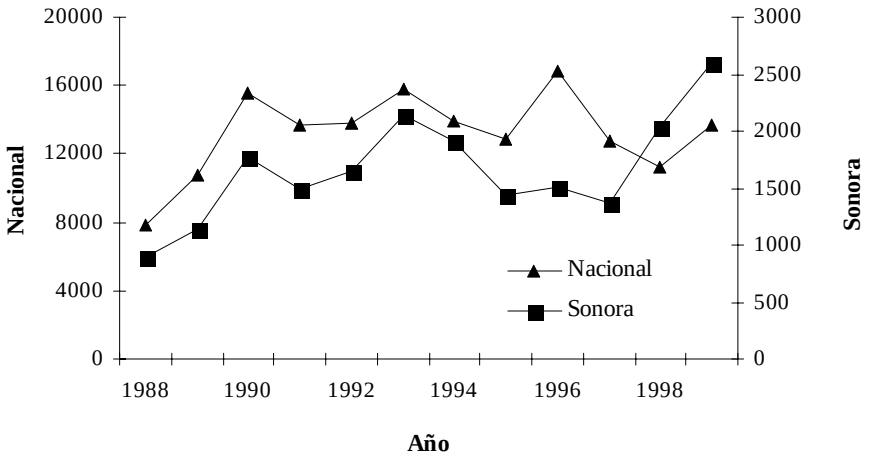


Fig. 4. Captura histórica de sierra (t, peso vivo).

El esfuerzo de pesca, medido como el número de pangas que registran sierra en las descargas de Sonora, se incrementó notablemente al final de la presente década (Fig. 5). Los datos oficiales indican que después de unos años en que el número de pangas "sierreras" se mantuvo alrededor de 800 de 1990 a 1994, en 1995 hubo una disminución drástica para luego incrementarse hasta casi 1,500 en los últimos años. Este incremento puede deberse a una combinación de la crisis económica aunada a la entrada masiva de pangas al Golfo de California originada por el auge de la pesquería de calamar de 1994 a 1997 en esa región (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

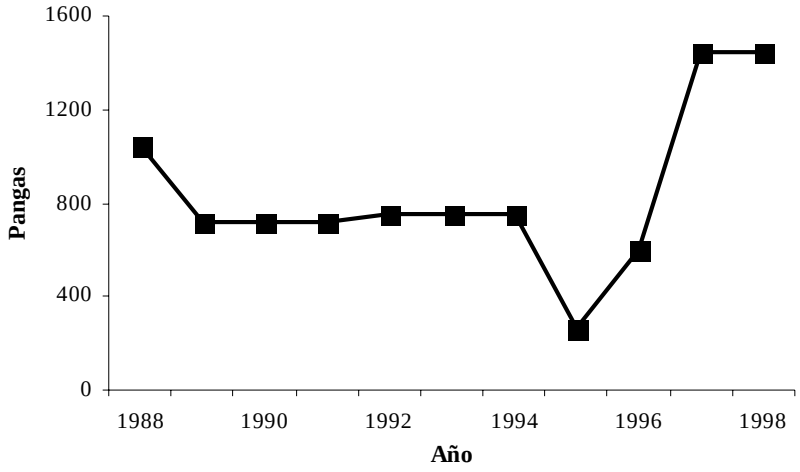


Fig. 5. Evolución del esfuerzo de pesca de sierra en Sonora.

El desarrollo de la pesquería de sierra no obedeció a política oficial alguna. Esta actividad es más bien resultado de la disponibilidad de recurso en una época del año, es decir, es un recurso de oportunidad y una pesquería complementaria. La calidad del producto, su demanda en el mercado, y la tendencia a la baja de las capturas por panga, así como, la contracción de la temporada de pesca ribereña de camarón son factores que estimulan el sostenimiento de esta pesquería.

▼*Pesca incidental*

Debido a sus hábitos gregarios y a la pesca dirigida, la faena de pesca de sierra presenta muy poca incidencia de otras especies. En la región del sur de Sonora en ocasiones se han registrado especies de pargo (*Hoplopagrus* y *Lutjanus*) y de curvina (*Atractoscion* y *Cynoscion*) que son capturados en los chinchorros sierreros.

▼*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería de sierra tiene una relación, no cuantificada, con otras pesquerías ribereñas por su carácter multiespecífico. Por ejemplo, en la pesquería de camarón en pangas es común la captura de sierra. En el caso de las pesquerías industriales, existe interacción entre la pesquería de sierra y la de sardina. Por un lado, se reportan quejas de pescadores ribereños debido a que en los meses de invierno algunos barcos sardineros que operan cerca de Guaymas encierran cardúmenes de sierra, afectando sus capturas. Por otro lado, al parecer debido a relaciones tróficas, la disminución de abundancia de sardina ha afectado negativamente la disponibilidad de sierra en Sonora.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Debido a que la presentación del producto es en fresco-entero, no se pueden identificar plantas procesadoras exclusivas para sierra. De 95 plantas procesadoras de mariscos en Sonora, 39 trabajan especies de escama. En Guaymas, donde se concentra la mayoría (85-90%) de las descargas de sierra de Sonora, sólo cuatro empresas almacenan sierra durante la temporada de pesca (octubre a mayo).

Las cuatro empresas que acopian sierra regularmente en Guaymas manejan en total un promedio de 1,000 t por temporada, aunque la cantidad varía de 10 a 500 t por empresa. Adicionalmente, existen algunas instalaciones (que no son plantas) en donde se almacena, entre otras especies de escama, sierra para su distribución y venta. Tal es el caso de las 15 pescaderías locales.

Se puede concluir que en Sonora no se cuenta con infraestructura desarrollada en exclusiva para la pesquería de sierra.

▼*Indicadores económicos*

Los principales destinos de la sierra como producto final son Guaymas, Hermosillo, Guadalajara y el D. F., además de una cantidad que regularmente es consumida en los lugares aledaños a Guaymas. Su presentación es en fresco entero, y en forma reciente en algunas pescaderías de Guaymas se vende ya “raspado” para ceviche.

La recepción de sierra es en playa, directamente de las pangas a cajas de plástico (“jabas”), y a la báscula del permisionario. Cuando hay mucha disponibilidad de producto, y será transportado fuera de Guaymas, se

deposita en tanques de fibra de vidrio de una tonelada de capacidad, con hielo molido. El producto es luego acomodado en capas con hielo molido en camiones tipo “torton” para el transporte a su destino final.

El valor económico de la sierra en el mercado es muy variable. Los precios de playa en 1997/98 fueron de 3 pesos/kg al inicio de la temporada, hasta 7 y 9 pesos/kg a partir del tiempo de cuaresma hasta el cierre de la temporada, mientras que en las pescaderías locales y regionales se cotizaba entre 15 y 25 pesos/kg. En la temporada 1998/99, los precios de playa fueron de 4 hasta 14 pesos/kg, y en las pescaderías locales, de 22 a 25 pesos/kg, mientras que el kg de sierra raspado para ceviche se ofreció en 30 pesos.

Los costos de producción de sierra se dividen en dos: directos (precio en playa) e indirectos. En una temporada promedio el precio de la sierra pagado en playa es de 5 pesos/kg.

Los costos indirectos por concepto de comercialización incluyen: mantenimiento antes del transporte (hielo, mano de obra y transporte), flete (incluido el hielo), y comisión del 10% sobre la venta a los encargados de bodega en los sitios de recepción y venta al público. Se estima que en la temporada 1998/99 se comercializaron de esa forma 1,200 t. Estos costos indirectos ascienden a 6.6 millones de pesos, ó 5.5 pesos/kg de producto total capturado. Por lo tanto, los costos totales (directos e indirectos) suman en total 10.5 pesos/kg.

Tomando estos costos como indicadores se puede hacer una estimación del valor económico de la pesquería. Los costos totales equivalen a 18.93 millones de pesos. Si el precio final de venta por kg promedia 12 pesos, el ingreso bruto aproximado sería de 21.64 millones de pesos, y utilidad global de 2.71 millones de pesos por temporada, lo que equivale a un rendimiento de 14.3%, que se puede considerar alto.

Se desconoce con precisión la estructura social de los pescadores que se dedican a la pesquería de sierra. Participan en esta actividad pescadores tanto libres como asociados en cooperativas. No todos los pescadores de una cooperativa se pueden identificar como sierreros; se estima que 4 ó 5% de los socios de una cooperativa pescan sierra. Por lo mismo no es posible identificar con precisión unidades de producción de sierra.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

No existe ninguna medida de manejo específica para esta pesquería en el Golfo de California. Es importante mencionar que *S. concolor* está considerada bajo amenaza en la lista roja de especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Hudson y Mace, 1996). El criterio para incluir a la especie en dicho listado fue exclusivamente la aparente contracción de su rango de distribución geográfica. Aunque originalmente se ubicó a *S. concolor* desde Monterey, California (E.U.) hasta Panamá, incluyendo el Golfo de California, se considera que ahora la pesquería mexicana explota al remanente de la población en el norte del Golfo de California (Fischer *et al.*, 1995).

Sin embargo, como ya se mencionó, en las dos temporadas recientes (1997/98 y 1998/99), se encontró que la mayor parte de la captura de sierra en la zona central y sur de Sonora la constituyó esa especie. Se desconoce si esto tiene relación con los cambios ambientales recientes (El Niño, La Niña). En consecuencia, es necesario continuar obteniendo información para aclarar la situación. Ya se han hecho los contactos iniciales con las autoridades de IUCN para tal efecto.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La *tabla 1* resume los valores de los parámetros poblacionales básicos, y aunque no todos se utilizaron en el análisis cuantitativo, se incluyen para referencia futura. Excepto k y t_0, todos son estimaciones realizadas en este trabajo y en trabajos previos por los mismos y otros autores, con datos derivados del muestreo durante las temporadas de pesca 1997/98 y 1998/99:

Tabla 1.- Parámetros poblacionales básicos de la sierra en el Golfo de California.

Parámetro	Definición	Valor
M	Tasa instantánea de mortalidad natural (1/año)	0.63
a	Coeficiente de la relación longitud-peso	0.0365
b	Exponente de la relación longitud-peso	2.629
L_∞	Longitud asintótica (cm, l.p.)	72
k	Coeficiente de crecimiento de von Bertalanffy (1/año)	0.36
t_0	Edad a la longitud 0 (años)	-0.023

Los datos utilizados en el análisis se muestran en la *tabla 2*. Los encabezados por columna son: f_t = esfuerzo de pesca (número de pangas por temporada), C_t = captura en número, F_t = tasa anual de mortalidad por pesca, Z_t = tasa de mortalidad total, N_t = tamaño poblacional, $CPUE_t$ = media de la captura anual por panga. Se trabajó con los datos de las temporadas para las cuales se dispone de datos derivados del muestreo de las descargas.

Tabla 2. Datos utilizados en el análisis.

Temporada	f_t	C_t	F_t	Z_t	N_t	$CPUE_t$
1978/79	210	2'292,237	0.16	0.79	14'553,889	10,915.4
1979/80	216	1'762,557	0.16	0.79	10'864,892	8,159.0
1993/94	326	2'619,586	0.25	0.88	10'714,051	8,035.5
1994/95	257	2'730,585	0.19	0.82	14'166,466	10,624.8
1995/96	241	2'179,699	0.18	0.81	12'059,195	9,044.4
1996/97	582	1'285,759	0.44	1.07	2'945,611	2,209.2
1997/98	1,465	1'876,997	1.10	1.73	1'708,303	1,281.2
1998/99	1,126	4'114,423	0.85	1.48	4'872,023	3,654.0

La tasa de mortalidad total para 1978/79 fue calculada asumiendo una tasa de explotación (F/Z) de 20% en esa temporada; de esta forma se obtuvo un estimado del coeficiente de capturabilidad q=0.00075, el cual se consideró constante en el tiempo. Con ese valor de q se estimaron las tasas anuales de mortalidad por pesca F_t (=q f_t). Con el valor de F de cada temporada se estimó el tamaño poblacional como (Hilborn y Walters, 1992):

$$N_t = C_t / F_t \quad \text{.....(1)}$$

▼ ***Modelo***

El análisis cuantitativo se basó en un proceso dinámico de abundancia basado en un modelo poblacional de crecimiento logístico que incluye cosecha (Hilborn y Mangel, 1997):

$$N_{t+1} = N_t + rN_t\left(\frac{1\text{-}N_t}{K}\right) - C_t \quad \text{.....(2)}$$

en donde r es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (1/números), y *K* es la capacidad de soporte del medio (números). Ambos parámetros fueron estimados como se describe enseguida. El resto de las variables son como se definieron anteriormente.

Para la estimación de los parámetros *r* y *K*, se ajustó el modelo a los datos de abundancia (tamaño virtual) de la población. Se realizó un ajuste no lineal con un criterio de mínimos cuadrados usando la función SOLVER de EXCEL con el algoritmo de Newton-Raphson (v.g., Press *et al.*, 1992).

Los supuestos del modelo son:

a) La tasa de mortalidad natural es invariante en el tiempo
b) la población de sierra es cerrada
c) *r* y *K* también son constantes
d) la estructura de las capturas es constante (peso promedio de 438 g por organismo)
e) el crecimiento poblacional es dependiente de la densidad (logístico).

Una vez que se ajustó el modelo a los datos, se hizo un análisis de riesgo, considerando incertidumbre en el coeficiente de capturabilidad q. Mediante un proceso de simulación de Monte Carlo, se estimaron 100 trayectorias estocásticas de la población por un período de 10 temporadas de pesca comenzando en la 1999/2000. La mínima probabilidad expresada aquí de que el stock disminuya abajo de 30% de K es 0.11, de forma que se representan 11 eventos negativos. A partir de la distribución de probabilidad binomial, este límite inferior equivale a un error estándar de 0.033, ó un coeficiente de variación de 30% (ver Harris *et al.*, 1987).

Para variar el coeficiente de capturabilidad, en cada paso del proceso se generó un número aleatorio con media igual a q (0.00075) y coeficiente de variación de 10%. Los números aleatorios fueron restringidos a valores positivos, de manera que su distribución resultante es normal truncada.

En las simulaciones, la captura por temporada se calculó a partir de la siguiente expresión derivada de la ecuación de captura de Baranov (Quinn y Deriso, 1999):

$$C_t = q_t f_t N_t \quad \text{..... (3)}$$

La ecuación del modelo estocástico completo es:

$$\mathbf{N_{t+1} = N_t + rN_t\left(1 - N_t/K\right) - q_t f_t N_t + e_t} \quad \text{..... (4)}$$

en donde e_t es un número aleatorio con media 0 y desviación estándar $\sigma_{qt} * f_t * N_t$.

En cada paso del proceso de las simulaciones, primero se estimó el tamaño poblacional y luego la captura esperada con ese tamaño y para un cierto nivel de esfuerzo (número de pangas), con un coeficiente de capturabilidad aleatorio.

▼ *Estado actual de la pesquería de Sierra*

Los valores de los parámetros para el mejor ajuste del modelo fueron r=2.5/año y K=8',000,000 de organismos. Con estos valores, el tamaño poblacional estimado en 1979/80 es de 664,339 organismos, y en 1998/99 de 1´798,866 organismos. Los valores respectivos "observados" fueron 687,237 y 1´626,254 organismos.

El análisis de la pesquería de sierra del Golfo de California indica que se encuentra en el límite desde el punto de vista biológico y esta en un nivel de aprovechamiento máximo. Tomando como referencia el tamaño máximo (k), bajo las condiciones actuales, el stock está por debajo del nivel óptimo, por lo que es recomendable reducir el esfuerzo en 50%, así como regular el acceso al recurso. Diversos autores coinciden en que para stocks de peces pelágicos gregarios el nivel recomendable de abundancia de adultos es de entre 20 y 30 % de K (v.g., Nevárez-Martínez *et al.*, 1999; Quinn y Deriso, 1999).

Esto nos lleva a concluir que la pesquería que nos ocupa está en un nivel de aprovechamiento máximo, con riesgo. Hay que considerar además que se trata de una especie para la cual existen indicios de que ha estado experimentando una contracción importante en su rango de distribución.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Con base en los resultados anteriormente expuestos, en los siguientes párrafos se analizan las perspectivas de esta pesquería bajo diversos escenarios en cuanto al esfuerzo, con el fin de derivar recomendaciones de manejo.

Debido al riesgo de colapso del stock y de la pesquería misma, el objeto de los análisis siguientes es identificar medidas de regulación adecuadas. Para ello se consideró el tamaño del esfuerzo pesquero que promueva el incremento en la biomasa remanente hasta 30% de K (Quinn y Deriso, 1999). Adicionalmente se analizó el efecto del tamaño del esfuerzo en la captura por panga, comparada con la captura por panga óptima, esto es, cuando el stock está en 30% de K.

En teoría el esfuerzo de pesca, en este caso el número de pangas que se dedican a la captura de sierra en Sonora, puede ser sujeto a regulación estricta. Esto implica el establecimiento de medidas de control y verificación en la asignación de permisos específicos para sierra, dentro de áreas geográficas definidas.

Se analizaron 13 escenarios en cuanto a incrementos ó decrementos porcentuales de pangas relativos al número actual (1,126), que se consideró como el 100%: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95, 100, y 105%. Los análisis indicaron que para reducir el riesgo de que el stock sea menor a 30% de K habría que disminuir el esfuerzo en 30% del actual (Fig. 6a).

Este escenario indica una probabilidad de 70% de que la captura por panga por temporada sea menor a la óptima, que es de 2.362 t (Fig. 6b). La captura promedio obtenida con esa reducción en el esfuerzo sería de 2.077 t/panga en el quinto año, y 1.992 en el décimo.

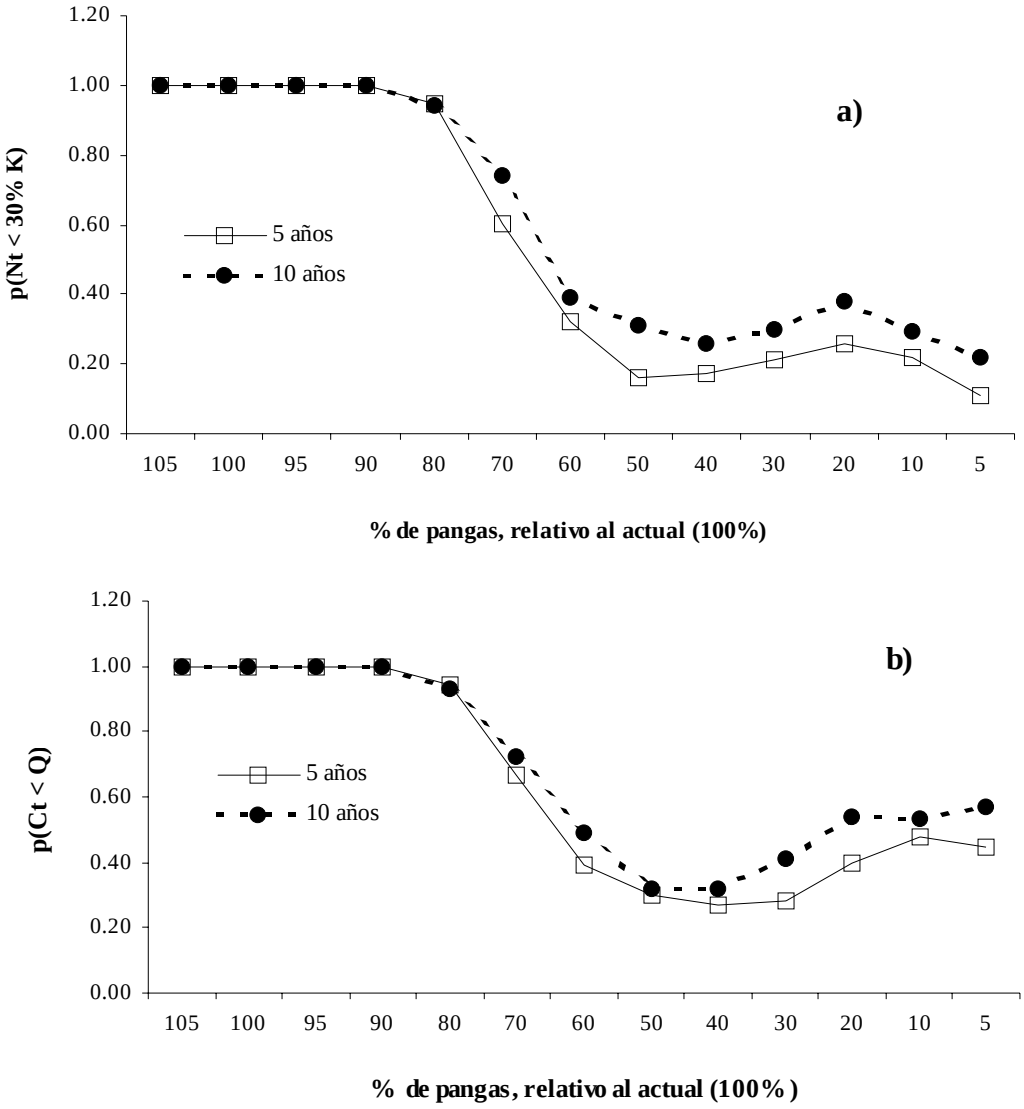


Fig. 6. Probabilidad de que el stock remanente (N_t) sea menor a 30% de K (a), y probabilidad de que la captura por temporada (C_t) sea menor a la captura óptima (Q) correspondiente a un stock de 30% de K (b).

La reducción del esfuerzo de pesca implica control sobre el número de pangas que tienen acceso a la pesquería. Un problema inherente es que sólo algunos permisos de pesca de escama especifican la especie ó especies objetivo. Por lo tanto, no es posible determinar con exactitud el número de pangas que en un momento dado se dedicarían a esta actividad.

Otro factor que habrá de ser considerado es el control del acceso a la pesquería. Una característica de las pesquerías artesanales es la dinámica del desplazamiento entre regiones por parte de los pescadores. En la temporada de sierra es común detectar la presencia de pescadores de diversas regiones (v.g., Nayarit y Sinaloa) en algunas áreas de pesca de sierra en Sonora.

Es necesario que en los permisos que se expiden se especifique la especie objetivo por embarcación, no por cooperativa. De esa forma se conocería cuántas pangas en realidad están capturando este recurso. Habrá que hacer valer lo estipulado en los permisos de pesca respecto al área de pesca por Estado. Por lo tanto, es necesario instrumentar un mecanismo de vigilancia sobre este asunto en particular.

Lo mencionado anteriormente deberá ser incluido en el diseño de instrumentos normativos, hoy inexistentes para este recurso. Un elemento importante para el manejo de esta pesquería es definir el estatus actual de *S. concolor.* En caso de confirmarse que se encuentra amenazada, será necesario tomar medidas más extremas.

Hay varios aspectos básicos que se desconocen sobre la biología y ecología, así como la pesquería misma de sierra en el Golfo de California. Es imperativo identificar con claridad las áreas y períodos reproductivos, su rango de distribución geográfica, longevidad, fecundidad, estructura de edad, e interacción posible con *S. sierra* en el Golfo. Se requiere precisar la dinámica de la pesquería y su importancia social y económica en la región. Por ejemplo, el número de pangas y de familias que dependen de esta pesquería y en qué grado, así como alternativas de empleo en caso de tomar una medida extrema de manejo.

Tomando como referencia el tamaño máximo (K), bajo las condiciones actuales, el stock está abajo del nivel óptimo, por lo que es recomendable reducir el esfuerzo en 30%, así como, regular el acceso al recurso. Los resultados indican que lo recomendable sería reducir el esfuerzo en 30% del actual, es decir, de aproximadamente 1,100 pangas a 770. Esta medida produciría una captura total de 1,600 t (2.08 t/panga) por temporada al quinto año. Para instrumentar esta medida se requiere controlar el acceso mediante: a) limitar el número de permisos, b) promover un acceso por región, c) asignar permisos por panga y por recurso, y d) ejercer una estricto control y vigilancia. Esto se facilitaría si se lleva a cabo un programa de vinculación comunitaria en el marco del Comité Estatal de Pesca, recién instalado en Sonora.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Actualmente existe apoyo de la Universidad de Sonora para, mediante análisis histológicos, definir las épocas de reproducción y fecundidad de la sierra. Investigadores del Instituto de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (IMADES) en el Golfo de Santa Clara, Son. y el Centro Intercultural de Desiertos y Océanos, A.C. (CEDO) en Puerto Peñasco apoyan en el monitoreo de esta pesquería.

Se cuenta además con la cooperación de un grupo de pescadores y permisionarios que constantemente proporcionan información y acceso a muestras de sierra. La investigación sobre esta pesquería pudiera favorecerse mediante un acuerdo para realizar monitoreo a bordo de las embarcaciones. De esta forma se precisarían aspectos como: estructura de tallas, caladeros, interacciones con otras pesquerías, esfuerzo efectivo de pesca y selectividad de las artes de pesca.

REFERENCIAS

Collette, B.B. & C.E. Nauen. 1983. FAO species catalog. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop. 125(2):1-1337.

Espino, E., M. Cruz & A. García. 1999. Biología pesquera de tres especies de la familia Scombridae en el litoral de Colima, México. *En:* M. Dailey & H. Bertsch (eds.). Mem. VIII Simposium Internacional de Biología Marina. Universidad Autónoma de Baja California; Ensenada, B.C. pp. 65-74.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. III. Vertebrados Parte 2.

Fitch, J.E. & A.O. Flechsig. 1949. A brief account of the Monterey Spanish mackerel (*Scomberomorus concolor*). Cal. Fish and Game 20(4):275-280.

Harris, R.B., L.A. Maguire & M.L. Shaffer. 1987. Sample sizes for minimum viable population estimates. Conservation Biology 1(1):72-76.

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojórquez, M.A. Cisneros-Mata, M.O. Nevárez-Martínez & G.I. Rivera-Parra. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, México. CalCOFI Reports 39: 212-218.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. Monographs in Population Biology 28. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York.

Hudson, E. & G. Mace. 1996. Marine fish and the IUCN red list of threatened animals. Report of the workshop held in collaboration with WWF and IUCN at the Zoological Society of London from April 29th -May 1st, 1996. Institute of Zoology, Zoological Society of London. Regent´s Park. London, UK.

Lizárraga-Rodríguez, H.M. 1984. Contribución al conocimiento de la pesquería de sierra, *Scomberomorus sierra* (Jordan & Starks, 1895) en la costa del estado de Nayarit. Tesis Profesional. Esc. Ciencias del Mar. UAS. Mazatlán, Sin., México.

Montemayor-López, G. & M.A. Cisneros-Mata. 1999. Varamiento de eufáusidos, *Nyctiphanes simplex*, en el Golfo de California (Bahía de Guaymas, Sonora), en la primavera de 1998. Res. VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, Son. 25 al 28 de mayo de 1999.

Montemayor-López, G., M.A. Cisneros-Mata, A. Morga-López, R. Castro-Longoria & R. Molina-Ocampo. 1999. Investigación para el manejo pesquero del recurso “sierra” en el área central de la costa de Sonora. Res. VII Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés. Hermosillo, Son. 25 al 28 de mayo de 1999.

Nevárez-Martínez, M.O., E.A. Chávez, M.A. Cisneros-Mata & D. Lluch-Belda. 1999. Modeling of the Pacific sardine, *Sardinops caeruleus*, fishery of the Gulf of California. Fish. Res. 41:273-283.

Pauly, D. 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer 39: 175-192.

Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates, *En:* Pauly D. & G.R. Morgan. (eds.) Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conference Proceedings 13:1-468.

Press, W.H., S.A. Teukolsky, W.T. Vetterling & B.T. Flannery. Numerical recipes in FORTRAN. The art of scientific computing. 2nd ed. Cambridge University Press. New York.

Quinn II, T.J. & R.B. Deriso. 1999. Quantitative fish dynamics. Oxford University Press. New York.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191:1-382.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, México.

machete

Lisa macho

liseta

Pacífico

lisa macho

lisa

churra

lisa

machete

macho

cabezona

cabezona

lisa

lisa

lisa

lisa

liseta

liseta

monito

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE LISA DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Lisa (*Mugil cephalus*) y lebrancha o liseta (*M. curema*).

- Es un recurso objeto de cultivo e importante para países en desarrollo por la calidad de su carne.
- Se han mantenido históricamente valores altos de producción..
- Ocupa el tercer lugar de la producción nacional de la pesca ribereña de escama.
- El litoral Pacífico aporta el 34% de la producción nacional de lisa y solo el 2% de lebrancha.
- El comercio de la hueva y otros subproductos se realizan localmente y para exportación.
- Se captura con red de enmalle (agallera); es una pesquería multiespecífica.
- No existen registros de capturas por especie ya que en los permisos se incluye a la escama en general.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 9,809 t, el 68% del máximo histórico (1981).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Rendimiento por reduta de Beverton y Holt (1957) modificado por Pauly y Soriano (1986).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Deterioro.

MEDIDAS DE MANEJO

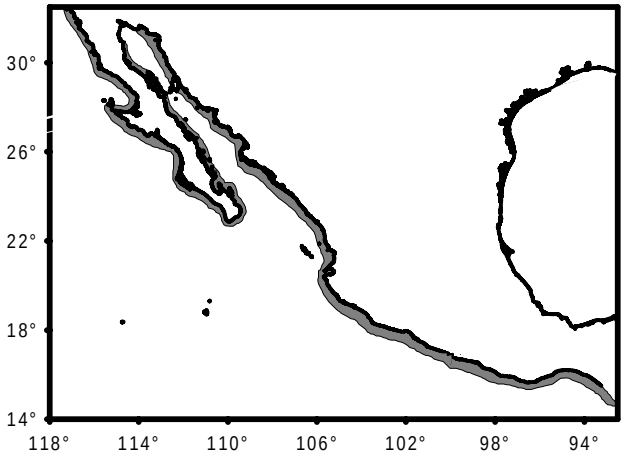
- Talla mínima de 30 cm de longitud total, luz de malla de 3.5 pulgadas como mínimo, veda: lisa del 1° de diciembre al 31 de enero en la Zona A y del 1° de noviembre al 31 de diciembre en la Zona B; lebrancha del 1° de abril al 30 de junio Zona A y del 15 de mayo al 15 de julio Zona B (NOM-016-PESC-1994). No incrementar el esfuerzo. Se sugiere elevar la talla mínima de primera captura a 40 cm

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Mantener las capturas anuales en 700 t en Sinaloa, 500 t en Nayarit, 200 t en Sonora, 100 t en Colima, 20 t en Michoacán y Jalisco, 20 t en Guerrero y Chiapas y 50 t en Oaxaca..

LISA DEL PACÍFICO

Mugil cephalus
M. curema



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La pesquería de lisa se realiza en las aguas costeras, tropicales y templadas del mundo. Posee una importancia considerable en el Sureste de Asia, India, Mediterráneo, Europa Oriental, México y regiones de Centro y Sudamérica (Nash y Shehadeh, 1980). Debido a la calidad nutritiva de su carne constituye un recurso clave para los países en desarrollo, ya que su valor protéico es de consumo inmediato en las poblaciones locales, por lo que actualmente es objeto de cultivo en algunos países, principalmente en Israel, Taiwan y en la región Indopacífica (Bardach *et al.*, 1986).

En México, la pesquería de lisa está soportada por dos especies: *Mugil cephalus* y *M. curema*. Ambas presentan características morfológicas semejantes, habitan ecosistemas comunes y sus hábitos alimenticios y de reproducción son similares (Vasconcelos *et al*., 1996). Estas especies habitan en la zona costera con fondos de tipo arenoso y areno-lodoso donde forman cardúmenes y realizan desplazamientos periódicos entre el mar y las lagunas costeras, estuarios y aguas continentales; Castro *et al.* (1999) relacionan la invasión de estos peces a los ambientes mixohalinos, con cambios neurohormonales y ecofisiológicos, resaltando su desarrollada capacidad osmorreguladora, lo cual les facilita dicha incursión y explica su notable abundancia en estos ambientes. La tendencia a permanecer gran parte de su ciclo de vida dentro de los sistemas lagunares estuarinos y aguas protegidas hace que esta pesquería sea accesible a las comunidades ribereñas.

En el litoral del Pacífico, las estadísticas de producción registran las capturas de M. cephalus como lisa, lisa macho y cabezona o cabezuda, lisa rayada, churra y monito y a M. curema como lebrancha, liseta, lisa blanca y lisa plateada

En el litoral del Pacífico, las estadísticas de producción registran a *M. cephalus* con los nombres comunes de lisa, lisa macho y cabezona o cabezuda, lisa rayada, churra y monito y a *M. curema* como lebrancha, liseta, lisa blanca y lisa plateada. La importancia de la pesquería de lisa radica en que ha mantenido históricamente valores altos de producción. Desde su inicio en los años sesenta, la pesca se dirige al recurso, hasta alcanzar en la década de los años ochenta cifras por arriba de las 10,000 t anuales; a nivel nacional sólo unas cuantas especies de escama superan dicho volumen. En los últimos cinco años el promedio de la captura ha disminuido progresivamente por debajo de 9,000 t.

El litoral del Pacífico aporta el 34% de la producción nacional de lisa y tan sólo el 2% de lebrancha. A nivel nacional, el 48% de lisa proviene de Sinaloa, el 15% de Nayarit, el 15% de Baja California Sur, el 4% de Sonora y el 4% de Guerrero; el 14% restante corresponde a los otros seis Estados del Pacífico. De lebrancha, el 82% de la captura nacional proviene de Chiapas, y sólo otros cuatro Estados,

Jalisco, Oaxaca, Colima y Baja California, capturan en total 27 t (18%) (SEMARNAP, 1999).

De las pesca ribereña de escama, la lisa ocupa actualmente el tercer lugar en producción nacional, con una captura de 8,925 t anuales

De la pesca ribereña de escama, la lisa ocupa actualmente el tercer lugar nacional con una captura de 8,925 t anuales. En el Pacífico, Sinaloa es el primer productor con 1,657 t, seguido de Nayarit con 535 t (SEMARNAP, 1999) donde esta actividad tiene un importante valor social y económico, como generadora de alimentos y empleos, porque se destina para abasto popular y carnada.

La captura de la especie en Sinaloa, se ha venido realizando con intensidad desde 1958, cuando se obtuvieron 165 t; sin embargo, para el año siguiente hubo una disminución a 83 t (SIC, 1971). El comercio de la "hueva" (gónada femenina) y otros subproductos se realizan localmente, pero también son producto de exportación hacía países asiáticos, constituyendo importantes beneficios para la población humana ribereña.

BIOLOGÍA

Durante el período de reproducción, conocido como corrida reproductora, las lisas se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove

Durante el período de reproducción (comúnmente conocido como corrida reproductora), las lisas se congregan en cardúmenes para emigrar a la zona pelágica costera a realizar el desove (García, 1982a). Las larvas y juveniles empiezan la migración de las aguas marinas hacia áreas protegidas en donde se llevará a cabo el desarrollo hasta la fase adulta (García, 1982b citado por Polanco *et al.*, 1987). Ambas especies son eurihalinas y euritermas, encontrándose especímenes de *M. cephalus* en intervalos de 4.5 a 37° C de temperatura, valores entre 0 y 8 ppm de salinidad, mientras que *M. curema* en intervalos de 10 a 36° C y de 0 a 55 ppm (Polanco *et al*., 1987).

Las lisas desovan en aguas marinas en profundidades de las 20 a las 75 brazas, los huevos son pelágicos, y las postlarvas emigran a la zona costera y penetran a las bahías y lagunas costeras, que funcionan como áreas de alimentación y protección de sus depredadores; pueden incluso invadir aguas dulces. Al año alcanzan longitudes de 19 cm y para el segundo año de vida son reclutados a la pesquería individuos de 27 cm de longitud total (Lt) (Futch, 1966).

La especie tiene sexos separados, sin dimorfismo sexual, y su fecundación es externa. Moe (1966) observó hermafroditismo en el ovotestis, señalando que el fenómeno podría ser común, pero que hay pocos reportes. En las lagunas costeras de Sinaloa algunos ejemplares de 26 cm (Lt) poseen gónadas maduras, no obstante la talla del 50% de primera madurez es de 38 cm (Lt) (Briones-Avila, 1994). Cuando la madurez es alcanzada, de octubre a febrero con mayor intensidad en diciembre y enero, emigran nuevamente hacía las aguas marinas (Briones-Avila, 1990). La fecundidad ha sido determinada por varios autores; (Thomson, 1963) encontró un intervalo de 1,275,000 a 2,781,000 óvulos; Solís (1966) encontró de 1,341,000 a 2,919,000 óvulos en ejemplares de 38 y 44.5 cm (Lp), respectivamente, y un promedio de 1,820,000.

La proporción de sexos puede variar en las lagunas costeras de acuerdo a la época del año, pero a escala poblacional tiende a ser 1:1 para hembras y machos.

En el sistema lagunar de Agua Brava, Nayarit, se encontró que el período de maduración presenta un máximo en diciembre y enero. La longitud mínima de los ejemplares en la captura es de 25 cm, y la talla de primera madurez es de 38 cm. La estimación del factor de condición presentó los valores más altos durante el verano y el patrón de reclutamiento registra dos pulsos de incorporación de reclutas a la pesquería, uno durante el invierno y otro durante la primavera (Briones-Avila, 1990).

La longevidad de la especie en aguas del Golfo de México, ha sido reportada por Ibañez-Aguirre y Gallardo-Cabello (1996) quienes, mediante lectura de otolitos encuentran cinco grupos de edad, en donde el quinto

grupo corresponde a seis años. Con escamas se encuentran siete grupos de edad en donde el séptimo correspondería al octavo año. Briones-Avila (1998) encontró seis grupos de edad mediante análisis de frecuencia de longitudes, para la costa de Nayarit; otros autores en diferentes regiones geográficas han registrado edades desde tres a trece años (Thomson, 1963).

La edad y el crecimiento han sido estudiados por diversos autores, utilizando estructuras duras y frecuencia de tallas. Los valores de L_{∞} varían de 36.5 cm (Romero y Castro, 1983) a 61.8 cm (Briones-Avila, 1998). Los valores de K anuales van de 0.099 (Ibañez-Aguirre y Gallardo-Cabello, 1996) a 0.360 (Briones-Avila, 1992).

La relación peso/longitud ha sido estimada utilizando la siguiente relación potencial:

$$PT = a\ LT^{b}$$

donde:

PT = Peso total en gramos
LT = Longitud total en cm.

La ecuación obtenida utilizando pesos y tallas de 923 ejemplares en muestreos realizados en la laguna de Agua Brava, Nayarit de 1992 a 1994, es la presentada en la *figura 1,* (Briones-Avila, 1998).

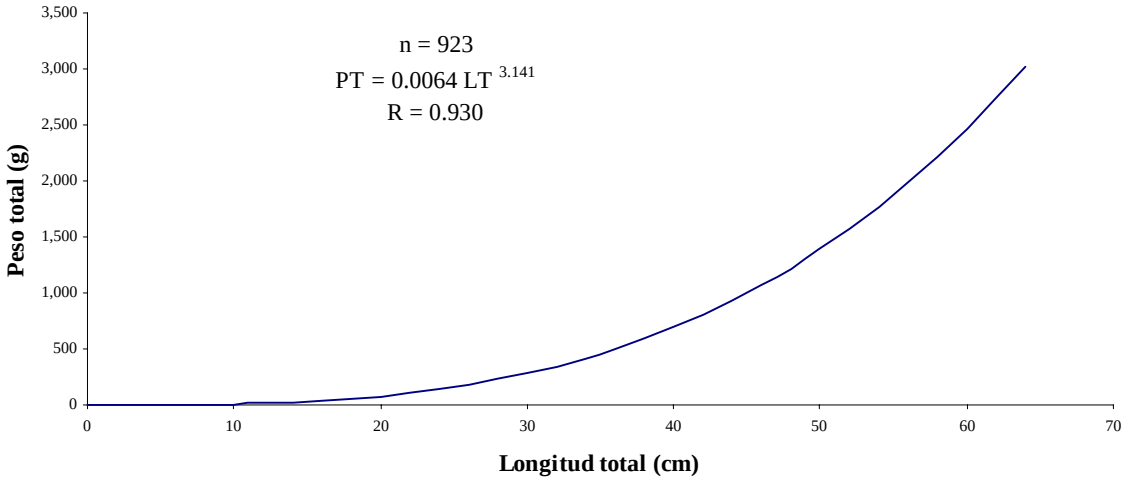


Fig. 1. Relación peso total (g)-longitud total (cm) de lisa en Agua Brava , Nayarit.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

El arte de pesca es una red de enmalle "agallera" para la especie, por lo que la lisa representa regularmente el 90% de la captura en las zonas de pesca que son las bahías, lagunas costeras y aguas estuarinas. También se la captura en la plataforma continental pero en mucho menor proporción.

Las capturas más altas de este recurso pesquero se realizan en los siguientes sistemas: Sonora, en Bahía Yavaros; Sinaloa, en el sistema lagunar Huizache–Caimanero-Teacapán, en Ensenada del Pabellón, en

bahía Santa María La Reforma, en Bahía Ohuira y Huitusi–El Coloradito; Nayarit, en el sistema lagunar Agua Brava, en el estero San Cristóbal, en el sistema Pozo Rey y Bahía Matanchén; Jalisco, en Bahía de Banderas, en Melaque y Barra de Navidad; Colima en la laguna de Cuyutlán; Michoacán, en la desembocadura del río Balsas y Playa de Colola; Guerrero en la Bahía de Zihuatanejo, lagunas de Papanoa, Coyuca, San Marcos y Chautengo; Oaxaca en laguna Pastoría, lagunas Inferior, Oriental, Occidental y Mar Muerto y Chiapas, en Arriaga, Paredón y en Tonalá.

El arte de pesca es una red de enmalle "agallera" selectiva para la especie, por lo que la lisa representa regularmente el 90% de la captura

El sector productivo está organizado en sociedades cooperativas de producción pesquera y el sector privado está representado por los permisionarios, que avituallan a socios de cooperativas o a pescadores libres. En Sinaloa y Nayarit la flota artesanal está formada por embarcaciones menores dedicadas a la escama, que captura alternativamente según su temporada diversas especies de peces como los robalos, curvinas y otras. La lisa es capturada durante todo el año con excepción del período establecido para su veda. (Vasconcelos *et al.*, 1996).

Las embarcaciones menores que capturan lisa miden de 5.5 a 9 m de eslora por uno de manga, tienen capacidad de carga de una a dos t, utilizan motores fuera de borda de potencia variable (de 15 a 48 caballos de fuerza (C F)). El arte de pesca consta de una red de enmalle ó agallera de 120 a 300 m de largo, con altura de 5 m y tamaño de malla de 3.5 pulgadas. El material de construcción es nylon monofilamento color blanco, verde o azul del número 0.55. Los cabos son de propileno de 8 a 6 mm de diámetro. Las boyas son de poliuretano número C4 y C5; los plomos son de 50 a 100 gr cada uno.

Para la maniobra de captura se requieren como mínimo dos pescadores, quienes en la zona de pesca localizan el cardumen, en una operación de cerco rodean al cardumen con la red. Posteriormente apalean el agua y golpean la lancha haciendo ruido para que los peces se espanten y al intentar huir se enmallen. En la recuperación se procede a desenmallar el pescado, al tiempo que se recoge la red por la relinga de flotación y por la de los plomos. La captura se deposita en un espacio de la embarcación utilizado temporalmente como bodega; esta operación se repite hasta llenar dicha bodega. La duración de la jornada es de ocho a doce horas.

Para la maniobra de captura participan al menos dos pescadores, que lanzan sobre el cardúmen la red en una operación de cerco. Posteriormente apalean el agua haciendo ruido para que los peces se espanten y al intentar huir se enmallen

En este mismo tipo de embarcaciones se utiliza para la captura de lisa, la denominada atarraya lisera, con un tamaño de malla de 2.5 a 3 pulgadas. Las características de este arte de pesca y su manejo son descritas por Vasconcelos *et al.,* (1996). Otro método de captura, utilizado incidentalmente es el que se realiza en el sur de Sinaloa y Norte de Nayarit, donde se construyen los "tapos" para la captura de camarón; en estas estructuras las lisas son capturadas con redes de cuchara.

La capacidad de la embarcación, en el espacio habilitado como bodega es de 500 Kg. El producto al llegar al embarcadero del campo pesquero es depositado en cuartos fríos, o en camionetas con sistemas de refrigeración acondicionadas mediante hielo en escama.

▼*Tendencias históricas*

La historia de la pesquería nacional de lisa ha presentado varias etapas. Entre 1959 y 1965 la captura anual se mantuvo en el orden de 1,500 t; durante el período 1966 a 1979, se registró un crecimiento sostenido aunque a una tasa de crecimiento baja, pasando de 3,200 t en 1966 a 7,100 t en 1979. De 7,100 t en 1979 se alcanzaron las 14,500 t en 1981, lo cual representó que en tan sólo dos años se duplicara la producción. Sin embargo, en los años 1982- 1985 se registró una disminución en la captura manteniéndose en un promedio de 11,000 t. De 1986 a 1997, la producción se ha sostenido alrededor de las 10,500 t, pero en 1998 y 1999, disminuyó a las 9,000 t.

Para el estado de Sinaloa se cuenta con una serie histórica de captura que desde 1976 a 1999. No existen datos de esfuerzo pesquero, debido a que no existen reportes de producción por embarcación en la oficina de pesca, ya que los permisos para la captura de la especie incluyen escama en general. Para el sistema estuarino de Agua Brava, Nayarit se dispone de la producción desde 1989 a 1997.

En la *figura 2* se presenta la captura de lisa para Sinaloa, durante el período 1976-1998. Se puede observar la etapa de expansión de la pesquería, de 1976 hasta 1987 con 2,700 t en promedio, con un máximo en 1981 de alrededor de las 4,500 t; en este periodo disminuyó la captura alrededor del 50% en 1983 y 1984; en los cuatro años siguientes se recuperó sin alcanzar el máximo. En 1988 sufrió una drástica caída y a partir de ese año hasta 1998 se mantiene con una media de 1,066 t.

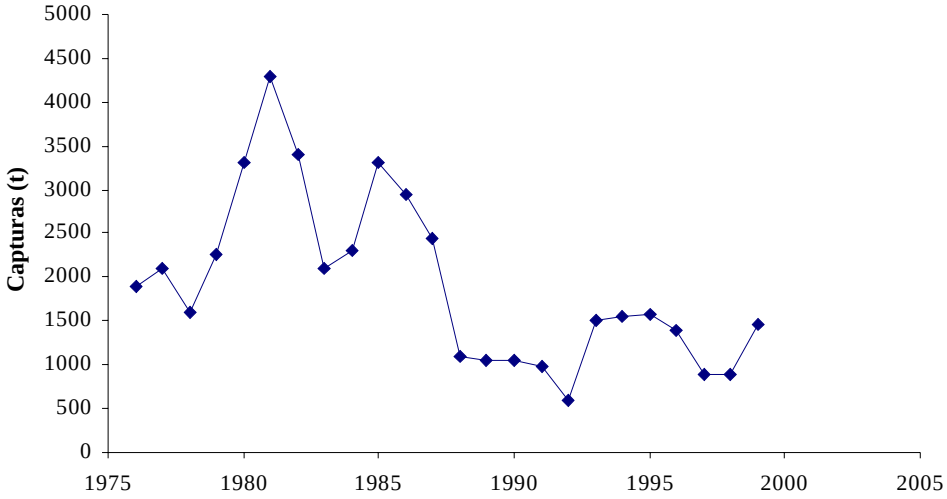


Fig. 2. Captura de lisa en Sinaloa, 1976-1999. Fuente: Delegación Federal de Sinaloa.

En la *figura 3* se presenta la producción de lisa en la laguna costera de Agua Brava, Nayarit. La seríe indica una caída en los volúmenes de captura del recurso despues de una etapa de crecimiento de 1989 a 1997, con una media de captura anual de 85 t y un máximo de 120 t en 1991. Para 1994 hay una fuerte caída y a partir de ese año la producción ha sido muy baja, con una captura media de 24 t.

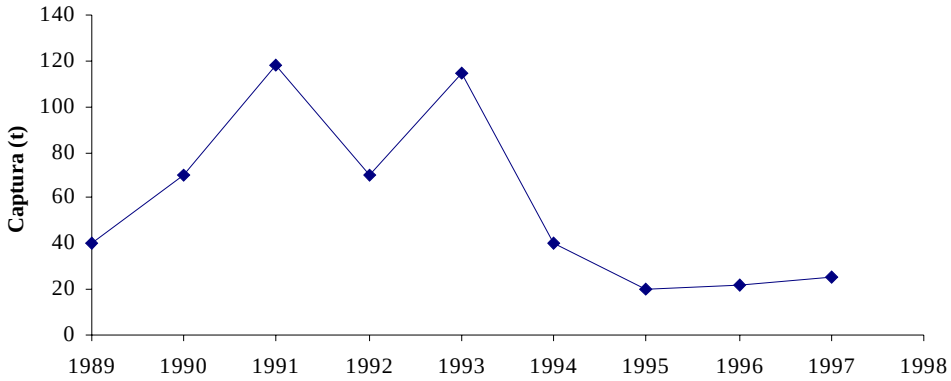


Fig. 3. Captura de lisa en Agua Brava, Nayarit, 1989 - 1997. Fuente: Delegación Federal Nayarit.

▼*Pesca incidental*

La red de enmalle ó agallera utilizada para la captura de lisa es altamente selectiva, debido a que los lances son efectuados precisamente sobre los cardúmenes de la especie. La selectividad varía dependiendo de la abundancia del recurso y la habilidad de los pescadores (rapidez de la maniobra, dado que las lisas escapan saltando por encima de la red). Es común que la captura venga acompañada de otras especies comerciales en una proporción de 9:1: curvinas (*Cynoscion xanthulus, C. othonopterus, C. reticulatus*), mojarras (*Gerres cinereus, Eugerres axillaris, Diapterus peruvianus*), chiuiles (*Arius seemani*, *Ariopsis coerulescens*, *Ariopsis platypogon*, *Bagre panamensis, B. pinnimaculatus*) y constantino (*Centropomus robalito y C. nigrescens*). Se estima que existen cuando menos 32 especies asociadas al hábitat de la lisa y lisa blanca ó lebrancha (SEMARNAP, 2000).

▼*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería de lisa es multiespecífica en aguas protegidas y zona costera adyacente. Debido a que los pescadores se dirigen en temporada a la búsqueda de cardúmenes de lisa y liseta como especies objetivo, las especies asociadas representan capturas bajas. En los sistemas lagunares-estuarinos de Sinaloa y Nayarit, la pesca de la liseta *Mugil curema* con red de enmalle de 2.75 pulgadas, viene acompañada de las especies chihuil (*Ariopsis platypogon* y *A. caerulescens*), constantino (*Centropomus robalito*) y mojarra (*Diapterus peruvianus*, *Gerres cinereus* y *Eugerres brevimanus*).

En la zona costera, la pesca de lisa con redes de enmalle de 3.5 pulgadas, implica la captura en proporciones variables según la temporada, de sierra (*Scomberomorus sierra* y *S. concolor*), barrilete (*Euthynnus linneatus*), corvina (*Cynoscion* spp, *Atractoscion nobilis*), paleta (*Centropomus medius*) y chile (*Synodus scituliceps*). En esteros y marismas del sur de Sinaloa, la lisa macho (*Mugil cephalus*) se enmalla junto con la corvina (*Cynoscion reticulatus*), el burro (*Orthopristis reddingi*) y la mojarra.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

La pesquería de la lisa ligada al desarrollo de la pesca ribereña, ha contribuido al desarrollo regional de los estados de Sinaloa y Nayarit, con el establecimiento de algunos pueblos. Alrededor de ellos se ha generado una red de caminos, bodegas refrigeradas para la conservación del producto, muelles de atraque para la embarcaciones menores, y actividades conexas que proporcionan empleos en el procesamiento de productos pesqueros, en su comercialización, fabricación, reparación de motores y artes de pesca, estimándose que en promedio existe un centro de desembarque de productos pesqueros cada 13 km en las costas del país (Lobato-González, 1998).

El destino de la producción de lisa es para consumo humano. Los principales centros de abasto están en ciudades como Guadalajara y México, D. F. y una menor proporción se destina al comercio de la periferia de las áreas de captura y al autoconsumo.

▼*Indicadores económicos*

En Sinaloa, la flota escamera ribereña ejerce un poder de pesca mediante 1862 embarcaciones menores, que capturan el 1.6% del volumen de lisa dentro de la captura de 19 especies comerciales de escama (SEMARNAP, 1999). En Nayarit, solamente en el sistema estuarino de Teacapán-Agua Brava operan 250 embarcaciones menores, representando en los últimos cinco años un promedio anual de 46 t de lisa

(SEMARNAP, 1998). La actividad pesquera contribuye en Sinaloa y norte de Nayarit al desarrollo regional, proporcionando empleo a 16,000 personas provenientes de núcleos generalmente marginados.

El precio de la lisa que se paga al pescador está sujeto a la oferta y la demanda. Actualmente en Sinaloa el kilogramo de lisa el intermediario paga al pescador a $7.00, y en promedio se comercializa en los supermercados a $15.00 en presentación entera y en filete a $35.00 el kilogramo.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La norma oficial mexicana que regula la pesca de lisa y liseta o lebrancha en aguas de jurisdicción federal del Océano Pacífico, incluyendo el Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe, es la NOM-016-PESC-1994, decretada en el Diario Oficial de la Federación el 24 de abril de 1995.

Esta norma define una talla mínima de captura de 30 cm Lt, así como un tamaño de malla de 3.5 pulgadas como mínimo. El cuadro oficial de vedas indica una suspensión de las capturas del 1° de diciembre al 31 de enero, en Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Zona A) y del 1° de noviembre al 31 de diciembre en Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Zona B).

En las lagunas costeras del centro y norte del estado de Sinaloa existen acuerdos locales entre las sociedades cooperativas de producción pesquera de capturar la especie solamente con atarrayas liseras con luz de malla de 2.5 pulgadas como mínimo.

Con relación a la liseta o lebrancha se establece el periodo de veda del 1° de abril al 30 de junio en la Zona A y del 15 de mayo al 15 de julio para la zona B (D. O. F. 16/03/1994)

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La pesquería de la lisa, a pesar de la importancia que reviste, es una de las menos estudiadas en el país, como ocurre con la mayoría de las especies ribereñas de escama. En el ámbito internacional hay una extensa literatura, que comprende desde las determinaciones de los parámetros poblacionales y su aplicación en la dinámica de las poblaciones, hasta el dominio de las técnicas acuaculturales para su cultivo.

Existen determinaciones sobre la edad y el crecimiento mediante métodos directos e indirectos (Tabla 1). Las estimaciones de la mortalidad natural (M) comprenden de 0.106 a 0.706, los valores de mortalidad por pesca van de 0.164 a 0.846 (Briones-Avila, 1998).

La *tabla 2* muestra las longitudes de reclutamiento (L_r), primera captura (L_{50}) y media (L_m) estimadas para las pesquerías de Sinaloa y Nayarit.

▼ *Modelo*

Se utilizó el modelo de rendimiento relativo por recluta de Beverton y Holt (1957) modificado por Pauly y Soriano (1986) (citado por Gayanilo *et al.,* 1989) cuya ecuación esta basada en las longitudes infinita (L_∞) y

Tabla 1. Valores de la longitud promedio asintótica ($L\infty$), tasa de crecimiento (k), longitud a la edad cero (t_0), obtenidos para *Mugil cephalus* por distintos autores, en diferentes áreas. LT= longitud total, LF= longitud furcal, LP= longitud patrón.

Localidad	L_∞ (cm)	k (/año)	t_0 (años)	Autor
Estero el Sábalo, Mazatlán, Sinaloa	42.7	0.345	-0.188	Rodríguez *et al.* (1986)
Esteros de Sinaloa	61.0 (LT)	0.360	-0.050	Briones-Avila (1992)
Laguna de San Andrés, Tamaulipas	58.8 (LF)	0.194	-0.212	Díaz-Pardo y Hernández-Vázquez (1980)
Laguna de Tamiahua, Veracruz	51.0	0.343	-0.114	Márquez (1974)
Bahía de Yavaros, Sonora	47.8 (LF)	0.220		Valenzuela-Maldonado (1988)
Laguna Madre, Tamaulipas	57.2 (LP)	0.189		Marrufo (1992)
Mar Muerto, Chiapas	36.5	0.207		Romero y Castro (1983)
Laguna de Tamiahua, Veracruz	48.2	0.254		Díaz-Ramos (1992)
Laguna de Tamiahua, Veracruz	64.2 (LT)	0.099	-2.849	Ibáñez y Gallardo. (1996)
Laguna de Agua Brava, Nayarit	61.8 (LT)	0.320	-0.050	Briones (1998)

Tabla 2. Valores de la longitudes de reclutamiento, de primera captura y media en las lagunas costeras de Sinaloa y Nayarit.

Longitud (cm)	Sinaloa	Nayarit
L_r	30	38.7
L_{50}	30.6	40.7
L_m	36	43

de primera captura (L_c) longitud de primera captura, en la fracción de crecimiento, después de ingresar a la fase de explotación. La ecuación es la siguiente:

$$(Y/R) = EU^m \left[1 - 3U/1 + m + 3U^2/1 + 2m - 3U^3/1 + 3m\right] \quad \text{.....(1)}$$

donde:

E = F/Z, es la tasa de explotación
m = 1-*E/(M/K)*
U = fracción de crecimiento, después de ingresar a la fase de explotación.

Los resultados expresan el rendimiento relativo por recluta a diferentes valores de E, considerados como puntos de referencia. E_{max} corresponde al valor de E en el rendimiento máximo por recluta. $E_{0.1}$ corresponde al valor de E que produce una pendiente de la curva de rendimiento de un décimo de aquella a valores muy

bajos de E y se considera como un valor conservador y precautorio. Este valor corresponde a un criterio bioeconómico a partir del cual se obtienen rendimientos marginales menores al 10%. Se encuentra cercano al punto donde la mayoría de los administradores de pesquerías considerarían que adicionar un incremento en la mortalidad por pesca no tendría un mayor beneficio económico. $E_{0.5}$ es la tasa media de explotación en la que se aprovecha la máxima robustez biológica. A partir de ésta aumenta el rendimiento por recluta pero el aumento es menor por unidad de esfuerzo; con esta tasa de explotación se estaría obteniendo un valor de rendimiento por recluta óptimo por cada unidad de esfuerzo invertido.

Los supuestos subyacentes en el enfoque del modelo de Beverton y Holt (1957) son los siguientes:

1.- Se describe el estado del stock y del reclutamiento, considerando que las características de la pesca han sido las mismas por un largo período de tiempo, por lo cual los peces sobrevivientes han estado expuestos al mismo régimen de pesca, desde su reclutamiento.
2.- El reclutamiento es constante, pero no especificado.
3.- Todos los peces de una misma cohorte son capturados en la misma fecha.
4.- La mortalidad por pesca y natural son constantes, desde el momento de entrada a la fase de explotación.
5.- Existe una mezcla completa de los grupos de edad, dentro del stock.

También se realizó un análisis de huevos por recluta, basado en estimaciones de mortalidad total, natural y por pesca en Sinaloa y la relación fecundidad longitud.

La mortalidad total se estimó usando la ecuación de Hoenig (Pauly, 1984). Esta ecuación permite estimar la mortalidad total, utilizando la edad máxima obtenida en los muestreos, siempre y cuando se tenga confianza que ésta es cercana a la de la población. Una de las formas de esta ecuación es:

$$Z = 1/(C1(t_{max} - tc)) \quad \text{.....(2)}$$

donde:

C1 = Constante obtenida de tablas mostradas en Pauly (1984).
Tc = Edad media a la primera captura

La ventaja de usar esta ecuación es que se puede obtener el error estándar de la estimación con la fórmula:

$$se(Z) = (C2 * Z2)^{1/2} \quad \text{.....(3)}$$

donde:

C2 = Constante obtenida de tablas mostradas en Pauly (1984).
C1 y *C2* dependen del número de organismos en la muestra.

La mortalidad natural se estimó usando la ecuación empírica de Pauly (1984):

$$\log M = -0.066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.653 \log k + 0.463 \log T \quad \text{.....(4)}$$

donde:

T = Temperatura media anual
L_{∞} y *k* = Parámetros de la ecuación de von Bertalanffy

El error estándar de la estimación se obtiene de la distribución de residuales mostrada por Pauly (1984). La mortalidad por pesca se obtiene por la diferencia de la mortalidad total con la natural, expresada con la siguiente ecuación:

$$F = Z - M \qquad \text{.....(5)}$$

Generando valores aleatorios de la mortalidad natural y total, con distribución normal dada por la media y el error estandar de las estimaciones, se generó la distribución de la mortalidad por pesca y el coeficiente de explotación E.

Se utilizó la relación fecundidad-longitud, obtenida por Gómez *et al.* (1997):

$$Fec = 0.002371\ L^{3.28} \qquad \text{.....(6)}$$

Con base en la información anterior, se generó una curva de huevos totales por recluta a cada longitud, aplicando solamente la mortalidad natural. Se generó una segunda curva, aplicando la mortalidad por pesca en adición a la natural. Haciendo una integración numérica para obtener el área bajo las dos curvas, se divide el valor obtenido de la curva resultado de aplicar solo la mortalidad natural entre el valor obtenido aplicando la mortalidad por pesca más la natural. La fracción obtenida es un índice de "huevos remanentes", es decir, la fracción de huevos que produce la población afectada por la pesca en relación a la que produciría si no fuera explotada, que queda después de aplicar una mortalidad por pesca dada, a partir de una talla determinada.

Si se utilizara sólo un valor de F y M en este procedimiento, se obtendría un sólo valor de la fracción de huevos remanentes. Para evaluar el efecto de la incertidumbre en las estimaciones en M y F en el cálculo de esa fracción se realizó una simulación de Montecarlo (Evans y Olson, 1998) utilizando las distribuciones de probabilidad de los estimados de F y M obtenidas en el procedimiento expuesto en el párrafo anterior. Con esa simulación se generaron distribuciones de probabilidad de la fracción de huevos remanentes para varios valores de talla mínima de captura.

Se pueden utilizar valores de esa fracción de huevos remanentes como puntos de referencia. Caddy y Mahon (1995) mencionan que se puede mantener una población explotada en un valor cercano al RMS si se conserva una biomasa desovante remanente entre 20 y 60% del que tendría la población no explotada y que un valor de 35% resultaría de aplicar un valor de F cercano a $F_{0.1}$ (y, por consiguiente a $E_{0.1}$). Entonces, podríamos considerar 20% de la biomasa desovante remanente como un valor extremo, 35% como un valor precautorio y 60% como un valor muy conservador.

En las distribuciones de la fracción de huevos remanentes generados por la simulación de Montecarlo, la probabilidad que queda debajo de los puntos de referencia mencionados en el párrafo anterior se define como riesgo de no lograr el objetivo de mantener a la población en el estado definido por el punto de referencia.

En el análisis de rendimiento por recluta resultó para Sinaloa un $E_{max} = 0.6079$ y $E_{0.5} = 0.3056$ (Briones-Avila, 1992). Para Nayarit se determinó un $E_{max} = 0.6336$ y un $E_{0.5} = 0.3547$ (Briones, 1998). En Sinaloa el valor calculado de E está ligeramente por encima del valor de E_{max} (0.635), mientras que en Nayarit se encuentra por debajo de ese valor (0.545) (fig. 4 y 5).

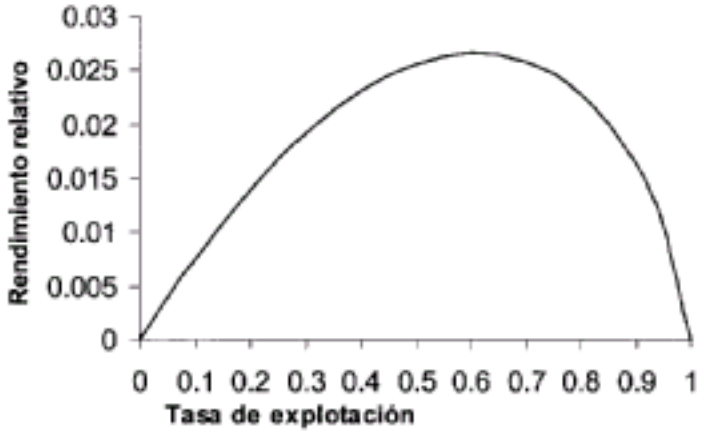


Fig. 4. Rendimiento relativo por recluta de lisa en Sinaloa.

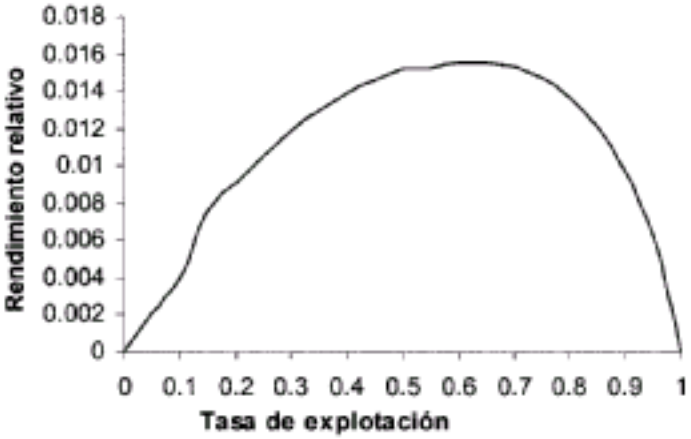


Fig. 5. Rendimiento relativo por recluta de lisa en Nayarit.

Si se considera $E_{0.5}$ como punto de referencia, el resultado de este análisis indica que la pesquería en ambas regiones se encontraría cercana al nivel de mortalidad por pesca al cual se obtendría el máximo rendimiento por recluta. Sin embargo, el nivel de mortalidad por pesca es más alto que en el nivel más precautorio de $E_{0.1}$.

Utilizando el método de Hoenig se obtuvo una estimación de mortalidad total (Z) de 1.05/año (error estándar de 0.17). Mediante la ecuación empírica de Pauly se llegó a un estimado de la mortalidad natural (M) de 0.63/año (error estándar de 0.08). La estimación de F derivada de ellas es 0.55/año (error estandar de 0.17) y E se estimó en 0.53 (error estándar de 0.11). Las *figuras 6*, *7* y *8* muestran la distribución de M, Z y E, respectivamente. En general, estos resultados coinciden con los del análisis de rendimiento por recluta.

La *figura 9* muestra un ejemplo de las distribuciones de probabilidad de la fracción de huevos remanentes, con dos tallas mínimas de captura (30 y 31 cm), dada la incertidumbre en M y F. El área bajo las curvas a la izquierda del valor de 0.35 en el eje de las abscisas sería, por ejemplo, la probabilidad de que la fracción de huevos remanentes fuera menor al punto de referencia de 35% para esa longitud a la primera captura.

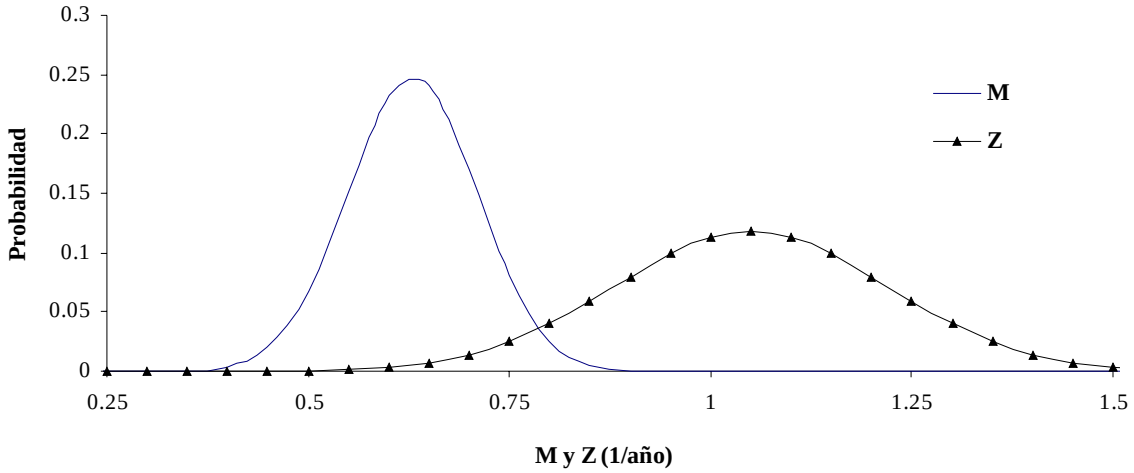


Fig. 6. Distribución de probabilidad de las estimaciones de mortalidad natural (M) y total (Z).

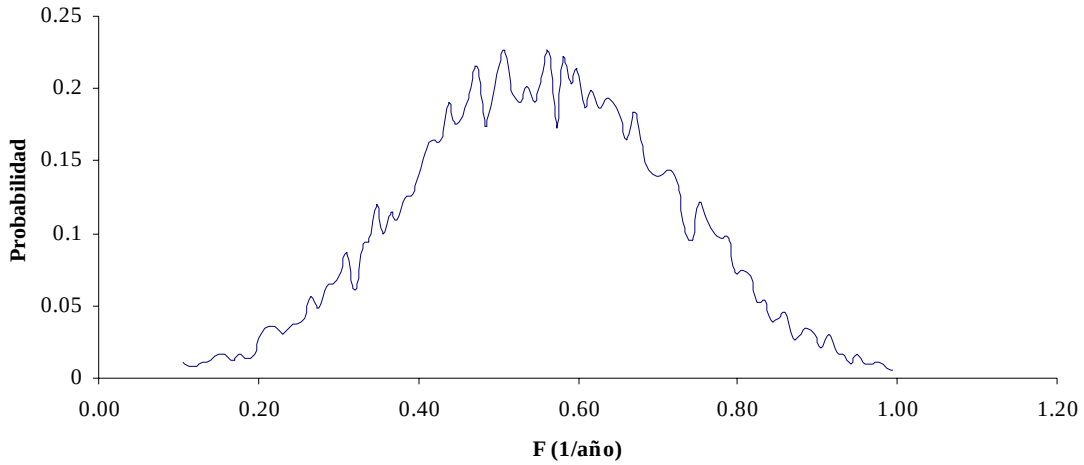


Fig. 7. Distribución aproximada de probabilidad de la estimación de mortalidad por pescal (F).

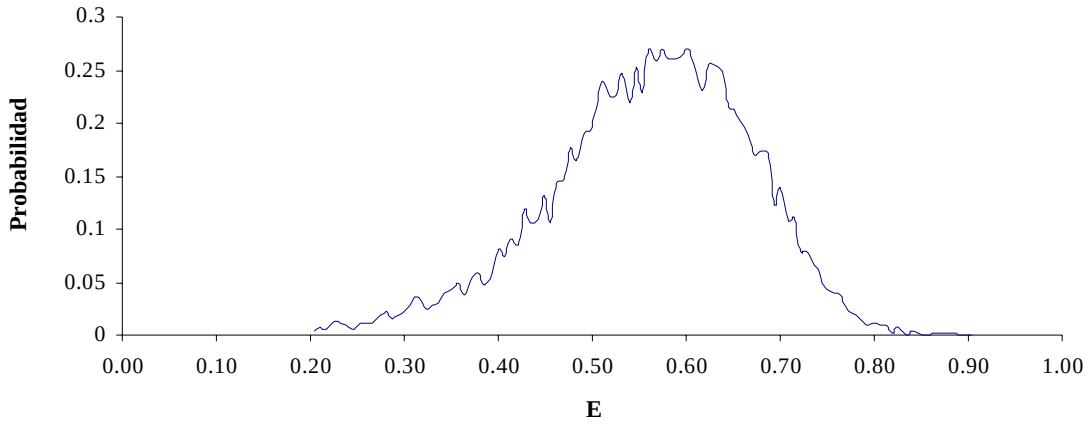


Fig. 8. Distribución aproximada de probabilidad de la estimación de E.

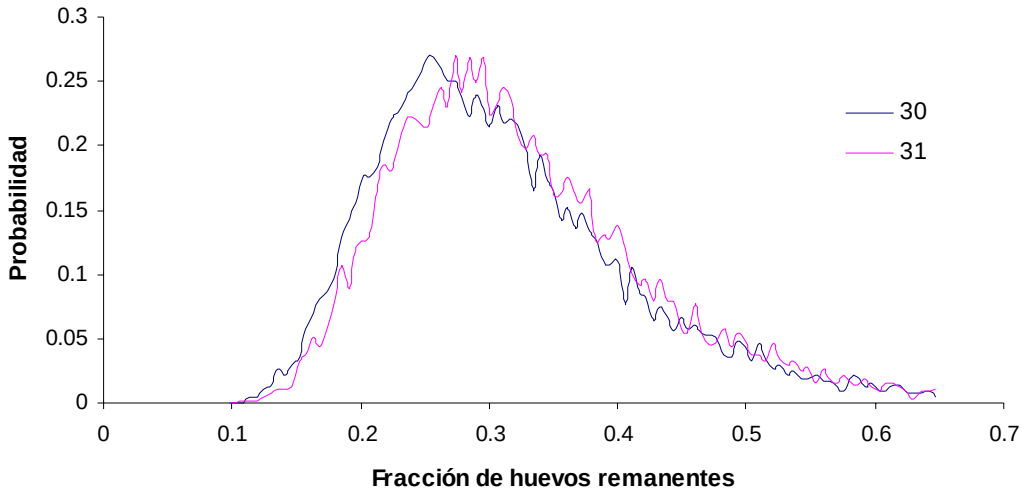


Fig. 9. Distribución aproximada de probabilidad de la estimación de la fracción de huevos remanente, con dos tallas mínimas de captura diferentes.

La *Tabla 3* y la *figura 10* muestran el resultado del análisis de riesgo. En la figura, el eje de las ordenadas contiene la probabilidad de que la fracción de huevos remanentes (HR) sea menor que el punto de referencia seleccionado (PR). La probabilidad de que la fracción de huevos remanentes sea menor al punto de referencia disminuye al aumentar la talla de primera captura ya que al ocurrir esto último se permite a una mayor proporción de la población reproducirse antes de ser afectada por la pesca.

Tabla 3. Riesgo, definido como la probabilidad de que la fracción de huevos remanentes (HR) sea menor que el punto de referencia (PR), para diferentes tallas mínimas de captura, con tres valores de HR (20, 35 y 60%) seleccionados como punto de referencia.

PR	25	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0.20	0.103	0.115	0.080	0.089	0.052	0.031	0.017	0.019	0.012	0.027	0.010	0.008
0.35	0.727	0.711	0.664	0.684	0.612	0.604	0.549	0.543	0.500	0.480	0.451	0.417
0.60	0.971	0.980	0.973	0.976	0.969	0.976	0.964	0.980	0.971	0.972	0.978	0.973

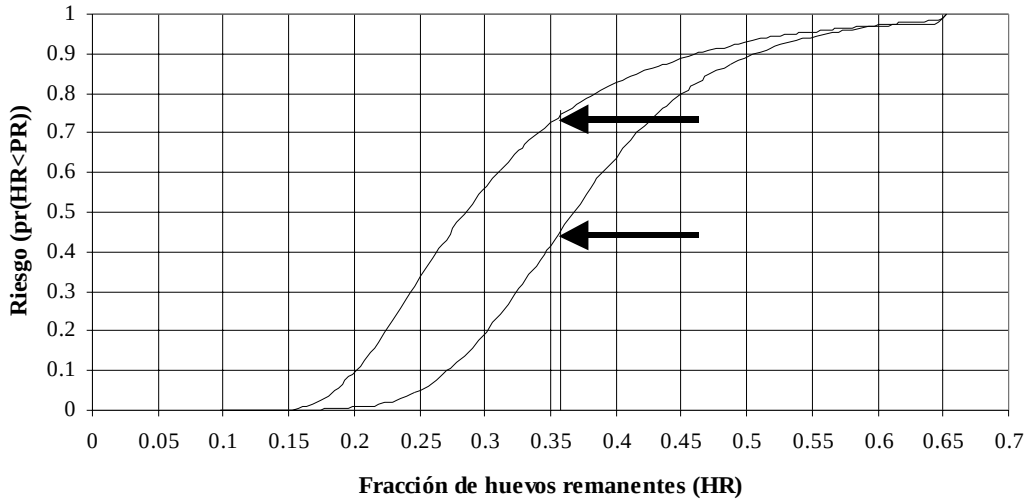


Fig. 10. Envolvente del riesgo de que la fracción de huevos remanentes sea menor que el punto de referencia. Si se selecciona 35% (0.35) como punto de referencia, el riesgo de que HR sea menor será de entre 41.7 y 72.7%, según la talla mínima de captura.

Es notable que el escoger un punto de referencia de 35% (Caddy y Mahon, 1995) colocaría a la población en un nivel cercano a $E_{0.1}$, lo cual resulta en una probabilidad alta (40 a 70%) de que la fracción de huevos remanentes sea menor a ese valor. En el caso del 60% de HR como punto de referencia, todas las longitudes a la primera captura resultan en una probabilidad cercana al 90% de quedar bajo el punto de referencia mientras que un 20% de HR resulta en probabilidades muy bajas de que ello ocurra. Estos resultados dejan en pie la incógnita de qué valor del punto de referencia elegir. La *figura 10* muestra las envolventes de las curvas de probabilidad de estar debajo del punto de referencia. Por ejemplo, si se escoge en el eje de las abscisas el 35% (0.35) y se proyecta una línea recta verticalmente, la línea cruzará las envolventes en 0.4 y en poco más de 0.7. Con ese punto de referencia se tendrá entre 40 y 70% de probabilidad de caer bajo el punto de referencia, dependiendo de la talla de primera captura, que es precisamente lo que se muestra en la *figura 11* , para el valor del punto de referencia de 35%.

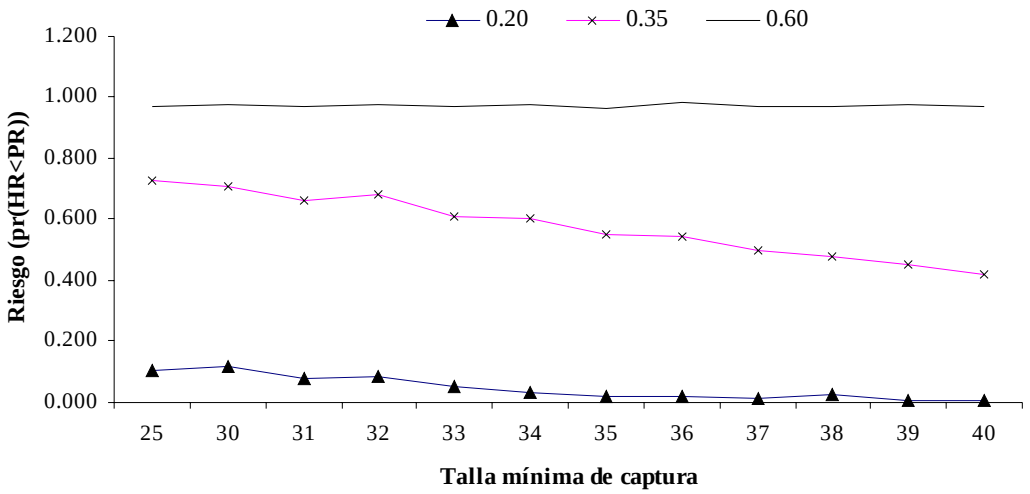


Fig. 11. Riesgo (probabilidad de que la fracción de huevos remanentes, HR, sea menor que el punto de referencia) para diferentes tallas mínimas de captura, con tres valores de HR seleccionados como punto de referencia.

Como se dijo, se puede pensar en 35% como un valor precautorio, dado en términos generales con base en datos de varias especies con diferente grado de resiliencia poblacional. Se podría escoger una fracción menor de huevos remanentes pero ello implicaría el tener el conocimiento de que las poblaciones de esta especie en particular pueden mantenerse con niveles más bajos de huevos remanentes.

Los resultados de los análisis mostrados en los párrafos precedentes nos indican que, con las mortalidades por pesca estimadas actualmente, se está obteniendo un rendimiento por recluta cercano al máximo. Sin embargo, con las tallas objeto de explotación se tiene una alta probabilidad de que el número de huevos que contribuyen al mantenimiento de la población no sean suficientes para mantener a la pesquería en un estado de explotación sustentable. Esto es debido a que las tallas objeto de captura son precisamente las tallas reproductoras más importantes, por ser la extracción de la hueva uno de los objetivos importantes de la pesquería. El análisis indica que el elevar la talla de primera captura de 30 a 40 cm disminuye el nivel de riesgo a cerca de la mitad en los niveles de la fracción de huevos remanentes menores a 35%.

En términos simples, el control de la talla de primera captura es la manera más sencilla de reducir el riesgo de una sobrepesca de reclutamiento, que es considerable en las circunstancias actuales de la pesquería. La talla de primera captura debe aumentarse si se quiere mantener a la pesquería en una condición sustentable.

En caso de no poder aumentar la talla de primera captura deberá reducirse el esfuerzo pesquero. El análisis de rendimiento por recluta nos indica que una reducción de cerca de 50% dejaría la pesquería en un nivel cercano al $E_{0.5}$.

▼*Estado actual de la pesquería de lisa*

Los niveles de mortalidad por pesca calculados, así como la disminución observada en los últimos años de las tallas de captura, indican que la especie tiende a alcanzar una talla menor a medida que se incrementa su explotación. Esto es consecuencia del tamaño de malla utilizada para su captura, y resultará en el mediano plazo en obtener rendimientos cada vez menores.

Otro aspecto que ha influido en la baja producción que se detecta en los últimos años, es el hecho de que la explotación de la gónada ("hueva") ha venido incrementándose en Sinaloa y Nayarit a partir de 1987, que es cuando se inicia el descenso en las capturas. Aunque se aplica una veda en su fase de reproducción, es posible que haya un mercado clandestino de este producto, lo cual ha incidido negativamente al reclutamiento de las poblaciones. A los aspectos anteriores se añade el impacto que se está causando a los sistemas estuarinos, hábitat de esta especie, debido al avance urbano y construcción acelerada de granjas para el cultivo de camarón.

La pesquería se encuentra deteriorada, por lo que requiere la aplicación de una estrategia de recuperación.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Del análisis elaborado se desprende que los niveles de explotación para la lisa se encuentran incidiendo negativamente causando una sobrepesca de crecimiento y muy probablemente en el reclutamiento, por lo que se considera no aumentar más el poder de pesca, mediante la exclusión de la lisa en los permisos para la captura de escama en Sinaloa y Nayarit, así como incrementar la vigilancia durante el período de desove. Finalmente, la conservación y rehabilitación de los ecosistemas estuarinos es una medida imperativa, particularmente ahora que las granjas para el cultivo de camarón están teniendo un crecimiento acelerado. Se deberán establecer medidas que neutralicen las alteraciones que sufren los ecosistemas, como la tala de manglar y desechos, ya que el efecto sinérgico de todos estos factores actúan en detrimento de la producción y de la calidad de esta especie.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Las instituciones de investigación superior tales como la Escuela de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Facultad de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit, las Escuelas técnicas especializadas en pesquerías de la SEP que operan en las costas del pacífico, incluyen dentro de sus líneas de investigación a las especies costeras que participan en la pesca ribereña. Si bien no estudian específicamente la lisa y lebrancha, han orientado sus esfuerzos con programas a corto o mediano plazo (de dos a cinco años) a la pesca multiespecífica. La Universidad Autónoma Metropolitana- Unidad Iztapalapa en instalaciones de la Planta experimental ha realizado estudios con *M. cephalus* encaminados a la obtención de cultivo.

REFERENCIAS

Bardach, J. E., J. H. Ryter & W. O. Mc. Larney. 1986. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S. A. México.

Beverton, R. J. & S. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. London. Ser. 102:1-19.

Briones-Avila, E. 1990. El período de madurez gonadal en la lisa (*Mugil cephalus* L.), en Sinaloa y Nayarit. Res. VIII Congreso Nacional Oceanografía. Mazatlán, Sinaloa. México.

Briones-Avila, E. 1992. Diagnóstico de la pesquería de la lisa (*Mugil cephalus*) en Sinaloa. CRIP Mazatlán. Boletín Informativo, 25:44-51.

Briones-Avila, E. 1994. La regulación de la pesquería de las lisas (*Mugil cephalus y Mugil curema*), en Sinaloa y Nayarit. Res. IV Congreso Nacional de Ictiología. Morelia, Michoacán.

Briones-Avila, E., 1998. Biología y Pesquería de *Mugil cephalus* en la Laguna de Agua Brava, Nayarit, durante 1992-1994. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias del Mar. Univ, Autón. de Sinaloa. México.

Broadhead, G. C., 1958. Growth of the black mullet *(Mugil cephalus* L.) in west and northwest Florida. Fla. Bd. Conser. Tech. Ser. *25*:1-31.

Caddy, J. F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347:1-83.

Castro Aguirre, J. L., H. Espinosa P. & J. J. Scmitter S. 1999. Ictiofauna lagunar estuarina y vicaria de México. Edit. Trillas. México.

Díaz-Pardo, E. & S. Hernández-Vázquez. 1980. Crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios de la lisa, *Mugil cephalus,* en la Laguna de San Andrés, Tamps. An. Esc. Nac. Cienc. Biól., Méx. 23:109-127.

Díaz-Ramos, J. A. 1992. Contribución al conocimiento de algunos parámetros biológico pesqueros de la lisa (*Mugil cephalus* L. 1758) en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Res. 4º Encuentro Académico de Estudiantes de Ciencias del Mar y Limnología. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.

Evans, J.R. & D.L. Olson 1998. Introduction to simulation and risk analysis. Prentice Hall. New Jersey.

Futch, C. R. 1966. The Florida Black Mullet. Fla. Bd. Conserv. Mar. Lab., St. Petersburg. Florida. E.U.

García Sandoval, S. 1982a. Evaluación de las capturas de lisa en el NE del Golfo de México. Periodo 1965 – 1979. CRIP-Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Gayanilo Jr., F C., M. Soriano & D. Pauly. 1989. A draft guide to the complete ELEFAN. ICLARM Software. Manila, Philippines.

Gómez O. G., F. Robles & R. Arteaga. 1997. Aportación al estudio de la biología pesquera de lisa *Mugil cephalus* en la Laguna Madre, Tamaulipas, periodo 1996–1997. CRIP-Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ibañez-Aguirre, A. L. & M. Gallardo-Cabello. 1996. Determinación de la edad de la lisa *Mugil cephalus* L. y la lebrancha *M. curema* V. (Pisces: Mugilidae), en la Laguna de Tamiahua, Veracruz. Cienc. Mar. 22(3):329-345.

Lobato-González, P. 1998. Reflexiones en Torno a la Pesca ribereña. Programa de Pesca Ribereña. Instituto Nacional de la Pesca. Mem. II Taller de Pesquerías Ribereñas del Pacífico Manzanillo, Colima. Octubre 20-24.

Márquez M., R. 1974. Observaciones sobre mortalidad total y crecimiento en longitud de la lisa (*Mugil cephalus*) en la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. I.N.P./S.C.,S.I.C./ Subsecretaría. de Pesca 3:1-16.

Marrufo, H. M. 1992. Algunos aspectos biológico–pesqueros de la lisa, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758), de la Laguna Madre, San Fernando, Tamaulipas, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas. UANL. México.

Moe A. M., 1966. Hermaphroditism in Mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus. Fla. Bd. Conserv. Quart J. Fla. Acad. Sci. 29(2):111-116.

Nash, C. E. & Z. H. Shehadeh. 1980. Review of breeding and propagation techniques for grey mullet, *Mugil cephalus* L. ICLARM. Studies and Reviews 3:1-387.

Pauly, D. 1983. Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Doc. Tec. de Pesca, *234*:1-49

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contrib. 143.

Polanco Jaime, E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su administración. Secretaría de Pesca. pp. 943 –1007.

Rodríguez, M. A., R. I. Zamudio, H. M. Casezus & H. E. Carvajal. 1986. Aspectos de crecimiento y madurez gonadal en la lisa (*Mugil cephalus* L.) en el estero “El Sábalo” en Mazatlán, Sin., México, durante 1983-1984. Mem. Serv. Soc. Esc. Cienc. del Mar., Univ. Autón. de Sinaloa. México.

Romero, M. A. y J. L. Castro. 1987. Aspectos de la biología de la lisa (*Mugil cephalus* L.) en el Mar Muerto, Chiapas, México. S.E.P., I.N.P., México 27(1-14): 95-112.

SIC. 1971. Estado de Sinaloa. Direccion General de Relaciones Publicas. México, D. F.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. México.

SEMARNAP. 1999. Avisos de arribo. Subdelegación de Pesca. Dirección de Administración de Pesquerías. Mazatlán, Sinaloa (inédito).

SEMARNAP. 2000. Carta Nacional Pesquera.

Solís R., J. M. 1966. Fecundidad en lisa (*Mugil cephalus* Linnaeus). Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq. Sría. Ind. y Com. Trabajos de Divulgación 11(105): 1-6.

Sparre, P. & S. C. Venema, 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1 Manual. FAO Fish. Tech. Pap. 306(1):1-337.

Thomson, J. M., 1963. Synopsis of biological data on the grey mullet (*Mugil cephalus* L.). C.S.I.R.O. Div. Fish. and Oceanogr. Sydney, Australia.

Valenzuela-Maldonado, A. S. 1988. Algunos aspectos biológico-pesqueros de la lisa, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758), de la Bahía de Yavaros, Sonora, México. Tesis de Licenciatura. Facultad Ciencias Biológicas. UANL. México.

Vasconcelos, J. S. Sánchez & L. Shultz. 1996. La Pesquería de lisa. *En*: Pesquerías relevantes de México. SEMARNAP/ INP. pp: 581-594

huachinango del Pacífico
huachinango del Pacífico
Pacífico
huachinango
Huachinango del Pacífico
huachinango
del Pacífico
huachinango
huachinango
huachinango
huachinango
Pacífico

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE HUACHINANGO DEL PACIFICO

ESPECIE: huachinango del Pacífico (*Lutjanus peru).*

- Es considerado parte de la pesca artesanal o ribereña, es de las especies con mayor demanda para consumo humano; además de reportar al pescador buenos ingresos.
- Jalisco y Michoacán de 1985 a 1996 han ocupado el tercero y cuarto lugar en producción nacional, respectivamente.
- La captura se efectúa a lo largo del litoral en una franja de entre 5 y 13 millas de la costa. En Jalisco y Nayarit el esfuerzo pesquero se concentra en las bahías.
- Para la extracción del huachinango se utiliza la línea de mano, cordeo o cuerda, palangre escamero y red agallera.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 3,390 t: 68.9% con respecto al máximo histórico (1996).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo de Producción excedente, Tendencia de la CPUE, Modelo de diferencia con retraso.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Con potencial.

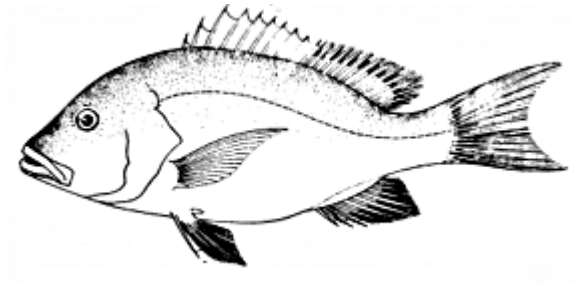
MEDIDAS DE MANEJO

- El acceso a la pesquería es mediante permisos para pesca comercial de escama en general.

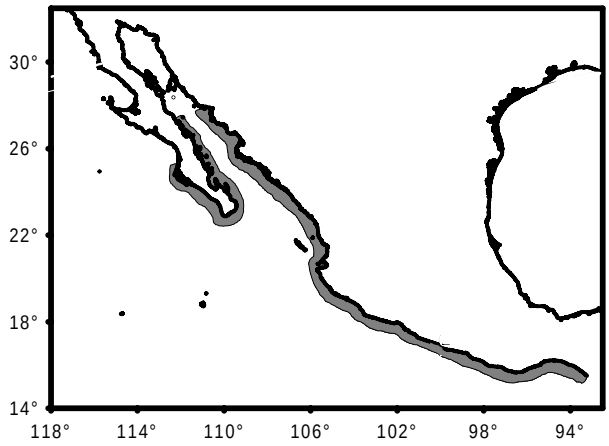
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Regulación y aprovechamiento del recurso.

HUACHINANGO DEL PACÍFICO



Lutjanus peru



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En México, el huachinango (*Lutjanus peru*), junto con el grupo de peces conocidos como pargos, forman parte de las especies de mayor demanda para consumo humano, son los que reportan mejores ingresos al pescador y por consiguiente es hacia ellas adonde se dirige el esfuerzo pesquero.

La actividad en el país forma parte del rubro reconocido como pesca artesanal o ribereña, en la que concurre una gran diversidad de especies, entre ellas pargos y huachinango de elevada importancia comercial. El carácter multiespecífico de la pesquería en el Pacífico ha sido descrito por diversos autores, entre los que destacan Amezcua-Linares (1985; 1996), Pérez-Mellado y Findley (1985), van der Heiden (1985), Madrid *et al.* (1989 y 1997) y Pérez-Vivar (1995).

En particular, para la Bahía de Banderas y el litoral de Colima, del Monte-Luna *et al.* (1999), Cruz-Romero *et al.* (1989a) y Espino-Barr *et al.* (1998a) han encontrado que las especies que componen la captura, están representadas por las familias: Lutjanidae, Haemulidae, Carangidae, Scombridae, Sciaenidae, Serranidae, Ostreidae, Balistidae, Dasyatidae y Carcharhinidae. Las especies de pargo y huachinango hasta ahora detectadas son las siguientes: *Lutjanus peru* (huachinango), *L. guttatus* (lunarejo o flamenco), *L. argentiventris* (pargo alazán), *L. novemfasciatus* (pargo mulato o prieto), *L. jordani* (pargo colmillón), *L. colorado* (listoncillo), *L. inermis* (sandía), *L. viridis* (sol de China), *Hoplopagrus guntheri* (tecomate).

En México, el huachinango junto con los peces conocidos como pargos, forman parte de las especies de mayor demanda para consumo humano

De acuerdo con las estadísticas oficiales, la producción de huachinango, en el ámbito nacional, ha oscilado entre 6,130 y 11,617 t, durante un lapso de 12 años (1985 a 1996), como se muestra en la *Tabla 1,* en los estados de Jalisco y Michoacán, el huachinango ocupó el tercero y cuarto lugar respectivamente, con volúmenes que fluctuaron entre 220 y 1,075 t para Jalisco y de 122 a 330 t para Michoacán, le anteceden la mojarra, carpa y charal.

En el estado de Nayarit, esta especie contribuye con casi el 60% de la captura y las ganancias de las actividades pesqueras (SEMARNAP, 1997) y dentro del Estado, la Bahía de Banderas es una de las principales áreas de pesca ribereña de escama.

Tabla 1.- Producción nacional (t), en el litoral del Pacífico mexicano y por estado de huachinango, *Lutjanus peru*.

Año	Total nacional	Litoral Pacífico	B.C.	B.C.S.	Son.	Sin.	Nay.	Jal.	Col.	Mich.	Gro.	Oax.	Chis.
1960	1309						0	0	216	0	46		
1961	1626						31	0	264	0	62		
1962	2203						28	0	590	0	80		
1963	2736						70	0	804	0	183		
1964	3031						42	6	230	0	106		
1965	3969						41	4	323	0	132		
1966	3930						3	11	209	0	109		
1967	5138						27	14	269	0	243		
1968	6130	4019					0	21	372	0	415		
1969	5190	3081					0	8	205	0	139		
1970	4347	2036					0	38	230	0	212		
1971	4906	2941					0	97	593	0	160		
1972	5310	2522					30	148	364	6	89		
1973	4252	1928					31	309	334	64	187		
1974	4560	2449					205	190	287	27	214		
1975	3847	1916					105	84	244	3	99		
1976	3533	1916					133	157	364	51	363		
1978		2793	0	175	0	974	121	566	30	130	661	136	0
1980		3270	177	482	121	535	183	40	582	150	735	265	0
1982		2964	0	521	30	343	135	345	214	78	1054	244	0
1983		1739	0	356	23	133	88	255	181	56	364	272	11
1984		2443	1	211	43	223	410		175	152	900	327	1
1985	6130	2832	1	589	35	310	307	220	194	138	726	332	0
1986	7569	3668	3	505	96	402	189	223	299	122	685	1035	109
1987	7637	2998	10	496	28	138	297	721	157	156	589	374	32
1988	6400	2749	7	357	10	93	325	732	138	147	589	350	1
1989	6160	2863	10	444	20	129	339	532	148	259	571	261	150
1990	8981	3703	25	354	46	67	480	988	246	372	696	290	139
1991	9035	3547	6	302	33	44	496	1075	418	179	794	162	38
1992	11603	4855	0	408	40	114	589	663	630	246	1671	279	215
1993	11617	4412	0	432	218	167	808	512	430	191	1076	288	290
1994	9084	4165	41	719	91	245	681	492	336	215	782	265	298
1995	8524	3830	10	655	51	133	605	482	282	268	870	276	198
1996	9472	4917	9	880	32	164	672	925	297	330	994	293	321
1997	7342	3123	13	624	45	195	315	496	162	278	594	293	108
1998	6782	3390	1	789	29	95	375	651	198	263	336	568	85

Fuentes:
- datos de 1960 a 1976 obtenidos de Ramírez (1977)
- datos de 1978 en adelante obtenidos de los Anuarios estadísticos de Pesca (DEPESCA, 1980 y 1981; SEPESCA, 1985 a, b y c, SEMARNAP, 1996, 1998 y 1999).

De acuerdo con el Anuario Estadístico 1997 (SEMARNAP, 1998), en el estado de Colima el huachinango se sitúa en cuarto lugar de la captura, después de los túnidos, tiburón y mojarra, representando el 12º lugar de la producción nacional de dicha especie, con un volumen de 297 t (1996). Con datos de los Avisos de Arribo (información directa registrada por el pescador en las Oficinas de Pesca), al promediar la producción de huachinango para un periodo de 18 años (1980 a 1997), se obtiene un volumen de 175 t anuales, que representan para ese lapso una proporción del 12.9%. Los volúmenes oscilaron desde 93 t como mínimo en 1989 y 1995, hasta 400 t como máximo en 1980.

La producción de huachinango, en el ámbito nacional, osciló entre 6,130 y 11,617 t, de 1985 a 1996. Durante 1996, en los estados de Jalisco y Michoacán, ocupó el tercero y cuarto lugar por volúmenes captura

Con respecto al valor económico, la captura de huachinango para 1996 significó un ingreso del orden de $4'158,000 MN, ya que la tonelada se cotizó aproximadamente a $14,000.00 MN. Sin embargo, para 1997, el valor por tonelada

aumentó a $30,000.00 MN (en Colima), de tal forma que es muy considerable el incremento, representando un ingreso de 4'860,000.00 MN. Es importante mencionar que en la entidad el mejor precio se asigna a la captura obtenida con anzuelo, porque el producto es de mayor calidad que si fuera capturado con red o descargado de un barco camaronero, este último es el de más bajo valor comercial (com. pers. pescadores y permisionarios).

En Nayarit, tanto el huachinango como los pargos no tienen problemas de demanda entre el público consumidor. El hecho de estar catalogados como especies finas o de primera, permite que las capturas ofrecidas tengan demanda inmediata. La captura de huachinango en Nayarit para 1997 significó un ingreso del orden de ocho millones de pesos, con una cotización por kilogramo de 28 pesos.

BIOLOGÍA

El huachinango, *Lutjanus peru* (Fig. 1), pertenece al Orden Perciformes y a la Familia Lutjanidae, en la cual Allen (1985) y Allen y Robertson (1994) incluyen 17 géneros y 103 especies. Para el Pacífico Mexicano, se presentan 10 especies, de las cuales se han identificado 9 en la captura comercial.

Fig. 1. Huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922).

La morfología externa de los lutjánidos coincide en términos generales con los atributos del orden Perciformes, por lo cual se les puede considerar como típicos peces óseos de aletas espinosas. Los más importantes de estos caracteres son la existencia de escamas ctenoideas, la posición de las aletas pectorales inmediatamente por detrás de la cabeza, con las aletas pélvicas por debajo de ellas, la ausencia de comunicación entre la vejiga gaseosa y el tracto digestivo y la presencia de radios espinosos en las aletas dorsal, anal y pélvicas. Dentro de los perciformes, los pargos y huachinangos se caracterizan por su dentición, pues poseen dientes en los huesos que conforman el techo de la boca y caninos agrandados en las mandíbulas (Acero y Garzón, 1985).

El ambiente que ocupan los individuos de esta familia es descrito de una manera general por Allen (citado en Fischer *et al.,* 1995), mencionando que la mayoría de los pargos son especies demersales, comunes especialmente en mares tropicales, pero también subtropicales y templados. Desde aguas costeras hasta 100 m de profundidad, algunas especies viven en estuarios, pudiendo penetrar a los ríos, especialmente en la fase juvenil. El mismo autor señala que *L. peru* vive en arrecifes costeros, frecuentemente en áreas rocosas, hasta por lo menos 80 m de profundidad. Amezcua-Linares (1996) la describe como especie costera, que generalmente se encuentra sobre fondos rocosos, en profundidades entre 50 y 90 m. Estas observaciones se ajustan a las condiciones de hábitat encontradas para el litoral de Colima, Jalisco y

Nayarit, donde la especie es capturada en la zona ribereña a profundidades desde 20 m hasta 80 m, en las áreas conocidas como cascajeras, bajos rocosos y también en zonas arenosas.

La delimitación geográfica de la distribución de los pargos en la costa del Pacífico Oriental se circunscribe a las áreas pesqueras 77 y 87 definidas por FAO (Chirichigno *et al.*, 1982). El área marcada con el número 77, conocida zoogeográficamente como provincia panameña, alberga gran diversidad de especies comunes para México, Centro América, Colombia, Ecuador y Norte de Perú. Para Hendrickx (1995) son la Provincia de Cortés, la Mexicana y la Panámica.

Específicamente para *L. peru*, autores como Ramírez y González (1976), Chirichigno *et al.* (1982), Allen (1985), Fischer *et al.* (1995), Amezcua-Linares (1996), De la Cruz (1997), señalan como área de distribución desde Bahía Magdalena y parte central del Golfo de California en Baja California Sur, México hasta Perú.

La composición por tallas del huachinango en la captura comercial de Colima, está representada por organismos desde 10 cm de longitud estándar (Ls) hasta un máximo de 71.5 cm Ls (Cruz-Romero *et al.*, 1991; Espino-Barr *et al.*, 1998b). Para las costas de Michoacán y Guerrero, Aguilar (1986), Madrid (1990) y Amezcua-Linares (1996) reportan valores máximos de 42 cm (Ls), 70 cm de longitud total (Lt) y 85 cm (Lt), respectivamente. González-Ochoa (1997) observó ejemplares con 61 cm de Ls en las zonas de Barra de Navidad a Punta Pérula, Jalisco, para el Pacífico Central; Chirichigno *et al.* (1982) reportan una talla media de 50 cm, y para la misma zona, Fischer *et al.* (1995) mencionan una longitud total máxima de 90 cm.

Las estimaciones de edad y crecimiento para la especie en cuestión se han obtenido tanto por métodos directos como indirectos. En la *tabla 2* se resumen los resultados de los parámetros k, $L\infty$ y to, calculados por diferentes autores para algunas regiones del Pacífico.

Tabla 2. Parámetros de crecimiento para *Lutjanus peru*, estimados por diversos autores, para diferentes zonas del Pacífico Mexicano.

Zona de estudio (estado)	Autor	Método	Parámetros			Talla utilizada (cm)
			L_∞ (cm)	k	t_o	
B.C.S.	Castro, 1981	Escamas	66.71	0.232	0.54	Lt
Michoacán	Ruiz-Luna *et al.*, 1985	Escamas y frecuencia de tallas	80.5	0.19	0.756	Lt
"	Madrid, 1990	Escamas	81.5	0.19	0.786	Lt
Michoacán, Guerrero y Oaxaca	Aguilar, 1986	Escamas	66.26	0.11	1.48	Ls
Colima	Cruz *et al.*, 1996	Frecuencia de tallas	64.0	0.156	0.059	Ls
Oaxaca	Ramos-Cruz, 1996	Frecuencia de tallas	61.8	0.53	-0.303	Lt
La Paz, B.C.S.	Rocha y Muñoz, 1991	Otolitos	90.8	0.13	-0.033	Lt
Colima	Espino-Barr *et al.*, (1998 b)	Frecuencia de tallas	55.8± 12.8	0.14± 0.01	-0.1± 0.5	Ls
		Escamas	63.0	0.1	-0.1	Ls
Barra de Navidad a Punta Pérula, Jal.	González-O., 1997	Otolitos	70.5	0.09	0.5	Ls

Lt = longitud total
Ls= longitud estándar

Para el litoral de Colima, estimaciones recientes de Espino-Barr *et al.* (1998 b) reportan valores de k = 0.14 ± 0.011/año y 0.10, $L\infty$ = 55.8 ± 12.75 y 63 cm, obtenidos mediante frecuencia de tallas el primer valor y lectura de anillos en escamas, el segundo. A través de estos métodos se obtuvo una sola ecuación que representó el mejor modelo de la curva de crecimiento para esta especie, expresado matemáticamente como:

$$Ls = 55.8 [1 - e^{(-0.14 * (t + 0.1))}]$$

Amezcua-Linares (1996) menciona que en general la biología de esta especie está poco estudiada; sin embargo, al revisar algunos trabajos se encontró información referente a los aspectos reproductivos, cuyos resultados sobre épocas o periodos de desove se resumen en la *tabla 3*. *Lutjanus peru* se reproduce todo el año con dos periodos de desove, uno asociado con la temporada de lluvias y elevadas temperaturas (de mayor duración) y otra en la época de invierno menos cálida (más corta).

Tabla 3. Periodos de desove de *L. peru* en diversas regiones del Pacífico Mexicano, citadas por distintos autores.

Periodos de desove	Region del pais	Autor y fecha
abril y septiembre	Michoacán	Ruiz *et al.*, 1982
abril y septiembre	Michoacán, Guerrero y Oaxaca	Ruiz, 1983
abril y septiembre	Michoacán, Guerrero y Oaxaca	Aguilar, 1986
fines de mayo y mediados de noviembre	Michoacán	Madrid, 1990
noviembre a abril	Baja California Sur	Ochoa *et al.*, 1991
enero a marzo y agosto a septiembre	Colima	Cruz *et al.*, 1991

Con referencia a la proporción de sexos, Cruz-Romero *et al.* (1991) encontraron una relación de 1:0.68 (macho-hembra) para Colima. Ruiz *et al.* (1982) detectaron en las costas michoacanas dominancia de machos durante la época de desove. Respecto a sus hábitos reproductivos, se sabe que esta especie emigra a las zonas más profundas durante la fase de desove, razón por la que los pescadores ribereños no tienen éxito en su captura, debido a que sus artes y embarcaciones no les permiten incursionar en esas zonas.

Tallas mínimas de primera madurez son reportadas por Cruz-Romero *et al.* (1991), del orden de 22 y 23 cm de longitud estándar para machos y hembras respectivamente. Ruiz *et al.* (1982) y Ruiz (1983) encontraron tallas de 28.8 y 27.8 cm de longitud total para machos y hembras respectivamente, en Michoacán.

Tallas de primera madurez de 22 y 23 cm de longitud estándar para machos y hembras respectivamente son reportadas en Colima, mientras que en Michoacán se reportan de 28.8 y 27.8 cm, respectivamente

Los pargos (lutjánidos) son peces depredadores que ocurren comúnmente en hábitats bentónicos a lo largo de los trópicos y subtrópicos del mundo. Consumen una gran variedad de presas como peces, cangrejos, camarones y en menor proporción estomatópodos, langostas y cefalópodos (Acero y Garzón, 1985; Parrish, 1987).

Para la costa del estado de Colima, Cruz-Romero *et al.* (1991) examinaron contenidos estomacales en huachinango, lunarejo y pargo alazán, encontrando como principales componentes alimentarios los crustáceos (*Squilla* sp., *Penaeus* sp., *Portunus* spp.) y moluscos (cefalópodos: juveniles de calamar). Otro estudio para la misma zona realizado por Mandujano (1984) menciona que peces y crustáceos son el alimento preferencial del pargo lunarejo (*L. guttatus*) y pargo alazán (*L. argentiventris*).

En la región comprendida entre Punta Teopa, Jal. y Laguna de Cuyutlán, Col., Saucedo (1998) ha identificado 35 componentes alimenticios para juveniles de *L. peru* y 30 para *L. guttatus*, que se agregan en cuatro grandes taxa: peces, crustáceos, moluscos y anélidos. Yáñez-Arancibia (1978) cataloga como consumidores de tercer orden (exclusivamente carnívoros) a especies como *Lutjanus guttatus* y *L. argentiventris,* habitantes de lagunas costeras del Pacífico. Madrid (1990) señala que las mismas especies en la costa de Michoacán se alimentan de crustáceos.

El pargo lunarejo o flamenco *Lutjanus guttatus*, ocupa un hábitat similar al huachinango y es capturado con los mismos artes de pesca, junto con el pargo alazán *L. argentiventris* forman el grupo de especies de mayor interés y demanda en el mercado. Las tallas medias comerciales para ambas especies son de 23.6 cm y 28.5 cm, respectivamente, en valores de longitud estándar. Las tallas mínimas de reclutamiento a la pesquería son de 11 y 13 cm para cada una de las especies.

Los parámetros de crecimiento fueron estimados por Cruz-Romero *et al.* (1991) mediante frecuencias de longitud con los siguientes resultados: $L\infty$ = 64.2 cm (Ls), k = 0.19 y to = 0.004 para *L. guttatus*, $L\infty$ = 68.55 cm (Ls), k = 0.155 y to = 0.081 para *L. argentiventris*.

Son especies que se reproducen todo el año con dos pulsos de desove, uno asociado a los meses menos cálidos (febrero a abril) y el segundo y más importante coincide con la época de lluvia y elevadas temperaturas (julio a noviembre).

Alcanzan la primera madurez entre los 20 y 24 cm (Ls) con una producción de óvulos (fecundidad) de 2.17 x 10^6 (*L. guttatus*) y 3.56 x 10^5 (*L. argentiventris*) observada en organismos con una talla de 49 y 47 cm (Ls) respectivamente (Cruz-Romero *et al.*, *1991*).

Son especies netamente carnívoras; Mandujano (1984) y Cruz-Romero *et al.* (1991) concluyen que crustáceos y peces son el alimento preferencial de lunarejo y pargo alazán.

La proporción que estas especies representan en la captura oscila entre 2.05 y 24.3 % (*L. guttatus*) y de 0.0 a 9.0% (*L. argentiventris*) observada en un lapso de nueve años (1983 a 1991), mientras que *L. peru* aporta valores de 3.6 a 27.7% para el mismo periodo (Espino-Barr *et al.*, 1997 a y b).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura se efectúa a lo largo del litoral en una franja de aproximadamente 5 a 13 millas de la costa. Para pescar especies demersales, los pescadores conocen los bajos o caladeros más productivos. Macías *et al.* (1985) detectaron y ubicaron en el mapa un total de 22 bajos pesqueros, que representan aproximadamente el 85% de los caladeros en el Estado de Colima. En el caso de Jalisco y Nayarit, la captura se realiza a lo largo de la costa, con énfasis en las bahías, donde se concentra el esfuerzo pesquero y en especial, en la Bahía de Banderas (Fig. 2).

En Colima, la actividad se lleva a cabo durante todo el año; un número aproximado de 250 días son laborables, en los que participan alrededor de mil pescadores, distribuidos en cinco comunidades. La limitante está referida a las temporadas de perturbaciones tropicales que aparecen normalmente durante los meses de septiembre a noviembre. Los productores están congregados en Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera; para la pesca ribereña existen registradas doce de estas organizaciones, que agrupan un número variable de socios, entre 10 y 40 cada una y 16 permisionarios que agrupan a 178 pescadores libres.

De acuerdo con el censo pesquero de 1996 (Subdelegación Federal de Pesca de la SEMARNAP), existen alrededor de 547 embarcaciones de pesca ribereña construidas tanto de fibra de vidrio (la mayoría) como de

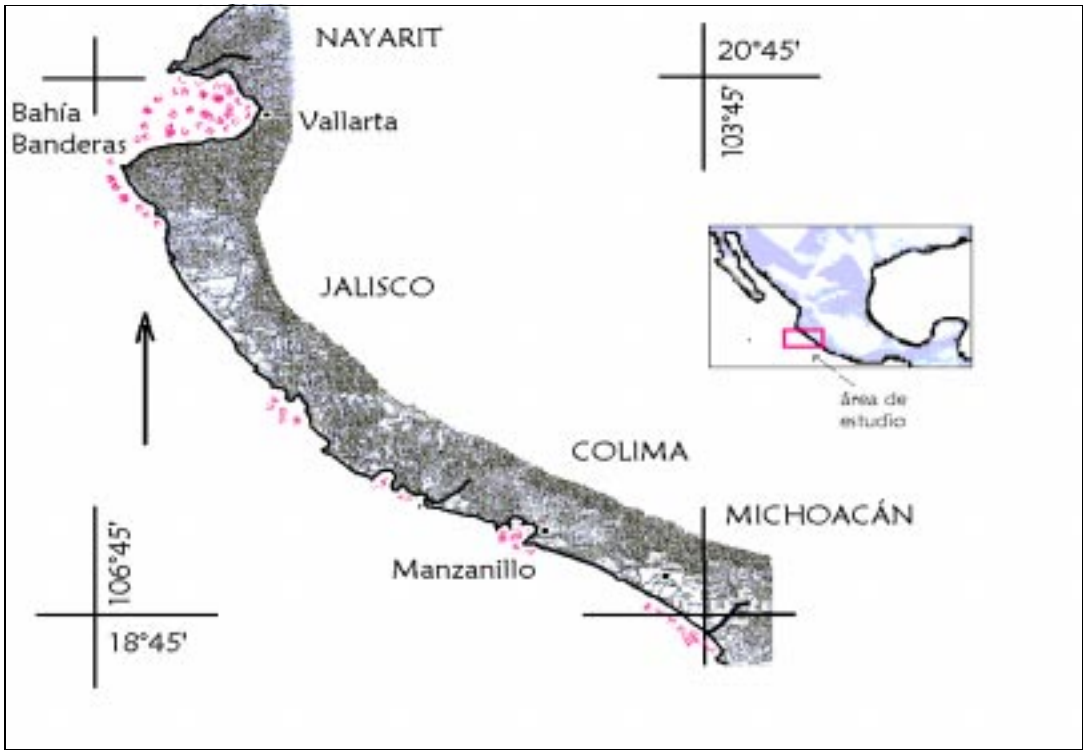


Fig. 2. Mapa de la costa del Pacífico centro. Las áreas sombreadas son las zonas de pesca más importantes.

madera, cuyas dimensiones oscilan entre 4.5 y 8.5 m de eslora y capacidad de bodega entre 150 kg y 2.4 t. Los motores que se utilizan son estacionarios de dos y cuatro pistones y motores fuera de borda de 48 y 55 HP (caballos de fuerza) (Garcia-Boa *et al.*, 1998).

Los artes de pesca empleados en la actividad extractiva del huachinango son principalmente la línea de mano, cordel o cuerda (en el 90% de los viajes), el palangre escamero (en 8% de los viajes) y la red agallera (en el 2% de los viajes).

La operación se realiza diariamente, aplicando un promedio de 9 horas efectivas de trabajo, lo cual depende en gran parte del arte de pesca que utilicen. Generalmente la línea de mano se trabaja de noche o al amanecer, a bordo de la embarcación van de uno a cuatro perscadores. Cuando se trata de redes de enmalle o palangre escamero, estos se dejan operando de 10 a 12 horas en la zona de pesca, al cabo de las cuales se recoge la captura. En todos los casos se trata de artes poco selectivas, su estructura y eficiencia están dirigidas a la captura de huachinango.

Los artes de pesca empleados en la pesca del huachinango son principalmente la línea de mano, el cordel o cuerda, el palangre escamero y en menor grado la red agallera

La duración de la operación varía de acuerdo con el arte de pesca que se utiliza y la zona donde se opera. El rendimiento con la línea de mano es de alrededor de 23.4 kg diarios, con red agallera de 23.8 kg y con palangre de 25.4 kg. Estos valores son promedios y no implica que no haya días en que no se captura huachinango, sino pargos, además de las especies incidentales.

▼*Tendencias históricas*

De 1978 a la fecha la pesca de huachinango ha llegado a los niveles de una pesquería establecida. Las estadísticas obtenidas de los Anuarios de Pesca muestran que la mayoría de los estados mantienen su

captura de esta especie en un intervalo estable (Fig. 3).

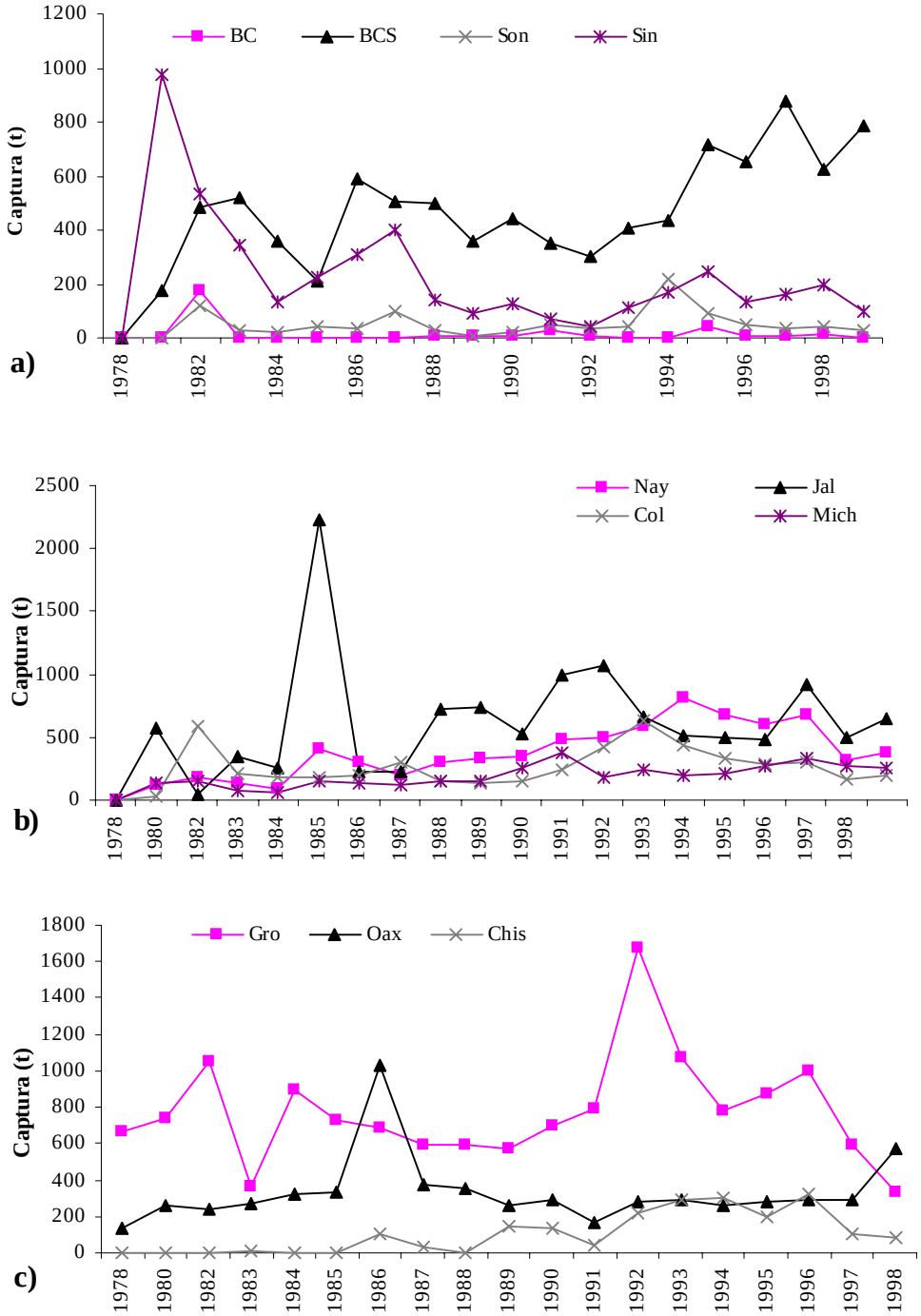


Fig. 3. Estadísticas de captura de huachinango, *Lutjanus peru*, por entidad federativa de 1978-1999. Fuente: Anuarios estadísticos de Pesca (DEPESCA, 1980, 1981; SEPESCA, 1985 a, b y c; SEMARNAP, 1996, 1999).

A través de la serie histórica de captura total y esfuerzo del litoral de Colima en 18 años (1980-1997), puede observarse que la pesca ribereña de escama tiene fluctuaciones anuales, con una fuerte declinación durante el periodo 1981 a 1985. La elevada producción para 1980 coincide con la política de apoyo a las cooperativas,

época en que recibieron tanto embarcaciones y motores, como artes de pesca. A partir de 1986 aparece un repunte que se sostiene e incluso se incrementa, manteniendo una aparente tendencia positiva hasta 1997 (Fig. 4). De acuerdo con este gráfico, se muestra una respuesta positiva de la captura total a los incrementos del esfuerzo. La producción de huachinango para el mismo período, muestra una tendencia similar a la captura total, con una diferencia sólo en el año 1990, en que su producción fue substituida por otras especies. Esto demuestra que la tendencia de la captura está determinada en un alto porcentaje por la especie objetivo, que es el huachinango.

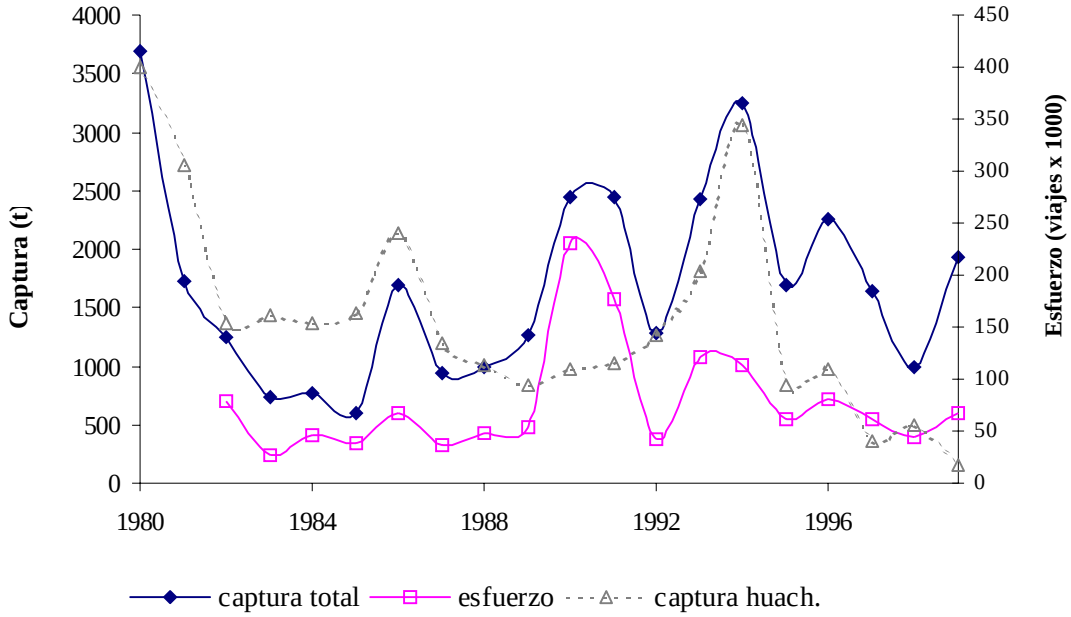


Fig. 4. Valores de la captura total ribereña (toneladas) y el esfuerzo relativo (miles de viajes) aplicado de 1982 a 1997 en la costa del estado de Colima.

En el caso de Bahía de Banderas, cuyo registro se hace tanto en la Cruz de Huanacaxtle, Nayarit, como en Puerto Vallarta, Jalisco, la historia inicia en 1987, en virtud de que es entonces cuando se cuenta con datos de captura y esfuerzo, que permiten estimar su tendencia. La *figura 5a* muestra un incremento a partir de 1991, mismo que decae sensiblemente en los años '97 y '98. Los bajos niveles de captura en los años '87 a '91 están asociados a la escasa tecnología y poca experiencia de los pescadores en contraste con los otros años en que se incorporó nueva tecnología. Estas modificaciones dieron como resutlado mayores rendimientos. No obstante estas fluctuaciones, el comportamiento de la captura por esfuerzo (aunque no está uniformizado) marca una tendencia aparentemente positiva (Fig. 5b).

En el puerto de La Cruz de Huanacaxtle, a partir de 1991 entró en operación un barco nodriza con una mayor autonomía y capacidad de almacenamiento que las embarcaciones menores (12 t) y la flota ribereña incorporó diversas innovaciones tecnológicas como motores de mayor potencia, ecosondas y mejores artes de pesca (artes más completas y de materiales más resistentes) (Martín Estrada, com. pers.). Estas modificaciones dieron como resultado mayores rendimientos con menor esfuerzo, lo que puede considerarse como un cambio en la eficiencia de la pesquería.

El papel que desempeñan los barcos nodriza es acopiar y transportar las capturas de diversas embarcaciones de menor calado y cubrir las necesidades de los pescadores durante viajes prolongados. El producto,

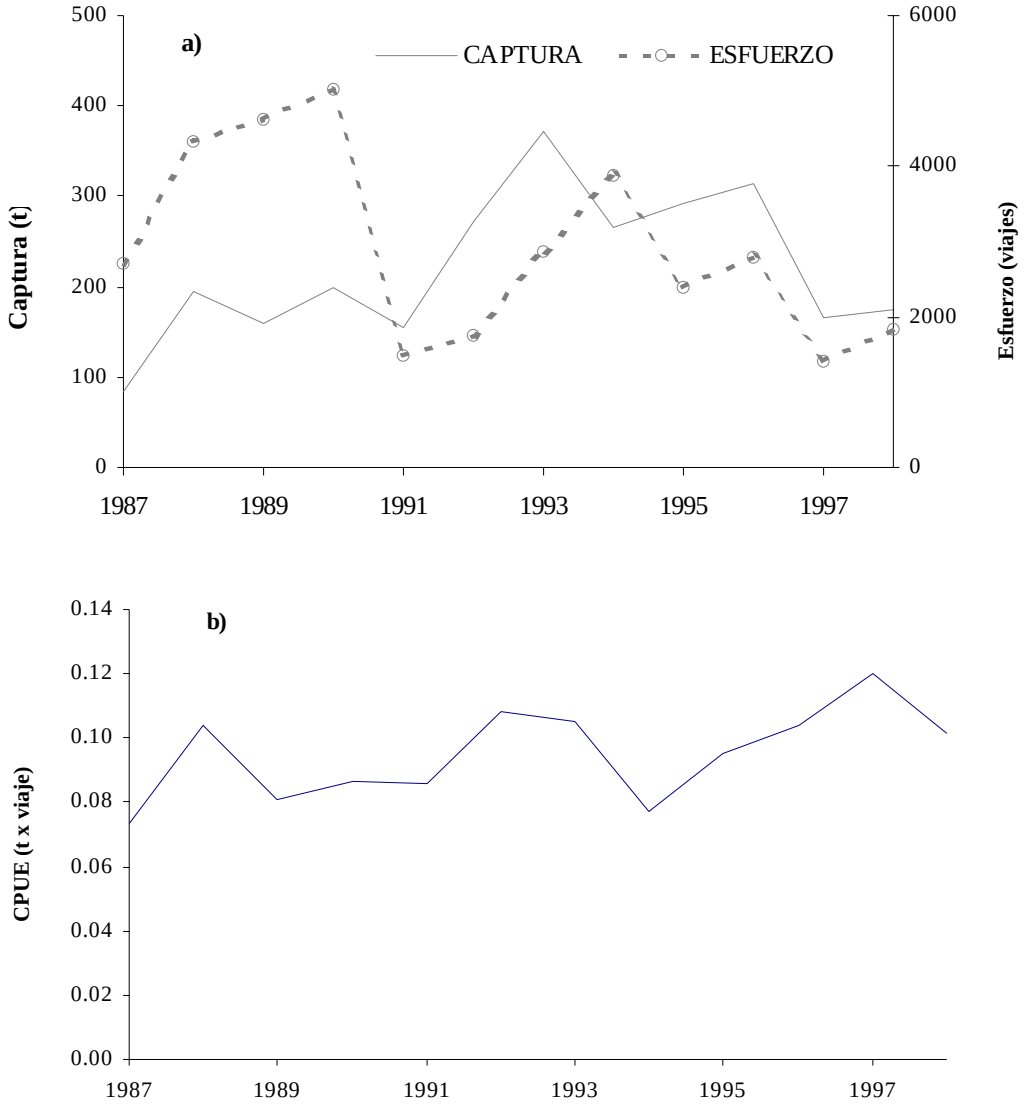


Fig. 5. Series históricas de: a) captura y esfuerzo de la pesquería de huachinango y b) de CPUE, en La Cruz de Huanacaxtle (periodo 1987-1998).

una vez desembarcado, es comercializado por medio de intermediarios, quienes se encargan de reportar la producción.

El lugar hacia donde dirige su esfuerzo esta flota son bancos alejados a los que normalmente no tienen acceso las embarcaciones menores. Este tipo de flota permanece hasta ocho días y la pesca llega a ser del orden de 8 t. Parte de esta captura es registrada por los intermediarios en la Oficina de Pesca regional en un solo aviso de arribo, lo que da como resultado una alta captura con un bajo esfuerzo.
En 1994 ingresaron a la flota otros dos barcos nodriza con capacidad de porte de 5 t. Ambas embarcaciones operan del mismo modo que la que se incorporó en 1991. En 1996, los dos barcos abandonaron la flota y sólo quedó en operación el que entró en 1991. Estos cambios en la flota, se ven reflejados durante el segundo régimen de la pesquería, a partir de 1991 (Fig. 5).

▼*Pesca incidental*

En el caso de la pesquería dirigida al huachinango, la pesca incidental corresponde a las especies de escama, tanto de hábitos demersales como pelágicos que viven ecológicamente asociadas y que son extraídas con el mismo arte de pesca. Esta pesquería incluye burros, cochitos, cabrillas, curvinas, jureles entre otros.

▼*Interacción con otras pesquerías*

La extracción de huachinango está asociada a una diversidad de especies que le dan carácter multiespecífico a la composición de las capturas, lo cual es también una particularidad de la pesca artesanal o ribereña, pero no implica una interacción con otras pesquerías.

Puede afirmarse que más del 80% del volumen de la captura está compuesto por un grupo de 25 a 30 especies, representadas principalmente por las familias: Lutjanidae, Haemulidae, Carangidae, Scombridae, Serranidae, Sianidae y Gerreidae.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En general, en el estado de Colima, la pesca ribereña no cuenta con infraestructura de atraque para las embarcaciones, ni para el acopio y conservación del producto. El reducido volumen de las capturas no permite presión por parte del sector productivo, para promover instalaciones que fortalezcan la actividad a la vez que impulsen su desarrollo.

El producto principal, que es el huachinango y los pargos (primera clase), tienen por todo proceso el eviscerado y enhielado a bordo de la embarcación.

El proceso de comercialización es muy simple, ya que el producto desembarcado, es inmediatamente transferido al comprador una vez pesado y pagado al pescador por parte del permisionario. Dado que no se cuenta con infraestructura básica para acopio del producto, éste se expende a comerciantes del mercado, restauranteros, expendios y venta directa en playa; se estima que el mayor porcentaje (90%) de la captura se destina al consumo humano en el estado. El precio por kilogramo oscila entre $20.00 y $40.00 (Cruz-Romero *et al.*, 1996).

En general, la pesca ribereña en Colima no cuenta con infraestructura de atraque para las embarcaciones, ni para el acopio y conservación del producto.

▼*Indicadores económicos*

En el litoral del Pacífico, Guerrero es el estado que captura mayor volumen de huachinango (22%), Nayarit se ubica en el cuarto lugar con 13% y Colima en sexto con 8%, de acuerdo al valor de su producción para 1997. La producción de huachinango para ese año reportó en Nayarit alrededor de 300 t cotizadas a $30.00 por kilogramo, importan nueve millones de pesos, considerando el precio de playa, en el caso de Colima, la captura fue de 150 t. Sin embargo, estas cantidades varían según la forma en que se comercializa. Rojas (1996) menciona que el 43% del producto se vende a los permisionarios, 27% directamente del pescador al consumidor, 15% al mejor postor, 13 % a los intermediarios y solamente un 2% es comercializado por la propia cooperativa.

El precio por kilogramo para huachinango y otros pargos y robalo de 1ª clase ha oscilado de $10.00 en 1994 a $30.00 - $35.00 en 1998; las de 2ª clase de $4.00 - $6.00 en 1994 a $8.00 - $15.00 en 1998, la 3ª clase de $1.00 - $3.00 en 1994 a $3.00 - $7.00 en 1998.

De acuerdo con el anuario estadístico (SEMARNAP, 1997), la población pesquera en el estado dedicada a la captura y pesquerías acuaculturales asciende a 2,107 personas, de los cuales un total de 980 son pescadores ribereños (Garcia-Boa *et al.*, 1998). Rojas (1996) cita la forma en que se organiza la población pesquera en el estado, la cual es de la siguiente manera: pescadores libres: 35.6%, coopertivados: 38.9%, permisionarios: 17.8% y grupos o unidades de producción: 7.8%.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Actualmente en la costa del Pacífico mexicano no existe ninguna medida regulatoria dirigida a las especies objeto de la captura ribereña; se observan solamente aquellas en el sentido del uso reglamentario de la malla de la red y la prohibición de algunos artes. Por otro lado, las demandas del sector pesquero en los últimos años, no han planteado la creación de nuevas cooperativas, que implique un incremento del esfuerzo, sino que han sido readecuaciones y reorganizaciones de los mismos pescadores, sin modificar el número de embarcaciones pesqueras y artes de pesca.

Con relación a las medidas regulatorias de las pesquerías artesanales ribereñas, existe un consenso sobre la posibilidad de al menos tres elementos para su manejo: un programa efectivo de inspección y vigilancia, un sistema nacional de captación de información de la actividad pesquera ribereña y por último, el enfoque de manejo comunitario de los recursos pesqueros, en donde los usuarios participen en las labores de evaluación, manejo y vigilancia de los mismos (González, 1997).

En la literatura existe una gran diversidad de medidas regulatorias de las pesquerías, desde criterios generales como la elaboración de políticas para pesquerías artesanales ribereñas, a las medidas regulatorias clásicas como sistemas de licencias y zonificación, restricción de áreas de pesca, rotación y creación de parques marinos; reducción del esfuerzo pesquero (embarcaciones, pescadores, artes, poder de pesca, permisos de pesca), controles a la captura y limitaciones de número y tamaño de los artes de pesca en función del tamaño mínimo de captura. Lo que resulta evidente es que en general la discusión en el ámbito mundial no plantea un conjunto de elementos regulatorios acordes a la problemática de la pesquería artesanal ribereña, dado que todos ellos parten de la perspectiva de la evaluación de las poblaciones pesqueras con los modelos de explotación clásicos. Este quizá sea uno de los grandes problemas de las pesquerías artesanales ribereñas a escala mundial.

Bajo el enunciado de que un recurso no vigilado es un recurso vacío, se resume la importancia de un sistema de inspección y vigilancia. Sin embargo, la baja rentabilidad de la actividad pesquera artesanal implica un análisis minucioso sobre la rentabilidad de la aplicación de un programa de esa naturaleza y los beneficios económicos de la actividad. En este sentido cobra importancia el manejo comunitario de los recursos pesqueros (González, 1997).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Para fines de análisis, en Colima se ha considerado el viaje como la unidad de esfuerzo más representativa, determinada con base en 10 años de datos (1980 a 1989) tomados directamente en campo. Cruz-Romero *et al.* (1990) señalan que esta unidad equivale a un viaje diario con duración promedio de 9 horas en embarcaciones

menores cuya captura oscila entre 9 y 52 kilogramos con un promedio de 25 kg./viaje (kg./viaje es la captura por unidad de esfuerzo CPUE). Un análisis más profundo para determinar la unidad de esfuerzo fue realizado por González (1997) a partir de una base de datos del periodo febrero de 1992 a abril de 1993, en la que mediante análisis de regresión múltiple, varianza de la regresión y análisis de residuos, determinó que entre las variables tiempo de pesca, número de pescadores y número de viajes, esta última es la que obtuvo un mejor ajuste en términos de los parámetros del modelo de regresión y del análisis de varianza. Espino-Barr *et al.* (1997 b) estiman un esfuerzo relativo en número de viajes partiendo de los muestreos de la captura comercial, usando un periodo de 16 años, el cual oscila entre 25,619 y 116,199 viajes anuales en el lapso de 1982 a 1997.

En el caso de los análisis realizados en Nayarit, la unidad de esfuerzo también es el viaje pero reportado en los avisos de arribo, asume que los pescadores reportan la información de manera oportuna y completa. En la realidad, sin embargo, es una práctica habitual no registrar toda la captura, registrar más de la extraída o rezagar los reportes. Esto ha convertido los avisos de arribo en uno de los métodos menos directos para estimar captura y esfuerzo. Por ello, en la literatura es común encontrar advertencias acerca de su uso como fuente de información.

▼ *Modelo*

• *Estimaciones de Rendimiento*

Para Colima, los datos de captura y esfuerzo para huachinango procesaron con modelos de producción excedente propuestos por Schaefer y Fox (citados por Sparre y Venema, 1995), permitieron estimar una producción máxima sostenible de 196 y 157 t (correspondiente a cada modelo). Esta captura podrá obtenerse anualmente con un esfuerzo óptimo de 80 mil viajes, esfuerzo que es ligeramente mayor al aplicado durante los últimos tres años a la captura de escama ribereña marina (Fig. 4), lo que sugiere la posibilidad de mantener esa intensidad de pesca sin que se afecte el recurso sometido a explotación (Fig. 6a y b).

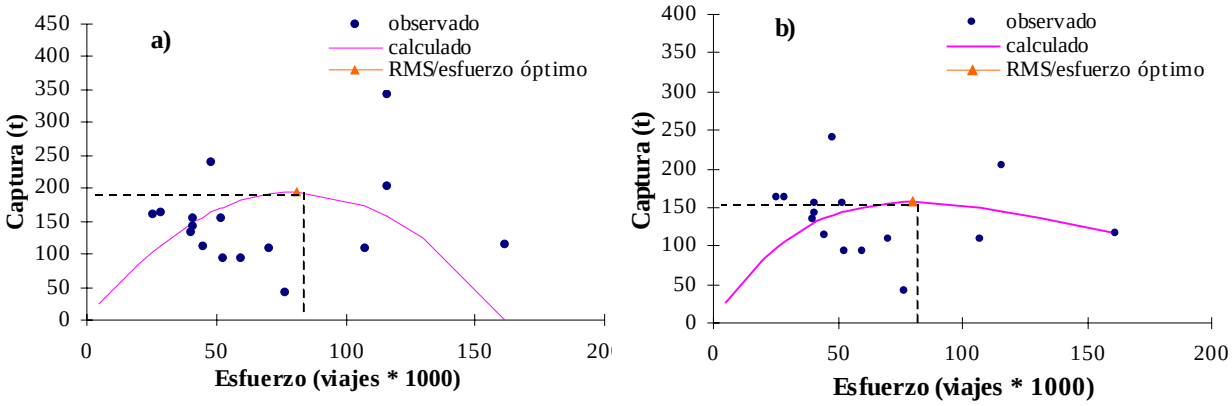


Fig. 6. Ajuste de los modelos a) Schaefer y b) Fox, a la captura del huachinango, *Lutjanus peru*, en Colima de 1982 a 1997.

• *Tendencia de la CPUE*

En la misma entidad, los resultados de un examen de la tendencia de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), hecho con base en análisis espectral y regresión de mínimos cuadrados, para un periodo de 1982 a 1997, sugieren la posibilidad de un estado de equilibrio del recurso, ya que la tendencia de la CPUE se mantiene sin cambios drásticos a través de los 15 años de la serie (Espino-Barr *et al.*, 1997; Espino-Barr, 1998).

Dicho análisis identifica, para la captura de huachinango, tres periodos importantes de dos meses, dos años y casi cinco años (Fig. 7), que podrían asociarse a fenómenos ambientales cíclicos que determinan, por un lado, la presencia o ausencia del recurso, y por otro lado, la intensidad de pesca.

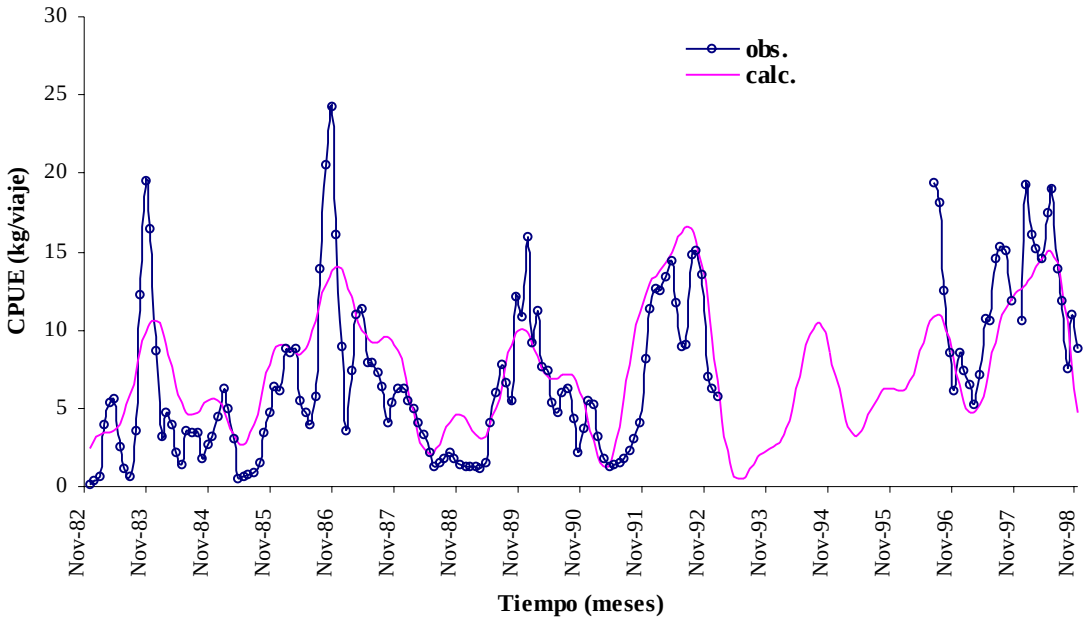


Fig. 7.- Captura por unidad de esfuerzo mensual del huachinango, de 1982 a la fecha.

El resultado más importante gira en torno al posible equilibrio del recurso, ya que la tendencia de la CPUE de huachinango se mantiene sin cambios drásticos a través de estos años, solamente con periodicidades amplias que dan la idea de tendencias en los niveles poblacionales de los recursos (Fig. 4). La pendiente del ajuste de regresión no es significativamente diferente de 0. La prueba del coeficiente de determinación afirma que el modelo explica el 20% de la serie original.

- ***Tendencia de la talla del huachinango***

El análisis del comportamiento de la talla promedio a través de un lapso de tiempo, es uno de los indicadores más simples del nivel de explotación de una pesquería en particular, representando su disminución un efecto negativo en la población (Cassie, 1957; Klingenberg y Froese, 1991; Safran, 1992). La presión de pesca, trae así el consecuente riesgo de que la captura se componga de juveniles y subadultos o hembras maduras próximas a desovar (Laroche y Ramananarivo, 1995).

En Colima, con una serie de datos promedio mensual de longitud estándar de huachinango que va de nov '82 a dic '97, se analizaron los cambios a lo largo del tiempo. Se encontró que a pesar de observarse una disminución de tallas (Fig. 8), la prueba no indicó diferencia significativa con 0, es decir, a lo largo del tiempo, no hay tendencia. El resultado de la regresión con los residuos resultantes de los valores observados y calculados, muestran que no existe diferencia significativa en el tamaño de los organismos capturados ahora y hace 15 años.

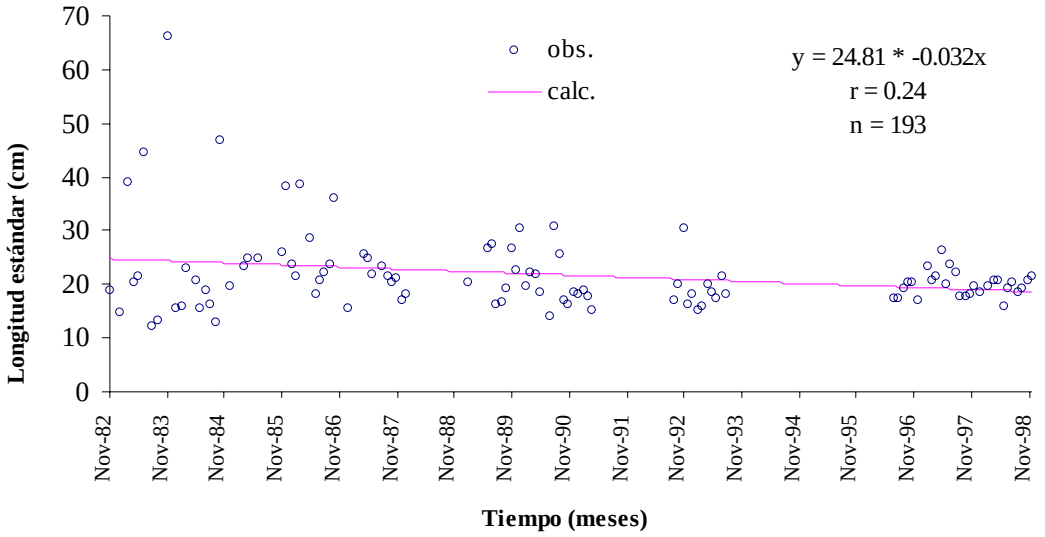


Fig. 8.- Regresión lineal con los valores originales de talla promedio del huachinango *Lutjanus peru*.

- ***Biomasa***

- Litoral de Colima

Para este análisis se utilizó el modelo de diferencia con retraso (Delay Difference Model) propuesto por de Deriso/Schnute (Hilborn y Walters, 1992) que considera los siguientes supuestos: 1) el aumento en peso de los individuos totalmente reclutados al arte puede ajustarse a una recta, 2) a cierta edad "k", todos los organismos son igualmente vulnerables, y 3) a partir de esa edad "k", la mortalidad natural (M) es igual para todas las edades (Hilborn y Walters, 1992; Sparre y Venema, 1995; Gallucci *et al.*, 1996).

Fue desarrollado para especies de larga vida (crecimiento lento), como es el caso del huachinango *Lutjanus peru* y permite calcular la biomasa esperada (B_t), con la ecuación:

$$B_{t-1} = g * (B_t + C_t) + R \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

g = parámetro relativo a la población, que integra conceptos de mortalidad natural (M), constantes de crecimiento del modelo de Ford-Walford, llamados alfa (α) y ro (ρ) y el peso del individuo promedio en la captura:

$$g = e^{-M} \left(\alpha / W_{med} + \rho\right) \qquad \text{.....(2)}$$

donde:

C_t = captura al tiempo t
R = reclutamiento reportado en biomasa, y en este caso como:

$$R = Bo - g * Bo \qquad \text{.....(3)}$$

Las simulaciones se realizan agregando valores de captura, y se calcula la biomasa del recurso.

En este análisis se utilizó una serie histórica de capturas de huachinango en Colima que va de 1960 a 1977 tomada de Ramírez (1977); de los anuarios estadísticos de Pesca se obtuvo el complemento de la serie hasta 1997, a partir de las cuales fueron calculados los parámetros requeridos por el modelo (Tabla 4).

Tabla 4.- Parámetros utilizados en el modelo de diferencia de retraso.

PARÁMETRO	VALOR
Bo (biomasa inicial)	10,000 t
g	0.978
M	0.63/año
W_{med} (peso promedio)	0.373 g
α (alfa)	0.765
ρ (ro)	0.8

El parámetro de entrada es la biomasa Bo, al que están relacionados todos los demás parámetros. Como primera entrada se dio Bo = 10,000 t, pero posteriormente este valor se ajustó mediante la validación de la CPUE, considerando los datos observados en campo. De esta manera, resultó como la mejor opción Bo= 29,000 t (Fig. 9a).

Se realizaron simulaciones para 1998 a 2000, variando los valores de la captura: disminuyendo, manteniendo y aumentando su monto. Los resultados indican que si se mantiene la captura en el nivel de los últimos años (100 t), la biomasa se estabiliza; si la captura disminuye (a 50 t), la biomasa aumenta poco (de 22,700 t en 1997 a 22,900 en el año 2000), al aumentar la captura anual, la biomasa disminuye (Tabla 5). En la misma *figura 9a*, se simula una ausencia de captura de 1998 a 2000 y se observa un sensible incremento de biomasa.

Tabla 5. Simulaciones de captura y la biomasa de huachinango en Colima, para los años 1998 a 2000.

CAPTURA (t)	AÑO	1997	1998	1999	2000
50.00	BIOMASA (t)	22718.19	22763.40	22853.59	22941.80
	CPUE (kg)	4.27	2.20	2.19	2.18
100.00	BIOMASA (t)	22718.19	22763.40	22804.69	22845.07
	CPUE (kg)	4.27	4.39	4.39	4.38
150.00	BIOMASA (t)	22718.19	22763.40	22755.79	22748.35
	CPUE (kg)	4.27	6.59	6.59	6.59
200.00	BIOMASA (t)	22718.19	22763.40	22706.89	22651.62
	CPUE (kg)	4.27	8.79	8.81	8.83

Para validar el modelo anterior se ajustó la serie de CPUE observada con la calculada por el modelo (Fig. 9b). De esa manera se calculó la biomasa inicial en cerca de 30,000 t.

Los resultados de las simulaciones de la *tabla 6* indican que con una captura de 200 t anuales en adelante, la biomasa tiene una disminución que empieza a apreciarse después del tercer año de simulación. Con una captura anual de 100 t de huachinango o menos puede protegerse el recurso, ya que la simulación muestra un incremento en la biomasa. Una extracción de recurso equilibrado sería de 150 t anuales, lo que coincide con los resultados de los modelos de producción excedente.

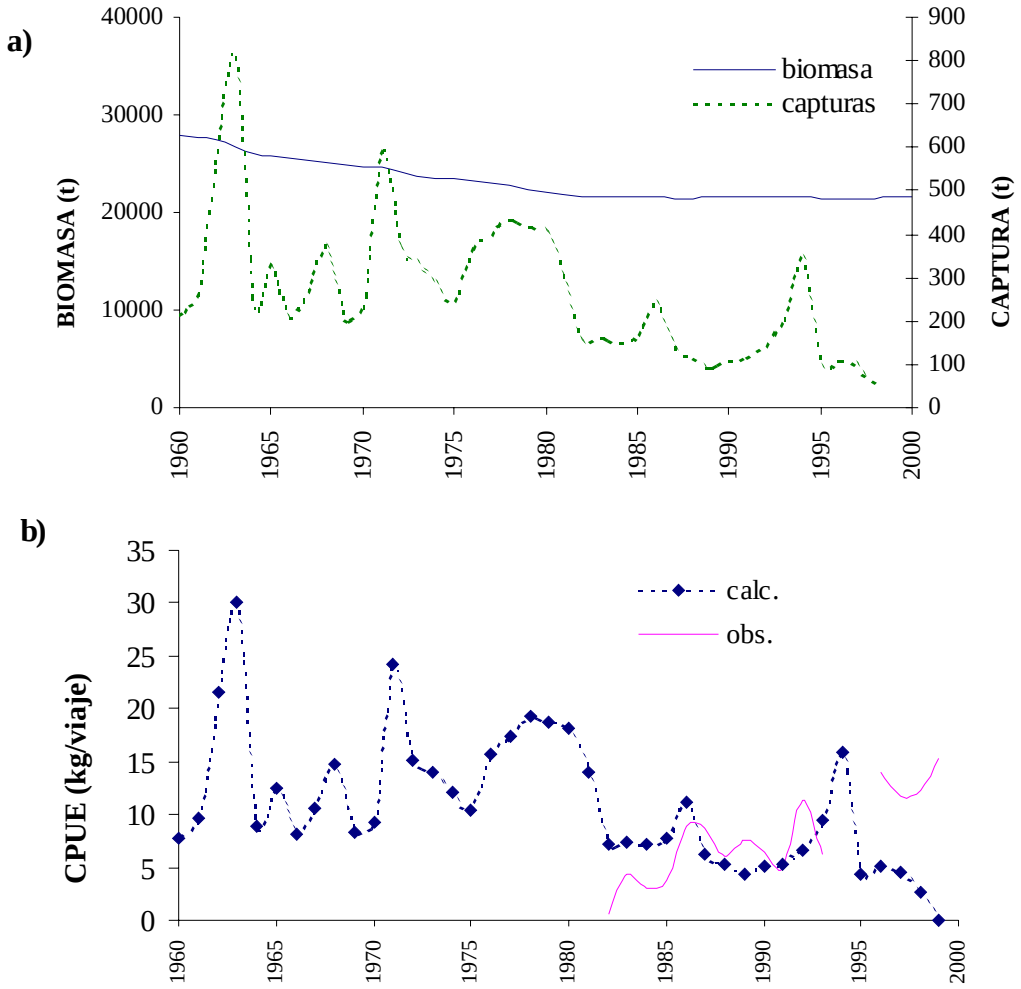


Fig. 9. a) Biomasa calculada para huachinango por el modelo de Deriso o modelo de diferencia con retraso, y b) Validación de la captura por unidad de esfuerzo observada y la calculada por el método de Deriso.

Tabla 6. Valores estimados de los parámetros del modelo de Schaefer aplicado a los datos de la pesquería del huachinango, registrados en La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit.

Parámetro	Valor estimado
K (t)	6616
r	0.19
q	0.00003
σ	0.1
Ag	0.4

- Bahía Banderas

Con la información colectada de Bahía Banderas se utilizó el modelo de Schaefer modificado en su forma dinámica por Hilborn y Walters (1992), que asume que: a) los datos a los que son aplicados provienen de un solo stock; b) que las tasas de emigración e inmigración son despreciables en comparación a las tasas de crecimiento y mortalidad natural; c) que no existen componentes azarosos importantes que afectan a la población, como factores ambientales (stock en equilibrio); d) que no se presentan retrasos en el tiempo de la producción de la biomasa, es decir, que la biomasa del tiempo actual depende exclusivamente de la del tiempo anterior; y e) que la estructura de edades o sexos no influye en la dinámica de la población.

Megrey y Wespestad (1989), complementan estas suposiciones con otras relacionadas a la función de la captura: a) capturabilidad independiente de la edad, tiempo y espacio; b) las pérdidas en la población son por mortalidad natural y por pesca; c) las unidades de esfuerzo son independientes del esfuerzo; d) la disponibilidad y vulnerabilidad del recurso es constante; e) la eficiencia de la flota es constante.

El modelo de Schaefer trabaja con tres series de tiempo: la captura (*C*), el esfuerzo pesquero (*E*) y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE o I), bajo la idea central de que, “a largo plazo, altos niveles de esfuerzo conllevan a bajos niveles de captura por unidad de esfuerzo” (Schnute, 1989). Supone que el volumen de captura *C* es proporcional al tamaño de la población, expresado en términos de biomasa, y al esfuerzo pesquero. Esto implica que la captura por unidad de esfuerzo es proporcional a la biomasa, lo cual le otorga el carácter de índice relativo de abundancia.

Se han desarrollado varias propuestas para plantear las ecuaciones en forma estocástica, esto es, añadiendo términos de error (el de proceso y el de observación). En el presente análisis se utiliza el error de observación ya que se ha demostrado que se obtienen estimaciones más precisas en comparación a las realizadas con error de proceso (Hilborn y Mangel, 1997).

En la estimación mediante error de observación se asume que el modelo de la dinámica de la población no contiene error y que éste ocurre en la relación entre el índice de abundancia y la biomasa:

$$I_t = qB_t \exp\left(V_t \sigma_V - \frac{\sigma_{V^2}}{2}\right) \qquad \text{.....(4)}$$

donde V_t representa el error de observación. Este tipo de error presenta una distribución normal con media 0 y desviación estándar σ_V. Sin embargo, se ha demostrado que en el manejo de pesquerías, es preferible asumir una distribución de tipo log–normal (Hilborn y Mangel, 1997).

El modelo de Schaefer con error de observación se plantea como:

$$B_{est,t+1} = B_{est,t} + rB_{est,t}\left(1 - \frac{B_{est,t}}{K}\right) - C_{est,t} \qquad \text{.....(5)}$$

A partir de (1) y (2), la ecuación que se utilizó para calcular el índice de abundancia estimado fue:

$$I_{est,t} = qB_{est,t} \qquad \text{.....(6)}$$

Este enfoque asume un stock virgen, lo que implica que la biomasa inicial es igual a la biomasa correspondiente a la capacidad de carga o $B_{est,0} = K$. Los datos de CPUE, no obstante, muestran que la biomasa inicial pudo haber sido menor que *K* (Fig. 10) lo que significa que el recurso se ha pescado mucho más tiempo. Por lo tanto, el cálculo de la biomasa inicial añade un parámetro más, denominado como nivel de agotamiento o *Ag*, que representa la fracción de *K* que ha sido extraída del stock desde el comienzo de la pesquería hasta el primer registro. La fórmula que se utilizó para relacionar la biomasa inicial con el nivel de agotamiento es $B_{est,0} = K(Ag)$.

Los parámetros que se evaluaron de (5) son *r*, *K* y Ag (Punt y Hilborn, 1996).

Ya que en el error de observación *q* no participa en el cálculo de la biomasa, se obtuvo analíticamente mediante la ecuación propuesta por Punt (1988) (Hilborn y Mangel, 1997). Una vez obtenido el índice de abundancia, se comparó con el índice observado para tener una medida del desempeño del modelo, es decir, del error.

Debido a que el error puede expresarse en valores muy pequeños, se utiliza el logaritmo de la verosimilitud, llamada verosimilitud logarítmica o *función de apoyo* (Hilborn y Mangel, 1997), que describe la distribución del error *V*. La función de verosimilitud logarítmica se define como:

$$L = -\frac{1}{2}\ln(2\ \pi n - \frac{1}{2}\ln(\ \sigma^{2}\ ) - \frac{2\sigma^{2}}{\left[\ln(\ \hat{I}_{t}\ ) - \ln(I_{\ t}\ )\right]^{2}} \qquad \text{.....(7)}$$

Esta ecuación expresa la distribución del error, cuya suma a lo largo de todos los años es:

$$L = \exp\left(\sum_{t=1}^{n} - \frac{1}{2}\ln(2\ \pi n - \frac{1}{2}\ln(\ \sigma^{2}\ ) - \frac{2\sigma^{2}}{\left[\ln(\ \hat{I}_{t}\ ) - \ln(I_{\ t}\ )\right]^{2}}\right) \qquad \text{.....(8)}$$

En las ecuaciones (8) y (9) aparece el nuevo término σ, el cual es un parámetro adicional que vincula los parámetros con la función de verosimilitud y con el error. La función de verosimilitud indicada en la ecuación (8) queda enlazada con el modelo de modo tal que al hacerla máxima, la magnitud del término de error automáticamente disminuye. *Sigma* se obtiene con el método propuesto por Punt (1988) (Hilborn y Mangel, 1997).

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\prod_{t=1}^{n}\left(\ln\left(I_{\ t}\ \right) - \ln\left(\hat{I}_{\ t}\ \right)\right)^{2}} \qquad \text{.....(9)}$$

Los puntos de referencia expresados en términos de mortalidad por pesca (*F*) se obtuvieron considerando que ésta es proporcional al esfuerzo pesquero (*E*) y al coeficiente de capturabilidad *q*.

La biomasa y la CPUE calculadas por el modelo se presentan en la *figura 10.* Dos rasgos se distinguen de las estimaciones de biomasa y CPUE: a) el modelo representa razonablemente la tendencia de la serie; y b) la CPUE estimada no capta las principales señales de la serie original. Las importantes variaciones en la CPUE no pueden ser reproducidas tomando en cuenta la combinación entre la capacidad de carga y una tasa de reposición tan baja como 0.19.

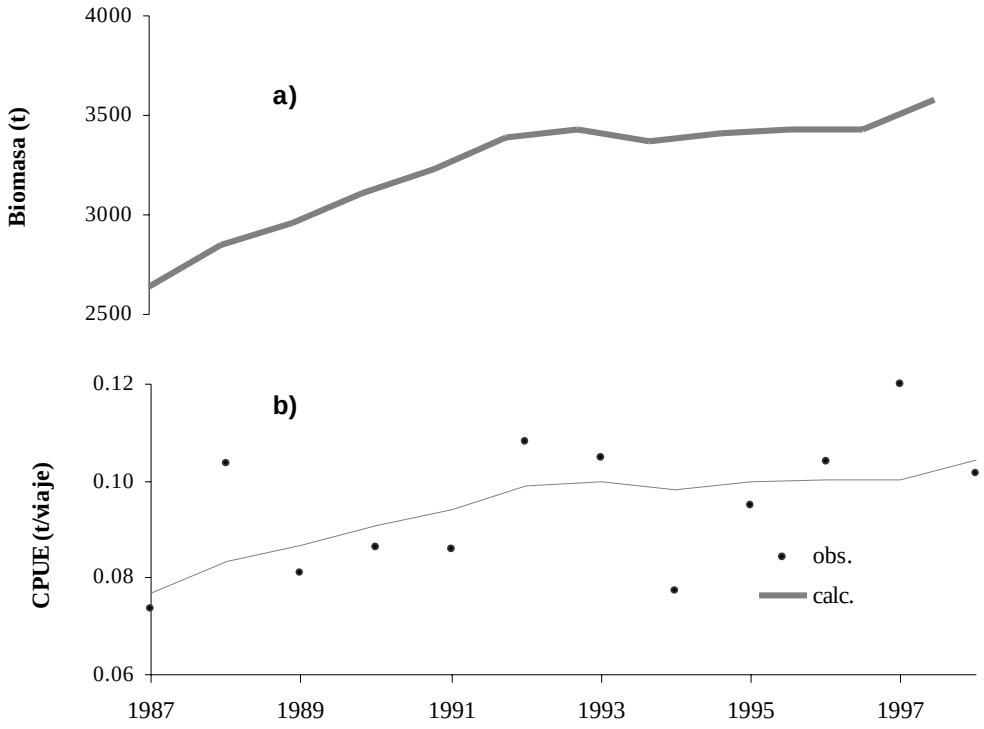


Fig. 10. Valores estimados para a) la biomasa poblacional y b) CPUE, mediante el modelo de Schaefer ajustado a los datos de la pesquería de huachinango registrada en La Cruz de Hunacaxtle, Nay.

Con respecto a los parámetros estimados, la capacidad de carga presenta una dimensión razonable considerando el volumen de las capturas; el valor de la tasa intrínseca de crecimiento es coherente con lo que se sabe acerca del crecimiento de los pargos y el coeficiente q se encuentra dentro de un rango admisible con respecto a otras estimaciones (Hilborn y Walters, 1992). El valor de los parámetros estimados se muestra en la *tabla 7*.

Tabla 7. Principales puntos de referencia derivados del modelo de biomasa dinámica de Schaefer. (Ver texto para la equivalencia de las siglas).

Punto de Referencia	Categoría	Fórmula
MRS	Límite	$rK/4$
B_{MRS}	Límite (PRB)	$K/2$
E_{MRS}	Límite	$r/2q$
F_{MRS}	Límite (PRB)	$(0.5)r$
$F_{0.1}$	Objetivo (PRB)	$(0.45)r$

Una vez estimado el estado del stock y de las variables que intervienen en su cálculo, deben ser comparados con valores estándar para determinar si se encuentran por arriba o por debajo de su nivel óptimo, denominados como “puntos de referencia”.

Los puntos de referencia técnicos que han sido propuestos para la explotación racional de las pesquerías, en términos de su aplicación, han sido ubicados en dos categorías: puntos de referencia objetivo (PRO) y puntos de referencia límite (PRL). Un punto de referencia objetivo es aquel que se considera como indicador del estado del recurso y que es un objetivo deseable para el manejo. Los puntos de referencia objetivo requieren un seguimiento activo y un oportuno reajuste de las medidas de manejo.
También requieren de la atención de los efectos que tienen una variedad de fuentes de incertidumbre en los estimados de estos valores y en el estado del stock (Caddy y Mahon, 1995).

Para poder proteger el recurso y la industria pesquera contra daños a largo plazo, es importante definir y acordar una “área roja” que indique que la continuidad en la producción del recurso está en peligro y dónde se requiere una intervención, como reducir el esfuerzo o la mortalidad por pesca. Los puntos de referencia que advierten cuándo dicha zona está por ser traspasada son conocidos como puntos de referencia límite (OSB, 1998). En la *tabla 8*, se resumen los puntos de referencia que pueden ser derivados de los modelos de biomasa dinámica.

Tabla 8. Puntos de referencia calculados con el modelo de Schaefer en comparación con el estado de la pesquería de huachinango en 1998.

Variable	Estado de la pesquería en 1998	Valor calculado del punto de referencia	Punto de referencia
Captura (t)	175	312	*MRS*
		3308	B_{MRS}
Esfuerzo (viaje)	1830	3233	E_{MRS}
F (t)	0.05	0.09	F_{MRS}
		0.08	$F_{0.1}$

Para sugerir medidas tendientes al manejo de la pesquería, es conveniente equiparar el valor de los puntos de referencia derivados del modelo con los últimos datos de captura, esfuerzo y mortalidad por pesca, con los observados en el estado actual de la población (Tabla 9), (Getz *et al.*, 1987).

Tabla 9. Escenarios propuestos para el manejo de la pesquería de huachinango en Bahía de Banderas, basados en cuotas de captura derivadas de tres mortalidades por pesca distintos (F_x).

Escenario	F_x	Cuota de captura en F_x (t)
1	0.05	310
2	0.1	308
3	0.8	112

Los valores de captura, esfuerzo y mortalidad por pesca están en promedio 45% debajo de cualquiera de sus puntos de referencia correspondientes.

La comparación entre los puntos de referencia y el estado actual de la pesquería (Tabla 9) sugiere en primera instancia que la población de huachinango en Bahía de Banderas es saludable y la pesquería tiene potencial de desarrollo. Los niveles de biomasa, captura, esfuerzo y mortalidad por pesca se encuentran por debajo de los PRL e incluso por debajo de los PRO. Sin embargo, el hecho de que el análisis se basa en datos procedentes de avisos de arribo, provoca que los niveles óptimos de explotación puedan extralimitarse con facilidad. Por ejemplo, el MRS se encuentra entre de 250 y 470 t con un 95% de confianza (la diferencia entre los valores límite significa el 70% del MRS calculado). El resto de los parámetros y puntos de referencia presentan imprecisiones semejantes.

El cálculo de la verosimilitud de distintas hipótesis acerca de un *Estimado de Máxima Verosimilitud* (EMV) en particular, o de un punto de referencia, consiste en encontrar la verosimilitud correspondiente a través de los posibles valores del parámetro o punto de referencia que sean distintos al EMV.

Se estableció un rango de valores para cada parámetro según el valor obtenido por medio del ajuste; luego se calcularon los valores de la función de verosimilitud para cada valor del rango, considerando que presenta una distribución log–normal. Posteriormente ésta se transformó en una distribución χ^2 mediante la siguiente ecuación:

$$\Re = \left| 2\left(\rho - \rho_{EMV}\right) \right| \qquad \text{.....(10)}$$

donde:

$\Re$ es la razón entre las verosimilitudes individuales de los posibles valores del parámetro (ρ) con el EMV (ρ_{EMV}).

Para calcular la probabilidad asociada a las estimaciones de los parámetros y los puntos de referencia se comparan los valores obtenidos de $\Re$ con el valor correspondiente al 75%, 80%, 90% y 95% de confianza de la distribución χ^2 mediante las fórmulas $Pr\{\chi^2<1.32\}=0.75$ $Pr\{\chi^2<2.7\}=0.90$, $Pr\{\chi^2<3.84\}=0.95$.

Con la finalidad de comparar los perfiles, se aplica una función exponencial a cada valor de $\Re$ y se normalizan considerando el valor máximo de los valores del rango del parámetro o punto de referencia.

El punto de referencia $F_{0.1}$ ha sido ampliamente utilizado por haber demostrado resultados favorables en diversas pesquerías a nivel nacional e internacional (Ehrhardt y Legault, 1996; OBS, 1998). Usando este criterio, se deja un margen de seguridad al PRO del *MRS*, por lo que es calificado como un objetivo deseable en el manejo (PRO). Utilizando este punto de referencia, se tiene una visión más moderada de lo que sugieren los otros puntos de referencia.

A pesar de que en este tipo de estrategias se ignora la propia eficiencia del modelo y se limita el sistema a un rango de acción estrecho (por ejemplo, limitando la captura cerca de lo que se asume que es el óptimo) sin permitir que se use más información para decidir si en realidad el óptimo se encuentra en ese rango, muchas de las evaluaciones en las pesquerías se han hecho y se siguen haciendo bajo la política del diseño adaptativo.

En último caso, no debe juzgarse si vale la pena o no considerar alternativas que sacrifiquen el aprovechamiento de la pesquería en el corto plazo a favor de obtener más información y experiencia para el manejo en el largo plazo.

No obstante, las estimaciones de los niveles óptimos de explotación basadas en modelos de biomasa dinámica, no sugieren la manera en cómo repartir la captura ni el esfuerzo entre los que participan en la pesquería, pero sí pueden servir para fijar límites. Disminuir o controlar el esfuerzo ha resultado ser una estrategia difícil de implementar. Sería más conveniente tomar la captura correspondiente al $F_{0.1}$ (308 t) y fijarla como captura máxima permisible a todas aquellas sociedades cooperativas de producción pesquera, permisionarios y pescadores independientes que reportan sus capturas de manera regular en la oficina de SEMARNAP de La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit (Fig. 11). Bajo este esquema, la flota podría permanecer operando de manera habitual mientras se lleva un registro detallado del volumen del producto en el puerto de desembarque sobre una base mensual durante un año. En caso de que el nivel de captura propuesto se rebasara sin que con ello disminuyera el rendimiento, sería una señal de que la medida está surtiendo efecto. En caso contrario, se ajustaría el modelo con los nuevos datos y con base en el resultado, se volvería a calcular el punto de referencia pero ahora como $F_{0.2}$. Si al cabo de un año la pesquería se recupera, mantener el mismo nivel, si no, se vuelve a ajustar el modelo, aumentando el nivel de *F* al 0.3 y así sucesivamente, hasta encontrar el nivel óptimo sin crear situaciones de contingencia.

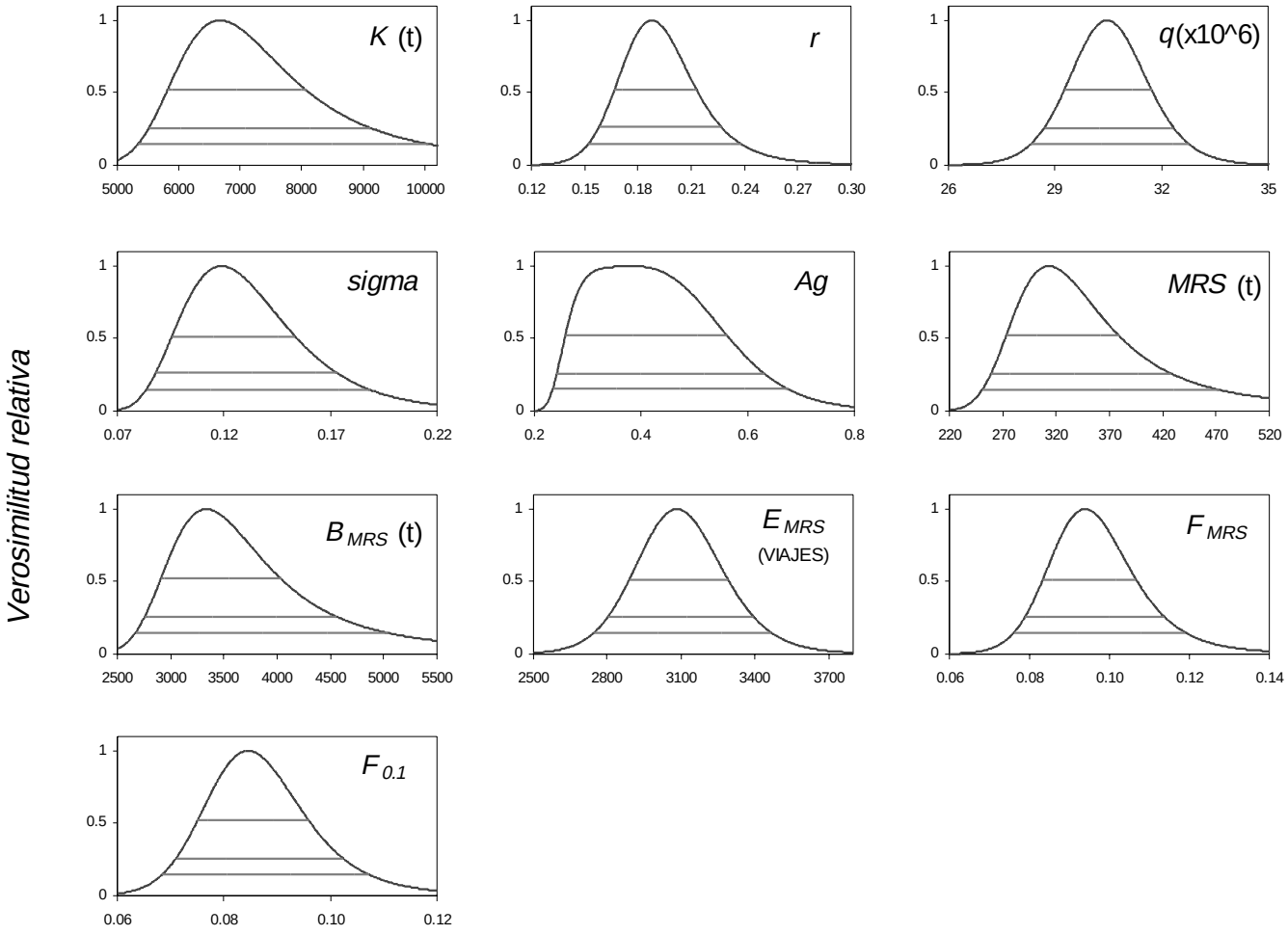


Fig. 11. Perfiles de verosimilitud e intervalos de confianza –de abajo hacia arriba– de 95, 90 y 75% de los parámetros y puntos de referencia derivados del modelo de Schaefer aplicado a los datos de la pesquería de huachinango reportada en La Cruz de Huanacaxtle durante el periodo 1987-1997.

▼ *Estado actual de la pesquería de huachinango del Pacífico*

Los primeros resultados sugieren para el caso del huachinango en el litoral de Colima, una captura anual estimada entre 157 y 196 t (mayor a la obtenida los años de 1995 a 1997), que podría extraerse con un esfuerzo óptimo de 80 mil viajes, un poco mayor al aplicado en el periodo antes señalado (Tabla 1); ello permite mantener el esfuerzo actual sin lesionar el recurso. Debe tomarse en cuenta que los análisis con este tipo de modelos genera una sobrestimación en los resultados.

Los resultados de los modelos de producción excedente indican que una extracción equilibrada del recurso sería de entre 157 y 196 t anuales para el estado de Colima

El análisis de simulación de los cambios de biomasa y captura para los años 1998 a 2000, permiten suponer que con una captura anual de 100 t, el recurso puede soportar la extracción sin lesionar la población, valor similar a las extracciones reales.

Las fluctuaciones de la CPUE analizadas por espacio de 10 años, demuestran un posible equilibrio del recurso. Las oscilaciones parecen asociarse a fenómenos ambientales cíclicos que determinan por un lado la presencia o ausencia del recurso y por otro la intensidad de pesca.

Estos elementos determinan que la pesca ribereña sea una actividad con una capacidad productiva muy variable, que no obstante las limitantes en su desarrollo, se mantiene vigente, proveyendo materia de trabajo a un grupo considerable de pescadores.

En el caso de Nayarit, los niveles actuales de la población de huachinango en Bahía de Banderas señalan que la pesquería tiene potencial de desarrollo

En el caso de Nayarit, los niveles actuales de la población de huachinango en Bahía de Banderas señalan que la pesquería tiene potencial de desarrollo. La biomasa proyectada para los próximos 10 años (Fig. 12) apunta también a que la población mantenga niveles que no sobrepasen los puntos de referencia límite, incluso aplicando cuotas de captura cercanas al MRS.

En la *tabla 10* se indican los tres escenarios utilizados para hacer las simulaciones de la trayectoria de la biomasa para los próximos 10 años. Los escenarios están basados en las capturas correspondientes a distintas mortalidades por pesca por arriba y por debajo del punto de referencia $F_{0.1}$.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Existe un reconocimiento mundial al respecto de que el enfoque de análisis de las pesquerías en general y de ribereñas en particular, debe de considerar, por un lado, todos los aspectos implicados en la cadena productiva de la actividad pesquera. Por otro lado, exige la participación de un gran número de disciplinas para el análisis integral y sistemático de la problemática pesquera, para que los planes de manejo contemplen todos los aspectos relacionados, incluyendo los políticos, económicos, sociales y biológicos.

El esquema de manejo más recomendado en la literatura es el comunitario, dado que genera un arraigo social e integra a diferentes componentes de la sociedad en la aplicación y vigilancia de las medidas de manejo. Ello permite la instrumentación de medidas de protección del recurso, dado que la participación de los pescadores en la evaluación del recurso amplía su conciencia sobre la importancia de su cuidado e introduce criterios de sustentabilidad.

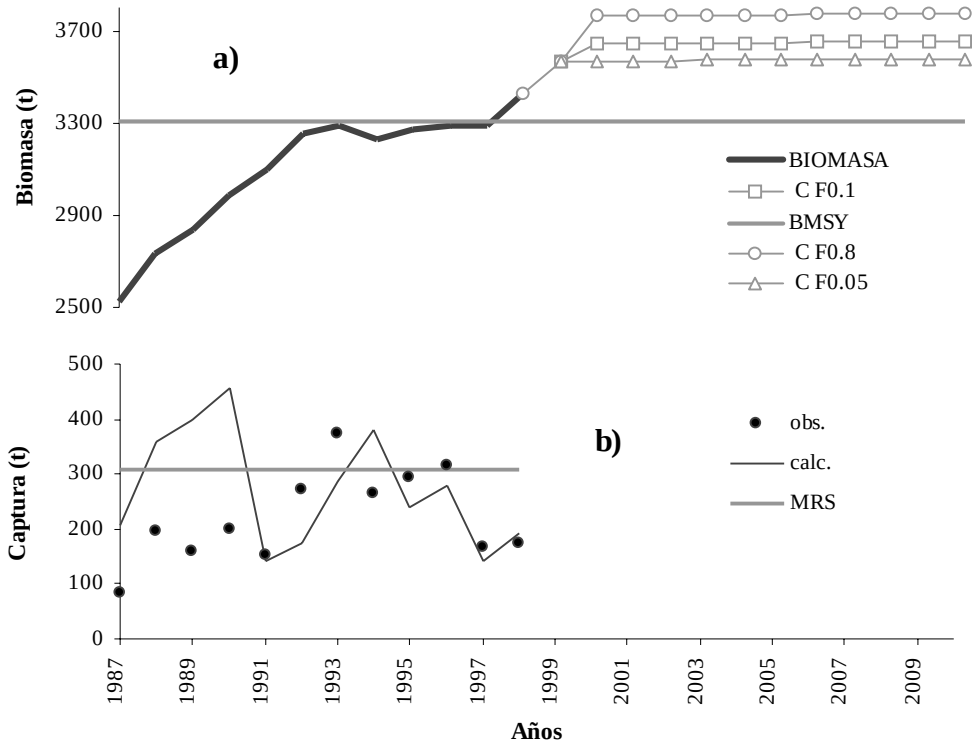


Fig. 12. a) Proyecciones de biomasa de huachinango (*Lutjanus peru*) de la Bahía de Banderas utilizando tres distintas cuotas de captura alrededor del PRO $F_{0.1}$ y b) capturas estimadas mediante el modelo de Schaefer.

Basado en las experiencias de otros países, González (1997) hace algunas propuestas que podrían apoyar el desarrollo de la pesca ribereña en el área que nos ocupa, entre los que se pueden citar las siguientes:

- Incrementar el nivel de organización de los pescadores, diversificando el tipo de organizaciones y aumentando su representación en la sociedad, constituyendo un sector económico influyente.

- Creación de un sistema de crédito para financiamiento de pescadores artesanales, que tome en cuenta, su idiosincrasia, capacidad productiva, tipo de organización, en el contexto de asociaciones de pescadores en diferentes fases de la cadena productiva por ejemplo, de las uniones de crédito.

- Mejoramiento de las instalaciones de infraestructura y construcción de nuevas instalaciones a todos los niveles de la cadena productiva con la participación de los usuarios del recurso.

- Marco de evaluación de los recursos adecuado a las condiciones biológicas y tecnológicas de las especies, dentro del esquema de la Pesca Responsable y con un marco ecológico ambiental del recurso.

- Desarrollo de un sistema de captación y proceso de la información con cobertura nacional que permita la descripción y evaluación de todo el sistema de pesca.

- Desarrollar un programa que permita incluir en las embarcaciones dispositivos de ubicación, comunicación y navegación, así como de salvamento.

- Que los programas de caracterización de los sistemas pesqueros realizados por el gobierno o por instituciones de investigación u organismos no gubernamentales, sean continuos y que involucren aspectos biológico-pesqueros, socioeconómicos y de legislación pesquera.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Con las universidades se participa en proyectos específicos de biología de diferentes especies de peces; se apoya a estudiantes que realizan servicio social, prácticas profesionales o tesis; se participa con pláticas o cursos según lo solicitado. Dichas universidades son:

U. de Guadalajara, Centro de Ecología Costera, en Melaque, Jal.
U. de Guadalajara, Facultad de Ciencias Biológicas, Guadalajara, Jal.
U. de Colima, Facultad de Ciencias Marinas, El Naranjo, Manzanillo, Col.
U. de Colima, Centro Univ. de Estudios de Desarrollo Sustentable (CUDESU)
U. de Colima, Centro Univ. de Investigaciones Oceanográficas (CEUNIVO).
U. de Nayarit

REFERENCIAS

Acero, A. & J. Garzón. 1985. Los Pargos (Pisces: Perciformes: Lutjanidae) del Caribe Colombiano. Actualidades Biológicas 14(53): 89-99.

Aguilar S., F.A. 1986. Determinación de la edad y estimación de la tasa de crecimiento del huachinango del Pacífico mexicano *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922), por el método de lectura de escamas. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias UNAM.

Allen, G.R. 1985. FAO Species catalogue. Snappers of the World. An annotated and ilustrated catalogue of lutjanid species known to date. FAO Fish. Synop. 6(125):1-208.

Allen, G.R. & D.R. Robertson. 1994. Fishers of the Tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press. Honolulu.

Amezcua-Linares, F. 1985. Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la costa del Pacífico de México. *En:* Yáñez-Arancibia, A. (ed). Recursos Pesqueros Potenciales de México. La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICMyL/INP. 2:39-94.

Amezcua-Linares, F. 1996. Peces demersales de la plataforma continental del Pacífico Central de México. UNAM / ICMyL / CONABIO.

Caddy, J.F. & Mahon, R. 1995. Reference Points for Fisheries Managament. FAO Fish. Tech. Pap. 347:1-83.

Castro, C.F. 1981. El huachinango en la Bahía de San José, B.C.S., determinación de edad y crecimiento (*Lutjanus peru*). Rev. Ciencias del Mar 1:4-8.

Cassie, M. 1957. Condition factor of Snapper, *Chrysophrys auratus* Foster, in Hauraki Gulf. New Zealand. Jour. Sci. Tech. 38(4):375- 388.

Charles, A.T. 1991. Bio-socio economic dynamics and multidisciplinary models in small scale fisheries research. *En:* Durand, J.R., J. Lemoalle & J. Weber (eds.). Research and small scale Fish. Internal. Symp. ORSTOM IFREMER0. 2:603-608.

Chirichigno, N., W. Fischer & C.W. Nauen (comps.). 1982. INFOPESCA. Catálogo de especies marinas de interés económico actual o potencial para América Latina. Parte 2. Pacífico Centro y Suroriental. Roma FAO/PNUD, SIC/82/2:1-588.

Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr & A. García-Boa. 1989a. Lista de Peces del litoral colimense. Serie: Documentos de Trabajo, SEPESCA/INP, México. 1(9):1-21.

Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr & A. García-Boa. 1989b. Análisis estadístico de la captura y esfuerzo. Pesquería ribereña del Estado de Colima. 1980-1987. SEPESCA/INP, CRIP-Manzanillo, Col., México, Boletín Informativo, 9:17-29.

Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr & A. García-Boa. 1990. Escama ribereña: un análisis descriptivo. SEPESCA/INP/CRIP-Manzanillo, Boletín Informativo 10:1-16.

Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr, J. Mimbela L., A. García-Boa, L.F. Obregón A. & E.Girón B. 1991. Biología reproductiva en tres especies del género *Lutjanus* en la costa de Colima, México. Informe Final. Clave CONACyT: P220CCOR892739, México (inédito).

Cruz-Romero, M., E. Espino-Barr & A. García-Boa. 1996. Diagnóstico de la Pesquería Ribereña. CRIP- Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

De la Cruz A., J., M. Arellano M., V.M. Cota G. & G. De la Cruz A. 1997. Catálogo de los peces marinos de Baja California Sur. IPN/CICIMAR/CONABIO.

Del Monte-Luna, P., R. Moncayo-Estrada & S. Sánchez-González. Determinación de la especie objetivo de la captura comercial registrada en La Cruz de Huanacaxtle, Nayarit, durante el periodo 1987-1997. Ciencia Pesquera (en prensa).

DEPESCA, 1980. Anuario estadístico de Pesca 1978. Departamento de Pesca.

DEPESCA, 1981. Anuario estadístico de Pesca 1980. Departamento de Pesca.

Ehrhardt, N.M. & C.M. Legault. 1996. Impact of variability in numbers and size at first recruitment on the F0.1 reference point in the US red snapper fisheries of the Gulf of Mexico. *En:* Arreguín-Sánchez F., J.L. Munro, M.C. Balgos & D. Pauly (eds.). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Conf. Proc. 48:337-449.

Espino-Barr, E. 1998. Criterios biológicos para la administración de la pesca multiespecífica artesanal en la costa de Colima, Méx.. Seminario de avances de Investigación III. Universidad de Colima. PICP (inédito).

Espino-Barr, E., M. Cruz Romero & A. Garcia-Boa. 1997a. Catálogo de especies de menor valor comercial, capturadas en la costa de Colima, México. Informe Técnico al Proyecto SIMORELOS-CONACyT, clave: 9601017. SEMARNAP/INP/CRIP-Manzanillo (inédito).

Espino-Barr, E., R. Macías Z., M. Cruz Romero & A. Garcia-Boa. 1997b. Catch per unit effort trends in the coastal fishery of Manzanillo, Colima, México. Fish. Manag. Ecol. 4(4):255-261.

Espino-Barr, E., M. Cruz Romero, A. Garcia-Boa & A. Sánchez A. 1998a. Catálogo de especies de mayor valor comercial, capturadas en la costa de Colima, México. Informe al Proyecto SIMORELOS-CONACyT, clave: 9603008. SEMARNAP/INP/CRIP-Manzanillo (inédito).

Espino-Barr, E., M. Cruz Romero & A. Garcia-Boa. 1998b. Edad y crecimiento del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922), en la costa del estado de Colima. Avances de Investigación Agropecuaria 7(1):1-10.

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneides, C. Sommer, K.E. Carpenter & U.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. II y III:644-1813.

Gallucci, V.F., S.B. Saila, D.J. Gustafson & B.J. Rothshield. 1996. Stock Assessment. Quantitative methods and applications for small-scale fisheries. CRS Lewis Publ. USA.

Garcia B.A., M. Cruz R. & E. Espino B. 1998. Aspectos de la tecnología de la captura ribereña en el estado de Colima, Méx. SEMARNAP/INP, CRIP-Manzanillo, SIMORELOS-CONACyT clave 9603008 (inédito).

Getz, M.W., R.C. Francis & G.L. Schwartzman. 1987. On managing Variable Marine Fisheries. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44:1370-1375.

González-Ochoa, O.A.. 1997. Edad y Crecimiento de *Lutjanus peru* en la costa Sur de Jalisco. U. de G., Tesis Profesional. U. de G. México.

González Becerril, A. 1997. Caracterización del sistema de pesca de la pesquería artesanal ribereña en Manzanillo, Col., México. Bases para su manejo. Tesis de Maestría en Ciencias, UNAM, México.

Hendrickx, M.E. 1995. Estomatópodos. *En:* Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K., E. Carpenter & V. H. Niem (eds.). Guía FAO para la Identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro–oriental. Vol. 1. Plantas e Invertebrados. FAO, Roma, Italia. 1:335-382

Hilborn, R, & M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York, London.

Klingenberg, C.P. & R. Froese. 1991. A multivariate comparison of allometric growth patterns. Syst. Zool. 40(4):410-419.

Laroche, J. & N. Ramananarivo. 1995. A preliminary survey of the artisanal fishery on coral reefs of the Tulear Region (southwest Madagascar). Coral Reefs 14:193-200

Macías Zamora, R., H. Santana H. & J.J. Valdez F. 1985. Informe final del Proyecto Prospección Hidroacústica en el litoral del estado de Colima. CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Madrid Vera, J. 1990. Ecología de algunas especies de peces de importancia comercial. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM, México.

Madrid Vera, J., N.M.L. Gutiérrez & S.M. Herrera. 1989. Parámetros ecológicos de las comunidades de peces del Litoral de Michoacán, México. Biología de Campo. Fac. Ciencias. UNAM (inédito).

Madrid Vera, J., P. Sánchez & A.A. Ruiz Luna. 1997. Diversity and abundance of a Tropical Fishery on the Pacific Shelf of Michoacán, México. Estuarine Coastal and Shelf Sci. 45:485-495.

Mandujano A., L.M. 1984. Informe preliminar sobre contenido estomacal y maduración gonadal en tres especies de peces comerciales en Manzanillo, Col. CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Megrey, B. & V.G. Wespestad. 1989. A review of biological assumptions underlying fishery assessments models. *En:* Edwards, E. & B. Megrey (eds.). Mathematical analysis of fish stock dynamics: reviews and current applications. Am. Fish. Soc. Symp. 6:31-74.

Ocean Studies Board (OSB). 1998. Improving Fish Stocks Assessment. National Academy Press. Washington, D.C.

Ochoa B., R.S., G. Garcia M. & R. Martínez R. 1991. La actividad reproductiva de *Lutjanus peru* (Perciformes: Lutjanidae) en las costas de San José del Cabo, B.C.S. Res. II Congreso Nacional de Ictiología, Sn. Nicolás de las Garzas, N.L., México.

Polacheck, T., R. Hilborn & A.E. Punt. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50:2597-2607.

Parrish, D.J. 1987. The trophic biology of snappers and groupers. *En:* Polovina ? & Ralston ? (eds.). Tropical Snappers and Groupers. Westview Press/ Boulder and London. pp: 405-465.

Pérez-Mellado, J. & L.T. Findley. 1985. Evaluación de la ictiofauna acompañante del camarón comercial capturado en las costas de Sonora y N de Sinaloa. *En:* Yáñez-Arancibia, A. (ed.). Recursos pesqueros potenciales de México. La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICMyL/INP. 5:201-251.

Pérez-Vivar, T. L. 1995. Sistemática y biogeografía de peces del litoral de Colima, México. Tesis Profesional. U. de G.

Prager, H.M. 1994. A suite of extensions to a nonequilibrium surplus production model. Fish. Bull., 92:374-389.

Punt, A.E. & R. Hilborn. 1996. Biomass Dynamic Models. User's manual. FAO Computarized information series (Fisheries). 10:1-62.

Ramírez, H.E. & A. González P. (eds.). 1976. Catálogo de peces marinos mexicanos. SIC/INP. México.

Ramírez Granados, R. 1977. Estudio de factibilidad de una terminal pesquera en Manzanillo, Colima. DEPES. 2:269-368.

Ramos-Cruz, S. 1996. Evaluación de la pesquería de lutjánidos (pargos y huachinango) en el área costera de Salina Cruz, Oaxaca, México. CRIP-Salina Cruz. Boletín Informativo.

Rocha, O.A. & V.M. Muñoz. 1991. Relación entre el crecimiento individual y el de los otolitos del huachinango *,Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922), en la Bahía de la Paz, B.C.S. Res. II Congreso Nacional de Ictiología. S. Nicolás de los Garza, N.L., Méx.

Rojas C., V. 1996. La situación actual de la pesca ribereña en la costa del estado de Colima. Tesis de Licenciatura, U. de Colima.

Ruíz, S.H. 1983. Reproducción del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces Lutjanidae), del Pacífico Sur de México. U. Nal. Federico Villareal, Perú. Tesis Profesional

Ruíz, S.H., A. Ocegueda, M. Guzmán & S. Coronel. 1982. Ciclo reproductor del huachinango, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) (Pisces Lutjanidae), del Pacífico Sur de México. UNAM; ICMyL (inédito).

Ruíz-Luna, A., E. Girón B., J. Madrid V. & A. González B. 1985. Determinación de edad, crecimiento y algunas constantes biológicas del huachinango del Pacífico, *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922). Mem. VIII Congreso Nacional de Zoología, Morelia Mich., México. pp:188-201.

Safran, P. 1992. Theoretical analysis of the weight-length relationship in fish juveniles. Mar. Biol. 112: 545-551

Saucedo, L.M. 1998. Análisis de la dieta alimenticia de juveniles de *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y *L. guttatus* (Steindachner, 1869) (Lutjanidae: Perciformes) en la costa de Jalisco y Colima, México. Periodo 1995-1996. Memoria de Seminario 98-I. U. de Col. pp:88-96.

Schute, J.T. 1989. The influence of statistical error on stock assessment: illustrations from Schaefer's model. *En:* Beamish, R.J. & G. A. McFarlane (eds.). Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. pp:101-109.

SEMARNAP. 1997. Anuario Estadístico de Pesca 1996. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1997. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEPESCA. 1984. Anuario Estadístico de Pesca 1982. Secretaría de Pesca.

SEPESCA. 1985a. Anuario Estadístico de Pesca 1983. Secretaría de Pesca.

SEPESCA. 1985b. Anuario Estadístico de Pesca 1884. Secretaría de Pesca.

Smith, T.D. 1988. Stock Assessment methods: the first fifty years. *En:* J.A. Gulland (ed.). Fish Population Dynamics. Implications for Management. John Wiley & Sons. Great Britain. pp:1-33.

Sparre, P. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1 - Manual. FAO Doc. Tec. Pesca 306/1, Roma.

Tabachnick, G.B. 1996. Using Multivariate Statistics. Harper Collins College Publishers. USA.

van der Heiden, A.M. 1985. Taxonomía, biología y evaluación de la ictiofauna demersal del Golfo de California. *En:* Yáñez-Arancibia A. (ed.). Recursos pesqueros potenciales de México. La pesca acompañante del camarón. PUAL/ICMyL/INP 4:149-200.

Walters, J.C. 1992. Perspectives on adaptaive policy design in fisheries management. *En:* Jain S. K. & L. W. Botsford (eds.), Applied Population Biology. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp:249-262.

Yáñez-Arancibia, A. 1978. Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. UNAM-ICMyL, Publ. Esp. 2:1-306.

jaiba de Sonora
jaiba de Sonora
jaiba
de
Sonora
jaiba
de
Sonora
Sonora
jaiba
jaiba
de
Sonora
Jaiba de Sonora
Jaiba de Sonora
jaiba de Sonora

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE JAIBA DE SONORA

ESPECIE: jaiba verde (*Callinectes belicosus*), *jaiba azul* (*C. arcuatus*) y jaiba negra (*C. toxotes*).

- La jaiba verde es la que sustenta la pesquería a nivel regional.
- Pesquería relativamente nueva en el estado, aproximadamente 20 años, provocado por el aumento en la demanda internacional.
- Actividad artesanal de bajo costo: trampas, aros y fisgas.
- Representa el 32% de la producción de jaiba respecto al litoral Pacífico y el 22% del litoral del Golfo de México.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 3,025 t: 72% con respecto al máximo histórico (1996).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Rendimiento por recluta de Thompson y Bell (1934) transformado a edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

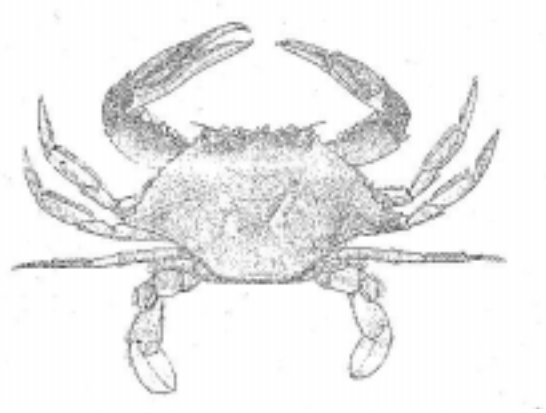
- Aprovechada al máximo.

MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero por número de trampas (30,000 en total; 50 trampas por embarcación); uso de trampas y aros; talla mínima de 10 cm de anchura de caparazón.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Recuperar el nivel de la biomasa, mantener una F de 2.5 y una tasa de explotación de 1.97 por año para todas las edades.

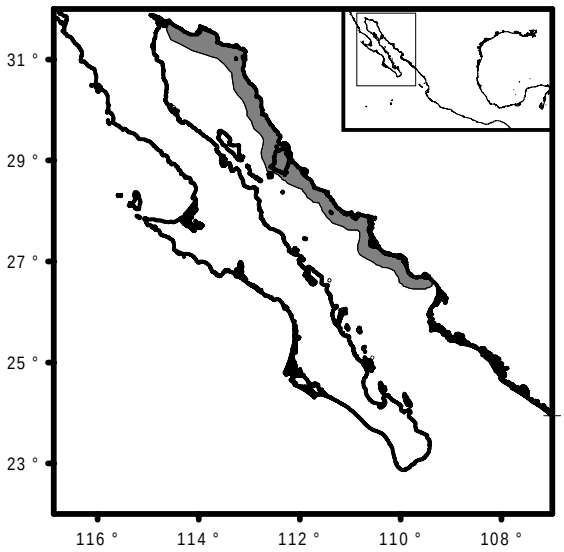


JAIBA DEL ESTADO DE SONORA

Callinectes bellicosus

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



Las jaibas son crustáceos bentónicos que pertenecen a la familia Portunidae, un grupo relativamente diverso en el Golfo de California. Su composición es de cinco géneros y 15 especies (Paul 1982, Correa-Sandoval 1993, Hendrickx 1993).

En la costa de Sonora, el género más importante es *Callinectes* conformado por tres especies: jaiba verde (*C. bellicosus*), jaiba azul (*C. arcuatus*) y jaiba negra (*C. toxotes*) (Dawkins 1970, Paul 1982). La primera sustenta la pesquería regional de jaiba; es una especie de hábitos costeros y talla regular cuyos máximos de abundancia aparecen durante la primavera y el verano (Fig. 1). Su pesquería en Sonora es relativamente nueva que inició hace aproximadamente veinte años como una actividad artesanal. Los artes de pesca que se emplean son muy sencillos y de bajo costo; entre los más comunes están las trampas, los aros y las fisgas. Las trampas se emplean regularmente para la pesca comercial (generación de empleos) y el resto para la pesca tradicional (consumo doméstico) (González-Ramírez *et al.* 1996; Molina, 1999).

La pesquería de jaiba en Sonora, es una actividad relativamente nueva que inicio aproximadamente hjace 20 años, como una actividad artesanal

La pesquería comercial de jaiba en Sonora se estableció al inicio de la década de 1980 por el aumento en la demanda de su carne en el mercado internacional y hasta principios de la década de 1990 que se establecieron las primeras plantas procesadoras. Su producción inicial en el estado fue de 180 t en 1988 llegando a sumar mas de 3,000 t anuales en los ultimos años (Tabla 1), lo que representa el 32% de la producción de jaiba en el resto del litoral del Pacífico y el 22% del litoral del Golfo de México. Aunque los niveles de captura y esfuerzo se han ido incrementando, sus rendimientos, en relación a la captura por trampa (CPUE), han sido muy oscilatorios (Fig. 2).

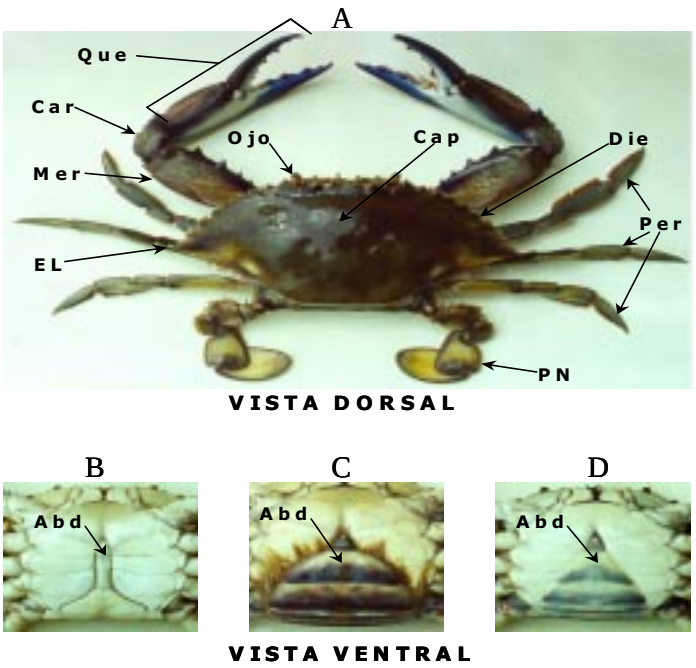


Fig. 1. Ilustración de la jaiba verde, *Callinectes bellicosus*, de la costa de Sonora, Golfo de California. A) vista dorsal de un macho (80 mm LT cefalotórax); morfología abdominal de A) macho, B) hembra sexualmente madura y D) hembra inmadura que no ha tenido su primer apareo. Que=quela, Car=carpo, Mer=mero, EL=espina lateral, PN=pata nadadora, Per=pereiópodos, Die=dientes laterales, Cap=caparazón o cefalotórax, Ojo=ojo pedunculado.

Tabla 1. Producción de jaiba en el Estado de Sonora de 1988 a 1998.

Años	Toneladas
1988	179
1989	522
1990	1077
1991	238
1992	372
1993	604
1994	1265
1995	2198
1996	4183
1997	3922
1998	3025

La pesquería se realiza en todo el litoral, con producción diferencial entre las distintas zonas de pesca. Se estima que existen unas 16 localidades auténticamente jaiberas que producen la mayor cantidad en peso de dicho recurso en la costa sonorense (Fig. 3).

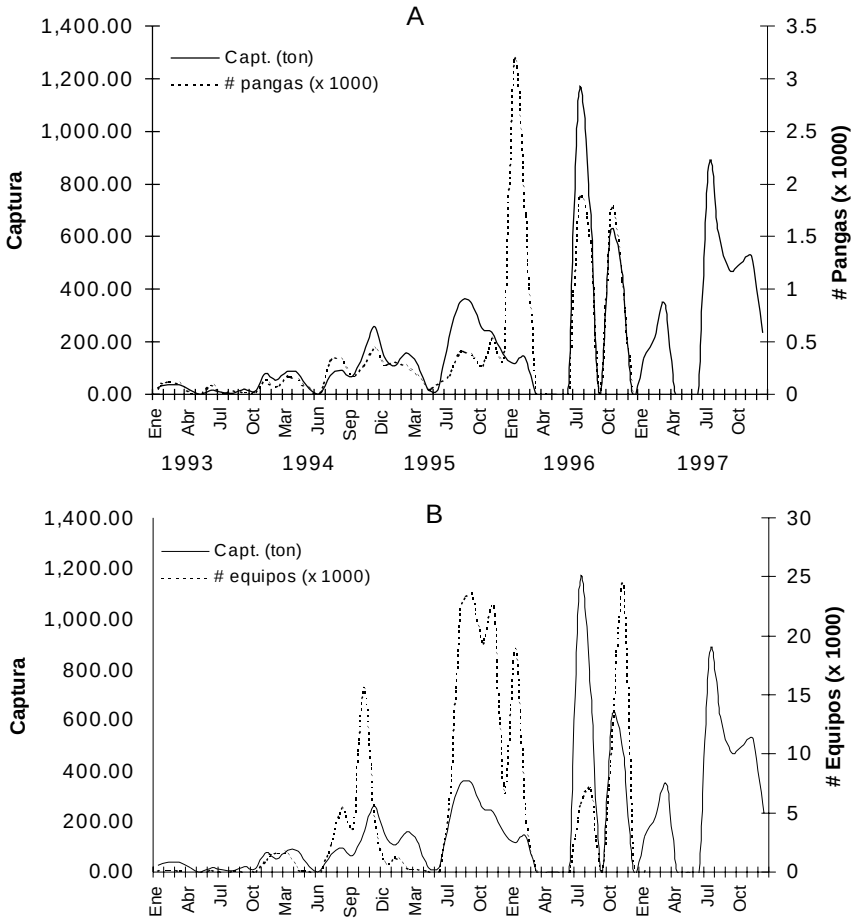


Fig. 2. Captura y esfuerzo de la pesquería de jaiba en el estado de Sonora, entre 1993 y 1998. A) por pangas, B) por equipos (trampas).

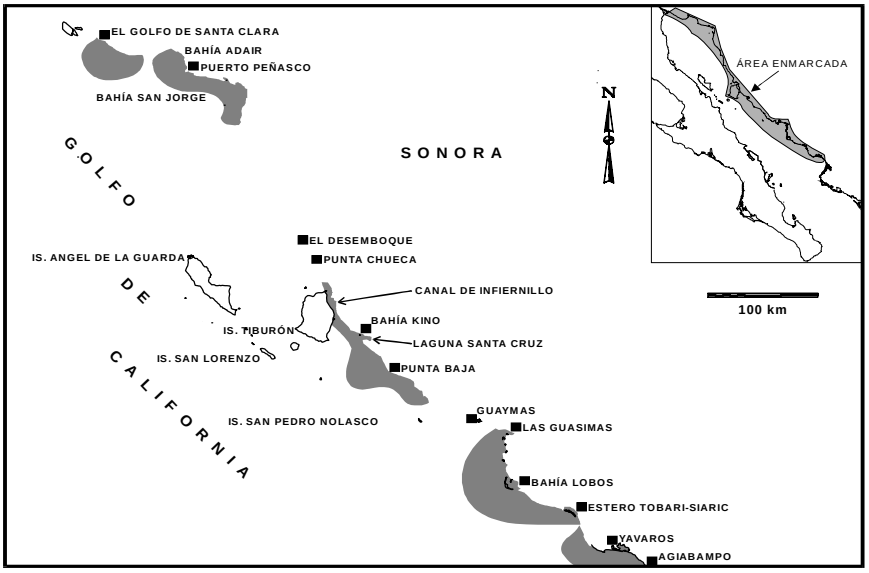


Fig. 3. Localidades de mayor producción de jaiba en la costa de Sonora.

BIOLOGÍA

La jaiba verde se dstribuye en aguas costeras hasta profundidades de 50 m y salinidades de 40 ppm. Se asocia a lagunas costeras y esteros con sustrato suave

La distribución ecotípica de las especies se restringe a aguas costeras de la plataforma continental, hasta profundidades de 50 m y salinidades de 40 ppm (Dawkins, 1970; Dawkins y Hendrickson, 1973; Paul 1982). Su ámbito de distribución se extiende desde la parte templada de la corriente de California (ca. 32º Lat. N.), hasta el Perú, incluyendo el Golfo de California. Algunas teorías biogeográficas recientes sugieren que *C. bellicosus* es una especie de orígen boreal con intrusión al Golfo y no panámica como *C. arcuatus* a pesar de que ambas son especies simpátricas en una parte de su distribución geográfica (Correa-Sandoval, 1993). *C. bellicosus* se asocia con mayor frecuencia a lagunas costeras y esteros con sustratos suaves compuestos de fango y detritos (Dawkins, 1970, Dawkins y Hendrickson, 1973), aunque también se han observado picos elevados en sustratos compuestos de macroalgas y pastos marinos como la región del Canal de Infiernillo, entre la Isla Tiburón y la costa de Sonora (Correa-Sandoval, 1995; Fischer *et al.,* 1995).

El ciclo de vida de la jaiba se inicia con el apareamiento de machos y hembras que se lleva a cabo en el océano. La masa ovígera o *hueva* es cargada por la hembra por un período de dos a tres semanas. En esta fase la hembra se alimenta poco y se prepara para la eclosión de los huevecillos (tirar la hueva). Posteriormente suceden progresivamente ocho estadios larvarios llamados zoea que se transforman en uno de megalopa (McKenzie, 1970; Hines y Ruíz, 1995). Esta transformación ocurre en mar abierto a los 30 días de la eclosión. Durante su vida pelágica, la megalopa no se alimenta, sino que se ocupa de nadar activamente hacia la costa, guiada aparentemente por señales vibrátiles detectadas por algunas estructuras especializadas de sus antenas (Sánchez-Ortíz y Gómez-Gutiérrez, 1992). La megalopa experimenta una sola muda, que cambia radicalmente de forma y produce el primer estadío bentónico, ya muy semejante al adulto. Esta fase se lleva a cabo en las zonas costeras, principalmente en esteros y lagunas (Fischer *et al.,* 1995). El tiempo de las fases larvales de la jaiba puede variar dependiendo de la especie y de factores ambientales como temperatura, salinidad, irradiancia y disponibilidad de alimento (Morales-Bojórquez, 1993). Aunque el periodo de vida no se ha determinado con certeza, se estima que la especie puede llegar a vivir hasta cuatro años e iniciar su reproducción en el primer año (Lipcius y van Engels, 1990).

Para la jaiba verde de la costa sonorense, recientemente se han realizado estudios poblacionales. En total se han recolectado 2,611 ejemplares de los cuales 1,799 son machos y 812 son hembras. Dichas colectas se realizaron en cinco localidades pesqueras asentadas a lo largo de la costa: 1) Yavaros, 2) el sistema lagunar Tobari-Siaric, 3) Bahía Kino, 4) Puerto Peñasco y 5) El Golfo de Santa Clara (Tabla 2).

Los análisis de la relación peso-talla indican que la especie presenta un tipo de crecimiento alométrico, con valores del parámetro exponencial (b) de 2.446 durante primavera y verano. Los valores bajos de este

Tabla 2. Datos estadísticos de los muestreos de jaiba en la costa de Sonora entre 1997 y 1999.

No. de muestreos por localidad:	YAV (139), TOB (527), KIN (1340), PEÑ (545) y GOL (60)
No. total de machos muestreados:	1799
No. total de hembras muestreadas:	812
No. total de ejemplares muestreados	2611
Rango de tallas (longitud de cefalotórax en mm):	40-98 en machos 20-96.3 en hembras
Rango de pesos (total en g):	53.9-602.5 en machos 6.24-482.7 en hembras
Talla promedio de todos los ejemplares muestreados (mm):	72.588 en machos 65.596 en hembras
Peso promedio de todos los ejemplares muestreados (g):	276.106 en machos 212.036 en hembras

Localidades: YAV=Yavaros, TOB=El Tobari-Siaric, KIN=Bahía Kino, PEÑ=Puerto Peñasco, GOL=El Golfo de Santa Clara

parámetro se presentaron únicamente en hembras, y parecen indicar un desfasamiento de la condición biológica óptima (CBO), que puede tener su explicación en las bajas tasas de alimentación y el excesivo gasto energético durante la temporada reproductiva, la cual tiene sus picos en los meses de verano. El parámetro de crecimiento (a) fue de 7.3×10^{-3}. siendo la relación:

$$P = 0.0073 \times L^{2.446.} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

P = Peso en gramos

L = Longitud del cefalotórax medida en milímetros, desde la parte central de los dientes frontales a la primera somita abdominal o borde posterior del caparazón.

Los parámetros de crecimiento, se obtuvieron por análisis de progresión modal usando longitudes (Sparre y Venema, 1997). Se encontró que la especie presenta una longitud infinita (L_α) de 100 mm; la velocidad con que el crecimiento se aproxima a su L_α, definida por el parámetro K de la ecuación de von Bertalanffy, es de 0.95 años^{-1}, y la edad teórica a la cual la jaiba inicia su crecimiento (t_0) es de –0.1 años. Por lo tanto las ecuaciones de crecimiento en longitud y peso quedan de la siguiente manera (Fig. 4):

$$L_t = 100 \cdot \left[1 - \exp\left(-0.95 \cdot \left(t + 0.1\right)\right)\right] \text{.....(2)}$$

$$P_t = 569.27598 \cdot \left[1 - \exp\left(-0.95 \cdot \left(t + 0.1\right)\right)\right]^{2.446} \text{..... .....(3)}$$

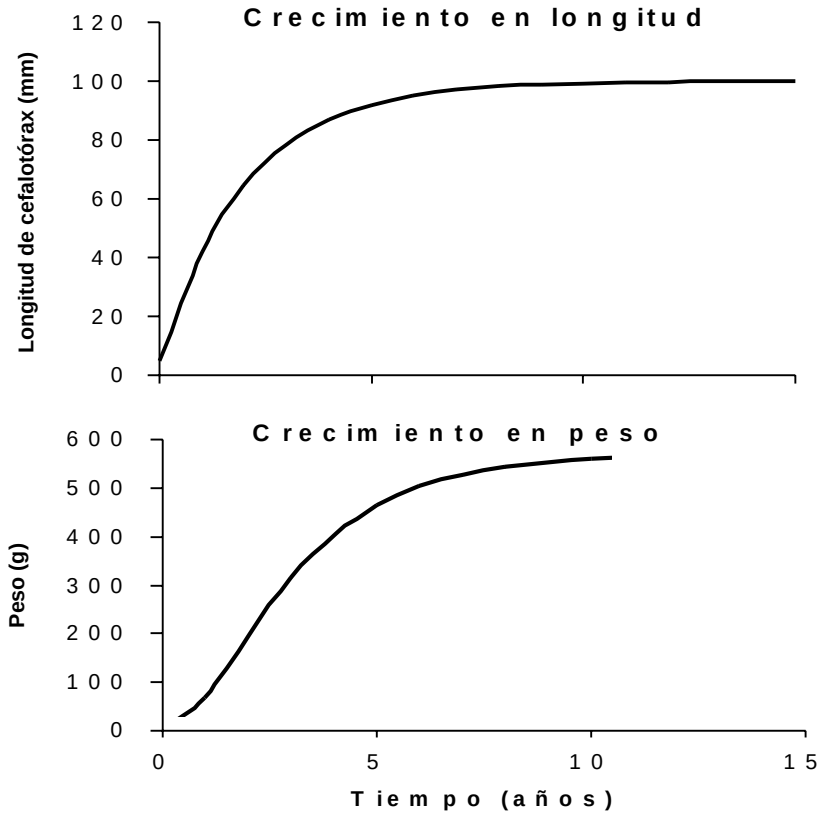


Fig. 4. Curvas de crecimiento en longitud y peso, obtenidas del modelo de von Bertalanffy para la jaiba

El intervalo de tallas (longitud de cefalotórax) observado en las capturas comerciales entre 1997 y 1999 fue de 40-98 mm en machos y 20-96.3 mm en hembras (Tabla 2), aunque las tallas promedio fueron de 72.588 mm en machos y 65.596 mm en hembras respectivamente. Lo anterior indica que el nivel de explotación incide sobre una fracción de la población biológicamente viable, donde no hay sobrepesca de reclutamiento, ya que la talla mínima establecida para la especie es de 50 mm de longitud lo que equivale a ca. 100 mm de anchura de caparazón (Molina y Montemayor 1998).

La curva de captura linealizada según Sparre y Venema (1997) (Fig. 5) indica que la mayor mortalidad de jaiba debido a la pesca inicia después del primer año, siendo la tasa instantánea de mortalidad por pesca (F) de 2.35 año^{-1} y la tasa instantánea de mortalidad natural (M), estimada a partir de la ecuación empírica de Pauly (1980) de 1.19 año^{-1}. La ecuación de captura es:

$$\ln\left(\frac{N}{\Delta t}\right) = 13.69 - 3.54t \qquad \text{.....(4)}$$

donde:

N = Número de sobrevivientes al tiempo t.

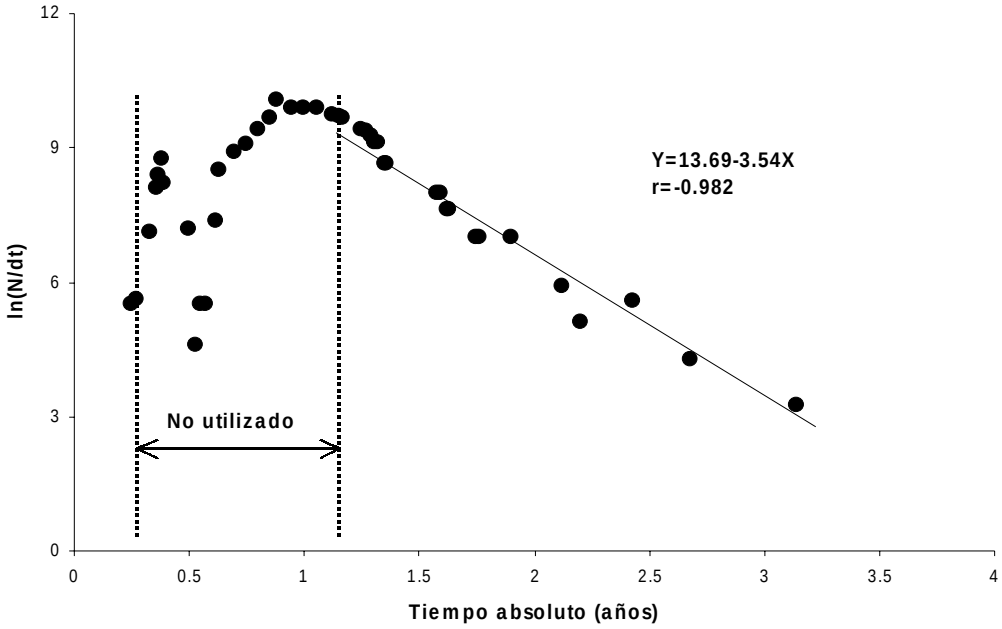


Fig. 5. Curva de captura para la jaiba, *C. bellicosus*, en la pesquería de la costa de Sonora.

El patrón de reclutamiento, refleja claramente el inicio de la temporada de pesca; sus máximas capturas son entre primavera y verano (Fig. 6).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

En los inicios de la pesquería, la jaiba se extraía con métodos poco tecnificados, la mayoría rudimentarios, siendo las varas o fisgas los mas conocidos. Estos consistían en cañas de madera provistas de una punta de metal de alambrón que se usaban en sitios de baja profundidad como los esteros. La captura se protegía

formando sartas con hilo de pescar o con hojas de palmera. Posteriormente, hacia finales de los años ochenta, se introdujeron las trampas o nasas del tipo *Chesapeake* (Guillory y Prejean, *en prensa*; Guillory y Hein, *en prensa*) que consisten en una caja rectangular de malla galvanizada, a la cual se le colocan dos o cuatro entradas cónicas, un cebadero para colocar la carnada, un anillo selector de talla (*cull ring*) y cabo con boya (Fig. 7).

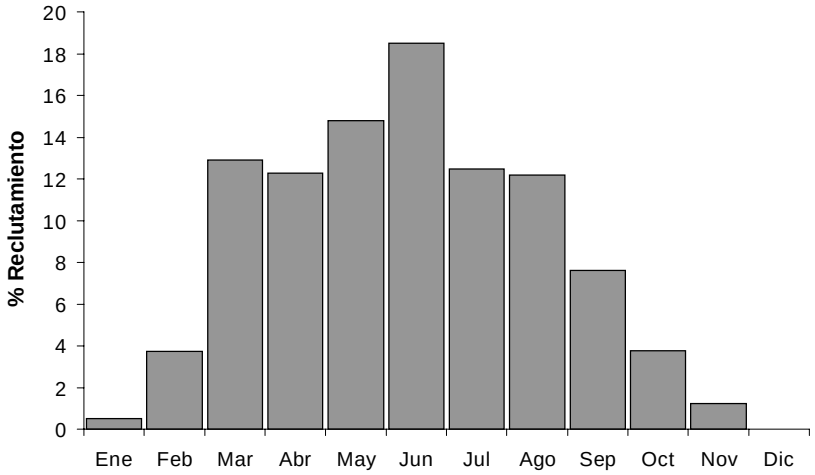


Fig. 6. Histograma del patrón de reclutamiento de la jaiba, *C. bellicosus*, en la pesquería de la costa de Sonora.

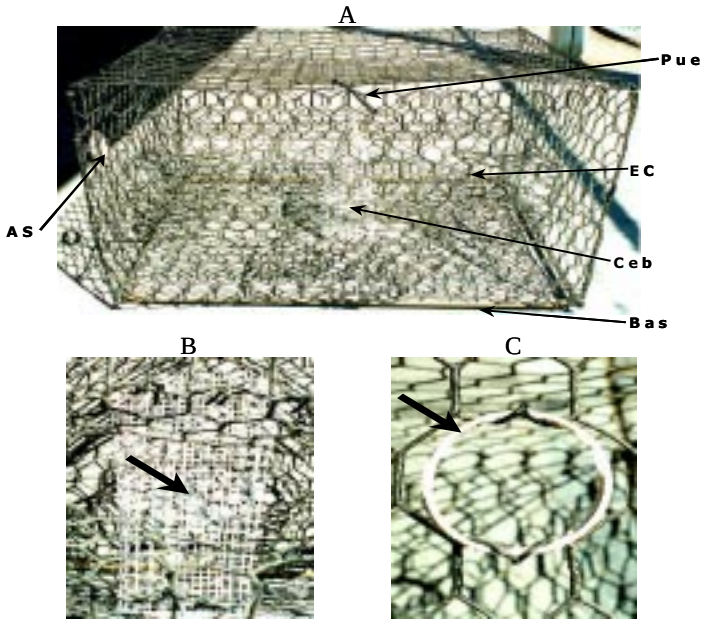


Fig. 7. Esquema de la trampa o nasa tipo *Chesapeake* utilizada para la captura de jaiba en la costa de Sonora. A) equipo completo de 0.6´0.6´0.4 m, B) cebadero, C) anillo selector de talla (cull ring). Pue=puerta, EC=entrada cónica, Ceb=cebadero, Bas=base, AS=anillo selector.

Las trampas se colocan en los pescaderos de jaiba al inicio de la temporada, y son dejadas permanentemente en el agua. Se utilizan varios tipos de cebo, la mayoría consisten en anchoveta bocona (*Cetengraulis mysticetus*), lisa (*Mugil cephalus*), sardina monterrey y crinuda (*Sardinops caeruleus* y *Opisthonema* spp.) y en ocasiones con barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). Otros cebos menos comunes son los de calamar gigante (*Dosidicus gigas*), utilizado principalmente en la temporada 1997, y deshechos de pollo.

En cuanto a la faena de pesca, los jaiberos revisan sus trampas por la mañana (entre 6 y 7 a.m.) y después de extraer la captura colocan nueva carnada y dejan las trampas hasta el siguiente día. En promedio cada embarcación opera entre 80 y 100 trampas y se colocan en profundidades que varían entre 4 y 12 brazas (7-22 m, respectivamente).

Con el fin de lograr mayor durabilidad de las trampas, los pescadores las tratan con brea y alquitrán para protegerlas de la corrosión; en ocasiones se les coloca una barra de ánodo de zinc, aunque este material no se encuentra fácilmente y tiene un precio elevado. Actualmente se puede encontrar en el mercado malla especial recubierta de hule que da protección a la malla metálica, aunque su precio también es más elevado.

El empleo de estos artes de pesca hacia finales de los años 80's, se considera el inicio formal de la pesquería de jaiba en el litoral del estado de Sonora. Su uso implicaba un alto coeficiente de mano de obra al emplear pangas (embarcaciones de 18 a 23 pies de eslora) con motores de entre 55 y 110 caballos de fuerza. Cada embarcación lleva regularmente dos pescadores que operan entre 80 y 100 trampas diariamente. Aunque actualmente las trampas son los artes de pesca de mayor uso para la jaiba, también es posible obtener altas capturas en redes de enmalle y chinchorros playeros para la pesca de peces de escama, así como en redes de arrastre camaroneras. La producción de jaiba obtenida con estas artes de pesca es considerada captura incidental, aunque en ocasiones llega a tener un volumen superior al de la pesca dirigida con los métodos tradicionales.

◤*Tendencias históricas*

Como se ha mencionado oportunamente, la pesquería comercial de jaiba es de reciente creación, estableciéndose formalmente durante la década de 1980 (Fig. 8). En los registros oficiales y otras fuentes bibliográficas hay datos de producción de jaiba que se atribuyen a la pesca tradicional y/o incidental; los volúmenes son raros y esporádicos, aunque se sabe que una buena parte de las capturas en pequeña escala, como pesca artesanal para consumo domestico, nunca fueron registradas.

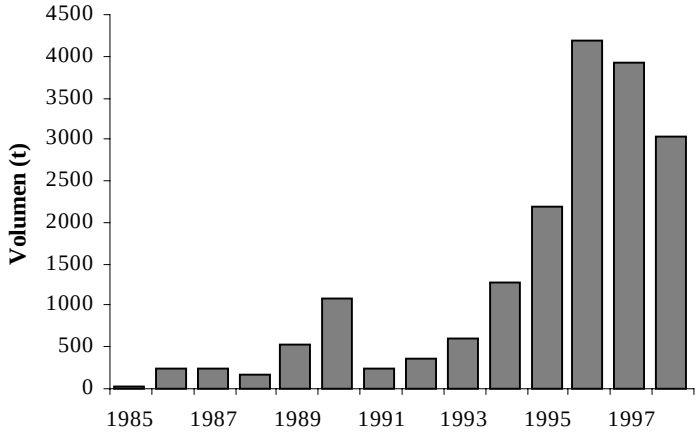


Fig. 8. Producción de jaiba en el estado de Sonora (1985-1998).

La pesca tradicional de jaiba se realizaba en los esteros y bahías del litoral sonorense empleando principalmente fisgas y aros; se estima que sólo un 10% de la población dedicada a la pesca practicaba la extracción de jaiba con fines de consumo domestico, y la producción estimada era de entre 5 y 8 kg por jornada (marea). Cuando fueron introducidas las trampas, las capturas por panga con un promedio de 90 trampas podían alcanzar los 250 kg al inicio de la temporada, lo que representa una captura promedio por trampa de 3 kg.

Al inicio de la pesquería comercial no existían grupos de pescadores dedicados exclusivamente a la pesca de jaiba. Actualmente se pueden contar algunos grupos que forman una minoría y que solamente pescan jaiba; sin embargo, la mayoría se encuentran inscritos en asociaciones de cooperativas, grupos solidarios, uniones, etc. que se nombran como "pescadores ribereños y acuacultores", que a su vez realizan actividades de pesca multiespecífica de acuerdo a las demandas de los mercados, así como de la disponibilidad del recurso pesquero en cuestión.

En el caso particular de la jaiba, uno de los factores que impulsaron el desarrollo de su pesquería fue la demanda de su carne por el mercado norteamericano; este mercado es el de mayor importancia. La carne de jaiba que se vende a E. U. y Canadá se exporta como pulpa (picked meat) y tenazas (cocktel claw). Los dos obstáculos que ha enfrentado el mercado de exportación de jaiba son, uno de tipo ambiental: el evento El Niño 1997-98 que afectó la biomasa y el ciclo reproductivo, y otro mas reciente de tipo económico: la introducción de jaiba procedente del Indopacífico a los mercados de norteamérica que entraron en competencia con el producto mexicano.

◤*Pesca incidental*

La pesquería masiva de camarón y escama en el Golfo de California, es realizada por una flota de barcos camaroneros que operan con redes de arrastre por popa. Estas redes solamente se hayan provistas de dispositivos excluidores de tortugas (DET), por lo que una gran diversidad biológica de peces, invertebrados y macroalgas son capturados incidentalmente durante las maniobras de pesca de estos barcos, y las jaibas son parte sustancial de esta captura incidental. En el pasado las jaibas capturadas en la flota arrastrera eran devueltas al mar, ya que no podían competir por el espacio en bodega destinado para el camarón. Un porcentaje muy alto de estos individuos devueltos por la borda morían, si es que no lo estaban ya. En años recientes, cuando la demanda de jaiba aumentó, los barcos camaroneros fueron medios importantes para proveer de jaiba al mercado local; actualmente se estima que un 15% de la producción anual de jaiba proviene de la flota mayor. El valor podría incrementarse conforme la demanda del producto aumente y se otorguen mas permisos para la entrada de más barcos a las pesquerías de arrastre de la región.

◤*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería de jaiba en el litoral sonorense se considera una actividad de oportunidad que recientemente ha empleado un alto coeficiente de mano de obra beneficiando a cientos de familias, tanto en la pesquería, en su proceso y selección en playa, así como en su transformación por la industria maquiladora.

La pesca artesanal o ribereña regularmente enfrenta grandes conflictos; la competencia de espacio marino con la flota mayor y la pérdida excesiva de equipos de pesca en los últimos años han agudizado aún más los problemas económicos que enfrenta el sector social. En el primer caso, los usuarios de la ribera enfrentan la destrucción de equipos y deterioro de los pescaderos naturales de jaiba por la incursión de barcos en sitios de baja profundidad en las riberas; en el segundo, las condiciones oceanográficas del litoral, asociadas a los sistemas frontales de vientos originan el desplazamiento y pérdida de trampas. Esto último, además de las implicaciones económicas al pescador, representa un impacto ecológico a los ecosistemas costeros del litoral, cuya magnitud es aún desconocida pero que no debería descartarse al implementar estrategias de ordenamiento pesquero.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

◤*Infraestructura pesquera*

El mercado de la jaiba y su industrialización han ido en aumento en los últimos cinco años. Los registros oficiales indican que existen actualmente 13 plantas que se dedican principalmente al proceso y comercialización de jaiba (Tabla 3). Dicha infraestructura involucra aproximadamente 791 empleos directos, de los cuales 107 son de base y 684 son temporales. La capacidad de recepción global se ha estimado en 136 t por día, la capacidad de proceso en 182, y la capacidad total de conservación (congelado, enlatado o cocido) de unas 704 t (Tabla 3).

Tabla 3. Infraestructura pesquera para el proceso industrial de jaiba en el Estado de Sonora.

NOMBRE	UBICACIÓN	FECHA DE INICIO	CR	CP	CC	EB	EE	ESPECIE OBJETIVO
Alimentos Congelados del Mar de Cortés	Caborca, Son.	1/04/92	3	3F	120	4	9	Jaiba, mariscos y escama
Alta Sonora, S.A. de C.V.	Bahía Kino, Son.	—	20	20	60	5	55	Jaiba y calamar
Aquamarina del Pacífico, S.A. de C.V.	Navojoa, Son.	10/05/97	10	8F 4C	72	10	130	Jaiba
Frescongelados, S.A. de C.V.	Puerto Peñasco	6/08/98	5	5C	20	5	—	Jaiba, camarón, caracol y escama
Grupo Costa Sur, S.A. de C.V.	Huatabampo	—	10	10 C 10 D 4E	4	10	50	Jaiba
Mariprocesos del Pacífico, S.A. de C.V.	Guaymas, Son.	26/05/96	12	12 F	100	8	42	Jaiba, camarón, calamar y mariscos
Ocean International Production, S.A. de C.V.	Puerto Peñasco, Son.	4/03/96	16	16 F	200	9	55	Jaiba
Pacific Blue, S.A. de C.V.	Hermosillo, Son.	—	—	—	—	—	—	Jaiba
Procesadora de Mariscos La Guadalupana, S.A. de C.V.	Huatabampo, Son.	—	10	10 F 10 C	8	16	130	Jaiba
Procesadora del Pacífico	Navojoa, Son.	25/04/96	10	10 C 10 D 10 E	40	25	150	Jaiba
Procesadora y Congeladora de Productos del Mar	Caborca, Son.	21/09/89	2	2	10	4	8	Jaiba, mariscos y escama
Sonora Trading, S.A. de C.V.	Puerto Peñasco, Son.	20/03/97	18	18 F	30	6	—	Jaiba y escama
Villanova Pesquera, S.A. de C.V.	Empalme, Son.	11/11/96	20	20 F 10 C	40	5	55	Jaiba, camarón y escama

Fuente: SEMARNAP, Delegación Federal Sonora. Subdelegación Federal de Pesca. Unidad de Infraestructura y Flota Pesquera
Siglas usadas: **CR**= Capacidad de recepción (tons), **CP**= Capacidad de proceso (tons), **CC**= Capacidad de conservación (tons), **EB**= Empleos de base generados, **EE**= Empleos eventuales generados, **F**= Congelado, **C**= Cocido, **D**= Despulpado y **E**= Enlatado.

◤*Indicadores económicos*

El principal mercado de la carne de jaiba es el de exportación. Los E. U. y Canadá son los países de mayor

demanda del producto nacional y durante los meses de julio a diciembre se dan los mayores volúmenes de comercialización de jaiba obtenida del proceso industrial. En el proceso industrial, la cocción de la jaiba se realiza por vapor a alta presión usando autoclaves industriales de ca. 1000 kg de capacidad, mientras que la obtención de la pulpa y tenaza se realiza manualmente; en esta operación se realizan contrataciones masivas de mano de obra que generan la mayor cantidad de empleos eventuales.

A inicios del año, la pesca de jaiba es escasa por lo que su comercialización se limita al mercado local y regional; las familias de los pescadores ribereños extraen la pulpa de jaiba (despique) de manera muy artesanal empleando cocción en agua de mar. Para ello utilizan medios tambos de 200 litros montados en hornos de leña. El precio en playa que un pescador de jaiba recibe por su producto varía a lo largo de la temporada; por ejemplo en la temporada 1999 el precio inició en $6.50 por kg y se incrementó hasta $8.00 por kg. Sin embargo, en la temporada 1998 el kg llegó a pagarse hasta $14.00 en la región de Bahía Kino.

El producto terminado también presenta variaciones. Por ejemplo, en los campos pesqueros de Guásimas y Lobos, el kg de pulpa de jaiba se ofrecía durante inicios de la temporada 1999 en $60.00, pero en las pescaderías locales de Guaymas y Empalme el precio promedio fue de $90.00 por kg de pulpa.

En general, la pérdida en peso por el proceso de cocción es del 25% y se debe principalmente a la alta cantidad de agua presente en el músculo de la jaiba fresca. En este estudio se encontró que cada kg de jaiba fresca produce aproximadamente 0.266 kg de pulpa; esto indica que para obtener 1 kg de pulpa se requieren aproximadamente 3.7 kg de jaiba fresca.

Como alimento la carne de jaiba no es una fuente importante de grasa saturada, fibra dietética, azúcares y vitamina A. Sin embargo, la presencia de proteínas (34%) y de otros lípidos y varios minerales hacen que sus características nutricionales sean muy elevadas (Tabla 4).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesquería comercial de jaiba en la costa de Sonora y el resto del litoral en el Pacífico mexicano, carece de una Norma Oficial Mexicana (NOM) que regule su aprovechamiento. Por el contrario, cada año desde 1994, se ha establecido un acuerdo administrativo entre la SEMARNAP a través de la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Sonora, el subcomite de jaiba inscrito dentro del Comité Estatal de Pesca y Recursos Marinos del Estado de Sonora, y los usuarios del recurso, representados por grupos y Sociedades Cooperativas, para suspender la pesca de la jaiba en el período reproductivo. Dicho acuerdo establece que la pesquería se inicie en julio y termine en marzo, teniendo un período de "veda administrativa" de tres meses que corresponden al tiempo de reproducción.

Además de la suspensión de pesca, el acuerdo también establece una talla mínima de 5 cm de longitud ó 10 cm de anchura de caparazón de jaiba, y limitar el número de trampas a un máximo de 70 por embarcación (Molina y Montemayor, 1998).

Con relación a las áreas de pesca, el acuerdo también hace referencia a las disposiciones generales previstas en el artículo VIII de la Ley de Pesca en donde sobresalen restricciones relativas a la prohibición de redes de arrastre en bahías, esteros y aguas protegidas. Así mismo, existen otras limitaciones de carácter general que, en algunos casos, han emanado del mismo sector social de la pesca. Entre las más relevantes están aquellas que se refieren a establecer zonas de protección para la reproducción y crianza como el Estero Santa Cruz, cerca de Bahía Kino y el Estero Tastiota, al sur de Punta Baja. Por otra parte, los mismos permisionarios han definido algunas reglas: no reciben jaiba menor de 8 cm de ancho de caparazón, la cual se determina principalmente por la demanda del producto. La captura y comercialización de hembras es mínima y no las reciben con masa ovígera expuesta.

Tabla 4. Características nutricionales de la carne de jaiba (valores para una porción de 85 g *). Cantidad por porción.

Calorías 87	**Calories de grasa 14** % valor diario **
GRASAS TOTALES 1.5 g	2%
Grasas saturadas 0.2 g	1%
Grasas polinsaturadas 0.6 g	3%
Grasas monosaturadas 0.2 g	1%
COLESTEROL 85 mg	28%
SODIO 237 mg	10%
POTASIO 275 mg	8%
CARBOHIDRATOS TOTALES 0 g	0%
Fibra dietética 0 g	0%
Azucares 0 g	0%
PROTEINAS 17 g	34%
Vitamina A 0%	Vitamina C 5%
Calcio 9%	Hierro 4%
Magnesio 7%	Fósforo 18%
Zinc 24%	Cobre 27%
Tiamina 6%	Rivoflavina 3%
Niacina 14%	Acido pantotéico 4%
Vitamina B-6 8%	Vitamina B-12 103%
Vitamina E 9%	

Fuente: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas
(*) peso aproximado de un ejemplar de jaiba de talla comercial.
(**) los valores porcentuales diarios se basan en 2,000 calorías dietéticas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼*Información disponible*

Los parámetros poblacionales derivados del estudio de 2,611 ejemplares de jaiba verde colectados entre 1997 y 1999 sirvieron de base para el desarrollo del análisis cuantitativo. La *tabla 5* resume los valores de estos parámetros obtenidos de los muestreos periódicos en playa provenientes de las capturas comerciales.

Varios de estos parámetros son comparables con estudios precedentes de la misma especie o de otras especies afines de la familia Portunidae (McKenzie, 1970; Hines *et al.*, 1987; Lipcius y van Engels, 1990; Loran-Núñez *et al.*, 1993; Morales-Bojórquez, 1993; Hines y Ruíz, 1995; González-Ramírez *et al.*, 1996). Adicionalmente se consideraron estudios realizados en otras áreas geográficas con las condiciones ambientales similares a la costa de Sonora.

Tabla 5. Parámetros poblacionales utilizados en el análisis cuantitativo de la jaiba, *Callinectes bellicosus*, de la costa de Sonora. M=1.19 por año para todas las tallas y se estimó de la ecuación empírica de Pauly (1980).

Parámetro	Descripción	Valor
n	Número total de ejemplares examinados	2611
a	Coeficiente de la relación peso-longitud (intercepto en Y)	0.0073
b	Exponente de la relación (peso-longitud (pendiente de la curva)	2.446
L_∞	Longitud teórica que alcanzaría el individuo si llegara a una edad infinita	100 mm
W_∞	Peso teórico que alcanzaría el individuo si llegara a una edad infinita	569.276 g
K	Parámetro de curvatura o velocidad con que el individuo se aproxima a su longitud infinita	0.95 años^{-1}
t_0	Edad teórica del individuo cuando su longitud es cero	-0.10 años
Z	Tasa instantánea de mortalidad total	1.27 años^{-1}
F	Tasa instantánea de mortalidad por pesca	2.35 años^{-1}

Los parámetros requeridos para describir el crecimiento en longitud y peso, se estimaron mediante el uso del paquete computacional **F**ao **I**clarm **S**tock **A**ssessment **T**ools (FISAT), y se validaron por los métodos de Pauly *et al*. (1993) y Sparre y Venema (1997). La tasa instantánea de mortalidad natural fue estimada de la ecuación de Pauly (1980) y la mortalidad total a partir de la curva de captura.

Se realizaron histogramas de frecuencia de longitudes para todos los muestreos indicados previamente en la *tabla 2*. La mayoría de los cuales procedieron de Bahía Kino y de la región sur de Sonora.

◤ *Modelo*

El análisis cuantitativo se desarrolló con el modelo predictivo de Thompson y Bell (1934) que se basa en la edad. Las características más importantes de este modelo son: utiliza de un arreglo de valores de entrada basado en un análisis de cohorte que generan resultados o salidas bajo la forma de predicciones de rendimientos futuros, niveles de biomasa y aún del valor de los rendimientos futuros. El valor de entrada más importante es el *arreglo de referencia de F* a la edad.

Este modelo es una herramienta muy importante, ya que permite demostrar el efecto que ciertas medidas de manejo, tales como cambios en el tamaño de malla, disminución o aumento del esfuerzo de pesca, o cierre de temporadas, tendrán sobre el rendimiento, la biomasa y el valor de la captura.

Las edades se estimaron a partir de patrones de madurez sexual, es decir, antes de la muda del primer apareo y del análisis de cohorte de Jones que se basa en la talla N(L1). Aquí los grupos de talla se convierten en intervalos de "edad relativa" t(L1) por medio de la ecuación inversa de von Bertalanffy (Tabla 6). También se calculó el Δt, es decir, el tiempo requerido para crecer desde el límite inferior al límite superior:

$$t(L1) = t_0 - \frac{1}{K} \cdot \ln\left[1 - \frac{L1}{L_\infty}\right] \qquad \text{.....(5)}$$

$$\Delta t = t(L2) - t(L1) = \frac{1}{K} \cdot \ln\left[\frac{L_\infty - L1}{L_\infty - L2}\right] \qquad \text{.....(6)}$$

Tabla 6. Composición de tallas de jaiba, *Callinectes bellicosus*, de la costa de Sonora, convertidas a intervalos de edad, y el factor H(L1,L2).

Grupo De talla L1-L2	Edad Relativa t(L1)	Δt	Factor de Mortalidad Natural H(L1,L2)
25-30	0.331	0.072	1.044
30-35	0.411	0.078	1.047
35-40	0.496	0.084	1.051
40-45	0.588	0.091	1.056
45-50	0.689	0.100	1.061
50-55	0.798	0.110	1.068
55-60	0.920	0.123	1.076
60-65	1.056	0.140	1.087
65-70	1.210	0.162	1.101
70-75	1.387	0.191	1.120
75-80	1.597	0.234	1.149
80-85	1.855	0.302	1.197
85-90	2.186	0.426	1.289
90-95	2.654	0.729	1.543
95-∞	3.452	—	—

El factor de mortalidad natural (HL1,L2) se obtuvo de la ecuación (7), ya que para cada grupo de talla el valor de este factor será distinto.

$$H(L1,L2) = \exp\left(\frac{M \cdot \Delta t}{2}\right) = \left[\frac{L_\infty - L1}{L_\infty - L2}\right]^{M/2K} \quad \text{.....(7)}$$

Los principales valores de entrada son el arreglo de referencia de F y el número teórico de reclutas. Se decidió utilizar un valor teórico ya que la estimación real por medio de análisis de cohorte y APV presentó un elevado nivel de incertidumbre. Las salidas indican el rendimiento en peso, la biomasa y la valorización económica del rendimiento.

La *tabla 7* incluye el procedimiento del análisis de cohorte de Jones para la jaiba, empleando intervalos de talla y un valor teórico del stock con el fin de examinar los impactos de los distintos escenarios de explotación (Fig. 9).

El ciclo de vida de la jaiba es del orden de cuatro años; sin embargo, no existen métodos eficientes para medir su edad, de modo que la edad estimada procedente del resultado de un análisis de cohorte de tallas esta dado en periodos de seis meses. La jaiba es “reclutada” desde medio año (Tr=1).

Tabla 7. Modelo de Thompson y Bell para la jaiba, Callinectes bellicosus, de la costa de Sonora. F-incremento=1, F=2.35, Tasa de explotación=1.97, M=1.19 por año para todas las edades.

Edad t meses×6	Peso medio $\bar{w}(t)$ g	Valor por kg $\bar{v}(t)$ Pesos	Mortalidad por Pesca F(t) por año	Mortalidad total Z(t) por año	Sobre-vivientes N(t) número	Muertes N(t)-N(t+dt) número	Captura C(t) número	Rendi-Miento Y(t) g	Biomasa media $\bar{B}(t)$ g	Valor $Y*\bar{v}$ en pesos
1	19.51	$0.00	2.35	3.54	1000.000	—	—	—	—	—
2	44.06	$0.00	2.35	3.54	206.265	722	55	3128	346213	0.0
3	81.18	$6.50	2.35	3.54	76.036	188	16	1258	189222	8177
4	132.38	$7.50	2.35	3.54	22.125	48	8	677	84369	5077.5
5	238.46	$7.50	2.35	3.54	5.459	16	4	277	26975	2077.5
6	330.39	$8.50	2.35	3.54	2.018	3	2	89	10687	756.5
7	440.55	$8.50	2.35	3.54	0.388	0	0	43	4066	365.5
8	267.55	$8.50	2.35	3.54	0.207	0	0	9	798	76.5

El procedimiento dinámico del modelo de Thompson y Bell es el siguiente (ver la *tabla 7* para la notación empleada):

Se calcula el tamaño de la población al comienzo de cada periodo (mes´6), donde N(1)=1000 y se considera un tamaño teórico del stock:

$$N(t+\Delta t) = N(t)\cdot\exp\left(-Z\cdot\Delta t\right) \quad \text{.....(8)}$$

Después se calcula el número total de muertes en cada periodo por medio de la ecuación de extinción:

$$D(t) = N(t) - N(t+\Delta t) \quad \text{.....(9)}$$

El número de individuos cosechados en cada período se obtiene de la ecuación de captura:

$$C(t) = \left[N(t) - N(t+\Delta t)\right].{}^{F(t)}\!/_{Z(t)} = D(t)\cdot{}^{F(t)}\!/_{Z(t)} \quad \text{.....(10)}$$

El rendimiento o captura en peso se obtiene de la ecuación:

$$Y(t) = C(t)\cdot\bar{w}(t) \quad \text{.....(11)}$$

y la biomasa media en cada periodo, de la siguiente expresión:

$$\bar{B}(t) = {}^{Y(t)}\!/_{\left[F(t)\cdot\Delta t\right]} \quad \text{.....(12)}$$

La biomasa media aproximada es la siguiente:

$$\bar{B} = \sum_{t=1}^{8} \frac{\left(B(t)\cdot\Delta t\right)}{\sum_{t=1}^{8}\Delta t} \quad \text{.....(13)}$$

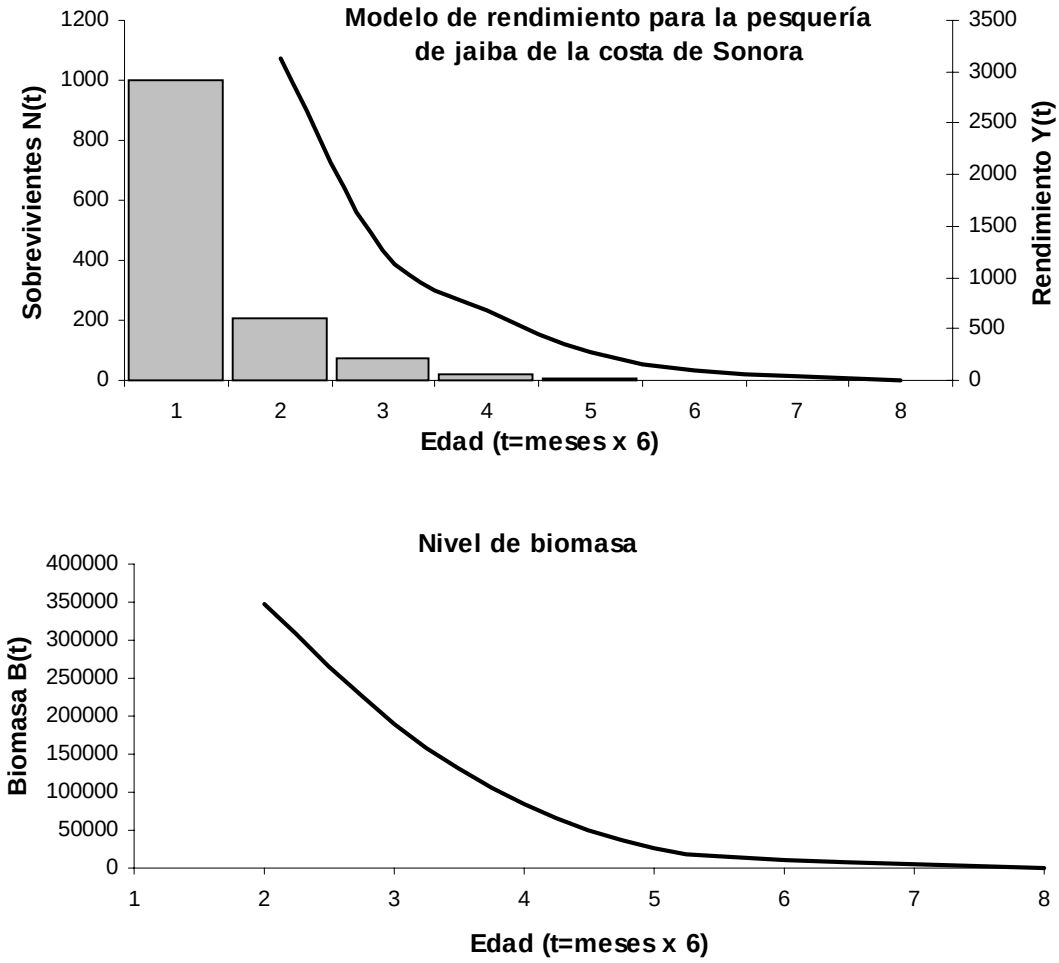


Fig. 9. Resultados del modelo Thompson y Bell para jaiba, *C. bellicosus*, de la costa de Sonora. Los gráficos provienen de los datos de la Tabla 7.

Finalmente el rendimiento económico (unidad monetaria nacional) se calcula para cada periodo como:

$$V(t) = Y(t) \cdot \bar{v}(t) \qquad \text{.....(14)}$$

◤*Estado actual de la pesquería*

El tamaño inicial del stock es un valor teórico, debido a que los métodos de Análisis de cohorte y APV presentaron un alto nivel de incertidumbre. Esto es aceptable desde que la historia de la pesquería es muy corta y no se disponen de series de datos para estimar el tamaño real del stock. Sin embargo, la modelación de los rendimientos en biomasa B(t), sobrevivientes N(t) y valor económico indican evidencia suficiente para pensar que la pesquería se encuentra en los límites con base en el punto de referencia biológico del arreglo F.

Esto lleva a la conclusión que la pesquería de jaiba está en riesgo debido al exceso de esfuerzo de pesca y su aprovechamiento está en un nivel máximo. También se debe considerar el hecho de que, aunque se trate de una pesquería relativamente nueva, la selección del ciclo de vida le ha permitido amortiguar los efectos de la sobrepesca a pesar de que la especie se "autoveda" en el invierno por un periodo de hasta cuatro meses al año.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

De acuerdo con los resultados del modelo predictivo, se considera inadecuado el número de trampas que actualmente se utilizan el la pesquería de jaiba de la región. Entre 1997 y 1998 se estimaron un promedio de 30,000 trampas que por demás es una cifra excesiva.

En este sentido se determinó que con un escenario de disminución de F-incremento y F, la recuperación del stock sería posible; aunque no solamente debería estimularse el manejo del esfuerzo de pesca, sino agregar valor, calidad y sobretodo precio al producto ya que se encuentra severamente subvaluado.

Se considera que si se reduce el esfuerzo a un nivel de 50%, es decir en 50 trampas por embarcación, y se impulsa el mejoramiento de la calidad y precio del producto, el rendimiento global de la pesquería superaría el nivel crítico porcentual, hasta por lo menos el 35%.

El uso de las trampas y aros, que representan artes de pesca pasivos, es la medida más idónea para el desarrollo de la pesca de bajo impacto. Sin embargo, deben respetarse los acuerdos pactados entre el sector y las dependencias normativas con relación a la suspensión de la pesca durante la reproducción de la jaiba, para garantizar los rendimientos sostenidos de la producción.

También los pescadores locales han ido entendiendo el papel fundamental que juega la zona costera y las aguas protegidas como sitios de crianza y engorda para muchas especies acuáticas. Esta creación de "conciencia" representa un paso importante para la incorporación del pescador artesanal a las decisiones de manejo, o mejor dicho, *co-manejo* de las pesquerías en pequeña escala con la participación también de los usuarios de los recursos pesqueros y del Estado.

REFERENCIAS

Anónimo, 1997. Anuario estadístico de pesca 1996. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Anónimo, 1998. Anuario estadístico de pesca 1997. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Correa-Sandoval, F. 1995. Biogeografía de los cangrejos (Brachyura) del Golfo de California. *En:* González-Farías, F. & J. de la Rosa-Vélez (eds.). Temas de Oceanografía Biológica en México, Vol. II. Univ. Autón. Baja California, Ensenada.

Dawkins, D.J. 1970. Tide-influenced migrational habits of *Callinectes bellicosus* in an estuary of the upper Gulf of California. Biological Studies in the Gulf of California 7(2):1-6.

Dawkins, D.J. & J.R. Hendrickson. 1973. Tide regulated feeding and movements habits in the blue crab, *Callinectes bellicosus.* J. Ariz. Acad. Sci 8(Proc. Suppl., Abstr.&Prog.).

Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. I. Plantas e invertebrados.

González-Ramírez, P.G., J.A. García-Borbón & P.A. Loreto-Campos. 1996. Pesquería de jaiba. *En:* Casas-Valdéz, M. & G. Ponce-Díaz (eds.). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur Vol. 1. SEMARNAP, GEBCS, FAO, INP, UABCS, CIBNOR, CICIMAR, CETMAR. La Paz, B.C.S.

Guillory, V. & P. Prejean. (En prensa). Blue crab trap selectivity studies: mesh size. Mar. Fish. Rev.

Guillory, V. & S. Hein. (En prensa). An evaluation of square and hexagonal mesh blue crab traps with and without escape rings. *En:* S. J. Jordan (ed.). The Blue Crab Fisheries of North America: Research, Conservation, and Management.

Hendrickx, M.E. 1993. Crustáceos decápodos del Pacífico mexicano. En: Salazar-Vallejo, S.I. & N.E. González (eds.). Biodiversidad Marina y Costera de México. CONABIO-CIQRO.

Hines, A.H. & G.M. Ruiz. 1995. Temporal variation in juvenile blue crab mortality: nearshore shallows and cannibalism in Chesapeake Bay. Bull. Mar. Sci. 57(3):884-901.

Hines, A.H., R.N. Lipcius & A.M. Haddon. 1987. Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. Mar. Ecol. Prog. Ser. 36:55-64.

Lipcius, R.N. & W.A. van Engels. 1990. Blue crab population dynamics in Chesapeake Bay: variation in abundance (York River, 1972-1989) and stock-recruit functions. Bull. Mar. Sci. 46(1):180-194.

Loran-Núñez, R.M., G. Valdéz, J. Antonio & F. Escudero. 1993. Algunos aspectos poblacionales de las jaibas *Callinectes* spp. En la laguna de Alvarado, Veracruz. Ciencia Pesquera 10:15-31.

McKenzie, M. D. 1970. Fluctuations in abundance of blue crab and factors affecting mortalities. S. Car. Wildl. Resour. Dep., Tech. Rep. No. 1.

Molina, R.E. 1999. La pesquería de jaiba en la costa de Sonora. Bol. Pesca y Conservación 3(7):6-8.

Molina, R.E. & G. Montemayor. 1998. Evaluación biológico-pesquera de jaiba (*Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus*) en la costa central de Sonora y recomendaciones para el manejo sustentable de su pesquería. CRIP-Guaymas. Opinión Técnica del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Morales-Bojórquez, E. 1993. Simulación de fluctuaciones interanuales de la jaiba (*Callinectes sapidus*): relaciones entre el stock, el reclutamiento y la variabilidad ambiental. Ciencia Pesquera 11:62-65.

Paul, R.K.G. 1982. Observations on the ecology and distribution of swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda, Brachyura, Portunidae) in the Gulf of California, Mexico. Crustaceana 42(1):96-100.

Paul, R.K.G & M.E. Hendrickx. 1980. Crustaceans in the shrimp by-catch from off the coasts of Sinaloa and Nayarit, México. Bull. South. Calif. Acad. Sci. 79(3):110-111.

Pauly, D. 1980. On the interrelationships between natural mortality, growth parameters and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. CIEM 39(3):175-192.

Pauly, D., V. Sambilay Jr., & S. Opitz. 1993. Estimates of relative food consumption by fish and invertebrates populations, requiered for modelling the Bolinao reef ecosystem, Philippines. *En:* Christensen, V. & D. Pauly (eds.). Trophic models of aquatic ecosystems. ICLARM Conf. Proc. 26:1-390.

Sánchez-Ortíz, C.A. & J. Gómez-Gutiérrez. 1992. Distribución y abundancia de los estadíos planctónicos de la jaiba *Callinectes bellicosus* (Decapoda: Portunidae), en el complejo lagunar Bahía Magdalena, B.C.S., México. Rev. Inv. Cient. 3(1):47-60.

Sparre, P. & S.C. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO Doc. Tec. Pesca 306/1 Rev. 2:1- 420.

Stevens, B.G. & R.A. MacIntosh. 1993. Modified lobster traps for catching crabs and keeping lobsters out. J. Fish. Res. Bd. Can. 32(12):2515-2520.

Thompson, W.F. & F.H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effects of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep. Int. Fish. Comm. 8:1-49.

almeja mano
de león
Baja
California
almeja
mano
de león
almeja
voladora
San Ignacio
San Ignacio
voladora
mano de león
almeja
almeja
almeja

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ALMEJA MANO DE LEON

ESPECIES: Almeja mano de león (*Lyropecten subnudosus*).

- Se captura principalmente en la Laguna Ojo de Liebre en la costa Nor occidental de B.C.S.
- Pesquería relativamente reciente (los registraos datan de 1991) sin embargo se menciona que ya se capturaba desde finales los años 70.
- Representa el 3% del total registrado de la producción de almejas en el litoral Pacífico en los últimos tres años.
- Pesquería artesanal importante por las divisas (se comercializa para el mercado internacional), alimento y empleo que genera para las comunidades ribereñas de la zona.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 2000: 122 t, el 78 % del máximo histórico (1999).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Estructurado por tallas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible.

MEDIDAS DE MANEJO

- No existe alguna Norma Oficial que regule su aprovechamiento, sin embargo, se otorgan cuotas de captura por permisionario y una talla mínima de 140 mm de longitud máxima.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

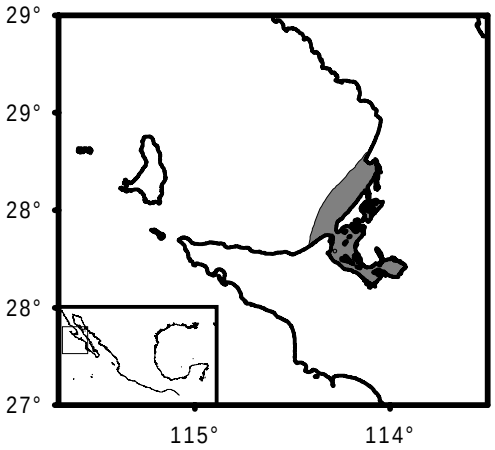
- Mantener un nivel de explotación del 20 % del total de la biomasa que supera la talla mínima propuesta.

ALMEJA MANO DE LEÓN

Lyropecten subnodosus

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La especie *Lyropecten subnodosus* conocida con los nombres comunes de almeja mano de león, almeja garra de león o almeja voladora, es uno de los tres pectínidos explotados comercialmente en el estado de Baja California Sur. Las otras especies son la almeja catarina, *Argopecten circularis,* y la almeja voladora, *Pecten vogdesi*. Los pectínidos son un grupo de moluscos que se explotan activamente en el mundo, tanto en la zona templada como en la tropical (Morales-Hernández y Cáceres-Martínez, 1996). Sus pesquerías se encuentran por lo general en el límite de la sobreexplotación o sobreexplotadas. Algunos países han hecho esfuerzos para mantener la captura dentro de un máximo sustentable a través del desarrollo de técnicas de cultivo y manejo acuícola; éstos han ofrecido soluciones definitivas para algunas especies. El mejor ejemplo de esto lo constituye la pesquería asociada a la acuacultura del pectínido japones *Patinopecten yessoensis* en las bahías de Mutsu, Funka, Saroma y Notoro (Japón), en donde se produjeron 350 mil t en 1990 (Dao, 1995).

Algunos otros pectínidos importantes son: *Pecten maximus*, de Europa, *Argopecten irradians* y *Argopecten gibbus,* en E. U., y *Chlamis asperrimus*, de Australia. Todos están sujetos a técnicas de manejo acuícola importantes, ya que la producción mundial de pectínidos por acuacultura fue de 550 mil t para 1992 (FAO, 1994).

En el Pacífico mexicano, la captura comercial de almeja mano de león se realiza únicamente en la costa noroccidental del estado de Baja California Sur, concretamente en Laguna Ojo de Liebre

En el Pacífico mexicano, la captura comercial de almeja mano de león se realiza únicamente en la costa noroccidental de Baja California Sur, concretamente en Laguna Ojo de Liebre (Fig. 1). En los últimos tres años representó 3% del total de almejas de este litoral (Departamento de informática y estadística de la Delegación Federal de la SEMARNAP). En Baja California Sur es una importante pesquería artesanal que representa una considerable fuente de divisas, alimento y empleo para las comunidades ribereñas.

La mayor parte de la captura de la almeja mano de león es para consumo humano directo, la parte del cuerpo que se comercializa es el músculo aductor (callo), el cual se destina principalmente al mercado de exportación.

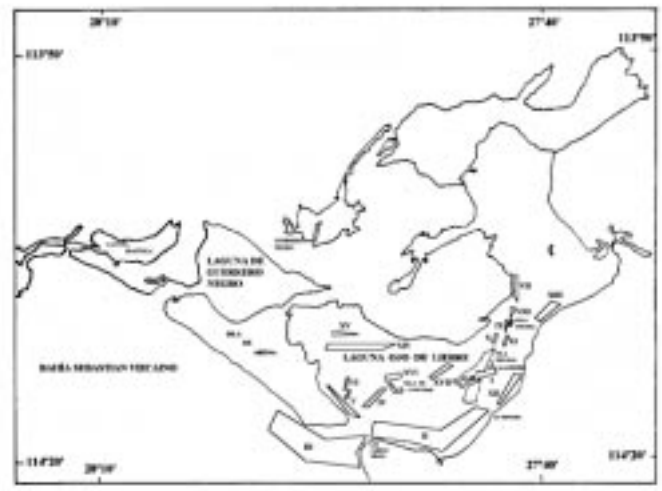


Fig. 1. Zona de estudio en la Laguna Ojo de Liebre en Baja California Sur, México.

La pesquería organizada propiamente, así como sus registros, son recientes y los volúmenes de captura se han ido incrementando desde 1991 cuando se obtuvieron cinco t de callo, hasta alcanzar las 157 t en 1999 (Fig. 2).

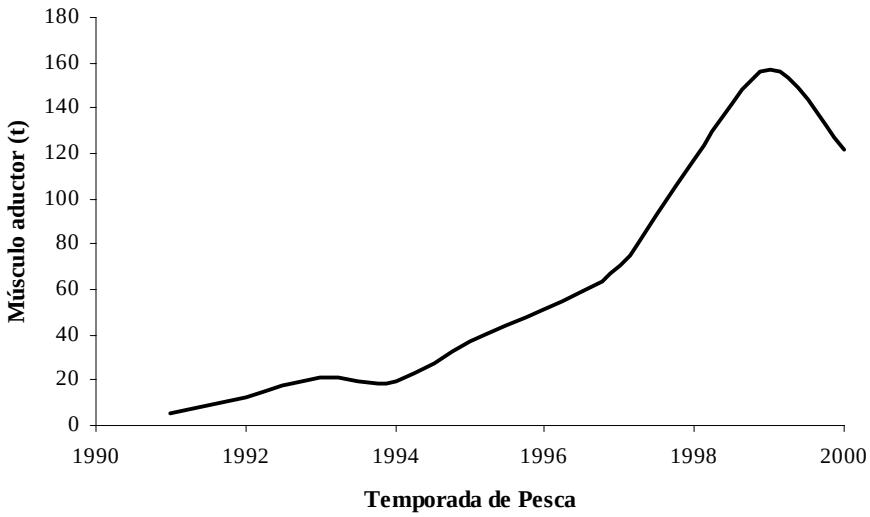


Fig. 2. Tendencias de la producción anual de la almeja mano de león capturada en la Laguna Ojo de Liebre en Baja California Sur, México.

BIOLOGÍA

La almeja mano de león, es la especie más grande de la familia Pectinidae en aguas tropicales del Oeste Americano. Su distribución geográfica se localiza desde la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, hasta las costas del Perú; habita en lagunas, bahías y canales con profundidad mayor a los 6 m y con corrientes fuertes (Keen, 1971). Prospecciones realizadas por el INP, indican que la especie se distribuye más al norte, pues también se ha encontrado en la Laguna de Guerrero Negro y por el litoral del Golfo de California, desde la Isla Angel de la Guarda, hasta la Isla Espíritu Santo.

Los trabajos sobre la biología reproductiva de los pectínidos no son muy abundantes, sin embargo existen algunos citados por Reinecke (1996), como es el de Rediah (1962), que describe el desove de algunos pectínidos. Coe (1945) refiere algunas variaciones en la sexualidad y desarrollo del sistema reproductivo en *Pecten* y algunos otros pelecípodos, al mismo tiempo que cita a Beldin (1910) y Gutsell (1931), los cuales hicieron algunos trabajos sobre *Pecten irradians*. Entre los trabajos más recientes podemos citar el de Baqueiro *et al*. (1981), el cual describe el ciclo reproductor de *Argopecten circularis,* en la Bahía de La Paz; Reinecke (1996) describe el ciclo reproductor de *Lyropecten subnodosus* en las poblaciones de Laguna Ojo de Liebre. Este trabajo analizó 215 gónadas colectadas entre febrero de 1979 a febrero de 1980 (aproximadamente 20 organismos mensuales); se determinó una talla de madurez sexual de 80 a 210 mm de longitud en los machos y de 93 a 215 mm para hembras. El estudio indicó un amplio periodo reproductivo, de agosto a enero, con dos picos de desove, uno en octubre y otro en diciembre. El trabajo no define una época de veda, sin embargo, ya que la mayor frecuencia en la etapa de desove ocurre en el mes de octubre, sugieren la posibilidad de implementar un periodo de veda entre septiembre y noviembre de cada año.

Esta especie, al igual que otros pectínidos es hermafrodita funcional (Reinecke, 1996), esto es, presenta una porción de gónada hembra y otra de macho que maduran en forma simultánea y cuyos gametos son activos en ambos casos, de aquí la divergencia de opiniones. En el Instituto de Investigaciones Oceanográficas de la Universidad Autónoma de Baja California, se han usado como reproductores a organismos colectados en la Laguna Ojo de Liebre; a nivel laboratorio, el tiempo de expulsión de los gametos masculinos y femeninos de un mismo individuo no rebasa nunca las 24 horas, por lo que no puede existir una talla mínima para cada sexo.

Estudios experimentales en laboratorios de acuacultura, indican que el desarrollo larval de *Lyropecten subnodosus* tiene una duración de 22 días a una temperatura entre 23ºC y 25ºC (García *et al*., 1992). En el medio natural, los trabajos realizados por el mismo autor, indican que después de la fijación en noviembre de 1989, los juveniles alcanzaron una talla promedio de 76 mm en el siguiente noviembre, cultivadas en un sistema de suspensión (canastas de plástico ostrícolas).

CAPTURA Y ESFUERZO

El recurso es aprovechado únicamente por pescadores de Guerrero Negro, ya que la Laguna Ojo de Liebre, se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaino

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesquería es operada por cooperativas y permisionarios de Guerrero Negro, Baja California Sur. Los sitios de pesca se localizan únicamente en la Laguna Ojo de Liebre, ya que su baja abundancia en otras áreas de distribución hacen imposible su captura a nivel comercial. El recurso es aprovechado únicamente por pescadores de la localidad debido a que la Laguna se ubica dentro de la Reserva de la Biosfera del Vizcaino, y quedó establecido que en el aprovechamiento de los recursos naturales se dará preferencia a los pobladores de la localidad.

Un equipo de pesca está formado por el buzo, el motorista y el cabo de vida o "jabero", que es el que se comunica con el buzo por medio de jalones en la manguera o de un cabo sujeto al cinturón de plomos. Las embarcaciones utilizadas en la captura son pangas de fibra de vidrio de 20 a 22 pies de eslora, equipadas con motor fuera de borda de capacidad variable (40 a 120 CF). Las embarcaciones se encuentran equipadas con un compresor de aire para buceo semiautónomo (Hooka), el cual es operado por un motor de gasolina de 5 a 7 CF. El aire comprimido es almacenado en un tanque de aluminio a una presión de 60 a 100 lb/pulg^2; al tanque se conecta una manguera para suministrar aire al buzo. La jaba en que se deposita la captura, está construida con malla de red y un aro de manguera para mantener abierto uno de los extremos.

Los organismos son extraídos manualmente y colocados en la jaba; cuando ésta se llena es subida a la embarcación por el cabo de vida. La captura es colocada en costales y transportada a tierra. El desconchado lo realizan generalmente el jabero y el motorista, los cuales separan el callo de la concha y el resto de la

masa visceral, para posteriormente lavarlo y empacarlo en bolsas de polietileno en las cuales es conservado en hielo y almacenado para su traslado.

▼*Tendencias históricas*

La pesquería de este recurso inició a finales de la década de los años 70 o principios de los 80, sin embargo, las primeras estadísticas oficiales datan del año 1991.

Por comentarios de pescadores radicados en Guerrero Negro se sabe que, la pesca de este recurso, inició a finales de la década de los años 70 o principios de los 80. Sin embargo, las primeras estadísticas oficiales datan del año 1991 (Morales-Hernández y Cáceres-Martínez, 1996), cuando la Oficina de Pesca de Guerrero Negro reportó una producción de 5 t. A partir de 1991 y hasta 1995, el desarrollo y crecimiento de la pesquería es gradual, alcanzando en ese lapso una producción de 35 t.

A partir de 1993, la autorización de permisos y el esfuerzo aplicado para la extracción del recurso; se otorga en función a la disponibilidad de la biomasa estimada en las evaluaciones, con capturas de 35 a 157 t de 1995 al 2000; la máxima captura se registró en 1999 (Figura 2). Sin embargo esta estrategia de manejo ha generado que la captura por unidad de esfuerzo sea poco significativa, ya que la asignación de cuotas diarias por equipo hacen poco confiable la información que se recaba en las bitácoras, las cuales son llenadas con valores muy cercanos al número de kilos autorizados como cuota diaria.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Debido al carácter artesanal de esta pesquería, no existen plantas o centros receptores para procesar la captura, y se realiza en locales acondicionados o en casas habitación

Debido al carácter artesanal de esta pesquería, no existen plantas o centros receptores para procesar la captura. Esta actividad se realiza en locales acondicionados o en casas habitación; se dispone únicamente de una pequeña planta para la producción de hielo y un cuarto frío, con capacidad insuficiente para captar la producción diaria durante la temporada de pesca. Generalmente la producción se conserva en hielo dentro de los mismos camiones en que se transporta a los lugares de distribución.

▼*Indicadores económicos*

Los principales demandantes de este producto son los mercados local y estadounidense.La mayor parte de la producción se canaliza al mercado de E. U., lo cual genera un gran beneficio para las comunidades. El incremento de la captura representó en Guerrero Negro, un ingreso de $350,000.00 USD en 1995 a $2’072,081.00 USD para 1999. Estos valores se obtuvieron del precio promedio reportado por permisionarios, cooperativas y algunos compradores, los cuales indican que el precio en playa durante la temporada de 1999 fluctuó entre $125.00 a $135.00 pesos por kilogramo de callo.

La mayor parte de la producción se canaliza al mercado de E. U., ya que generó un beneficio para las comunidades en 1999 de $2’072,081.00 USD

Los permisionarios y cooperativas se encargan directamente del proceso del producto y de la venta a los diversos compradores que llegan durante la temporada.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En México son pocas las especies de moluscos que cuentan con una Norma Oficial que regule su aprovechamiento comercial. La pesquería de esta especie comparada con otras es relativamente reciente, su captura incipiente y sus bajas producciones fueron enmascaradas al ubicarla en el rubro de almejas en general.

La demanda y asignación de permisos basados en la información que reportan las estimaciones de biomasa y estudios biológicos que realiza el Instituto Nacional de la Pesca, dieron lugar a que en 1981 se emitiera una opinión técnica, en la cual propone una talla mínima de captura de 15.0 cm de longitud (Reinecke,1996). Análisis posteriores permitieron sugerir una reducción a los 14.0 cm a partir de la segunda temporada de 1999 (Massó, 1999), propuesta como medida oficial en la Carta Nacional Pesquera (28 de agosto 2000). Las autoridades de la SEMARNAP recogen esta recomendación, sujetan los permisos de pesca respectivos, a esta medida administrativa y determinan la cuota permisible de captura.

Los permisos de captura expedidos desde 1996, definen una talla mínima de captura y una cuota por permisionario

Otro aspecto que ha favorecido al recurso, es la constitución de un Comité Pesquero en el que se integra a los sectores social y privado residentes en Guerrero Negro y Laguna Ojo de Liebre, con las autoridades de la SEMARNAP, PROFEPA y la propia Reserva de La Biosfera del Vizcaino. Se participa conjuntamente en las acciones de vigilancia y propuestas de manejo de los recursos de las lagunas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Modelo*

En este trabajo se analizó la información d. *L. subnodosus* desde 1996 al 2000. Durante este tiempo los bancos analizados han sido variables, aunque todos ellos se encuentran distribuidos dentro de la zona de estudio (Tabla 1). La recolecta de organismos (muestreo masivo) se realizó a través del método aleatorio simple (Cochran, 1978). Se utilizaron dos embarcaciones con motor fuera de borda, equipadas con compresores de buceo semiautónomo tipo “hooka”, debido a que la especie se ubicó a profundidades entre las 3 y 18 brazas. Cada buzo realiza 10 inmersiones por día, realizando la recolecta de los organismos dentro de un cuadrante de 10 m^2 previamente seleccionado como área muestral. Para la ubicación y estimación del tamaño de los bancos en donde se localizó *L. subnodosus*, se emplearon posicionadores por satélite (GPS, marca Garmín modelos 38 y 45 XL), con los cuales se obtuvieron las referencias geográficas que se emplearon para definir el contorno y tamaño de la áreas de distribución de la almeja mano de león. El área total en que se realizaron los muestreos fue convertida a la correspondiente unidad muestral (10 m^2). En los muestreos biológicos se colectó información de la longitud mayor (mm) y peso del músculo abductor o "callo" (gr).

- **Estimadores para abundancia de *Lyropecten subnudosus***

En la estimación de la abundancia poblacional de *L. subnodosus*, para incrementar la precisión en el estimado de la población se hizo una post estratificación de la información por cada unidad muestral; esto se debe a que los datos obtenidos durante 1996 y 1997 sugirieron que la post estratificación resultaría un criterio más apropiado en el cálculo de los estratos en comparación con el diseño muestral original (Picquelle y Hewitt, 1984; Hewitt, 1985; Galluci *et al.*, 1996). La post estratificación se realizó utilizando la distribución de frecuencias de la captura en número de organismos por unidad muestral y para cada banco dentro del área

CLAVE	BANCO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I	EL ALAMBRE		X	X	X	X	X
II	LA VENTANA	X	X	X	X	X	X
III	LA BOCANA		X	X	X	X	X
IV	EL BORBOLLÓN	X	X	X	X	X	X
V	CANAL DE LAS BARCAZAS		X	X	X		X
VI	EL ZACATOSO	X	X				X
VII	EL MARISCAL		X	X	X		X
VIII	EL MARISCAL-ISLA PIEDRA	X	X			X	X
IX	ISLA DE PIEDRA		X	X	X	X	X
X	1er CANAL DEL DATIL			X		X	X
XI	3er CANAL DEL DATIL			X			
XII	LA CORDILLERA			X			
XIII	LOS PAREDONES	X		X	X	X	X
XIV	HONDABLE 1				X	X	X
XV	HONDABLE 2				X	X	
XVI	LA ISLA DE CONCHA	X			X	X	X
XVII	DÁTIL-LA CONCHA				X	X	X

Tabla 1. Bancos analizados durante el periodo de estudio en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.

de estudio (Cochran, 1978; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000). En el método de postestratificación se estimó el número de intervalos (*NI*) de acuerdo con la regla de Sturges (Labastida, 1991). La expresión tiene la siguiente forma:

$$NI = 1 + (3.3 * \log n) \quad \text{.....(1)}$$

Mientras que el tamaño del intervalo (*TI*) se estimó como sigue:

$$TI = \frac{n\ \max - n\ \min}{NI} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

n = número de estaciones
nmax = número máximo de organismos capturados por estación
nmin = número mínimo de organismos capturados por estación.

La estimación de la abundancia total de la población en número de individuos, se obtuvo de acuerdo con los estimadores del muestreo aleatorio estatificado (Schaeffer *et al.*, 1987; Conquest *et al.*, 1996).

Los estimadores consideran las siguientes suposiciones:

a) La distribución de la especie dentro del área A de la población es constante, la densidad promedio es en todo momento directamente proporcional a el tamaño total de A.

b) La población está homogéneamente distribuida en el área A, y si se toma una fracción de esta área, su densidad representa una cantidad de individuos por área que es igual a la densidad promedio del total de la población.

c) En todas las inmersiones (comúnmente conocidas como caídas), cualquier organismo tiene la misma probabilidad de captura.

d) La unidad muestral es constante en todas las estaciones muestreadas.

Los estimadores utilizados se describen a continuación (v.g., Nevárez-Martínez *et al.*, 2000):

Estimador de la media poblacional:

$$\bar{y}_{st} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i \quad \text{.....(3)}$$

Varianza estimada de $\bar{y}_{st}$:

$$V(\bar{y}_{st}) = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right) \quad \text{.....(4)}$$

Estimador del total de la abundancia poblacional:

$$N\bar{y}_{st} = \sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i \quad \text{.....(5)}$$

Varianza estimada de $N\bar{y}_{st}$:

$$V(N\bar{y}_{st}) = \sum_{i=1}^{L} N_i^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_1^2}{n_i}\right) \quad \text{.....(6)}$$

Los límites de confianza ($\alpha = 0.05$), para el estimado de la abundancia de la población fueron calculados como sigue:

$$N\bar{y}_{st} \pm 1.96 * \sqrt{V(N\bar{y}_{st})} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

N = Número total de unidades muestrales en la población
N_i = Número de unidades muestrales en el estrato *y*
L = Número de estratos
n_i = Número de unidades muestrales, muestreadas en cada estrato
$\bar{y}_i$ = Promedio por estrato para las *i-ésimas* observaciones de n_i
S_i^2 = Varianza por estrato para las *i-ésimas* observaciones de n_i.

A partir del estimador del total de la abundancia poblacional (5), se calculó la biomasa por intervalo de talla de *L. subnodosus* de acuerdo con la siguiente relación:

$$BIT = \left(\alpha T^{\beta}\right) * \left(\sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i\right) * \Phi_T$$

donde:

BIT = Biomasa por intervalo de talla
α y β = parámetros de ajuste de la relación talla (T) peso
$\left(\sum_{i=1}^{L} N_i \bar{y}_i\right)$ = biomasa expresada en número de organismos
Φ_T = frecuencia relativa acumulada obtenida a partir del muestreo biológico para cada intervalo de talla (T).

En este caso, se obtuvo la fracción de organismos correspondientes a la biomasa total estimada en número de organismos que correspondieron a cada intervalo de talla, ponderado por su valor en peso a su respectivo intervalo de talla. De tal forma, la biomasa total para todos los intervalos de talla se estimaron como $\sum_{T} BIT$

▼*Estado actual de la pesquería de mano de león*

- Nivel de la Biomasa

Las estimaciones de la biomasa total de la población (t de músculo), mostraron un aumento creciente desde 1996. El banco II con una producción sostenida durante el periodo de estudio (Tabla 2), con una variación entre las 318 y 376 t por año, mientras que el banco III aumentó notablemente de 105 a 359 t. El resto de los bancos no ha variado de manera drástica y han mantenido una producción por debajo de las 150 t. Esto puede deberse al incremento de las áreas de pesca desde 1996 al 2000 por el reconocimiento de nuevas zonas de pesca (Tabla 3). La tendencia de las densidades estimadas mostró también un incremento que se pudo observar principalmente en el banco III, ya que la densidad aumentó de 11 a 17 organismos/10m^2, mientras que la zona II duplicó su densidad de 6 a 12 organismos/10m^2. El resto de los bancos no mostró cambios en densidad considerables (Fig. 3). Durante 1999 y 2000 se pudo observar una aparente estabilización de la biomasa total estimada (Fig. 2).

Las estimaciones de la biomasa total de la población (t de músculo), mostraron un aumento creciente desde 1996, debido al incremento de las áreas de pesca

Las estimaciones de biomasa total por año (t de músculo abductor) mostraron un aumento de 556 a 1,600 t. La biomasa autorizada para la captura también se incrementó de 60 a 150 t considerando el total de los bancos por cada año (Fig. 4). Se observó un aumento en la biomasa por intervalo de talla (longitud mayor); las modas de las distribuciones anuales fueron establecidas a los 150 mm de longitud mayor, en este caso, el aumento de la biomasa para ese intervalo de talla fue de 200 a 650 t durante el periodo de 1996 al 2000. En términos generales también aumentó la biomasa para el resto de los intervalos de talla, es decir, desde los 110 mm hasta los 195 mm (Fig. 5). De acuerdo con los diferentes índices, la pesquería se encuentra en una fase de crecimiento que quizá sea cercana a la estabilización, ya que la moda de la captura está en los 150 mm.

Tabla 2. Estimación de biomasa (t) de músculo aductor para la almeja mano de león. Para cada año se muestra su estimado y sus intervalos de confianza (P<0.05).

	1996			1997			1998		
BANCO	Lim. inferior	Estimado	Lim. superior	Lim. inferior	Estimado	Lim. superior	Lim. inferior	Estimado	Lim. superior
EL ALAMBRE	24.98	26.18	27.38	70.50	70.52	70.55	116.85	176.82	186.80
LA VENTANA	280.09	329.23	378.37	346.01	376.95	407.88	342.57	373.08	403.59
LA BOCANA	105.20	105.23	105.25	169.01	185.50	201.99	625.91	642.01	658.10
EL BORBOLLÓN	25.14	30.72	36.31	61.22	61.91	62.60	19.51	22.13	24.75
CANAL DE LAS BARCAZAS	24.44	26.24	28.04	15.32	15.33	15.34	40.96	40.99	41.02
EL ZACATOSO	6.79	7.61	8.44						
EL MARISCAL	3.32	3.45	3.58	27.93	28.55	29.18	36.47	37.52	38.56
EL MARISCAL-ISLA PIEDRA	13.14	13.72	14.30						
ISLA DE PIEDRA	12.17	13.96	15.74	21.52	24.44	27.36	5.83	5.97	6.12
1er CANAL DEL DATIL				13.17	13.64	14.11			
3er CANAL DEL DATIL				52.92	54.07	55.21			
LA CORDILLERA				29.56	30.04	30.51			
LOS PAREDONES				109.15	109.18	109.22	157.42	159.87	162.33
HONDABLE 1							65.61	71.96	78.30
HONDABLE 2							1.42	1.49	1.55
LA ISLA DE CONCHA							20.48	20.91	21.33
DÁTIL-LA CONCHA							48.45	50.00	51.54
	556.34			**970.12**			**1,602.75**		

	1999			2000		
BANCO	Lim. inferior	Estimado	Lim. superior	Lim. inferior	Estimado	Lim. superior
EL ALAMBRE	79.18	79.20	79.23	91.88	93.35	94.82
LA VENTANA	318.57	318.61	318.66	358.96	359.03	359.10
LA BOCANA	233.50	256.55	279.61	107.04	133.59	160.14
EL BORBOLLÓN	46.61	52.94	59.27	14.85	15.23	15.60
CANAL DE LAS BARCAZAS				1.90	1.97	2.04
EL ZACATOSO				34.49	38.74	42.99
EL MARISCAL				27.40	28.42	29.45
EL MARISCAL-ISLA PIEDRA	1.78	2.14	2.49			
ISLA DE PIEDRA				11.13	11.84	12.54
1er CANAL DEL DATIL	23.50	25.06	26.62	29.80	29.82	29.84
3er CANAL DEL DATIL						
LA CORDILLERA						
LOS PAREDONES	43.64	45.12	46.60	234.70	234.76	234.82
HONDABLE 1	164.04	178.07	192.09	29.80	29.82	29.84
HONDABLE 2	7.46	7.71	7.96			
LA ISLA DE CONCHA	58.74	60.09	61.43	77.63	81.13	84.62
DÁTIL-LA CONCHA	4.86	4.99	5.11	56.54	56.56	56.58
	1,030.48			**1,114.26**		

La biomasa de *L. subnodosus* en la Laguna Ojo de Liebre, B. C. S. ha mostrado un incremento desde 1996 y aunque también ha aumentado la superficie de explotación (Tabla 3), en los principales bancos de pesca (II y III) se ha visto un aumento de casi el doble de biomasa, esta situación ha sido favorecida por un esquema de manejo que ha permitido el mantenimiento de la biomasa reproductora del *L. subnodosus.* Desde 1996 el objetivo de manejo ha sido mantener un nivel de explotación del 20% del total de la biomasa que supera la talla mínima propuesta para la pesca (150 mm de longitud mayor). La actual política empleada en esta zona de reserva de la biósfera es totalmente con enfoque precautorio (Caddy y Mahon, 1995) y

Tabla 3. Variación temporal y tamaño (ha) de las áreas de muestreo en cada banco de la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México, en donde se captura la almeja mano de león.

CLAVE	BANCO	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I	El alambre		105	76	301	148	279
II	La ventana	900	818	411	440	663	867
III	La bocana		144	227	503	550	375
IV	El borbollón	75	96	87	41	129	32
V	Canal de las barcazas		38	30	81		8
VI	El zacatozo	80	18				69
VII	El mariscal-Isla piedra		9	74	100		79
VIII	El mariscal-Isla piedra	168	62				
IX	Isla de piedra		25	29	24	35	55
X	1er canal del cantil			33			
XI	3er canal del cantil			99			
XII	La cordillera			55			
XIII	Los paredones	912		123	395	491	533
XIV	Honorable 1				63	206	56
XV	Honorable 2				4	32	
XVI	La isla de concha	130			65	133	85
XVII	Dátil - La concha				139	81	85
	Total anual	**2,265**	**1,209**	**1,166**	**1,855**	**2,322**	**2,245**

conservador para el óptimo mantenimiento del recurso, ya que en otro tipo de pesquerías principalmente peces y otros moluscos (calamares) se permiten niveles de explotación del 60% y 70%, lo que implica que la biomasa reproductora debe permanecer entre el 30% y el 40% (Beddington *et al.*, 1990; Rosenberg *et al.*, 1990; Morales-Bojórquez *et al.*, 1997; Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997; Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

El mismo efecto se observó en las estimaciones de densidad. El aumento en este caso se favoreció por el incremento en biomasa de los organismos que se encontraban en la talla mínima propuesta para la pesca. Morales-Hernández y Cáceres-Martínez (1996) mencionan que los niveles de captura se incrementaron desde 1993, y que la captura por unidad de esfuerzo se estabilizó en 1994 clasificándola incluso como un recurso sobrexplotado; sin embargo, no muestran estimaciones de biomasa ni la distribución de las áreas de captura. Este aspecto es importante, ya que *L. subnodosus* presenta una cierta movilidad, lo cual ocasiona un cambio de distribución en espacio y tiempo, debido posiblemente a temperatura y disponibilidad de alimento. Esta nueva distribución no corresponde a su patrón original en la Laguna Ojo de Liebre B. C. S., lo cual también explica la variación en zonas de pesca desde 1996 (Tabla 1) y la consistencia de los bancos II y III como las principales áreas de pesca. Desde éstos bancos el recurso posiblemente se redistribuye hacia otras zonas dentro de la Laguna, ya sea por advección de las larvas, o por el movimiento propio.

El indicador de abundancia mostrado por Morales-Hernández y Cáceres-Martínez (1996) no es el adecuado para *L. subnodosus*, en comparación con las tendencias mostradas en este trabajo. La pesquería de *L. subnodosus* establecida en la zona de reserva de la biósfera se encuentra en nivel óptimo de explotación, ya que la cuota permitida no puede causar sobrexplotación del recurso. La pesquería no se afectó por causas naturales, en este caso, el evento El Niño de 1997 (Lluch-Cota *et al.*, 1999), ya que solo redistribuye el recurso hacia nuevos bancos.

La pesquería de L. subnudosus establecida en la zona de reserva de la biósfera se encuentra en nivel óptimo de explotación

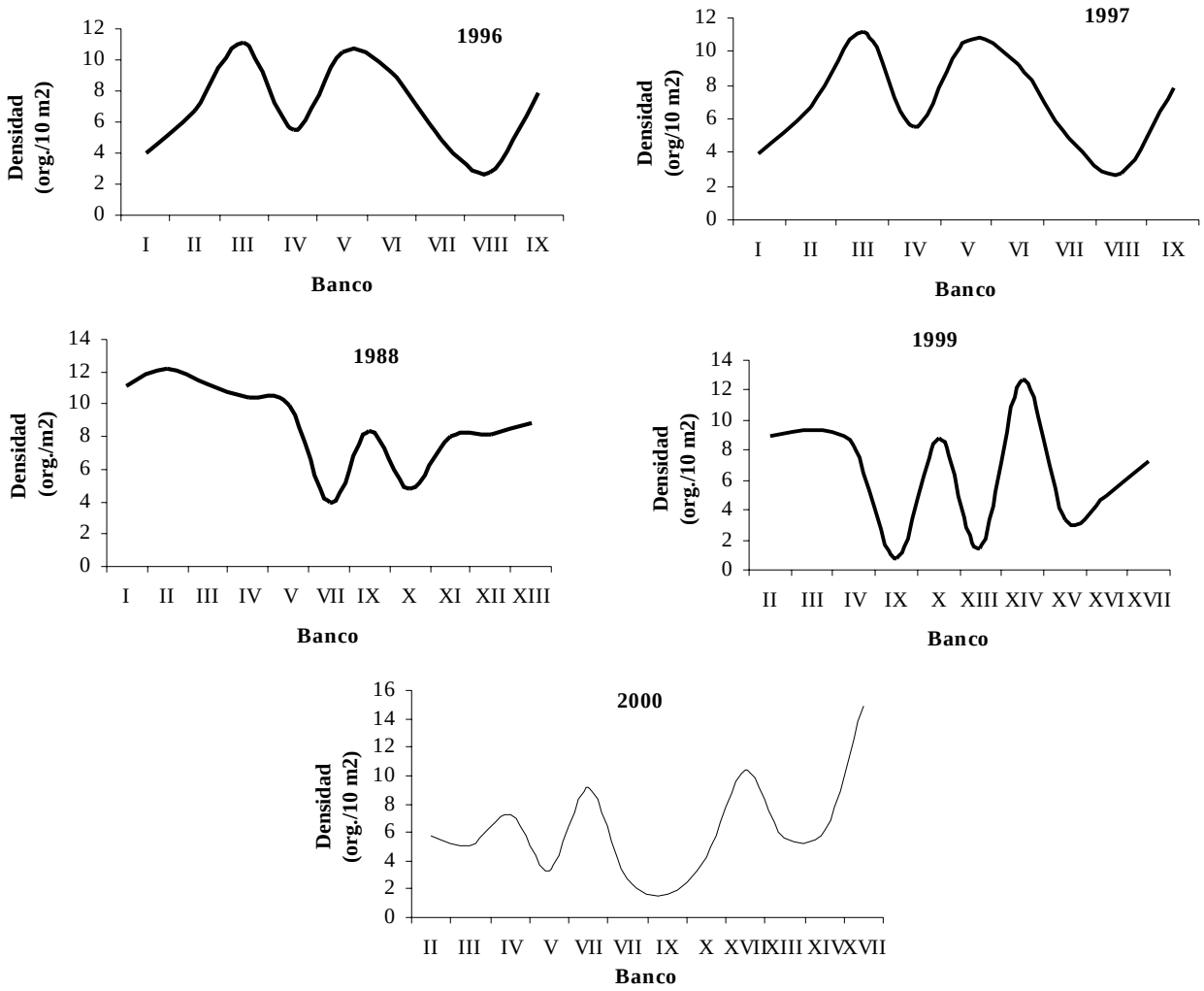


Fig. 3. Variación anual por banco de la densidad estimada para mano de león en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.

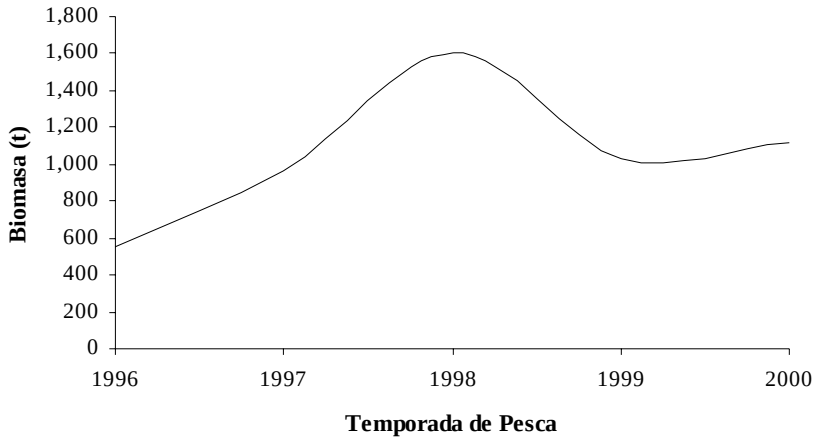


Fig. 4. Tendencias de la biomasa estimada de músculo aductor de mano de león en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.

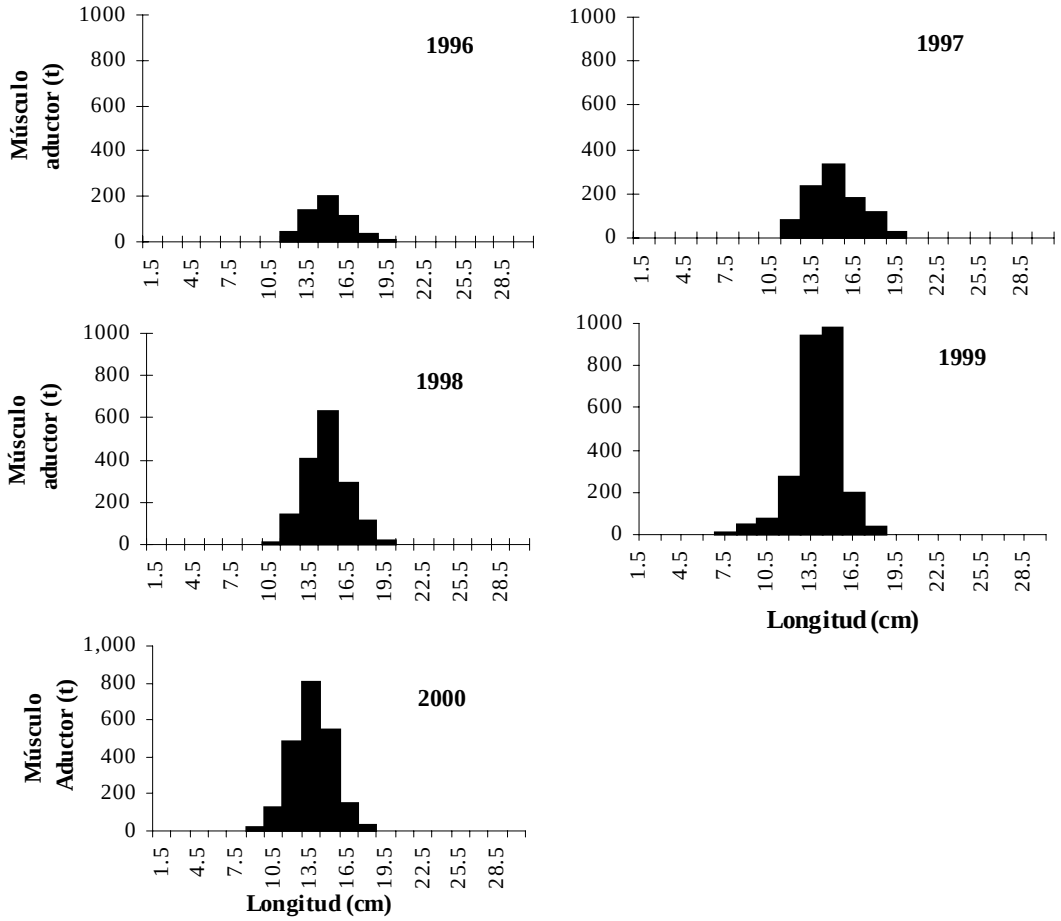


Fig. 5. Biomasa por intervalo de talla de la almeja mano de león en la Laguna Ojo de Liebre, Baja California Sur, México.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La pesquería de almeja mano de león en el Estado de Baja California Sur muestra signos típicos de una pesquería en expansión, ya que el incremento gradual en el área global de distribución, densidades y biomasa estimada en las evaluaciones de los últimos tres años, sugieren que aun no se alcanza el límite de máxima producción de la laguna Ojo de Liebre. No existe información que permita estimar la capacidad de carga de la laguna.

La biomasa asignada a la captura en los últimos cuatro años ha sido fundamentada en criterios altamente precautorios, ya que el área de extracción forma parte de la Reserva Ecológica de la Biosfera del Vizcaino. Solo se autoriza un 20% de la biomasa por arriba de la talla mínima provisional de 150 mm de longitud mayor.

El crecimiento sistemático que se observa en los estimados de abundancia en los últimos cuatro años, sugieren la posibilidad de aumentar la biomasa asignada a la captura, sin perder de vista el enfoque precautorio que requiere una zona decretada como reserva biológica. El incremento en la biomasa recomendada para la captura se puede dar en dos sentidos:

a) Incrementado el porcentaje asignado, manteniendo la talla mínima con la que se ha trabajado en los últimos años, esto es 15 cm de longitud mayor, o

b) Reduciendo la talla mínima y manteniendo una captura del 20% de la biomasa estimada por arriba de la talla provisional de captura.

Ante la existencia de dos posibilidades y considerando que las decisiones de manejo deben ser tomadas de la manera más responsable posible a partir de la mejor evidencia científica (FAO, 1994), es necesario considerar en la toma de decisiones los siguientes aspectos:

a) La almeja mano de león, como otros pectínidos, puede desplazarse, ya que como señala Mazón (1996), son de los pocos moluscos bivalvos que pueden nadar. Por esto en algunos países los pectínidos también son conocidos como "almeja peregrina".

b) Aunque no se conocen estudios específicos que hablen sobre las causas que originan los movimientos masivos de las poblaciones de pectínidos, existen algunos reportes que sugieren la existencia de éstos (Gómez del Prado, 1984; Massó, 1993; 1996).

c) Estudios como el de Orensanz (1988), sugiere que en pectínidos de ciclo de vida largos (7 a 8 años), la talla de los individuos se ve afectada por condiciones medio ambientales como la temperatura y la disponibilidad de alimento. Las altas densidades pueden reducir la proporción del crecimiento individual y el rendimiento reproductor, debido principalmente a un limitado suministro de alimento, el cual aumenta el riesgo de mortalidad por tensión fisiológica.

d) La reducción de abundancia y biomasa que registró el banco identificado como La Bocana (entre el periodo de revisión en marzo y el de inicio de captura en agosto de 1998), indica una disminución de la población que pasó de 8'961,027 a 2'487,529 almejas, reduciéndose su densidad de 17.8 a 4.94 organismos por unidad de muestreo (10 m^2). En términos de biomasa total, esto equivale a una reducción de 642 t en marzo a 129 t en agosto. El no encontrar indicios que sugieran una mortandad masiva, un cambio tan grande no puede ser atribuible a una captura ilegal, además que para marzo aun persistían los efectos del El Niño 1997-1998 (Hayward *et al*., 1999), el cual afectó la productividad primaria en el Pacífico, sugieren la posibilidad de que este desplazamiento poblacional sea consecuencia de un limitado suministro de alimento.

e) El hecho de que la biomasa autorizada para la captura en los últimos cuatro años se ubica muy por debajo de la biomasa que aparentemente se perdió como consecuencia de este movimiento poblacional, justifican la necesidad de incrementar gradualmente la cuota de captura, sin perder de vista el enfoque precautorio.

Por ello, para la temporada de 1999 se determinó el uso de una talla provisional de 140 mm de longitud mayor, otorgando a la captura el 20% de la biomasa estimada. De esta manera se pretende medir también la respuesta biológica de la especie, con base en los resultados de estimación que se observen en el año 2000.

Una vez que se valore el impacto biológico que implica la reducción de la talla, se podrán modificar gradualmente los porcentajes asignados a la captura, para de esta manera buscar un punto de equilibrio entre la biomasa autorizada y la que se recupera por reclutamiento.

Es importante que la pesquería de mano de león pueda considerarse actualmente como sana y en franca expansión. No se debe de perder de vista la conducta dinámica de los pectínidos, y que su respuesta a cambios en el medio ambiente no siempre son predecibles.

La toma de decisiones bajo un Enfoque Precautorio se da siguiendo los principios de FAO (1994), dentro de un marco de propuestas analizadas y acordadas en un comité que involucra al sector pesquero social y privado, el Instituto Nacional de Ecología, la Subdelegación de Pesca de la SEMARNAP, la PROFEPA, y el Instituto Nacional de la Pesca por conducto del CRIP La Paz.

REFERENCIAS

Baqueiro, C. E., J. A. Massó & H. Guajardo. 1982. Distribución y abundancia de moluscos de importancia comercial en Baja California Sur. Serie de Divulgación, Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca, México. 11: 32 pp.

Baqueiro, C. E., J. A. Massó & R. Peña. 1981. Análisis de una población sobreexplotada de *Argopecten circularis* (Sow., 1835) en la Ensenada de La Paz, B.C.S., México. Ciencia Pesquera. 1(2):57-65.

Beddington, J. R., A. A. Rosenberg, J. A. Crombie & G. P. Kirkwood. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Islands waters. Fisheries Research. 8:351-365.

Caddy J.F. and R. Mahon. 1995. Reference point for fisheries management. *FAO* Fisheries Technical Paper, 343:1-83.

Carbajal, R. Mª de los A. 1987. Cultivo larvario de la almeja mano de león *Lyropecten subnodosus*, a partir del crecimiento y maduración gonadal de los reproductores. Tesis Maestria. ITESM-Guaymas. 66 pp.

Cochran, W.G., 1978. Técnicas de muestreo. CECSA. 7a. Ed. 507 p.

Coe, W. R., 1945. Development of the reproductive systems and variations in sexuality in Pecten and Pelecipod Mollusks. The Connecticut Academy of arts and Sciences.

Conquest, L., R. Burr, R. Donnelly, J. Chavarria and V. Gallucci., 1996. Sampling methods for stock assessment for small - scale fisheries in developing countries. En: V. Gallucci, S. Saila, D. J. Gustafson & B. Rothschild (eds.). Stock Assessmet Quantitative Methodss and Applications for small - scale Fisheries. CRC Press Inc. pp: 179-225

Dao, J.C. 1995. L'Explotation des pectinides dans la mode. 8th Inter. Pectinid Workshop. Actes de Colloques 17: 15-32.

FAO 1994. Estadísticas Mundiales de Pesca. Roma FAO. 1994.

Gallucci, V., S. Saila, D. L. Gustafson and B. L. Rothschilid., 1996. Stock Assessment Quantitative methods and Applications for small-scale fisheries. CRC Press Inc. pp. 527.

García D. F. A., P. C. Moroyoqui & E. F. Félix Pico. 1992. Spat settlement and early growth of *Lyropecten subnodosus* (Sowerby, 1835) in Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. 1989-1990. Abs. World Aquacult. Ann. Conf.

Gómez del Prado, R. M. C. 1984. *Echinocephalus pseudouncinatus* nemátodo parásito de *Argopecten circularis* (Mollusca: Bivalvia) y *Heterodontus francisci* (Pisces: Elasmobranchia) en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestria. Inst. Cienc. Mar y Limnol. UNAM.

Hardy, D. 1991. Scallop Farming. Fishing News Books.

Hayward, T. L., T.R. Baumgartner, D. M. Checkley, R. Durazo, G. Gaxiola-Castro, K. D. Hyrenbach, A. W. Mantyla, M. M. Mullin, T. Murphree, F. B. Schwing, P. E. Smith & M. J.Tegner. 1999. The State of the California Current in 1998-1999: Transition to Cool-Water Conditions. CALCOFI Rep. 40: 29-62.

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojórquez, M. A. Cisneros, M. O. Nevárez and G.I. Rivera. 1998. Management estrategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) from Gulf of California, México. CALCOFI Rep. 39: 212-218.

Hewitt, R. P. 1985. The 1984 spawning biomass of the Northern Anchovy. CALCOFI Rep.26: 17-25.

Keen, A. M. 1971. *S*ea Shells of Tropical West America. Marine Mollusks from Baja California to Perú, 2nd. Ed. Stanford Univ. Press. U.S.A.

Labastida, L. N. 1991. *Estadística*. Instituto Politécnico Nacional. México.

Lluch-Cota, D. B., Lluch-Belda, D., Lluch-Cota, S. E., López-Martínez, J., Nevárez-Martínez, M. O., Ponce-Díaz, G., Salinas-Zavala, C. A., Vega-Velazquez, A. 1999. Las Pesquerías y El Niño. *En:* V. O. Magaña R. (ed.) Los Impactos de El Niño en México. IAI-SG-UNAM-CONACYT, México. pp:37-178.

Massó, R. J. A. 1993. Comportamiento y fluctuaciones poblacionales de la almeja catarina (*Argopecten circularis*), en bancos silvestres de las Lagunas San Ignacio, Ojo de Liebre y Guerrero Negro, en Baja California Sur, México. Tesis profesional, Facultad de Ciencias, UNAM. 66 pp.

Massó, R. J. A. 1996. Pesqueria de almeja catarina. *En:* M. Casas & G. Ponce (eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. I. SEMARNAP. FAO. INP. UABCS. CIBNOR. CICIMAR. UECYTM. La Paz, B. C. S., México. pp:71-85.

Mazón, S. J. M. 1996. Cultivo de la almeja catarina *Argopecten circularis.* pp 513-544. En M. Casas & G. Ponce (Editores) Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. II. SEMARNAP. FAO. INP. UABCS. CIBNOR. CICIMAR. UECYTM. La Paz, B. C. S., México.

Morales-Bojorquez, E., A. Hernández, M. O. Nevárez, J. Díaz De León, G. I. Rivera & A. Ramos. 1997. Abundancia poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en las costas de Sonora, México. *Oceánides*, 12(2):90-96.

Morales-Hernández, R. & C. Cáceres-Martínez, 1996. Pesquería de almeja mano de león *L. subnodosus*. pp 87-100. En: M. Casas & G. Ponce (Editores). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. I. SEMARNAP. FAO. INP. UABCS. CIBNOR. CICIMAR. UECYTM. La Paz, B. C. S., México.

Nevárez-Martínez, M. O., Hernández-Herrera, A., Morales-Bojórquez, E., Balmori-Ramírez, A., Cisneros-Mata, M. A., Morales-Azpeitia, R. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fish. Res. 49(2):129-140.

Nevárez-Martínez, M.O. & E. Morales-Bojórquez, 1997. El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico $F_{\%BR}$, para la explotacion del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, del Golfo de California, México. Oceánides, 12(2):97-105.

Orensanz, J.M. 1988. Size, Environment, and density: The regulation of a scallop stock and its management implications. Can. Spec. Publi. Fish. Aq. Sci. 92: 195-227.

Overholtz, W.J., M.P. Sissenwine & S.H. Clark, 1986. Recruitment variability and its implication for managing and rebuilding the Georges Bank haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) stock. Can. Spec. Publi. Fish. Aq. Sci. 43:748-753.

Picquelle, S.J. & R.P. Hewitt., 1984. The 1983 spawning biomass of Northern anchovy. CALCOFI Rep. 25: 16-22.

Reinecke, M. A. 1996. Madurez y desove de la almeja mano de león *Lyropecten subnodosus*, Sowerby, 1835. (Bivalvia: Pectinidae) en Laguna Ojo de Liebre, B.C.S., México. Centro Regional de Investigación Pesquera, La Paz. Inst. Nal. de Pesca. Bol. Pesq. 3: 17-20.

Rosenberg, A. A., G. P. Kirkwood, J. A. Crombie & F. R. Beddington. 1990. The assessment of stocks of annual squid species. Fish. Res. 8:335-349.

Rediah, K., 1962. The sexuality and spawning of manx pectinids. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 42:683-703.

Schaeffer, R. L., W. Mendenhall & l. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. 321 p.

Baja California

Caracol panocha

Caracol panocha

Caracol panocha

Caracol panocha

CARACOL PANOCHA

Caracol panocha

Caracol panocha

Caracol panocha

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE CARACOL PANOCHA

ESPECIES: caracol panocha (*Astrea undosa y A. turbanica*).

- Recurso considerado sucedáneo del abulón.
- A comienzos de los 80 cobra importancia por la disminución de la biomasa del abulón.
- Antes de cobrar mayor importancia se capturaba para carnada o cebo.
- No existen áreas potenciales para incorporar a la pesquería.
- Para su extracción se utiliza buceo autónomo y Hooka.
- Se comercializa principalmente en el mercado nacional y en menor grado el internacional.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 56.91 t: 16% con respecto al máximo histórico (1989).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Biomasa dinámico de Schaefer.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo.

MEDIDAS DE MANEJO

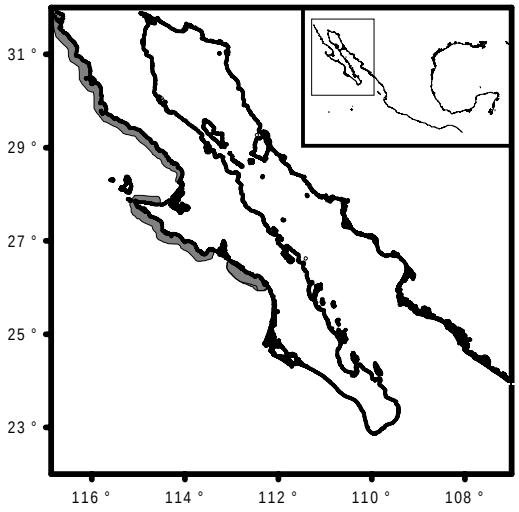
- Cuotas de captura por banco, talla mínima 90 mm de diámetro basal para *A. undosa* y 100 mm para *A. turbanica*, veda del 1° de noviembre al 28 de febrero, no incrementar el esfuerzo.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Recuperar la biomasa biomasa en el nivel de máxima producción excedente.

CARACOL PANOCHA

Astrea spp



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

El desarrollo de la pesquería del caracol panocha, *Astraea* spp, está relacionada con el abulón, ya que por su procesamiento, presentación y sabor es considerada como una especie sucedánea de éste. La pesca se realiza en la costa occidental de la península de Baja California.

En sus inicios el caracol se utilizaba principalmente como cebo ó carnada en las trampas para la captura de langosta. Este recurso comenzó a tener importancia comercial a principios de los años 80, coincidiendo con la disminución de la biomasa de abulón en la zona. Esta situación incentivó a las organizaciones sociales a diversificar su esfuerzo pesquero, y dirigirlo a especies de menor valor comercial como el caracol (comparativamente con abulón y la langosta).

El caracol panocha se utilizaba principalmente como carnada en las trampas para la captura de langosta y comienza a tener importancia comercial a principios de los años 80 coincidiendo con la disminución de la biomasa de abulón en la zona

Se registró formalmente una producción de 72.5 t en 1980, obtenida con un esfuerzo incipiente. Posteriormente el esfuerzo de pesca se incrementó al incorporarse a la pesquería un mayor número de cooperativas de producción pesquera, obteniendo una producción máxima de 354 t en 1989. En los años siguientes la producción se estabilizó en 250 t.

Han pasado 20 años del inicio de la pesquería de caracol panocha, y se considera que se ha llegado a los niveles máximos de producción. Singh-Cabanillas (1996) menciona que en la zona de mayor abundancia de caracol panocha, correspondiente a la porción central de la costa occidental de la península de Baja California, no existen áreas potenciales que puedan ser incorporadas a la pesquería. Las que existen, hacia el sur de la península, son tan pequeñas en magnitud y abundancia, que la biomasa que pudiera extraerse de estas no incrementaría de manera significativa los volúmenes de producción actual. Por otro lado, las evidencias acerca de una sobreexplotación de los recursos pesqueros en el mundo, ha originado que se reevalúen los criterios de los procedimientos de análisis pesqueros (Seijo *et al.*, 1997), lo que implica establecer estrategias de manejo que minimicen el riesgo de que el rendimiento pesquero se presente a nivel más bajo que el máximo sustentable, o que el stock llegue a un nivel mínimo extremo de biomasa que ponga en riesgo a la población (Mace, 1994). Para ello, una alternativa es el uso de Puntos de Referencia Biológicos (Caddy & Mahon, 1995); bajo este enfoque, se analizó el estado de salud del caracol panocha *Astraea* spp., utilizando el modelo de Schaefer de producción excedente en su versión dinámica de biomasa (Hilborn y Walters, 1992).

BIOLOGÍA

El caracol panocha pertenece al phylum Molusca, clase Gasteropoda, orden Archeogasteropoda, familia Turbinidae, género *Astraea* con las especies *A. undosa* (Wood 1828) y *A. turbanica* (Dall, 1910). Son especies típicas de mares templados y se distribuyen en el hemisferio norte, desde Punta Concepción, California, E.U. hasta Bahía Magdalena, B.C.S., México (Keen, 1971). Habitan fondos rocosos y en áreas arenosas adyacentes a las rocas desde la zona intermareal hasta, aproximadamente 30 metros de profundidad (Singh-Cabanillas, 1996). Los antecedentes disponibles señalan que en la costa Occidental de la península de Baja California se localizan distintos sitios de pesca de caracol panocha. Las áreas de mayor concentración de *A. undosa* se ubican desde Punta Eugenia a La Bocana, B.C.S., incluyendo Isla Natividad, donde se obtienen los mayores volúmenes de captura. Un área importante de distribución de *A. turbanica* se localiza en Isla Natividad, Punta Eugenia y Malarrimo, B.C.S. Esta especie se presenta en menor proporción que *A. undosa.* En Bahía Todos Santos, B.C. se registró una proporción de 1:10 de *A undosa* con respecto a *A. turbanica* (Guanes-Mercado y Torres-Moye, 1991).

Habitan fondos rocosos y en áreas arenosas adyacentes a las rocas desde la zona intermareal hasta, los 30 metros de profundidad, las mayores concentraciones se encuentran desde Punta Eugenia a La Bocana, B.C.S., incluyendo Isla Natividad

El caracol panocha tiene sexos separados (dioico) y su fertilización es externa. La proporción de sexos se ha registrado de 1:1 (Singh-Cabanillas, 1996). En su etapa adulta, los machos y las hembras se diferencian por el color de la gónada. En los machos es de color crema y en las hembras es de color verde musgo. Es un desovador parcial, con ciertas condiciones ambientales puede actuar como desovador incompleto, o desovador total o, incluso no desovar. Para la zona de Bahía Tortugas se han registrado dos periodos de desoves importantes en *A. undosa*, uno entre abril y mayo, y el otro de noviembre a enero, siendo el último el de mayor intensidad. La talla a la cual el 50% de las hembras se reproducen es de 91 mm de diámetro basal (DB), y la talla mínima de madurez es de 51 y 61 mm DB en hembras y machos respectivamente (Belmar-Pérez *et al.*, 1991). Esta gran plasticidad reproductiva se debe, además de factores internos de la población, a que el sitio donde se concentra la población y se realiza la pesquería, esta localizada en una zona de transición templado-tropical (Belmar-Pérez *et al.*, 1991).

Llegan a vivir hasta 12 años y se han registrado tallas máximas para A. undosa de hasta 133 mm y para A. turbanica de hasta 148 mm.

Se ha determinado una longevidad de hasta 12 años en el caracol panocha *A. undosa* y *A. turbanica* (Cupul-Magaña y Torres-Moye, 1996; Guanes-Mercado y Torres-Moye, 1991 y Gluyas-Millán *et al.,* 1999), a través de las marcas periódicas de crecimiento en los opérculos. Con respecto al tamaño, en *A. undosa* se han registrado tallas máximas de hasta 133 mm DB, mientras para *A. turbanica* de hasta 148 mm de DB. La talla mínima de captura es de 90 mm de DB y se alcanza entre los cuatro y cinco años (Gluyas Millán *et al.,* 1999). La distribución de tallas de *A. undosa* en los bancos caracoleros muestra una amplia variación de tamaños, de 20 a 133 mm DB, cuyos individuos registran edades entre dos y 12 años, mostrando una moda en individuos de 100 mm DB aproximadamente (Fig. 1). Los individuos menores a 60 mm DB tiene un comportamiento críptico y no son accesibles al muestreo.

En la porción central de la Costa occidental de la península de Baja California, se han localizado áreas de lento crecimiento de *A. undosa*, y la talla mínima de captura se alcanza a los nueve años, mientras que en otras áreas se alcanza como máximo a los cinco años (Gluyas Millán *et al.*, 1999). Esto evidencia un patrón de crecimiento distinto. Sin embargo, las dimensiones de las áreas donde se ha registrado esta situación parecen ser menores a aquellas donde ocurre la mayor concentración de caracol *A. undosa*.

El caracol panocha cohabita con el abulón (*Haliotis* spp) y con otra fauna asociada a los géneros *Tegula* y *Ocenebra* (gasterópodos), *Pisaster* (asteroideo) y *Platinereis* (anélido poliqueto). Además de la flora que está constituida principalmente por algas coralinas de los géneros *Corallina* y *Bossiela*, la grande laminaria *Macrocystis pyrifera* (sargazo gigante) y *Eisenia arborea* (coliflor).

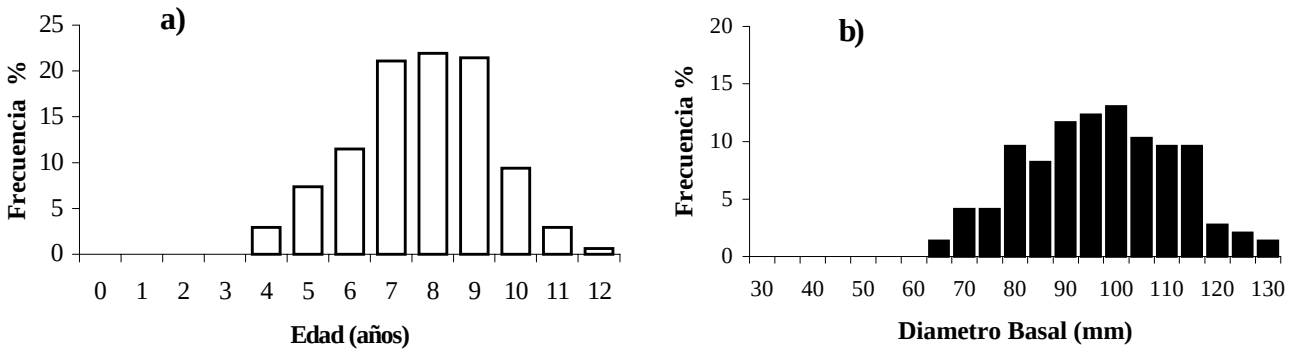


Fig. 1. a) Composición por edades y b) tallas de la población accesible de caracol *A. undosa* en Bahía Asunción en 1997.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesquería de caracol panocha en México se realiza en la costa occidental de la península de Baja California; los mayores volúmenes de captura se obtienen en la región central de la península. La temporada de pesca en Baja California Sur tiene una duración de ocho meses (marzo a octubre), la mayor intensidad se presenta en los meses de junio y julio, periodo en el que se incorporan un mayor número de equipos de pesca que han terminado de utilizarse en la captura de abulón.

Su extracción se realiza a profundidades de tres a 12 brazas, utilizando equipo de buceo semiautónomo tipo "Hooka", instalado en embarcaciones de 18 a 22 pies de eslora, e impulsadas con motores fuera de borda de 65 HP (caballos de fuerza). La tripulación está conformada por: un buzo, el cual recolecta manualmente los caracoles que se distribuyen en el fondo marino; un cabo de vida encargado de la seguridad del buzo, de subir el producto recolectado a bordo de la embarcación y un bombero, que es responsable del suministro de aire al buzo y del desplazamiento de la embarcación. Las áreas de pesca por lo general son cercanas a los núcleos de población humana.

El caracol capturado es recibido en playa y entregado en la planta procesadora donde se pesa y registra por equipo productor. Antes de 1990 el desconche de caracol se realizaba a bordo de las embarcaciones; actualmente el producto es entregado en la mayoría de los casos entero para su desconche y posterior procesamiento.

▼*Tendencias históricas*

La captura de caracol se presenta a partir de 1980 (Fig. 2), observándose la etapa de crecimiento durante la década de los ochentas que va de 72 t en 1980 a 364 t en 1989. En la década de los noventas, las capturas variaron entre 170 y 350 t, con un promedio de 236 t. En este periodo, más del 90% de la producción fue aportado por los productores de Baja California Sur.

Los principales factores que han influido en las variaciones de los volúmenes de captura, son los siguientes:

1. Implementación de medidas de manejo del recurso, como cuotas de captura por bancos y por cooperativa, aplicación de talla mínima de captura de 90 mm DB y periodo de veda.

2. El incremento del esfuerzo pesquero en Baja California durante 1994 y 1995 que favoreció al aumento de la captura en un 25 y 30%.

3. La presencia de "El Niño" en 1997 y 1998, que afectó los niveles de abundancia y calidad del caracol, por lo que sólo operaron tres cooperativas en Baja California Sur. Dos de ellas suspendieron la explotación recién iniciada la temporada, por los bajos rendimientos en el proceso de enlatado. En el caso de Baja California, la participación de los productores se redujo en un 35%.

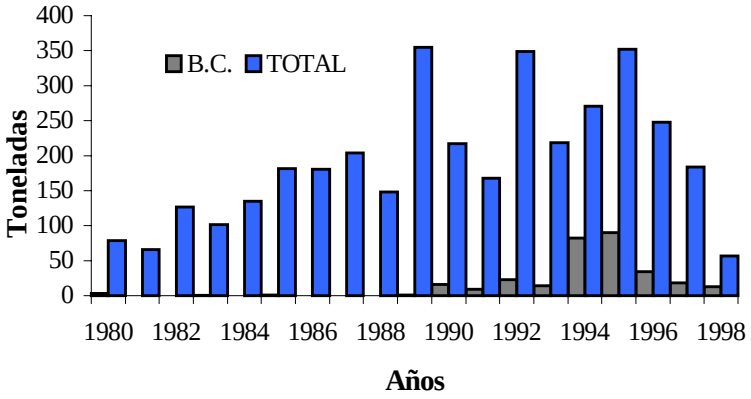


Fig. 2. Capturas históricas de caracol panocha en la Península de Baja California, México. Fuente: SEMARNAP y Cooperativas pesqueras.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

La infraestructura asentada en la zona de mayor extracción está conformada por siete plantas de procesamiento, con líneas dirigidas a: abulón, caracol, langosta, y pescado, la mayoría con desaladora y fábrica de hielo, con capacidad de proceso variable (Tabla 1), son propiedad de las cooperativas establecidas en la zona.

Tabla 1. Infraestructura para conservacion en la zona de captura del recurso caracol panocha.

Localidad	Proceso de Congelado			Proceso de Enlatado		
	Recepción t	Proceso t/h	Almacen t	Conservación t	Enlatado t/h	Almacen m^3
ISLA NATIVIDAD, B.C.S.	3.5	0.4	30	10.0	0.4	307.0
BAHIA TORTUGAS, B.C.S.	15.0	2.0	70	n/d	2.0	n/d
BAHIA ASUNCION, B.C.S.	12.0	0.7	80	5.0	0.2	180.0
BAHIA ASUNCION, B.C.S.	17.0	0.3	100	7.0	0.5	236.0
PUNTA ABREOJOS. B.C.S.	10.0	1.0	80	3.0	0.3	n/d
LA BOCANA, B.C.S.	13.0	2.0	80	2.0	0.5	126.0
ADOLFO LOPEZ M.,B.C.S	20.0	0.3	600	20.0	0.3	900.0
Total	90.5	6.7	1,040	47	4.0	1,749

La comercialización del caracol panocha se realiza como fresco congelado y enlatado en salmuera (latas de una libra). Para este último proceso se destina el 90% de la producción total

▼*Indicadores económicos*

La comercialización del caracol panocha se realiza bajo dos presentaciones: fresco congelado y enlatado en salmuera en latas de una libra de peso. Para este último proceso se destina el 90% de la producción total. El mercado principal es el nacional, y desde 1995 se participa en un menor grado en el mercado internacional de Taiwan y Vietnam; en ese año los precios fluctuaron entre $ 4.00 y $4.65 USD por lata (Singhh-Cabanillas, 1996). Actualmente, tiene un precio de $3.65 USD por lata en el mercado nacional y $4.16 USD por lata en el mercado internacional.

En la captura comercial de caracol panocha participan el sector social y privado, representado por 15 sociedades cooperativas, nueve unidades de producción ejidal y siete permisionarios. De estos, 10 cooperativas operan en Baja California Sur, bajo un régimen de explotación por concesiones, con un periodo de vigencia de 20 años; el resto operan en Baja California. El esfuerzo pesquero registrado es de 142 equipos distribuidos desde Isla Natividad en la porción norte, hasta la Laguna de San Ignacio en Baja California Sur (Fuente: Delegación Federal de la SEMARNAP en B. C. y B.C.S.).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las medidas administrativas que regular el aprovechamiento del caracol panocha. son: talla mínima de captura de 90 mm de diámetro basal para *Astraea undosa* y 100 mm para *A. turbanica,* y un periodo de veda del 1º de noviembre al 28 de febrero.

La estrategia de manejo de la pesquería en Baja California Sur se ha basado en la asignación de cuotas individuales máximas por banco, determinadas en forma precautoria, con una $F_{\%BR}$ del 15 al 20 %, lo cual permite la supervivencia de una fracción de la biomasa de la población reproductora (BR) asociada a una talla mínima legal (TML).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

- ***Estimaciones de abundancia***

Para la estimación de la abundancia poblacional de caracol panocha, *Astraea* spp, se utilizó una post-estratificación de la información por unidad muestral. Los datos de las evaluaciones de campo sugirieron que la post-estratificación resultaría en un criterio más apropiado en el cálculo de los estratos para incrementar la precisión en el estimado de la población, en comparación con el diseño muestral original (Picquelle y Hewitt, 1984; Hewitt, 1985; Galluci *et al.*, 1996). La post-estratificación se realizó utilizando la distribución de frecuencias de la captura en número de organismos por unidad muestral y para cada banco dentro del área de estudio (Cochran, 1978). Se estimó el número de intervalos (*NI*) de acuerdo con la regla de Sturges (Labastida, 1991), cuya expresión tiene la siguiente forma:

$$NI = 1 + (3.3 * \log n) \quad \text{.....(1)}$$

Mientras que el tamaño del intervalo (*TI*) se estimó como sigue:

$$TI = \frac{n\ \max - n\ \min}{NI} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

n = número de estaciones
nmax = número máximo de organismos capturados por estación
nmin = número mínimo de organismos capturados por estación.

La estimación de la abundancia total de la población en número de individuos, se obtuvo de acuerdo con los estimadores del muestreo aleatorio estatificado (Schaefer *et al.*, 1987; Conquest *et al.*, 1996).

Los estimadores consideran las siguientes suposiciones:

a) La distribución de la especie dentro de un área A de la población es constante y de esta forma, la densidad promedio es directamente proporcional al tamaño total de A.
b) La población está homogéneamente distribuida en el área A; de esta forma, si se toma una fracción de esta área, su densidad representa una cantidad de individuos por área que es igual a la densidad promedio del total de la población.
c) Todas las inmersiones del buzo (comúnmente conocidas como caídas) tiene la misma probabilidad de captura.
d) La unidad muestral es constante en todas las estaciones muestreadas.

Los estimadores utilizados se describen a continuación:

Estimador de la media poblacional:

$$\overline{y}_{st} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{L} N_i \overline{y}_i \quad \text{.....(3)}$$

Varianza estimada de:

$$V(\overline{y}_{st}) = \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right) \quad \text{.....(4)}$$

Los límites de confianza ($\alpha = 0.05$) para el estimado de la media de la población fueron calculados como sigue:

$$\sqrt{V(\overline{y}_{st})} = \sqrt{\frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^{L} N^2 \left(\frac{N_i - n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^2}{n_i}\right)} \quad \text{.....(5)}$$

Estimador del total de la abundancia poblacional:

$$N\ \overline{y}_{st} = \sum_{i=1}^{L} N_i \overline{y}_i \quad \text{.....(6)}$$

Varianza estimada de:

$$V\left(N\,\bar{y}_{st}\right)=\sum_{i=1}^{L} N_i^{2}\left(\frac{N_i-n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_1^{2}}{n_i}\right) \quad \text{.....(7)}$$

Los límites de confianza ($\alpha = 0.05$), para el estimado de la abundancia de la población fueron calculados como sigue:

$$\sqrt{V\left(N\,\bar{y}_{st}\right)}=\sqrt{\sum_{i=1}^{L} N_i^{2}\left(\frac{N_i-n_i}{N_i}\right)\left(\frac{s_i^{2}}{n_i}\right)} \quad \text{.....(8)}$$

donde:

N = Número total de unidades muestrales en la población
N_i = Número de unidades muestrales en el estrato
L = Número de estratos
n_i = Número de unidades muestrales, muestreadas en cada estrato
s_i^2 = Varianza por estrato para las *i-ésimas* observaciones de n_i.

A partir del estimador del total de la abundancia poblacional (6), se calculó la biomasa por intervalo de talla de *Astraea* spp de acuerdo con la siguiente relación:

$$BIT=\left(\alpha T^{\beta}\right)*\left(\sum_{i=1}^{L} N_i\bar{y}_i\right)*\Phi_T \quad \text{.....(9)}$$

donde:

BIT = Biomasa por intervalo de talla
α y β = parámetros de ajuste de la relación talla (T) peso
Φ_T = frecuencia relativa acumulada obtenida a partir del muestreo biológico para cada intervalo de talla (T).
$\left(\sum_{i=1}^{L} N_i\bar{y}_i\right)$ = biomasa expresada en número de organismos

En este caso, lo que se obtuvo fue la fracción de organismos correspondientes a la biomasa total estimada en número de organismos, que correspondieron a cada intervalo de talla, ponderado por su valor en peso a su respectivo intervalo de talla. De tal forma que la biomasa total para todos los intervalos de talla se estimaron de acuerdo con lo siguiente:

$$Bt=\sum_{T} BIT \quad \text{.....(1O)}$$

Para la determinación del estado de la pesquería de caracol panocha, y con base en la información disponible, se utilizó el modelo de producción excedente de Schaefer (1954) en la versión dinámica propuesta por Hilborn y Walters (1992). Se consideró solamente la hipótesis de error de observación (Hilborn y Walters, 1992), la cual indica que el índice utilizado en la pesquería es medido con error. El modelo esta definido por:

$$B_{t+1}=B_t+r(\alpha_t)B_t\left(\frac{Bo-B_t}{Bo}\right)-C_t \quad \text{.....(11)}$$

donde:

r = tasa intrínseca de crecimiento
Bo = biomasa virgen
C_t = captura al tiempo *t*
Bt = biomasa al tiempo *t*

*C*omo variable ambiental se utilizó el negativo más uno de las anomalías de la temperatura superficial del mar (TSM) en el año t (Sierra *et al*, 1998) y se calculó como:

$$\alpha_t = 1 - TMS_t \quad \text{.....(12)}$$

donde:

TMS_t = Anomalía de la temperatura superficial del mar en el año *t*.

En general las pesquerías se desarrollan antes de que exista conocimiento básico sobre las poblaciones y registros de captura (Smith, 1993), por lo que es importante conocer si antes del registro de datos el *stock* ya había sido explotado (Hilborn & Mangel, 1997). Para el caso del caracol, los registros de las capturas son posteriores al inicio de la explotación, por lo que la estimación de la biomasa inicial se obtuvó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$B_{tinicial} = Bo * P \quad \text{.....(13)}$$

donde:

P = parámetro de proporcionalidad

- ***Definición de puntos de referencia biológicos***

La utilización del modelo dinámico de biomasa parte del supuesto que la producción excedente máxima (PEM) es alcanzada cuando la biomasa de la población es la mitad de lo que tendría en su condición virgen (Bo/2). Teóricamente si este nivel es mantenido se alcanzaría un rendimiento máximo sostenible (RMS) en el nivel de Bo/2, por lo que el punto de referencia objetivo es mantener la biomasa de la población en ese nivel.

El manejo tradicional de recursos pesqueros basado en puntos de referencia biológicos (PRB) considera un parámetro que permite conocer el estado de explotación en que se encuentra la población bajo estudio, y así definir una determinada estrategia de pesca (Sissenwine y Shepherd, 1987). Los PRB que pueden ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994).

- ***Ajuste del modelo***

El ajuste al modelo se realizó comparando las biomasas pronosticadas por el mismo y las estimadas a partir de evaluaciones directas realizadas en las diferentes zonas concesionadas.

Partiendo de que el tamaño de la población es una estimación que está en función del grado de precisión de los equipos y métodos que se utilizan, las decisiones de manejo se realizan bajo incertidumbre, de aquí que éstas estén sujetas a error (Restrepo *et al*., 1992). Por lo que la incertidumbre es medida en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987) mediante la distribución posterior de probabilidades (dpp) de los parámetros *Bo, r* y *P,* utilizando el teorema de Bayes (Hilborn y Walters, 1992), el cual está dado por:

$$P(\theta_j | D) = \frac{P(D|\theta_j)P(\theta_j)}{\sum_j P(D|\theta_j)P(\theta_j)} \quad \text{.....(14)}$$

donde:

$P(\theta|D)$ es la probabilidad posterior de un estado de la naturaleza θ incierto
$P(D|\theta)$ es la probabilidad de los datos dado el valor de θ
$P(\theta)$ es la probabilidad de θ antes de que los datos sean analizados (probabilidad anterior).

En el modelo, θ representa los parámetros *Bo*, *r* y *P*, mientras que $P(D|\theta)$ es la probabilidad de las biomasas estimadas de manera directa (B_{tobs}) dado los parámetros *Bo, r* y P, obtenida mediante una función de verosimilitud (L) con distribución normal de la forma:

$$L(\mathrm{B}_{\mathrm{t\,Obs}}|Bo,r,P) = \prod_{t=año\ incial}^{n} \frac{1}{\sigma_i\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(B_{t\,Obs}-\hat{B}_t)^2}{2\sigma_i^{\,2}}\right) \quad \text{.....(15)}$$

donde:

$L(B_{tObs}|Bo, r, P)$ es la verosimilitud de las biomasas observadas B_{tObs} dado los valores de *Bo, r* y *P*
B_t representa la biomasa estimada por el modelo para el año *t*
σi es la desviación estándar del error de observación.

La estimación de la distribución posterior de probabilidades de los parámetros consistió en:

1. Generar números aleatorios con distribución uniforme de los parámetros *Bo, r* y *P*
2. Estimar la máxima verosimilitud con la Ecuación 15
3. Acumular la máxima verosimilitud al valor de cada parámetro (este proceso se repite 100,000 veces)
4. Expresar la verosimilitud en términos de probabilidad con el teorema de Bayes.

▼ *Estado actual de la pesquería de caracol panocha*

Para determinar el estado del recurso de cada zona, se determinó el valor medio de la dpp de la tasa [Bt_{Actual} /(Bo/2)]. A partir de la condición que resulta, la situación de la población se ubicó en una de las siguientes categorías (Tabla 2):

Tabla 2. Clasificación de las pesquerías de acuerdo con su estatus.

Condición	$\frac{Bt_{Actual}}{[Bo/2]} \le 1$	$\frac{Bt_{Actual}}{[Bo/2]} \ge 1$	$\frac{Bt_{Actual}}{[Bo/2]} = 1$
Resultado	Stock debajo del nivel óptimo	Stock por arriba del nivel óptimo	Stock en el nivel óptimo
Estado	Deteriorado	Sano	Sano
Acciones	Requiere estrategia de recuperación	Con potencial de desarrollo	Nivel adecuado

El análisis de estado del recurso se centró en tres localidades representativas de la zona, que corresponden a igual número de cooperativas, que por razones de confidencialidad se denominaran Zona I, II y III. Estas se localizan en la zona de mayor producción de caracol panocha en Baja California Sur.

- **Zona I**

El desarrollo de la pesquería se resume en la *figura 3*. En esta se muestra la biomasa del stock, estimada en forma directa (puntos) y la calculada por el modelo (línea continua). La línea horizontal punteada debajo de

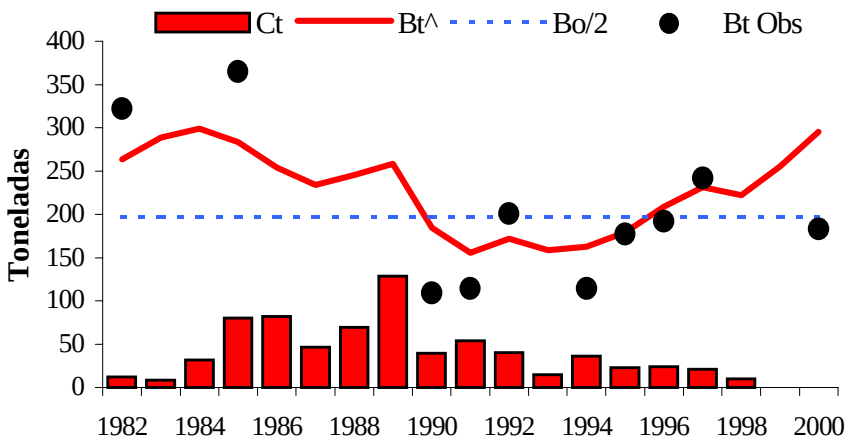


Fig. 3. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer (1954) en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas estimadas de manera directa en la zona I.

las 200 t indica el nivel en que debería estar la biomasa de la población (Bo/2), para obtener su producción excedente máxima. Las barras indican los volúmenes de captura anual.

Esta población muestra respuesta a cambios en los niveles de captura. Ello se puede observar en el periodo de 1982 a 1990 en el que la biomasa muestra una tendencia negativa, inversa a la de la captura. Un segundo escenario se presenta a partir de 1991, en donde la población reaccionó a la reducción de la tasa de explotación, mostrando un crecimiento en su tamaño, producto de las medidas de manejo que se aplicaron en esa época.

Existe incertidumbre en la estimación de la biomasa, por lo que el estatus de la población se mide en términos de distribución posterior de probabilidades(dpp), así tenemos que el valor estimado de la dpp de la biomasa actual para el año 2000 fue de 248 t, mientras que para Bo/2 fue de 196 t (Fig. 4a) y con una tasa Bt_{Actual}/(Bo/2) de 1.303 (Fig. 4c). Esto significa que la biomasa se encontraba 30.0% por encima del nivel en que el stock genera la máxima producción.

El VE de la dpp de la producción excedente actual (PEA) fue de 34.43 t, mientras que el VE de la dpp para la producción excedente máxima (PEM) fue de 41.33 t (Fig. 4b). Esto implica que la productividad del stock para el año analizado se encontraba al 83.3% de lo que podría obtenerse si la biomasa se encontrara en el nivel de Bo/2.

En consecuencia, y dado que la probabilidad de que la relación Bt_{Actual} y Bo/2 es mayor que la unidad (1.303), el recurso en esta zona se ubica en la categoría de "con potencial" (tabla 2).

- **Zona II**

El desarrollo de la pesquería en esta zona se manifiesta en forma diferente a la anterior, presentando una tendencia positiva de la biomasa estimada hasta 1990. La máxima captura de 95 t se realizó en 1992, siendo este valor muy cercano al tamaño optimo del stock (Fig. 5). Una segunda fase se manifiesta a partir de 1994 cuando la biomasa calculada por el modelo fluctúa por las 100 t, cantidad cercana a los niveles de máxima productividad.

La dpp de la biomasa actual y de Bo/2 muestran un valor promedio de 143 y 115 t respectivamente (fig. 6 a), con una tasa Bt_{Actual}/(Bo/2) de 1.332. Esto indica que la biomasa en el 2000 se encontró en un 33.2 % por encima del nivel de máxima productividad (Fig. 7c). Lo anterior tiene un efecto negativo bajo el concepto de máxima producción excedente; esto lo podemos observar al analizar la dpp de la PEA, donde el valor

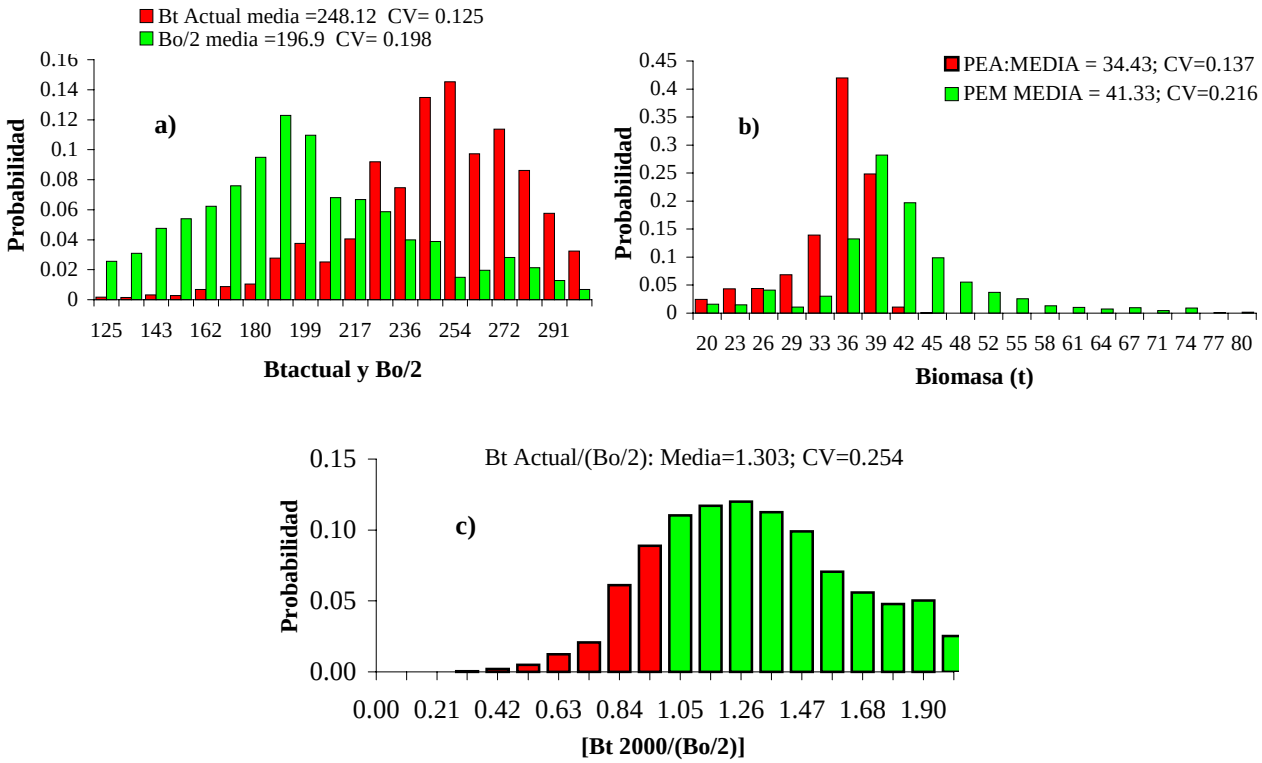


Fig. 4. a) Distribucion de probabilidades de la estimación de biomasa actual, Bo/2, b) Producción excedente actual y máxima y c) dpp del punto de referencia objetivo.

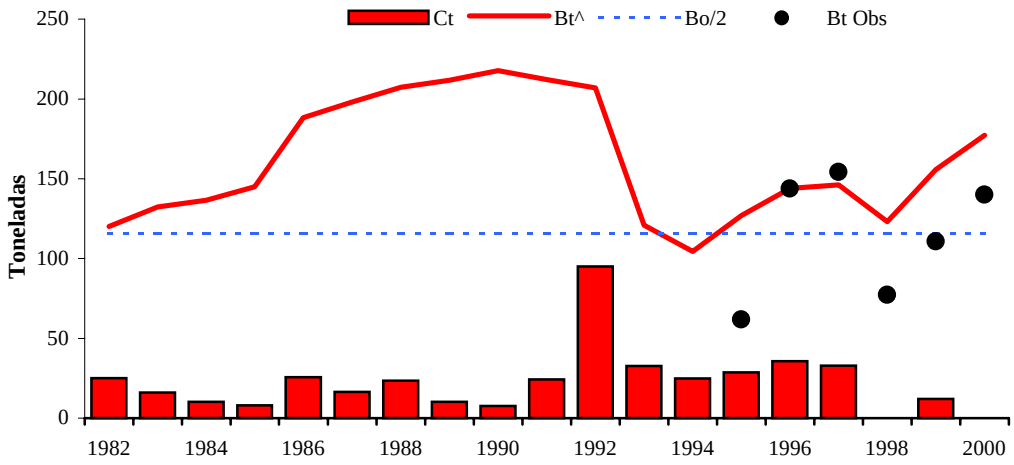


Fig. 5. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer (1954) en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas estimadas de manera directa en la zona II.

promedio fue de 27.37 t, mientras que el valor esperado para la PEM fue de 35.65 t (Fig. 6b). Esto implica que la productividad del stock en este momento se encuentra al 76.7% de su óptimo (Bo/2).

Al igual que en la zona I, el stock se ubica en la categoría de con potencial de desarrollo (Tabla 2), dado que la probabilidad de que Bt_{Actual} / Bo/2 es mayor que la unidad (1.332).

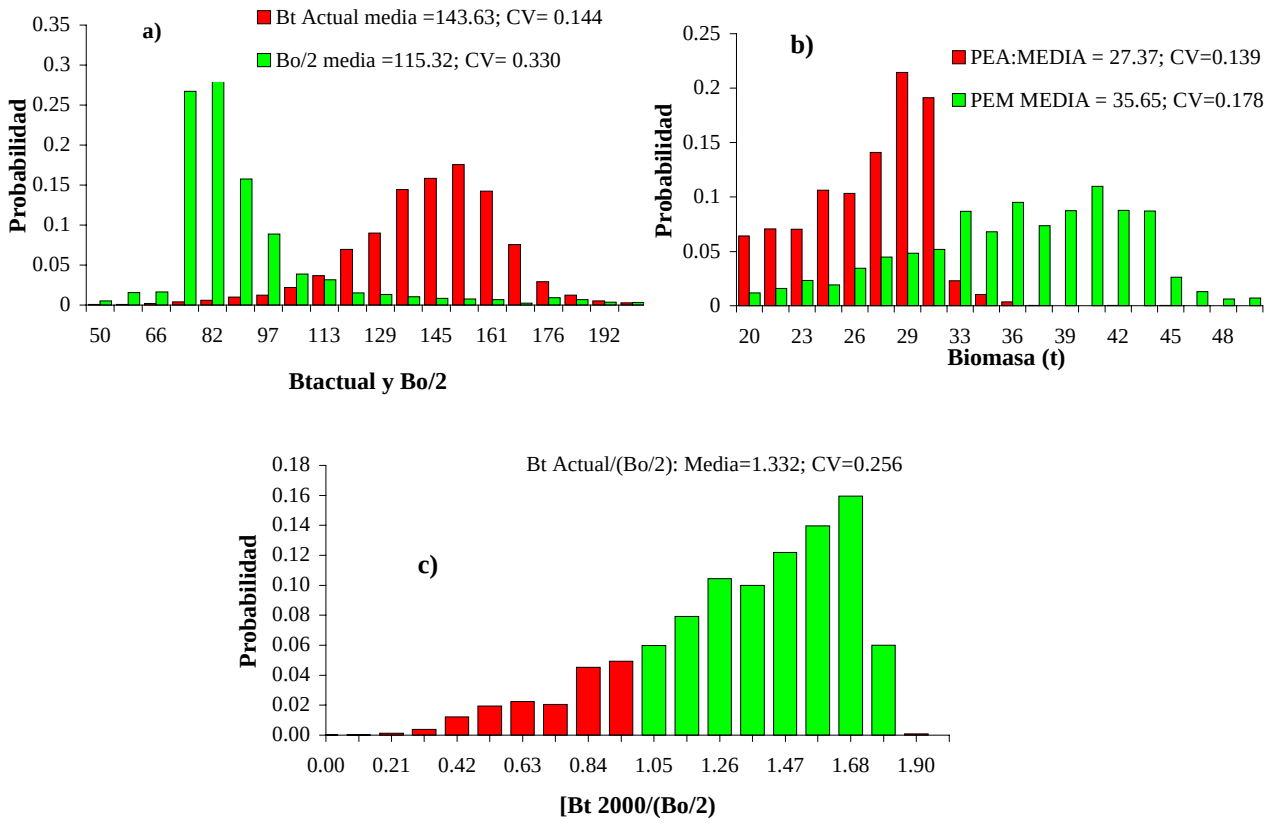


Fig. 6. a) Distribucion de probabilidades de la estimación de biomasa actual, Bo/2, b) Producción excedente actual y máxima y c) dpp del punto de referencia objetivo de la zona II.

- **Zona III**

El periodo de análisis es de 1989 al 2000, en el cual el tamaño de la población expresado en biomasa, muestra una tendencia negativa que se invierte en 1994. Los resultados de la biomasa estimada por el modelo, con la mejor combinación de parámetros, no describe de manera satisfactoria la biomasa observada en los tres últimos años (Fig. 7). Si esto lo analizamos, bajo la lógica de los supuestos del modelo, en que la población tiende a crecer cuando disminuye la captura y viceversa, en este caso la captura se reduce 50% de 1997 a 1998, y la biomasa del stock se incrementa más del 100% de 1998 a 1999.

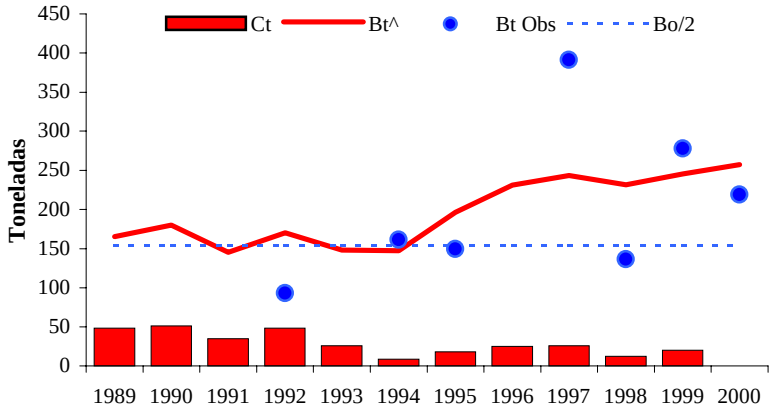


Fig. 7. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer (1954) en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas estimadas de manera directa en la zona III.

Esta diferencia entre lo observado y lo predicho, nos indica que existe incertidumbre, y entre mayor sea la diferencia, más incertidumbre existe en la estimación de los parámetros y en las variables implicadas.

Si los datos que no se ajustan a lo predicho por el modelo y son eliminados del análisis, reducimos la incertidumbre y las estimaciones son mas precisas, pero se reemplaza la mayor incertidumbre por el sesgo, dejando al valor real del parámetro o variable de interés fuera del rango de la estimación, lo que dará como resultado recomendaciones erróneas. En este estudio se optó por un estimado poco preciso, pero que incluya el valor real y no una estimación con menor incertidumbre pero sesgada.

La dpp de la tasa Bt_{Actual}/(Bo/2) fue de 1.510 (Fig. 8c). Lo que implica que la biomasa actual se encontraba en un 51.0 % por encima del nivel óptimo. De acuerdo a la dpp de la PEA el VE fue de 29.32 t, mientras que el VE para la PEM fue de 44.8 t (Fig. 8b). Esto indica que el stock se encuentra al 65.4% de su capacidad óptima. Por lo tanto el recurso en esta zona se ubica con potencial de desarrollo (Tabla 2).

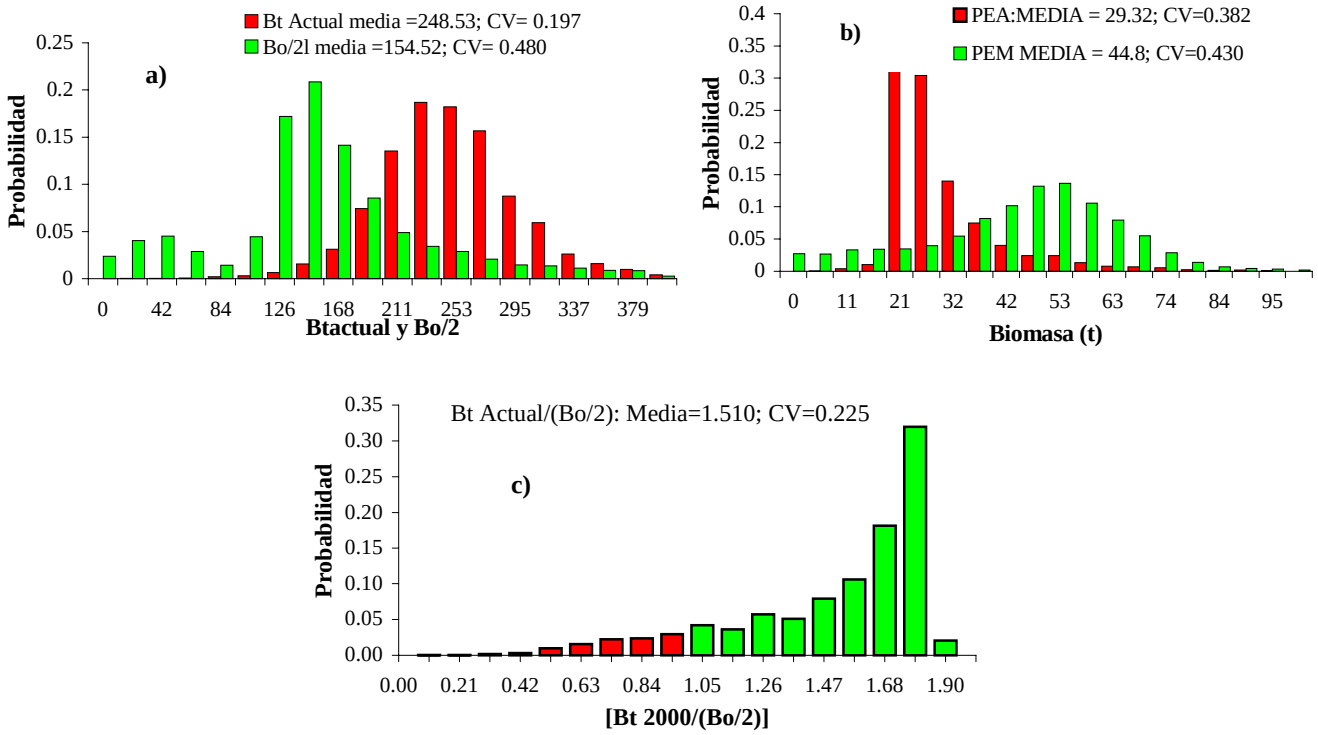


Fig. 8. a) Distribución de probabilidades de la estimación de biomasa actual, Bo/2, b) Producción excedente actual y máxima y c) dpp del punto de referencia objetivo de la zona

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Para recursos pesqueros en el que su status es de óptimo, el objetivo de los planes de manejo es definir estrategias para mantener esfuerzo a su MRS (Seijo *et al.*, 1997; Sparre *et al.*, 1995). Para ello se establece como PRO llevar la biomasa de la población a niveles de Bo/2.

La utilización de puntos de referencia objetivos como medidas de manejo, requiere de un estricto seguimiento de la pesquería, así como de un reajuste continuo en las medidas de manejo (Caddy y Mahon, 1995). También requiere poner especial atención en las fuentes de incertidumbre de las estimaciones del PRO y del status del stock.

Ningún modelo puede describir totalmente el comportamiento de la población, dado que existen errores de observación, de proceso o incluso en la estructuración del propio modelo (Schnute y Hilborn, 1993). Por lo que sí el proceso de evaluación está sujeto a error, entonces la biomasa proyectada tendrá un grado de incertidumbre. Por ello es necesario tener diferentes opciones, así como los riesgos y consecuencias de cada una de estas (Francis, 1992; Murdoch, *et al.*, 1994). En este caso, el riesgo para el manejo del recurso se define como la probabilidad de que B_{t+n} sea igual a la Bo/2. Para ello, se estimó la distribución de probabilidad de la $B_{t+n}/(Bo/2)$ de la siguiente manera:

a. Se generaron números aleatorios con distribución uniforme dentro un rango determinado de los parámetros *Bo, r* y *P*
b. Se calculó la verosimilitud con la ecuación 15
c. Se proyectó la biomasa al año *t+n,* con la cuota *c*
d. Se calculó la biomasa en el año actual
e. Se obtuvo la tasa $B_{t+n}/(Bo/2)$
f. Se asignó el valor de la verosimilitud máxima a la clase correspondiente a $B_{t+n}/(Bo/2)$
g. Se dividió la verosimilitud máxima acumulada en cada clase entre la suma de todos las clases.

Una vez obtenida la distribución posterior de $B_{t+n}/(Bo/2)$ el riesgo se obtuvo al sumar las probabilidades de las tasas menores a uno de la siguiente manera:

$$P\left[B_{t+n}/(Bo/2)\right] \leq 1 = \sum_{i=\min}^{1} Pi\left[B_{t+n}/(Bo/2)\right]$$

- **Proceso de asignación de cuotas**

La asignación de cuotas para la temporada 2001 consistió en proyectar cinco cuotas diferentes para cada zona, bajo los siguientes escenarios:

Opción 1. Analizar las consecuencias de continuar durante los próximos cinco años con volúmenes de captura iguales al último periodo de operación.
Opción 2. Mostrar el efecto de elegir como cuota, un valor igual a la PEM.
Opción 3. Elegir al VE de la dpp donde la tasa $B_{t+n}/(Bo/2)$ sea igual o cercana a la unidad, con un valor máximo de riesgo menor al 50%.

- Zona I

El status de la zona I se encuentra 18% por arriba del nivel teórico de la máxima producción excedente. En la *figura 9a*, se presenta la proyección determinística de la biomasa con cinco cuotas diferentes (25,40, 55,70 y 85 t). Estas muestran como el valor promedio de la dpp de la tasa $B_{t+n}/(Bo/2)$, el PRO es alcanzado cuando la condición $B_{t+n}=Bo/2=1$ (Fig. 9b, línea punteada horizontal). Los valores de cuotas localizadas en el eje de las abscisas y los puntos donde se intercepta con la línea, indican los años del cambio de la biomasa. Asociado a cada punto, existe un grado de riesgo, el cual esta expresado como $P[B_{t+n}/Bo/2)]$, e indica el riesgo de que B_{t+n} sea menor que Bo/2 (Fig. 9c). Esta condición es observada como dpp actual y proyectada y se presenta en la *figura 11a* y *b*.

Si seleccionáramos una cuota igual a la captura del último periodo (25t), se observa (Fig. 9a) que la biomasa proyectada continúa con tendencia positiva, situación que no es adecuada para el objetivo de manejo.

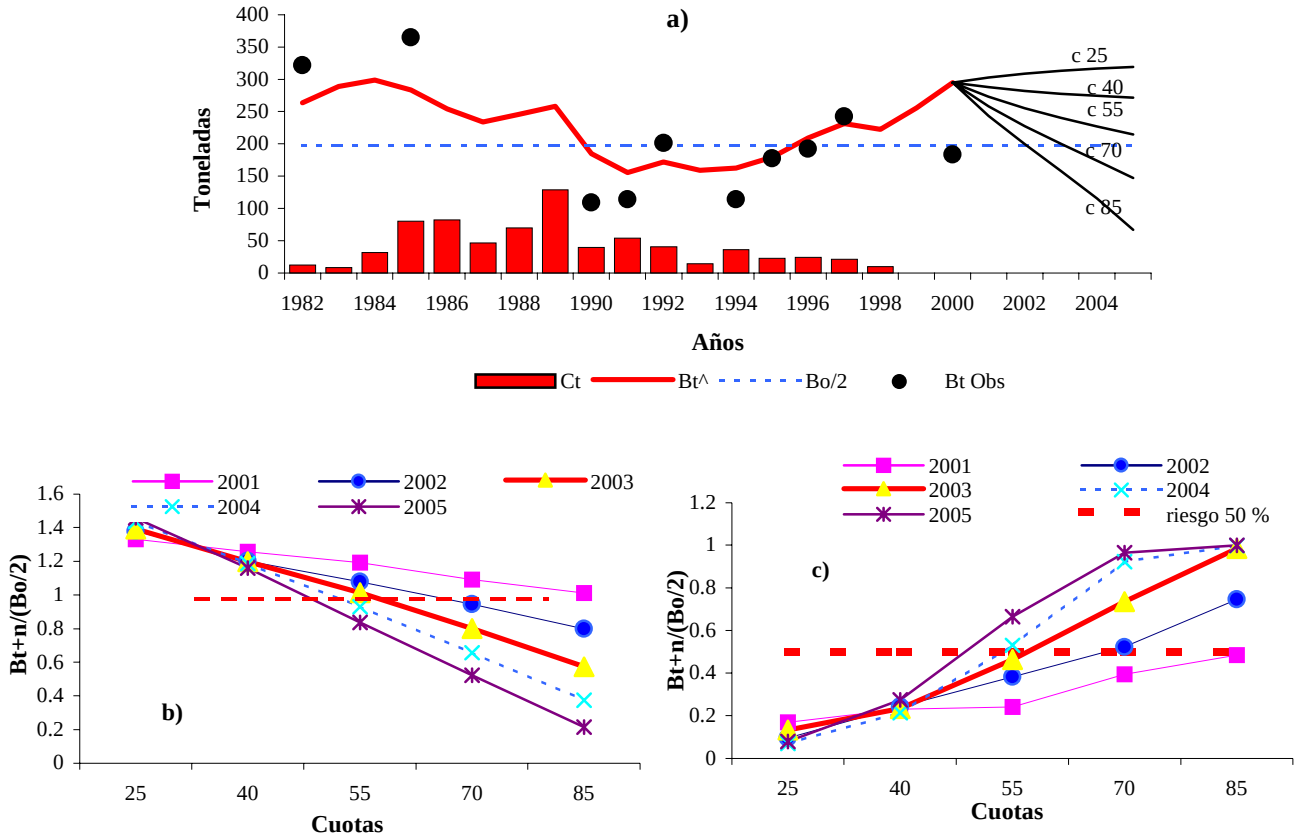


Fig. 9. a)Proyecciones de biomasa con diferentes opciones de cuota, b) Valor medio de la probabilidad de B_{t+n} / (Bo/2), entre los años 2001 al 2005 y c) Nivel de riesgo de B_{t+n} < Bo/2.

En la proyección de biomasa con una cuota igual a la PEM (40 t) el proceso de crecimiento se invierte en el tiempo (Fig. 9a). Sin embargo, la tendencia no presenta la pendiente suficiente para acercar el stock al nivel objetivo, al menos en el periodo proyectado (Fig. 9b).

Los valores mayores de 55 t son los que se presentan como opciones para alcanzar el objetivo, dentro del periodo establecido (5 años). Algunas proyecciones con cuotas de 85 y 70 t alcanzarían el nivel de Bo/2 al primero y segundo año respectivamente (Fig. 9b), ello asociado a un nivel de riesgo de 0.48 y 0.52 (Fig. 9c). Una elección más conservadora nos presenta la cuota de 55 t, con la que el stock alcanzaría el nivel óptimo el año 2003 (Fig. 9b). La *figura 10a* y *10b* muestra la dpp de la biomasa actual y proyectada en la primera la probabilidad de que P[Btactual<Bo/2] = 0.1907. Para el año 2003, la dpp muestra que se le está extrayendo al stock lo máximo que puede producir, pero con un riesgo alto (0.48) de que la B_{t+n}< Bo/2 (Fig 9c).

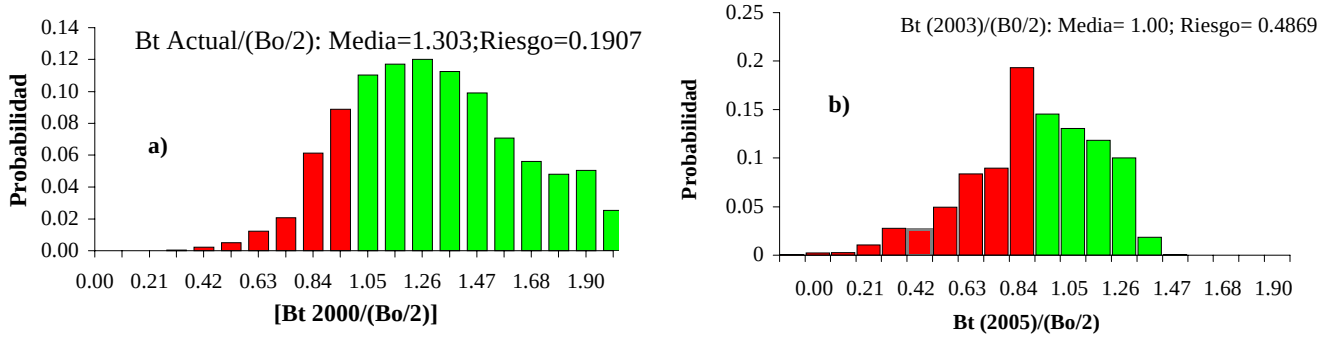


Fig. 10. Distribución posterior de probabilidades de la tasa Bt actual/(Bo/2) y B_{t+n} /(Bo/2) de la zona I, con una cuota de 55 t.

- **Zona II**

En esta zona el stock se ubicó en 32% por encima del nivel de máxima producción, por lo que al igual que en la zona I el objetivo será lograr que la biomasa se encuentre en su nivel de máxima producción excedente. Para ello se proyectaron cinco cuotas entre un rango de 25 a 65 t por un periodo de cinco años (Fig. 11a).

Con un valor similar a la captura promedio del periodo 1982 – 1989 (25 t), podemos observar que no se cumplen las expectativas de alcanzar los niveles de Bo/2 (Fig. 11a). En el caso de elegir una cuota igual a la PEM (35t) la población tendería a disminuir, pero no en los volúmenes necesarios para llevara al stock a los niveles requeridos (Fig. 11b).

Las cuotas de 65, 55 y 45 t son las que permitirían cumplir con la condición de obtener la máxima producción excedente. Bajo un enfoque precautorio, la cuota que resulta más adecuada (fig. 12b) es la de 45 t. Ello permitiría al tercer año, ubicar al stock muy cerca del PRO, cuyo VE de la dpp de Bt+n/(Bo/2) es de 1,058 (Fig. 12a) y el nivel de riesgo es de 0.3479 (Fig. 11b). Aunque la biomasa proyectada es aún mayor que la Bo/2 (Fig. 12b), la cuota de captura no deberá ser mayor de 45 t, debiendo esperar los resultados de la evaluación del año siguiente, para así poder integrar un nuevo punto al modelo, lo que permita analizar y ajustar en su caso a las nuevas opciones de cuota, así como sus respectivos niveles de riesgo.

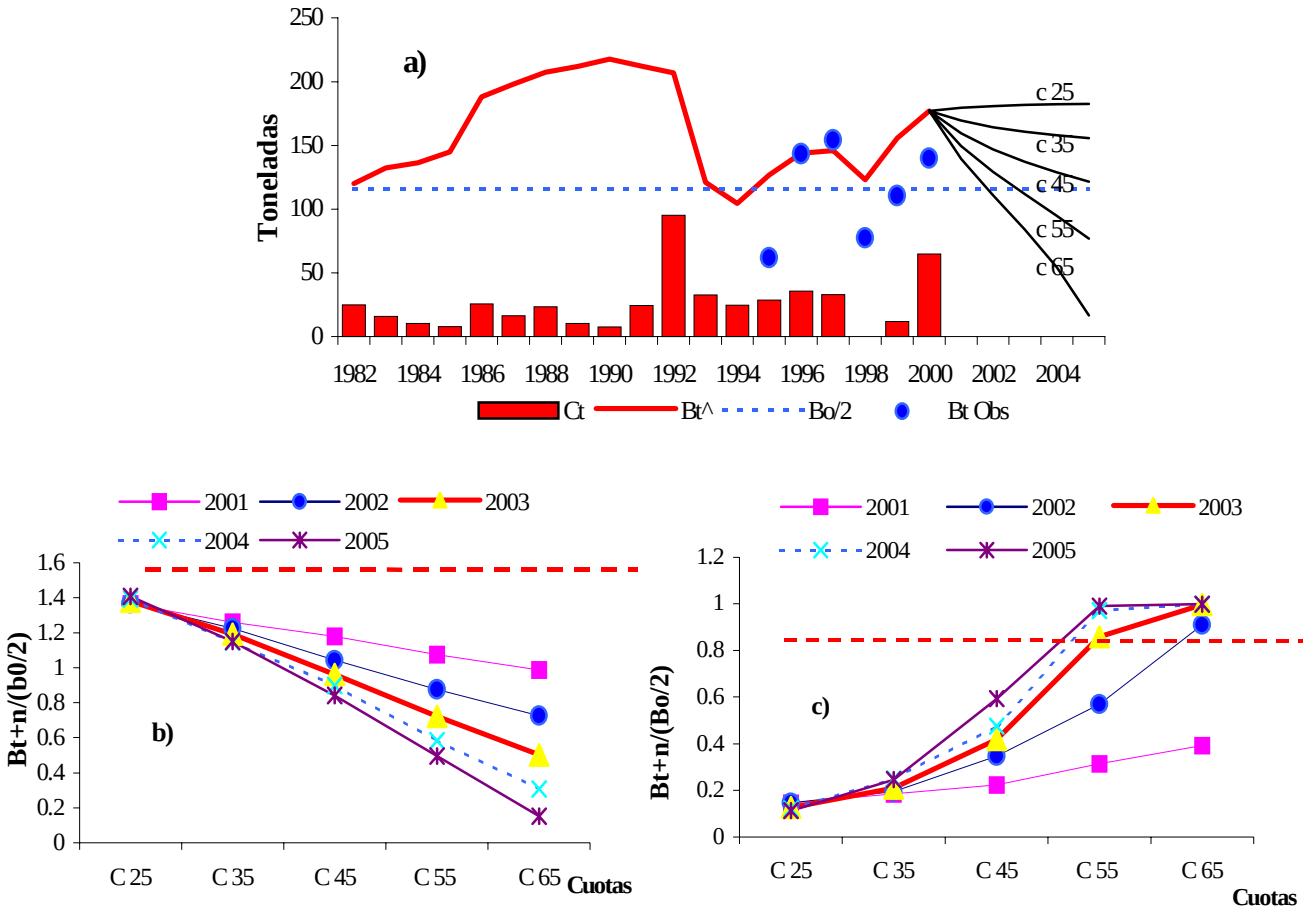


Fig. 11. a) Proyecciones de biomasa, b) Probabilidad del PRO $B_{t+n}/(Bo/2)$ y c) Nivel de riesgo bajo cinco diferentes cuotas de captura para la Zona II.

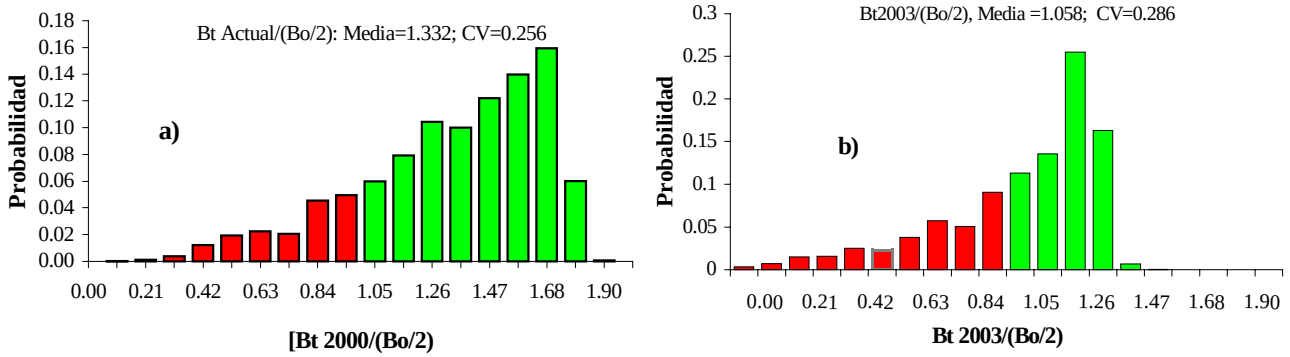


Fig. 12. Distribución posterior de probabilidades de la tasa a) Bt actual/(Bo/2) y B_{t+n} /(bo/2) de la zona II y con una cuota de 45 t.

- **Zona III**

En esta zona el stock se encuentra al 50% por arriba del nivel de máxima producción excedente (248 t), por lo que se requiere llevar la biomasa a niveles de Bo/2 (160 t). Si se elige una cuota similar a la captura que se ha realizado en los últimos años (25 t) la biomasa proyectada se mantendría sin cambios aparentes durante el periodo proyectado (Fig13a).

Analizando la *figura 13b*, las opciones que nos permitirían llevar a la población al PRO serán la cuota de 85 t en el segundo año y la de 70 t en el tercer año; esto implicaría un riesgo de que Bt+n sea menor que Bo/2 de 0.54 y 0.49, respectivamente.

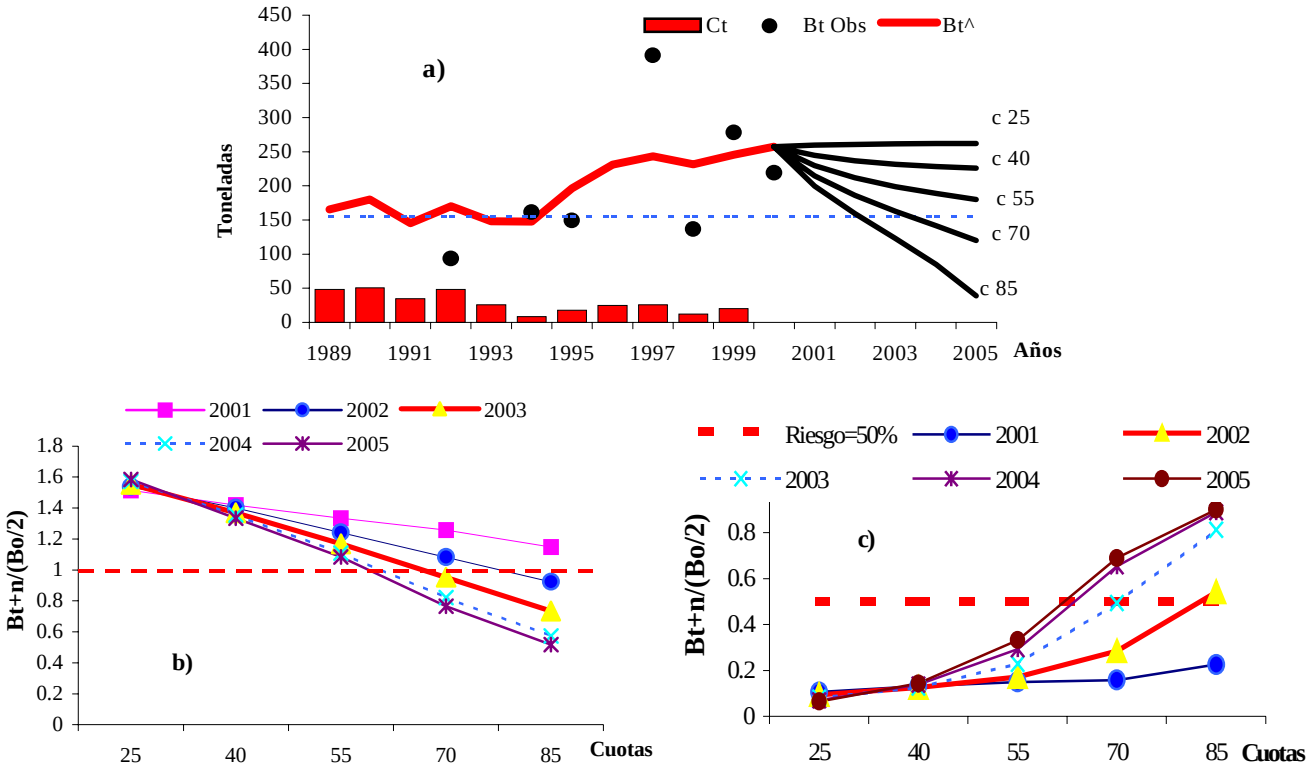


Fig. 13. a) Proyecciones de biomasa, b) Probabilidad de B_{t+n} /(Bo/2) y c) Nivel de riesgo bajo cinco diferentes cuotas de captura para la Zona III.

El stock de esta zona es el que se encuentra más alejado de su condición objetivo, y muestra una mayor inconsistencia en la información, manifestada en la biomasa estimada en forma directa durante los 8 años y las calculadas por el modelo (Fig. 13a). Esto hace que la incertidumbre sea mayor, por lo que se deberá de tener mayor precaución para llevar a la población a su condición de máxima producción excedente en un plazo mayor que en las otras zonas. Por lo anterior, se eligió una cuota de 60 t, que permitirá en el 2004 estar cerca de alcanzar el PRO. En la *figura 14* se observa la dpp de la tasa Bt2000/(Bo/2) y Bt2004/(Bo/2); para esta última el nivel de riesgo de que la población en sea menor que la condición objetivo (Bo/2) es de 0.3871 (Fig.13c).

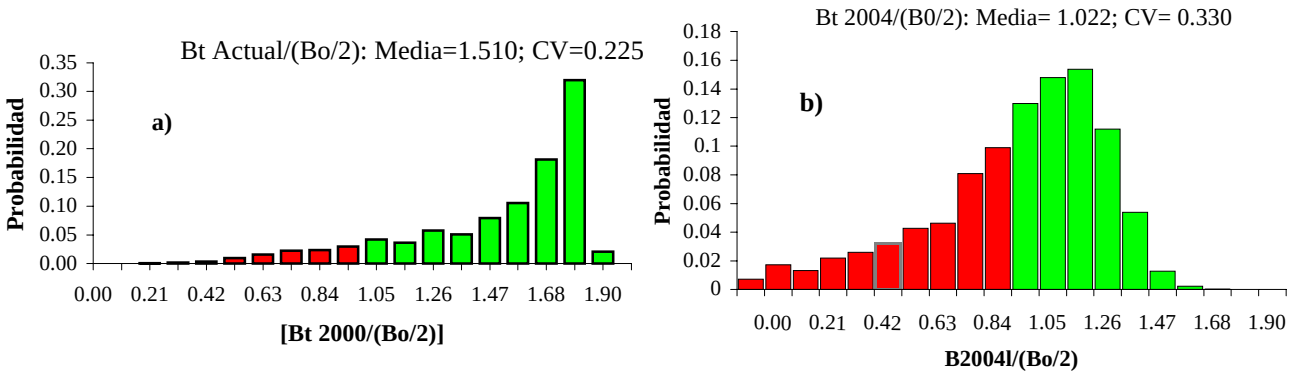


Fig. 14. a) Distribución posterior de probabilidades de la tasa b) Bt actual/(Bo/2) y B_{t+n} /(bo/2) de la zona III y con una cuota de 60 t.

CONCLUSIONES

Como resultado del análisis del estado de la pesquería de caracol panocha en la zona norte, centro y sur, de la Región Pacifico Norte, se concluye:

- La biomasa actual del stock en las tres zonas se encuentra por arriba de los niveles de máxima producción excedente.
- Dado el nivel actual de la biomasa, existen posibilidades de que la biomasa alcance en el corto plazo su nivel de máxima producción excedente.
- En virtud de la inconsistencia en algunos datos de la zona III, se deberá llevar un seguimiento muy cercano de los cambios de biomasa para ajustar anualmente las estrategias de manejo.
- Se requiere conocer cuál será el efecto, sobre todo en los precios, del incremento de la oferta de caracol panocha, en los mercados nacionales e internacionales.

REFERENCIAS

Belmar-Pérez J., S. Guzmán del Proó & I. Martínez-Morales. 1991. Madurez gonádica y ciclo reproductor del caracol panocha (*Astraea undosa* Wood, 1828; Gasterópodo:Turbinidae) en Bahía Tortugas, B.C.S. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 18(2):169-187.

Caddy, J.F. & Mahon, R. 1995. Refernce points for fisheries managment. FAO Fish. Tech. Pap. 347:1-83.

Cochran, W.G. 1978. Técnicas de muestreo. CECSA. 7a. Ed. México.

Conquest, L., R. Burr, R. Donnelly, J. Chavarria & V. Gallucci. 1996. Sampling methods for stock assessment for small - scale fisheries in developing countries . *En*: Gallucci, V., S. Saila, D. J. Gustafson & B. Rothschild (eds). Stock Assessmet Quantitative Methodss and Applications for small - scale Fisheries. CRC Press Inc. pp. 179-225.

Cupul-Magaña F. G. and G. Torres-Moye. 1996. Age and growth of *Astraea undosa* Wood (Mollusca:Gastropoda) in Baja California, México. Bulletin of Marine Science, 59(3):490-497.

Francis, R. I. C. C. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 922-930.

Gallucci, V., S. Saila, D. L. Gustafson & B. L. Rothschilid. 1996. Stock assessment quantitative methods and applications for small-scale fisheries. CRC Press Inc.

Gluyas-Millán M.G., C. Quiñonez Velazquez, A. Massó Rojas & F. Melo-Barrera. 1999. Diferencias en la relación talla-edad del caracol panocha Astraea undosa (Wood 1828) entre dos localidades de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Cien. Mar. 25(1):91-106.

Guanes-Mercado R.J. & G. Torres-Moye. 1991. Estudio de crecimiento del caracol, *Astraea turbanica* Dall (Mollusca:Gastropoda), en Bahía de Todos Santos, B.C. México. Rev. Inv. Cient. 2(1):73-81.

Hewitt, R.P., 1985. The 1984 spawning biomass of the Northern anchovy. Calif. Coop. Fish. Invest. Rep. 26: 17-25.

Hilborn, R & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press.

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. N. Am. J. Fish. Manag. 7: 1-5.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: Choice, dynamics and uncertainty. Chapman-Hall, New York.

Labastida, L. N. 1991. Estadística. Instituto Politécnico Nacional. México.

lindley, D.V . 1983. Theory and practice of bayesian statistics. The Statistician 32: 1-11.

Mace, P.M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.

Picquelle, S.J. & R.P. Hewitt., 1984. The 1983 spawning biomass of Northern anchovy. Calif. Coop. Fish. Invest. Rep. 25: 16-22.

Restrepo, V. R., J. M. Hoenig, J. E. Powers, J. W. Baird, &! S. C. Turner. 1992. A simple simulation approach to risk and cost analysis, with applications to swordfish and cod fisheries. Fish. Bull. 90: 736-748.

Seijo, J.C., E. P. Pérez, J.L. Cabrera & D. Hernández. 1997.Riesgo e incertidumbre en el manejo de recursos vivos: un enfoque bioeconómico precautorio. *En*: Tarifeño, E. (eds.). Gestión de Sistemas Oceanográficos del Pacifico Oriental. Comisión Intergubernamental de la UNESCO.JOC/inf-1046. pp: 203-212.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1: 27-56.

Schaeffer, R. L., W. Mendenhall & l. Ott. 1987. Elementos de muestreo. Grupo Editorial Iberoamérica. México D.F. pp: 321

Schnute, J.T. & R. Hilborn. 1993. Analysis of contradictory data sources in fish stock assessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1916-1923.

Singh-Cabanillas, J. 1996. Pesquería de caracol panocha. *En*: Casas-Valdez, M. & G. Ponce-Díaz (eds.). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. pp: 43-58.

Sissenwine, M.P & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Smith, A.D.M. 1993. Risk of over-and under-fishing new resources. *En:* Smith, J.J. Hunt & D. Rivard (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 261-267.

Sparre; P. & S:C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales: Parte I. Manual. FAO Fish. Tech. Pap. No. 306.1.

Smith, S.J. & S. Gavaris. 1993. Evaluation the accuracy of projected catch estimates from sequential population analysis and trawl survel abundance estimates *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 163-172.

vela
vela
vela
vela
pez vela
pez
pez
vela
vela
vela
pez
pez
vela
vela
pez
pez vela
pez vela
pez vela
Pacifico
picudo
picudo
picudo
pez
pez
vela
vela

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PEZ VELA DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Pez vela *(Istiophorus platypterus).*

- Es una especie altamente migratoria que se distribuye ampliamente en todos los mares tropicales y subtropicales del mundo.
- Se encuentra en zonas de alta concentración localizadas dentro de la ZEE de México.
- La pesca se realiza con curricán en las actividades de pesca deportiva y de manera incidental con palangre.
- **Es la especie más importante y representativa de la pesca deportiva.**

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- No se tiene un registro de las capturas por ser una especie reservada a la pesca deportiva.

EFECTOS ENSO 97-98

- Es una especie muy susceptible a cambios ambientales particularmente al fenómeno del niño.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo Demográfico estructurado por edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechamiento al máximo.

MEDIDAS DE MANEJO

- Especie reservada a la pesca deportiva dentro de la franja costera de 50 millas a partir de la línea de costa. Además disposiciones de pesca deportiva en la NOM-017-PESC-1994.

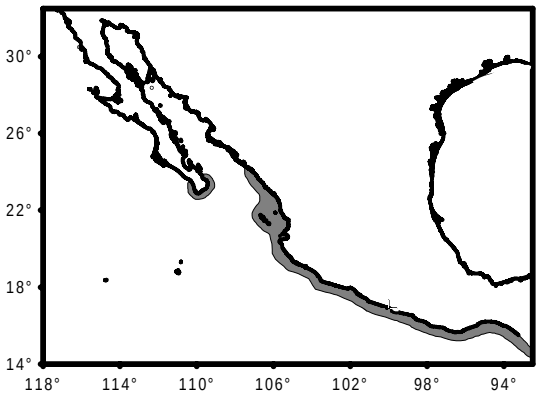
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger a las especies de importancia de pesca deportiva y sus áreas de reproducción principalmente el Golfo de Tehuantepec.

Pez vela del Océano Pacífico

Istiophorus platypterus

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

El pez vela (*Istiophorus platypterus*) forma parte del grupo de peces denominados "picudos". Este término ha sido ampliamente aceptado para denominar a los grandes peces de las familias Xiphiidae e Istiophoridae, caracterizados por tener la mandíbula superior extremadamente elongada. Constituyen un grupo de especies pelágicas altamente migratorias, distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales de todos los océanos del mundo. Incluyen dos familias, cuatro géneros y doce especies, de las cuales concurren en el océano Pacífico e Indico: *Xiphias gladius* (pez espada), *Istiophorus platypterus* (pez vela), *Tetrapturus angustirostris* (pez aguja corta), *Tetrapturus audax* (marlin rayado), *Makaira mazara* (marlin azul) y *Makaira indica* (marlin negro) (Nakamura, 1985).

Es un recurso pelágico, altamente migratorio, distribuído en las regiones tropicales subtropicales de todos los océanos del mundo, se encuentran zonas de alta concentración localizadas dentro de la Zona Económica Exclusiva Mexicana.

La administración del recurso "picudos" es de particular complejidad, dado que además de la dificultad que implica la evaluación de una pesquería multiespecífica de especies altamente migratorias, existen dos formas de aprovechamiento del recurso. Por un lado la pesca deportiva que se practica con fines de esparcimiento y por otro la pesca "incidental" en ciertas zonas del país. Las actividades de pesca deportivo-recreativa son de importancia porque contribuyen al desarrollo de los lugares donde se practica. Es posible identificar dos modalidades de pesca deportiva: la pesca que se realiza de manera regular y la que se realiza a través de torneos de pesca deportiva, eventos que se organizan de forma periódica y que aglutinan una gran cantidad de participantes. Esta última modalidad de pesca se realiza principalmente en los puertos considerados como turísticos. Asociados a esta actividad se involucran gran número de servicios colaterales como transporte, hospedaje, alimentos, alquiler de embarcaciones, taxidermia, etc., que provocan una considerable derrama económica y el ingreso de divisas para el país. Esta actividad es apoyada

principalmente por clubes de pesca deportiva y prestadores de servicios turísticos asociados a ésta. La pesca comercial ha sido desarrollada en México por una pequeña flota de barcos palangreros de altura (compuesta por 21 embarcaciones que operaron en forma discontinua de 1980 a 1990) y por algunas embarcaciones menores de pesca ribereña (se desconoce su número total, pero se sabe que en Manzanillo, Col. existen 150 aproximadamente) que, de hecho, son el sustento de un gran número de familias y abastecen el mercado nacional de productos del mar.

Esta dualidad de intereses ha provocado cierta tensión, efervescencia social y fricciones entre los diferentes grupos asociados a su explotación.

En el océano Pacífico mexicano, las especies de "picudos" más importantes por su volumen de captura tanto en la pesca deportiva como la comercial son el marlin rayado (*Tetrapturus audax*) y el pez vela (*Istiophorus platypterus*). En la pesca comercial de palangre (durante 1980-1990), el pez vela registró el 66.5% de la captura. En la zona centro y sur, el pez vela representa siempre más del 50% y ocasionalmente hasta el 90% de la captura en los torneos de pesca deportiva en los principales puertos de esta área (Santana, 1989) y en la pesca comercial representó casi el 40% de la captura total en número de organismos (Márquez, 1991).

BIOLOGÍA

▼ *Distribución*

La mayoría de las especies de "picudos" tiene una amplia distribución que comprende los mares tropicales y templados de todos los océanos del mundo, con áreas de especial abundancia de estas especies. En el Pacífico oriental, de acuerdo con Miyabe y Bayliff (1987) y Squire y Au (1990), se encuentran zonas de alta concentración de estas especies localizadas dentro de la Zona Económica Exclusiva Mexicana (ZEEM).

El pez vela, en particular, presenta una distribución circuntropical. Sus mayores concentraciones ocurren, sin embargo, frente a las costas continentales entre los 30º de latitud norte y sur, aunque en el Pacífico su distribución está mucho más extendida que en el Atlántico y el Indico. En el Pacífico mexicano los mayores índices de abundancia se registran al sur de los 25ºN, y al este de los 110º O (Beardsley *et al*., 1975).

▼ *Biología Reproductiva*

El conocimiento de la biología reproductiva de los organismos es indispensable para la aplicación de los modelos estructurales de evaluación de una pesquería. Por ello, se planteó inicialmente estimar la fecundidad promedio de estos organismos así como su zona de reproducción.

▼ *Fecundidad*

Los valores de fecundidad obtenidos mediante el método gravimétrico en lecturas de gónadas de más de 3,000 g de 30 hembras maduras, oscilaron entre 5'730,080 y 23'820,400 huevos maduros, con un promedio de 15'166,498 (García, 1995). Los resultados de los conteos de huevos maduros se presentan en la *tabla 1*.

▼ *Zona de abundancia*

Utilizando los viajes de pesca comercial de barcos palangreros, se realizó la búsqueda de organismos juveniles de peces "picudos" como indicadores de distribución y abundancia en el Pacífico mexicano.

Tabla 1. Valores de fecundidad en 30 hembras maduras de pez vela (Tomado de García, 1995).

LONG. OJO FURCA (cm)	PESO GONADA (g)	FECUNDIDAD
181	2950	5,730,080
189	3000	13,401,600
173	3100	12,414,880
175	3125	14,200,000
184	3150	11,813,760
163	3150	14,394,240
177	3200	6,430,720
172	3200	21,386,240
171	3225	17,105,400
189.5	3280	9,881,984
185	3375	12,798,000
192	3375	16,066,400
178	3500	16,116,800
165	3550	13,348,000
174	3600	15,402,240
179	3750	15,364,800
192	3800	13,534,080
166.5	3800	17,382,720
172	3850	16,964,640
195.2	3860	15,890,848
173	3950	19,294,960
207.31	4000	17,702,400
166	4000	19,257,600
195	4100	10,797,760
187	4100	16,655,840
175	4250	23,820,400
198	4700	17,702,080
189.6	4875	15,958,800
190	4975	18,864,720
179	3272	15,312,960

Las colectas se llevaron a cabo durante tres viajes de pesca comercial efectuados en el Pacífico mexicano en 1994: El primero de ellos durante el mes de julio en el Golfo de Tehuantepec (15º36.99' LN 95º 00.41' LO y 15º 08' LN, 94º 56.00' LO); el segundo en agosto frente a bahía de Banderas (19º53' LN, 106º33' LO) y el tercero en septiembre frente a la boca del Golfo de California (22º 50' LN, 107º 33' LO). Todos ellos a bordo de un barco palangrero, el cual tenía como base de operaciones el Puerto de Manzanillo, Colima. Estos trabajos formaron parte del programa denominado "Prospección y Pesca Exploratoria con Palangre de altura en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano" a cargo del Centro Regional de Investigación Pesquera en Manzanillo del Instituto Nacional de la Pesca.

Se colectaron 11 organismos, la longitud total mínima fue de 79.0 mm y la longitud máxima de 218.0 mm. Todos los organismos presentaron la apariencia de los organismos adultos: la aleta dorsal o "vela" y la mandíbula superior o "pico" bien desarrollado.

La temperatura superficial promedio registrada fue de 29.0 ºC en agosto y septiembre frente a la boca del Golfo de California, donde fue capturado el mayor número de organismos. En Cabo Corrientes la temperatura promedio registrada fue también de 29.0°C en agosto, mientras que en el Golfo de Tehuantepec fue 32.0 ºC en julio. Estos valores de temperatura y los detectados por Guzmán-Arroyo y López-Ramos (1986) frente a las costas de Michoacán (30.1 y 30.3 ºC) son superiores a los mencionados por Kume y Joseph (1969), quienes encontraron que los movimientos del pez vela en las costas de México aparentemente coinciden con los movimientos estacionales de la isoterma de los 28 ºC.

Considerando que las posiciones de colecta de los organismos se localizan desde la boca del Golfo de California hasta el Golfo de Tehuantepec y que Guzmán-Arroyo y López-Ramos (1986), encuentran juveniles de esta misma especie frente a las costas de Michoacán, México, se puede suponer que el área o áreas de reproducción deben ubicarse cerca de estos puntos. Por otro lado, Gehringer (1957) y De Sylva (1957), mencionan que los peces juveniles de longitudes similares tendrían aproximadamente un mes o menos de edad. La región citada anteriormente corresponde a una zona de gran abundancia de pez vela en el Pacífico oriental. Shingu *et al.* (1974), encontraron que de 1967 a 1970 el área de mayor concentración de pez vela fue desde la costa central de México hasta Colombia; asimismo, Miyabe y Bayliff (1987) mencionan que los índices de captura de pez vela fueron más elevados durante todo el año desde el Golfo de California hasta Panamá.

▼ *Edad y crecimiento*

Vidaurri *et al.* (en prensa) evaluaron la estructura de edad mediante lecturas de marcas de crecimiento en un total de 1216 espinas. Se determinaron 10 grupos de edad en la población, siendo más abundantes los grupos 4 y 3 y el menos abundante el grupo 10. Cabe mencionar que de este último grupo sólo se registró un ejemplar (Fig. 1).

La relación entre el radio de la espina y la longitud del pez ajustada a una relación lineal presenta una ecuación $Y = 8.2541 X + 126.98$ y un coeficiente de correlación $r = 0.84$.

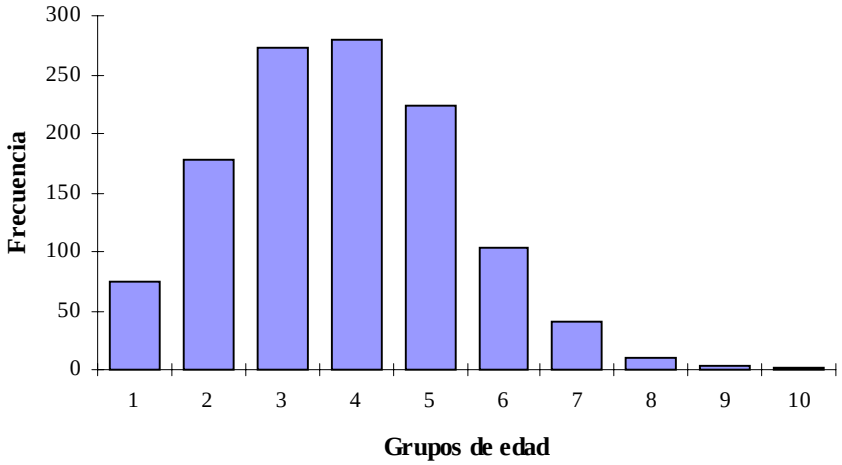


Fig. 1. Distribución de los grupos de edad identificados para pez vela**.**

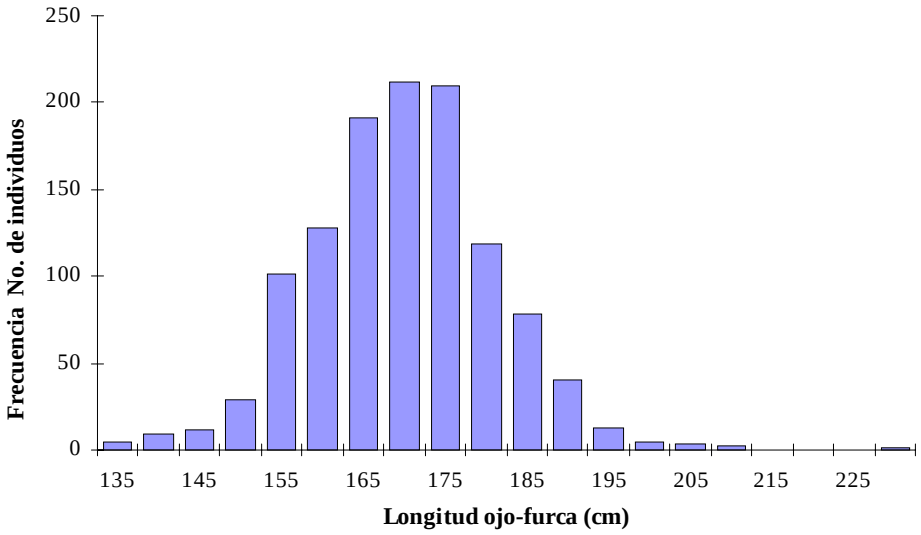


Fig. 2. Distribución de tallas para pez vela en el Pacífico mexicano.

La distribución de frecuencia de tallas de todos los organismos presentó una distribución unimodal con mayor frecuencia en las tallas entre 165-175 cm de longitud ojo-furca (Fig. 2).

Los valores de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, estimados para los organismos analizados son: $L\infty$ = 177.16 cm (ojo-furca), k = 2.97/año y t_0 = - 0.01603 años. La *figura 3*, corresponde a la curva de crecimiento en longitud ajustada.

▼ *Mortalidad*

El coeficiente de mortalidad total estimado para el pez vela en el área estudiada fue de Z = 1.09/año, con un coeficiente de determinación r^2 = 0.992 (Fig. 4).

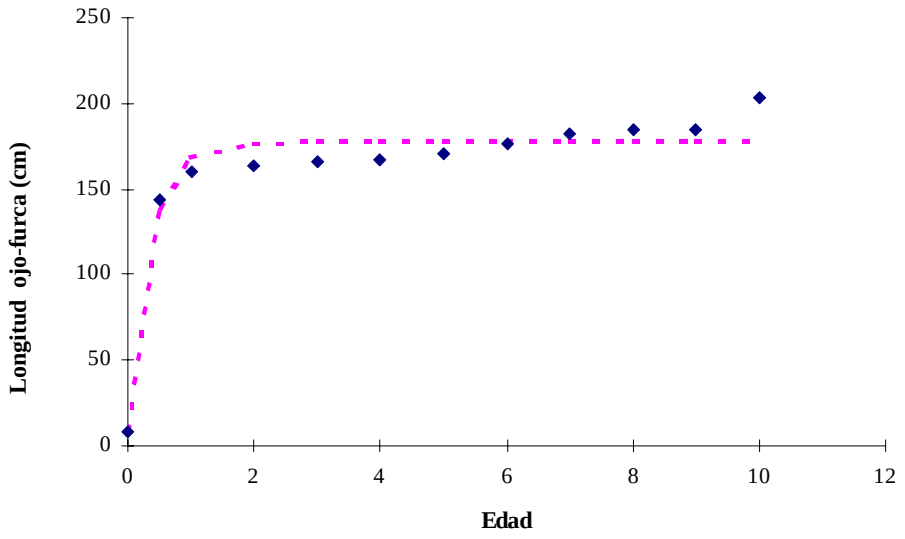


Fig. 3. Crecimiento en longitud para pez vela en el Pacífico mexicano.

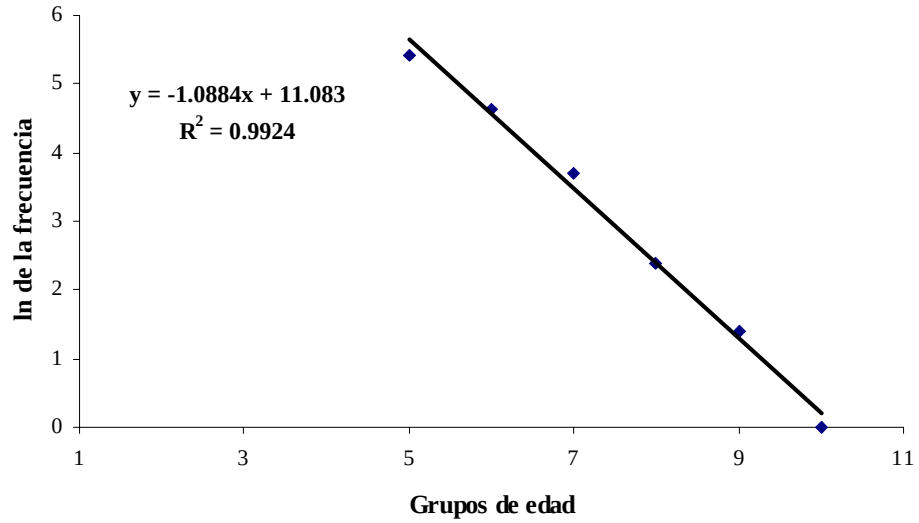


Fig. 4. Estimación de la mortalidad total para pez vela en el Pacífico mexicano, por el método de curva de captura.

▼ *Vulnerabilidad*

Los resultados obtenidos mediante la ecuación de captura para cada grupo de edad, se presentan en la *tabla 2*. Para las edades 6 y mayores, se consideran grupos de edad completamente reclutados y su vulnerabilidad se considera igual a la unidad. La columna de la derecha son los valores redondeados que se utilizaron en el modelo.

▼ *Asociación del pez vela con otros pelágicos mayores, y algunos aspectos que la propician*

Ekman (1953), Horn y Allen (1978) y Allen y Smith (1988) encontraron que la corriente de California y la contracorriente norecuatorial, han tenido una fuerte influencia sobre la estructura de las comunidades de peces. En la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano, existen al menos dos grupos de especies de pelágicos mayores que se caracterizan por responder de la misma forma ante la presencia de las variables ambientales: un grupo integrado por el pez vela (*Istiophorus platypterus*), dorado (C*oryphaena hippurus*) atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) y tiburón martillo (*Sphirna zygaena*) esta relacionado a las masas de agua cálida con influencia de la contracorriente ecuatorial

Tabla 2. Valores estimados de vulnerabilidad por grupo de edad para pez vela.

Edad (a)	Frec Obs	Frec Calc	Vulnerabilidad	Va
1	75	21908	0.00	0
2	178	7378	0.02	0
3	273	2484	0.10	0.1
4	279	837	0.33	0.3
5	224	282	0.79	0.8
6	103	95	1.08	1.0
7	40	32	1.25	1.0
8	11	11	1.02	1.0
9	4	4	1.10	1.0
10	1	1	0.81	1.0

y su principal componente la corriente costera de Costa Rica; y otro grupo integrado por el tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), marlin rayado (*Tetrapturus audax*), tiburón azul (*Prionace glauca*) y pez espada (*Xiphias gladius*) que tienen afinidad con las masas de agua templada influenciadas por la corriente de California.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

- ***Pesca Comercial con palangre***

La pesca con palangre de deriva para la captura de pelágicos mayores en la ZEE del Pacífico mexicano se ha realizado con embarcaciones mayores con esloras de 40 metros o más, operados normalmente por 20 tripulantes

La pesca con palangre de deriva para la captura de pelágicos mayores en la ZEE del Pacífico mexicano se ha realizado con embarcaciones mayores con esloras de 40 metros o más y máquinas propulsoras con potencias superiores a 900 CF. Casi la totalidad de las maniobras de cubierta han sido sistematizadas con avances tecnológicos adecuados y cuentan con cuartos de congelación rápida, bodega de almacenamiento con temperaturas de – 40 ºC y capacidades de 120 a 200 t. La autonomía es superior a los 50 días o 1000 horas efectivas. El prototipo del sistema de conservación utilizado en estos barcos consta de tres etapas:

(1) Eviscerado de los organismos capturados
(2) Congelación rápida con una duración aproximada a seis horas
(3) Almacenamiento en compartimentos de la bodega principal que permiten la separación de las especies capturadas y donde permanecerán hasta su descarga en el puerto.

Considerando a Manzanillo, Colima como puerto base de operaciones, las zonas de pesca más alejadas se encuentran a cuatro días de navegación y las más cercanas a siete horas. Los viajes de pesca de los cuatro barcos que integran la flota "Tiburón", han tenido una duración aproximada de 30 a 40 días, durante los cuales se han realizado entre 23 y 35 lances de pesca. En las *tablas 3 y 4* se presentan las características principales de dichos barcos.

La tripulación se ha integrado normalmente por 20 personas con diferentes grados de responsabilidad, siendo éstos: un patrón pescador (capitán), dos oficiales de navegación, un jefe de máquinas, dos oficiales de máquinas, un oficial de cubierta (contramaestre), un oficial de cocina y doce marineros.

En virtud de que las maniobras concernientes a las operaciones de pesca requieren de una actividad constante que cubra las 24 horas del día, el personal de las diferentes áreas: puente de mando, cubierta y

Tabla 3. Características catastrales de los barcos palangreros de la flota "Tiburón".

BARCO	CAPACIDAD DE BODEGA	ESLORA (m)
TIBURON I	120	44.7
TIBURON II	120	44.7
TIBURON III	83	44.7
TIBURON IV	120	44.7

Tabla 4. Características complementarias de los barcos.

Casco	ACERO
Manga	8.00 m
Puntal	3.20 m
Autonomía	1025 HORAS
Motor	MARCA NIIGATA
Revoluciones por minuto	680
Velocidad Máxima	12 NUDOS

máquinas, debe distribuirse en tres cuadrillas cada una, con el fin de cubrir las actividades correspondientes. El tiempo utilizado en cada operación o "lance" se distribuye de la siguiente manera: calado del palangre, cuatro a cinco horas; deriva del palangre, seis a ocho horas; cobrado del palangre, ocho a doce horas; exploración de nuevas áreas de pesca o deriva del barco, entre dos a seis horas.

Gran parte de las operaciones que se realizarían manualmente, son sustituidas con un alto grado de eficiencia por las máquinas tiralíneas y cobralíneas. La primera se encuentra ubicada en la popa del barco, lo que permite que el lance de pesca se desarrolle a velocidades similares a la de navegación normal (siete a diez Nudos), y el cobrado de acuerdo con la frecuencia de las capturas obtenidas.

En las operaciones de pesca, generalmente se utiliza como carnada a organismos que son atractivos, tanto por su coloración, como por su consistencia para permanecer enganchadas en el anzuelo y se procura que formen parte de las preferencias alimentarias de las especies objetivo. En los cruceros realizados, la carnada utilizada ha consistido generalmente en liseta (*Mugil curema*) y macarela (*Scomber japonicus*). La carnada es obtenida antes de la salida vía la pesca y se conserva congelada en un compartimento de la bodega principal, la cual deberá sacarse a descongelar cuando menos dos horas antes del siguiente lance. En muestreos realizados sobre la talla de la carnada, se encontró que en el caso de la lisa, el intervalo de la longitud total fue de 20 a 30 cm y en la macarela de 25 a 30 cm.

El palangre es un arte de pesca de origen japonés que consta de una línea principal o línea madre, de la que se derivan líneas secundarias con anzuelos. Para su mejor localización e indicación marítima, se utilizan boyas con lámparas, banderolas, boyas forradas con mallas de cabo y radioboyas, las cuales son distribuidas estratégicamente a lo largo del palangre. La línea madre está constituida de un material denominado cremona, material sintético derivado de cloruro de polivinilo (PVC) de alta resistencia y fácil manejo, con una longitud que puede variar entre 70 y 85 kilómetros. Durante la operación esta línea se encuentra dividida en secciones de aproximadamente 250 a 300 m, limitadas por "orinques" de 11 a 12 m, cuya función es sostener la línea madre con una boya de acrílico de 30 cm de diámetro. Cada sección contiene por lo regular cinco reinales, aunque en algunos casos se han utilizado seis reinales por sección. Los anzuelos utilizados son tipo japonés del número 3.8, encarnados cada uno con macarela o lisa de una longitud total entre 20 y 30 cm. Cada reinal está constituido por un broche, gaza, línea, destorcedor, alambrada y anzuelo, dando una longitud total aproximada de 22 metros. El número total de anzuelos utilizados por la flota "Tiburón" en cada lance ha variado entre 1300 y 1550, siendo el promedio utilizado de 1360 anzuelos. La eficiencia de pesca expresada en el número total de individuos por cada cien anzuelos, obtenida durante los diez cruceros minuciosamente muestreados fue de 7.88.

El palangre es un arte de pesca de origen japonés que consta de una línea principal o línea madre, de la que se derivan líneas secundarias con anzuelos. Para su mejor localización, se utilizan boyas con lámparas, banderolas, boyas forradas con mallas de cabo y radioboyas, las cuales son distribuidas estratégicamente a lo largo del palangre

- ***Pesca ribereña incidental***

Aun cuando no existen actualmente permisos de pesca comercial para especies de "pico", se sabe que en algunos lugares, particularmente el estado de Colima,

existen lanchas de pesca ribereña, equipadas con palangres con 250 a 300 anzuelos, con permiso para tiburón que pescan picudos de manera incidental. Esta flota ribereña esta formada por embarcaciones de aproximadamente 25 a 30 pies de eslora, con motor fuera de borda de entre 48 y 115 CF, que operan a una distancia de hasta 30 millas de la costa.

Aun cuando no existen actualmente permisos de pesca para especies de "pico", se sabe que en algunos lugares, particularmente el estado de Colima, existen lanchas de pesca ribereña, equipadas con palangres con 250 a 300 anzuelos, con permiso para tiburón que pescan picudos de manera incidental

Como resultado de las adaptaciones realizadas al palangre de la pesca ribereña en el estado de Colima, los pescadores han logrado que este arte incida en la captura de especies de tiburones, aunque también de picudos (entre ellos el pez vela). Las adaptaciones consisten principalmente en el tipo de carnada utilizada, tipo de anzuelo, longitud del orinque y materiales utilizados en la construcción del reynal. La distancia de la costa es otro factor que influye en la composición específica de la captura.

No ha sido posible cuantificar los volúmenes de captura efectuados por la pesca incidental. Sin embargo, se estima que puede llegar a ser de 100 t mensuales.

Esto ha provocado conflictos entre los permisionarios dedicados a esta actividad comercial y los prestadores de servicios turísticos asociados a la pesca deportiva, quienes consideran que su actividad económica se ve amenazada.

- ***Pesca Deportiva***

La pesca deportiva se practica comúnmente en dos formas: La pesca que se realiza de manera regular, y a través de torneos de pesca deportiva, eventos con duración de dos o tres días que se organizan a lo largo del año en los principales puertos.

El método utilizado para realizar la pesca deportivo-recreativa es arrastrando un sedal superficialmente, utilizando caña y carrete con diversas carnadas y señuelos. Este método es conocido como troleo. Los cruceros en este tipo de pesca duran un promedio de seis a ocho horas, a bordo de embarcaciones cuyas características pueden variar desde lanchas con motor fuera de borda, hasta yates de más de 30 pies de eslora, con motores estacionarios.

En la pesca deportiva del Pacífico mexicano centro y sur, el pez vela ha representado más del 50% y ocasionalmente hasta el 90% de la captura (Santana, 1988). El resto de las especies están representadas en orden de importancia por el dorado, marlin rayado, marlin azul, atún aleta amarilla y marlin negro.

Durante el año de 1996 se realizó un censo de embarcaciones de pesca deportiva en los principales puertos del Pacífico mexicano, un resumen de los resultados se muestra en la *tabla 6*.

La pesca deportiva se practica comúnmente en dos formas: la pesca que se realiza de manera regular, y a través de torneos de pesca deportiva, eventos con duración de dos o tres días que se organizan a lo largo del año en los principales puertos.

▼*Tendencias históricas*

Con la información de los torneos de pesca deportiva realizados en Manzanillo de 1990 a 1998, se actualizó un modelo de componentes armónicos presentado por Macías (1993), el cual describe la tendencia en la captura por unidad de esfuerzo, como indicador de abundancia del recurso para el período 1954-1990.

La proyección del modelo de componentes armónicos para 90 - 96 presenta discordancias con las capturas obtenidas en los años 90 y 91. Sin embargo, predice valores altos del índice CPUE para los años 92 y 93, en los cuales se

presentó el fenómeno “El Niño”, al igual que para los años 97 y 98. Por otro lado, la tendencia calculada para el periodo posterior a 1976 en el índice de CPUE, considerando los datos incorporados a la serie (90-98), indicó un incremento sostenido en el índice de abundancia (Fig. 5).

Es necesario enfatizar que este incremento en el índice CPUE, se presentó a pesar del sesgo introducido en los últimos años, debido a una serie de medidas que han sido implementadas en los torneos. Estas son: la suspensión del premio por marea (premio anteriormente otorgado al pescador que hubiera capturado el mayor número de ejemplares), suspensión del premio al pez vela más chico, el club de pesca reclama la propiedad de todos los organismos reportados en el evento, campañas de capturar y liberar, además de restricciones establecidas en la reglamentación oficial actual en el número de organismos que pueden capturarse y que han provocado que se reporten menos organismos de los realmente capturados.

Macías *et al.*(1994), reportaron una tendencia positiva en la CPUE con una pendiente de 0.359, obtenida por la flota palangrera comercial con bandera mexicana que operó de 1983 a 1990.

▼*Pesca incidental*

En la pesca de tiburón con palangre, la especie pez vela es considerada como pesca incidental. Con objeto de cuantificar esta incidentalidad en la pesca ribereña en Manzanillo, del 25 de febrero al 14 de agosto de 1992 se realizó un muestreo en el lugar de desembarque de la pesca ribereña conocido como “La Playita de Enmedio” en Manzanillo, Col. En este período se logró documentar los resultados de 185 viajes de pesca. Durante el muestreo se captó información relativa al total de la captura en kilogramos, lugar de captura, arte de pesca, tiempo de pesca, carnada utilizada y algunos otros datos de la embarcación.

En lo relativo a la carnada, se utilizó ojotón, barrilete, sardina, lisa, jurel o una combinación de dos o tres tipos de carnada utilizados en el mismo lance. Resulta interesante observar que los registros que reportan haber utilizado ojotón como carnada, informan que el 93.05% (844 organismos) de la captura estuvo constituida por pez vela, el 6.4% (58 organismos) fue tiburón y 0.55% marlin.

Considerando que solo el ojotón es utilizado como carnada viva, parece lógico suponer que al utilizar esta carnada la especie objetivo sea el pez vela, y cuando la finalidad es capturar tiburón se utiliza principal-

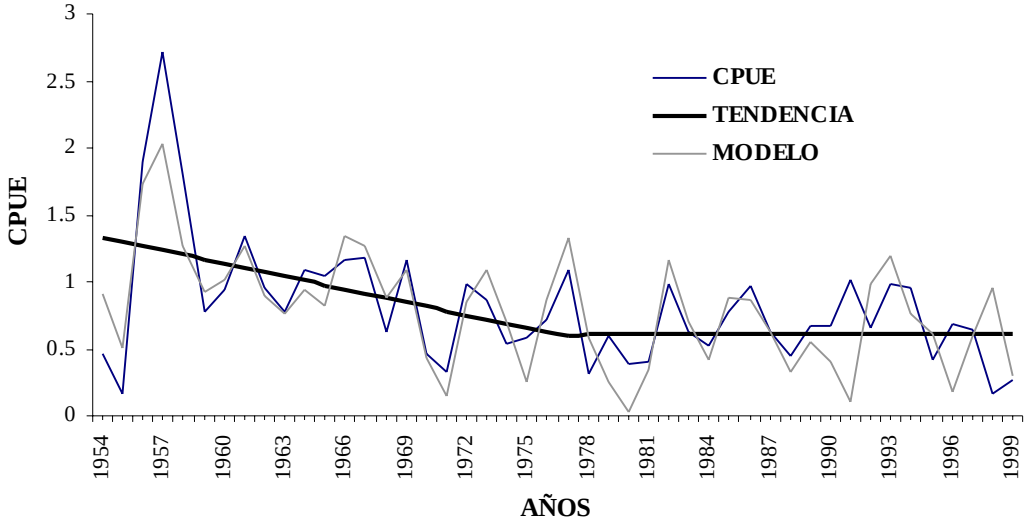


Fig. 5. CPUE en torneos de pesca deportiva en Manzanillo, Col., tendencia y modelo armónico ajustado.

Tabla 6. Principales sedes de la pesca deportiva en el Pacífico mexicano.

PUERTO	EMBARCACIONES PERMANENTES	MARINAS	PRINCIPAL ESPECIE OBJETIVO	TORNEOS ANUALES
La Paz, B.C.S.	30	3	Marlin	3
Buena Vista, B.C.S.	83	1	Marlin	-
Los Cabos, B.C.S.	124	1	Marlin	2
Loreto, B.C.S.	80	1	Pez Vela	-
San Carlos, Son.	40	2	Pez Vela	4
Topolobampo, Sin.	70	1	Picudos	1
Mazatlán, Sin.	56	2	Pez Vela	2
San Blas, Nay.	18	-	Pez Vela	1
Puerto Vallarta, Jal.	100	2	Pez Vela	3
Barra de Navidad, Jal.	36	2	Pez Vela	3
Manzanillo, Col.	40	1	Pez Vela	2
L. Cárdenas, Mich.	20	-	Pez Vela	1
Zihuatanejo, Gro.	80	2	Pez Vela	2
Acapulco, Gro.	120	2	Pez Vela	2
Puerto Escondido, Oax.	18	-	Pez Vela	2
Puerto Angel, Oax.	22	-	Pez Vela	1
Huatulco, Oax.	13	1	Pez Vela	1
Puerto Madero, Chis	16	-	Pez Vela	1

mente el barrilete, a pesar de que se usan también otros tipos de carnada o combinaciones de ellas. Bajo este supuesto consideramos que, además de los 123 registros que reportan barrilete como carnada, 62 lances donde se utilizó jurel, platanito y combinaciones de barrilete con estas especies (incluido ocasionalmente el ojotón) estaban también orientados a la captura de tiburón. Bajo este supuesto se calcularon los porcentajes obtenidos en estos reportes (185 registros), donde la principal especie capturada es el tiburón con casi 90.6% (730 organismos), seguido por el pez vela con 9.19% (74 organismos) y 0.12% de marlin (un organismo).

Otro factor asociado a la selectividad específica es la clase de anzuelo utilizado. Existen 167 registros donde se utilizó el tipo “Noruego” y 165 registros con el tipo “Japonés” observándose que las capturas reportadas cuando se utilizó el primero de ellos estuvieron constituidas por un 93% de pez vela, 6.5% de tiburón y 0.6 % de marlin. Cuando se utilizó el anzuelo “Japonés” la captura fue de 94.7% tiburón, 5.15% vela y 0.15% marlin.

La combinación de artes con anzuelo tipo “Noruego” operando con “ojotón” como carnada (aparentemente orientadas a la captura de pez vela) se presenta en 156 ocasiones y reportan capturas constituidas en 95.2% de pez vela, 4.21% de tiburón y 0.58% de marlin.

La combinación de anzuelo “Japonés” con carnada diferente de “ojotón” (esto es, lances donde se utilizó barrilete, jurel, sardina, o combinaciones de diferentes carnadas aparentemente orientados a la captura de tiburón) se presenta en 153 registros y proporcionó capturas compuestas en un 96.86% de tiburón, 3% de pez vela y 0.14% de marlin.

Estos resultados indican que la incidentalidad de la captura de pez vela cuando la pesca realmente está orientada a la captura de tiburón no excede del 5% (con estos resultados en particular se obtuvo un 3% de pez vela de pesca incidental). Cuando la captura esta dirigida al pez vela, el porcentaje de tiburón capturado en forma incidental es menor al 5%.

De acuerdo con la información disponible, es posible incrementar la selectividad de este arte de pesca hasta un porcentaje mayor al 98% de tiburón utilizando como carnada exclusivamente "barrilete" y anzuelos del tipo "japonés".

Las características de los palangres orientados a la captura de tiburón y pez vela se presentan en la *tabla 7*.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Debido a las dos formas de aprovechamiento del recurso (pesca deportiva y pesca incidental) se han generado conflictos entre los dos sectores, cada uno de los cuales defiende su punto de vista. Por un lado los pescadores ribereños han solicitado la revisión de la reglamentación del recurso que actualmente está reservado a la pesca deportiva con objeto de que sea permitida la pesca comercial de picudos, mientras que los pescadores deportivos han presionado para que este recurso continúe reservado a la pesca deportiva.

Es importante señalar que mientras los pescadores deportivos están interesados en obtener el máximo éxito de pesca (capturar el mayor número posible de organismos por unidad de esfuerzo), en la pesca incidental se intenta obtener el máximo rendimiento en peso. El primero de los objetivos se logra cuando la población se encuentra en un nivel de stock virgen o cercano y, el segundo cuando la población explotada se mantiene en niveles cercanos al 50% de stock virgen. Teóricamente debe existir un nivel intermedio que permita la coexistencia de los dos tipos de utilización del recurso de forma redituable (como sucede en otras partes del mundo, por ejemplo las islas de Hawaii, Australia y Nueva Zelanda).

Desde 1956, cuando se inició la pesca comercial de esta especie en la región del Pacífico, al este de los 130º O (donde hoy se localiza la ZEEM), existió un nivel de esfuerzo que alcanzó en 1976 aproximadamente 50 millones de anzuelos por año. Se observó entonces una disminución sostenida en los índices de abundancia en la pesca deportiva en Manzanillo. Posteriormente, a partir de 1976, se redujo el esfuerzo considerablemente, otorgándose permisos de pesca comercial para una flota palangrera de bandera nacional

Tabla 7. Características de los palangres del tipo tiburonero y pezvelero.

PALANGRE	LINEA MADRE	REINAL	ANZUELOS	ORINQUE	CARNADA
TIBURONERO	4500-6000 m piola multifilamento de nylon teñido y trenzado calibre del 96 (pronaresa)	7-9 m. polipropileno (ppp) no. 72 con una sección de cable de acero o alambre (alambrada).	Atunero (japonés) no. 3.8 con 200 anzuelos promedio.	6 a 8 m ppp amarillo o azul 6 mm de diámetro	barrilete o jurel
PEZVELERO	4500-6000 m piola multifilamento de nylon tratado, teñido y trenzado calibre 72 a 84 (pronaresa)	5-6 m monofilamento del 120 al 160 sin alambrada	Noruego no. 2 con 150 promedio	4 a 6 m. ppp amarillo o azul 6 mm de diámetro.	ojotón (carnada viva)

que en 1986 alcanzó su máximo con un total de 21 embarcaciones (aplicando aproximadamente 6 millones de anzuelos por año) y que operó de manera discontinua hasta 1990, fecha a partir de la cual se han otorgado sólo uno o dos permisos por año para pesca palangrera comercial de tiburón. Durante este período, algunos indicadores del nivel de explotación como son la talla y peso promedio de los pez vela capturados, así como la tendencia en la captura por unidad de esfuerzo, obtenidos de la pesca deportiva en Los Cabos, B.C.S., Mazatlán, Sin., San Blas, Nay., Puerto Vallarta, Jal., Barra de Navidad, Jal., Manzanillo, Col., Lázaro Cárdenas, Mich. y Zihutanejo, Gro., coinciden en indicar una recuperación sostenida de la población.

Una pesca ribereña localizada en una región relativamente pequeña comparada con el área total de distribución de la especie, difícilmente sobre-explotará el recurso. Sin embargo, sí puede provocar una disminución temporal de la abundancia local.

Debido a las dos formas de aprovechamiento del recurso (pesca deportiva y pesca incidental) se han generado conflictos entre los dos sectores. Por un lado los pescadores ribereños solicitan la revisión de la reglamentación del recurso con objeto de que sea permitida la pesca comercial de picudos, mientras que los pescadores deportivos han presionado para que este recurso continúe reservado a la pesca deportiva

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

En general la pesca deportiva genera mayores beneficios económicos por organismo capturado que la pesca comercial, especialmente para algunos lugares en el Pacífico mexicano como Baja California Sur. Sin embargo, existen otros sitios donde la demanda de servicios asociados a la pesca deportiva es muy escasa, de forma que el número de organismos que se pueden obtener deportivamente es pequeño comparado con el potencial del recurso. Por ejemplo, en Manzanillo sólo el 3.3% de los turistas que lo visitan son pescadores deportivos. Aquino (1999) reporta que el impacto total generado en este puerto, tanto por los gastos relacionados con la pesca deportiva y los no relacionados, es de $47'361,686 M.N. por año.

En un experimento realizado por el CRIP-Manzanillo durante cuatro meses con la participación de 85 embarcaciones palangreras ribereñas de pesca comercial, operando cuatro días de la semana, se obtuvo que el valor de la captura de pez vela, marlin y dorado (sin incluir tiburón, atún y otras especies que también son capturadas) fue de $9'350,023 M.N., que extrapolada a los siete días de la semana durante todo el año sería de $49'087,640. Lo anterior sin incluir actividades colaterales.

▼ *Infraestructura pesquera*

En el Pacífico mexicano, particularmente en Mazatlán, Sin., existen aproximadamente 10 empresas que se dedican al ahumado de pescado y un número indeterminado de negocios familiares que se dedican también a este proceso. Al producto final le llaman "marlin ahumado", a pesar de que además de marlin, procesan otras especies como pez vela y atún.

La recepción de las pesquerías ribereñas son pequeños centros en donde se pesa el producto, se filetea y se transporta a cámaras de refrigeración para su venta al mercado local y otros mercados nacionales.

En el Pacífico mexicano, particularmente en Mazatlán, Sin., existen aproximadamente 10 empresas que se dedican al ahumado de pescado y un número indeterminado de negocios familiares que se dedican también a este proceso, cuya materia prima es atún y picudos

▼ *Indicadores económicos*

El filete de pez vela se vende fresco en el mercado local (Manzanillo) y se distribuye a otros mercados del país, principalmente Guadalajara, Monterrey, México, Aguascalientes, Chihuahua, Guanajuato y Saltillo,

entre otros. La forma de comercialización del pez vela es principalmente por medio de intermediarios que lo compran en los centros de recepción y lo transportan a diversas ciudades del país, lo que incrementa los precios en los destinos finales.

El precio del producto es variable y va en función de la oferta y la demanda. Durante 1997 osciló al mayoreo entre 8 y 14 pesos y al menudeo entre 11 y 20 pesos el kg (Fig. 6).

Algunos pescadores ribereños se encuentran organizados en cooperativas de producción pesquera y otros son pescadores libres. Asimismo, los prestadores de servicios turísticos relacionados con la pesca deportiva se organizan en cooperativas y otros más son prestadores libres de servicios.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

De acuerdo con la Ley de Pesca y su Reglamento, las especies denominadas marlin, pez vela, pez espada, sábalo o chiro, pez gallo y dorado, quedan destinadas de manera exclusiva para la pesca deportivo-recreativa, dentro de una franja de 50 millas náuticas, contadas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial.

Además de esta franja de 50 millas reservada de forma exclusiva para la pesca deportiva, se han establecido dos zonas de exclusión para picudos, una en el Golfo de Tehuantepec y otra que abarca la costa occidental de Baja California y la boca del Golfo de California, mediante acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación en Agosto de 1987.

En el Programa de Pesca y Acuacultura 1995-2000 se señala que la SEMARNAP debe realizar esfuerzos para fortalecer un marco normativo y programático que fomente la pesca deportiva, en armonía con otros tipos de pesquerías y con la conservación del medio ambiente. Dentro del Subprograma de Pesca Deportiva, se contempla:

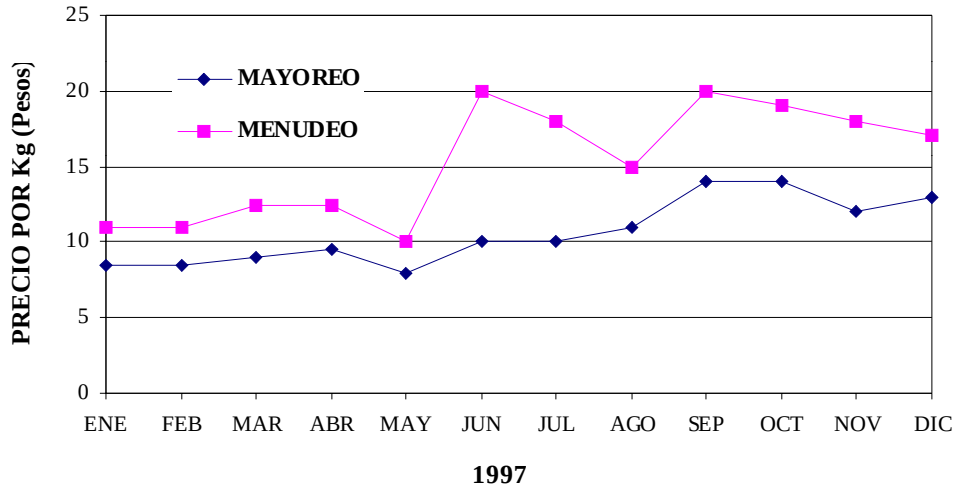


Fig. 6. Precios de playa del pez vela en Manzanillo, Col.

1) Instrumentar mecanismos que concilien los intereses de la pesca comercial y deportivo-recreativa, y la re-evaluación de áreas y especies destinadas exclusivamente a la pesca deportivo-recreativa.

2) Promover la revisión del marco jurídico para determinar posibles reformas a la Ley de Pesca, su Reglamento y otros ordenamientos. Se cita como ejemplo la pesca del pez espada para que su aprovechamiento sea también accesible a la pesca comercial, como en otros países.

La Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 09 de mayo de 1995, regula las actividades de pesca deportivo recreativa en las aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos.

Esta regulación establece los límites máximos de captura, reglamenta las artes de pesca y los permisos para la pesca deportiva.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información disponible para la evaluación cuantitativa del recurso ha sido obtenida durante el desarrollo del proyecto evaluación del recurso picudos, en el CRIP-Manzanillo y se presenta a lo largo del documento. En la *tabla 1* se presentan los valores de fecundidad estimados mediante el método gravimétrico previamente estandarizado. La vulnerabilidad por grupo de edad aparecen en la *tabla 3*. En la *figura 1* se presentan los grupos de edad estimados y en la *figura 4* los valores de mortalidad total para la especie.

▼ *Modelo*

• *Planteamiento*

Con el objeto de obtener un estimado de la biomasa original se utilizaron dos métodos: el primero de ellos consiste de un modelo demográfico estructurado por edades (Hilborn y Walters, 1992). Considerando la fecundidad, el peso promedio, la vulnerabilidad, la madurez y la mortalidad por grupo de edad de la especie, reconstruye para cada año, el número de organismos correspondiente para cada edad desde el inicio de la pesquería utilizando una biomasa original supuesta, un reclutamiento supuesto y la relación :

$$N_{a+1,t+1} = N_{a,t}(1-U_t V_a)S_a \quad \text{.....(1)}$$

donde:

$N_{a+1,t+1}$ = Número de organismos de la edad a+1 en el año t+1.

$N_{a,t}$ = Número de organismos de la edad *a* en el año t.

U_t = Tasa de explotación en el año t.

V_a = Vulnerabilidad de los organismos de la edad *a*.

S_a = Sobrevivencia de los organismos de la edad *a*.

Se utilizaron los datos de captura y esfuerzo reportados por Squire y Au (1990) de 1956 a 1980, y 1981 a 1987 los datos reportados por el Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines (Comité Técnico Consultivo). A partir de bitácoras de pesca proporcionadas por la Delegación Federal de Pesca en el estado de Colima se obtuvo información relativa a los años 1983 a 1990. También, de observadores a bordo se contó con información de 1992 a 1997. Los años en que se traslapó la información sirvieron para efectuar una estandarización del esfuerzo de forma de hacer comparables las diferentes fuentes de información.

Tomando como referencia la captura obtenida y el esfuerzo ejercido observados (registros históricos) se encontró una CPUE observada. Al mismo tiempo se calculó una tasa de explotación (definida como: U=Captura observada/Biomasa calculada) que al aplicarla a la biomasa calculada por año, se obtuvo una CPUE calculada. El máximo verosímil de la mortalidad total Z (definida como Z=Ln(CPUE obs/Biomasa Calculada) para cada año se utilizó como criterio de optimización para la estimacíon de la biomasa original.

El segundo es un modelo con desfasamiento (Deriso, 1980) para la biomasa poblacional en el tiempo. Fue derivado utilizando modelos específicos para sobrevivencia, crecimiento y reclutamiento, y sustituyendo esos modelos en una ecuación general que define la biomasa poblacional (Hilborn y Walters, 1980). Este modelo predice la biomasa del año actual directamente de la biomasa y parámetros de sobrevivencia, crecimiento y reclutamiento de los últimos años. Es un modelo de biomasa dinámica con parámetros de significado biológico que considera básicamente el retardo en tiempo debido al crecimiento y reclutamiento.

- ***Supuestos***

El modelo asume tres supuestos básicos acerca del crecimiento, sobrevivencia y captura:

1) El crecimiento en el peso promedio del organismo a una edad, puede ser descrito por la siguiente relación lineal:

$$w_a = \alpha + \rho w_{a-1} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

W_a = Peso promedio del organismo a la edad a

W_{a-1} = Peso promedio del organismo a la edad a -1

α, ρ = Constantes empíricas (intercepto y pendiente de la gráfica de Ford-Walford) sobre las edades a = k,k+1,k+2,..... que están completamente reclutadas.

2) Todos los peces de edad k y más viejos, son igualmente vulnerables a la pesca.

3) Todos los peces k y más viejos tienen la misma tasa de mortalidad total anual.

Con el objeto de integrar toda la información disponible orientada en su conjunto a la estimación de los parámetros de interés, se construyó, como propuesta metodológica, un índice único como criterio de ajuste de los datos (tanto del modelo estructurado por edades como el modelo con desfasamiento). Consistió éste en la suma de las variaciones de los criterios de ajuste de cada uno de los modelos más las variaciones en los valores de la biomasa estimada por cada uno de ellos, divididas respectivamente por la variancia del parámetro observado. Este índice único se minimizó optimizando los estimados de la biomasa original (B_0), el parámetro a de la relación parentela progenie de Beverton-Holt y la sobrevivencia a la mortalidad natural (S).

▼ *Estado actual de la pesquería de pez vela (resultados del modelo)*

Biomasa original

En las *figuras 7, 8, y 9* se presentan los modelos ajustados: en la *figura 7* se presenta el índice de CPUE observado y el CPUE calculado mediante el modelo estructurado por edades; en la *figura 8* se presentan el ajuste del modelo de acuerdo al criterio del peso observado en relación al peso pronosticado y la biomasa total predicha para cada tiempo por los dos modelos y la biomasa vulnerable calculada por el modelo estructurado por edades.

Los valores estimados por los modelos fueron: para la Biomasa original B_0 = 43'000,000 kg, parámetro de la relación parentela-progenie de Beverton-Holt a = 3.58 x 106 y sobrevivencia a mortalidad natural s = 0.68 (M = 0.38). Estos resultados implican un rendimiento máximo sostenible de un poco más de 8,300 t anuales.

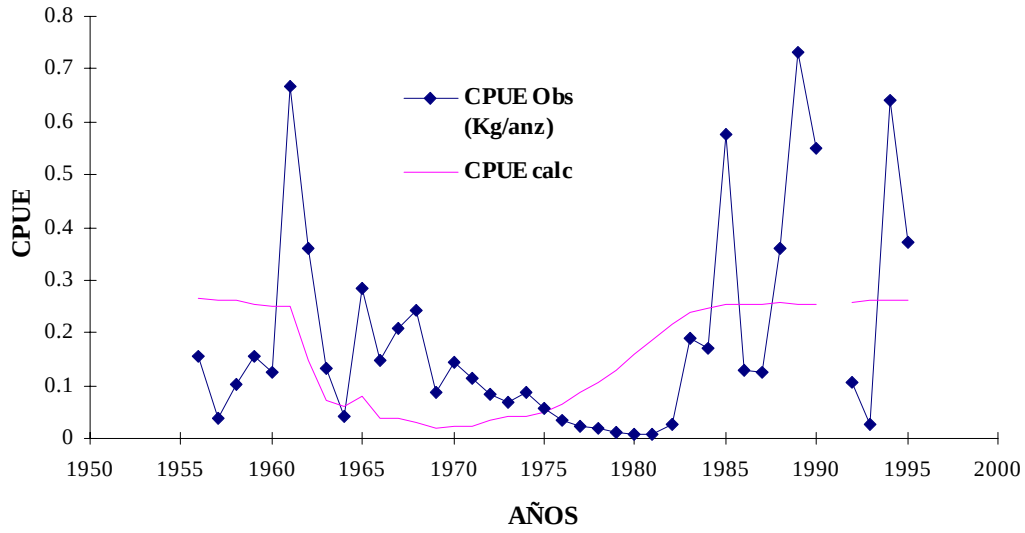


Fig. 7. Ajuste del modelo estructurado por edades, utilizando como criterio la CPUE observada y la CPUE calculada.

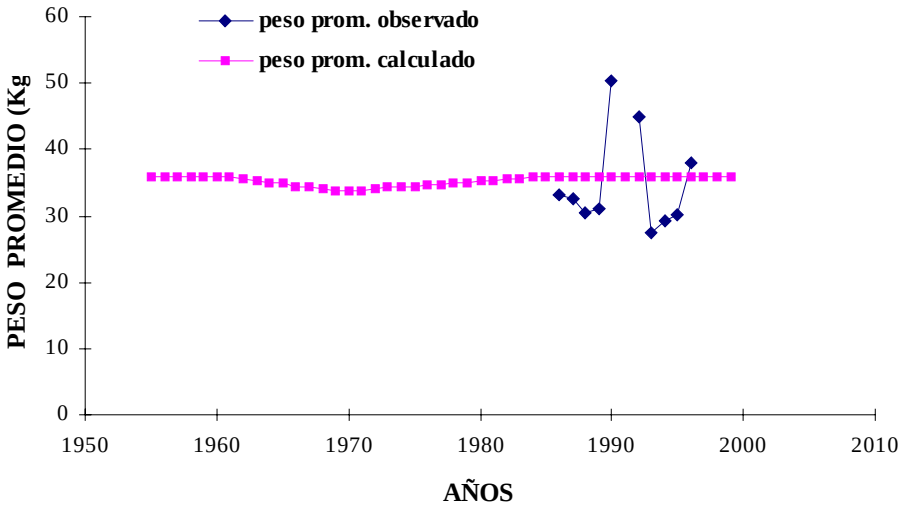


Fig. 8. Ajuste del modelo con desfasamiento, utilizando el peso promedio observado y el peso promedio calculado.

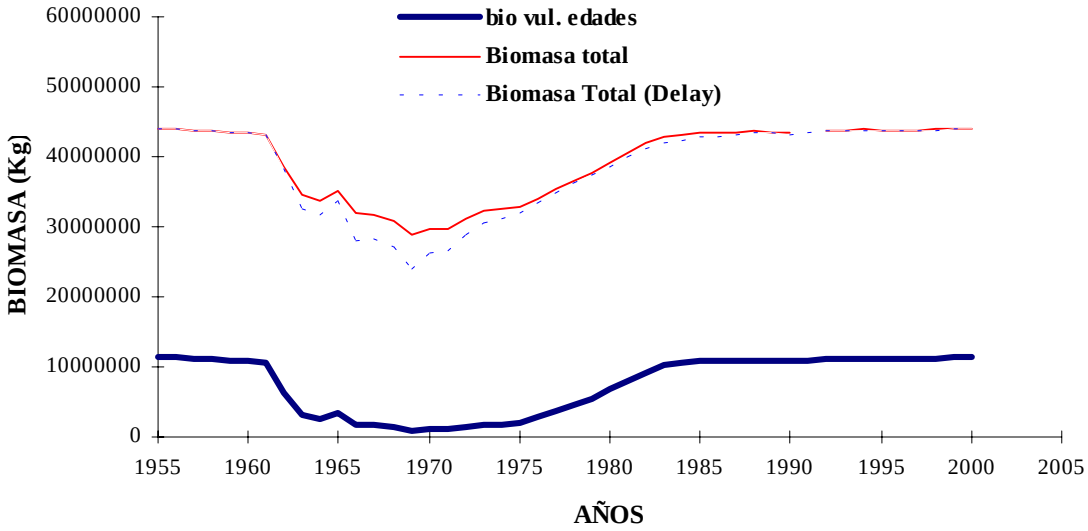


Fig. 9. Biomasas totales y biomasa vulnerable estimada por los modelos estructurado y con desfasamiento.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

▼ ***Implicaciones en el manejo***

Actualmente la normatividad maneja al pez vela, marlin y pez espada de la misma forma, aún cuando se sabe que cada especie posee características que propician una captura diferente ante el mismo esfuerzo pesquero. Se han detectado algunas inconsistencias en la actual reglamentación, entre ellas la reserva de estas especies exclusivamente para la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas. Hay que evaluar la posibilidad de restringir sólo los principales sitios donde se practica la pesca deportiva en círculos de 50 millas. El caso del pez espada, su incidencia en la pesca deportiva del Pacífico norte, zona de mayor abundancia de esta especie, es menor al 1% y en el Pacífico mexicano centro y sur desde 1983 no se ha reportado ningún ejemplar de esta especie en eventos de pesca deportiva.

Se debe buscar un aprovechamiento óptimo, capturando un mayor número de peces en forma deportiva y el resto en forma comercial. Para esto, considerando que la flota deportiva irá cambiando su capacidad y requerimientos a lo largo del tiempo, será necesario considerar un manejo adaptativo que permita cambiar las asignaciones a cada flota. Esto requiere necesariamente de un marco flexible de manejo.

La reglamentación debe hacerse por especie y por región, utilizando las diferencias biológicas y socioeconómicas para su mejor administración. No existe justificación técnica para la franja de las 50 millas, por lo que hay que valorar la factibilidad real de sustituirla por semicírculos alrededor de los principales puertos donde se practica la pesca deportiva.

Campos de colaboración

Se han realizado convenios de colaboración con instituciones de educación Superior como la Universidad de Colima y Universidad de Guadalajara, y con cooperativas de producción pesquera ribereña y empresas de pesca de altura.

Conclusión

En el Pacifico mexicano centro y sur, la especie de pico más importante por sus volúmenes de captura tanto en la pesca comercial como deportiva es el pez vela (*Istiophorus platypterus*). Es un organismo de rápido crecimiento (durante su primer año de vida puede alcanzar hasta 30 Kg) y alta fecundidad que llega a vivir más de 10 años, características que sugieren una gran potencial pesquero. Los indicadores de abundancia tanto en la pesca deportiva como en la pesca incidental artesanal, presentan una tendencia positiva y se estima que el recurso se encuentra puede soportar un esfuerzo mayor al que actualmente se ejerce.

REFERENCIAS

Aquino, S.L. 1999. Análisis del impacto económico de la flota prestadora de servicios de pesca deportiva en Manzanillo, Colima, durante 1988. Tesis profesional. Fac. de Ciencias Marinas. Universidad de Colima.

Allen, J.M. & Smith, B.G. 1988. Atlas and zoogeography of common species in the Bering Sea and North Eastern Pacific. NOAA Tech. Rep., NMFS 66: 1-151.

Beardsley Jr., G.L., N.R. Merret & W.J. Richards. 1975. Synopsis of the biology of the sailfish, *Istiophorus platypterus* (Shaw & Nodder, 1791). NOAA Tech. Rep. NMFS. Proceedings of the International Billfish Symposium Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972 Part 1. Report of the Symposium. Richard S. S. & Francis W. Ed. 95-120.

De Sylva, D.P. 1957. Studies on the age and growth of the Atlantic sailfish, *Istiophorus americanus* (Cuvier), using length-frecuency curves. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 7: 1-120.

Deriso, R.B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. Can. J. Fish. Acuat. Sci. 37:268-282.

Ekman, S. 1953. Zoogeography of the Sea. Sidgwick and Jackson, London.

García, G.A. 1995. Aspectos de la biología reproductiva del pez vela, *Istiophorus platypterus* (Shawn y Nodder, 1792), en el Pacífico mexicano. Tesis Profesional. Universidad de Guadalajara.

Gehringer, J.W. 1957. Observations on the development of the Atlantic sailfish, *Istiophorus americanus* (Cuvier), with notes on an unidentified species of istiophorid. U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull. 57: 139-171.

Guzmán-Arroyo. M. & J.O. López-Ramos. 1986. Descripción y registros de juveniles de pez vela (*Istiophorus platypterus*, Shaw & Nodder, 1791) (Pisces, Istiophoridae), en las costas del estado de Michoacán, Pacífico sur de México. Ciencias Marinas. 12 (2): 53-67.

Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Horn, M.H. & Allen L.G. 1978. A distributional analysis of California coastal marine fishes. J. Biogeogr. 5: 23-42.

Kume, S. & J. Joseph. 1969. La pesca japonesa con palangre de atunes y peces espada en el océano Pacífico oriental y al este de los 130°W 1964-1966. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 13(2): 376-404.

Márquez Farias, J.F. 1991. Esfuerzo y distribución de las especies capturadas por el barco palangrero «Tiburón IV» en el Pacífico mexicano. (Octubre-Noviembre 1988). Tesis Profrofesional. Universidad de Colima. México.

Macías-Zámora, R. 1993. Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. IPN, CICIMAR. La Paz, B. C. S.

Macias -Zámora, R., A. L. Vidaurri-Sotelo & H. Santana-Hernández. 1994. Análisis de la tendencia de la captura por unidad de esfuerzo en la pesquería del pez vela en el Pacifico mexicano. Ciencias Marinas 20 (3): 393-408.

Miyabe, N. & W.H. Bayliff. 1987. Un exámen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el océano Pacífico oriental, 1971-1980. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 19(1): 123-159.

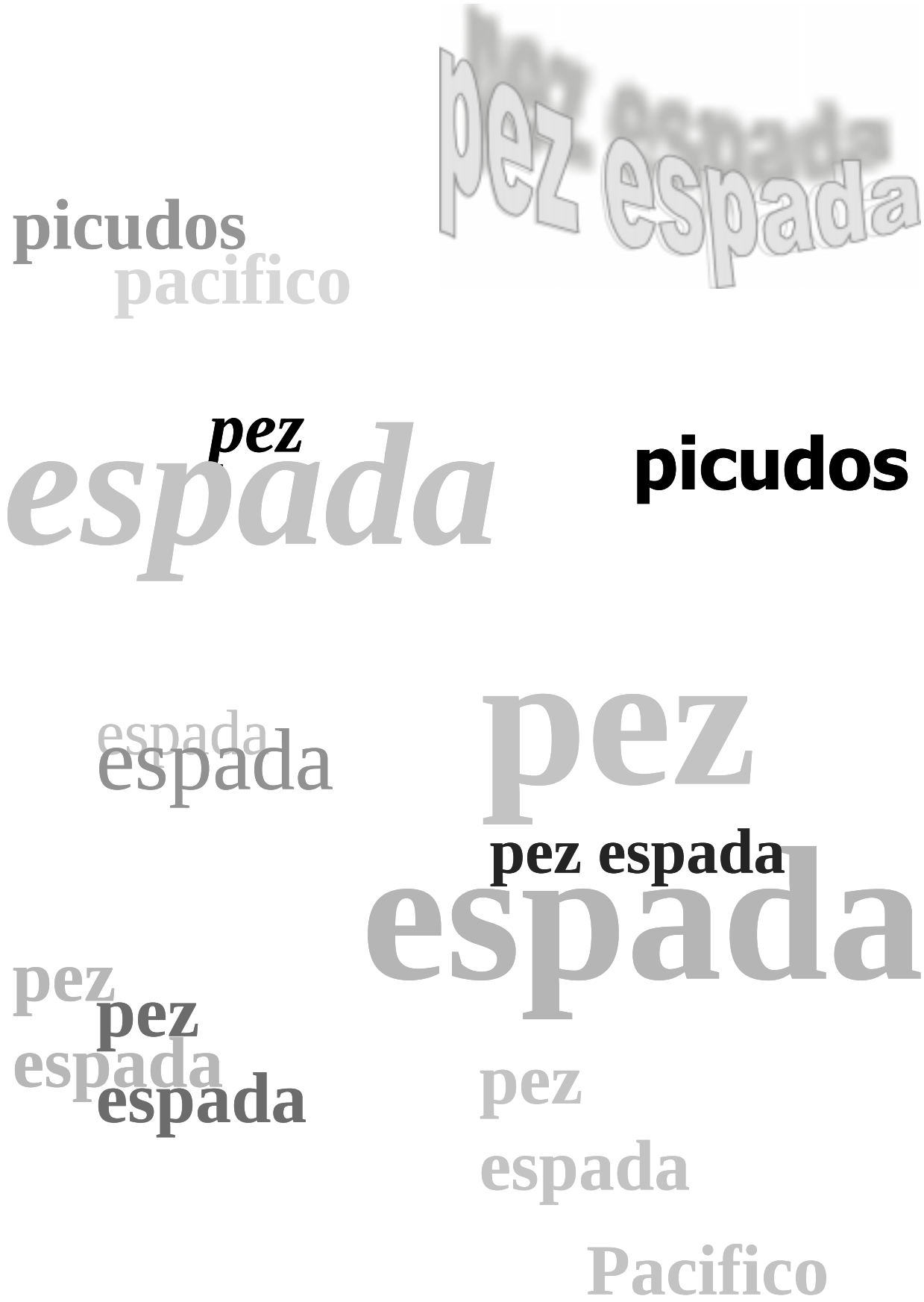
Nakamura, I. 1985. FAO Species Catalogue. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., (125) 5: 1-65.

Santana H., H. 1989. Distribución y abundancia relativa, espacio-temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Nayarit.

Shingu, C., P. K. Tomlinson & C.L. Peterson. 1974. Un exámen de la pesca palangrera japonesa de atunes y peces espada en el océano Pacífico oriental, 1969-1970. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 16(2): 97-230.

Squire, J. L. & D. W. K. Au. 1990. Striped marlin in the northeast Pacific - A case for local depletion and Core Area Management. *En:* Planning the future of billfishes. Part 2. National Coalition for Marine Conservation. pp: 199-214.

Vidaurri-Sotelo, A. L., R. Macías-Zamora, H. Santana-Hernández & V. Rojas-Campos. Edad, crecimiento y estructura de edades de la población de pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacifico mexicano. Investigaciones Marinas. (en prensa).


pez espada
picudos
pacifico
pez
espada
picudos
espada
espada
pez
pez espada
espada
pez
pez
espada
espada
pez
espada
Pacifico

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PEZ ESPADA OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Pez espada *(Xiphias gladius)*

- Es una especie altamente migratoria que se distribuye ampliamente en todos los mares del mundo.

- La pesca se realiza con redes agalleras, palangre y harpón, aunque también existe una captura considerable realizada por las actividades de pesca deportiva a través de currícan.

- Existe un programa de observadores a bordo de la flota palangrera y de redes agalleras cubriendo alrededor del 30% de los viajes de pesca..

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- México pesca alrededor de 600 t promedio anuales de pez espada esta captura representa el 3% del volumen total capturado en el Océano Pacífico.

EFECTOS ENSO 97-98

- Es una especie muy susceptible a cambios ambientales particularmente al fenómeno del niño.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se han hecho estudios de evaluación de la población en el Océano Pacífico, pero por falta de información confiable no se ha podido llevar a cabo. Se ha aplicado el ADAPT(modelo derivado del VPA) , el ASPIC modelo de producción excedente y el DERISO evaluación de stock con retraso, sin resultados concluyentes.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Con potencial de desarrollo.

MEDIDAS DE MANEJO

- Especie reservada a la pesca deportiva dentro de la franja costera de 50 millas a partir de la línea de costa. Además disposiciones de pesca deportiva en la NOM-017-PESC-1994.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger a las especies de importancia de pesca deportiva y sus áreas de reproducción.

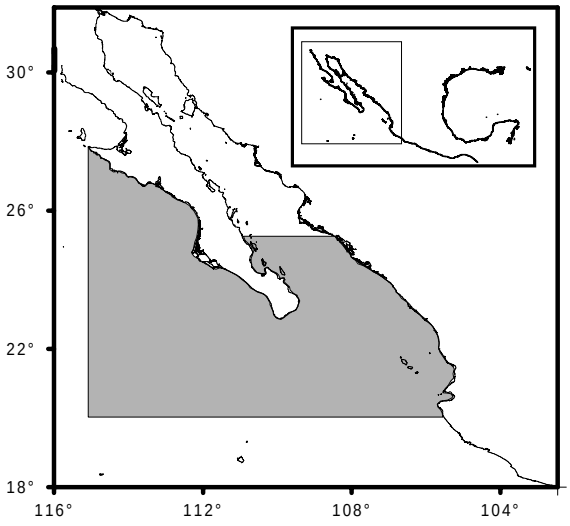
Pez espada del Océano Pacífico

Xiphias gladius

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La pesquería comercial del pez espada en el Océano Pacífico inició en California, E.U. desde principios de siglo utilizando arpón (Coan *et al.,* 1998). Barcos palangreros de Japón, Taiwan y Corea iniciaron sus actividades de pesca en la década de los años 50, observándose a partir de los años ochenta un mayor interés por la captura de pez espada. Actualmente, para esta especie existen en operación alrededor de 22 embarcaciones, utilizan la red de deriva y 5 palangre. El pez espada es considerado especie fina para el consumo por diversos países por su olor, color de músculo y frescura.



La pesquería comercial del pez espada en el Océano Pacífico inició en California con arpón desde principios de siglo y en la década de los años cincuenta, barcos palangreros de Japón, Taiwan y Corea iniciaron sus actividades de pesca

Las capturas reportadas por la FAO en los océanos del mundo, indican un incremento de 28,000 t durante la primera mitad de los años setenta, hasta 76,000 t al inicio de los años noventa. Registran un máximo en 1995 de 95,646 t, siendo el Océano Pacífico el área de mayores capturas.

Actualmente, alrededor de diez países están pescando esta especie en el Océano Pacífico, entre los que se encuentran: Japón, Corea, Taiwan, Estados Unidos (California y Hawaii), Filipinas, Chile y México. El promedio de las capturas en los últimos años se encuentra en 30,000 t y el esfuerzo se concentra en zonas de alta productividad y dinamismo oceanográfico (Fig.1).

La pesquería en México se desarrolló en dos etapas: a través de la pesca con palangre, que inició en 1964, y con redes de deriva, que inició en 1986. La captura de pez espada en las actividades de pesca deportiva es poco significativa.

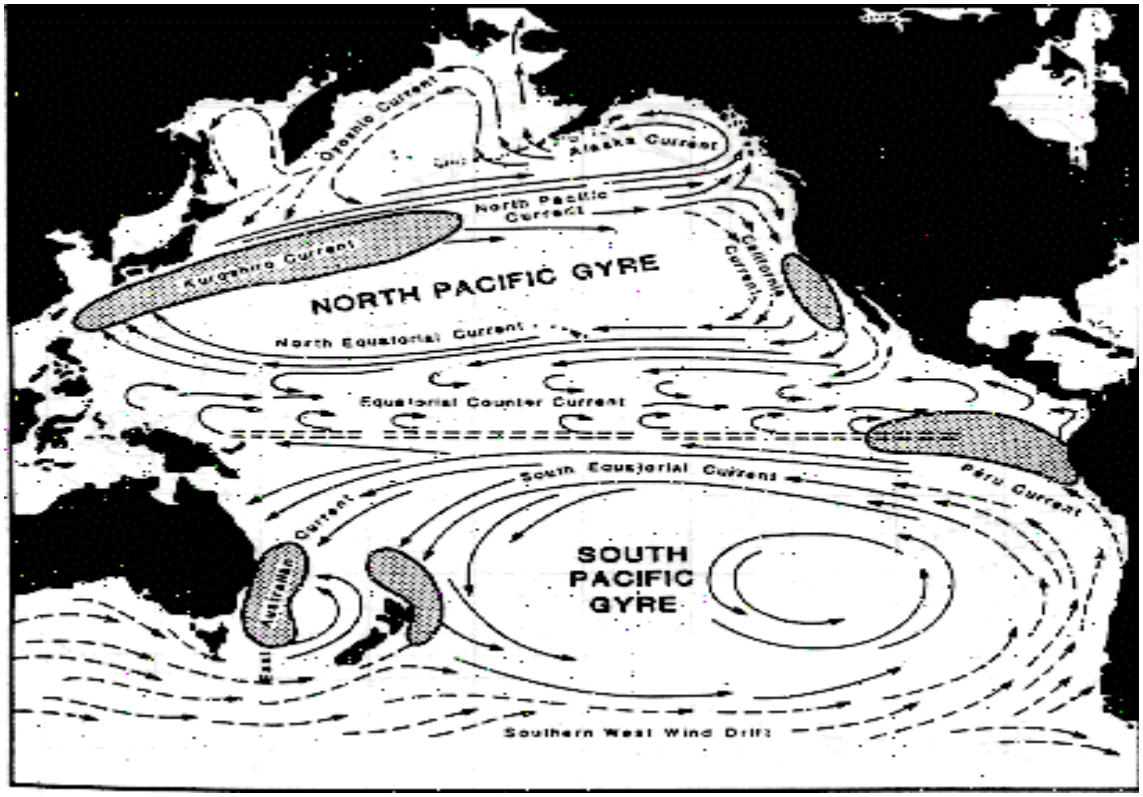


Fig. 1. Principales áreas de pesca de pez espada en el Océano Pacifico (tomado de Sakagawa, 1989).

BIOLOGÍA

El pez espada, *Xiphias gladius,* es una especie pelágica, oceánica y altamente migratoria que se distribuye en zonas tropicales, templadas y en ocasiones frías, generalmente en aguas con temperatura superficial arriba de 13ºC (Nakamura, 1985). Realiza movimientos verticales a grandes profundidades, llegando hasta 600 m (Carey, 1990), El peso máximo registrado es de 540 kg. Muestreos biológicos de peces capturados por la flota mexicana en la península de Baja California, registran una longitud media de 164 cm, similares a las obtenidas en California por los pescadores de E.U. (Castro *et al.*, 1995).

Las migraciones del pez espada dentro de aguas mexicanas no están definidas claramente. Kume y Joseph (1969), con base en las tasas de captura de la pesquería con palangre japonesa, mencionan una tendencia de movimiento de la punta de la península de Baja California hacia el norte durante el verano y el otoño. Sin embargo, la secuencia de las temporadas de pesca en la costa de Oregon y California en los E.U. y de Baja California, inicia en la parte más norteña durante el verano y termina en el invierno o primavera del subsecuente año en aguas frente a la punta de la península, indicando que existe un movimiento de norte a sur (Bedford y Hagerman, 1983; Hanan *et al.*, 1993; Sosa *et al.*, 1992; Castro *et al.*, 1995). Por otro lado, estudios de marcaje han indicado movimientos desde el norte de Hawaii hacia la costa frente a California, E.U. (Holts, 1995).

Las migraciones del pez espada dentro de aguas mexicanas no están definidas claramente. Se menciona una tendencia de movimiento de la punta de la Península de Baja California hacia el norte durente el verano y el otoño

El pez espada es muy suceptible a cambios ambientales, particularmente a los efectos de "El Niño", que provoca desplazamientos hacia el norte en áreas donde pocas veces se la encuentra, haciéndola más accesible a la flota norteamericana de redes de deriva

Esta especie es muy susceptible a cambios ambientales, particularmente al efecto del fenómeno El Niño, que provoca desplazamientos hacia el norte en áreas donde pocas veces se la encuentra, haciéndola más accesible a la flota norteamericana de redes deriva, en aguas frente a los estados de Oregon y Washington, afectando con ello la pesca en aguas de California y Baja California (Coan *et al.*, 1998).

Los estudios para determinar la estructura de las poblaciones de pez espada en el Océano Pacífico no han llegado a ser concluyentes. Con base en un análisis genético del ADN mitocondrial, Grijalva-Chon *et al.* (1994) sugirieron que en el Pacífico Norte existe una sola población. Sin embargo, Grijalva-Chon *et al.* (1996), utilizando la técnica de alozimas, encontraron ciertas diferencias genéticas entre organismos capturados en aguas de Hawaii y de Baja California. En un estudio más reciente, Carol y Block, (2000), sugieren que el pez espada que se explota en aguas de California y Baja California tiene una composición genética que es una mezcla de los stocks del pacífico noroeste y sudeste (aguas frente a Chile y Ecuador), con base en un análisis de microsatélites de ADN mitocondrial. Esta última sugerencia está respaldada parcialmente por los resultados de los experimentos de marcaje anteriormente mencionados.

En las capturas comerciales la mayoría de los peces, principalmente las hembras, se encuentran sexualmente maduras, pero reproductivamente inactivas en en aguas mexicanas (Weber y Goldberg, 1986; Castro *et al.*, 1995). Aparentemente este stock migra hacia aguas más cálidas para realizar la reproducción, como ha sido indicado para otras partes del Océano Pacífico (Kume y Joseph, 1969; Miyabe y Bayliff, 1987). No se tienen registros de desoves en California o Baja California.

El análisis de estructuras óseas del pez espada capturado en aguas mexicanas, indica que tiene una edad entre cero y nueve años en el caso de las hembras, y entre cero y siete años en el caso de los machos. Las edades de dos y tres años son las que se capturan con mayor frecuencia para ambos sexos (Castro-Longoria y Sosa-Nishizaki, 1998).

Otros estudios indican que el pez espada se alimenta principalmente de calamares de los géneros *Sthenoteuthis* y *Dosidicus*, así como de más de veinte especies de peces, siendo la merluza la más frecuente (Markaida y Sosa-Nishizaki, 1998).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesquería palangrera japonesa es la más importante del océano Pacífico oriental., en cuanto a su duración, cobertura geográfica y volúmenes obtenidos

• *Pesca con palangre*

La pesquería palangrera japonesa de picudos ha sido, por mucho, la más importante del océano Pacífico oriental (OPO) en cuanto a su duración, cobertura geográfica y volúmenes obtenidos (Nakano y Bayliff, 1990). Las exploraciones japonesas en el OPO comenzaron en la mitad de los años cincuenta y para 1968 la pesca se extendía a la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales, incluyendo la actual Zona Económica Exclusiva de México (ZEE).

En 1963 una gran parte del esfuerzo de pesca se desplazó hacia el noreste del OPO, donde las exploraciones habían revelado altas concentraciones de marlin rayado (*Tetrapturus audax*), pez vela (*Istiophorus platypterus*) y pez espada, junto con pequeñas proporciones de marlines azul (*Makaira nigricans*) y negro (*Makaira indica*) (Joseph, 1972). Las mayores tasas de captura para el pez espada (*Xiphias gladius*) se obtuvieron entre las Islas Revillagigedo (19º Lat. N) y la parte sur del Golfo de California, además de la costa occidental de Baja California Sur hasta Bahía Magdalena.

La zona más importante para la pesca de pez espada con palangre en aguas mexicanas, comprende el extremo sur de la península de Baja California y la boca del Golfo de California, en invierno y primavera. De hecho, en esta zona se han registrado las mayores tasas de captura en el Pacífico nororiental para el pez espada, y también las abundancias más elevadas de los océanos Pacífico e Índico en el caso del marlin rayado, por lo que algunos autores la denominan "área núcleo" (Squire y Au, 1990). Durante el verano y otoño, la captura de pez espada descendía y el área de operación se extendió hacia el sur en busca de marlin rayado, desde Bahía Magdalena y Cabo San Lucas, hasta las Islas Revillagigedo (Fig. 2).

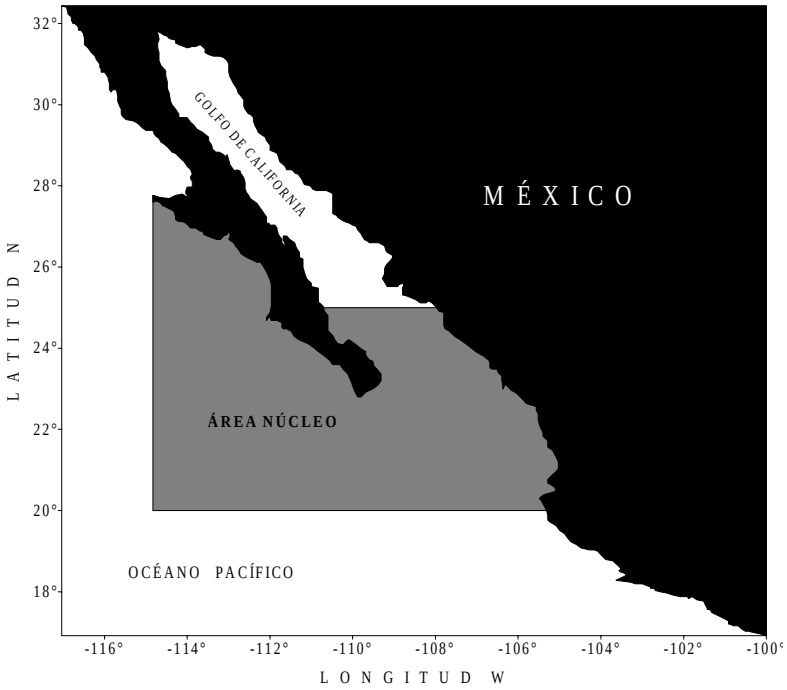


Fig. 2. Área de mayor abundancia de pez espada en el Pacífico nororiental (modificado de Squire y Au, 1990).

- ***Red agallera de deriva***

El uso de las redes agalleras de deriva es una innovación relativamente reciente en la pesca mexicana de picudos. Las restricciones impuestas en 1983 al uso del palangre dentro de la ZEE y finalmente la cancelación de este tipo de permisos en 1990, promovieron el desarrollo de la actual pesquería mexicana con redes agalleras de deriva.

En aguas mexicanas, la pesca de pez espada con palangre se realiza en el extremo sur de la península de Baja California y la boca del Golfo ce California en invierno y primavera

La flota opera a lo largo de la costa occidental de la península de Baja California, entre los 21° 30' N y 32° 20' N, básicamente en las mismas zonas antes frecuentadas por los palangreros. La mayor actividad pesquera se realiza de septiembre a enero en 2 áreas, una al sur de Punta Eugenia hasta los 23° N y la otra desde el paralelo 30° N hasta el límite norte de la ZEE (Castro *et al.*, 1995; Sosa *et al.*, 1992)

Existen solicitudes para continuar empleando la red agallera de deriva, mientras otras prefieren cambiar al uso del palangre de deriva, en busca de mejores oportunidades comerciales en el mercado exterior.

Ensenada B.C. es el principal puerto de actividades de la flota mexicana en la pesquería del pez espada, aunque a partir de 1995 se han utilizado como puertos alternos a La Paz y San Carlos en B.C.S. y Mazatlán, Sin. Actualmente existen en operación alrededor de 22 embarcaciones que utilizan red de deriva, existiendo cinco de éstas que están cambiando al uso del palangre.

El uso de las redes agalleras de deriva es una innovación reciente en la pesca mexicana de picudos

Las embarcaciones son similares a las utilizadas por la flota de California. Son del tipo FIPESCO o FEDECOP de fibra de vidrio o acero con eslora de 18 a 25 m y una capacidad entre 50-70 t. Algunos barcos están acondicionados para pesca múltiple, cambiando de pesquería durante el año, de acuerdo a la estacionalidad de los recursos. Estos barcos cuentan con equipo electrónico, radar, navegador, sonares y otros, para determinar factores que les indican dónde realizar el lance, tal como la temperatura superficial, los frentes térmicos, profundidad de la termoclina, color y claridad del agua, corrientes y fase lunar.

Las redes de deriva empleadas por la flota mexicana tienen una longitud de entre 2 y 3.5 km y luz de malla de 45 a 60 cm, con una caída de aproximadamente 130 brazas. Estas redes operan entre 4 y 10 m bajo la superficie.

Las actividades de pesca inician al caer la tarde, alrededor de las 5 o 6 pm, dejando la red en operación toda la noche. Los pescadores nunca pierden contacto con la red, generalmente se encuentra atada al barco. La embarcación permanece al garete en espera de que amanezca para iniciar el cobrado de la red. El pez espada capturado es procesado a bordo inmediatamente, cortando cabeza y aletas, y se eviscera para ser almacenado en hielo.

La tripulación está compuesta por cinco a seis miembros: un capitán, un motorista, el cocinero y dos o tres tripulantes. Los viajes de pesca tienen una duración de alrededor de 15 a 20 días, por la capacidad de autonomía de estos barcos y para garantizar la calidad del producto capturado.

El área de operación esta restringida a la captura de esta especie fuera de las 50 millas náuticas.

- ***Pesca deportivo-recreativa***

El pez espada es uno de los trofeos de pesca deportiva más buscados. Sin embargo, el número capturado anualmente en la ZEE es muy bajo y similar al reportado para la región sur de California, que en promedio es de 30 peces espada por embarcación por año (Anónimo, 1981).

El pez espada es muy importante en la pesca deportiva; sin embargo representó menos del 1% de la captura total anual en el periodo de 1990 a 1996, obtenida por la flota deportiva en torneos nacionales e internacionales

De acuerdo a la información recabada por el Instituto Nacional de la Pesca, en el monitoreo continuo de las capturas obtenidas por la flota deportiva en torneos Nacionales e Internacionales en B.C.S. (Cabo San Lucas, Los Barriles-Buenavista) y Mazatlán Sin., el pez espada representa menos del 1% de la captura total anual durante el periodo de 1990 a 1996 (Klett *et al.*, 1996).

En los torneos de San Blas, Nay., Puerto Vallarta, Jal., Barra de Navidad, Jal., Manzanillo Col., Lázaro Cárdenas, Mich., Zihuatanejo, Gro., no se han registrado capturas de pez espada.

▼*Tendencias históricas*

Las capturas mundiales de pez espada alcanzan actualmente alrededor de 90,000 t anuales en promedio (FAO, 2000). En el océano Pacífico, las capturas ascienden a 25,000 t anuales promedio, y la flota mexicana de pez espada captura aproximadamente 600 t anuales de este recurso, lo que representa un 3% (Fig. 3).

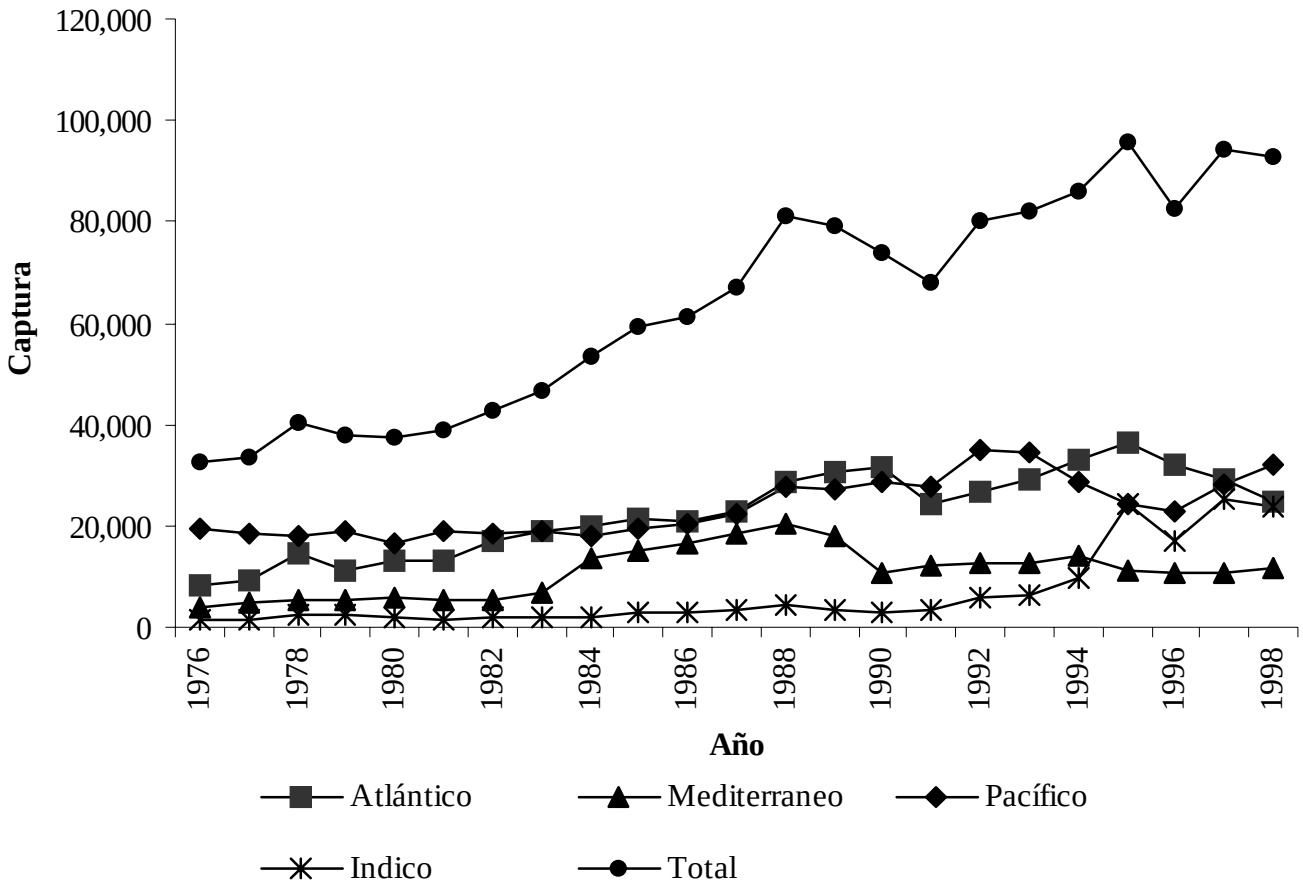


Fig. 3. Capturas de pez espada reportadas por la FAO en los Océanos del Mundo

Tabla 1. Capturas registradas por la flota japonesa

AÑO	CAPTURA (t)
1990	11,292
1991	9,936
1992	11,125
1993	14,168
1994	13,179

- ***Pesquería de Japón***

La flota japonesa en las décadas de los años 50 y 60 alcanzaban el 80% de las capturas totales del océano Pacífico. Con el incremento del esfuerzo de pesca por otras flotas como Chile y Filipinas, principalmente, disminuyó hasta alcanzar en los años noventa entre el 36% y 45%. Las capturas totales de pez espada por la flota japonesa en los últimos años se indican en la *tabla 1* (Uozumi y Uosaki, 1998).

En Chile, la pesquería de pez espada se realiza arsenalmente. Recientemente se estan utilizando embarcaciones de mediana altura. El repunte en esta pesquería tiene que ver con la apertura del mercado internacional, lo que propicio el aumento del numero de embarcaciones y el uso de redes de deriva

- ***Pesquería de Chile***

En Chile, la pesquería de pez espada se realiza de manera artesanal aunque en los últimos años se están utilizando embarcaciones de mayor tamaño consideradas de mediana altura. Esta pesquería desde sus inicios muestra tres periodos característicos de desarrollo: a) de 1938 a 1952 se obtuvo una captura promedio de 979 t/ año, b) de 1953 a1985 disminuyó el promedio a 248 t/ año y c) de 1986-1996 se incrementó el promedio considerablemente hasta 4,056 t/ año (Barbieri *et al.*, 1998).

Este impulso de la pesquería está relacionado con la apertura del mercado internacional, principalmente a los E. U. lo cual propició el aumento en el número de embarcaciones, así como el uso de redes de deriva para su captura (Barbieri *et al.,* 1998).

- ***Pesquería de Estados Unidos***

El desarrollo de la pesquería de pez espada en E. U. manifestó un crecimiento acelerado en la década de los años noventa. Esta pesquería se lleva a cabo en tres modalidades en el océano Pacífico norte: a) la pesca con arpón que es la más antigua; inició a principios de siglo y contribuyó en 1995 con el 2% del total de los E. U. b) La pesca con redes de deriva inició desde 1980 reemplazando al arpón y contribuyó con el 15% de la captura total en 1995, y c) la pesquería con palangre creció rápidamente a partir de los años noventa y representó el 83% del total.

En Estados Unidos existen tres modalidades en la pesca de pez espada: a) con arpón, que es la más antigua, b) con redes de deriva, que en 1995 contribuyó con el 15% del total de la captura, y c) con palangre, que ha crecido rapidamente y representa el 83% de las capturas

La pesquería con palangre se realiza en dos áreas de pesca, una con base en Hawaii (78%) y la otra en California (5%).

Durante 1995 esta pesquería alcanzó 3,500 t, que representaron un ingreso de 20 millones de dólares. La flota de Hawaii esta compuesta por 110 barcos palangreros activos, de los cuales 59 se dedican exclusivamente al pez espada (Fig. 4a). En California existen 22 embarcaciones palangreras y se tienen 150 permisos para embarcaciones con red de deriva (Fig. 4b).

En la *Tabla 2* se presentan las tallas de pez espada promedio por año capturados por las flotas de Hawaii y California.

- ***Pesquería de México en el Océano Pacífico***

La pesca de pez espada en México se realiza de manera estacional, principalmente en otoño e invierno. Las mejores capturas se obtienen de octubre a febrero, reportándose mayores abundancias cerca de la península de Baja California, declinando las capturas a partir de abril y manteniéndose escasas durante agosto y septiembre.

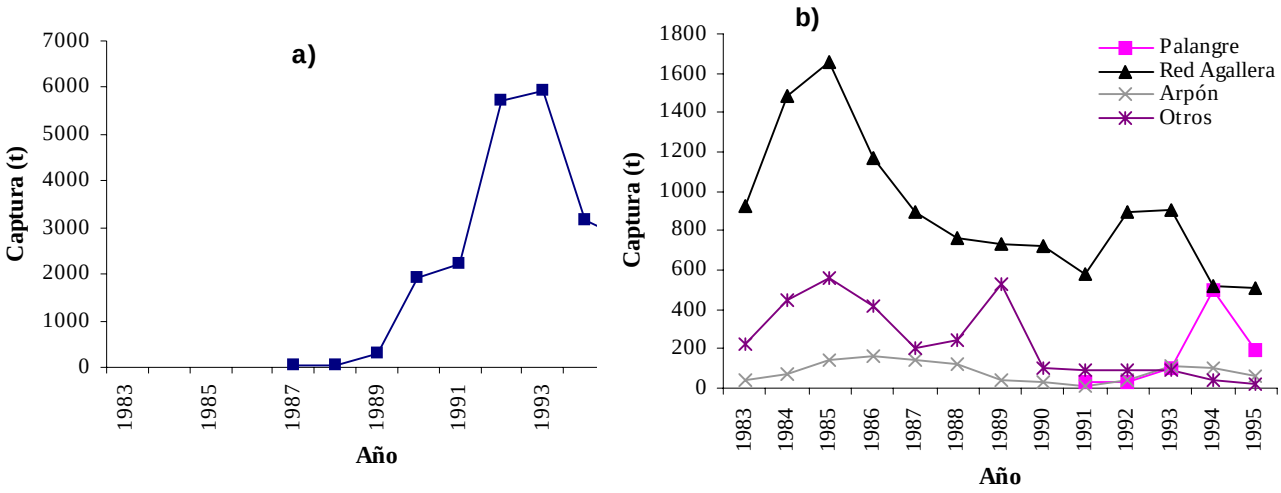


Fig. 4. Capturas registradas por la flota de los Estados Unidos. a) en Hawaii mediante el uso de palangre y b) California tanto de la pesca con palangre, arpón y red.

Tabla 2. Tallas promedio anual de pez espada capturados por Estados Unidos

	Hawaii	California		
Año	**Palangre**	**Palangre**	**Red Agallera**	**Arpón**
1981	-	-	131.6	138.7
1982	-	-	146.1	135.7
1983	-	-	138.6	148.4
1984	-	-	139.7	145.2
1985	-	-	152.1	160.4
1986	-	-	139.3	149.6
1987	129.3	-	145.9	144.8
1988	119.2	-	151.6	157.4
1989	131.1	-	140.0	-
1990	147.6	-	133.1	-
1991	155.3	-	-	258.7
1992	177.6	-	-	156.6
1993	172.2	-	-	156.4
1994	162.6	136.0	-	-
1995	171.1	136.0	-	-

- Palangre

El esfuerzo pesquero comenzó a ejercerse de manera sustancial por Japón dentro del área núcleo en 1964 y mantuvo continuidad en su magnitud hasta 1976. A lo largo de ese lapso la CPUE del pez espada se comportó relativamente estable (Fig. 5a).

La pesquería registra capturas irregulares a lo largo de su historia. Presenta las máximas capturas en 1964 y 1972 con 13,519 y 13,677 individuos, respectivamente. En 1976 se capturaron 9,821 peces y a partir de esa fecha inició una marcada disminución en las capturas.

En la siguiente etapa de la pesquería, entre 1980 (cuando iniciaron las empresas de coinversión México-

Japón) y 1989, el esfuerzo de pesca dentro de la ZEE presentó grandes fluctuaciones, con un máximo de 3,757,060 anzuelos calados en 1988, capturando 48,022 marlines rayados, 17,750 peces vela y 5,313 peces espada. Esas capturas de marlin y vela constituyeron un récord para el periodo 1980-1989, pero la máxima captura anual de pez espada se dio en 1981 con 10,677 ejemplares (Fig. 5b). El palangre es un arte de pesca poco selectivo para la captura de pez espada.

El pez espada del OPO ha mostrado una CPUE estable desde 1965 y se estima que tiene capacidad para mantener un rendimiento anual de 35,000 peces, equivalentes a 2,800 t (Bartoo y Coan, 1989; Joseph, 1981).

En el periodo 1964-1980, la pesquería palangrera japonesa capturó un promedio anual de 7,273 peces espada dentro del área núcleo (Fig. 2), con CPUE media de 2.48 peces/1000 anzuelos (Fig. 5a).

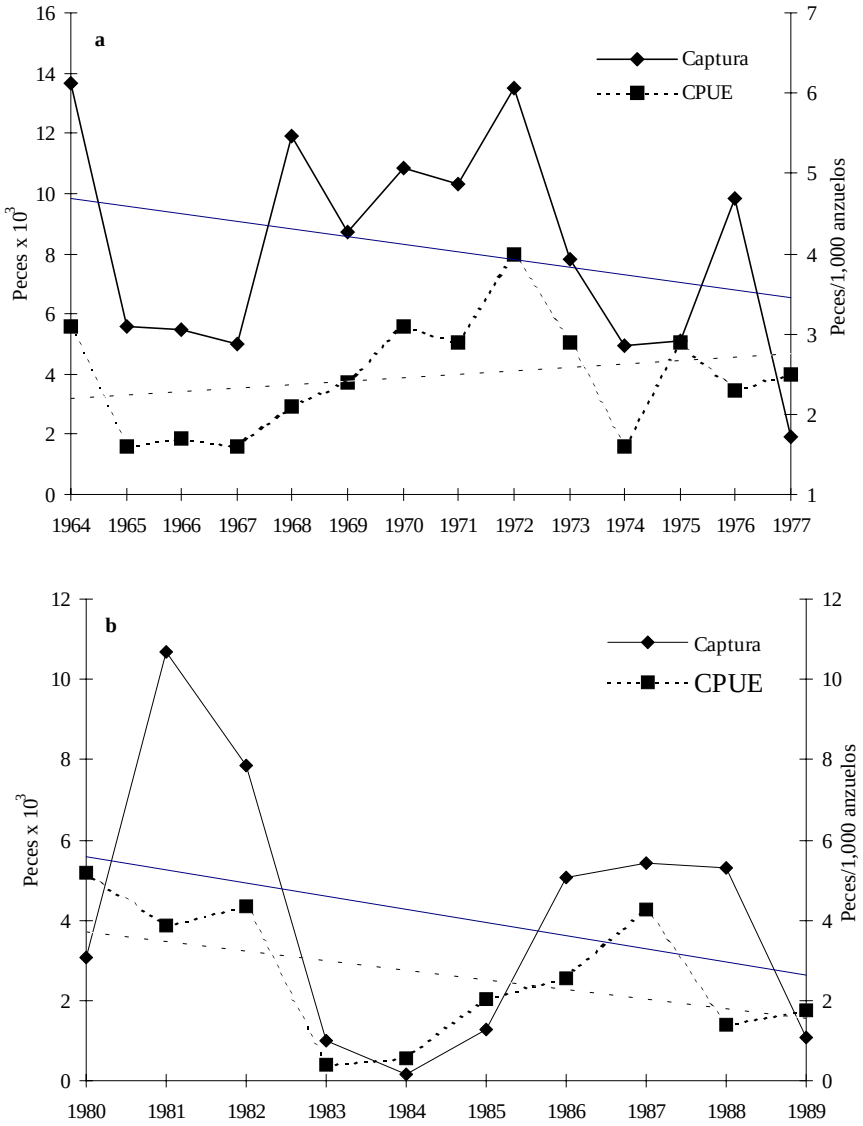


Fig. 5. Captura de pez espada, CPUE y sus tendencias. (a) Flota palangrera japonesa, área núcleo al sur de Baja California. (b) Flota palangrera de coinversión, ZEEM.

Entre 1980 y 1989, las empresas de coinversión capturaron un promedio anual de 4,090 peces espada en aguas de la ZEE, con CPUE media de 2.51 peces/1000 anzuelos (Fig. 5b), valor muy semejante al obtenido por los palangreros japoneses durante 1964-1980.

Los promedios de producción de 360-640 t (4,090-7,273 peces) al año, resultan bajos al compararlos con los datos disponibles de la pesquería con redes agalleras de deriva. Sin embargo, conviene recordar que entre 1971 y 1976 la flota palangrera japonesa capturó un promedio anual de 35,000 peces espada en todo el OPO, cifra equivalente al rendimiento sostenible estimado. El 26% de esta captura (9,100 peces/año) fueron capturados en aguas de la actual ZEE, con CPUE promedio de 2.7 peces espada/1,000 anzuelos, con un máximo de 3.9 en 1972.

Con la incorporación de las embarcaciones palangreras, a partir de 1998, inicia una tendencia ascendente en la captura de pez espada de acuerdo a los registros de la Delegación Federal de B.C., como se muestra en la *figura 6.* Sin embargo, en 1999 se presenta una reducción en las capturas ya que operaron menos embarcaciones de manera regular durante este año, debido a las modificaciones del arte de pesca al cambiar por palangre.

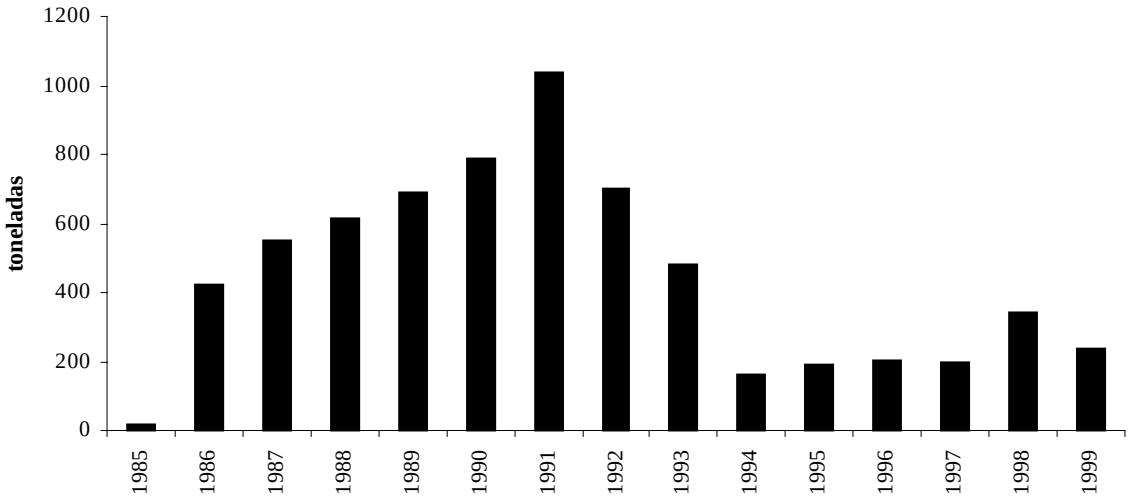


Fig. 6. Capturas de pez espada (t) 1985-1998 registradas por la Delegación de Pesca del Estado de B.C.

El esfuerzo de pesca en el OPO se incrementó de cinco millones de anzuelos en 1961, a 91 millones en 1973, cuando el esfuerzo en la ZEEM fue aproximadamente cuatro millones de anzuelos, 5.1% del total. Se estima que durante el periodo 1971-1979 el esfuerzo en la actual ZEEM representó sólo un 7% del aplicado en todo el OPO. No obstante, la producción de picudos fue sustancial, superando varias veces la que se esperaría con un nivel de esfuerzo de 7%. Durante 1971-1976, los años previos al establecimiento de la ZEEM, la pesquería japonesa obtuvo de esta área el 56% de sus capturas de marlin rayado en el OPO (Joseph, 1981).

El esfuerzo palangrero declinó rápidamente en 1976-1977 al establecerse la ZEEM y sólo se incrementó después de 1980, con el otorgamiento de permisos de pesca para empresas de coinversión México-Japón. El esfuerzo frente a la costa de E. U. fue menor que en aguas de México y principalmente con fines exploratorios (Anónimo, 1980).

Actualmente operan alrededor de nueve embarcaciones que han cambiado la red agallera por el palangre, y los resultados preliminares obtenidos a partir de observadores científicos a bordo de estos barcos, registran una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de 16.6 peces por cada 1,000 anzuelos, siendo ese valor relativamente alto en comparación con los obtenidos por la flota japonesa.

- Red agallera de deriva

En 1986 reinició la actividad de pesca de pez espada, ahora con redes agalleras de deriva, obteniendo un máximo de captura en 1991 con alrededor de 861 t. Las capturas declinaron a 567, 424 y 428 t en 1994, 1995 y 1996, respectivamente; en 1998 se alcanzó una captura record de 3,575 t. Esta variabilidad en las capturas puede deberse a la iniciativa de cambiar el arte de pesca de redes por palangre, como se pescó al inicio de la pesquería (Fig. 6).

Estimaciones publicadas sobre la producción de esta pesquería difieren ampliamente entre sí. Castro *et al.* (1995) reportan una captura mínima de 100 t en 1988 y una máxima en 1993 de 700 t. Sin embargo, Squire y Muhlia (1992) presentan datos que oscilan entre 900 y 1,080 t de producto en presentación de filetes, equivalentes a un intervalo entre 1,170 y 1,404 t de peso entero. Esta variación se debe a que Castro *et al.* (1995) reportan capturas de barcos rederos que desembarcaron en Ensenada, B.C. y los otros autores lo hacen para la flota palangrera.

En 1992 la flota agallera mexicana estaba integrada por 27 embarcaciones con permiso, de las cuales operaron 24, y en 1995 esta cifra descendió a 22 barcos, un factor en esta reducción es la tendencia a la baja de los precios en el mercado exterior para el pez espada capturado con redes agalleras de deriva, en comparación al que se pesca con palangre (Sakagawa, 1998). Las embarcaciones son de tipo camaronero y atunero con las adaptaciones propias para esta pesquería. Actualmente se tiene un registro de 48 embarcaciones con permiso de pesca comercial de pez espada y algunas de tiburón que capturan incidentalemente pez espada, de éstas, operan de manera regular alrededor de 23 embarcaciones en promedio durante los últimos diez años. (Delegación Federal B.C.).

De acuerdo a la información disponible registrada durante el periodo de 1994-1996, se obtuvo una CPUE promedio de 882.16 kg. por viaje de pesca y 71.82 kg. por día de viaje. Es un estimado muy grueso pues se desconoce el número de lances efectivos de pesca, actualmente se estan subiendo observadores a bordo de estas embarcaciones agalleras con la finalidad de actualizar y de obtener mayor información sobre esta pesquería.

La información registrada por la Delegación Federal en Baja California durante los últimos 10 años, indican una captura promedio por barco de 15.3 t y de una captura promedio por viaje de 2.73 t del total de la flota gallera y palangrera. Esto indica que la CPUE de la flota palangrera es mayor con respecto a la flota de redes agalleras. (Fig. 7).

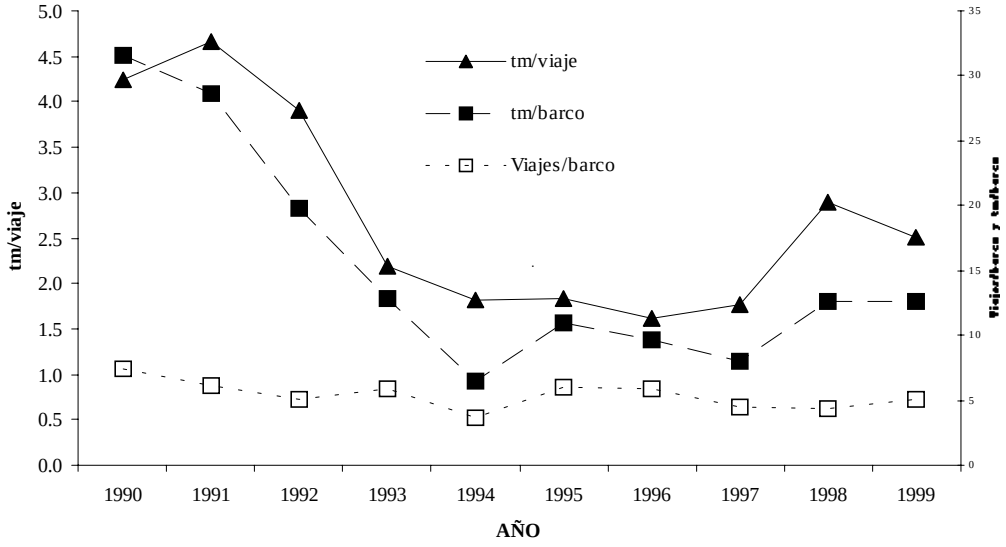


Fig. 7. Captura por unidad de esfuerzo de pez espada (1996: datos preliminares enero-junio). Flota agallera mexicana.

La incertidumbre en el monto del esfuerzo pesquero y de las capturas totales, aunado al desconocimiento de su composición específica relativa, impide la estimación de la mortalidad por pesca causada al grupo de especies que integran la porción mayoritaria de las capturas y consecuentemente se dificulta evaluar el impacto ecológico sobre sus poblaciones.

- Pesca deportiva

Se estima que la captura mexicana deportivo-recreativa está entre 39,000 y 89,000 peces picudos al año, de los cuales un alto porcentaje (80%) lo constituye el pez vela. El restante es marlin rayado, con pequeñas proporciones de marlin azul y ocasionalmente marlin negro (Joseph, 1981).

▼Pesca incidental

Información obtenida por el CRIP Mazatlán en muestreos de la flota deportiva en el periodo comprendido de 1984 a 1997 indica que el pez espada es una especie poco representativa en la actividad de pesca deportiva, alrededor de 0.1 % (Tabla 3).

Tabla 3. Captura de peces picudos y especies afines por la flota deportiva de Mazatlán, Sin. de 1984 a 1997.

Especies	Número	%	N/Viaje	N/1000 anzuelos
Marlin Rayado *(Tetrapterus audax)*	10,222	8.17	0.14	36.49
Marlin Azul *(Makaira nigricans)*	2,133	1.70	0.03	7.61
Marlin Negro *(Makaira indica)*	54	0.04	0.0007	0.91
Pez Vela *(Istiophorus platypterus)*	54,778	43.81	0.78	195.6
Pez Espada *(Xiphias gladius)*	127	0.10	0.001	0.45
Dorado *(Coryphaena hippurus)*	17,472	13.97	0.24	62.38
Atún Aleta Amarilla *(Tunnus albacares)*	34,248	27.39	0.48	122.27
Tiburón	6,000	4.79	0.08	21.42

Sosa *et al.* (1992) reportan información preliminar sobre la pesquería agallera de México e indican que la captura está dominada en un 88% por tiburones, especies varias sin importancia comercial, pez sol y atunes, contribuyendo el pez espada con 12%. Actualmente el Instituto Nacional de la Pesca esta llevando a cabo un estudio sobre la selectividad del arte de pesca, tanto el palangre como la red agallera, a través de un programa de observadores a bordo en la flota comercial con la finalidad de contribuir en el conocimiento de la composición de las capturas en la pesquería mexicana.

En México la pesquería agallera esta dominada en un 88% por tiburones, especies varias sin importancia comercial, pez sol y atunes; el pez espada contribuye con 12%

En la *figura 8* se muestra la composición relativa de las capturas mexicanas en los años recientes, agrupadas en tres categorías principales para la flota agallera y en la *figura 9* se presenta la composición de la captura durante 1998-2000 para la flota palngrera a partir de la información registrado por los observadores a bordo de estas embarcaciones.

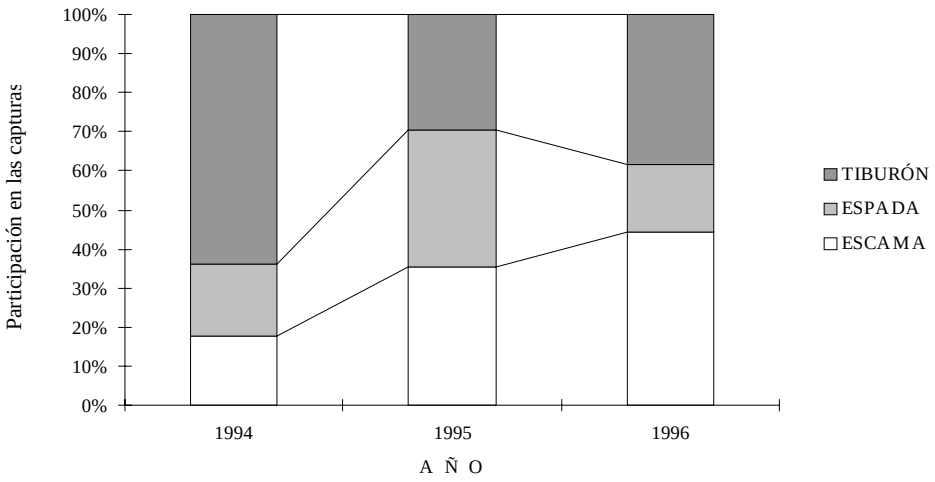


Fig. 8. Composición relativa de las capturas de pez espada , agrupadas en tres categorías principales (1996: datos preliminares enero-junio). Flota agallera mexicana.

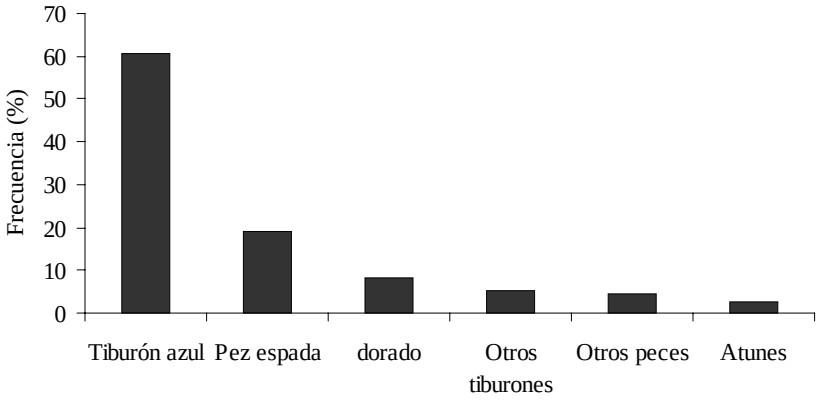


Fig. 9. Composición de la captura durante 1998-2000, por la flota palngrera.

En las capturas de las redes agalleras de deriva predominan los tiburones oceánicos, de los que se sabe poco respecto a la condición que guardan sus poblaciones. A nivel mundial las pesquerías de tiburones han mostrado ser frágiles (Compagno, 1990). Existen ejemplos de las formas en que las redes agalleras de deriva pueden afectar a los stocks de tiburones. La mayoría de los tiburones makos y zorros capturados en el sur de California eran juveniles y la talla media de estos últimos disminuyó 21% entre 1982 y 1991. El tiburón azul formaba parte de las capturas, pero al ser descartado en el mar sin registrarlo en las bitácoras, se ignora cuál haya sido su mortalidad por pesca (Hanan *et al.*, 1993).

La red agallera de deriva, al ser un arte de pesca pasivo que opera interceptando el paso de las especies que captura, presenta el riesgo potencial de causar lo que se denomina "pesca fantasma", ya que las redes extraviadas o fragmentos de ellas tienen la capacidad de continuar capturando por un tiempo indeterminado, mientras permanezcan en la columna de agua.

▼*Pesca incidental*

El pez espada es considerado como una especie capturada de manera incidental en las actividades de pesca de palangre asociado a otros recursos como el tiburón.

Se considera al pez espada como una especie incidental en la pesca palangrera asociada a recursos como el tiburón. La flota agallera mexicana obtiene una pesca incidental de marlin, de la cual se desconoce su proporción

La pesquería con redes agalleras en California, cuyas capturas están integradas fundamentalmente por tiburones y pez espada, ha presentado una incidencia anual media de 550 marlines rayados y proporciones imprecisas de marlin negro (Hanan *et al.*, 1993).

La flota agallera mexicana que opera frente a la costa occidental de la península de Baja California, obtiene una captura incidental desconocida de marlines (Squire y Muhlia, 1992). Las estimaciones al respecto establecen que la captura total se compone de tiburones (25%), especies varias sin importancia comercial (25%), pez sol (*Mola* sp., 19%), atunes (*Thunnus* sp, 19%) y el restante 12% corresponde al pez espada, que es la especie objetivo de esta pesquería (Sosa *et al.*, 1992).

▼*Interacción con otras pesquerías*

Las redes agalleras de deriva causan un impacto de mayor o menor escala sobre las poblaciones de mamíferos y tortugas marinas presentes en las zonas de pesca.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Toda la captura de pez espada obtenida por la flota mexicana es exportada hacia E. U., particularmente el estado de California, donde es considerado un platillo de lujo. Pequeñas cantidades de la captura no pueden ser introducidas al mercado de exportación por tener una pobre calidad o por estar golpeado o dañado y son colocados en el mercado local del puerto de Ensenada.

La pesquería de pelágicos mayores con palangre de superficie, entre los que desatacan el pez espada y los túnidos, tiene un impacto social y económico importante en ambos litorales del país, siendo de particular relevancia, para las comunidades costeras y los puertos pesqueros localizados en el occidente de la península de Baja California. (CANAIPESCA, com. pers.).

En el caso de los puertos de El Sauzal, B. C. y San Carlos, B.C.S., la operación de la flota pesquera dedicada a la captura de pelágicos mayores (pez espada y túnidos), genera la mayor parte de los puestos de trabajo a bordo de barcos pesqueros y los mejor remunerados. Así mismo, sostiene empleos en tierra, en las áreas de reparaciones navales (astilleros), mecánica, electrónica, hidráulica, administración, transporte y venta de insumos asociados directamente a la operación de los barcos y en la comercialización de sus capturas.

Se estima que la pesquería de pez espada y túnidos con palangre superficie en Baja California, genera 3,500 empleos, alcanzando en el contexto nacional del orden de diez mil empleos. (CANAIPESCA, com. pers.).

Los mayores costos asociados a la pesquería son salarios de la tripulación, que alcanzan alrededor de un tercio de los gastos de operación , además del alto costo del combustible que alcanza aproximadamente el 11% de gasto.

La pesquería de pez espada y túnidos con palangre de superficie, contribuye a la generación de divisas.

Actualmente las ventas de pez espada en el mercado internacional representan ingresos estimados en quince millones de dólares.

▼*Procesamiento*

La captura de pez espada obtenida por la flota mexicana es procesada a bordo. Al momento de ser puesta en cubierta, se corta el pico, aletas y cola, se eviscera inmediatamente y el cuerpo o "troncho" se coloca en hielo y es guardado en la bodega del barco. Una vez en puerto la captura es desembarcada y enviada a la brevedad posible al mercado norteamericano.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El Gobierno de México restringió en 1983 el uso del palangre en el Océano Pacífico, al decretar la exclusividad de la pesca de picudos a las actividades de pesca deportiva, dentro de una franja costera de 50 millas, vigente hasta la fecha. Ello provocó el inicio de una nueva pesquería de pez espada utilizando como arte de pesca la red agallera de deriva.

Con la implementación de la NOM-017-PESC-1994 de pesca deportiva, se limita esta actividad cambiando su arte de pesca a redes de deriva las cuales son utilizadas hasta ahora. Existe un sólo permiso para una embarcación palangrera para la pesca de tiburón y escama desde 1994, la cual ha llevado observador científico a bordo de sus viajes de pesca. La información obtenida indica una composición de especies en la captura de 98% tiburón, 0.3 atún, 0.1marlin, 0.1 espada, 0.3 dorado y 0.4% otras especies.

En 1983 el Gobierno mexicano decreto como exclusiva a las actividades deportivas la pesca de picudos, dentro de una franja costera de 50 millas, restringiéndose el uso del palangre, es por ello que se inició una nueva pesquería utilizando como arte de pesca la red agallera de deriva

Las especies reservadas a la pesca deportiva, incluyendo las conocidas como "picudos" (marlín, pez vela, sábalo o chiro, gallo, pez espada y dorado), han sido reguladas por la Ley para el fomento de la pesca desde 1972 la cual establecía: "…La pesca se considera deportiva cuando se practica con fines de esparcimiento y sin propósito de lucro, con los implementos y características previamente autorizadas por la Secretaría de Pesca.

Quedan reservadas a la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas náuticas a lo largo de la línea de base desde la cual se mide el Mar Territorial, la captura de estas especies. La captura incidental de estas especies dentro de esta franja, realizada con motivo de la pesca comercial, será regulada por la citada Secretaría de Pesca, en tanto se expide el Reglamento respectivo.

Para la explotación óptima de las especies enlistadas se podrá autorizar exclusivamente a flotas de bandera mexicana, su captura comercial o deportiva, fuera de la franja a que se refiere el párrafo anterior, siempre que se disponga de un volumen adecuado de tales especies para la pesca deportiva ".

Esta disposición sno prohibía la práctica de la pesca comercial en la zona de pesca reservada a la pesca deportiva, aunque de froma incidental la captura de picudos.

En 1984 se expidió en el "Reglamento del Art. 10 de la Ley Federal para el fomento de la pesca, en lo relativo a la captura incidental de especies reservadas a la pesca deportiva, realizada con motivo de la pesca comercial", cuyos objetivos primordiales eran:

1) Para considerar que la captura de "Picudos" en la pesquería comercial ocurría de manera fortuita, era necesario que ésta se realizara con la concesión, permiso o autorización para ejecutar legalmente la actividad pesquera, además de ejecutarla en las zonas, épocas y artes correspondientes determinadas por la Secretaría de Pesca
2) La prohibición dentro de la zona reservada a la pesca deportiva (50 millas) del uso redes agalleras de más de 2000 metros de largo, así como del palangre de deriva o línea larga
3) Que la captura de las especies reservadas no excediera su rendimiento máximo sostenible
4) Que los titulares de concesiones, permisos o autorizaciones informaran a la Secretaría, la captura de dichas especies
5) Que las especies reservadas capturadas incidentalmente, sólo podrían venderse a dependencias o entidades públicas, salvo que éstas no quisieran adquirirlas o no operaran en el puerto de descarga.

La disposición jurídica sobre la exclusividad de los picudos a la pesca deportiva, provocó un atraso en materia de investigación debido a que no podía realizar pesca de fomento en la franja de 50 millas

Para 1986, con la promulgación de la Ley de Pesca, el lineamiento jurídico para los "picudos" fue más rígido. En dicha Ley se establecía la exclusividad de la pesca deportiva sobre los picudos en la franja de 50 millas y se permitía expresamente la posibilidad de aprovecharlos comercialmente fuera de la zona exclusiva otorgada a la pesca deportiva, siempre que se dispusiera de un volumen adecuado de tales especies para la deportiva.

Esta disposición causó un atraso en materia de investigación debido a que durante este periodo no se podía realizar pesca de fomento en dicha zona.

La ley de Pesca vigente desde 1992 conservó la idea de reservar una zona (franja de 50 millas) para la práctica de la pesca deportiva, otorgando la posibilidad de realizar pesca de fomento sobre dichas especies (picudos).

Por primera vez no se incluyó a las especies reservadas a la deportiva, con la intención de que, derivado de las investigaciones que al efecto se tuvieran, el Ejecutivo Federal, decidiera cuáles especies (con base en abundancia) podrían soportar los dos tipos de pesquerías (comercial y deportiva). La comercial sobre picudos se tendría que realizar fuera de la zona de pesca reservada, y en la ley vigente, no se prohibe realizar pesca comercial de picudos fuera de la zona de pesca deportiva.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

El pez espada, como otras especies pelágicos altamente migratorios, requiere para su evaluación de una integración de la información obtenida por las diversas flotas que realizan operaciones de pesca sobre esta especie en el Océano Pacífico

Desde 1995 se ha manifestado la necesidad de crear un grupo de trabajo internacional con la finalidad de llevar a cabo la evaluación del stock de pez espada, así como la implementación de medidas de administración y manejo.

El pez espada requiere para su evaluación de integrar la información obtenida por las diversas flotas que realizan operaciones de pesca en el Océano Pacífico

De los análisis cuantitativos de esta pesquería, destacan el ADAPT (Conser, 1999) que es un modelo derivado del análisis de poblaciones virtuales (VPA), sustentado en la estructura de edad para estimar el tamaño histórico del stock. Su aplicación para el pez espada del océano Pacífico no ha dado los resultados esperados debido a la información insuficiente.

Otro programa utilizado por Yokoyama (1999) es el ASPIC, un modelo logístico de producción excedente para poblaciones en no equilibrio. Se aplicó para tratar de estandarizar los datos de CPUE de la flota palangrera japonesa y la

captura total de pez espada reportada en las bitácoras de las flotas japonesa y de Estados Unidos, así como los datos proporcionados por la FAO. Los resultados obtenidos indican que la biomasa permanece arriba del nivel asociado con el rendimiento máximo sostenible.

Hasta ahora, no existe un modelo que refleje la condición actual del stock de pez espada en el OPO. Hace dos decádas se señaló que la captura potencial de esta especie era de 2,300 t/año, sin embargo, se considera necesario actualizar esta estimación

Hinton y Deriso (1998), aplicando un modelo de evaluación de stock con retraso (Hilborn y Walters, 1992), realizaron un análisis de la distribución y evaluación del recurso de pez espada en el océano Pacífico Oriental (OPO), a partir de datos de captura y esfuerzo estandarizados, incluyendo parámetros biológicos y ambientales. Obtuvieroen un estimado de rendimiento máximo sostenible de alrededor de 8,400 t y un esfuerzo óptimo de $156x10^7$ anzuelos promedio, aunque el modelo no diferencia los movimientos migratorios dentro o fuera del OPO.

Otro análisis utilizando dos tipos de modelos de producción, incluyendo reclutamiento y mortalidad natural, se aplicó de manera combinada a los datos de captura y esfuerzo de las flotas japonesa y hawaiana (Kleiber, 1999). En ambos casos no se pudo obtener el ajuste deseado de los datos, implicando diferencias de abundancia, recuperación de la población y tasa de explotación, siendo estos resultados inconclusos.

No existe hasta ahora un modelo que refleje la condición actual del stock de pez espada en el océano Pacífico. En un estudio de hace dos décadas (Joseph, 1981) se concluyó que la captura potencial de pez espada en el OPO era de 2,300 t/año. Sin embargo, es necesario actualizar la estimación.

Asumiendo que la estandarización de la CPUE de la flota palangrera japonesa es un reflejo de la abundancia de pez espada, se considera que este análisis es consistente con una tasa de explotación baja como se indica en las estimaciones históricas desde 1952 a 1997. No obstante, es necesario desarrollar un programa multilateral para la discusión de la disponibilidad y calidad de los datos existentes, ya que cualquier modelo de evaluación requiere de un mínimo de información para su aplicación incluyendo parámetros ambientales que hagan más robusto la evaluación de este recurso.

PERSPECTIVAS:

1. En el caso del pez espada que se captura en California, aprovechando la corrida migratoria de sur a norte que viene hacia la costa occidental de Baja California y California, E. U. no es aprovechado por la pequeña flota mexicana que tiene que alejarse más de 50 millas de la línea de costa. El rango de distribución de mayores abundancias del pez espada dentro de aguas mexicanas se limita a la costa occidental de la península de Baja California, sitio donde no se encuentran grandes desarrollos turísticos con demanda de pesca deportiva.

2. De acuerdo a estudios presentados ante el Comité Interino de Estadísticas, en reunión realizada en febrero pasado en Hawaii, el recurso pez espada parece estar en buen estado.

3. Se debe investigar la posibilidad que las pesquerías comercial y deportiva pudieran coexistir si se realizan de manera controlada y sustentada en la información científica.

Los estudios presentados en el Comité Interino de Estadísticas, señalan que el recurso pez espada parece estar en buen estado. Se debe investigar la posibilidad de que las pesquerías comercial y deportiva coexistan de manera controlada y sustentada en información científica

CAMPOS DE COLABORACIÓN

El INP se encuentra desarrollando un proyecto de investigación de la pesquería de pez espada basada en Ensenada, B.C. El objetivo general es incrementar la base de conocimiento sobre selectividad, reproducción, fauna acompañante, abundancia y distribución. Es estudio es financiado parcialmente por la CANAINPESCA, y se prevé la participación de investigadores del CICESE y de otras entidades.

REFERENCIAS

Anónimo. 1980. Annual report of effort and catch statistics by area on Japanese tuna longline fishery. Res. Dep. Fish. Agency Jpn., 242 p.

Anónimo. 1981. Draft-fishery management plan for Pacific coast billfish and oceanic shark fisheries. Pac. Fish. Mgmt. Cons., September 1981.

Barbieri, M.A., C.Canales, V. Correa, M. Donoso, A. Gonzalez Casanga, B. Leiva, A. Montiel & E. Yañez. 1998. Development and present state of the swordfish *Xiphias gladius*, fishery in Chile. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:1-10.

Bartoo, N.W. & A.L. Coan Jr. 1989. An assessment of the Pacific swordfish resource. *En*: Stroud, R.H. (ed.) . Planning the future of billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988. Fishery and stock synopses, Data Needs an Management. Part 1: 61-80.

Bedford, D.W. & F.B. Hagerman. 1983. The billfish fishery resource of the California current. Cal. Coop. Ocean. Fish. Inves. Rep. 24:70-78.

Carey, F.G. 1990. Further acoustic telemetry observations of swordfish. *En*: Stroud, R.H. (ed.) . Planning the future of billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988. Fishery and stock synopses, Data Needs an Management. Part 2:103-122.

Carol, A. R. & B. A. Blcok. 2000. Genetic population sibdivision revealed in Pacific swordfish. Abstract 80th Annual Meeting of the American Society of Ichthyologist and Herpetologists. La Paz, BCS, Mexico, June 14-20, 2000.

Castro Longoria, R. & O. Sosa-Nishizaki. 1998. Age determination of swordfish, *Xiphias gladius*, from waters off Baja California, México, using anal fin rays and otoliths . *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:231-239.

Castro Longoria, R., J.M. Grijalva C. & O. Sosa-Nishizaki. 1995. Evaluación biológica del recurso pesquero pez espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico Mexicano. Cicese/Universidad de Sonora. (inédito).

Coan Jr., A.L., M. Vojkovich & D. Perescott. 1998. The California harpoon fishery for swordfish, *Xiphias gladius. En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:37-49.

Compagno, L.J.V. 1990. Shark exploitation and conservation. *En*: Pratt, H. L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds.). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematic, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90.

Conser, R. J. 1999. ADAPT: a practical modelling framework for fisheries stock assesment. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:93-102.

Deriso, R.B. & M. G. Hinton. 1999. Delay-Difference Stock-Assesment Model: Application to Swordfish. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:113-114.

Di Nardo, D.T. & W. Kwok, 1998. Spatiotemporal dynamics of swordfish, *Xiphias gladius*, landings in the Hawaii-based North Pacific longline fishery. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:51-64.

FAO, 2000. Fisheries Statistics.

Grijalva-Chon, J.M., K. Numachi, O. Sosa-Nishizaki & J. de la Rosa-Vélez. 1994. Mitochondrial DNA analysis of North Pacific swordfish *Xiphias gladius* population structure. Mar. Ecol. Prog. Ser. 115: 15-19.

Grijalva-Chon, J.M., J. De la Rosa-Vélez & O. Sosa-Nishizaki. 1999. Allozyma variability in two samples of swordfish, *Xiphias gladius*, in the north Pacific Ocean. Fish. Bull. 94:589-594.

Hampton J. & D. Fournier. 1999. MULTIFAN CL: a Length-Based, Statistical, Age-Structure Model for Fish Stock Assesment. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:115-134.

Hanan, D.A., D.B. Holts & A.L. Coan, Jr. 1993. The California drift gill net fishery for sharks and swordfish, 1981-82 through 1990-91. Fish Bull.175:95.

Hilborn, R. & C.J. Walters 1992. Quantitative fisheries stock assesment: choice, dynamics and uncertainty. Chapman an Hall, New York.

Hinton, M.G. & R. B. Deriso. 1998. Distribution and Stock Assesment of Swordfish, *Xiphias gladius* in the eastern Pacific ocean from catch and effort data standardized on biological and environmental parameters. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:161-180.

Holts, D. 1995. 1995 billfish newsletter. NOAA, NMFS. SWFSC.

Holts D. & O. Sosa-Nishizaki. 1998. Swordfish *Xiphias gladius,* fisheries of the eastern north Pacific ocean. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:65-76.

Ito R.S., R. A. Dollar & K. E. Kawamoto. 1998. The Hawaian-based longline fishery for swordfish, *Xiphias gladius. En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:77-88.

Joseph, J.1972. A review of the longline fishery of billfish in the eastern Pacific Ocean. Proc. Int. Billfish Symp.

Joseph, J. 1981. Report on the development of a Mexican longline fishery. Int. Am. Trop. Tuna Comm., (inédito).

Kleiber, P. & N. Bartoo. 1998. Standardizing Swordfish, *Xiphias gladius*, longline catch per unit of effort using general additive models. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:181-194.

Kleiber, P. 1999a. Critique of assesment methods and models; identification of data collection and research needs. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:201-208.

Kleiber, P. 1999b. Very preliminary north Pacific swordfish assessment. Second meeting Interin Scientific Commite. Swordfish Working Group. January 15-16, 1999, Honolulu, Hawaii, USA. (inédito)

Klett-Traulsen, A., G. Ponce Díaz & S. Ortega García. 1996. Pesquería deportivo-recreativa. *En:* Casas Valdéz M. & G. Ponce Díaz (eds.). Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja Califronia Sur. CIBNOR, La Paz BCS. México.

Kume, S., and J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfishes caught by the Japanese longline fishery in the eastern Pacific Ocean east of 130oW, 1964-1966. Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab. 2:115-162.

Markaida U. & O. Sosa-Nishisaki. 1998. Food and feeding habitats of swordfish, *Xiphias gladius* L., off western Baja California. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:245-257.

Miyabe, N. & W.H. Bayliff. 1987. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1971-1980. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 19(1):1-163.

Nakamura, I. 1985. Billfishes of the world: an annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. FAO Fish. Synop. 125(5):1- 65.

Nakano,H. & W. Bayliff. 1990. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1981-1987. Inter. Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 20(5).

Nakano, H. 1998. Stock Status of Swordfish, *Xiphias gladius I*nferred from CPUE of the Japanese longline Ffeet standardized using general linear models. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:195-210.

Prager M.H. 1999. ASPIC: a Flexible Non equilibrium implementation of the logistic surplus.production model. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:103-112.

Sakagawa, G. T. 1989. Trends in fisheries for swordfish in the Pacific Ocean. *En*: Stroud, R.H. (ed.) . Planning the future of billfishes: Research and Management in the 90s and Beyond. Proceedings of the Second International billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988. Fishery and stock synopses, Data Needs an Management. Part 1: 61-80.

Sakagawa, G.T.1998. Supply of swordfish, (*Xiphias gladius*), for the United States consumer market. Abstracts of the International Symposium on Pacific Swordfish. Ensenada, B.C. México. December 11-14, 1994.

Sosa N., O., R. De la Rosa P., R. Castro L., J.M. Grijalva C. & J. De la Rosa V. 1992. Estudio biológico pesquero del pez espada (*Xiphias gladius*) y otras especies de picudos (marlins y pez vela). Reporte anual CICESE-CANAINPES. Ensenada, B.C. México. (inédito).

Squire, J.L. & A.F. Muhlia M. 1992. A review of striped marlin (*Tetrapturus audax*), swordfish (*Xiphias gladius*), and sailfish (*Istiophorus platypterus*) fisheries and resource management by México and the United States in the northeast Pacific Ocean. NMFS Administrative Report LJ-92-36:1-43.

Squire, J.L. & D. Au. 1990. Management of striped marlin (*Tetrapturus audax*) resources in the northeast Pacific- a case for local depletion and core area management. Proc. Int. Billfish Symp., Part II, Kailua-Kona, HI, Aug. 1-5, 1988.

Stroud, R.H. (ed.). 1989. Planning the Future of Billfishes: Research and Management in the 90`s and Beyond. Proceedings of the Second International Billfish Symposium, Hawaii, August 1-5, 1988. National Caolition for Marine Conservation, Savannah, Georgia.

Ulloa-Ramírez P.A., L. V. González-Ania & P. Arenas F. 1999 Swordfish fishery in México (1987-1996). Development alternatives. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:9-18.

Uozumi Y. & K. Uosaki.1998. Review of the Japanese swordfish, *Xiphias gladius*, fisheries in the Pacific Ocean. *En:* Barrett, I., O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and Fisheries of Swordfish *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. 142:133-148.

Uozumi, Y. & K. Yokawa. 1999. Japanese Swordfish in the Pacific Ocean. *En:* DiNardo, G. T. (ed.). Proc. 2nd Inter. Pacific Swordfish Symp. NOAA-TM-NMFS-SWFSC-263:3-8.

Weber, E. C. & S.R. Goldberg. 1986. The sex ratio and gonad indices of swordfish, *Xiphias gladius,* caught off the coast of Southern California in 1978. Fish. Bull. 84(1): 185-186.

Yokoyama, K. 1999. Standardized catch rate for swordfish caugth by Japanese longliner in the North Pacific and the tentative trial of production model. Second meeting Interin Scientific Commite. Swordfish Working Group. January 15-16, 1999, Honolulu, Hawaii, USA.

picudos
picudos
rayado
picudos
marlin
rayado
rayado
marlin
pacifico
marlin
marlin
rayado
marlin
rayado
rayado
marlin
pacifico

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA MARLIN RAYADO DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Pez marlin rayado *(Tetrapturus audax)*

- Es una especie altamente migratoria que se distribuye ampliamente en todos los mares tropicales y subtropicales del mundo.
- Se encuentra en zonas de alta concentración localizadas dentro de la ZEE de México, principalmente al sur de Los Cabos y desembocadura del Golfo de California.
- La pesca se realiza con curricán en las actividades de pesca deportiva y de manera incidental con palangre.
- **Es la especie más buscada por su tamaño y fuerza que presenta en la actividad de la pesca deportiva.**

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- No se tiene un registro de las capturas por ser una especie reservada a la pesca deportiva.

EFECTOS ENSO 97-98

- Es una especie muy susceptible a cambios ambientales particularmente al fenómeno del niño.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se utilizó el modelo determinístico dinámico de biomasa de Schaefer modificado por Holborn y Walters (1992) en su forma discreta.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechamiento al máximo.

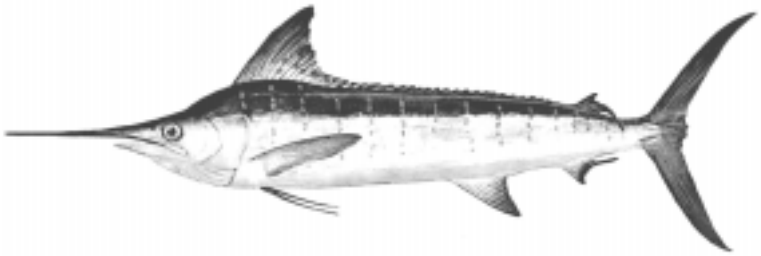
MEDIDAS DE MANEJO

- Especie reservada a la pesca deportiva dentro de la franja costera de 50 millas a partir de la línea de costa. Además disposiciones de pesca deportiva en la NOM-017-PESC-1994.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

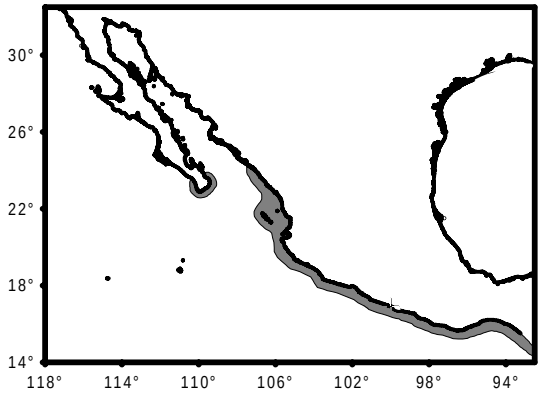
- Proteger a las especies de importancia de pesca deportiva y sus áreas de reproducción particularmente el sur de Los Cabos BCS.

Marlin rayado del Océano Pacífico



Tetrapturus audax

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

El aprovechamiento comercial del marlin rayado se inició como un producto incidental de la pesca de túnidos con palangre de deriva, por la flota de pesca oceánica del Japón. A principios de los años 50, la flota palangrera japonesa expandió progresivamente sus operaciones hacia el Pacífico oriental, abarcando la totalidad de la actual Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano (ZEE-PM), en 1964. Las actividades de la flota japonesa en el Pacífico oriental resultaron en un aumento considerable de la captura de peces de pico. El pez vela y el marlin rayado contribuyeron con la mayor parte de las capturas obtenidas en esta región del océano (Howard y Ueyanagi, 1965).

Más del 70% de la producción comercial de marlin rayado ha sido obtenida por la flota japonesa, aunque otros países como Corea y China mantienen flotas de ultramar, que utilizan el recurso en áreas específicas del Océano Pacífico. La producción de marlin rayado en el océano Pacífico alcanzó su máximo histórico en 1968, con una captura de 27,143 t. La captura mantuvo niveles por encima de las 20 mil t anuales de 1969 a 1971, pero disminuyó por debajo de dicho nivel, a partir de 1972. De 1980 a 1990, las descargas anuales de marlin rayado fluctuaron entre las 12,600 y 18,300 t (FAO 1992). En el Pacífico oriental, la captura también alcanzó su máximo histórico en 1968, promediando 5,367 t durante la década de los 70's, y 3,369 t, durante los años 80 (Uosaki y Bayliff, 1999). De acuerdo con avisos de arribo de la flota palangrera mexicana (1980-87), la captura desembarcada de marlin rayado promedió 1,383 t anuales. Las cifras anteriores indican que en el Pacífico oriental se pescó el 35% de la captura de todo el Pacífico, mientras que en la captura obtenida en la ZEE del Pacífico mexicano alcanzó el 40% de la captura generada en el Pacífico oriental.

Más del 70% de la producción comercial de marlin rayado ha sido obtenida por la flota japonesa, aunque otros países como Corea y China mantienen flotas de ultramar, que utilizan el recurso en áreas específicas del Océano Pacífico

Al tipo de cambio actual, el valor de la producción media anual de marlin rayado en la ZEE-PM, ascendería a poco más de 10 millones de dólares, si fuera comercializada en el mercado japonés

De acuerdo con Uosaki y Bayliff (1999), los precios por kilogramo de marlin rayado congelado, en los principales puertos de descarga del Japón, aumentaron de ¥240 en 1967 a un máximo ¥1,106 en 1984, siendo superado sólo por los precios del patudo (*Thunnus obesus*) y el pez espada (*Xiphias gladius*). De 1980 a 1993, el precio por kilogramo promedió ¥804. Al tipo de cambio actual, el valor de la producción media anual de marlin rayado en la ZEE-PM, ascendería a poco más de 10 millones de dólares, si fuera comercializada en el mercado japonés.

De manera simultánea al proceso de expansión de la flota palangrera japonesa hacia el Pacífico oriental, el desarrollo económico de la postguerra propició el despegue del turismo en México. Durante esos años, los puertos de Acapulco y Mazatlán se convirtieron en los principales polos de desarrollo turístico de nuestro país, y la pesca deportiva, en uno de sus principales atractivos. En la actualidad, el número de centros turísticos a lo largo del Pacífico mexicano se ha multiplicado, y en muchos de ellos (Acapulco e Ixtapa-Zihuatanejo, Gro., Puerto Vallarta, Jal., Mazatlán, Sin., San Carlos, Son., y la región de Los Cabos, B.C.S., entre otros), se registra una considerable actividad en la pesca deportiva.

Por su proximidad a zonas de alta densidad del recurso, los puertos ubicados a ambos lados de la boca del Golfo de California se encuentran en situación ventajosa para la pesca deportiva de marlin rayado. De 1990 a 1995, la captura en las áreas de Los Cabos y Buenavista, B.C.S., promedió 11,441 ejemplares anuales, con un intervalo de confianza de ±2,050 organismos (Klett-Traulsen *et al.,* 1996). Cuatro años después, y a causa de un incremento en las actividades de pesca deportiva, la estimación de la captura media anual en las áreas de Los Cabos y Buenavista, aumentó a 13,582 ±2,990 organismos. En la zona de Mazatlán, la captura registrada durante el periodo1979-98 promedió 1,093 ±469 peces anuales. En dicha zona, las capturas registran un descenso durante los 90's, atribuido a una disminución de la demanda turística local (Rodolfo Beltrán Pimienta INP-CRIP-Mazatlán, com. pers.).

Según datos de la Comisión Nacional Consultiva de Pesca, en 1989 la infraestructura turística destinada a servicios de pesca deportiva en el Pacífico mexicano estaba integrada por 24 Clubes y Asociaciones, 21 Sociedades Cooperativas de servicios turísticos, y 112 empresas, que operaban 817 embarcaciones de pesca deportiva. La derrama económica directa, generada por actividades de pesca deportiva en el litoral del Pacífico, se estimó en más de 34.5 millones de dólares anuales (Rodríguez de la Cruz y Presbitero-Ramírez, 1990). Por su parte, Ditton *et al.* (1996), en un estudio realizado en la región de Los Cabos seis años después, estimaron que en la región opera una flota deportiva de alquiler de 280 embarcaciones, que en 1995 realizaron 17,764 operaciones de pesca deportiva, generando una derrama económica directa de 54 millones de dólares.

BIOLOGÍA

El marlin rayado es una especie pelágica migratoria, que se caracteriza por su gran tamaño, y por presentar el maxilar superior extremadamente elongado, a manera de pico

El marlin rayado (*Tetrapturus audax* Philippi, 1887) es una especie pelágica migratoria, que se caracteriza por su gran tamaño, y por presentar el maxilar superior extremadamente elongado, a manera de pico. La clasificación taxonómica más aceptada lo ubica dentro del Orden Perciformes, Suborden Xiphioidei, y la Familia Istiophoridae (Ueyanagi y Wares, 1974; Nakamura, 1985). Son organismos generalmente solitarios, aunque prestadores de servicios de pesca deportiva de Cabo San Lucas, B.C.S., los han reportado formando cardúmenes de varias decenas de individuos. En su carácter de predadores de último nivel de la trama trófica, carecen de enemigos naturales en su etapa adulta (Fig. 1).

Su distribución se extiende a los océanos Pacífico e Indico, pero sus mayores concentraciones ocurren en el Pacífico (Fig. 2), entre los 40°N y 40°S, con una baja densidad entre los 10°N y los 5°S, y al Oeste a los 130°O (Howard y Ueyanagi, 1965). La distribución del recurso se caracteriza por presentar sensibles varia-

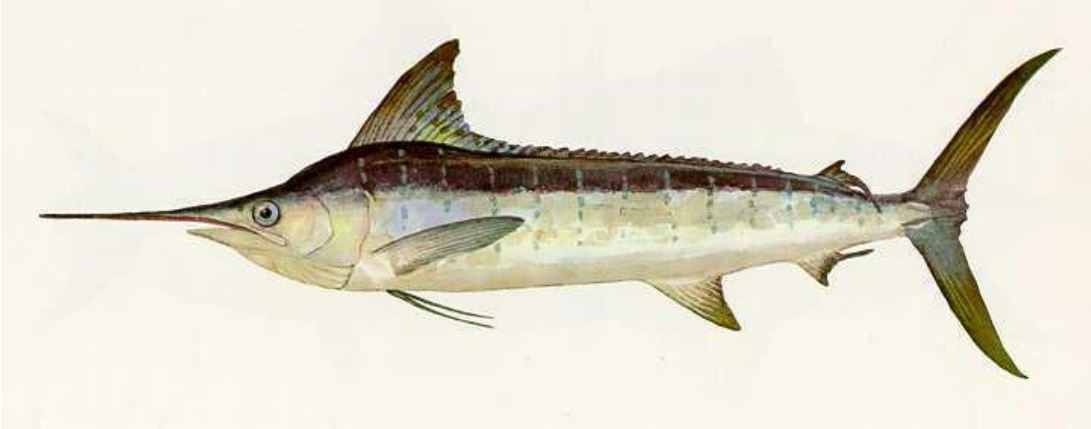


Fig. 1. Marlin Rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887). (Tomado de Joseph, Klawe & Murphy, 1986).

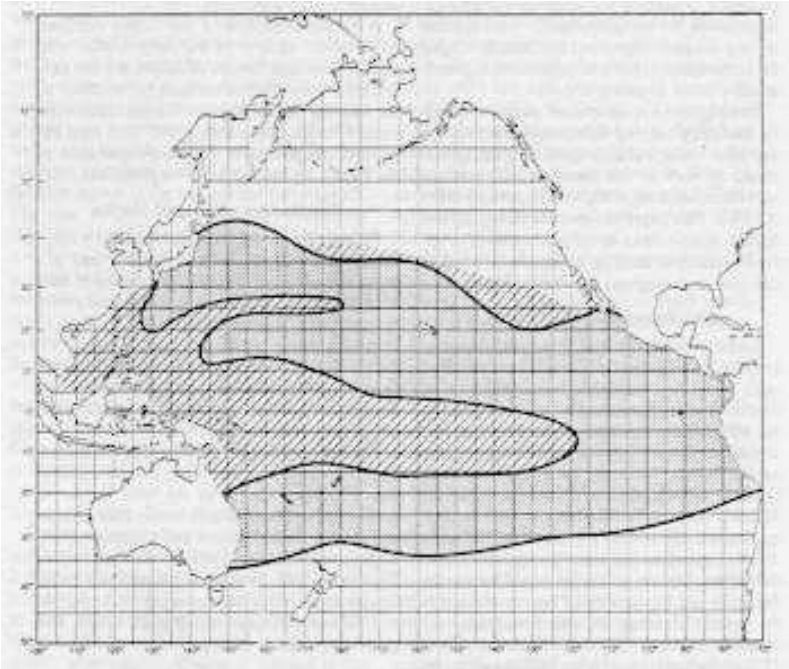


Fig. 2. Distribución de las áreas de pesca de marlin rayado, según registros de captura de la pesquería palangrera japonesa en el océano Pacífico (Nakamura, 1974). Las líneas diagonales representan áreas de baja densidad. (Tomado de Squire y Suzuki, 1990).

ciones de densidad, así como una distribución diferencial de tallas (Ueyanagi y Wares, 1974; Wares y Sakagawa, 1974; Squire y Suzuki, 1990). Los mismos autores reportaron diferencias en el número de radios de aletas dorsales y anales, así como divergencias entre algunas relaciones morfométricas en organismos del Pacífico oriental, sudoriental y occidental, indicando la posible existencia de dos o más poblaciones. Debido a la naturaleza clinal de dichas divergencias, no existe consenso en cuanto a los límites geográficos de dichos grupos poblacionales. Sin embargo, Graves y McDowell (1994) encontraron suficiente heterogeneidad genética entre muestras obtenidas del Pacífico mexicano, el Ecuador, Hawaii y el noreste de Australia, como para proponer la partición de la población en unidades administrativas discretas.

En el Pacífico occidental, las mayores capturas se obtienen en aguas delimitadas por las isotermas superficiales de 20° y 25° C, pero en el Pacífico oriental la distribución es continua entre los paralelos 30° N y S. En esta región del Pacífico, las áreas de mayor abundancia se han reportado al sur de la península de Baja California y las islas Revillagigedo, donde las temperaturas de verano pueden superar con facilidad los 25° C. En un contexto más localizado, se ha observado que una región de alta densidad situada alrededor de las islas Galápagos se expande hacia el este durante el cuarto y primer trimestre del año, alcanzando las costas de Ecuador. En forma análoga, la zona de alta densidad del Pacífico central mexicano registra un proceso de expansión hacia el oeste, del segundo al tercero, y una contracción durante el cuarto trimestre del año. De diciembre a marzo el recurso presenta su máxima concentración alrededor del extremo meridional de la península de Baja California (Howard y Ueyanagi, 1965; Kume y Joseph, 1969; Kume y Shaefer, 1966 citados por Ueyanagi y Wares, 1974). Hanamoto (1974) observó que el proceso de expansión y contracción de las áreas de alta densidad coincide con un proceso análogo observado para masas de agua caracterizadas por la baja profundidad de la termoclina.

Se ha observado que las existencias del Pacifico centro-norte, noroccidental y sudoccidental se componen de organismos jóvenes y viejos, mientras que las existencias del Pacífico oriental se caracterizan por organismos de tallas intermedias

Con base en el seguimiento de cambios modales en datos de frecuencias de longitud, se ha observado que los stocks del Pacifico centro-norte, noroccidental y sudoccidental se componen de organismos jóvenes y viejos, mientras que los del Pacífico oriental se caracterizan por la prevalencia de organismos de tallas intermedias. La corriente migratoria dominante hacia el Pacífico oriental, procede del Pacífico septentrional, y se alimenta de organismos jóvenes del Pacífico noroccidental y central, en un movimiento en el sentido de las manecillas del reloj (Squire y Suzuki, 1990). Sin embargo, los mismos autores, citando a Shiohama (1969), reportan un desplazamiento significativo de núcleos de alta CPUE, procedente del sudeste, del primero al segundo y del segundo al tercer trimestre del año. Dicho desplazamiento converge a la zona de alta concentración ubicada al sur de la península de Baja California, mencionada en el apartado anterior.

Las zonas y épocas de reproducción del marlin rayado han sido definidas con base en áreas de alta densidad de larvas (Ueyanagi, 1959, 1964; Jones y Kumaran, 1964; Nishikawa y Ueyanagi, 1969, citados por Ueyanagi y Wares, 1974). Estas han sido localizadas a lo largo de las franjas delimitadas por los paralelos 10° N y 30° S, pero al oeste de los 180° O, en el Pacífico noroccidental, y al oeste de los 130° O, en el Pacífico sudoccidental. Las larvas tienden a ser más abundantes en el Pacífico noroccidental a principios del verano, (máximos de mayo a junio), y en el Pacífico sudoccidental de noviembre a diciembre, indicando que la mayor actividad reproductiva sucede durante los veranos de cada hemisferio. La presencia de larvas parece estar limitada a temperaturas superiores a los 24° C. Por su parte, Squire y Suzuki (1990) suponen que los organismos jóvenes (larvas y juveniles) son arrastrados hacia el Oeste por la corriente norequatorial, y se incorporan, conforme van creciendo, a las existencias del Pacífico noroccidental y central meridional.

Aunque la distribución de larvas para el Pacífico oriental ha sido poco documentada, Ueyanagi (1964, citado por Ueyanagi y Wares, 1974) refiere que la ocurrencia estacional de larvas coincide con la presencia estacional de hembras maduras; Kume y Joseph (1969) reportaron la presencia de peces maduros al este de los 120° O, entre los 5° S y 20° N, mientras que Eldridge y Wares (1974) reportaron la presencia de hembras maduras en aguas aledañas a la península de Baja California. La talla de primera madurez se ha reportado entre los 180 y 200 cm de longitud mandibular o subfurcal (LSF), o los 140-160 cm de longitud postorbital u orbitofurcal (LOF).

La fecundidad del marlin rayado no ha sido determinada con precisión. Según registros citados por Ueyanagi y Wares (1974), Nakamura (1949) reportó una fecundidad total de 1.0 a 1.2 millones de huevos, mientras que Morrow (1964) la estimó en dos millones de huevecillos, en aguas de Nueva Zelanda. Merret (1971) reportó una fecundidad de 12 millones de huevos para un espécimen de 182 cm (LOF) y 126 libras de peso, obtenido en el océano Indico, mientras que Gosline y Brock (1960) estimaron 13.8 millones de huevecillos contenidos en un ejemplar de 154 libras capturado en aguas de Hawaii. Eldridge y Wares (1974) reportaron fecundida-

des entre 11 y 29 millones de huevecillos para tres ejemplares del Pacífico oriental, cuya longitud postorbital fluctuó entre los 150 y 180 cm.

Estudios realizados sobre el ciclo reproductivo del marlin rayado en el área de Los Cabos (Klett y Rodríguez, 1989), demuestran que el proceso de maduración se acelera sustancialmente a partir de abril y mayo, y alcanzan niveles máximos en agosto y septiembre, confirmando lo observado por Eldridge y Wares (1974). Ochoa-Báez *et al.* (1990) reportaron la detección de algunos folículos postovulatorios en gónadas colectadas durante los meses de septiembre y octubre, que sugieren reproducción en una zona cercana, pero a la vez fuera del alcance de la flota deportiva de la región. González-Armas *et al.* (1993; 1999) mediante estudios planctónicos, detectaron la presencia de larvas de marlin rayado en aguas cercanas a la costa del Pacífico central mexicano, confirmando la existencia de actividad reproductiva de la especie en la región.

De acuerdo con Ueyanagi y Wares (1974, citando a Evans y Wares, 1972), se ha observado una variabilidad considerable en la dieta preferencial del marlin rayado. En las áreas de Mazatlán y Baja California, las principales especies constitutivas de la dieta del marlin rayado son calamares, *Etrumeus teres*, *Fistularia* sp., *Scomber japonicus*, y *Argonauta* sp. Los hábitos alimenticios de la especie no parecen variar de acuerdo al sexo o talla, dentro del rango de tallas capturadas, pero sí de acuerdo con la localización geográfica y la estación del año. La variabilidad registrada refleja mas la disponibilidad local de presas potenciales, que una preferencia alimenticia. Ponce y Galván (1989) determinaron que el número de presas registradas como alimento del marlin rayado en el área de Los Cabos fue de 24 especies de peces, seis especies de calamar y una de crustáceo, indicando que los organismos estudiados se alimentaron tanto de organismos epipelágicos, como de fondo. Abitia (1992), por su parte, refiere que el marlin rayado se alimenta principalmente de sardina (*Sardinops caeruleus*) y macarela (*Scomber japonicus*), especies que representan el 68.8% y 53.66% del Indice de Importancia Relativa (IIR), y del índice porcentual del aporte energético, respectivamente.

Los hábitos alimenticios de la especie no parecen variar de acuerdo al sexo o talla, dentro del rango de tallas capturadas, pero sí de acuerdo con la localización geográfica y la estación del año

A causa de la distribución diferencial de tallas, el crecimiento del marlin rayado no ha podido ser estudiado de manera integral. Ueyanagi y Wares (1974) reportaron estudios realizados en las áreas de Hawaii (Royce, 1957), el Pacífico noroccidental (Koto, 1963), y Sudáfrica (Merret, 1971), basados en progresiones modales de longitud. Royce y Merret coincidieron al detectar cuatro clases modales de talla, mientras que Koto separó seis clases en intervalos de talla distintivos (Tabla 1). Las diferencias entre los autores disminuyen al tomar en consideración las longitudes de referencia utilizadas, y el hecho de que los estudios fueron realizados en regiones oceánicas y épocas distintas.

Tabla 1. Tasas de crecimiento de marlin rayado, reportadas por diversos autores.

Grupo de Talla	Royce (1957)/Merret (1971) Clase Modal (LOF)	Koto (1963) Intervalo (LSF)	Incremento
n	152 cm	100-120	?
n+1	167 cm	120-160	35 cm
n+2	177 cm	160-185	27 cm
n+3	197 cm	185-205	19 cm
n+4		205-220	16 cm
n+5		220-233	13 cm

Fuente: Royce (1957), Merret (1971), Koto (1963), fide Ueyangi y Wares (1974).

La talla de primera captura, según registros de la pesquería palangrera, es de 80 cm de longitud postorbital (Ueyangi y Wares, 1974), mientras que la talla máxima reportada corresponde a un ejemplar de 290 cm, y

258.6 kg de peso (Honma y Kamimura, 1958, citados por Ueyanagi Wares, 1974). De acuerdo con el patrón general de crecimiento propuesto por Koto, la edad teórica de un ejemplar de 290 cm LOF, podría alcanzar al menos 10 años y 259.5 kg de peso.

Ponce *et al.* (1991) analizaron la distribución de tallas obtenida de registros de taxidermia de 1977 a 1989, y de muestreos biológicos de la pesca deportiva en la región de Los Cabos, B.C.S., de 1987 a 1989. Por medio del método de Bhattacharya, determinaron la presencia de tres grupos modales (Tabla 2), con una talla mínima de 107.5 cm y una máxima de 222.5 cm de longitud postorbital (LOF), que fue obtenida mediante la relación $L_{OF}=1.3008+0.66393L_T$, donde L_T es la longitud total en los registros de taxidermia. El 96% de los valores quedaron incluidos en el segundo grupo modal.

Tabla 2. Grupos modales de longitud postorbital de marlin rayado, de 1977 a 1989.

Grupos Modales	Media	% de la Muestra
1	143.25	3.10 %
2	177.07	96.40 %
3	219.82	0.40 %

Fuente: Ponce Díaz *et al*. (1991)

Melo-Barrera (1998) estudió la edad y crecimiento del marlin rayado con base en datos de 1,030 ejemplares colectados de la pesca deportiva en Cabo San Lucas, B.C.S., de 1993 a 1998. Utilizando la cuarta espina dorsal, y la longitud mandibular (LSF) como unidad de medida, concluyó que las bandas de crecimiento tienen una periodicidad anual, y que las edades de los organismos colectados variaron entre dos y 11 años. La mayor parte de los organismos (67%) registraron 6, 7, y 8 marcas de crecimiento, siendo el grupo más frecuente, el que registró 7 marcas. Los parámetros de crecimiento estimados por tres métodos distintos (Ford-Walford, Beverton y Holt, y FISAT), variaron entre los valores siguientes: L_∞: (222.6 a 228.2 cm); K: (0.204 a 0.229/año); t_0: (-2.11 a -1.72/año). Sin embargo, las tallas observadas eran significativamente mayores que las retrocalculadas para grupos de edad determinados. Las tallas de los organismos fluctuaron entre los 160 y 280 cm de longitud mandibular o subfurcal (LSF). El 90% de los mismos registraron tallas entre los 190 y 230 cm. Las tallas máximas registradas superan con holgura el valor estimado de L_∞. El mismo autor describió el crecimiento en peso, en relación con la longitud, mediante la ecuación $P=0.00021L^{2.34}$. El exponente fue mayor en los machos (2.54) que en las hembras (2.48), pero la diferencia no fue estadísticamente significativa. Debido a que dichos exponentes fueron estadísticamente diferentes de 3, concluyó que el crecimiento es de tipo alométrico.

Wares y Sakagawa (1974), reportaron que los exponentes para la relación peso-longitud postorbital de una muestra de 1,982 organismos obtenidos de las áreas de Buenavista y Mazatlán, fueron 2.999, 3.113, y 3.071 para machos, hembras y sexos combinados, respectivamente. Para la relación peso-longitud mandibular, los respectivos exponentes fueron 2.903, 2.950, y 2.982. El rango de tallas varió de 110 a 215 cm de longitud postorbital, y de 153 a 271 cm de longitud mandibular. Ponce *et al.* (1991), con base en una muestra de 1,748 organismos, obtenida en Cabo San Lucas de 1987 a 1989, obtuvieron la ecuación $P=0.00009727L^{2.5682}$, donde L corresponde a la longitud postorbital.

De acuerdo con registros de más de 6,000 organismos obtenidos de 1987 a la actualidad (agosto 2000), en la pesca deportiva de las áreas de Los Cabos y Buenavista B.C.S., las tallas del marlin rayado varían entre los 136 y 257 cm (LSF), o entre 113 y 224 cm (LOF), con medias de 202.4 y 167.7 cm de LSF y LOF, respectivamente. El peso individual varió de 12 a 120 kg con media de 51.258 kg. En todos los casos la distribución adoptó una forma unimodal, y el intervalo de confianza de las medias estimadas ($P<0.05$), fue menor a la unidad (Fig. 3). No obstante lo anterior, las tallas y pesos medios anuales de captura han registrado variaciones significativas, caracterizadas por una tendencia creciente de 1985 a principios de los 90's, seguidas de un periodo con tendencia decreciente durante la primera mitad de la década mencionada (Fig. 4). La proporción de sexos presenta un ligero predominio de los machos (M:H=1:0.85), cuya incidencia

tiende a ser mayor durante el invierno y primavera, mientras que las hembras aumentan su presencia durante el verano y otoño. Aunque la muestra acumulada no registra diferencias significativas entre las tallas o pesos medios de hembras y machos, es común que las hembras tiendan a ser ligeramente más grandes que los machos, dentro de una misma temporada. No obstante, los machos tienden a ser más pesados que las hembras de la misma talla.

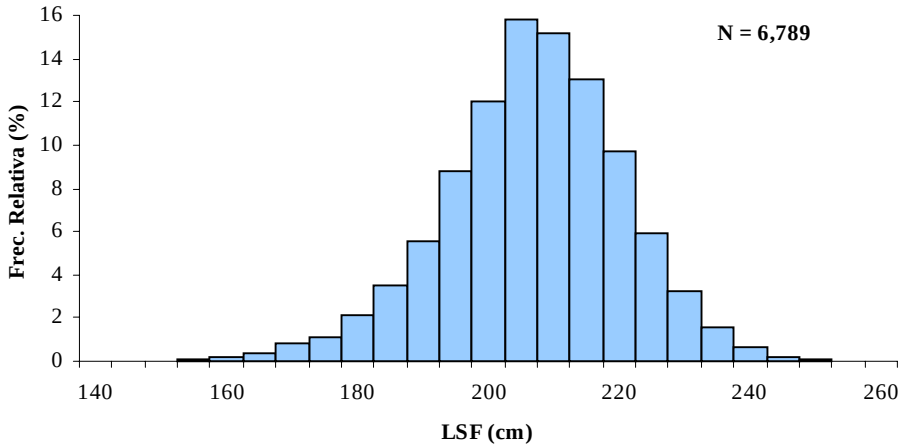


Fig. 3. Distribución de frecuencias de longitud mandibular (LSM) de marlin rayado, obtenidas de las zonas de Los Cabos, Buenavista, y La Paz, B.C.S., desde 1987.

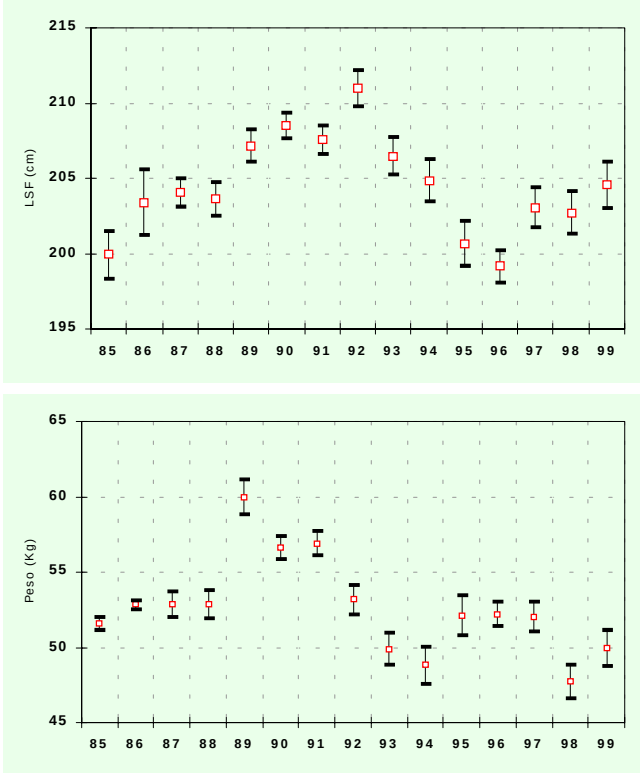


Fig. 4. Variación anual de tallas (a) y pesos (b) medios de marlin rayado, e intervalos de confianza respectivos, durante los años de 1985 a 1999.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La mayor parte de la pesca comercial de marlin rayado se realiza con palangre de deriva, diseñado específicamente para la pesca de túnidos y peces de pico. El arte de pesca es utilizado por embarcaciones de 50-100, 100-200, y más de 200 t brutas de registro. Típicamente, las embarcaciones japonesas que operan en el Pacífico oriental registran de 200 a 500 t, y utilizan configuraciones de 2000 a 2500 anzuelos por palangre (400 a 450 canastas), cuya longitud total puede superar 100 km. La carnada preferida es el pez saurio (*Cololabis saira*), pero también utilizan comúnmente calamar o macarela (Suda y Shaefer, 1965; Yoshida, 1966, citados por Ueyanagi y Wares, 1974). El palangre se subdivide en tramos o unidades operativas denominadas "canastas", unidas entre sí, que consisten de una línea principal o "línea madre", sostenida por boyas o flotadores, y de la cual penden líneas secundarias o "reinales", con anzuelos cebados. La configuración estructural del palangre varía según la especie objetivo y la profundidad de operación deseada, dependiendo su longitud total del número de canastas empatadas.

La mayor parte de las embarcaciones que participaron en la pesquería palangrera mexicana que operó en la ZEE del Pacífico mexicano, de 1980 a 1990, correspondieron a la máxima categoría, con más de 200 t de registro (Macías *et al.,* 1994). El número de embarcaciones participantes fue muy variable: de 1980 a 1983 aumentó de 11 a 24, disminuyendo a 10 embarcaciones en 1985 y aumentando a 17, en 1987 (Polanco *et al.,* 1988). Durante los años de 1988, 1989, y 1990, el número de embarcaciones participantes fue de 13, 4, y 1, respectivamente. De acuerdo con Macías *et al.* (1994), siete embarcaciones que ingresaron a la pesquería a partir de 1983, promediaron menos de 2000 anzuelos por lance.

La mayor parte de las embarcaciones que participaron en la pesquería palangrera mexicana de 1980 a 1990, fueron de más de 200 t de registro

De acuerdo con Morita (1969, apud Ueyangi y Wares, 1974), una canasta típica consta de 250 a 300 m de línea madre, suspendida de una boya por un "orinque" de 18 a 25 m de longitud, y de la cual penden de cuatro a seis reinales de 11 m de longitud, con sus respectivos anzuelos. La distancia entre reinales varía de 35 a 50 m. La profundidad de operación del palangre típico es de 80 a 150 m. Cuanto mayor es el número de anzuelos por canasta, mayor será la profundidad de operación. Los primeros y últimos anzuelos de una canasta pescan a profundidades menores que los del centro. Los palangres son largados y recuperados mediante cobralíneas motorizados, y su localización en el mar se realiza mediante radioboyas.

A partir de 1975, y especialmente después de 1980, un alto porcentaje del esfuerzo aplicado por la flota palangrera japonesa en el Pacífico Oriental correspondió a palangre profundo. Este arte de pesca se caracteriza por un mayor número de anzuelos por canasta (10-15), y longitud de línea madre. El rango de operación del palangre profundo es de 90 a 430 m de profundidad, y su utilización está dirigida fundamentalmente a la pesca de patudo (*Thunnus obesus*). Sin embargo, más del 85% del esfuerzo ejercido dentro del Área 7 (CIAT), que comprende las áreas al norte de los 10°N, y al este de los 120° O, correspondió a la configuración convencional, y no a palangre profundo (Uosaki y Bayliff, 1999).

Por su parte, la pesca deportiva está definida como aquella que se practica con fines de esparcimiento, ya sea desde tierra, desde alguna embarcación, o de manera subacuática. En lo que concierne al presente trabajo, sólo se consideran las actividades realizadas a bordo de embarcaciones, mediante caña y carrete. Dichas actividades generalmente se desarrollan dentro de un radio de acción de 30 millas náuticas de los respectivos centros de operaciones, generalmente frente a los principales polos de desarrollo turístico del litoral. Las especificaciones técnicas del arte de pesca (resistencia de línea y de la caña, tipo de carrete, tamaño de anzuelo, y tipo de carnada o señuelo) están a discreción del pescador deportivo, con excepción de los carretes eléctricos, cuya

La pesca deportiva está definida como aquella que se practica con fines de esparcimiento, ya sea desde tierra, desde alguna embarcación, o de manera subacuática

utilización está restringida a discapacitados.

Para efectos de la pesca deportiva de marlin rayado, los centros turísticos localizados a ambos lados de la boca del Golfo de California, se encuentran en una situación privilegiada dada la elevada incidencia de la especie en la región, durante casi todo el año. Aunque no se cuenta con un catastro actualizado, la flota de alquiler en las áreas de Los Cabos, Buenavista y Mazatlán se compone de embarcaciones de seis hasta 18 m de eslora, con capacidad para atender de dos hasta ocho pescadores. La duración de los viajes de pesca es de cuatro a seis horas, para embarcaciones menores con motor fuera de borda, y de ocho horas o más, en el caso de cruceros con cabina.

De acuerdo con un censo realizado en 1985, la flota deportiva de alquiler en las áreas de Los Cabos y Buenavista, fue de 79 y 66 embarcaciones, respectivamente. De 1989 a 1993, dicho número aumentó de 123 a 201, en la zona de Los Cabos, y de 71 a 83, en la zona de Buenavista (Klett *et al.,* 1996). En 1997, la Capitanía de Puerto de Cabo San Lucas, contaba con 356 embarcaciones autorizadas para tráfico de pasajeros, inscritas en el Registro Público Federal. Dicho Registro incluye además de embarcaciones de pesca deportiva, taxis acuáticos, paseos, servicios de buceo, y remolque recreativo. Aunque dicha información no permite precisar el número de embarcaciones dedicadas a servicios de pesca deportiva, se considera que una estimación de alrededor de 280 se aproxima a la real, considerando el incremento registrado en el número de operaciones de pesca deportiva. No se cuenta con información reciente para la zona de Buenavista, pero uno de los principales prestadores del servicio de la zona ha mencionado la cifra de 150, implicando un incremento del 80%, con respecto a 1993. Dicho incremento no se refleja en la frecuencia de operaciones reportado para la zona, que ha permanecido relativamente estable durante los últimos años. De acuerdo con Beltrán-Pimienta *et al.* (1997) la flota deportiva para el área de Mazatlán estaba integrada por 65 embarcaciones.

▼*Tendencias históricas*

De 1962 a 1975, el esfuerzo ejercido por la flota palangrera japonesa en el océano Pacífico se mantuvo relativamente constante, fluctuando alrededor de 300 millones de anzuelos anuales, aumentando hasta casi 400 millones en 1981. El esfuerzo disminuyó a un mínimo de 320 millones en 1985, y volvió a aumentar a cerca de 380 millones en 1987. De 1989 a 1991 se mantuvo en 360 millones, disminuyendo a 330 en 1992. En contraste, el esfuerzo aplicado en el Pacífico oriental (Uosaki y Bayliff, 1999), presenta una tendencia creciente y sostenida de 1963 a 1992, con máximos relativos sucesivamente mayores en 1963, '69, '73, '76, '83, y posteriormente, en 1987 y 1991, cuando se registró el máximo de la serie disponible, con más de 200 millones de anzuelos.

De las actividades de la flota palangrera japonesa en el Pacífico oriental (entre 40° N y S, y al Este de 130° O), Uosaki y Bayliff (1999) reportaron en 1968 una captura máxima de 360,284 individuos de marlin rayado. De 1972 a 1976 la captura decayó a menos de 200 mil individuos anuales, y a menos de 100 mil durante 1977-79. La captura presentó una recuperación a principios de los años 80, superando los 130,000 ejemplares anuales en 1982 y 1987. El comportamiento de la captura obtenida, en relación con el esfuerzo aplicado se muestra en la *figura 5*.

Dentro del área representativa de la ZEE-PM (delimitada por los 15° y 35° N, y los 95° y 120° O), y de acuerdo con estadísticas de captura y esfuerzo por cuadrantes de 5° por lado, de la Agencia de Pesquerías del Japón, la captura de marlin rayado registró un máximo de 212,324 individuos en 1968, equivalentes al 58% de la captura obtenida en todo el Pacífico Oriental. El esfuerzo aplicado durante ese año fue de casi 13 millones de anzuelos. Durante los años de 1969 y 1970 la captura cayó por debajo de los 100 mil ejemplares. En 1971 aumentó a poco más de 114 mil, pero disminuyó a menos de 80 mil durante los cinco años siguientes (72-76). De 1969 a 1976 (excepto por el año de 1975), el esfuerzo se mantuvo por encima de los seis millones de anzuelos anuales. De 1977 a 1979 las capturas de marlin rayado fueron inferiores a 12 mil ejemplares, debido al retiro de la flota japonesa, forzado por la adopción el régimen de 200 millas de Zona Económica Exclusiva. La pesquería se reactivó a fines del '79 mediante una flota integrada por empresas de

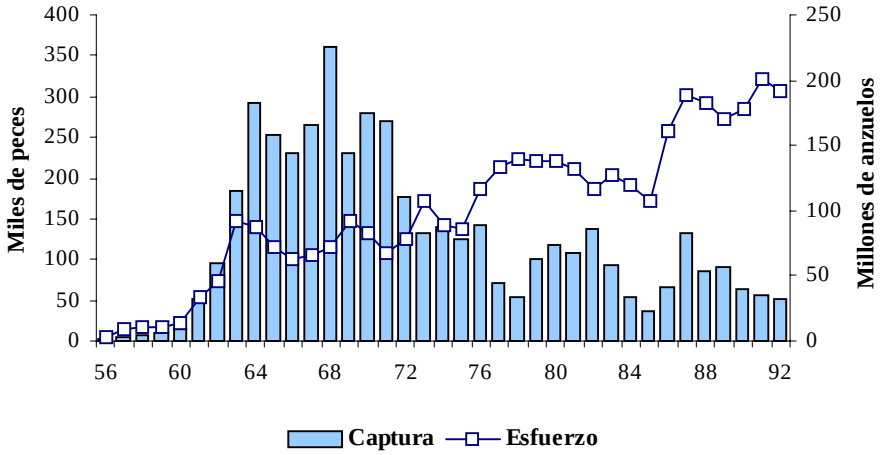


Fig. 5. Captura y esfuerzo de la flota palangrera japonesa en el océano Pacífico oriental, de 1956-92.

coinversión México-Japón. La captura y esfuerzo registrados en el área representativa de la ZEE-PM se muestran en la *figura 6*.

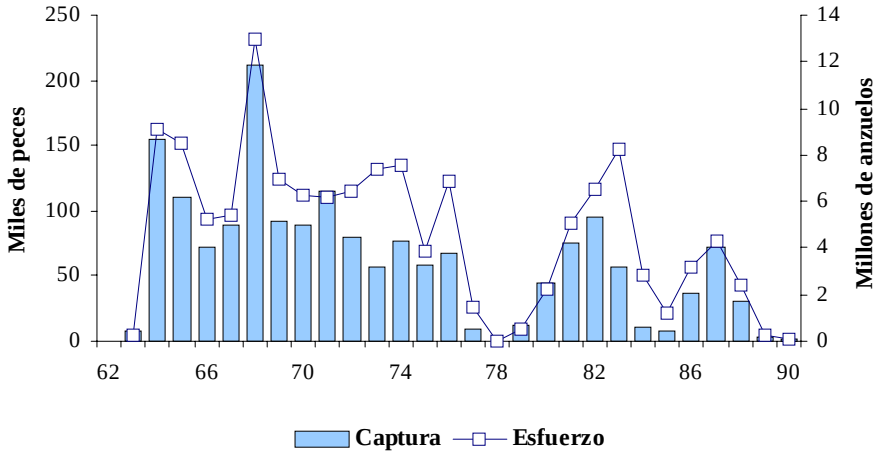


Fig. 6. Captura y esfuerzo de las flotas palangreras japonesa y mexicana en la zona representativa de la ZEE del Pacífico mexicano (1962-90).

La pesquería mexicana de palangre (1980-90) se caracterizó por amplias variaciones de la captura y el esfuerzo, así como, por cambios sucesivos en la composición de la flota y en la estrategia operativa de las referidas empresas de coinversión (Polanco *et al.,* 1988; Macías *et al.,* 1994). De 1980 a 1982 la captura de marlin rayado se incrementó de 31,957 a 94,490 ejemplares anuales, disminuyendo a 7,019 individuos en 1985, como resultado de un proceso de reordenación de la pesquería. De 1980 a 1983, el esfuerzo aumentó de 1.6 a 8.2 millones de anzuelos, disminuyendo a poco menos de 1.2 millones en 1985. En 1987 la captura registró un máximo secundario de 72,566 organismos, con un esfuerzo de 4.25 millones de anzuelos. La captura volvió a descender en años subsiguientes, a consecuencia de la implantación de zonas de exclusión para la pesca con palangre.

La variación de la captura por unidad de esfuerzo en el Pacífico oriental refiere una declinación sostenida,

desde fines de los 60s. Sin embargo, la mayor parte de la declinación registrada para el Pacífico oriental después de 1975, es debida al incremento del esfuerzo generado por palangre profundo, cuya operación está dirigida a la captura de patudo, y consecuentemente tiene una incidencia menor en la captura de marlin rayado (Fig. 7a). El comportamiento de la CPUE en el área representativa de la ZEE-PM, también muestra una tendencia declinante entre los años de 1969 y 1976, seguida de una importante recuperación, de 1978 a 1980, coincidiendo con un periodo de bajo esfuerzo comercial. Los índices de captura volvieron a disminuir cuando el esfuerzo superó los cinco millones de anzuelos (1981 a 1983), manteniendo un bajo nivel durante 1984 y 85, que refleja el impacto del proceso de reordenación de la pesquería. La reactivación de las actividades extractivas durante los años siguientes se reflejó en un incremento de los índices de captura en 1986-87. La implantación de nuevas zonas de exclusión para la flota palangrera propició cierta disminución de la CPUE durante el resto del periodo de la pesquería (Fig. 7b).

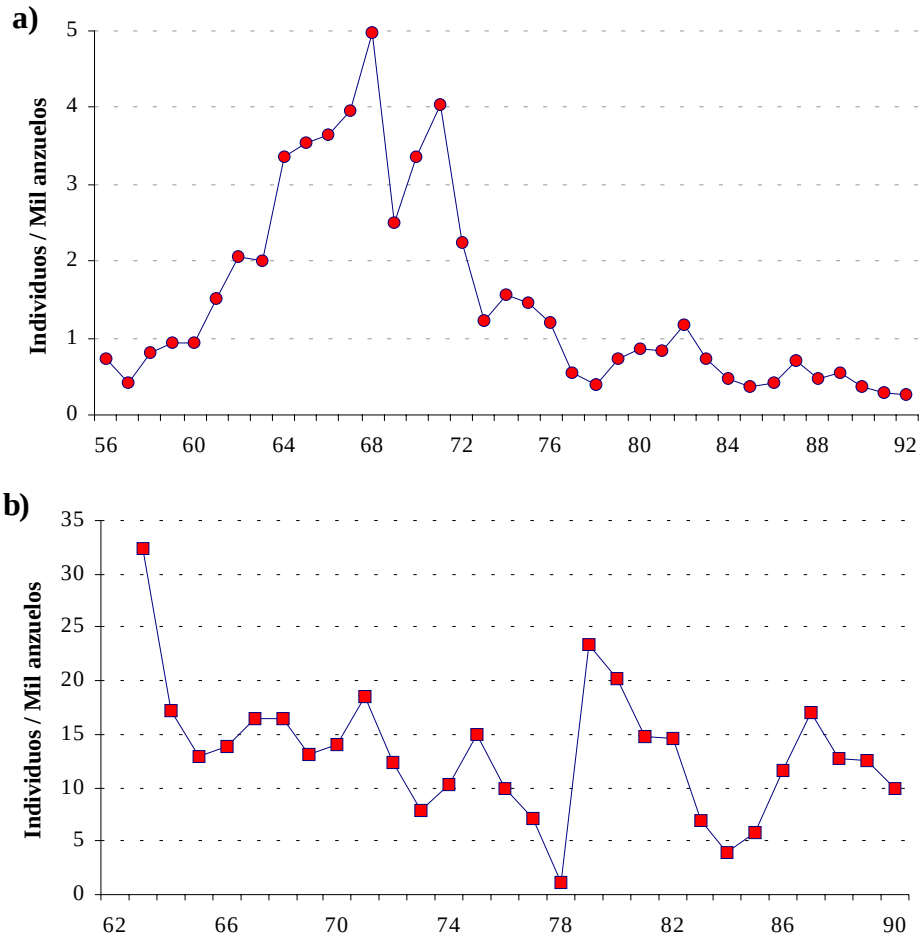


Fig. 7. a) Captura por unidad de esfuerzo en el océano Pacífico oriental, y b) en la zona representativa de la ZEE del Pacífico mexicano.

Por su parte, las actividades de pesca deportiva muestran un comportamiento diferencial en las principales zonas de pesca deportiva: En la región de Los Cabos se ha observado un aumento importante en el número de operaciones anuales de pesca deportiva, que no se ha visto reflejado en el área de Buenavista. En la zona de Mazatlán, dicho número de operaciones denota una tendencia descendente a partir de 1991. De 1985 a 1993, el número de operaciones de pesca deportiva en la zona de Los Cabos fue tomado de los despachos

vía la pesca deportiva, expedidos por la Capitanía de Puerto en la localidad. Posteriormente, el esfuerzo ejercido ha sido estimado con base en el promedio diario de tres de las principales empresas prestadoras del servicio, sumado al promedio registrado por embarcaciones de otras empresas durante las campañas mensuales de monitoreo realizadas por personal del Instituto Nacional de la Pesca del CRIP La Paz, B.C.S.. Dicho valor fue extrapolado al número de días abiertos a la pesca durante cada periodo mensual. El esfuerzo anual corresponde a la acumulación de las estimaciones mensuales. La estimación de la captura se obtuvo multiplicando el esfuerzo estimado por las tasas de captura correspondientes. Para las áreas de Buenavista y Mazatlán, tanto el esfuerzo como la captura corresponden con los reportados por los prestadores de servicios en las zonas respectivas.

La tendencia de los índices anuales de captura se ha mantenido relativamente estable a lo largo del periodo 1985-99, registrando valores más elevados en la zona de Los Cabos, intermedios en Buenavista, y comparativamente más bajos en Mazatlán. No obstante, se han presentado variaciones desconcertantes, como los picos excesivamente elevados en Buenavista (1987 y 1996), y los decrementos que interrumpen una secuencia de altas tasas de captura, como ocurrió las zonas de Los Cabos (1992 y 1996), y de Mazatlán (1998-99) (Fig. 8a). Dado que el patrón de variación estacional dentro de los referidos centros turísticos es bastante regular (Fig. 8b), la explicación a dichas variaciones sólo puede darse en términos de fluctuaciones de la disponibilidad, posiblemente relacionadas con alteraciones ambientales.

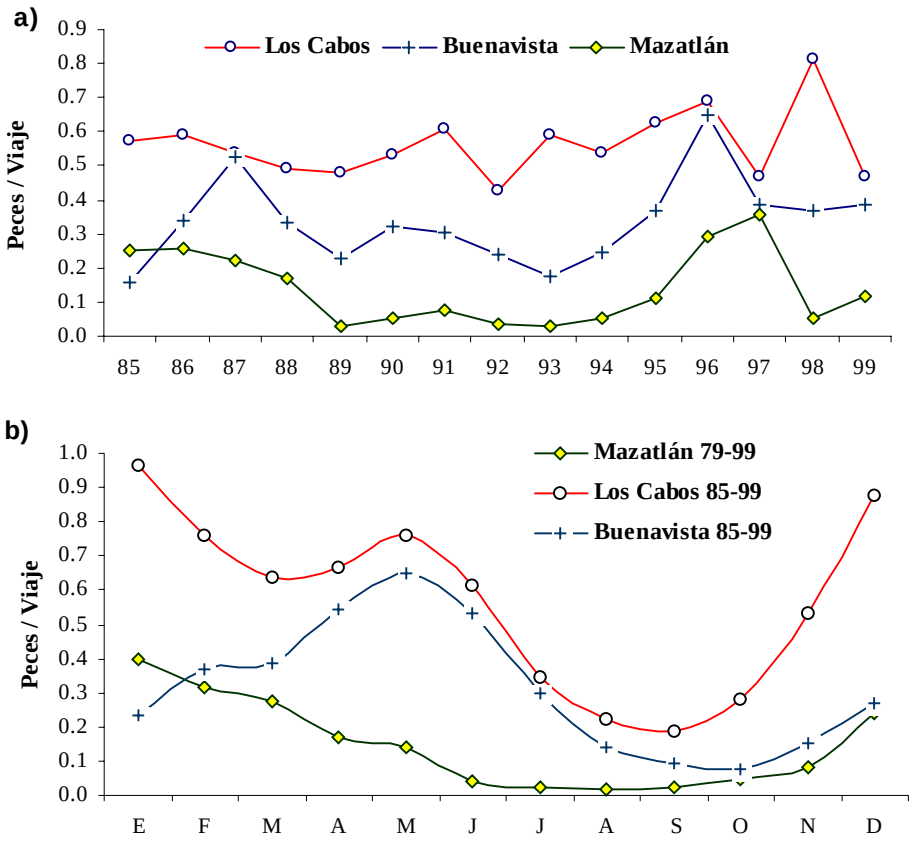


Fig. 8. a) Variación anual de las tasas de captura deportiva de marlin rayado en los principales centros turísticos del Pacífico central mexicano, y b) Media mensual.

Por otra parte, al combinar los registros de los tres centros turísticos, tanto la captura como el esfuerzo adoptan una tendencia claramente ascendente. De 1985 a 1999, el número de operaciones aumentó de poco menos de 13 mil, a casi 40 mil, de las cuales alrededor del 65% corresponden a la zona de Los Cabos. El comportamiento descrito refiere una tendencia ascendente, con una tasa de incremento anual del 6.67%. Durante dicho periodo, la captura máxima se registró en 1998, alcanzando un total de 22,269 ejemplares. Sin embargo, es importante mencionar que, al menos desde 1990, una proporción creciente de la captura reportada ha sido liberada con vida, como parte de la política de "capturar y liberar", promovida por los prestadores del servicio. Desde 1995, el porcentaje de marlines rayados liberados ha sido superior al 70%. La tendencia de las tasas de captura también es positiva, pero su pendiente es menor a la observada para el esfuerzo (Fig. 9).

Desde 1990, una proporción creciente de la captura reportada ha sido liberada con vida, como parte de la política de "capturar y liberar", promovida por los prestadores del servicios turísticos

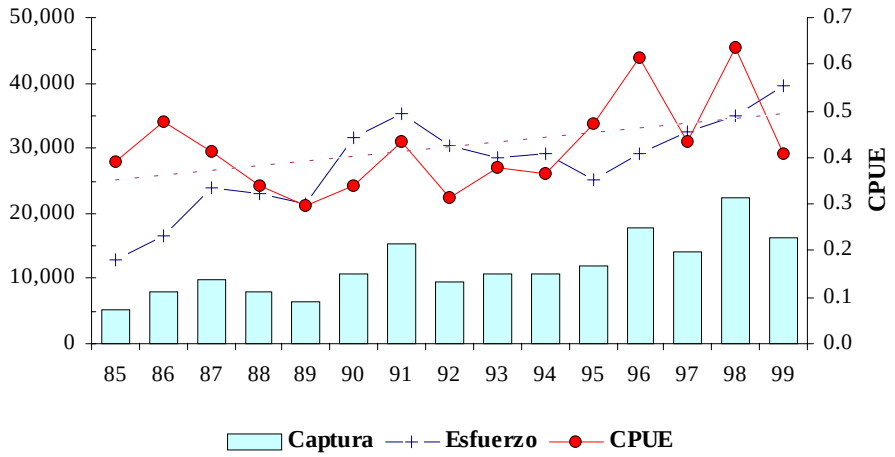


Fig. 9. Captura, esfuerzo, y tasas de captura de la pesca deportiva de marlin rayado, correspondientes a las zonas combinadas de Los Cabos y Buenavista, B.C.S., y Mazatlán, Sin., de 1985 a 1999.

Squire y Au (1990) señalaron la existencia de una zona de alta concentración de marlin rayado en la región central del Pacífico mexicano (20° - 25° N, 105° - 115° O). Entre los años de 1963 y 1976, el 23% de la captura de marlin rayado reportada para el Pacífico oriental (al Este de los 130° O) fue obtenida dentro del cuadrante mencionado, con los índices de captura más elevados del todo el Pacífico. Los índices de CPUE de dicha zona están correlacionados no sólo con las CPUE del Pacífico oriental, sino también con los índices de captura de la pesquería deportiva, reflejando cambios de capturabilidad/disponibilidad en la pesquería. Consecutivamente, los autores explican que dichos cambios ocurren probablemente como una función de la evolución de tácticas de pesca, y del comportamiento del recurso. En este sentido, el rápido incremento de la CPUE durante los primeros años de la pesquería palangrera mexicana, después del cese virtual de la actividad pesquera que siguió a la adopción del régimen de 200 millas de ZEE, se debe al repoblamiento de las existencias en áreas de concentración, que se convierten en el foco de la actividad extractiva. Conforme los índices de CPUE disminuyen por efecto de la pesca, la pesquería se expande hacia zonas aledañas, donde la disponibilidad/capturabilidad es menor. Ello propicia que la CPUE disminuya primero de manera acelerada, y posteriormente más lenta. El acelerado descenso inicial de la CPUE comercial se refleja en las pesquerías deportivas, localizadas dentro del área de agregación.

Los factores que determinan la agregación del recurso en esta región no se han determinado con certeza, aunque la evidencia disponible sugiere que se trata de una zona de alimentación y preparación para la reproducción.

▼*Pesca incidental*

Los registros de producción de la flota palangrera japonesa (1962 a 1980) no hacen referencia a capturas de tiburones u otras especies, al señalar que la captura estaba conformada en un 69% por túnidos, y un 31% de peces de pico. Sin embargo, según Polanco *et al.* (1988), sólo el 3% de dicha captura de túnidos se extrajo de la actual Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano, mientras que la proporción correspondiente a peces de pico, alcanzó el 51.5%. De acuerdo con Polanco *et al.* (1988), la captura desembarcada por la flota palangrera mexicana, reportada en avisos de arribo de 1980 a 1987, tuvo la composición siguiente: picudos 65.3%; tiburones 31.5%; túnidos 2.5%; y otras especies 0.7%.

De acuerdo con Macías-Zamora (1993), la composición de la captura registrada por tres de las principales empresas cuyas embarcaciones integraron la flota palangrera mexicana (1980-90), presentó diferencias significativas, aparentemente relacionadas con zonas de pesca preferenciales (Tabla 3). Al analizar las características catastrales de la flota, Macías-Zamora *et al.* (1994), no lograron discriminar entre las embarcaciones de las empresas "Copemapro" y "Alianza", pero sí encontraron una clara separación de los barcos del grupo "Tiburón". La empresa "Copemapro" operó frente a la costa occidental de la península de Baja California, la boca del Golfo de California, y las islas Revillagigedo, mientras que la empresa "Tiburón" distribuyó sus áreas de pesca a lo largo de la franja costera, desde la boca del Golfo de California hasta el Golfo de Tehuantepec. "Alianza" abarcó desde la región de las islas Revillagigedo hasta el Golfo de Tehuantepec, siguiendo un eje paralelo al observado para el grupo "Tiburón", pero a mayor distancia del litoral continental. De acuerdo con dichos resultados, la composición de la captura de peces de pico y tiburones, se relaciona mayormente con la selección de áreas y épocas de pesca específicas, asociadas a una estrategia operativa particular de las empresas. Por su parte, las capturas de túnidos y dorado ciertamente pueden ser consideradas como incidentales.

▼*Interacción con otras pesquerías*

El aprovechamiento del marlin rayado en la región central del Pacífico mexicano ha sido compartido principalmente entre las pesquerías palangrera japonesa y mexicana, y la pesca deportivo recreativa en los principales centros turísticos del Pacífico

El aprovechamiento de las existencias disponibles de marlin rayado en la región central del Pacífico mexicano ha sido compartido principalmente entre las pesquerías palangrera japonesa y mexicana, y la pesca deportivo recreativa en los principales centros turísticos del Pacífico, al norte de los 20° N. No se cuenta con información acerca de posibles capturas obtenidas por flotas palangreras de países distintos al Japón, en el área de la ZEE-PM.

Squire y Au (1990) reportaron que durante el periodo 1964-1976, los índices de CPUE comercial dentro de los cuadrantes de 5° por lado, delimitados por 20° y 25° N, y al Este de 110° y 115° O, registraron una tasa de declinación anual de 0.96 individuos por cada mil anzuelos, mientras que el índice de captura de la pesquería deportiva, en áreas ubicadas alrededor del extremo meridional de la península de Baja California, durante los años de 1969 a 1976, registró una tasa de declinación anual de 0.44 individuos por viaje de pesca. Los coeficientes de correlación de las líneas de tendencia correspondientes fueron de -0.74 y -0.66, siendo significativos al 99% de confianza. Durante el periodo de baja actividad extractiva que siguió a la adopción del régimen de 200 millas de ZEE, la CPUE de la flota palangrera aumentó de 7.75 a 22 individuos/1000 anzuelos, mientras que las tasas de captura deportiva aumentaron de 0.36 a 0.57 individuos por viaje de pesca. Después del periodo de reactivación de la pesca comercial (pesquería palangrera mexicana, 1980-86), la CPUE registró una nueva tendencia declinante, disminuyendo a una tasa anual de 1.5 individuos/1000 anzuelos, mientras que, los índices de captura deportiva decrecieron a una tasa anual de 0.02 individuos por viaje de pesca. Concomitantemente, los autores observaron una similitud considerable en la variación de los índices de CPUE dentro de los cuadrantes mencionados, y las CPUEs del resto del Pacífico oriental (al Este de los 130° O), por lo que consideran razonable asumir que los índices de captura por unidad de esfuerzo registrados dentro de los cuadrantes referidos son representativos de la población en el Pacífico oriental, y concluyen que los cambios de tendencia en la pesquería comercial se reflejan en la

pesquería deportiva. Cabe agregar que existe una diferencia sustancial entre las tasas de declinación registradas en los índices de captura deportiva durante los periodos 1964-76 y 1980-86 (0.44 *vs.* 0.02), que contrasta con la magnitud de las declinaciones observadas en la pesquería comercial (0.96 y 1.5), durante los periodos respectivos. Dicha discrepancia se atribuye al efecto de la implantación de la franja de 50 millas náuticas (diciembre de 1983), como medida adicional de protección a las especies reservadas a la pesca deportiva. Como resultado de lo anterior, los niveles de esfuerzo comercial registraron una baja significativa durante los años de 1984-85, contribuyendo a atenuar el impacto sobre los índices de captura deportiva.

Por otra parte, el Proyecto de Norma Oficial para la regulación de actividades de pesca de tiburón y especies afines (DOF, 12/01/2000), contempla la utilización de palangres y redes agalleras de deriva como artes de pesca autorizados. Las áreas de pesca contempladas en dicho Proyecto de Norma incluyen aguas del Golfo de California y la costa occidental de la península de Baja California, lo que propicia la incursión de unidades de producción normadas por otra pesquería, para ejercer actividades de pesca en áreas donde no se permite la captura comercial de especies reservadas a la pesca deportiva. La sola existencia de dicho Proyecto de Norma implica la existencia de una pesquería que requiere ser regulada. Sin embargo, se desconoce la capacidad extractiva de sus unidades de producción, la magnitud y distribución del esfuerzo aplicado, así como la composición de las capturas obtenidas. En ese contexto, no es posible determinar el grado de interacción entre las pesquerías comercial y deportiva de marlin rayado, y las pesquerías de tiburón, sin menoscabo de que dicha interacción pudiera en realidad existir.

En el noroeste del Pacífico mexicano opera una pesquería de pez espada que utiliza redes agalleras y palangres y el marlin rayado forma parte de la captura incidental

En el noroeste del Pacífico mexicano opera una pesquería de pez espada que utiliza redes agalleras y palangres. Se sabe que el marlin rayado forma parte de la captura incidental, pero no se cuenta con registros que documenten la composición de la captura incidental en esta pesquería. La participación del marlin rayado en la captura obtenida por la pesquería de California entre 1980 y 1984 fue del 0.47% (Bedford, 1985), aunque también ha sido mencionada por Hanan *et al.* (1993). Por su parte, Uosaki y Bayliff (1999), refieren que las distribuciones de talla de peces espada capturados por la pesquería palangrera del pacífico oriental, así como por la pesquería agallera del Sur de California son similares, indicando que la interacción entre dichas pesquerías también es semejante. Debido a que en aguas de California la incidencia de marlin rayado es extremadamente baja, es razonable suponer que la captura incidental frente a la costa occidental de la península de Baja California, donde opera la flota agallera del noroeste, pudiera ser mucho mayor. Lo anterior implica un impacto más significativo sobre la pesquería deportiva en el sur de la península.

En un análisis de la pesquería artesanal de tiburones del Pacífico mexicano (Anónimo, 2000a), se reporta que "en ambos litorales de la península de Baja California (con excepción de la región del Alto Golfo de California), y la costa occidental de la península se observan capturas incidentales no cuantificadas de totoaba, tortugas, mamíferos marinos, y peces de pico, debido al uso indiscriminado de redes agalleras para la pesca de especies de escama y tiburón". El mismo trabajo cita a Furlong y Barragán (1997) refiriendo que "la captura incidental pez vela, marlin, dorado y diversas especies de túnidos que obtiene la flota de embarcaciones menores que opera en los alrededores de la islas Marías, aporta aproximadamente el 10% de la captura total", pero no especifica la magnitud de dichas capturas. Un trabajo análogo sobre la pesquería de tiburones oceánicos refiere la asociación de capturas de tiburones con "algunas especies de peces forrajeros y marlin", y que algunas "otras especies de peces de pico se capturan en asociación con grandes peces y tiburón" (Anónimo, 2000b).

Por su parte, la captura incidental de marlin rayado en el Pacífico oriental obtenida por la flota atunera mediante redes de cerco, de 1993 a 1997 fluctuó entre 291 y 357 individuos anuales, con una media anual de 343 (Tabla 39, Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, 1997). Dicha captura se considera insignificante, en comparación con la generada por la pesca con palangre.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

De acuerdo con la normatividad vigente, las especies denominadas marlin, pez vela, pez espada, dorado, pez gallo, y sábalo o chiro, quedan destinadas de manera exclusiva para la pesca deportivo recreativa dentro de una franja costera de 50 millas náuticas, contadas a partir de la línea de base desde la cual se mide el mar territorial (Artículo 84, Capítulo V del Reglamento de la Ley de Pesca, DOF 20/06/99). Las actividades de pesca deportiva se rigen por la Norma Oficial Mexicana NOM-017-PESC-1994, en vigor desde el 10 de mayo de 1995. El referido régimen de reserva fue adoptado en 1972, al concluir la vigencia del Convenio Internacional de Pesca México-Japón (1968-1972), que propició las actividades de la flota palangrera japonesa en la entonces Zona Exclusiva de Pesca de la Nación. Como medida adicional de protección a los recursos destinados a la pesca deportiva, se prohibieron las actividades de pesca comercial dentro de un perímetro de 30 millas de radio, con centro en los principales puertos turísticos del Pacífico mexicano. Después de que México declaró su Zona Económica Exclusiva en 1976, el gobierno se comprometió a determinar la captura permisible de los recursos vivos de su ZEE, y permitir el acceso a otros Estados a la captura excedente que no estuviera en capacidad de explotar. A partir de 1980, la explotación de los recursos de la ZEE se realizó por empresas mexicanas de coinversión, incorporando las primeras embarcaciones mexicanas en 1983. Ese mismo año, y después de una exhaustiva consulta popular, el Congreso autorizó las reformas a la Ley que establecieron la franja de 50 millas, mencionada con anterioridad.

En 1987 el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines, analizó las actividades de las flotas palangreras japonesa (1964-80) y mexicana (1980-87) en aguas de la ZEE-PM, concluyendo que el recurso presentó evidencias de sobrepesca durante los periodos de 1968-72 y 1974-76, registrando recuperaciones significativas durante lapsos de baja actividad extractiva (1978-80 y 1984-86). El Comité determinó que las actividades de la flota se habían concentrado en cuatro regiones geográficas principales: la costa occidental de la península de Baja California, la boca del Golfo de California, las islas Revillagigedo, y el Golfo de Tehuantepec. Con base en dichos resultados, el Comité recomendó limitar el esfuerzo de la flota palangrera en la ZEE del Pacífico mexicano a un máximo de 6.25 millones de anzuelos anuales, y dos mil anzuelos por lance por embarcación, y establecer adicionalmente dos zonas de protección adicionales, en las que "no se otorgarán permisos de pesca comercial para especies reservadas a la pesca deportiva" (Fig.10). Las recomendaciones del Comité tuvieron por objeto, impedir la excesiva concentración del esfuerzo en áreas de alta vulnerabilidad del recurso, así como disminuir el impacto de la pesca comercial sobre las existencias disponibles a la pesca deportiva. Éstas fueron retomadas por la Autoridad pesquera, que promulgó el "Acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies marlin, pez vela, y pez espada, conocidas comúnmente como Picudos, en la Zona Económica Exclusiva del Litoral del Océano Pacífico", publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de agosto de 1987, complementado por algunas medidas administrativas dirigidas a regular los términos de la expedición de los permisos correspondientes. El incumplimiento de las disposiciones establecidas propició la sucesiva cancelación de los permisos otorgados, concluyendo con la suspensión indefinida de la pesquería, en el año de 1990.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

No se dispone de una serie histórica de captura y esfuerzo de la pesquería palangrera en el Pacífico mexicano que abarque la totalidad de las actividades de las flotas participantes, ni que corresponda a la misma cobertura geográfica, desde el principio de sus operaciones. Por ello, se integró una serie representativa del comportamiento de la pesquería en el área de la ZEE-PM, con base en las estadísticas de captura y esfuerzo de la flota palangrera japonesa, por cuadrantes de 5° por lado (1963-1980), y datos reconstruidos con base en información de Bitácoras y Avisos de Arribo de la flota palangrera mexicana (1980-1990). Los datos de la Agencia de pesquerías del Japón fueron obtenidos originalmente por el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines, por conducto de R Schwarzlose (SWFC-NMFS), y corresponden

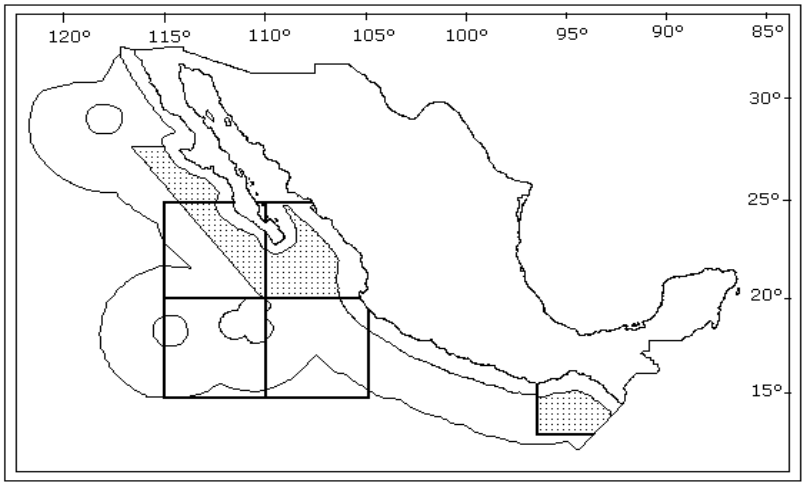


Fig. 10. Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano, franja de exclusión de 50 millas, polígonos de exclusión para la flota palangrera definidos por Acuerdo Regulatorio de 1887; área índice, y área total, según Squire y Au (1990).

al área geográfica delimitada por los 15° y 35°N, y los 95° y 120°O. Los datos de la pesquería mexicana de palangre comprenden aproximadamente la misma extensión geográfica, aunque incluyen algunas operaciones al sur de los 15°N. La serie utilizada para el análisis cuantitativo de la pesquería de marlin rayado en la ZEE-PM se presenta en la *Tabla 4*.

▼ *Modelo*

Debido a que se carece de información confiable acerca de la estructura por edades de la población, se empleó el modelo determinístico dinámico de biomasa de Schaefer modificado por Hilborn y Walters (1992), en su forma discreta. Este supone que la pesca se realiza sobre una población homogénea en su estructura por edades, y bajo condiciones ambientales estables, en una zona geográfica definida. El nivel de captura del stock afecta su biomasa, la cual crece a una tasa instantánea anual. De acuerdo con el modelo, la biomasa de la población en un tiempo t, corresponde a:

$$B_t = B_{t-1} + rB_{t-1}(1 - \frac{B_{t-1}}{K}) - C_{t-1} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

C_{t-1} es la captura del año anterior
B_{t-1} es la biomasa del año anterior
r es la tasa instantánea de crecimiento del stock
K es la capacidad de carga del stock

Los parámetros se estimaron suponiendo un error de observación con distribución log-Normal. La función objetivo fue la de densidad de verosimilitud, la cual se maximizó por medio de procesos iterativos quasi-newtonianos, tal como lo explican Hilborn y Mangel (1997). Este método estima los parámetros del modelo de manera consistente frente a los datos. Su forma es la siguiente:

$$L\{k, r, RMS | \sigma\} = \Pi \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln \frac{I^{est}_t}{I^{obs}_t})^2}{2\sigma^2}} \quad \text{.....(2)}$$

Tabla 4. Captura, Esfuerzo y CPUE de la pesquería palangrera de marlin rayado, en el área representativa de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Mexicano, (1963 - 1990).

Año	Captura (Peces x 10^3)	Esfuerzo (Anzuelos x 10^6)	CPUE (Peces/Mil Anzuelos)
1963	7.017	0.217	32.385
1964	155.665	9.084	17.137
1965	109.758	8.467	12.964
1966	72.845	5.226	13.940
1967	89.075	5.390	16.525
1968	212.324	12.937	16.413
1969	92.183	6.988	13.191
1970	88.952	6.299	14.122
1971	114.614	6.180	18.547
1972	79.163	6.425	12.322
1973	57.442	7.345	7.821
1974	77.197	7.546	10.230
1975	57.795	3.851	15.009
1976	67.873	6.903	9.832
1977	9.953	1.417	7.022
1978	0.010	0.009	1.087
1979	12.043	0.516	23.329
1980	44.560	2.206	20.198
1981	75.646	5.110	14.804
1982	94.490	6.497	14.544
1983	57.357	8.241	6.960
1984	11.151	2.876	3.877
1985	7.019	1.195	5.874
1986	37.291	3.195	11.671
1987	72.566	4.255	17.054
1988	31.035	2.444	12.700
1989	3.143	0.250	12.590
1990	1.094	0.109	10.005

donde:

I^{obs}_t es el índice de abundancia observado en el año t
I^{est}_t es el índice de abundancia estimado para el año t
σ es la desviación estándar, que se calcula como:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum \ln\left(\frac{I_t^{est}}{I_t^{obs}}\right)^2} \quad \text{.....(3)}$$

Como índices de abundancia observados se emplearon los datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) nominal de la *Tabla 4*. El índice estimado se calculó mediante la formula siguiente:

$$I_t^{est} = qB_t \quad \text{.....(4)}$$

donde:

q es la constante de proporcionalidad, que de acuerdo con Hilborn y Mangel (1997), se obtiene mediante la expresión:

$$q = e^{\frac{1}{n}\sum \ln(\frac{I_t^{obs}}{B_t})^2} \quad \text{.....(5)}$$

El rendimiento máximo sostenible (RMS) es el nivel teórico máximo de captura que la pesquería puede soportar sin que su productividad biológica sea afectada. Su forma discreta se obtiene con la expresión:

$$RMS = \frac{rK}{4} \quad \text{.....(6)}$$

La incertidumbre en los parámetros se obtuvo por medio del teorema de Bayes:
La probabilidad anterior de los parámetros se consideró con una distribución uniforme, ya que no se cuenta con información previa.

$$P\{\theta \mid d\} = \frac{L\{d \mid \theta) P_p\{\theta\}}{\sum L(d \mid \theta) P_p\{\theta\}} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$L(d|\theta)$ es la verosimilitud de los datos con respecto al parámetro
$P_p\{\theta\}$ es la probabilidad anterior al parámetro.

▼*Estado actual de la pesquería de marlin del Pacífico*

De acuerdo con el modelo empleado, la capacidad de carga (K) para el stock de marlin rayado en la ZEE-PM se estimó en 931,000 individuos. La tasa instantánea de crecimiento poblacional (r) fue de 0.245, y el

Tabla 5. Probabilidades posteriores de Bayes para la capacidad de carga del stock, la tasa instantánea de crecimiento anual, y el rendimiento máximo sostenible (miles de organismos) de la pesquería de marlin rayado en la ZEE-PM.

Capacidad de carga del stock		**Tasa instantánea de crecimiento**		**Rendimiento máximo sostenible**	
Intervalo (Valor de ***K***)	Probabilidad %	Intervalo (Valor de ***r***)	Probabilidad %	Intervalo (de ***RMS***)	Probabilidad %
900 a 950	**26.44**	0.23 a 0.24	12.28	50 a 55	0.09
950 a 1,000	21.33	**0.24 a 0.25**	**25.58**	**55 a 60**	**51.57**
1,000 a 1,050	11.44	0.25 a 0.26	19.45	60 a 65	21.59
1,050 a 1,100	7.57	0.26 a 0.27	12.01	65 a 70	11.80
1,100 a 1,150	5.69	0.27 a 0.28	7.53	70 a 75	8.33
1,150 a 1,200	4.62	0.28 a 0.29	5.03	75 a 80	6.62
1,200 a 1,600	18.99	0.29 a 0.40	17.90		
> 1,600	3.92	> 0.40	0.22		

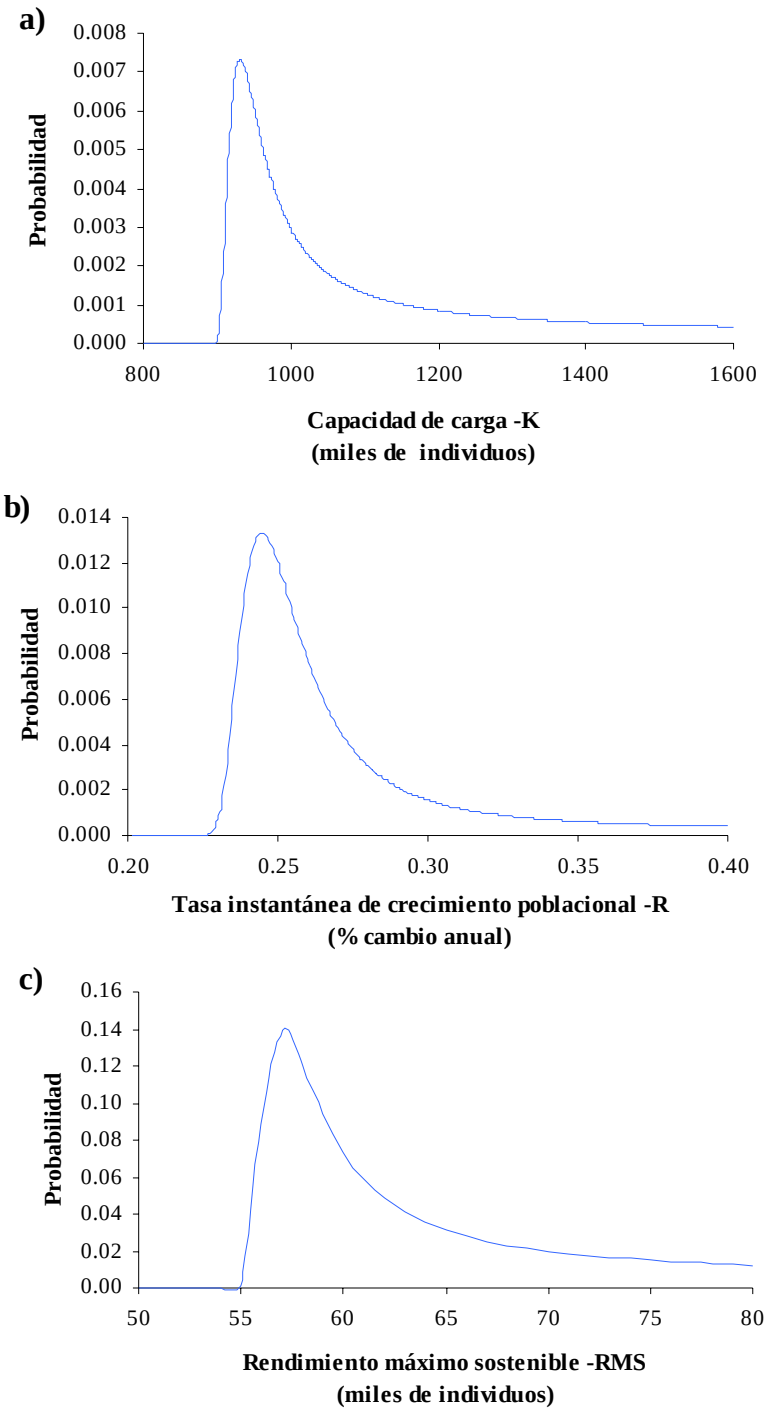


Fig. 11. Probabilidades posteriores de Bayes para la capacidad de carga (a), la tasa instantánea de crecimiento poblacional (b), y el rendimiento máximo sostenible (c), para la pesquería de marlin rayado en el Pacífico mexicano.

rendimiento máximo sostenible (RMS) fue de 56,991 organismos anuales. Las probabilidades posteriores para los parámetros estimados por el modelo, aplicando el teorema de Bayes, se muestran en la *Tabla 5*, y los respectivos perfiles de probabilidad se presentan en la *figura 11*.

La *figura 12* muestra el nivel de las capturas y la biomasa del stock de marlin rayado en la ZEE-PM. Se observa que durante los años de 1964-76, las capturas obtenidas rebasaron el nivel del rendimiento máximo

sostenible estimado para la pesquería. Como resultado, la biomasa disminuyó hasta casi una tercera parte del nivel registrado al inicio de la pesquería. Sin embargo, al disminuir el esfuerzo de la flota palangrera japonesa durante la segunda mitad de los 70s, los niveles de biomasa registraron una recuperación (aproximadamente 100 mil ejemplares, en 1980). Posteriormente, durante el periodo de actividad de la flota palangrera mexicana, las capturas obtenidas durante los años de 1981-83 y 1987, también superaron los 57 mil ejemplares, generando descensos en la biomasa. Durante los años de 1984-85, y a fines de los 80s, en coincidencia con niveles de captura y esfuerzo relativamente bajos, la biomasa presentó tendencias ascendentes. Hacia 1990 la biomasa se había elevado a un nivel cercano al del nivel crítico para mantener el Rendimiento Máximo Sostenible (BRMS = K/2), estimado en 465,000 organismos. El esfuerzo correspondiente es de 3.553 millones de anzuelos. El análisis asume que los efectos de la pesca deportiva, así como los de otras pesquerías, y fluctuaciones de disponibilidad introducida por movimientos migratorios, se encuentran incorporados en la variación de la captura comercial.

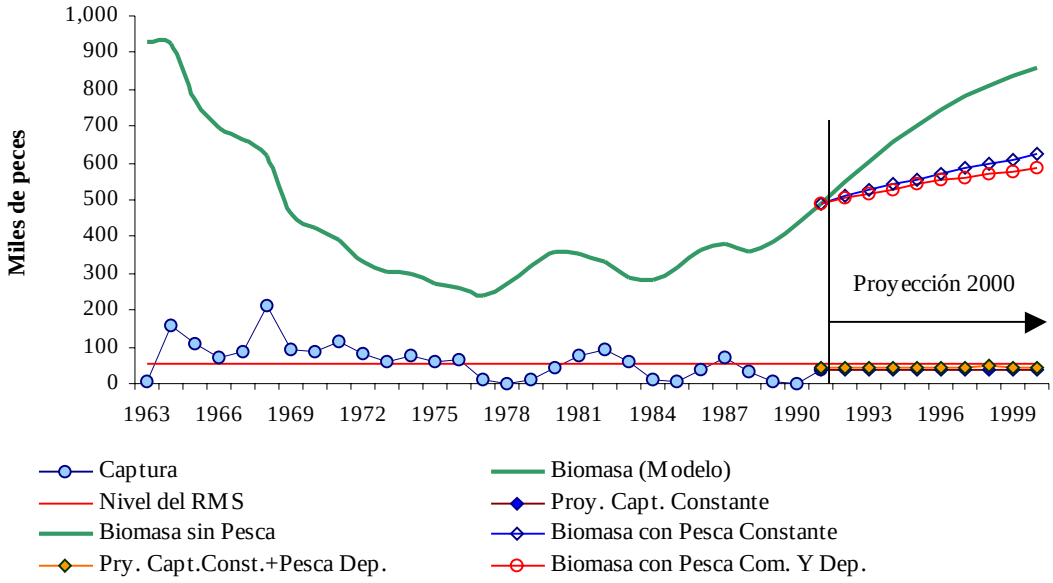


Fig. 12. Curvas de biomasa para el marlin rayado en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano, según el modelo dinámico de Schaefer (modificado por Hilborn y Walters, 1992), y su proyección al año 2000.

Los índices de abundancia estimados no muestran un buen ajuste a las variaciones de la CPUE observadas en la pesquería (Fig. 13). Lo anterior se atribuye a que los modelos dinámicos de producción consideran que la capturabilidad permanece constante a lo largo de la pesquería (McAllister y Kirkwood, 1998). Ricker (1975) y Hilborn y Waters (1992) refieren que los cambios en la capturabilidad son la fuente de variación más importante en la evaluación de stocks, basada en CPUEs con capturabilidad constante.

Los índices de CPUE observados fluctuaron por debajo de los estimados hasta 1968, cuando se registró la captura máxima histórica, y registraron niveles superiores a los predichos por el modelo durante la mayor parte de los años siguientes (Fig. 13). Es posible que los bajos índices de CPUE registrados durante primeros años de la pesquería correspondieran a una fase exploratoria, caracterizada por la búsqueda de las mejores áreas de pesca, y por ajustes sucesivos en la conformación del arte de pesca. Durante el periodo de la pesquería mexicana (1980-90), la actividad extractiva se caracterizó por amplias variaciones de captura y esfuerzo, y por cambios sucesivos en la composición de la flota, zonas de operación, y diferencias en la estrategia operativa de las empresas participantes, así como por la implantación de medidas de regulación que restringieron el acceso a zonas de pesca altamente productivas.

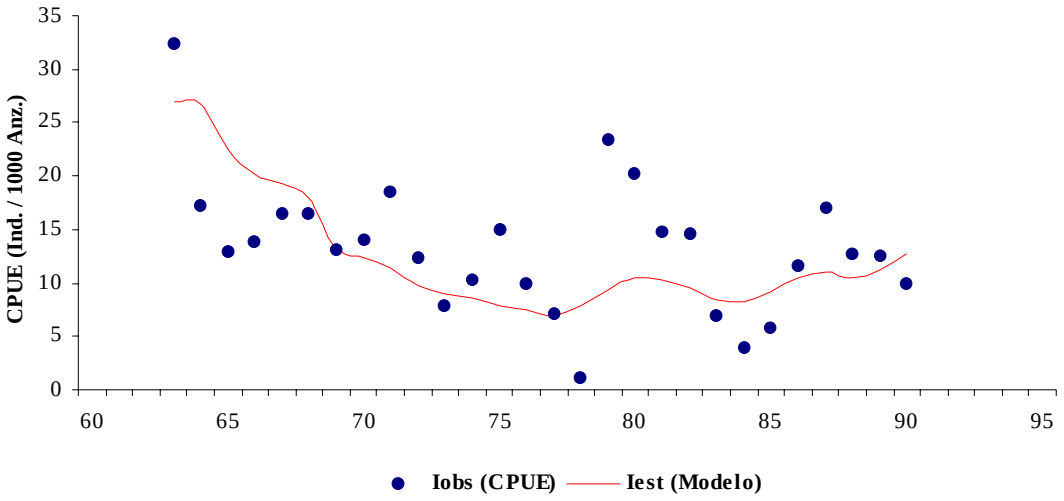


Fig. 13. Índices de abundancia estimados por el Modelo, en relación con los registrados en la pesquería, en el área representativa de la ZEE-PM, 1963-1990.

Es razonable suponer que los cambios registrados a lo largo de las distintas etapas de la pesquería hayan introducido diferencias en el poder de pesca, afectando la capturabilidad. En adición a lo anterior, los procesos estacionales de contracción-expansión del recurso, y los consiguientes ajustes en las tácticas de pesca por parte de la flota (explicados por Squire y Au, 1990), contribuyen a incrementar la variabilidad de la disponibilidad y de la capturabilidad, en áreas de pesca específicas. Tales efectos se complican aún más por la incorporación de nuevos reclutas, y la emigración de individuos a otras áreas del Pacífico.

La proyección 1991-2000 considera tres posibles escenarios. En el primero se supone la ausencia de pesca comercial en aguas de la ZEE-PM, después de 1990. En dicho escenario, el modelo predice la virtual restauración de la biomasa inicial poco después del año 2000.

En un segundo escenario se proyecta el desarrollo de la pesquería considerando una captura constante de 40,000 individuos anuales a partir de 1991. El criterio aplicado se sustenta en el hecho de que, no obstante que las actividades extractivas de la flota palangrera mexicana fueron suspendidas indefinidamente a principios de 1990, el recurso continuó siendo objeto de captura incidental, tanto al amparo de permisos de pesca comercial y de fomento, dirigidos a la captura de túnidos, tiburones y pez espada, como por actividades de pesca artesanal de especies de escama y tiburones, a lo largo del litoral del Pacífico. La información sobre la magnitud de las capturas obtenidas no se encuentra disponible, pero su sola existencia implica un sesgo en los resultados sobre el Estado de la Pesquería, en las condiciones del primer escenario. Ante la falta de mejor información, se optó por simular la extensión del periodo de operación de la pesquería, considerando una captura anual constante y equivalente al promedio anual obtenido de 1980 a 1990. Bajo este segundo escenario, y dado que el nivel de captura supuesto es inferior al del RMS, el modelo también predice un incremento progresivo de la biomasa, pudiendo alcanzar eventualmente el valor teórico de K. La recuperación de la biomasa sería desde luego mucho más lenta (~35% del observado en condiciones de ausencia de pesca comercial).

Por otra parte, es importante aclarar que la información que soporta la estimación anterior se basa en una serie de datos que culmina en 1990. Ello implica que las capturas deportivas consideradas como incluidas en la estimación corresponden a los niveles registrados hasta el ciclo anual mencionado. Sin embargo, existen evidencias que indican que los niveles de captura y esfuerzo de la pesca deportiva se han incrementado de manera significativa durante la última década. Los niveles de captura estimados incluyen organismos

liberados, cuya proporción también se ha acrecentado progresivamente, alcanzando un promedio porcentual superior al 70%, durante los últimos cinco años. Lo anterior implica que alrededor de un 30% de la captura deportiva obtenida, después de 1990, debería ser agregada a la captura comercial proyectada para el periodo 1991-2000. Esta suposición constituye el tercer escenario, que predice una recuperación similar a la anterior, aunque ligeramente más lenta.

Con apego a los supuestos adoptados, el recurso cuenta con existencias susceptibles de aprovechamiento comercial, por lo que puede ser considerado con potencial de desarrollo. De conformidad con los resultados obtenidos, las existencias excedentes con respecto al nivel del Rendimiento Máximo Sostenible son del orden de 17,000 ejemplares anuales adicionales a una captura hipotética de 40,000 individuos, extraídos en forma incidental por las pesquerías de túnidos, tiburones y pez espada. Dicha cantidad representa el 29.82% del RMS, y equivale a 542.2 t de peso procesado, considerando que el promedio del peso individual desembarcado durante el periodo de la pesquería mexicana de palangre fue de 32.6 kg. La mortalidad generada por la pesquería deportiva, suponiendo que la totalidad de los organismos liberados vivos sobreviven a los efectos de su captura (5,400 individuos anuales), reduce el potencial explotable a 12,000 peces anuales, o 391t.

La certeza de lo anterior depende por una parte, de la exactitud de los parámetros estimados, y por la otra, de la verdadera magnitud de la captura incidental de marlin rayado, generada por las pesquerías de túnidos, tiburones y pez espada, en la ZEE del Pacífico mexicano, así como de la sobrevivencia de los organismos capturados y liberados por la pesca deportiva.

En relación con esto último, Holts y Prescott (1999) refieren que la respuesta a dicha pregunta posiblemente no pueda ser contestada con elementos científicos, en un futuro próximo. Sin embargo, evidencia derivada de estudios de telemetría acústica realizados en aguas de California, Baja California y Hawaii por el Southwest Fisheries Science Center, del National Marine Fisheries Service (Holts y Prescott, 1999), refieren que sólo 2 de 22 individuos capturados mediante técnicas de pesca deportiva, para ser marcados con radiotransmisores, no presentaron condiciones adecuadas para su sobrevivencia. Los 20 restantes fueron rastreados por periodos de 24 a 48 horas, después de ser liberados con vida. Todos se observaron nadando normalmente, y algunos se observaron alimentándose al final del periodo de rastreo. Aunque los autores conceden que algunos ejemplares mueren a consecuencia del trauma o las heridas que adquieren en el proceso de su captura, indican que las probabilidades de sobrevivencia pueden optimizarse mediante el uso de líneas más resistentes, anzuelos circulares, señuelos en lugar de carnada viva, y técnicas adecuadas en el manejo del equipo y del organismo que habrá de ser liberado; así mismo, enfatizan la importancia de una valoración responsable de las condiciones físicas del organismo, antes de decidir su liberación.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

De acuerdo con los resultados obtenidos, el potencial disponible para el desarrollo de la pesquería, una vez deducida la fracción correspondiente al segundo y tercer escenario, es exiguo comparado con los niveles obtenidos durante los periodos de mayor actividad de la pesquería. En lo concerniente a la pesca deportiva, los indicadores refieren una tendencia ascendente de pendiente similar a la registrada por las proyecciones contempladas en dichos escenarios. Sin embargo, el hecho de que el esfuerzo de la pesca deportiva se haya incrementado a una tasa mayor que los índices de captura, y que las tallas y pesos medios de captura hayan disminuido por debajo del promedio general durante gran parte de los años 90, podría indicar que sus perspectivas de crecimiento se están aproximando a su punto de equilibrio.

Por otra parte, la capacidad predictiva del modelo aplicado pudiera ser cuestionada, dada la discrepancia entre los rendimientos estimados por el modelo y los valores registrados en la pesquería. La pobreza del

ajuste es debida a que el modelo considera una capturabilidad promedio constante para la totalidad del periodo analizado, lo que impide que el modelo reaccione adecuadamente a las variaciones de captura y esfuerzo. No obstante, el rendimiento máximo sostenible estimado si es congruente con las capturas registradas.

Actualmente, la regulación de la pesquería comercial de marlin rayado está definida por dos directrices principales: La limitación del esfuerzo (tanto en términos del total anual acumulable, como de los lances individuales), y la restricción de sus áreas de pesca. Tales medidas han favorecido la recuperación de las existencias, que superaron el nivel crítico para su rendimiento sustentable poco antes de 1990. Sin embargo, el esfuerzo correspondiente al rendimiento máximo sostenible estimado por el presente trabajo, es apenas superior a la mitad del recomendado en el Acuerdo regulatorio de 1987, y está referido a la "pesquería de picudos en la ZEE del Pacífico", y no exclusivamente al marlin rayado. Dicho nivel corresponde además a condiciones de ausencia de pesca comercial y niveles de captura deportiva anteriores a 1990 (primer escenario), y no contempla la mortalidad incidental producida por otras pesquerías que han operado en la región durante la última década.

En los términos del presente análisis, la adecuación de los niveles de esfuerzo máximos en la legislación vigente, implicaría la deducción de la fracción del esfuerzo teóricamente capaz de extraer una captura equivalente a la pesca incidental que obtienen las pesquerías de túnidos, tiburones y pez espada, así como por la pesquería deportiva. Por su parte, el establecimiento de zonas de protección para la pesca deportiva (franja de 50 millas y polígonos de exclusión para permiso de pesca comercial de picudos), constituye una medida orientada a disminuir la interacción con la pesquería deportiva, especialmente en áreas de alta concentración del recurso. Dichas medidas han probado su eficacia, y deben prevalecer en tanto no se disponga de mejor información sobre la incidentalidad de especies reservadas a la pesca deportiva en otras pesquerías, y/o de medios para reducirla a niveles mínimos.

Por lo antes expuesto, parece más razonable, en el momento actual, limitar el aprovechamiento comercial del marlin rayado a la saturación de una cuota equivalente al nivel de captura sustentable (RMS), que incorpore la totalidad de las unidades de producción que intervienen en la pesquería.

▼*Implicaciones en el manejo*

Las áreas de pesca más productivas para el marlin rayado corresponden a cuatro cuadrantes de 5° por lado, delimitados por los 15° y 25°N, y los 105° y 115°O (Área Índice), y dentro de éstos, los dos ubicados entre los 20° y 25°N (Área Toral), donde se llegó a concentrar más del 50% del esfuerzo ejercido en la ZEE-PM, con capturas equivalentes al 23% de la generada en todo el Pacífico oriental. Dichas áreas constituyen una zona de agregación, donde se registran altos índices de disponibilidad/capturabilidad, que las hace particularmente sensibles a la presión de pesca (Squire y Au, 1990). Los mismos autores explicaron el alto grado de interacción con las pesquerías deportivas localizadas dentro del Área Toral, y que ha sido motivo de la mayor parte de las actuales medidas de regulación.

De acuerdo con la normatividad vigente, el acceso a las áreas de pesca de alto rendimiento estaría restringido a la región oceánica localizada al oeste de la franja de 50 millas, y fuera del polígono de exclusión, delimitado por el trazo de una línea imaginaria entre los puntos definidos por las coordenadas geográficas siguientes: desde la intersección del límite de la franja de 50 millas con el paralelo 28°N (frente a la costa occidental de la península de Baja California) hasta las coordenadas 28°N 117°O, continuando en dirección SSW, hasta las coordenadas 20°N 110°O, y terminando en la intersección del paralelo 20°N con el límite de la franja de 50 millas, frente a las costas de Jalisco (Fig. 10). Lo anterior implica que las áreas de alto rendimiento, accesibles a la pesca comercial de marlin rayado con palangre de deriva, se reducen aproximadamente al 35% del Área Toral, y alrededor del 60% del Área Índice, según las denominaciones utilizadas por Squire y Au (1990).

La normatividad vigente ha sido cuestionada por el sector comercial, y particularmente por grupos interesados en el aprovechamiento del pez espada, cuyas zonas de pesca en el noroeste del Pacífico mexicano se

encuentran contenidas parcialmente en los mencionados polígonos de exclusión. Dicho sector ha gestionado ante la Autoridad pesquera que el pez espada sea excluido del Artículo 84 del Reglamento a la Ley de Pesca, argumentando que dicha especie tiene una participación mínima en las capturas deportivas de la región (lo cual es cierto), y que la reglamentación actual obliga a la flota a pescar en áreas de menor rendimiento, incrementando sus costos de operación (Documento Anónimo, presentado por Pesquera Integral Isla Bonita, 1995). La exclusión del pez espada del citado Artículo 84, implicaría en términos de la normatividad vigente, un acceso irrestricto de la flota agallera y o palangrera, con permisos de pesca para pez espada, al área Toral del marlin rayado, en coincidencia con las áreas de pesca preferenciales reportadas para la empresa Copemapro (Macías-Zamora, 1993). En dichas áreas, el marlin rayado y el pez espada contribuyeron con el 46% y el 42% de la captura total, respectivamente (Tabla 3), bajo condiciones de una operación regular con palangre convencional. Evidentemente, una incidentalidad del 46% de captura de marlin rayado, en cualquier tipo de pesquería, sería cuestionable.

En Opinión Técnica emitida por al INP, en relación con solicitudes de permiso para la pesca comercial de pez espada, tanto con redes de enmalle como con palangre, presentadas por 10 empresas con base en el puerto de Ensenada, B.C., Ulloa-Ramírez *et al*. (1996) valoraron de manera favorable el impacto de las medidas regulatorias impuestas por la normatividad actual, pero recomendaron otorgar los permisos correspondientes, en modalidad de Pesca de Fomento, con objeto de obtener información biológico-pesquera y tecnológica de la pesquería, y evaluar su impacto. Entre los objetivos se contempla la posibilidad de reconvertir algunas embarcaciones agalleras a palangreras, reestructurando el arte y la maniobra de pesca para hacerlo más selectivo, con la intención de minimizar la captura incidental de marlin rayado, y optimizar la de pez espada. Sin embargo, hasta el momento no se tiene conocimiento de resultados derivados de dichas investigaciones.

Actualmente, el número de embarcaciones autorizadas para realizar actividades de pesca de pez espada es de 48. La flota opera fundamentalmente a lo largo de la costa occidental de la península de Baja California, y registra sus mayores capturas de octubre a marzo (Ulloa-Ramírez, 1996), coincidiendo, durante los últimos cuatro meses con la época de mayor incidencia de marlin rayado en la zona de Los Cabos (diciembre a marzo, Fig. 8b). Aunque jurídicamente dichas actividades están sujetas a la normatividad vigente (por tratarse de una especie reservada a la pesca deportiva), esto no siempre ocurre así, siendo frecuentes sus incursiones dentro del polígono de exclusión que rodea el extremo meridional de la península de Baja California, y de la franja de 50 millas (Pedro Ulloa, comunicación personal). Por lo anterior, es indispensable que la captura incidental de marlin rayado (así como las de tiburones y de otras especies que conforman la captura incidental en esta pesquería), obtenidas al amparo de permisos de pesca de pez espada, sean debidamente cuantificadas, a fin de que su impacto sobre las poblaciones correspondientes pueda ser evaluado.

Por otra parte, las pesquerías artesanal ribereña y de mediana altura de tiburón no se encuentran obligadas a observar las disposiciones referentes a la franja de 50 millas, y los polígonos de exclusión contemplados en la regulación para la pesca comercial de peces de pico. Sin embargo, el Proyecto de Norma Oficial PROY-NOM-029-PESC-1999, que pretende regular las pesquerías de tiburón con embarcaciones de bandera mexicana, contempla que las capturas incidentales obtenidas por dichas unidades de pesquería sean reportadas a la Autoridad Pesquera de manera sistemática y obligatoria. Tal disposición es consistente con la propuesta de acumular las capturas incidentales de marlin rayado, obtenidas por otras pesquerías, de manera que puedan ajustarse a límite establecido para su aprovechamiento sustentable.

Por su parte, las pesquerías deportivas en la región refieren un crecimiento sostenido, que demanda una fracción cada vez mayor de las existencias disponibles del recurso. Parte de dicha demanda ha sido provista por la política de "capturar y liberar", que ha sido promovida intensamente por clubes, asociaciones y prestadores de servicios de pesca deportiva. Dichas organizaciones sostienen que mediante técnicas adecuadas de pesca y de manejo de los individuos capturados, es posible garantizar una elevada probabilidad de sobrevivencia. La evidencia científicamente documentada disponible indica que dicha probabilidad de sobrevivencia es del 91% (Holts y Prescott, 1999), pero esta se sustenta a su vez en una experiencia acumulada de 44,400 peces de pico marcados y liberados, según registros de The Billfish Tagging Program,

actualmente bajo el auspicio del Southwest Fisheries Science Center, de la Jolla California. Contrariamente, la suposición de que los organismos liberados por la pesquería deportiva no sobreviven a su captura, implicaría la anulación de la totalidad del potencial excedente.

Por su parte, las tendencias registradas en la pesquería deportiva de la región (1985-99) indican que el esfuerzo ha aumentado a un ritmo mayor que la captura, y aunque los índices de CPUE aún denotan una tendencia ascendente, su pendiente es inferior a la del esfuerzo (Fig. 9). Concomitantemente, las tallas y pesos medios de captura registraron una disminución progresiva durante la primera mitad de los 90s, que no ha alcanzado su total recuperación (Fig. 4). Dichos resultados podrían indicar que la pesquería deportiva se está aproximando a su nivel de equilibrio. La zona de Los Cabos, ubicada en el centro del Área Toral, contribuye con la mayor parte de la variación observada, y consecuentemente, está expuesta a experimentar la mayor parte de los efectos de la interacción con la pesca comercial.

▼*Conclusión*

El análisis de la pesquería de marlin rayado con palangre de deriva, entre 1963 a 1990, indica que el recurso cuenta con potencial de desarrollo. El rendimiento máximo sostenible se estimó en 57 mil ejemplares (con un esfuerzo de 3.553 millones de anzuelos anuales). La estimación anterior asume la ausencia de pesca comercial durante el periodo 1990-2000, y que los efectos de la pesquería deportiva y de la captura obtenida por otras flotas, hasta antes de 1990, se encuentran contenidos dentro de la variación de la pesquería comercial. En esos términos, el modelo aplicado predice la virtual restauración de la biomasa inicial, poco después del año 2000.

El resultado anterior, sin embargo, es improbable dado que durante los últimos 10 años el recurso ha estado expuesto a ser capturado incidentalmente por las pesquerías de túnidos, escama, tiburones y pez espada, ya sea con palangres o redes de enmalle. No ha sido posible acceder a información sobre los volúmenes de marlin rayado capturados por dichas pesquerías, por lo que se consideró la simulación de una captura constante, equivalente a la del promedio de la pesquería mexicana, de 1980 a 1990. Con base en lo anterior, los excedentes disponibles disminuyen a 17 mil ejemplares.

Por su parte, las capturas registradas por la pesca deportivo-recreativa de los principales puertos turísticos del Pacífico central refieren un incremento cercano al 30%, que en términos reales implican la muerte de poco más de 5 mil ejemplares adicionales a los considerados como incluidos dentro de la pesquería comercial, una vez deducidas las capturas de organismos liberados. Las consideraciones anteriores reducen el potencial explotable a 12 mil peces anuales, o 391 t.

Debido al diferencial entre las existencias aprovechables estimadas por los escenarios mencionados, se recomienda modificar la normatividad vigente, para que la captura anual acumulada por todas las unidades de pesquería no exceda el rendimiento máximo sostenible de 57,000 peces anuales. Dicha recomendación implica la estricta vigilancia y registro de las capturas incidentales de marlin rayado, tanto en las pesquerías de escama, túnidos, tiburones y pez espada, ya sea con palangres y redes de enmalle, incluyendo las derivadas de la pesca deportivo-recreativa.

Asimismo, se recomienda mantener la vigencia de la franja de 50 millas, y de los polígonos de exclusión para el otorgamiento de permisos de pesca comercial de especies reservadas para la pesca deportiva, en tanto no se cuente con elementos que permitan garantizar que el aprovechamiento comercial de otros recursos no afecte negativamente las existencias legítimamente adjudicables a la pesca deportiva.

Tal recomendación afecta particularmente a la pesquería de pez espada del noroeste del Pacífico mexicano, cuyas zonas de operación se extienden desde la frontera norte hasta los 23°N, a lo largo de la costa occidental de la península de Baja California. Dicha flota demuestra una capacidad de desplazamiento considerable, por lo que puede procurar el recurso en aguas más alejadas de la costa.

Así mismo, se recomienda intensificar las investigaciones orientadas a la optimización de la selectividad de pesca de pez espada con palangres de deriva, con objeto de minimizar su impacto sobre las existencias de marlin rayado, y promover la progresiva desaparición de artes de pesca poco selectivos, como las redes agalleras de deriva. El logro de dichos objetivos permitiría excluir al pez espada del grupo de especies actualmente reservadas para la pesca deportivo-recreativa, contemplada en el Artículo 84 del Reglamento a la Ley de Pesca.

REFERENCIAS

Abitia-Cardenas, L. A. 1992. Espectro trófico energético del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlin azul Makaira mazara (Jordan y Snyder, 1901), del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S..

Anónimo. 1999. Annual Report of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1997. (Tabla 39). La Jolla, California. 1999. ISSN: 0074-1000.

Anónimo, 1995. Resumen Ejecutivo. Problemas de la Pesquería de Pez Espada en México. Propuesta de Soluciones. Pesquera Integral Isla Bonita. Ensenada B.C. (inedito).

Bedford, D. 1985. Pelagic shark/swordfish drift gillnet fishery. Management Information Document. Disponible en California Departement of Fish and Game State Fisheries Library, Long Beach, CA. 74p.

Beltrán P.R., T. Campos A. & G. Bravo M. 1997. "Informe técnico anual de la captura de picudos y especies afines durante, por la flota deportiva de Mazatlán, Sinaloa." Documento interno, CRIP Mazatlán, Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inedito).

Castillo, G.J.L., F. Márquez F., A. Cid del Prado V., S.R. Soriano V., D. Corro E. & C. Ramírez S. 2000a. Tiburones del Pacífico Mexicano. (Pesquería Artesanal). *En*: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo, 1997-1998. INP-SEMARNAP, pp:155-195.

Ditton, R.B., S.R. Grimes, & L. D. Finkelstein, 1996. "A Social and Economic Study of the Recreational Billfish Fishery in the Southern Baja Area of Mexico". Prepared for The Billfish Foundation, in Cooperation with the Los Cabos Sportfishing Association, through a research contract with Texas A & M University. 28p.

Eldridge, Maxwell B. & Paul G. Wares, 1974. "Some Biological Observations of Billfishes Taken in the Eastern Pacific Ocean, 1967-1970". In R. Shomura and F. Williams (eds.), Proc. Int. Billfish Symp., Kailua Kona, HI, 1972. Part 2: Review and Contributed Papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675. pp: 89-101.

FAO, 1992. Yearbook of fisheries statistics. Catches and Landings, 1990. 70.

FAO, 1996. Precautionary approach to fisheries. Part 1: Guidelines on the precautionary approach to capture fisheries and specie introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350/1. Rome, FAO.

González-Armas, R., R. Funes-Rodríguez, & V. A. Levy-Pérez. 1993. Primer registro de larvas de marlin rayado (*Tetrapturus audax*), (Scombroidei: Istiophoridae) en las costas de Jalisco, Pacífico Oriental de México. Rev. Biol. Trop. 41: 919-920.

González-Armas, R., O. Sosa-Nishizaki, R. Funes-Rodríguez & V. A. Levy-Pérez. 1999. Confirmation of the spawning area of the striped marlin Tetrapturus audax, in the so-called core area of the eastern tropical Pacific off México. Fish. Oceanogr. 8(3): 238-242.

Graves, J.. E. & J. R. McDowell. 1994. Genetic analysis of striped marlin (*Tetrapturus audax*) population structure in the Pacific ocean. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 1762-1768.

Hanamoto, E. 1974. Fishery-Oceanographic studies of striped marlin Tetrapturus audax. In waters off Baja California. I. Fishing conditions in relation to the thermocline. *En*: R. Shomura and F. Williams (Eds.). Proc. International Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1972. Part 2. Contributed Papers, pp 302-308.

Hanan, D. A., D. B. Holts & A.L. Coan. 1993. The California drift gill net fishery for sharks and swordfish, 1981-82 through 199-91. Fish. Bull. 175.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. Monographs in Population Biology. Princeton Academic Press.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative Fiseries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman-Hall, New York.

Holts, D. B. & D. W. Prescott, 1999. 1999 Billfish Newsletter. SFSC, NMFS-NOAA. La Jolla CA. http://swfsc.nmfs.noaa.gov/billfish/bnl99/bnl99.html).

Howard, J.K. & S. Uyanagi. 1965. Distribution and Relative Abundance of Billfishes (Istiophoridae) of the Pacific Ocean. Univ. Miami Inst. Mar Sci. Stud. Trop. Oceanogr. 2: 1-134.

Joseph, J., W. Klawe & P. Murphy, 1986. Atúnes y peces espada -los peces sin patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla California, 1986. 46pp.

Klett-Traulsen, A. & S. Rodríguez-Rodríguez. 1989. Contribución al estudio del desarrollo gonádico del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887). VII Simposio Int. Biól. Mar., La Paz,B.C.S. 45-53 p.

Klett-Traulsen, A., G. Ponce-Díaz & S. Ortega-García, 1996b. Pesquería Deportivo-Recreativa. *En*: M. Casas-Valdez & G. Ponce-Díaz (Ed). Potencial Pesquero y Acuícola del Estado de Baja California Sur. La Paz, B.C.S. ll: 389-418.

Kume, S. & J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean, east of 130°W. Bulletin 2. September 1969. Far Seas Fisheries Research Laboratoy, Shimizu 424, Japan. pp 115-162.

Macías-Zamora, R. 1993. Relaciones entre la pesca deportiva y comercial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., 1993. 71 pp.

Macías-Zamora, R., A. L. Vidaurri-Sotelo & H. Santana-Hernández. 1994. Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pasquería del pez vela en el Pacífico mexicano. Ciencias Marinas, 20(3): 287-440.

McAllister, M. K. & G. P. Kirkwood. 1998. Using Bayesian stock decision analysis to help achieve a precautionary approach for managing developing fisheries. Can. J. Fish. and Aquatic Sci. 55: 2642-2661.

Melo-Barrera, F. N. 1998. Edad y crecimiento del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Phillipi, 1887), en la zona de Cabo San Lucas, B.C.S.. Tesis de Maestría, CICIMAR-IPN, La Paz, B.C.S., 1998. 72p.

Mendizabal y Oriza D., R. Vélez M., S.R. Soriano V. & J.L. Castillo G. 2000b. Tiburones Oceánicos. *En*: Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo, 1997-1998. INP-SEMARNAP, pp: 127-151.

Nakamura, I. 1985. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fisheries Synopsis. 125, Vol. 5. 65p.

Ochoa-Báez, R.I., G. Ponce-Díaz, F. Galván-Magaña, P. González-Ramírez, S. Ortega-García, J. R. Torres-Villegas, E. Arcos-Huitrón, G. García-Melgar, M. Camacho-Valdez, & A. Zamarrón. 1989. Estudios biológicos en dos especies de peces picudos en el área de Los cabos, B.C.S., México. Informe Técnico CICIMAR-INP (inedito).

Polanco, E. y colaboradores. 1988. Situación actual de la pesquería mexicana de picudos del Pacífico oriental. Situación Actual de las Principales Pesquerías Mexicanas. Cap. I. Pesquerías Pelágicas. SEPESCA. Primera edición 1988. ISBN-968-817-172-3. P. 111-167.

Ponce-Díaz, G., S. Ortega-García, & P. G. González Ramírez. 1991. Análisis de tallas y relación peso-longitud del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Phillipi, 1887) en Baja California Sur, México. Ciencias Marinas, 17(4): 69-82.

Ricker, W. E. 1975. Computation and iterpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board of Can. 191: 382p.

Rodríguez de la Cruz, M.C. & R. H. Presbítero. 1990. Estudio preliminar para la ordenación de las pesquerías de picudos en la Zona Económica Exclusiva de México. Informe Técnico. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. SEPESCA. (inedito).

Squire, J. L. & Z. Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific ocean. *En:* Richard R. Stroud (ed.). Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. Proc. Of the second international Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1988. Part 2. Contributed Papers, p. 67-80.

Squire, J. L. & D.W.K. Au. 1990. Striped marlin in rhe northeast Pacific -A case for local depletion and core area management. *En*: Richard R. Stroud (ed.). Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond. Proc. Of the second international Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1988. Part 2. Contributed Papers, p. 199-214.

Ueyanagi, S., & P. Wares. 1974. Synopsis of biological data on striped marlin *Tetrapturus audax* (Phillipi), 1887. *En*: R. Shomura & F. Williams (eds.). Proc. International Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1972. Part 3. Species Synopses, p. 132-159.

Ulloa-Ramírez, P., L. V. González-Ania & P. Arena-Fuentes, 1996. Opinión Técnica para otorgar permisos de pesca de fomento a embarcaciones de pesca bandera nacional, que operen en aguas de la Zona Económica Exclusiva de México en el océano Pacífico. Informe Técnico. Instituto Nacional de la Pesca (inedito). 20p.

Uosaki, K. & W. H. Bayliff. 1999. A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1988-1992. Inter-Amer. Tuna Comm., Bull. 21, (6): 275-488.

Wares, P.G. & G. Sakagawa. 1974. Some morphometrics of billfishes from the eastern Pacific ocean. *En*: R. Shomura & F. Williams (eds.). Proc. International Billfish Symp., Kailua-Kona, Hawaii, 1972. Part 2. Contributed Papers, 107-120.

amarilla
amarilla
aleta azul
azul
azul
aleta
Atún
barrilete
barrilete
patudo
azul
atún aleta
atún aleta
amarilla
amarilla
patudo
azul

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ATÚN DEL OCÉANO PACÍFICO

ESPECIES: Atún aleta amarilla *(Thunnus albacares)* y barrilete *(Katsuwonus pelamis).*

- México pesca el 34% del volumen total capturado en el Pacífico oriental tropical.
- La pesca con cerco se realiza en tres modalidades: sobre cardúmenes asociados a delfines, a objetos flotantes y de cardúmenes libres.
- Todos los viajes de pesca llevan observadores a bordo.
- Después de 10 años de embargo, se espera que México se reincorpore al mercado estadounidense, con la etiqueta "dolphin safe".
- Los estudios más recientes sobre poblaciones de delfines indican que éstas no se ven afectadas por la tasa de mortalidad incidental, que es cercana a cero.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1997: 168,373 t. (MÁXIMO HISTÓRICO)
- Captura 1999: En disminución, con 147,261 t.

EFECTOS ENSO 97-98

- Favorece el reclutamiento e incrementa el hábitat por la profundización de la termoclina, reduciendo la vulnerabilidad de captura.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Rendimiento por Reduta (RPR).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible.

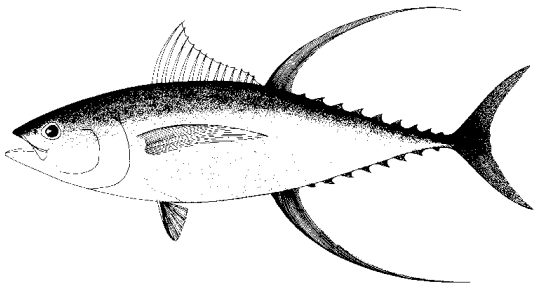
MEDIDAS DE MANEJO

- Límite de mortalidad incidental de delfines por barco (LMD), cuota global para el atún aleta amarilla en el océano Pacífico oriental, con posible cierre de zonas (NOM-EM-002-PESC-1999).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger a los delfines asociados a los cardúmenes.

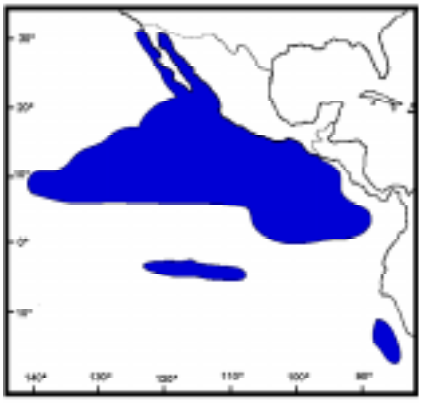
Atún del Océano Pacífico



Thunnus albacares
Katsuwonus pelamis

LA PESQUERÍA:

Importancia



La pesca de túnidos en el mundo sobrepasa los tres millones de toneladas métricas anuales. El océano Pacífico aporta aproximadamente el 65 % de esas capturas. La especie más importante en términos de volumen de captura, a nivel mundial, es el barrilete, *Katsuwonus pelamis* (49%). Sin embargo, otras especies de túnidos, aunque con volúmenes de captura menores, alcanzan un mayor valor comercial en función de la calidad del producto al llegar a puerto, el tamaño de los organismos capturados y aspectos de oferta y demanda. En 1996, el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares*, aportó el 33% de la captura, el patudo, *T. obesus,* 10%, la albacora, *T. alalunga*, 6% y el atún aleta azul, *T. thynnus*, el 2%.

En el océano Pacífico oriental (OPO) , la pesquería de atún se ha enfocado históricamente a la captura de atún aleta amarilla, que representa en los últimos 10 años un 60% de la captura total de esa zona.

La captura de atún del océano Pacífico oriental, constituye el 13% de la captura total de túnidos a nivel mundial; México aporta el 34% del total de la zona

En el OPO pescan atunes los barcos de 13 países, siendo la flota mexicana la más importante en términos de capacidad de carga, número de embarcaciones de gran capacidad de acarreo y volúmenes de captura. Esta región aporta aproximadamente el 13% de la captura total de atún en el mundo. La pesquería mexicana del atún en esta región se lleva a cabo dentro de la Zona Económica Exclusiva, principalmente en la costa occidental de Baja California Sur, la entrada y parte sur del Golfo de California, y cerca de las islas Revillagigedo. En aguas internacionales, la pesca mexicana se realiza en una franja que tiene como eje los 10º de latitud norte, y se extiende mar adentro aproximadamente hasta los 140º de longitud oeste (Fig. 1).

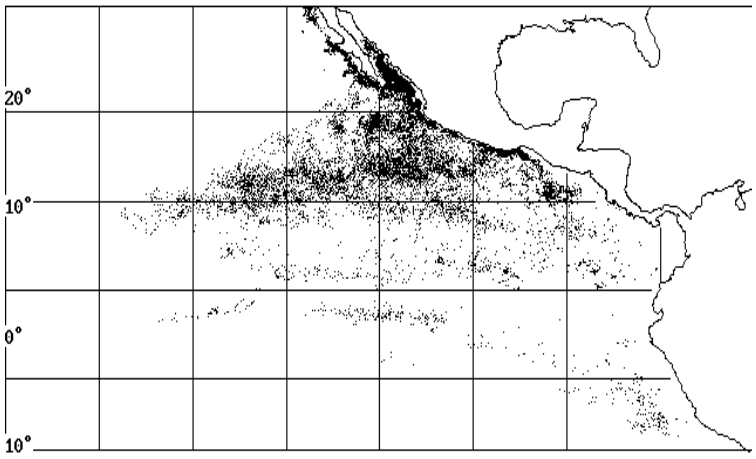


Fig. 1. Zonas de pesca de la flota mexicana. Fuente: Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección de Delfines.

La captura está compuesta principalmente por el atún de aleta amarilla (75%-90%), el barrilete (7%-20%) y otras especies (5%) como el patudo, el albacora, el aleta azul y el bonito

En México, el atún es la segunda pesquería en volumen, después de la sardina y la segunda en valor, después del camarón. De los 11 estados costeros del Pacífico mexicano, es en Sinaloa, Baja California y Colima donde se descarga en la actualidad el 89% del atún (SEMARNAP, 1999).

El atún aleta amarilla constituye en los últimos años entre 75% y 90% de la captura anual de la flota mexicana, el barrilete representa entre 7% y 20%, mientras que las otras especies (aleta azul, patudo, albacora, bonito) conforman menos del 5% de la captura. Estos porcentajes varían en función de la proporción del tipo de lances que se efectúen, de las condiciones oceanográficas presentes y de la abundancia misma de estos recursos.

La pesquería mexicana de atún en el océano Pacífico comenzó con embarcaciones extranjeras en los años treinta, mientras que barcos mexicanos incursionaron a partir de 1950. Antes de este año la pesquería era mayormente de tipo artesanal. La flota atunera mexicana se desarrolló rápidamente durante los años setenta y ochenta; de 11 barcos en 1970, creció a casi 90 en tan sólo 15 años (Polanco *et al.*, 1987). El número de plantas procesadoras, la capacidad portuaria y las utilidades por exportación también subieron en ese periodo. El desarrollo de las capturas por la flota mexicana ha sido sostenido desde 1989 y para 1997 se obtuvo el máximo para todos los atunes y similares con 168,373 t (SEMARNAP, 1999).

La industria del atún en México ha sido afectada por la imposición de embargos por parte de Estados Unidos, que es uno de los principales consumidores de atún enlatado en el mundo. El primer embargo comenzó en 1980 cuando México ejerció sus derechos de soberanía territorial contra embarcaciones estadounidenses (Castro, 1989). El embargo fue levantado porque de acuerdo a la legislación americana, al no haber más detenciones en un determinado período, las sanciones debían levantarse (SEMARNAP, 1998).

El segundo embargo fue impuesto en 1990 porque se consideró que México, junto con otras naciones, tenía una tasa de captura incidental de delfines mayor a la registrada por la flota estadounidense, de acuerdo con lo estipulado en la Ley de Protección a los Mamíferos Marinos. Esta es una más de las presiones hacia México en el ámbito pesquero, desde los inicios de esta pesquería, motivada por intereses económicos y el control de la misma.

En 1991, México solicitó al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT), que un grupo especial analizara las restricciones impuestas por Estados Unidos. El panel dio su fallo en favor de México, pero éste decidió no continuar la demanda para evitar problemas durante las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (McLaughlin, 1994). Finalmente, el Congreso de Estados Unidos votó el 30 de julio de 1997 a favor del levantamiento del embargo, mediante un proyecto legislativo para modificar la Ley de Protección de Mamíferos Marinos; esto permitiría la importación de atún mexicano a Estados Unidos a partir del primer trimestre de 1998. La legislación contemplaba la modificación del etiquetado "dolphin safe" para marzo de 1999. Esta modificación del etiquetado se hizo efectiva a partir de 2000; aunque la resolución definitiva depende de los resultados de los estudios del NMFS sobre las poblaciones de delfines.

Biología

La familia Scombridae agrupa 49 especies, en su mayoría individuos epipelágicos marinos. Muchas especies de esta familia no poseen una vejiga natatoria rudimentaria, lo que obliga a estos peces a andar en continuo movimiento para mantenerse a cierta profundidad. El grupo de los atunes propiamente dicho, incluye a cuatro géneros con una característica única entre los peces teleósteos. Poseen un sistema de contracorriente de intercambio de calor entre venas y arterias, para retener el calor metabólico, lo cual permite que el pez tenga una temperatura más alta que el agua circundante (Collette, 1978). Este mecanismo, de termoregulación le da la posibilidad a estos organismos de extender su hábitat y mantener un nivel adecuado de actividad metabólica.

El atún posee un sistema de contracorriente de intercambio de calor que le permite tener una temperatura corporal más alta que el agua circundante

La mayoría de las especies de atunes son capaces de recorrer grandes distancias, y se les conoce como nadadores incansables.

Los atunes son cosmopolitas; generalmente prefieren los hábitats oceánicos; son altamente migratorios y se agrupan formando cardúmenes.

El atún aleta amarilla se distribuye en aguas tropicales y subtropicales entre los paralelos 40^0 norte y 40^0 sur. En aguas mexicanas se encuentra a lo largo de la costa del Pacífico, en la parte sur y media del Golfo de California e islas Revillagigedo; alcanza una longitud furcal máxima de casi 200 cm, aunque en la pesquería se capturan desde los 40 cm de longitud hasta los 160 cm, aproximadamente. Los cardúmenes con tallas mayores frecuentemente se asocian con delfines.

El peso máximo es de 176 kg, aunque el peso promedio de captura es de aproximadamente 20 kg. Este peso promedio está en función de las áreas de captura y de la proporción de lances sobre los diferentes tipos de cardúmenes (asociados a delfines, a objetos flotantes y cardumenes libres o brisas). El atún aleta amarilla se encuentra en un rango de temperaturas de 18 ^{0}C a 31 ^{0}C; su distribución vertical parece estar afectada por la estructura térmica de la columna de agua, generalmente por arriba de la termoclina. (Cole, 1980).

El atún de aleta amarilla del Pacífico oriental constituye una población independiente de otras zonas del Pacífico. Alcanza una longitud furcal máxima de casi 200 cm y un peso máximo de 176 kg

Esta especie se reproduce todo el año, pero en diferentes áreas se alcanzan los valores más altos en diferentes épocas (Cole, 1980**).** El desove se realiza en aguas tropicales y subtropicales frecuentemente cerca de la costa. Los huevos y las larvas son planctónicas. Los organismos adultos son depredadores activos que se alimentan de grandes presas, pequeños peces, crustáceos y calamares.

Las causas de la asociación atún-delfín no son conocidas del todo. González (1989) enlista algunas hipótesis:

- Algunos hábitos del atún aleta amarilla y del delfín manchado (*Stenella attenuata*) son similares, como su alimentación, basada en especies pelágicas y epipelágicas de peces y calamares. El atún obtendría provecho de la interacción, utilizando las habilidades de los delfines para detectar más fácilmente a sus presas. Lo que aún está a discusión es si entre ambos grupos de animales existe una relación de competencia o de mutualismo. Sin embargo, se ha probado que los hábitos alimenticios del atún aleta amarilla y de los delfines con los que se asocia son diferentes. El atún es oportunista. En un estudio de contenido estomacal de atunes y delfines (Galván-Magaña y Olson, 1998), se encontraron estómagos vacíos y otros llenos a diferentes horas del día. Los delfines aparentemente se alimentan de preferencia en la noche, al realizar inmersiones para capturar a sus presas que se desplazan verticalmente desde aguas más profundas.

- Al asociarse atunes y delfines de tallas similares, disminuye la probabilidad de ataque por depredadores, como los tiburones y las orcas.

- Para los delfines, el atún serviría como un falso fondo protector en aguas profundas, lo que daría seguridad a la manada.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesca de atún en el OPO se realiza durante todo el año, sin presentarse una estacionalidad muy marcada, con un patrón de capturas relativamente estable durante los últimos años. La abundancia de este recurso se ve afectada por perturbaciones climáticas notables, como es el caso del fenómeno "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS), que influye directamente en las condiciones ambientales.

El fenómeno de "El Niño-Oscilación del Sur" (ENOS), influye en la abundancia del atún, ya que este recurso es sensible a los cambios climáticos

La flota atunera mexicana está compuesta de cinco tipos de embarcaciones: el atunero cerquero prototipo, el atunero varero prototipo, el sardinero cerquero modificado, el escamero palangrero modificado y el palangrero prototipo. La *tabla 1* muestra el número registrado de cada tipo y la *tabla 2* su capacidad de carga por entidad en el Pacífico mexicano.

El aleta amarilla forma grandes cardúmenes que se asocian a manadas de delfines en altamar y, al efectuar lances con redes de cerco, algunos delfines pueden quedar atrapados. Sin embargo, la tecnología desarrollada en los sistemas de pesca, como las maniobras de liberación, han permitido la reducción de la captura incidental de los delfines.

En México, para la captura de atún se utiliza principalmente la red de cerco que mide de 1,190 a 1,550 m de longitud y cuenta de 12 a 18 paños de profundidad (entre 132 y 198 m), de acuerdo al tamaño y capacidad de la embarcación.

Para capturar el atún, se lanza la red formando un círculo con ella; la relinga inferior está provista de anillas por las cuales pasa un cable llamado jareta, el cual se utiliza para cerrar la red por debajo. De esta forma queda atrapado el cardumen de atún. Posteriormente los atunes capturados son depositados en las bodegas de la embarcación y mantenidos a una temperatura aproximada de –17º C.

Para la captura de atún a nivel mundial se utilizan diferentes artes de pesca, lo mismo que en el océano Pacífico oriental, siendo la red de cerco el arte de pesca más utilizado.

Tabla 1. Composición de la flota atunera mexicana en el océano Pacífico (SEMARNAP 2000).

TIPO DE EMBARCACION	ATUNERO CERQUERO PROTOTIPO	ATUNERO VARERO PROTOTIPO	SARDINERO CERQUERO MODIFICADO	TOTAL
Estado				
Baja California	41	15	1	57
Baja California Sur	3		2	5
Sonora	2			2
Sinaloa	16			16
Colima	5	1		6
Total	67	16	3	86

Sin embargo existen otros sistemas de pesca pesca con carnada viva (usando "vara") y el palangre.

La vara es un arte de pesca muy sencillo, que consiste en una vara de bambú ó de fibra de vidrio, un cordel y un anzuelo. Al inicio de la pesquería el anzuelo se encarnaba con anchovetas vivas. En la actualidad los anzuelos se forran con señuelos o cebos artificiales y la carnada viva se esparce en la superficie.

El palangre consiste en una línea principal, llamada línea madre horizontal, que puede llegar a medir hasta 50 millas náuticas, y líneas secundarias verticales llamadas reinales, que miden entre 18 y 24 m de longitud. Generalmente hay cuatro reinales entre boya y boya y entre éstas hay una distancia de 250 m.

Como carnada se utiliza macarela o calamar. El calado de la línea dura aproximadamente cinco horas, y por lance se encarnan hasta 2,000 anzuelos; el recobre del palangre dura entre 10 y 12 horas.

▼ *Tendencias históricas*

La pesquería del atún en el OPO tuvo sus orígenes en California, en 1903, cuando fue enlatada por primera vez la albacora. Debido a que la captura de esta especie sólo era accesible a los pescadores durante los meses de verano y otoño y la demanda de la industria iba en aumento, en 1916 se inició el procesamiento de atún aleta amarilla, y posteriormente de barrilete.

Con el objeto de aumentar las capturas locales de las especies de atún que aparecían frente a las costas de California, la pesca se extendió a la región de Baja California, en donde el atún aleta amarilla y el barrilete se encontraban en mayor abundancia.

Tabla 2. Capacidad de carga de la flota mexicana en el océano Pacífico (SEMARNAP 2000).

ESTADO	CAPACIDAD DE CARGA (t)				TOTAL
	20-100	100-400	400-750	+750	
Baja California	4	23	5	25	57
Baja California Sur		5			5
Sonora	2				2
Sinaloa	2	2	1	11	16
Colima		2		4	6
Total	8	32	6	40	86

En México, la captura comercial de atún se inició en el año de 1930, poco tiempo después de que fue establecida la planta empacadora de Cabo San Lucas, destinada en principio a procesar el producto de los barcos vareros de la flota californiana. Posteriormente, en el año de 1958, se estableció en Ensenada, B. C., la empresa Atún Mex, para dedicarse tanto a la captura como al procesamiento del atún (Pedrin, 1962).

La pesca con vara predominó hasta 1960. Con la invención de la pasteca hidráulica, el desarrollo de las fibras sintéticas y el mejoramiento de los sistemas de refrigeración, de manera simultánea se propició la sustitución y conversión de estos barcos por embarcaciones de cerco que aumentaron en número por su alta eficiencia. (Mcneely. L. R., 1961).

En 1940 sólo había cuatro barcos atuneros en México, siete en 1965 y 11 en 1970. Fue durante la década de los setentas que tanto el número de embarcaciones como la capacidad de carga de la flota aumentaron de manera considerable. Algunas embarcaciones eran propiedad del gobierno federal, otras de cooperativas y de capital privado.

Hacia el final de la década de los años setenta esta flota era ya considerada como un ejemplo de éxito económico y de creciente importancia política (Petterson, 1980). La *Figura 2* muestra el número de barcos atuneros en el país a lo largo de veinte años.

El artículo 62 de la Tercera Convención sobre Derecho del Mar, establece que los Estados que no aprovechen la totalidad de los stocks dentro de su Zona Económica Exclusiva permitirán el acceso a otros países bajo acuerdos previamente establecidos. México aprovecha íntegramente su ZEE para la pesca del atún y sólo se concedió un número limitado de permisos para la pesca comercial durante la década de los años ochenta (Páez-Delgado, 1997).

Durante el periodo 1984-1995, las capturas de aleta amarilla por la flota internacional en el Pacífico oriental experimentaron un rápido crecimiento, alcanzando en 1989 un máximo de 289,375 t y descendiendo a 218,387 t en 1994, con un promedio en este periodo de 242,178 t. Para 1998 fue de aproximadamente 256,600 t (CIAT, 1999a).

La flota mexicana presenta una tendencia relativamente estable en las capturas de atunes (Fig. 3).

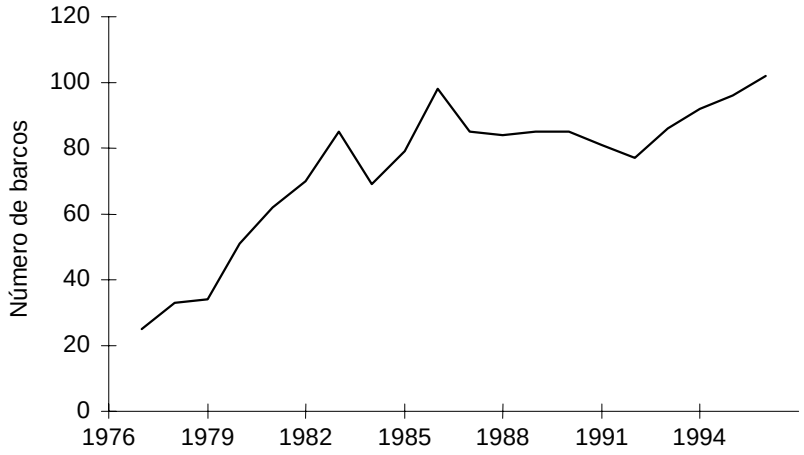


Fig. 2. Tendencia histórica del número de barcos atuneros en México (SEMARNAP, 1999).

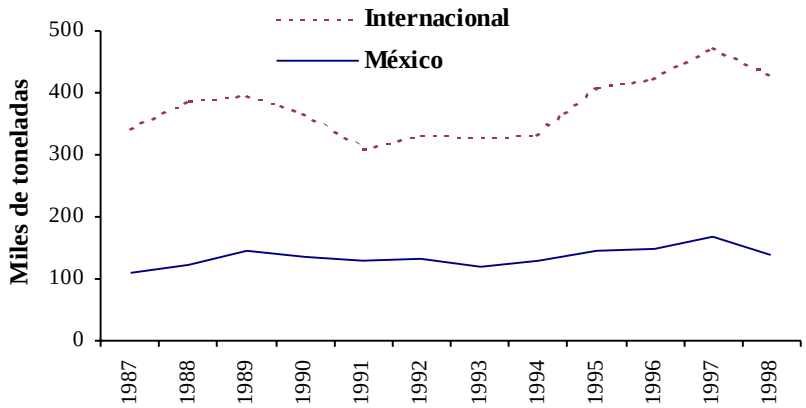


Fig. 3. Tendencia histórica de la captura de atún (varias especies) por la flota atunera internacional y mexicana en el océano Pacífico oriental (SEMARNAP, 1999; CIAT, 1999a).

En 1997 todas las especies capturadas por la flota mexicana en el océano Pacífico oriental comprendieron el máximo histórico de 168,373 t. Con lo que respecta al atún aleta amarilla, que conforma la mayor parte de esa producción, se observó un máximo de 130,107 t en 1989 y descenso a 93,151 t en 1993, con un promedio de 105,460 t. Para 1998 la captura fue de 151,398 t (CIAT, 1999a).

▼ *Pesca incidental*

Existen tres tipos de cardúmenes de atunes: asociados con delfines, asociados a objetos flotantes o palos y cardúmenes libres o brisas.

De estos tres tipos, México realiza el mayor número de lances de pesca sobre cardúmenes asociados con delfines (Fig. 4).

La pesca de cardúmenes de atún asociados con delfines se considera altamente selectiva por capturar principalmente atunes aleta amarilla de tallas grandes que, al menos una vez en su ciclo de vida ya se han reproducido. Este es un factor importante en la sustentabilidad del recurso y en la reducción de los descartes, además de propiciar un mayor valor en el mercado de exportación.

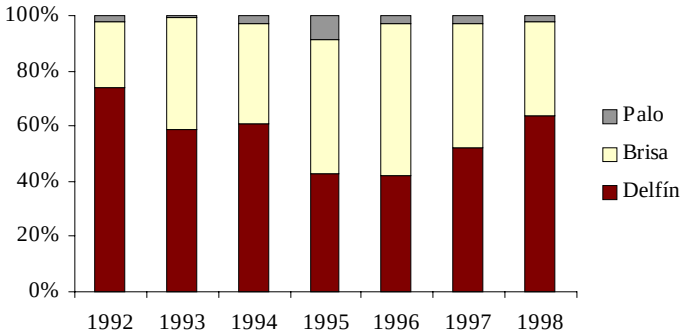


Fig. 4. Porcentaje de lances de la flota mexicana, asociados a delfín, brisa y palos.

En la pesca de atún en cardúmenes asociados a objetos flotantes se captura un elevado número de organismos juveniles, así como gran cantidad de otras especies

Estudios sobre evaluación de stocks de delfines en la zona tropical del océano Pacífico oriental, en particular los involucrados con la pesca del atún, demuestran que las poblaciones de delfines se encuentran estables, sin presentar ningún indicio de declinación a causa de la mortalidad incidental ejercida por la flota atunera internacional. De los delfines que caen en redes de cerco, más del 99.9% son liberados y la tasa de mortalidad de delfines de la flota mexicana en particular en 1999 fue de 0.2 delfines muertos por lance con delfines encerrados. Esta cifra es menor a la impuesta por los E.U.

La pesca de atunes asociados con objetos flotantes captura un elevado número de atunes juveniles y tiene un menor valor comercial. Por esta razón los juveniles, junto con tiburones, picudos, dorados, petos, jureles e incluso tortugas marinas son descartados, lo que puede ocasionar un impacto al ecosistema y hacerla no sustentable (Tabla 3).

En el caso de pesca de atún sobre cardúmenes libres, el problema de los descartes y captura incidental existe, aunque de magnitud inferior, pero se traduce de igual manera en un desperdicio económico y un impacto ecológico (Tabla 4).

Estudios realizados por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) demuestran que si se aplicara la pesca de atún únicamente sobre objetos flotantes y cardúmenes libres, se induciría un daño a la población de atún de aleta amarilla y al ecosistema en su conjunto, además del correspondiente perjuicio económico (Punsly *et al.*, 1994).

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La flota varera de México en 1998, estuvo compuesta por 12 embarcaciones cuyas capacidades de acarreo oscilan entre las 45 y las 140 t. Esta flota aunque está limitada por su dependencia de provisión de la carnada viva (pelágicos menores), capturó un total de 3,900 t (SEMARNAP, 1999) lo que representa el 3% del total de descargas de ese año. Cuando la pesquería estaba dominada por este tipo de embarcaciones, el posible impacto con la pesca de pelágicos menores era mayor.

Tabla 3. Mortalidad incidental de especies en número de ejemplares en 10,000 lances de pesca (promedio anual de esfuerzo pesquero) de atún con red de cerco en los diferentes tipos de cardumen en el océano Pacífico tropical oriental (Fuente: CIAT).

ESPECIES	LANCES ASOCIADOS CON CARDÚMENES LIBRES	LANCES ASOCIADOS CON OBJETOS FLOTANTES	LANCES ASOCIADOS CON DELFINES
Delfines	8	25	5,000
Atunes juveniles	2,430,000	130,080,000	70,000
Dorado	2,100	513,870	100
Tiburones	12,200	139,580	-----
Peto	530	118,660	-----
Salmón dorado	270	30,050	-----
Otros peces chicos	1,010	12,680	3
Picudos	1,440	6,540	520
Jurel	-----	2,980	-----
Otros peces grandes	-----	200	30
Tortugas marinas	580	1,020	100
Corvinas	-----	50	-----

Tabla 4. Estimación de descartes por tipo de lance en la pesca de atún aleta amarilla (toneladas métricas) (Fuente CIAT).

	1993			1994		
	LANCES SOBRE DELFINES	LANCES SOBRE CARDÚMENES LIBRES	LANCES SOBRE OBJETOS FLOTANTES	LANCES SOBRE DELFINES	LANCES SOBRE CARDÚMENES LIBRES	LANCES SOBRE OBJETOS FLOTANTES
Captura por lance	17.28	13.47	9.66	18.59	11.26	8.81
Descarte por lance	0.07	0.33	1.79	0.13	0.13	1.48
Porcentaje	0.4	2.4	18.5	0.7	1.2	16.8

En el caso de la pesca con palangre en el océano Pacífico, el atún es capturado de manera incidental, ya que la composición de especies es: 50% tiburones, 45% picudos y 5% de otras especies incluyendo el atún. Los atunes que se capturan con este arte de pesca son de mayor edad.

Por otro lado, la captura incidental de algunas especies especialmente en brisa y objetos flotantes puede tener algún efecto en otras pesquerías de la zona, donde estas especies son el objetivo de la actividad pesquera.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En 1998, la pesquería del atún ocupó el segundo lugar en volumen y en valor a nivel nacional (el primer lugar lo ocupan la sardina y el camarón, respectivamente)

La industria atunera es una de las más importantes de la actividad pesquera nacional. Alcanzó en 1998 el 12.2% en volumen, que la coloca en segundo lugar, superada por la pesquería de sardina en producción y por la del camarón en cuanto a su valor (SEMARNAP, 1999).

Esta pesquería cuenta con una infraestructura de 20 plantas enlatadoras en el Pacífico que permite procesar alrededor de 200 t/hora.

Los principales puertos donde se encuentra instalada la industria son: Ensenada, B.C., Mazatlán, Sin., La Paz, B.C.S. y Manzanillo, Col. procesándose en Mazatlán el 55% de la producción en 1998. La industria tuvo un máximo de 130,181 t de materia prima procesada en 1997. En 1998 se procesaron 114,049 t, con la obtención de 85,059 t de producto final, siendo el enlatado y el congelado los procesos principales (SEMARNAP, 1999). La eficiencia en términos de producción obtenida, se incrementó de un 55% en 1989 hasta 74% en 1998.

▼*Indicadores económicos*

El consumo interno se incrementó como consecuencia de la implementación del embargo atunero por parte de Estados Unidos a partir de 1990, alcanzando una cifra récord en 1994 de 124,000 t, para disminuir en 1995 a 93,200 t de atún. En 1998 aumentó de nuevo a 118,766 t, con un consumo *per capita* de 1.23 kg (SEMARNAP, 1999).

En 1989, se exportó aproximadamente el 80% de la producción nacional (83,483 t) principalmente a Europa y Japón. Con la implementación del embargo atunero en 1990 y la caída en los precios del atún, la industria atunera tuvo la necesidad de incursionar en el mercado interno obteniendo una respuesta extraordinaria, garantizando así proteína barata al consumidor; en 1994 se exportaron únicamente 9,302 t. A partir de 1995 se volvieron a incrementar las exportaciones hasta unas 60 mil t, aunque descendió a 30,000 t en 1998. Estas cifras se refieren a atún capturado sin asociación con delfines (SEMARNAP, 1999).

El valor de las exportaciones ha tenido un comportamiento variable como consecuencia de los embargos impuestos a nuestro país por Estados Unidos; en 1981 las exportaciones alcanzaron un valor de 55.8 millones de dólares, pero con el primer embargo impuesto se redujeron a 8.6 millones de dólares en 1984. Al levantarse el embargo en 1986 se recuperó el valor hasta 57 millones de dólares, alcanzando una cifra récord de 81.9 millones de dólares en 1988.

Con el establecimiento del segundo embargo en 1990, se redujó el valor en el periodo de 1992-1994 a niveles inferiores a 30 millones de dólares, siendo hasta 1995 cuando vuelven a incrementarse alcanzando un valor de 59 millones de dólares (Fig. 5).

Esta pesquería sostiene alrededor de 27,000 empleos directos e indirectos actualmente. Como consecuencia de los embargos, se estima una pérdida de más de 30,000 en los últimos años (CANAINPESCA, com. pers.).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

México, a través de una iniciativa en 1975, generó interés por el estudio y evaluación del fenómeno de asociación entre delfines y atunes, que posteriormente se convirtió en un Programa que implementó la Comisión Interamericana del Atún Tropical con el apoyo de México.

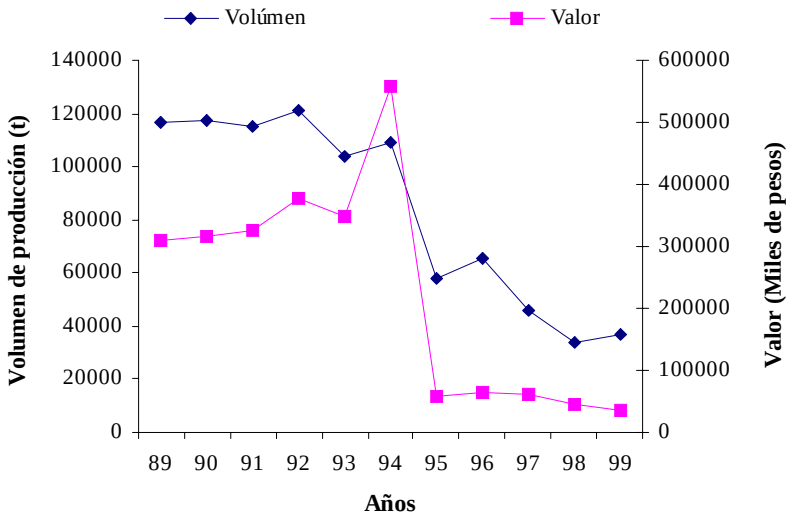


Fig. 5. Volumen y valor de las exportaciones de atún.

Las primeras reglamentaciones mexicanas para la protección del delfín en la pesca de atún con red de cerco se establecieron en 1977, mediante un documento conocido como CIRCULAR NUMERO 20. A partir de entonces, se especificó que para evitar la mortalidad de los delfines, las redes de cerco de la flota atunera nacional deberían integrar un paño protector (llamado paño Medina), cuya característica es que la luz de malla era de dos pulgadas. Además se reglamentó el uso de una balsa rescatadora, la aceptación de observadores a bordo y la obligación de realizar la maniobra de retroceso para facilitar la salida de estos mamíferos marinos.

Desde 1977, México inició las reglamentaciones para la protección al delfín durante las operaciones de pesca del atún. A partir de entonces, se hizo obligatoria la instalación de un dispositivo para evitar la mortalidad de delfines y asimismo, se determinó que es obligatorio ejecutar la maniobra de retroceso, para facilitar la salida de éstos, así como el apoyo de lanchas rápidas con personal que libere a los delfines capturados de manera incidental

Otro requisito es el uso de lanchas rápidas para ayudar en la liberación y rescate de delfines capturados incidentalmente.

En junio de 1990 se prohíbe la realización de lances nocturnos y el uso de explosivos y se cambia el uso del paño Medina por un paño de seguridad ó paño de malla fina de 1.25 pulgadas de luz de malla, con una longitud de 180 brazas (329.5 m) y dos paños de altura (21.96 m).

En septiembre de 1991, se pone en marcha el Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín. A la fecha, el 100% de los atuneros mexicanos llevan observadores entrenados a bordo

El 20 de mayo de 1991 se estableció la creación de un Comité de Expertos que evalúa y califica, semestralmente, el desempeño de la flota atunera. En septiembre de 1991, el Presidente de México, anuncia la puesta en marcha del Programa Nacional de Aprovechamiento del Atún y Protección al Delfín, con una cobertura de observadores del 100% en los viajes de pesca.

En diciembre de 1993 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-PESC-001-1993, en la que se establece una tasa semestral máxima de mortalidad incidental de delfines, que se redujo progresivamente de acuerdo con los resultados obtenidos por la flota.

Con base en la tendencia de reducción de la mortalidad detectada se decretó para el segundo semestre de 1991, el primer límite ó tasa de mortalidad de cuatro delfines por lance; posteriormente han sido establecidas reducciones sucesivas de tasas de mortalidad y desde 1994 hasta el presente año, la tasa máxima de mortalidad incidental establecida ha sido de 1.5 delfines por lance. Esta no ha variado, aún cuando la tasa promedio de mortalidad obtenida por la flota mexicana es alrededor de 0.3 delfines por lance.

Durante 1999, ninguna embarcación sobrepasó el límite establecido por la norma oficial mexicana.

México firmó en 1993, el Acuerdo de La Jolla, en el cual cada año se establece un límite de mortalidad incidental de delfines (LMD) para cada barco que opera en la zona de pesca tropical del océano Pacífico oriental. Estas embarcaciones están sujetas a sanciones si no cumplen con las especificaciones implementadas en dicho acuerdo multilateral. A partir de 1999, México se adhiere a la Comisión.

La NOM-PESC-001-1993 establece una tasa máxima de mortalidad incidental de delfines por semestre. Por otro lado, en el Acuerdo de La Jolla se establece la cuota de mortalidad anual, en número de delfines

El 29 de diciembre de 1999 se publicó la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-002-PESC-1999, sobre pesca responsable de túnidos, así como la normatividad relacionada con su comercialización. Esta norma retoma y actualiza todos los acuerdos y normas oficiales anteriores, en materia de protección de delfines, en el marco de los acuerdos establecidos: Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines (APICD); y la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT). Integra el concepto de "límite de mortalidad incidental de delfines" (LMD) por barco, como medida operativa de pesca sin delfines. Se incluye un Sistema de Seguimiento y Verificación del

La NOM-EM-002-PESC-1999 establece el certificado "atún capturado en lances en los que no resultaron delfines muertos ni gravemente heridos", para permitir la exportación

atún, el cual opera desde el momento de su captura hasta su comercialización, indicando que el producto deberá ser etiquetado al almacenarse en bodega, donde se encontrarán debidamente separados los lotes como: "atún capturado en lances en los que no resulten delfines muertos ni gravemente heridos" y el "atún capturado en lances en los que sí resulten delfines muertos o gravemente heridos".

El lote con etiqueta "atún capturado en lances en los que no resultaron delfines muertos ni gravemente heridos" podrá ser exportado, y deberá estar acompañado de un certificado que expida la PROFEPA. Este certificado, avala la etiqueta "dolphin safe" del producto y permite su exportación.

El cumplimiento de todos estos elementos garantiza simultáneamente la sustentabilidad de la pesquería de atún y la disminución de la mortalidad incidental de delfines, como objetivos del gobierno federal.

Esta pesquería se encuentra bajo el régimen de permisos y concesiones para la explotación de atunes y especies afines en la Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Esta pesquería es de las más estudiadas de nuestro país y cuenta con información colectada directamente por los observadores científicos a bordo de las embarcaciones. Esta información es útil para obtener entre otras cosas, los datos requeridos y de buena calidad para los diversos modelos que se utilizan para evaluar la condición del recurso y plantear estrategias de manejo. Por otro lado, las sinopsis de Cole (1980) y de Wild (1994) son fuentes importantes de información.

▼ *Modelo*

Los modelos son simplificaciones de la realidad y son la vía por la cual se puede intentar interpretar a la realidad misma.

Uno de esos modelos, aplicables a las pesquerías, es el de *Rendimiento Por Recluta (RPR).* El objetivo principal de este modelo es el de determinar la talla o edad "crítica" de captura de una cohorte o grupo de organismos que nacieron en el mismo período. Se basa en dos fenómenos que ocurren al mismo tiempo: la disminución continua del número de organismos que componen a una cohorte, debido a la mortalidad natural, generando una pérdida de biomasa, y por otro lado, el crecimiento de los individuos que produce un incremento en la biomasa total. Con base en estos dos procesos opuestos, de generación y perdida de biomasa de una cohorte, existe una edad para ese grupo de organismos, en que la biomasa es máxima. Ese es, desde el punto de vista de la explotación del recurso, la edad o talla crítica de captura. Sin embargo, desde el punto de vista de operación del esfuerzo de pesca, generalmente no es posible capturar a todos los organismos en la edad óptima. Además existen factores relacionados con la conservación del recurso que no son considerados en este modelo. Uno de estos factores esta relacionado con la reproducción. Es importante que un gran número de organismos alcance la edad adulta y se reproduzca, generando así más biomasa.

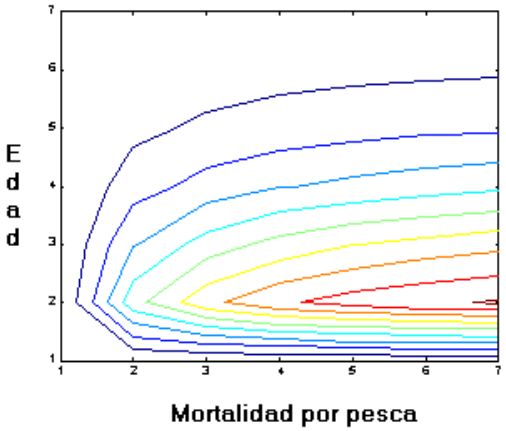


Fig. 6. Modelo de Rendimiento por Recluta.

Si los peces desovan antes de alcanzar el tamaño crítico, no existe peligro, pero si el desove tiene lugar después de que hayan alcanzado el tamaño crítico, y el esfuerzo de pesca es intenso, el número de reproductores se puede reducir al grado de repercutir negativamente en el reclutamiento de años subsiguientes. En consecuencia, el *RPR* máximo no producirá necesariamente un rendimiento máximo.

En el caso del atún aleta amarilla del océano Pacífico tropical oriental, en base a los parámetros poblacionales publicados en Wild (1994), y con el modelo de *RPR* se estima una edad crítica de captura de dos años (Fig. 6). Es un valor cercano al estimado por CIAT (1999b), que considera una edad de dos años y medio.

Se estima que el atún aleta amarilla alcanza su madurez a la edad de dos años. El permitir por lo menos un desove a la mayoría de estos organismos, se puede conseguir parcialmente enfocando la pesquería hacia los cardúmenes asociados a delfines.

Si no se puede controlar el tamaño (edad) de ingreso a la pesquería, la única manera de administrarla es mediante el control de la captura o del esfuerzo. Si el tamaño de reclutas es superior al tamaño crítico, se puede permitir una captura o un esfuerzo mayor que si es inferior, en cuyo caso limitar la captura o el esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Los modelos de biomasa en equilibrio, a diferencia de los modelos de edades, se basan en datos de la totalidad de la población y no de especímenes individuales. La forma de este tipo de modelos es:

$$\frac{dB}{dt} = rB\left(1 - \frac{B}{k}\right) - C = 0 \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

B = biomasa
r = tasa de crecimiento del stock
k = capacidad de carga del sistema
C = captura

Se dice que la población está en equilibrio cuando la tasa de cambio de la biomasa con respecto al tiempo es cero; es decir, cuando el incremento por reclutamiento y crecimiento es compensado por las pérdidas causadas por la mortalidad natural y por pesca. Es más fácil analizar la relación entre el esfuerzo, la captura, y la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), en condiciones de equilibrio, pero es necesario reconocer que rara vez existen estas condiciones.

Este tipo de modelos nos proporciona una estimación de la captura o Rendimiento Máximo que se puede conseguir de manera Sostenible en el tiempo (*RMS*).

Estos modelos son aplicables si existen datos de captura, en un amplio rango de niveles de esfuerzo de pesca, y si las perturbaciones causadas por la fluctuación de las condiciones ambientales no alcanzan a ocultar los cambios en la abundancia relativa, provocados por las variaciones en el esfuerzo de pesca.

Es necesario contar con datos de esfuerzo para estimar el RMS. Esto requiere de un tiempo largo, ya que la población no responde instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también porque las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan la interpretación de los resultados, al no estar incorporadas en los modelos.

Se utilizan *técnicas de regresión* para obtener los parámetros de los modelos de biomasa en equilibrio, usando series de esfuerzo y captura en varios años.

Es necesario como primer paso el definir una medida de esfuerzo de pesca y estandarizarlo debido a las diferencias existentes en poder de pesca de las embarcaciones y otros factores. Con esto es posible contar con un buen indicador de la abundancia de atún (CPUE estandarizada).

Se considera en este caso como unidad de esfuerzo estándar a los días de búsqueda de las embarcaciones de capacidad de acarreo (*c. a.*) superior a las 1,000 t. Esto considerando que son la categoría de embarcación con mayor representatividad en la flota mexicana y flota internacional (mayor esfuerzo, mayor rango de distribución y mayores volúmenes de captura).

Con la información disponible en el “informe diario” de los observadores a bordo de las embarcaciones atuneras, es posible calcular los días de búsqueda, ya que se registra la actividad que realiza el barco a cada momento.

Como segundo paso se estima el esfuerzo total de la flota internacional en términos de días de búsqueda de embarcaciones de *c. a.* superior a las 1,000 t. Esa es la información de entrada a este tipo de modelos.

El RMS estimado por el método de mínimos cuadrados es de 245,000 t. Este valor es muy cercano al de CIAT (1999b), de 270,00 t. Otras estimaciones (Dreyfus,1991) calculan un RMS cercano de 260,000 t. El valor del coeficiente de capturabilidad obtenido (q = 0.00007) es mayor al que la CIAT utiliza desde hace más de dos décadas (q = 0.000039). Esto se debe a que “q” en realidad no es constante, varía con la eficiencia de la flota. CIAT utiliza como categoría de embarcaciones estándar a la formada por embarcaciones con *c. a.* superior a las 400 t. Al existir diferencias de eficiencia importantes dentro de esta categoría, debido entre otras causas, a que las embarcaciones de más de 900 t de c. a. utilizan helicóptero y tienen mayor autonomía, esta clasificación no es la más adecuada.

▼ *Estado actual de la pesquería de atún del Pacífico*

La pesquería del atún aleta amarilla en el océano Pacífico tropical oriental se está explotando a nivel del Rendimiento Máximo Sostenible. Sin embargo, los modelos de biomasa en equilibrio no consideran la

estructura de la población, ni toman en cuenta si la captura está incidiendo sobre juveniles o adultos principalmente.

Esto explica parcialmente que las estimaciones de *RMS* hayan sido menores en otros períodos de la pesquería, cuando el esfuerzo se enfocaba a la pesca de atún asociado a palos y cardúmenes independientes. Por ejemplo, las estimaciones de *RMS* en la década de los 70's eran de alrededor de 170,000 t. Además de esto, los cambios en el nivel de reclutamiento han sido causantes de fluctuaciones en la biomasa.

En los últimos años la flota internacional ha dirigido un mayor esfuerzo hacia peces no asociados con delfines. Los peces capturados en cardúmenes libres, o asociados con objetos flotantes, son más pequeños que aquellos capturados en asociación con delfines. Esta práctica puede dañar la diversidad y poner en peligro al ecosistema mediante la captura y desecho de atunes juveniles y de otras especies marinas capturadas incidentalmente y conduciría a una declinación en la captura sostenible de aleta amarilla en el Pacífico oriental de un 30% (Punsly *et al.*, 1994).

Existe la preocupación de que la mortalidad de juveniles pueda causar una baja en el rendimiento sostenible, en especial, por el incremento del esfuerzo sobre cardumenes asociados a palos en el hemisferio sur. En 1998, después de más de dos décadas en que la pesquería del atún no requirió de ningún control, se tuvo que implementar una veda espacial a finales de noviembre, debido a la caída de los índices de abundancia del atún.

Existen evidencias de que la pesquería mexicana pueda verse afectada por la captura de juveniles en ciertas zonas de la pesquería en el hemisferio sur, causando una disminución de las capturas con un desfase de dos años (Compean y Dreyfus, 1996).

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

A partir de la 63ª Reunión de la CIAT, celebrada en junio de 1999, México es miembro con derecho a voz y voto de esta Comisión.

De esta forma, México da continuidad a su política de uso responsable de los recursos renovables, la conservación efectiva de los mamíferos marinos y con el uso de la mejor ciencia disponible para la protección de los ecosistemas. México participa y tiene un papel importante en la toma de decisiones que se relacionan con la pesquería de atún.

Para el 2000 los países miembros de la CIAT, acordaron continuar con el esquema de cuota global para el atún aleta amarilla. La cuota corresponde a la estimación de *RMS* efectuada por la CIAT, 265,000 t .

En caso de cubrirse la cuota o de que esta no se haya alcanzado para el 31 de noviembre, entra en efecto una veda, que cierra el Area de Regulación de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA) a la pesca de esta especie.

Se acordó además el cierre de dos zonas con mayor pesca de juveniles, al alcanzarse las 240,000 tm en el Golfo de Panamá una y en la costa occidental de Baja California y Golfo de California la otra zona, de manera similar a 1999.

El atún aleta amarilla se está explotando a niveles máximos sostenibles, pero existe el riesgo de que la

mortalidad excesiva de juveniles cause una disminución de la biomasa de este recurso. Sin olvidar que algún cambio ambiental o de reclutamiento pueden modificar el *RMS*.

No existe otro tipo de regulación con esta especie, sin embargo es tema de estudio el buscar una manera de explotar responsablemente este recurso, que satisfaga a los involucrados en la actividad pesquera. Se están analizando las implicaciones de aplicar una veda espacio-temporal en áreas de alta mortalidad de juveniles, o el limitar por ejemplo el esfuerzo dirigido a cardúmenes asociados a palos.

Una manera indirecta de limitar la mortalidad de juveniles, es a través de las regulaciones de 1998 con una cuota de 45,000 t y de 40,000 t en 1999. Para el 2000, se acordó una veda de 3 meses que inicia el 15 de septiembre. En este caso la pesca sobre objetos flotantes naturales y artificiales en el Pacífico oriental debe cesar. Estos acuerdos tienen vigencia anual, y las negociaciones en el futuro serán difíciles por el desarrollo de la pesca sobre palos en el hemisferio sur. El barrilete se ha convertido en los últimos años en la especie objetivo de esas flotas, y cualquier regulación para limitar la mortalidad de juveniles puede causar dificultades económicas a algunas flotas. México no tiene problema en esos términos, ya que la pesca que realiza sobre cardúmenes asociados a palos es insignificante (alrededor del 3% de los lances) y los descartes de atún son mínimos.

A diferencia del atún aleta amarilla, que cumple su ciclo de vida en el Pacífico oriental, el barrilete no es residente en esta zona, lo cual se refleja en la variabilidad de sus capturas, tanto para la flota internacional como para la mexicana. En años recientes para algunas flotas el barrilete se ha convertido en el objetivo de la pesca, y se han abierto nuevas áreas de pesca en el hemisferio sur, con el uso de objetos flotantes artificiales. No se conoce el tamaño del stock, pero es posible que no se haya alcanzado su máximo potencial de explotación. Para México, el barrilete seguirá siendo una pesca incidental, tanto por su valor económico bajo en comparación al aleta amarilla, como por su distribución más tropical. México incrementa sus capturas de barrilete en lances sobre brisas, en función de períodos con incrementos de temperatura superficial del mar.

Las demás especies de atún, para México, continuarán siendo una pesca de baja escala, debido a su distribución, o escaso valor.

Al igual que la mortalidad de juveniles de aleta amarilla y patudo, la pesca incidental es preocupante por el daño ecológico y los efectos que esto pueda provocar a otras pesquerías. Sin embargo, no existe ninguna regulación al respecto, y será difícil alcanzar un acuerdo a corto plazo.

El esfuerzo de pesca no se ha podido controlar, y puede ser causa de problemas en el futuro. Se han producido incrementos en la capacidad de carga de algunas flotas y varios países sin embarcaciones han declarado su intención de participar en esta actividad pesquera.

En cuanto a la mortalidad incidental de delfines, ésta ha disminuido a niveles que no ponen en riesgo a las poblaciones de delfines. La mortalidad total de delfines desde 1993, no alcanza el límite de 5,000 organismos anuales, que se ha acordado. Este límite de mortalidad se distribuye entre las embarcaciones que realizan este tipo de pesca, sin embargo, aunque estos barcos continúan reduciendo sus niveles de mortalidad incidental de delfines, y en función del número de barcos que participan en este tipo de pesca, el número de lances se ha limitado.

Esto ha generado también un incremento en los otros tipos de lances. Gracias al Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de Delfines, que emana de la Declaración de Panamá, se han definido límites de mortalidad de delfines por stock, en función del tamaño de las poblaciones de delfines. Para el 2001, la mortalidad por stock no debe de sobrepasar el 0.01% del límite inferior del intervalo de confianza de la estimación de abundancia. Es muy probable que esto no cause problemas en el futuro ya que en la actualidad no se alcanzan esos límites.

A principios del 2000, se modificó la definición “dolphin safe”, de estar definida en términos de viajes sin pesca sobre delfines, a una nueva definición que incluye a todos los lances asociados a delfines sin mortalidad. Esto le da un potencial de exportación mayor a México, ya que más del 80% de los lances sobre mamíferos marinos no causan mortalidad a éstos.

Esta nueva definición está sujeta a una aprobación final por parte de los Estados Unidos, después de terminada la investigación sobre el estrés que pudieran causar las maniobras de pesca a los delfines. Esta investigación la debe realizar el *National Marine Fisheries Service*, de ese país, y deberán estar terminados en el año 2000. Debido a las dificultades para evaluar una mortalidad adicional causada por el eventual estrés provocado por las faenas de pesca, la resolución final que se dará en el 2001 pudiera revertir la definición “dolphin safe”.

Pese a los logros tan evidentes para disminuir la mortalidad incidental, y conservar un recurso explotado racionalmente, continuarán las presiones de algunos grupos ecologistas. Esto mantiene un futuro incierto.

El estudio de Wallstrom y Wessells (1995) indica que los consumidores estadounidenses han mostrado cierta inclinación por consumir más atún etiquetado “dolphin safe”, desde que se implantó el embargo.

Si esto es cierto, la industria atunera mexicana tendría la oportunidad de aumentar la oferta y el consumo del producto en Estados Unidos, una vez que se implemente la redefinición del etiquetado “dolphin safe”.

Tanto el mercado japonés como el europeo, particularmente Italia y España, serían opciones adicionales para México, el cual tendría que competir con producto barato de Tailandia (Ruckes, 1995).

Por otro lado, el precio del atún en México se encuentra a niveles competitivos en el mercado internacional. Actualmente la mayor parte de nuestra producción se consume en nuestro país. Por tanto, es necesario garantizar el abasto en el mercado interno una vez que se reinicien las actividades de exportación de este producto.

Sin embargo, otro problema al que se está enfrentando la industria atunera es el de la oferta excesiva de atún, que tiene como consecuencia precios bajos y dificultad para colocarlo en mercados internacionales.

En resumen, la pesquería de atún se está explotando a niveles cercanos al máximo. Sin embargo, la mortalidad de juveniles en la pesca de cardúmenes asociados sobre palos, puede causar una baja en el Rendimiento Máximo Sostenible. Existe un éxito absoluto en los esfuerzos por lograr minimizar la mortalidad incidental de delfines. Sin embargo, esto lleva al incremento de la pesca con mayor mortalidad de juveniles de atún y de otras especies (algunas siendo objetivo de otras pesquerías). Sólo existe un acuerdo limitado en cuanto a la mortalidad de atún patudo. Un mejor control y limitación de la mortalidad de juveniles, así como una disminución de la captura incidental, será difícil de lograr aún con la perspectiva de incrementar el *RMS*. Otro problema que se está presentando es el de no tener límites al crecimiento de las flotas. Este es otro aspecto difícil de solucionar, el cual puede acarrear problemas, tanto a nivel de asignación de límites de mortalidad por barcos poco operativos, como por incrementos en la mortalidad de juveniles y en el deterioro del recurso atún.

CAMPOS DE COLABORACION

Tanto el Programa Nacional para el Aprovechamiento del Atún y la Protección de los Delfines, como el excelente desempeño de la flota atunera mexicana, han recibido reconocimiento internacional por su labor en un periodo de tiempo muy corto, referente a la reducción de la mortalidad incidental. Este éxito es debido a la colaboración de los armadores de la CANAINPESCA, las Sociedades Cooperativas, la SEMARNAP, a través de la Subsecretaría de Pesca y del Instituto Nacional de la Pesca, así como la entusiasta participación de instituciones académicas (Compean, 1994).

Estos esfuerzos deberán continuar para seguir aprovechando el atún de manera responsable, para conservar las especies de delfines asociadas a estos cardúmenes y otras que se capturan de manera incidental.

Asimismo, México participa activamente en las resoluciones que la CIAT aplica en el manejo de esta pesquería, y con sus científicos colabora en la evaluación del recurso.

Deben continuar los estudios relacionados con el fenómeno de la interacción atún-delfín, la migración del atún y el papel que las condiciones ambientales juegan en ella, el impacto de la mortalidad de juveniles de atún en las poblaciones, la magnitud del impacto de la pesca incidental y el comportamiento del mercado doméstico e internacional para productos derivados del atún.

REFERENCIAS

Castro y Castro, F. 1989. Importance of the Exclusive Economic Zone to the tuna and fisheries development in Mexico. *En*: Miles, E.L. (ed). Management of World Fisheries: Implications of Extended Coastal State Jurisdiction. The University of Washington Press, Seattle and London.

CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). 1999a. El año pesquero 1998. Documento 1, 63ª Reunión de la CIAT, Guayaquil, Ecuador.

CIAT (Comisión Interamericana del Atún Tropical). 1999b. Estudios de evaluación del atún aleta amarilla en el océano Pacífico oriental. Documento 2, 63ª Reunión de la CIAT, Guayaquil, Ecuador.

Cole, J. S. 1980. Synopsis of biological data on the yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), in the Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 2: 71-150.

Collette,B.B. 1978. Adaptations and systematics of the mackerels and tunas. *En*: Sharp, G.D. & A. E. Dizon. (eds). The Physiological ecology of tunas:7-39. **falta editorial, país**

Compean J., G. 1994. Programa mexicano de protección a los delfines. Calidad Ambiental 1 (12): 11-14.

Compean-Jiménez, G. A. & M. J. Dreyfus-León. 1996. Interaction between the northern and southern yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) fisheries in the eastern Pacific. FAO Fish. Tech. Pap. 365.

Declaración de Panamá, Panamá, 4 de octubre de 1995.

Dreyfus, M. 1991. Control optimo de un sistema bioeconómico: La pesquería del atún aleta amarilla *Thunnus albacares* en el océano Pacífico oriental. Tesis de Maestría, CICESE, Ensenada, B.C., México.

DOF. 1993. Norma Oficial Mexicana 001-PESC-1993, para regular el aprovechamiento de los túnidos con embarcaciones de cerco en las aguas de jurisdicción federal en los Estados Unidos Mexicanos del océano Pacífico y con embarcaciones de cerco de bandera mexicana en aguas internacionales y aguas jurisdiccionales de otros países que se encuentren en el océano Pacífico oriental. D.O.F., 31.12.93.

Galván-Magaña, F. & R. J. Olson. 1998. Interacciones tróficas de los depredadores asociados a la pesquería de atún en el océano Pacífico oriental. Mem. Primer Foro Nacional sobre Investigación del Atún. La Paz, B.C.S. Noviembre de 1998. **falta No de páginas**

González-Mandujano, J.A. 1989. Programas de investigación sobre atún-delfín en el océano Pacífico oriental. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Hunter, J.R., A.W. Argue, W.H. Bayliff, A.E. Dizon, A. Fonteneau, D. Goodman & G.R. Seckel. 1986. The dynamics of tuna movements: an evaluation of past and future research. FAO Fish. Tech. Pap. 277: 1-78.

Joseph, J., W. Klawe & P. Murphy. 1986. Atunes y peces espada-los peces sin patria. Comisión Interamericana del Atún Tropical, La Jolla, California.

McLaughlin, R.J. 1994. U.S. accession of the United Nations Convention on the Law of the Sea and the loss of unilateral sanctions to protect marine living resources. *En*: Borgese, E.M., N. Ginsburg & J.R. Morgan (eds). Ocean Yearbook 11. The University of Chicago Press. Chicago and London. pp: 46-89.

McNeely, R. L. 1961. The purse seine revolution in tuna fishing. Pacific Fisherman 59(7):27-58.

Páez-Delgado, R.O.1997. Mercado global del atún y embargo estadounidense. Un caso de neoproteccionismo comercial. SEMARNAP- H. Cámara de Diputados LVI Legislatura.

Pedrin O., O. 1962. Los desembarques de atún y especies afines por embarcaciones nacionales. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras S.I.C.

Petterson, J.S. 1980. Fishing cooperatives and political power: a Mexican example. Anthropological Quarterly 53: 64-74.

Polanco, J.E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca. México.

Punsly, R. G., Tomlinson, P. K. & A. J. Mullen. 1994. Potential tuna catches in the eastern Pacific Ocean from schools not associated with dolphins. Fish. Bull. 92: 132-143.

Ruckes, E. 1995. World trade in fish and fishery products: review and outlook. *En*: Liao, D.S. (Ed). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development. Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan: 1-16.

SEMARNAP. 1998. Pesca del atún y protección del delfín. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAP. 1999-2000. Anuarios estadísticos de pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Wallstrom, P. & C.R. Wessells. 1995. Analysis of U.S. consumer demand for canned tuna: impact of dolphin-safe labelling. *En*: Liao, D.S. (ed). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development: Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung, Taiwan: 264-276.

Wild, A. 1994. A review of biology and fisheries for yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the eastern Pacific Ocean. *En:* Shomura, R.S., J. Majkowski & S. Langi. (eds). Interactions of Pacific Tuna Fisheries. FAO Fish. Tech. Pap. 336 (2): 52-107.

anchoveta
macarela
sardina
piña
sardina monterrey
sardina
crinuda
sardina bocona
anchoveta
piña
macarela
macarela
charrito
anchoveta
norteña
sardina japonesa

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS MENORES

ESPECIES: Sardina Monterrey *(Sardinops caeruleus)*, sardina crinuda *(Opisthonema* spp.*)*, macarela *(Scomber japonicus)*, sardina bocona *(Cetengraulis mysticetus)*, sardina japonesa *(Etrumeus teres),* sardina piña *(Oligoplites* spp.*)* y anchoveta norteña *(Engraulis mordax).*

- Pesquería multiespecífica con cardúmenes de gran magnitud.
- La pesquería aporta el 30% del volumen desembarcado en todo el país.
- Ochenta y cinco por ciento de la producción es utilizada como materia prima de alimentos para animales.
- La abundancia fluctúa notablemente de acuerdo con las variaciones climáticas anuales.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 354,640 toneladas.
- Captura 2000: Disminución de las capturas de anchoveta, posible incremento de sardina Monterrey; se espera que las capturas de sardina crinuda se mantengan sobre volúmenes promedio.

EFECTOS ENOS 97-98

- Decrece el reclutamiento y propicia la dispersión del recurso.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Análisis de cohortes (VPA) para el Golfo de California
- Estructurado por edades -CANSAR- (oeste de la Península de Baja California).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Golfo de California: potencial de desarrollo para sardinas y anchovetas.
- Costa occidental de la península de Baja California: sardina con potencial de desarrollo y anchoveta en deterioro.

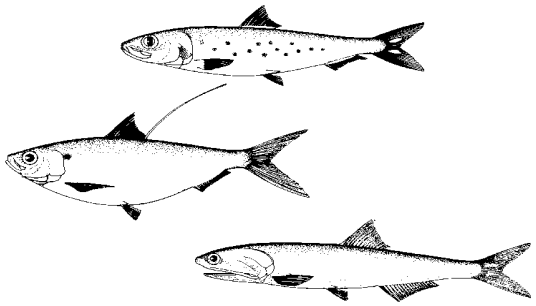
MEDIDAS DE MANEJO

- Tallas mínimas, vedas espaciales y temporales, esfuerzo limitado (NOM-003-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir el crecimiento de los juveniles y proteger los periodos de reproducción.

PECES PELÁGICOS MENORES

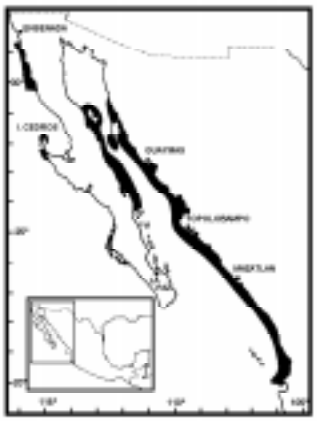


Sardinops caeruleus
Engraulis mordax
Opisthonema spp.
Scomber japonicus
Cetengraulis mysticetus
Trachurus symetricus
Etrumeus teres
Oligoplites spp.

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En términos de peso desembarcado, las pesquerías de pelágicos menores (sardinas, anchovetas y afines) son las más importantes del país. Tradicionalmente las descargas se destinan a la elaboración de harina y aceite de pescado (85%) y de productos enlatados y congelados. En años recientes ha aumentado la proporción de productos enlatados para el consumo nacional y para exportación.



La sardina Monterrey, que es la más importante, pertenece a la categoría de las llamadas sardinas verdaderas. Mundialmente es bien cotizada y por su valor nutricional se recomienda destinarla sólo para el consumo humano directo (González *et al.*, 1982).

La pesquería de peces pelágicos menores es multiespecífica. En México, la sardina Monterrey predomina en las capturas y es la más cotizada en el mercado internacional

Estas pesquerías son multi-específicas. Esto significa que se capturan varias especies con el mismo sistema (barco y red de cerco con jareta), en ocasiones en la misma jornada de pesca.

En el ámbito nacional, las capturas de pelágicos menores ocuparon el primer lugar de 1980 a 1997, promediando 400,000 t. El valor de las varias especies de sardina y de anchoveta respecto del total promedió 1.5% entre 1990 y 1995. En el ámbito mundial, en 1987 ocuparon el sexto lugar y en 1993 bajaron al lugar 21. En valor económico, en 1995 ocuparon el 10º lugar.

En México, 70% de la captura anual en estas pesquerías está conformada por seis especies. Estas son: sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*), tres especies de crinuda (*Opisthonema libertate*, *O. bulleri*, *O. medirastre*),

macarela (*Scomber japonicus*), anchoveta norteña (*Engraulis mordax*). Otras especies capturadas en menor cantidad son el charrito (*Trachurus symetricus*), la "sardina" bocona (*Cetengraulis mysticetus*), y la "sardina" piña (*Oligoplites* spp.).

A finales de los años setenta e inicio de los ochenta, la anchoveta constituía cerca del 50% de la producción. Actualmente representa alrededor del 10%, mientras que la sardina Monterrey subió a 60%. Las demás especies son menos importantes, aunque el volumen de sus descargas tiende a aumentar cuando escasea la sardina Monterrey, como en los años El Niño.

En Ensenada, B. C., las descargas constan de cuatro especies (García y Sánchez, 1997): sardina Monterrey (80%), macarela (11%), anchoveta norteña (8%) y charrito (1%).

En la última década, la proporción promedio por especies en el Golfo de California es: sardina Monterrey 60%, sardina crinuda 19%, macarela 12%, anchoveta norteña 2%, sardina japonesa 2% y sardina bocona 5%

En Sonora (Guaymas y Yavaros) la descarga media en las dos últimas temporadas (1997/98, 1998/99) por especie fue: sardina Monterrey 50%, crinuda (*O. libertate*) 30%, macarela 10%, bocona 6%, anchoveta 2%, y japonesa 2%.

En Mazatlán, Sin. la pesquería se basa en las tres especies de sardina crinuda (60%) y en la bocona (40%).

En los puertos de Bahía Magdalena, B.C.S. la composición específica de las descargas es similar a la de los puertos de Sonora. En la presente década la sardina Monterrey constituye la mayor parte (70%), seguida por la crinuda (20%).

Los fuertes cambios de distribución geográfica y abundancia de los pelágicos menores han marcado la pauta en el desarrollo de sus pesquerías. En Ensenada, la captura de sardina inició en 1929 y se extendió a Isla Cedros en los años cuarenta y a Bahía Magdalena en los cincuenta (Cisneros-Mata *et al.,* 1995). En 1950 inició la pesca de anchoveta dado el bajo nivel de captura de sardina en California (Chávez *et al.,* 1979).

La escasez de sardina Monterrey en Ensenada, B.C., motivó el desarrollo de la pesquería en el Golfo de California. Allí la pesquería de sardina inició en 1967 con Guaymas como puerto base (Sokolov y Wong, 1973).

La caída y posterior recuperación de la biomasa de la sardina en el océano Pacífico desde finales de los ochenta es tema de debate. Se desconoce con precisión el efecto del esfuerzo pesquero y del ambiente en estos cambios (Wolf, 1992).

BIOLOGÍA

Los pelágicos menores son peces que alcanzan longitudes entre los 10 y 30 cm y tienen un ciclo de vida corto. Suelen habitar en zonas costeras de alta productividad biológica y se alimentan de fitoplancton y de zooplancton. La sardina Monterrey en particular es omnívora (Cadet y Berner, 1959), aunque muestra preferencia por el fitoplancton (Kawasaki, 1983). Además de migraciones estacionales para reproducción y alimentación, los pelágicos menores experimentan fuertes cambios de abundancia relacionados al ambiente, dando lugar a los llamados regímenes (Lluch-Belda *et al.,* 1991).

La distribución geográfica de estas especies es muy amplia, aunque discontinua y segregada en 2 o 3 subpoblaciones o stocks. La sardina Monterrey habita desde Alaska hasta el Golfo de California y en años fríos se extiende hasta Mazatlán, Sin. La anchoveta norteña habita desde Vancouver hasta el Golfo de California (Hammann y Cisneros-Mata, 1989; Lluch-Belda *et al.,* 1995). La sardina crinuda se distribuye en el Pacífico

central oriental, incluyendo el Golfo de California (Berry y Barrett, 1963). La macarela se encuentra desde Alaska hasta el Golfo de California.

La longitud de los peces pelágicos menores varía entre 10 y 30 cm, son de ciclo de vida corto, su distribución es muy amplia y habitan zonas de alta productividad biológica. Realizan migraciones estacionales con fines reproductivos y de alimentación. Son altamente sensibles a los cambios climáticos

Esta distribución de los peces pelágicos menores responde a una combinación de factores bióticos y abióticos. Se ha propuesto que en el caso de sardina Monterrey, existen dos centros de distribución:

- En el Golfo de California, alrededor de las grandes islas.
- Al oeste de la península de Baja California, en Punta Eugenia.

A partir de esos centros las sub-poblaciones de sardina se expanden y se contraen obedeciendo señales ambientales desconocidas (Lluch-Belda *et al.,* 1995).

La época reproductiva de los peces pelágicos menores es variable. La sardina Monterrey del Golfo de California se reproduce en invierno y en menor grado durante la primavera. En el área de Ensenada, B.C., los desoves ocurren de enero a marzo y en junio-julio (Tabla 1).

En el Pacífico, la anchoveta desova en primavera y verano (Lluch-Belda *et al., op. cit.*). Por la maduración asincrónica de los ovocitos, estas especies realizan desoves múltiples: en la época de reproducción la sardina puede desovar cada 15 días (Macewicz *et al.,* 1996) y la anchoveta cada 8 días (Castro-González y Tapia-Vázquez, 1995). Los desoves en el Pacífico se realizan en áreas protegidas con poca turbulencia, como ensenadas y bahías, estrategia para incrementar la sobrevivencia de las larvas (Bakun y Parrish, 1982). En el Golfo de California, la sardina Monterrey desova principalmente la costa de Sonora, aunque se pueden encontrar huevecillos en el centro del Golfo (Hammann *et al.*, 1998).

Tabla 1. Características biológicas de los pelágicos menores en que se basan las pesquerías de Ensenada y del Golfo de California.

Especie	Talla promedio (mm)	Longevidad (años)	Fecundidad relativa (ovocitos)	Reproducción (máximo)
Golfo de California				
S. caeruleus	167	7	19,913	nov.-feb., jun.
Opisthonema spp.	166	6	32,562	abr.-jul.
S. japonicus	173	8		mzo.-abr.
E. mordax	85	4	9,854	feb.-abr.
Ensenada				
S. caeruleus	190	7	24,282	ene.-mzo., jun.-jul.
E. mordax	121	7	12,000	may.-ago.

La talla de primera reproducción de la sardina Monterrey puede variar. Las tallas mínimas registradas en la década pasada eran de 130-135 mm (Torres-Villegas *et al.*, 1986; Cisneros-Mata, 1987). En contraste, en 1996/97 la talla mínima de reproducción bajó a 107 mm, y en 1998/99 subió de nuevo a 130 mm.

La longitud promedio de sardinas y anchoveta fluctúa dependiendo de la magnitud del reclutamiento en diferentes años. Cuando en el Golfo de California ocurren reclutamientos exitosos de sardina Monterrey, en los cruceros de investigación se captura una gran proporción de individuos pequeños.

CAPTURA Y ESFUERZO

◤*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura comercial se realiza por embarcaciones equipadas con red de cerco. Se pueden identificar flotas de acuerdo a la región donde operan y puerto de descarga: costa de Baja California, en los puertos de Ensenada e Isla Cedros; oeste de Baja California Sur, en los puertos de Bahía Magdalena; Golfo de California central, en los puertos de Yavaros y Guaymas; y costa de Sinaloa, en el puerto de Mazatlán. En ocasiones algunos barcos se desplazan de una región a otra, dependiendo de la disponibilidad de recursos, sobre todo en años atípicos. Algunos cuantos barcos que en primavera y verano capturan anchoveta o sardina Monterrey en Ensenada, B.C., en otoño e invierno se trasladan al Golfo de California para la pesca de sardina.

Los barcos más comunes tienen 25 m de eslora, 120 t de bodega y máquina principal de 520 HP. La longitud y calado de las redes dependen de la eslora del barco, del criterio del patrón y de las empresas. La luz de malla de las redes sardineras es de 25 mm y de las anchoveteras de 13 mm. Algunos barcos usan redes mixtas, con paño de ambos tamaños de malla.

La flota comercial, equipada con red de cerco se desplaza en el área de distribución de los peces pelágicos menores dependiendo de su disponibilidad

La flota ha cambiado en tamaño y estructura a lo largo del tiempo. Originalmente constaba de barcos camaroneros y atuneros con capacidad de bodega entre 40 y 100 t, adaptados para la pesquería. A mediados de los años setenta se incorporaron cerca de dos docenas de barcos peruanos con bodega de 120 t y algunos de 300 t. Ello fue parte de la instrumentación del Plan Nacional de Desarrollo Pesquero (Garci-Crespo *et al.,* 1982; Lluch-Belda *et al.,* 1995).

Al inicio los lances se hacían por la noche, en "oscuros" lunares del cuarto menguante al creciente. Con la incorporación de tecnología de búsqueda como sonar y ecosonda, ahora la captura se puede realizar durante el día. Esto también hizo que los oscuros de pesca se alargaran de dos semanas a tres o más. Con la incorporación de avionetas para ubicar los cardúmenes y dirigir la maniobra, el poder de pesca se ha desarrollado sensiblemente.

En Sonora la flota aumentó de tres barcos a mediados de los sesenta (Sokolov y Wong, 1973), hasta 77 en 1990 (Fig. 1A). La flota activa se redujo a 32 barcos en 1993, después del desplome de la pesquería de sardina Monterrey (Cisneros-Mata *et al.,* 1996a). Hoy operan 35 barcos.

En Ensenada, B. C., desde el colapso de la pesquería de anchoveta en 1996, operan sólo nueve barcos (García y Sánchez, 1997). En Sinaloa laboran seis embarcaciones y en Bahía Magdalena generalmente tres (Fig. 1B).

◤*Tendencias históricas*

- **Corriente de California**

A principios de siglo se detectó el espectacular incremento en la biomasa de las poblaciones de sardina en la costa noroccidental de México y oeste de Estados Unidos. Esto propició el desarrollo de la importante pesquería de sardina en California, con capturas iniciales de cerca de 100,000 t en la década de los años veinte. Las descargas alcanzaron 664,000 t, con una biomasa de 3.6 millones de t (Murphy, 1966; Arenas *et al.,* 1996).

Después de alcanzar su máximo a principios de los cuarenta, la pesquería declinó sostenidamente hasta finales de los cincuenta (Fig. 2A). A mediados de la década de 1960 la pesquería en California se colapsó y a partir de 1967 se suspendió.

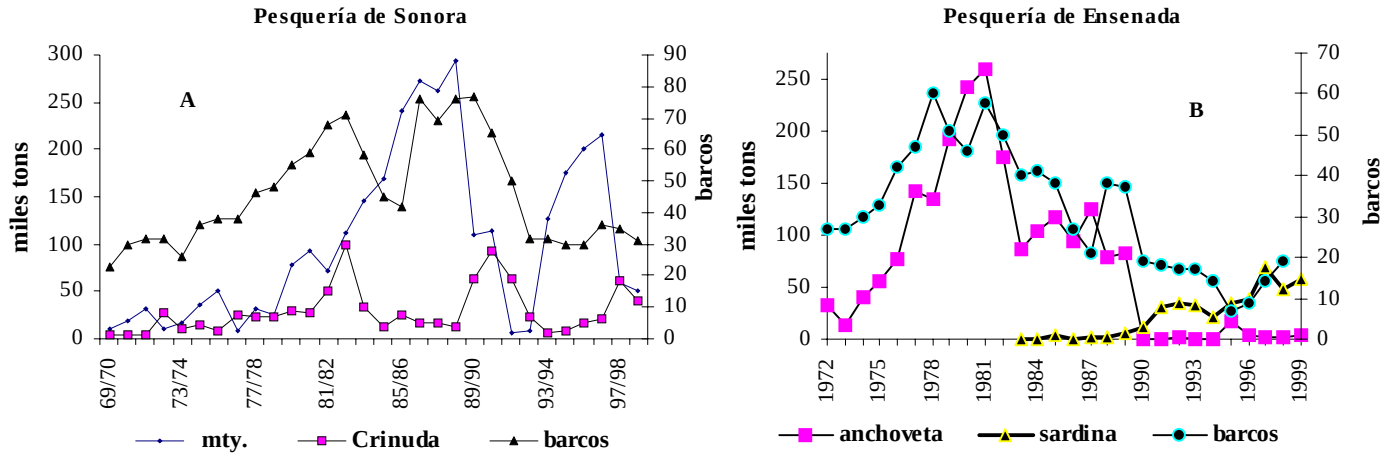


Fig. 1. Descarga comercial de pelágicos menores y esfuerzo pesquero en Sonora (A) y en Baja California (B).

La biomasa de las poblaciones, y las pesquerías se desplomaron en secuencia desde Columbia Británica, Canadá hacia el sur. Esto se ha interpretado como un repliegue poblacional de norte a sur, y un cambio de régimen (Lluch-Belda *et al.,* 1995; Arenas *et al.,* 1996).

El auge de la pesquería de anchoveta en Ensenada, B.C. inició en los años setenta (Fig. 2A), por el desplome de la anchoveta peruana. De esa forma se abrieron mercados para la harina de pescado mexicana. En 1981 se alcanzó la captura récord de 259,000 t, que posteriormente disminuyó hasta su nivel más bajo al inicio de los años noventa (Fig. 2A).

En las costas de California y Baja California, la biomasa de sardina Monterrey comenzó a incrementarse en los años ochenta (Wolf, 1992). Recientemente se han encontrado sardinas hasta de siete años en las costas de Canadá (Hargreaves *et al.,* 1994), lo cual indica que la sub-población está experimentando una franca recuperación.

Como resultado del desplome de la pesquería de sardina Monterrey, en 1993 la flota de Sonora se redujo a 32 embarcaciones, después de haber llegado a 77 en 1990

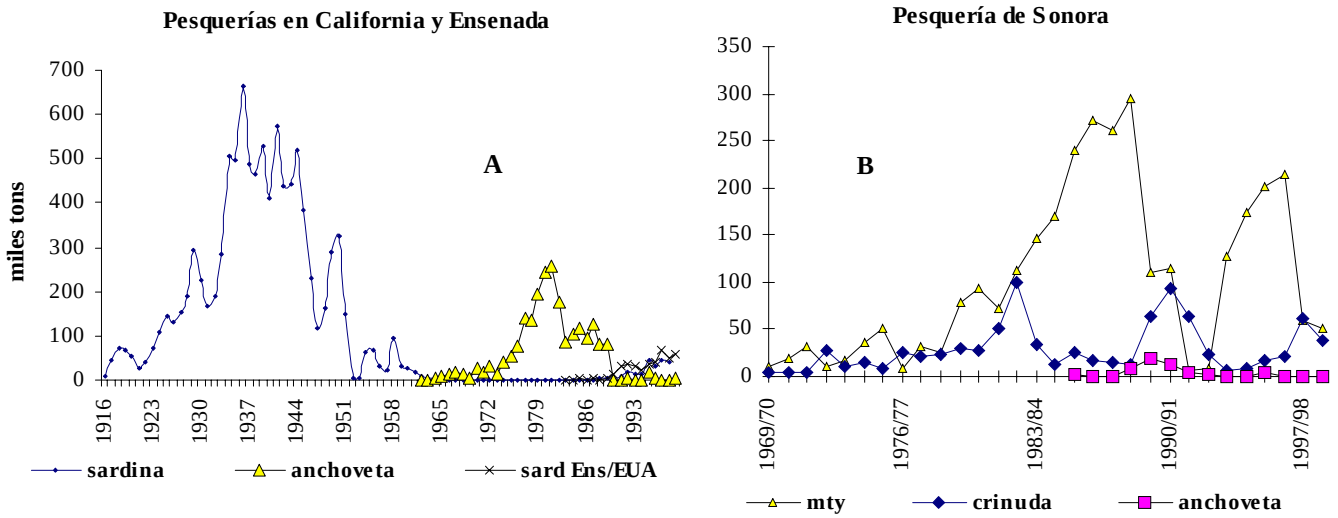


Fig. 2. (A) Capturas de sardina en California, de anchoveta en Ensenada y sardina en California y Ensenada. (B) Captura en Guaymas, Son.

Las capturas recientes de sardina Monterrey de Ensenada, B.C. y California (Deriso *et al.* 1996; García y Sánchez, 1996) ascienden a 64,000 t (Fig. 2A). En Bahía Magdalena se han capturado hasta 35,000 t (Félix-Uraga *et al.,* 1996).

La pesquería de anchoveta en Ensenada presentó un auge en la década de 1970 debido al desplome de la anchoveta peruana

Existen dudas acerca de los niveles que estas pesquerías podrían alcanzar. Durante este siglo, las oscilaciones en las capturas de la sardina de California, Japón y Chile han estado sincronizados, sugiriendo que un proceso común podría controlar la abundancia de sardina en el Pacífico (Kawasaki y Kumagai, 1984; Lluch-Belda *et al.,* 1989).

La sardina asiática y la chilena han alcanzado gran abundancia, no así la de California. Entonces, si a los stocks de la sardina los controla un proceso común, se esperaría que el crecimiento de la población de la sardina Monterrey en el Pacífico americano ha concluido (Hargreaves *et al.*, 1994). Pero si los ciclos no están sincronizados, su crecimiento podría continuar.

- **Golfo de California**

En Sonora, la captura ha fluctuado de acuerdo con la abundancia de sardina Monterrey. En los años setenta y ochenta, las descargas de esa especie crecieron de 11,500 t hasta un récord de 294,000 t en 1988/89. Después hubo una rápida declinación hasta casi 7,000 t en las temporadas 1991/92 y 1992/93 (Cisneros-Mata *et al.,* 1995). Las capturas incrementaron nuevamente hasta 215,000 t en 1996/97, pero debido a "El Niño", disminuyeron de nuevo a 55,000 t en 1998/99.

En los años ochenta aumentaron también las capturas de macarela y sardina japonesa. El hallazgo en 1985 de anchoveta norteña en las capturas de sardina marcó el inicio de esta pesquería en el Golfo de California (Hammann y Cisneros-Mata, 1989; Cisneros-Mata *et al.,* 1995).

Hay una estrecha relación inversa en las capturas de sardina crinuda y Monterrey que se asocia a El Niño. Cuando se presenta este fenómeno la captura de la sardina Monterrey disminuye y la de crinuda aumenta (Molina *et al.,* 1987; Lluch-Belda *et al.,* 1986). Esto ocurrió nuevamente en 1997/98, cuando la sardina crinuda descargada en Sonora se incrementó a 62,000 t, cifra récord, y la Monterrey disminuyó a 59,000 t.

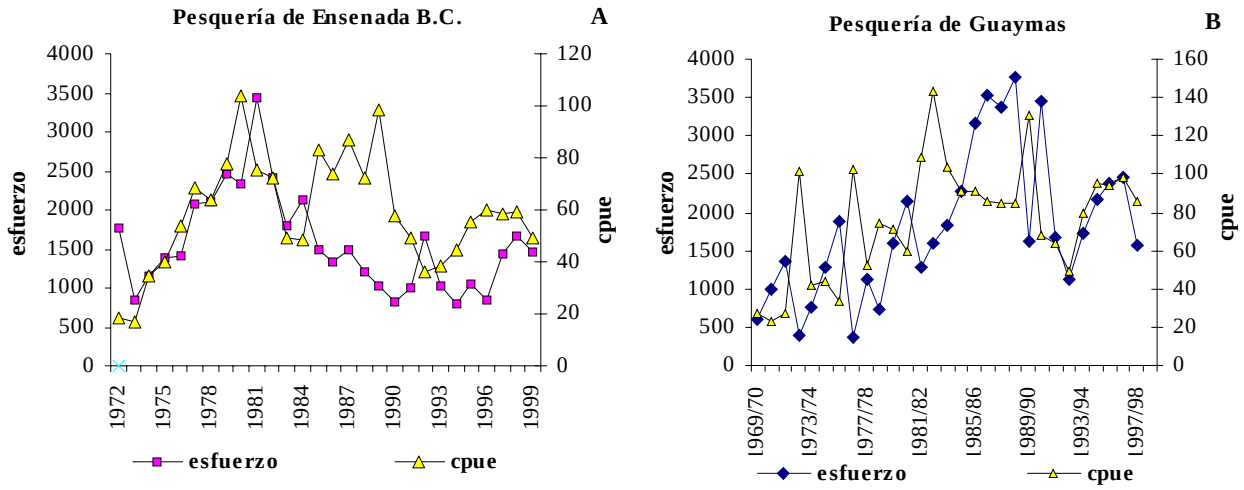


Fig. 3. (A) Esfuerzo de pesca en Ensenada y CPUE de anchoveta. (B) Esfuerzo y CPUE de sardina Monterrey en Sonora. Los datos de esfuerzo están dados en número de viajes.

El esfuerzo de pesca se ha incrementado sensiblemente en esta pesquería. La f*igura 3* muestra las relaciones entre la captura total y el esfuerzo, considerando el número de viajes con captura por barco como la unidad de esfuerzo pesquero. En ambas pesquerías la CPUE (captura por unidad de esfuerzo) se ha incrementado paralelamente con el esfuerzo.

Esto se debe al incremento en el poder de pesca de la flota por el uso de mejor tecnología de búsqueda y la experiencia de los pescadores. El paralelismo refleja el crecimiento simultáneo de la población y el desarrollo de la pesquería (Cisneros-Mata *et al.,* 1995).

En resumen, se pueden identificar cinco etapas en la historia de la pesquería del Golfo de California:

- ***Exploración***, hasta 1975/76
- ***Desarrollo***, hasta 1981/82
- ***Estabilización***, en 1988/89
- ***Descenso***, hasta 1992/93
- ***Recuperación****, desde 1993/94*

En el Golfo de California la temporada 1988/89 registró una captura récord de 294,000 t de sardina Monterrey. Después declinó a 7,000 t en 1991/92, para luego recuperarse a 215,000t en 1996/97. Debido a "El Niño", la captura volvió a caer a 59,000 t en 1997/98. Las capturas de sardina crinuda y macarela no compensaron esa reducción

Los cruceros de prospección indicaron que, después del colapso de inicio de los años noventa, el crecimiento de la población de sardina Monterrey se estabilizó a mediados de ésa misma década (Fig. 4). La captura creció de 2 Kg por hora en 1992 a 30 Kg en 1995, estabilizándose posteriormente.

La producción biológica aumentó en los periodos 1975-78 y 1981-84; en el segundo periodo la producción anual fue de 500,000 t (Martínez-Zavala, 1997). Ello se reflejó en el acelerado crecimiento de las capturas comerciales hasta la temporada 1988/89.

A partir de 1986 la biomasa decreció sensiblemente al tiempo que se obtenían las mayores capturas de sardina, hasta que en 1989 disminuyó la disponibilidad de sardina para la flota. A ello le siguió la recuperación de la producción en 1990-92, cuando la tasa de producción fue la más alta del periodo analizado. Esto explica el rápido ascenso de las capturas de las últimas temporadas de pesca. La biomasa poblacional continuó con esa tendencia, y luego se estabilizó, pero El Niño 1997/98 volvió a impactar el stock (c.f., Fig. 2B)

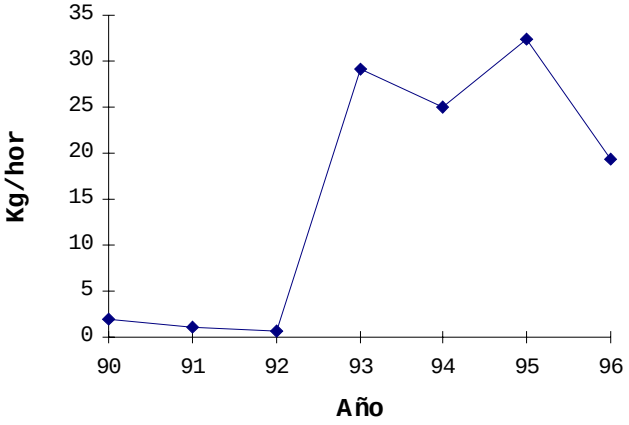


Fig. 4. Indice de abundancia anual de sardina Monterrey. Captura por hora de arrastre en el Golfo de California. (Tomada de Cisneros-Mata *et al*., 1997).

◤ *Pesca incidental*

A partir de observaciones a bordo de las embarcaciones y entrevistas con los pescadores, se sabe que hay descartes. Cuando el cardumen cercado es demasiado grande y no cabe en la bodega o cuando se captura sardina pequeña, la sardina es devuelta al mar.

▼*Interacción con otras pesquerías*

En la corriente de California, los stocks de sardina Monterrey y anchoveta abarcan aguas territoriales tanto de México como de Estados Unidos. El muestreo de las descargas en puertos limítrofes de ambas naciones indica que existe una distribución diferencial por edades.

Es importante no perder de vista que en el caso de la sardina Monterrey el centro de distribución a partir del cual se expande la población, se ubica en aguas mexicanas. En el Golfo de California, aparte de los pelágicos menores raramente se capturan otras especies como calamar gigante y peces de la familia Balistidae.

T**abla 2.** Embarcaciones sardinero-anchoveteras por sector (anuarios SEPESCA y SEMARNAP).

AÑO	SOCIAL	PRIVADO	PUBLICO	LONG.ATRAQUE	BARCOS
1990	16	77	8	3343	101
1991	6	76	19	3303	101
1992	6	73	18	3367	97
1993	8	76	14	3157	98
1994				3096	94
1995				2871	81
1996				2871	77
1997				3572	69
1998				3640	69

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Entre 1990 y 1993 el sector privado poseía el 76% de los barcos que operaron, el público el 15% y el social el 9% (Tabla 2). Cabe mencionar que el mismo tipo de barco es empleado para pescar sardina y anchoveta.

El índice promedio de utilización de los barcos que descargaron en 1988 fue de 55% en Sonora, 75% en Sinaloa y 63% en Bahía Magdalena (Cisneros-Mata *et al.*, 1989). El análisis se basó en datos de la flota durante una de las mejores temporadas de pesca. Los porcentajes equivalen a la cantidad de sardina capturada en relación con la captura potencial de acuerdo a la capacidad de acarreo, que considera la capacidad de bodega promedio y el número de viajes realizados.

En el caso de la sardina Monterrey, los centros permanentes de distribución se localizan en aguas mexicanas

Existen plantas procesadoras de sardina y anchoveta en Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa. En ellas se produce harina y aceite de pescado así como productos enlatados. El análisis de la capacidad instalada y la operación de las plantas sardineras en 1988 (Tabla 3) indicó que la eficiencia de operación de las enlatadoras fue de 29% y en las harineras de 65%, con eficiencia total del 53% (Cisneros-Mata *et al.*, 1989).

Las capturas se destinan al enlatado para consumo humano (15%) y como materia prima de alimentos para aves y ganado (84%). Una mínima fracción de la captura se comercializa en fresco.

Tabla 3. Volúmenes de procesamiento e índice de eficiencia promedio (I.E.) de la planta industrial procesadora de sardina (Cisneros-Mata *et al*., 1989).

PROCESO	PRIVADO (t)	PUBLICO (t)	SOCIAL (t)	TOTAL (t)	POTENCIAL* (t)	I.E.(%)
ENLATADO	34,240	39,092		73,332	249,063	29.4
HARINA	267,923	29,867	13,142	310,935	480,631	64.7
TOTAL	302,163	68,959	13,142	384,267	729,694	52.7

* Considerando que trabajen 15 días del mes y la capacidad de operación sea 1,361 y 2,626.4 TM/8 hr de trabajo (SEPESCA 1987).

De la captura, el 15% se enlata para consumo humano y el 84% se utiliza como materia prima para alimentos de aves y ganado. La mínima fracción restante se comercializa en fresco

En años recientes México ha incrementado sus exportaciones de sardina enlatada. Sin embargo, se ha incrementado la importación de harina de pescado. Por ejemplo, en 1995 se importaron 17,334 t de harina de pescado con un valor de 12,139.00 USD (SEMARNAP, 1999), es decir 700.20 dólares por tonelada. La importación obedece, por un lado, al desplome de las descargas de anchoveta en Ensenada, que se destinaban hasta en 98% a la harina de pescado. Por otro lado, se tiene la enorme oferta de harina barata y de buena calidad procedente de Chile y Perú, en donde las pesquerías se han recuperado después del colapso durante la década anterior.

En la *tabla 4* se muestra la capacidad y número de plantas en el litoral del Pacífico, aunque no necesariamente son específicas para industrializar peces pelágicos menores.

Tabla 4. Plantas procesadoras en operación en el Pacífico mexicano.

	Reducción		Enlatado		Congelado	
Año	**No. plantas**	**Capacidad (t/h)**	**No. Plantas**	**Capacidad (t/h)**	**No. Plantas**	**Capacidad (t/h)**
1981	51	477	33	210	89	60
1987	38	495	35	282	122	65
1995	44	440	44	339	201	105
1996	44	441	44	339	201	104
1997	16	141	35	250	160	145
1998	16	141	35	240	164	160

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El seguimiento constante de las pesquerías mediante su monitoreo y evaluación han resultado en la instrumentación de medidas de manejo. Las Normas Oficiales Mexicanas publicadas en el Diario Oficial de la Federación, se basan en las siguientes medidas de regulación:

- ***Golfo de California***

En 1983 se establecieron tallas mínimas de captura de 150 mm de longitud patrón para la sardina Monterrey y 160 mm para crinuda.

En 1985, la costa occidental del Golfo de California se decretó zona vedada del 8 de agosto al 21 de septiembre. Con esta medida se protege a los juveniles. También se prohibió la operación de barcos sin refrigeración en bodega más allá de 40 millas náuticas de su puerto base. De 1987 a 1990 se decretaron vedas zonales durante el verano, concertadas entre el sector productivo y la entonces Secretaría de Pesca.

En el Golfo de California, la talla mínima de captura de sardina Monterrey es de 150 mm, de 160 mm para crinuda, y de 100 mm para anchoveta.
También se han decretado vedas y zonas de no pesca como medidas de manejo

En 1993, como medida tendiente a la recuperación de la pesquería de sardina Monterrey, se estableció que la flota que opere al norte de los 20° Norte no deberá exceder a 36 barcos, el mismo número que operaron ese año. Con el mismo fin se decretó una veda de reproducción de dos semanas.

Desde entonces se han acordado vedas en agosto y septiembre, propuestas por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas, Son., y concertadas entre los sectores productivo y administrativo. Las propuestas se presentan como parte de la agenda en las reuniones informativas trimestrales que se realizan en Guaymas.

El manejo de esta pesquería se ha facilitado mediante el diálogo abierto en las reuniones periódicas entre los sectores. Ello ha resultado en un ambiente de cooperación reflejado no sólo en la aceptación de las propuestas de manejo, sino en el apoyo económico de los industriales a la investigación pesquera.

- ***Costa occidental de la península de Baja California***

En 1987 se fijó talla mínima de 100 mm para la anchoveta norteña, con un límite de 30% del total por debajo de esta talla, admisible como pesca incidental. El establecimiento de tallas mínimas pretende proteger a los primeros reproductores y así garantizar las existencias futuras.

Para anchoveta, en Baja California se estableció en 1987 talla mínima de 100 mm con límite de 30% de la captura total menor, considerada pesca incidental

En 1987 se acordó también mantener el tamaño y capacidad de acarreo de la flota en las mismas condiciones que en la temporada 1985/86.En 1993 se estableció el número de embarcaciones activas como el máximo al que podrán llegar las flotas de las diferentes pesquerías (SEPESCA, 1994).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼*Información disponible*

La pesquería de pelágicos menores tiene una historia de más de 25 años de colecta de información derivada del muestreo continuo de las capturas comerciales en todos los puertos de descarga, así como registros oficiales de captura por viaje. Las bases de datos incluyen información ambiental obtenida de los centros del Servicio Meteorológico Nacional y de mareografía de la UNAM. Se cuenta también con información de cruceros oceanográfico-pesqueros, en particular una serie de 33 cruceros realizados estacionalmente en el Golfo de California a partir de 1991.

◤ *Modelo*

- ***Costa occidental de la península de Baja California***

Sardina Monterrey

La más reciente evaluación de biomasa de sardina Monterrey de la costa occidental de Baja California se realizó con el modelo CANSAR (*Catch at Age Analisis for Sardine*, Deriso *et al.*, 1996). Este es un modelo estructurado para evaluación de poblaciones derivado del modelo CAGEAN (Deriso *et al.*, 1985).

CANSAR utiliza diversos índices de abundancia independientes de la pesquería:

- Producción de huevos,
- Abundancia,
- Área de desove,
- Biomasa desovante,
- Captura semestral

El modelo fue diseñado para utilizar datos de las pesquerías de Ensenada, B. C., y de California, E.U.A. El propósito es simular la dinámica de la población de sardina Monterrey y estimar su rendimiento. Las predicciones se ajustan por iteración usando criterios de mínimos cuadrados para estimar los parámetros de la pesquería.

La simulación se basa en una Matriz de Leslie para una población de sardinas de 0 a 5 años de edad. El modelo asume que el desove ocurre en abril. La mortalidad natural (M) de 0.4 por año es constante para todas las edades e invariable en el tiempo. La ecuación general que describe la abundancia en el tiempo es la siguiente:

$$N_{a,y,s} = N_{a-1,y,s} e^{-Z_{a-1,y,1}} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

$N_{a,y,S}$ = Número de sardinas de edad a al comienzo del primer (s =1) o segundo (s = 2) semestre.
$Z_{a\text{-}1,y,1}$ = Tasa intrínseca de mortalidad total en el año.

El modelo estima el vector de reclutamiento anual (edad 0) de la sardina al comienzo del segundo semestre de cada año. La biomasa se calcula sumando los productos de abundancia en edad y el peso en edad de la población.

Con ese modelo se estimaron incrementos de biomasa de la edad 1+ desde aproximadamente 10,000 t en 1983 a 344,000 t en 1995 (Fig. 5).

Esta tendencia creciente fue después analizada mediante redes de neuronas artificiales (Cisneros-Mata *et al.* 1996b), usando datos biológicos, pesqueros y ambientales.

Las evaluaciones recientes en la zona de Bahía Magdalena también indican fuertes reclutamientos después de 1981, particularmente en las clases anuales 1984, 1989 y 1993 (Félix-Uraga *et al.*, 1996).

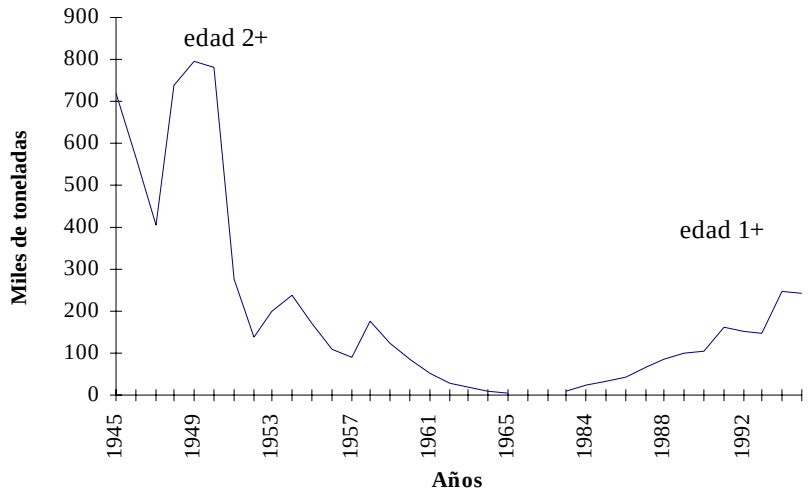


Fig. 5. Biomasa de sardina Monterrey de edad 2+ para los años 1945-1965 (MacCall, 1979) y edad 1+ para 1983-1995 (Deriso *et al.*, 1996).

- ***Golfo de California***

En Sonora constantemente se realizan análisis de diversa índole para determinar el estado de los recursos y de la pesquería. Los análisis se basan en información derivada de la pesquería, datos ambientales de registro continuo, y cruceros oceanográfico-pesqueros.

Sardina Monterrey

Para determinar el impacto de la pesquería en la población de sardina Monterrey del Golfo de California en los últimos años, se hizo un análisis de cohortes (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997) para capturas estructuradas por tallas (Jones, 1984). La ecuación básica del análisis de cohortes por tallas es:

$$N_t = (N_{t+1} e^{-M\Delta t/2} + C_t) e^{-M\Delta t/2} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

N_t = Número de individuos al tiempo t,
Δt =Tiempo requerido para crecer desde el inicio hasta el final del intervalo de longitud
C_t = Captura en el intervalo de tiempo Δt

La biomasa desovante anual de la sardina Monterrey en el Pacífico se incrementó en el periodo 1983-1995

Puesto que el modelo supone condiciones de equilibrio dinámico, se construyeron distribuciones promedio de captura por talla a partir de varias distribuciones anuales (Jones, 1984).

La pesquería de sardina Monterrey, en términos de captura fue similar durante las dos temporadas de pesca 1991/92 y 1992/93 y en las tres temporadas siguientes (1993/94 a 1995/96), pero muy diferente entre los dos periodos. En consecuencia, se utilizaron las distribuciones de longitud de las dos primeras temporadas para evaluar el periodo 1991/93 y las siguientes tres temporadas para evaluar el periodo 1993/96.

El análisis indicó un incremento en el reclutamiento entre ambos periodos. Es factible que ello se relacione con la variabilidad ambiental (Lluch-Belda *et al.*, 1989, 1995; Shannon *et al.*, 1988), y al reclutamiento denso-dependiente de la especie (Cisneros-Mata *et al.*, 1996a).

En el Golfo de California, en términos de captura la pesquería de sardina Monterrey durante las temporadas 1991/92 y 1992/93 fue muy similar. Lo mismo ocurrió en las temporadas 1993/94, 1994/95 y 1995/96. Ambos periodos son muy diferentes entre sí

Con base en un análisis de población virtual (VPA) se encontró que la población de adultos reproductores aumentó lentamente desde 1973 hasta 1986, para luego decrecer en 1987 (Cisneros-Mata *et al.*, 1995). La disminución poblacional alcanzó sus niveles más bajos en 1989-92 y se reflejó directamente en las capturas de la flota sardinera. Este marcado descenso fue seguido por un fuerte incremento a partir de 1992/93 (Martínez-Zavala, 1997).

Sin embargo, los cruceros de pesca de prospección indican que sin bien hay una gran cantidad de juveniles, la población de sardina Monterrey ya no está creciendo como al inicio de los años noventa (Cisneros-Mata *et al.*, 1997b).

Acorde a la variabilidad temporal de la biomasa de la sardina Monterrey, se han realizado varias evaluaciones del rendimiento recomendable. En las condiciones actuales en que la sardina está en recuperación, se estima una captura máxima de 170,000 t por temporada (Nevárez-Martínez *et al.*, 1997).

El análisis asumió las condiciones de la sardina Monterrey en 1989/90, la temporada de captura récord (Nevárez-Martínez *et al.*, 1999). Por lo tanto, el rendimiento estimado puede considerarse como el máximo promedio. El estudio se basó en un modelo dinámico, bio-económico, aleatorio, estructurado por edad. Fue calibrado por iteración con datos de captura observados durante 18 temporadas de pesca. El modelo incluye un shock aleatorio en el reclutamiento, a su vez dependiente de la densidad.

El rendimiento promedio estimado como óptimo desde los puntos de vista biológico y económico es de 220,000 t por año para una relación costo-beneficio a largo plazo de 1.1. Se encontró que el punto de referencia adecuado para esta pesquería es 0.9 F_{RMS}, con una tasa de mortalidad por pesca F óptima de 0.26 por año. Es decir, la F que maximiza la relación costo-beneficio es 90% de la F que maximiza el rendimiento máximo sostenible desde el punto de vista biológico.

Un aspecto importante en el manejo de estos recursos es determinar el efecto de la pesca de juveniles y de adultos en estado de gravidez. Para la sardina Monterrey se investigaron dichos aspectos mediante un modelo dinámico estructural con resolución mensual (Cisneros-Mata *et al.*, 1998). La ecuación general del modelo es:

$$B_{a,m} = W_a(\phi(N_{a,m-1},\alpha) + N_{a,m-1}e^{-M_a})\, f(s_{a,m}) - Y_{a,m} \quad \text{.....(3)}$$

donde:

$B_{a,m}$ =Biomasa de los individuos de edad a en el mes m
W_a =Peso promedio a la edad a
$N_{a,m}$ = Abundancia numérica de sardinas de edad a en el mes m
f(Na,m,a)=Función de reclutamiento dependiente de $N_{a,m}$ y de la edad de primera reproducción a
M_a =Tasa instantánea de mortalidad natural a la edad a
$f(s_{a,m})$ =Forzamiento ambiental de la tasa de sobrevivencia s a la edad a en el mes m
$Y_{a,m}$ = Captura (en peso) de sardinas de edad a en el mes m

El análisis indicó que para una captura esperada de 190,000 t, pescar antes de la reproducción genera un impacto negativo al reducir la tasa de crecimiento poblacional en 7% por año. Si adicionalmente se captura 30% en número de sardinas juveniles la tasa de crecimiento se reduce en 8%. La captura real en esas condiciones disminuye también a 150,000 t. La máxima captura deseable de sardinas juveniles en todo caso es de 20% por mes.

En 1989-92 la población de sardina Monterrey del golfo de California tuvo su tamaño más bajo. Esto se reflejó en la captura comercial

Sardina crinuda

En recientes evaluaciones de las pesquerías de sardina crinuda, japonesa, y bocona se utilizaron modelos tradicionales (Cisneros-Mata *et al.*, 1997a). La biomasa anual B y el rendimiento máximo sostenible RMS se calcularon de la siguiente forma (García *et al.*, 1989):

$$B = Y/F \quad \text{.....(4)}$$

y

$$RMS = \frac{(F_{RMS}\, B)^2}{2F_{RMS}\, B - Y} \quad \text{.....(5)}$$

En ambas ecuaciones, Y es captura anual en peso, F y M son las tasas anuales de mortalidad por pesca y natural, y F_{RMS} es la F que produce el RMS.

Para sardina crinuda, la biomasa media anual en el período de 1991 a 1996 fue de 62,000 t, y el RMS de 54,000 t. Estas cifras se aplican a *O. libertate*, que comprende casi 100% de las descargas de crinuda en Sonora.

Debido a la abundancia de sardina crinuda en temporadas El Niño, es importante para el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas pronosticar su captura. Mediante un modelo de regresión basado en datos históricos de temporadas El Niño, se estimó una captura de 50,000 t para 1997/98 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997a). La captura registrada en esa temporada fue de 62,000 t.

Sardina japonesa

Para sardina japonesa, la biomasa promedio de 1991 a 1996 fue de 6,900 t y el RMS de 5,560 t.

Anchoveta

En el Golfo de California se han realizado dos evaluaciones de biomasa de anchoveta por el Método de Producción de Huevos. La biomasa de adultos aumentó de 105,100 t en 1991 (Cotero-Altamirano y Green-Ruíz, 1997) a 235,000 t en 1994 (Cotero-Altamirano, com. pers.).

Para estas especies se recomienda una tasa de explotación de 0.25 (Beddington y Cooke, 1983). Con una tasa de mortalidad natural M de 0.95 (Cisneros-Mata *et al.*, 1997b), y con la media de ambas estimaciones de biomasa, por aproximaciones sucesivas usando la fórmula para biomasa arriba descrita, se tiene que el rendimiento adecuado para la anchoveta es de 51,000 t.

ESTADO ACTUAL DE LA PESQUERÍA DE PECES PELÁGICOS MENORES

▼ *Costa occidental de la península de Baja California*

- ***Sardina Monterrey***

Hay buenas expectativas para la pesquería de Ensenada, B.C. El hallazgo de sardinas de más de 5 años tan al norte como Canadá es un buen indicador de que la sub-población se está expandiendo. Sigue creciendo la biomasa de sardina Monterrey y esto se refleja en la captura comercial.

En Bahía Magdalena pasa algo similar: crece la disponibilidad de sardina Monterrey, y se sabe que la macarela tiene un comportamiento similar. Después del impacto de El Niño 1997/98 el ambiente regresa a condiciones favorables. Si continúa la tendencia actual cabe esperar que la captura de pelágicos menores aumente en el mediano plazo.

Las sub-poblaciones de sardina Monterrey del Golfo de California y de la costa occidental están creciendo

- ***Anchoveta***

La sub-población de anchoveta y las capturas en la costa occidental de la península siguen deprimidas. Aquí se requiere implementar una estrategia de recuperación.

▼ *Golfo de California*

- ***Sardina Monterrey***

La sardina Monterrey del Golfo de California se está recuperando del colapso del inicio de la década y de El Niño 1997/98. Se espera que continúe la tendencia creciente de la biomasa interrumpida por efecto del fenómeno y que la pesquería de esta especie siga en recuperación. Pese a las bajas capturas de las dos temporadas recientes, en los cruceros se ha detectado una gran abundancia de juveniles.

Debido al fenómeno El Niño 1997/98, el más intenso del siglo, las capturas de sardina Monterrey fueron mucho menores que las de años anteriores. La captura de sardina crinuda, significativamente mayor al promedio, no compensó el impacto

Pero los cambios experimentados en esta pesquería por el efecto de uno de los fenómenos El Niño más fuertes del siglo implican que deben hacerse ajustes. Se requiere de un manejo regional en tiempo real, un manejo adaptativo (Walters, 1986). En condiciones adversas se debe cerrar la pesquería a tiempo en zonas o meses de gran abundancia de sardina juvenil y/o en el máximo de la reproducción.

- ***Sardina crinuda***

En el puerto de Mazatlán, Sin., las capturas históricas indican que durante los años El Niño aumenta la disponibilidad de sardina crinuda. Esto volvió a confirmarse en la temporada 1997/98. Ahora que el ambiente ha regresado a condiciones normales, se espera que la pesquería se mantenga en las cifras promedio.

En Sonora, después de alcanzar una cifra récord, se espera que la pesquería de sardina crinuda tienda a la normalidad. Sin embargo, en tanto que la sardina Monterrey se recupera del todo, la captura de crinuda continuará siendo más alta que el promedio.

- ***Anchoveta***

Aunque la biomasa de anchoveta del Golfo de California está creciendo, no hay una pesquería bien estable-

Mientras que la anchoveta del golfo de California es una pesquería potencial, la de la costa occidental requiere de una estrategia de recuperación

cida. Pese a la escasez de sardina Monterrey, la captura de anchoveta ha disminuido con respecto al principio de los años noventa. Esta pesquería representa un recurso potencial importante, sobre todo para la elaboración de harina y aceite de pescado.

Esta especie podría convertirse en una alternativa real para la industria pesquera del Golfo de California. Los factores que condicionan su captura son de orden tecnológico. Por un lado, el procesamiento se dificulta por la carencia de sistemas propicios. Por otro lado, en algunos meses del año en los barcos ocurre la rápida descomposición del producto, lo cual dificulta el procesamiento y reduce el precio del producto.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Las fluctuaciones naturales de las poblaciones de peces pelágicos menores influyen directamente en la administración, particularmente en la toma de decisiones sobre el tamaño de la flota. El principal problema de esta pesquería es que la demanda industrial de materia prima rebasa la biomasa disponible. La capacidad de procesamiento de peces pelágicos menores en Sonora es de 500,000 t/año de materia prima en peso vivo, y la oferta natural es de 375,000 t (Cisneros-Mata *et al.*, 1996c). Esta demanda excesiva estimula el crecimiento de la flota.

La capacidad de acarreo de los barcos activos del Golfo de California es suficiente para capturar más de 375,000 t /año. En consecuencia, no se justifica un incremento en el tamaño de la flota (Cisneros-Mata *et al.*, 1996c). Además, un mayor número de barcos entorpecería la regulación concertada que se realiza actualmente en el Golfo de California.

Debido a sus grandes variaciones de abundancia y disponibilidad, es difícil hacer predicciones a largo plazo para el manejo de los pelágicos menores

Se está explorando la aplicación de programas de pesca basados en el tamaño de las existencias, medidas por lo menos anualmente mediante técnicas de hidroacústica. Se prevé seguir desarrollando más modelos para predicción, calibrados con información independiente de la pesquería, además de la derivada de ésta. Se utilizarán datos de cruceros, de estaciones de monitoreo ambiental, estructura de edad, y reproducción. La resolución mensual continuará siendo la característica de tales modelos.

Las variaciones de abundancia y disponibilidad a las que están sujetos los pelágicos menores en particular hacen que sea muy difícil predecir cambios de biomasa a largo plazo. En tales circunstancias, una opción es aplicar una tasa fija de captura (Walters y Parma, 1996). La tasa recomendada es la mitad del valor de la tasa de mortalidad natural.

El crecimiento poblacional de la sardina se relaciona con la edad de primera reproducción, y ésta varía temporalmente. Cuando la edad de primera reproducción disminuye se reduciría el impacto de la captura de sardina pequeña, siempre y cuando se permita la reproducción antes de la captura. Esto es importante puesto que entonces la talla legal de primera captura debe ser variable y el manejo muy dinámico.

Para la pesquería de Ensenada, B.C., existe la posibilidad de aumentar el rendimiento de sardina Monterrey si se mantiene la talla de 160 mm y una tasa de mortalidad por pesca F de 1.5/año. Para la macarela se recomienda una talla de captura de 315 mm y una F de 1.8/año (García y Sánchez, 1997).

El sector industrial manifestó interés en que se le permita una proporción de captura por debajo de la talla mínima legal. Esto ya fue evaluado y la Norma Oficial se encuentra en proceso de edición.

El crecimiento poblacional de la sardina se relaciona con su edad de primera reproducción

La talla legal actual de anchoveta es 115 mm, pero es preferible evitar la captura de individuos menores a 100 mm. También se recomienda una captura máxima de 21,500 t y que el incremento en el número d e viajes no rebase el 10% para sardina y 7% de macarela.

Para el Golfo de California, es preciso hacer valer las medidas acordadas en las reuniones trimestrales. Esta es la mejor forma de ejercer un manejo con el dinamismo que la pesquería demanda. Si esto ocurre, por el momento las tallas legales de captura debieran permanecer como se recomendó en la Norma en proceso. La talla para sardina Monterrey debiera quedar en 150 mm, con un máximo de 20% en número por oscuro como captura incidental.

No es recomendable aumentar el número de embarcaciones; son ya suficientes las 35 que operan. Habrá que diseñar fórmulas para que las flotas de otros puertos no se incorporen a la pesquería de Sonora.

Se debe apoyar el desarrollo de la pesca y mercado de anchoveta. Como medida de manejo, esto liberaría la presión que se ejerce sobre la sardina Monterrey, la especie objetivo en este momento.

Campos de colaboración

En el Golfo de California, la colaboración de CANAINPES, UNAM, CICIMAR e INP ha resultado en la ejecución de cruceros experimentales para estimar la biomasa por ecointegración. Se continuará con estos cruceros, que además se aprovechan para hacer estudios de productividad primaria, plancton y oceanografía física. En ellos participan colegas de CICIMAR y DICTUS.

En la costa occidental de la península de Baja California, deberá continuar la participación del INP en el Programa IMECOCAL, extensión del Programa CalCOFI, que tienen como objetivo el monitoreo ambiental y biológico de la corriente de California, hábitat de los pelágicos menores. Los Programas cuentan con la participación, además del INP, de CICIMAR, CIBNOR, CICESE, ICMyL, por parte de México, y Scripps, SWFSC y CDFG, por parte de Estados Unidos.

El manejo de estos recursos se vería beneficiado con la integración y formalización de comités locales de pesca responsable. Deben participar INP, industria, gobiernos locales y federal, además de instituciones académicas interesadas. Esto es relativamente fácil de lograr puesto que existen dos antecedentes. Cada tres meses se reúnen en Guaymas, Son., representantes de la industria, PROFEPA, gobierno de Sonora, y autoridades de Pesca, convocados por el CRIP Guaymas. Se discute el desarrollo de la pesquería, y el CRIP proporciona boletines informativos sobre el estado de la pesca y condiciones ambientales. En forma oportuna se muestran resultados de cruceros que la propia industria y, en ocasiones, el gobierno del estado ayudan a financiar.

Por otro lado, cada año, a partir de 1993, se reúne el Comité Técnico de Pelágicos Menores. Este se conforma por representantes de la industria y del sector académico, además del INP. En cada taller se presentan avances en la investigación sobre ecología, pesquerías y manejo de pelágicos menores. Por ejemplo, en junio de 2000, en Ensenada, B. C., el tema del VIII Taller anual fue “Manejo adaptativo de pelágicos Menores”.

Es necesario utilizar técnicas antiguas para responder preguntas actuales. Entre estas sobresalen las tasas de mortalidad, reclutamiento y migración. El sector productivo de Guaymas, Son., ha retomado la propuesta del INP de ejecutar un programa de marcado de sardinas en el Golfo de California. Esto es factible

con la participación de CIBNOR, CICIMAR, INP y la propia industria.

Por su carácter migratorio, la población de sardina Monterrey de la costa occidental de Baja California se localiza en aguas costeras de E.U. y México. Esto señala la posibilidad de seguir realizando proyectos binacionales de investigación. Deberán continuar los convenios de investigación en áreas específicas, como el MEXUS-PACIFICO.

REFERENCIAS

Arenas F., P., R.J. Hunter & L.D. Jacobson. 1996. The 1994 México-U.S. spawning biomass survey for Pacific sardine (*Sardinops sagax*) and the 1995 CalCOFI Sardine Symposium. CalCOFI Rep. 37: 129-133.

Bakun, A. & R.H. Parrish. 1982. Turbulence, transport, and pelagic fish in the California and Peru current systems. CalCOFI Rep. 23: 99-112.

Beddington, J.R. & J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 242:47.

Berry, H. & I.Barret. 1963. Gillraker analysis and speciation in the thread herring genus *Opisthonema*. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 2(VII): 1-153.

Cadet, H.H. & L. Berner. 1959. Food of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Fish. Bull. 164 (60): 171-183.

Castro-González, J.J. & O.M. Tapia-Vázquez. 1995. Frecuencia de desove de la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*) en la costa Occidental de Baja California, México. Ciencia Pesquera 11: 28-31.

Chávez, H., S. Silva & J.S. Sunada, 1979. La pesquería de anchoveta (*Engraulis mordax*) en California y Baja California durante 1975, con datos sobre el desarrollo de la industria en 1976 y 1977. Serie Científica del Departamento de Pesca 20.

Cisneros-Mata, M.A. 1987. Biología reproductiva de sardina Monterrey en la costa occidental de Baja California Sur y costa de Sonora. *En:* Ramírez, M. (Ed.). Simposium sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. La Paz, B. C. S. Abril 1987: 47-53.

Cisneros-Mata, M.A., G.J. Estrada, J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota & C.E. Alvarado. 1989. Diagnóstico de la pesquería de sardina en el estado de Sonora. Temporada 1987/88. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez & M.G. Hammann. 1995. The rise and fall of the Pacific sardine, *Sardinops sagax caeruleus* Girard, in the Gulf of California, Mexico. CalCOFI Rep. 36: 136-143.

Cisneros-Mata, M.A., G. Montemayor-López & M.O. Nevárez-Martínez. 1996a. Modeling deterministic effects of age structure, density dependence, environmental forcing and fishing on the population dynamics of *Sardinops sagax caeruleus* in the Gulf of California. CalCOFI Rep. 37: 201-208.

Cisneros-Mata, M.A., T. Brey, T. Jarre-Teichmann, W. García-Franco & G. Montemayor-López. 1996b. Redes de neuronas artificiales para el pronóstico de biomasa de sardina del Pacífico y su medio ambiente. Ciencias Marinas 22: 427-442.

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota & M.A. Martínez-Zavala. 1996c. Pesquería de pelágicos menores del Golfo de California: pasado, presente y perspectivas para 1996/97. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., J.P. Santos-Molina, A. Godínez-Cota, M.O. Nevárez-Martínez, M. Anguiano-Carrazco & M.A. Martínez-Zavala. 1997a. Pesquería de pelágicos menores en el Golfo de California durante los oscuros 1 (octubre) al 3 (diciembre) de la temporada 1996/97. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.O. Nevárez-Martínez, M. A. Martínez-Zavala, M.L. Anguiano-Carrazco, J.P. Santos-Molina, A.R. Godínez-Cota & G. Montemayor-López. 1997b. Diagnosis de la pesquería de pelágicos menores del Golfo de California de 1991/92 a 1995/96. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cisneros-Mata, M.A., M.A. Martínez-Zavala, E. Cotero-Altamirano, W. García-Franco & F. Páez-Barrera. 1998. Recomendaciones para el manejo de las pesquerías de pelágicos menores del noroeste de México. Dictamen Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cotero-Altamirano, C. E. & Y.A. Green-Ruiz. 1997. Biomasa desovante de anchoveta (*Engraulis mordax*) en el Golfo de California. CalCOFI Rep. 38: 171-179.

Deriso, R.B., T.J. Quinn & P.R. Neal. l985. Catch-at-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 815-824.

Deriso, R.B., J.T. Barnes, L.D. Jacobson & P. Arenas. 1996. Catch-at-age analysis for Pacific sardine (*Sardinops sagax*), 1983-1995. CalCOFI Rep. 37: 175-187.

Félix-Uraga, R., R.M. Alvarado-Castillo & R. Carmona-Piña. 1996. The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. CalCOFI Rep. 37: 188-192.

García, W. & R.F.J. Sánchez. 1996. Proyecto Pelágicos Menores: Boletín Anual de la Temporada 1995. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

García, W. & R.F.J. Sánchez. 1997. Proyecto Pelágicos Menores: Boletín Anual de la Temporada 1996. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

García, S., P. Sparre, & J. Csirke. 1989. Estimating surplus production and maximum sustainable yield from biomass data when catch and effort time series are not available. Fish. Res. 8: 13-23.

Garci-Crespo, R.R., M.M. Guzmán, A.P. Mora & A. Davidoff. 1982. Documento base para la elaboración del plan de acción del sector pesquero (1983-1985) (sardina y anchoveta). Programa de Investigación y Desarrollo Pesquero Integrado MEX/FAO (inédito).

González, D.G., P.P. Jacquemin, R.R. Garci-Crespo & A.P. Mora. 1982. México, el mar y sus recursos. Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Hammann, M.G. & M.A. Cisneros-Mata. 1989. Range extension and commercial capture of the Northern anchovy *Engraulis mordax* Girard, in the Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game 75: 49-53.

Hammann, M.G., M.O. Nevárez-Martínez & Y. Green-Ruíz. 1998. Spawning habitat of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) in the Gulf of California: Egg and larval distribution 1956-1957 and 1971-1991. CalCOFI Rep. 39: 169-179.

Hargreaves, N.B., D.M. Ware & G.A. McFarlane. 1994. Return of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) to the British Columbia coast in 1992. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 460-463.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of exploitation pattern using length composition data (with notes con VPA and cohort analysis). FAO Fish Tech. Pap. 256: 1-118.

Kawasaki, T. & A. Kumagai. 1984. Food habitats of the far eastern sardine and their implication in the fluctuation pattern of the sardine stock. Bull. Jap. Sci. Fish. 50: 1657-1663.

Kawasaky, T. 1983. Why do some pelagic fishes have wide fluctuations in their numbers? Biological basis in fluctuation from the viewpoint of evolutionary ecology. Actas para la consulta de expertos para examinar los cambios en la abundancia y composición por especies de recursos de peces neríticos San José, Costa Rica, 18-29 de abril de 1983. FAO, Informe de Pesca 3 (291):1065-1080.

Lluch-Belda, D., B.F.J. Magallón & R.A. Schwartzlose. 1986. Large fluctuations in the sardine fishery in the Gulf of California: possible causes. CalCOFI Rep. 27: 136-140.

Lluch-Belda, D., R.J.M. Crawford, T. Kawasaki, A.D. MacCall, R.H. Parrish, R.A. Schwartzlose & P.E. Smith. 1989. World wide fluctuations of sardine and anchovy stocks: the regime problem. S. Afr. J. Mar. Sci. 8: 195-205.

Lluch-Belda, D., S. Hernández-Vázquez & R.A. Schwartzlose. 1991. A hypothetical model for the fluctuation of the California sardine population (*Sardinops sagax caerulea*). *En:* Kawasaki, T., S. Tanaka, Y. Toba & A. Taniguchi (Eds). The long-term-variability of pelagic fish populations and their environment. Proc. Int. Symp., Sendai Japan, 14-18 nov. 1989. Oxford Pergamon Press: 293-300.

Lluch-Belda, D., M.J. Arvizu, S. Hernández-Vázquez, D. LLuch-Cota, A.C.Z. Salinas, T. Baugartener, G. Hammann, V.A. Cota, C.E. Cotero, F.W. García, O. Pedrín, S.M. Lizárraga, M.A. Martínez, R. Morales, M.O. Nevárez M., J.P. Santos M., R. Ochoa B., S.R. Rodríguez , J.R. Torres V. & F. Páez B. 1995. Atlas Pesquero de México. Pesquerías Relevantes. Secretaría de Pesca/ Instituto Nacional de la Pesca/Universidad de Colima (Cenedic).

MacCall, A. D. 1979. Population estimates for the waning years of the Pacific sardine fishery. CalCOFI Rep. 20: 72-82.

Macewiicz, B.J., J.J. Castro-González, C.E. Cotero-Altamirano & J.R. Hunter. 1996. Adult reproductive parameters of the Pacific sardine (*Sardinops sagax*) during 1994. CalCOFI Rep. 37: 140-151.

Martínez-Zavala, M. A. 1997. Análisis del reclutamiento de sardina Monterrey *Sardinops sagax caeruleus* en el Golfo de California. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Molina-Valdéz, D., B.F. Magallón, A.C. Castro & F. Páez B. 1987. Interrelación recurso-ambiente y la evaluación de la pesquería de sardina Monterrey del Golfo de California por medio de los modelos de producción. CRIP Guaymas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Murphy, G. I. 1966. Population biology of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). Proc. Calif. Acad. Sci. 34: 1-84.

Nevárez-Martínez, M.O., M.A. Cisneros-Mata, M.A. Martínez-Zavala & J.P. Santos-Molina. 1997. Aplicación de dos métodos para determinar el rendimiento óptimo de la sardina Monterrey (*Sardinops caeruleus*) del Golfo de California: el uso de información auxiliar. Océanides 13(1): 31-39.

Nevárez-Martínez, M.O., E.A. Chávez, M.A. Cisneros-Mata & D. Lluch-Belda. 1999. Modeling of the Pacific sardine *Sardinops caeruleus* fishery of the Gulf of California, México. Fish. Res. 41(1999): 273-283.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programable calculators. ICLARM Stud. Rev. 8. 325 p.

SEPESCA. 1994. Normas Oficiales Mexicanas del sector pesca. SEPESCA, México.

SEPESCA. 1987. Anuario Estadístico de Pesca. México.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca. México.

SEMARNAP. 2000. Memorias del VIII Taller de Pelágicos Menores.

Shannon, L.V., M.R.J. Crawford, G.B. Brundit & L.G. Underhill. 1988. Response of fish populations in the Benguela ecosystem to environmental change. J. Cons. Perm. int. Explor. Mer 45: 5-12.

Sokolov, V.A. & M. Wong. 1973. Informe científico de las investigaciones sobre los peces pelágicos del Golfo de California (sardina, crinuda y anchoveta) en 1971. Programa de Investigaciones y Fomento Pesquero México/PNUD/FAO Informe Científico 2. México.

Torres-Villegas, J.R., M.A. Reinecke-Reyes & R. Rodríguez-Sánchez. 1986. Ciclo reproductor de *Sardinops sagax* (sardina Monterrey) en el Golfo de California. Inv. Mar. CICIMAR 3: 52-68.

Walters, C.J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan Publishing Co. New York.

Walters, C. & A. Parma. 1996. Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 148-158.

Wolf, P. 1992. Recovery of the Pacific sardine and the California sardine fishery. CalCOFI Rep. 33: 76-86.

calamar
mar
mar
pota
gigante
pota
calamar
calamar
gigante
gigante
calamar
calamar
pota
gigante
calamar
calamar
calamar

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DEL CALAMAR

ESPECIE: Calamar gigante (*Dosidicus gigas).*

- Especie de rápido crecimiento y un ciclo de vida corto (2 años).
- Alcanza 80 cm de longitud del manto y casi 9 kg de peso.
- Recurso altamente migratorio de presencia irregular en aguas mexicanas.
- Alto potencial pesquero, dependiente del reclutamiento de juveniles.
- El principal destino de exportación es el mercado asiático, el cual reportó casi 18 millones de USD en 1996.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura 1995-2000: Disminución de las capturas por menor biomasa disponible.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Estructurado por edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

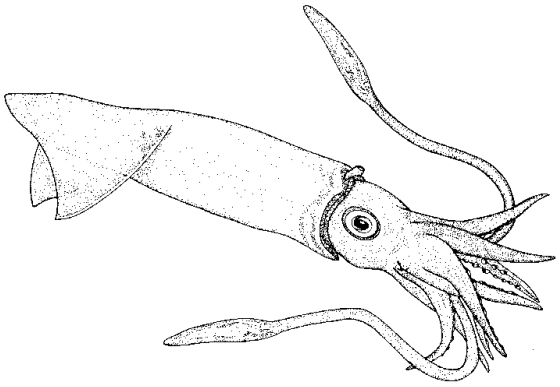
- Con potencial de desarrollo.

MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero por número de permisos.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir un escape del 40% de la biomasa reproductora.



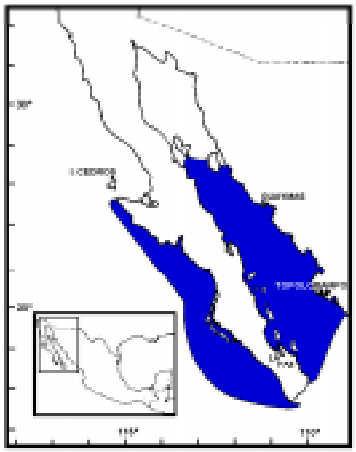
CALAMAR GIGANTE

Dosidiscus gigas

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En México, el recurso calamar está compuesto de varias especies de los géneros *Loligo, Lolliguncula, Loliolopsis, Illex, Ommastrephes* y *Symplectoteuthis.* La mayoría se pesca en forma incidental y solamente el calamar gigante *Dosidicus gigas,* es actualmente la especie que constituye la única pesquería con un grado de desarrollo importante en el Pacífico norte de México.



El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar el desarrollo histórico de la pesquería y evaluar el estado actual de la misma dentro del Golfo de California.

En 1995 y 1996, la producción pesquera de calamar gigante en Baja California Sur representó el 21.3% y 36.4% y en Sonora el 3.8% y 13%. Para el mismo período de tiempo las capturas para ambos estados ascendieron de 33,726 t a 97,361 t de peso de manto, representando el 2.8% y 5.4% de la producción pesquera nacional para los mismos años (Anuarios Estadísticos de Pesca, 1995 y 1996).

Los ingresos en divisas de calamar en México para los últimos tres años fueron del orden de 140 mil dólares por exportación de 121 t en 1994, 2.22 millones de dólares por 2,341 t en 1995 y 17.84 millones de dólares por 19,233 t en 1996 (SEMARNAP, 1997).

La importancia de este recurso en nuestro país es regional, principalmente en el Golfo de California. Los principales estados productores son Sonora y Baja California Sur

El mercado nacional e internacional está sujeto a la demanda. Para el mercado nacional se presenta en filete congelado y enlatado, para otros países se procesa como filete congelado, filete precocido, precocido con sal, precocido con azúcar, con ambos o con otros sazonadores.

La pesca del calamar gigante en el Golfo de California, empezó en 1974, con la operación de una pequeña flota artesanal, la cual pescaba de dos a tres meses durante el verano, cuando el stock se encontraba cercano a la costa. La producción era muy poca y la captura consumida localmente (Ehrhardt *et al.*, 1982b).

Los principales paises que compran el calamar gigante a México son, Corea del Norte, Japón, Corea del Sur, Hong Kong, Estados Unidos, Chile y España

A partir de 1978 con la presencia de altas concentraciones de calamar, una parte de la flota camaronera se incorporó a esta pesquería de manera complementaria a la del camarón en los meses de verano, iniciándose el primer periodo de máximas capturas y la conformación de una flota que explotó a gran escala esta especie de 1979 a 1981. Durante este lapso se incorporaron alrededor de 285 embarcaciones nacionales de características variables, 15 barcos calamareros japoneses operando a través de empresas de coinversión de capital mexicano-japonés y con ellos nuevas tecnologías que incidieron en el mejoramiento y eficiencia en la captura del calamar, y la flota menor compuesta por pangas de pesca ribereña. En 1981 la pesquería se mantuvo mientras el recurso se encontraba dentro del Golfo de California y posteriormente solo los barcos de las empresas de coinversión siguieron el recurso en su migración fuera del Golfo de California, pescándose en la zona de Cabo San Lucas, B.C.S., costas de Nayarit y Colima.

En el período 1983 a 1987 la escasez del recurso en las áreas de pesca disminuyó notablemente y la pesquería casi desapareció presentándose solamente capturas esporádicas a lo largo del año.

De 1989 a 1992 se inicia nuevamente una pesquería comercial en la que participaron 6 embarcaciones calamareras japonesas, controladas por empresas mexicanas, operando en la costa occidental de la Península de Baja California y alrededor de las Islas Revillagigedo, además de tres embarcaciones camaroneras adaptadas a la pesca de calamar operando dentro del Golfo de California.

En 1994 se inicia un nuevo período en esta pesquería dentro del Golfo de California, lo que reactivó la flota nacional (pangas y barcos camaroneros adaptados), conforme el recurso fue incrementando su presencia en las áreas de pesca, alcanzando una captura de 97 mil toneladas de peso de manto en 1996 (Fig. 1); este año, para embarcaciones mayores se autorizaron 150 permisos en el estado de Sonora y uno en el estado de Baja California Sur, mientras que para embarcaciones menores (pangas con motor fuera de borda), los permisos autorizados amparan 646 en el estado de Sonora y 342 en el de Baja California Sur, las unidades de producción son mostradas en la Tabla 1.

BIOLOGÍA

Esta especie se distribuye en el Océano Pacífico Oriental desde la frontera de México y los Estados Unidos hasta Chile y se encuentra desde la superficie hasta más de 400 metros de profundidad, asociando sus mayores concentraciones a zonas de surgencias, ricas en nutrientes, que sostienen especies que conforman su dieta básica (Suda, 1973).

Tabla 1. Unidades de producción de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en los estados de Sonora y Baja California Sur (Fuente: Delegaciones Estatales de Pesca).

Unidades	Número	Pescadores	Embarcaciones	Equipos y artes
Sector social (Cooperativas, asociaciones y sociedades de producción pesquera.)	38*	1,972	986	3,944
Sector Industrial	150	900	150	1,500
Total	150	2,872	1,136	5,444

* Solo para el estado de Sonora.

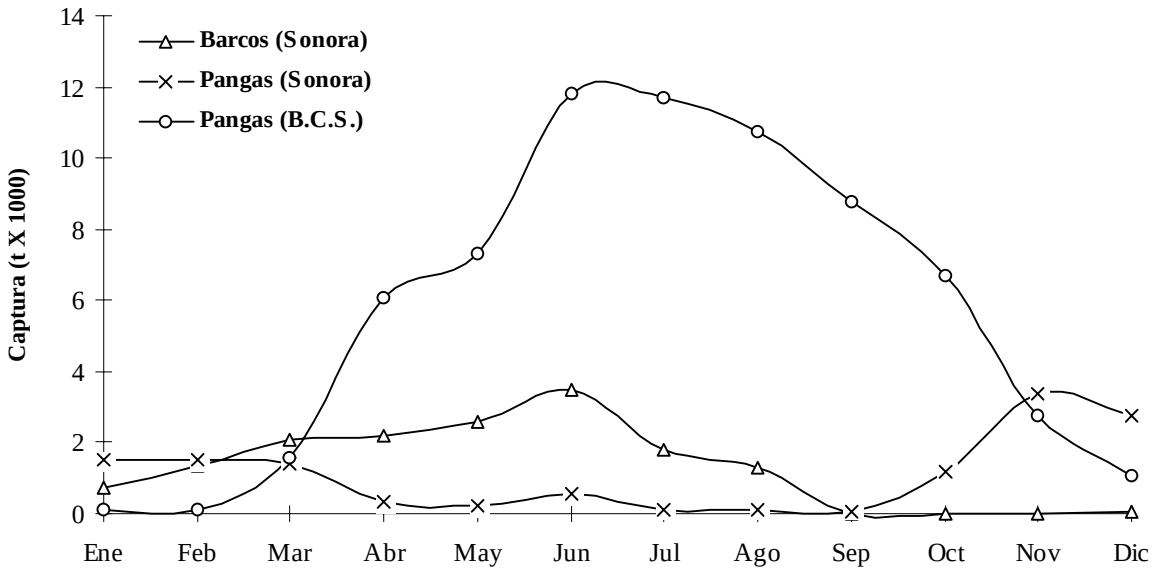


Fig. 1. Variación mensual de la captura de calamar gigante (*D. gigas*) separada por las tres flotas con mayor influencia sobre el recurso.

Dosidicus gigas tiene un ciclo de vida corto de máximo dos años. Presenta altas tasas de crecimiento, alcanzando tallas de alrededor de los 87 cm de longitud de manto (LM) y peso máximo de 13 Kg (Hernández-Herrera *et al.*, 1998). De la Rosa *et al.* (1992) registraron organismos de una longitud máxima de 97 cm de longitud de manto y peso entero de 37 Kg. Por otra parte, Hernández-Herrera *et al.* (1998) han estimado que el reclutamiento de calamar sucede a los seis meses de edad.

El calamar presenta varios picos de desove pero los más importantes por su magnitud suceden en verano e invierno, aunque parece ser que el ciclo reproductivo de la especie no es un proceso estático y definitivo (Hernández-Herrera *et al.*, 1998), ya que los cambios de las condiciones oceanográficas en el Golfo de California y aguas del Pacífico tienen gran influencia en la determinación de los picos reproductivos de *Dosidicus gigas* (Ehrhardt *et al.*, 1986).

La talla de primera madurez en el caso de las hembras se presenta cuando éstas alcanzan de 35 a 40 cm de LM, de cuatro a cinco meses de edad; en los machos se observa cuando miden de 18 a 25 cm, de tres a cuatro meses de edad (Ehrhardt *et al.*, 1986). Hernández-Herrera *et al.* (1996) reportan la talla mínima de madurez a los 25 cm de LM para las hembras y de 30 cm de LM para los machos. Mientras que la talla al 50% de reproducción fue de 42.2 y 51.6 cm de LM para hembras y machos respectivamente.

La fecundidad para esta especie fue calculada por Nesis (1970) para la porción sureña del Pacífico (Perú y Chile). Para el caso de las hembras la fecundidad varía de 100,000 a 600,000 huevos con un máximo de 650,000 huevos en hembras de más de 50 cm de longitud de manto.

La población de calamar gigante en el Golfo de California estuvo compuesta durante 1982 y 1983 por un stock formado de cuatro cohortes (Ehrhardt et al.*, 1986); mientras que en 1996 la captura fue sostenida por una sóla cohorte (Hernández-Herrera, 1998)*

Ehrhardt *et al*. (1986) reportaron para el Golfo de California que la población de calamar gigante estuvo compuesta durante 1982 y 1983 por un stock formado de cuatro cohortes, las cuales migraban separadamente, pero coincidían en el tiempo y en las áreas de reclutamiento de acuerdo a las condiciones ambientales, la influencia de estas últimas sobre la pesquería no han sido determinadas. Hernández-Herrera *et al*. (1998) reportan que la captura durante 1996 estuvo sostenida por una cohorte, la cual presentó el siguiente crecimiento en talla (LM) en cm y peso (WM) en gr:

$$LM = 87\ (1 - \exp^{(-0.85(t-0.115))})$$

$$WM = 0.013(1 - \exp^{(-0.85(t-0.115))})^{3.42}$$

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La flota que ha participado en esta pesquería a lo largo del tiempo ha sido muy heterogénea, desde las pangas de fibra de vidrio con motor fuera de borda (eslora de 6 a 8 m), barcos camaroneros y sardineros adaptados para la pesca de calamar (eslora de 20 a 25 m), hasta los barcos calamareros de diseño japonés, con alta tecnología (eslora de 35 a 63 m).

Por las características de comportamiento del calamar su captura es nocturna; el modo de la operación es situarse en el área de pesca, encender luces de atracción y esperar que el recurso (que presenta *fototropismo positivo*) responda a la luz concentrándose en la zona de penumbra bajo la embarcación, desde donde ataca cualquier presa disponible incluyendo los señuelos.

El esfuerzo de pesca está regido por la disponibilidad del recurso en las áreas de captura

El arte de pesca es la potera, que puede ser de varios tipos: las japonesas de 12 cm de longitud con dos coronas de ganchos de acero, de 1.5 o 2.0 cm de longitud y poteras de construcción local elaboradas de diferente material y de 20 a 30 cm de longitud, con anzuelos de rayos de bicicleta o clavos como coronas de ganchos. El número de poteras por línea varía de acuerdo al sistema de pesca, que va desde una potera por línea por pescador o varias poteras por línea en un tambor de recuperación manual, hasta máquinas calamareras automáticas con dos tambores y dos líneas con 8 a 24 poteras por línea (Ehrhardt *et al*., 1982b y De la Rosa *et al*., 1992).

Para el período de 1995-1997, la pesca comercial se desarrolló por tres flotas principalmente, una compuesta por embarcaciones mayores en Sonora, y dos más compuestas por embarcaciones menores en Sonora y Baja California Sur, las cuales se diferencian por su modo de operación.

Ehrhardt *et al*. (1982b) agruparon la flota en seis categorías de embarcaciones y calcularon el poder de pesca, considerando como unidad de esfuerzo la noche de pesca, encontrando diferencias en cada categoría en función del tamaño de las embarcaciones y modo de operación, mostrando que el comportamiento biológico del recurso es determinante en la captura por unidad de esfuerzo. Los criterios empleados para el establecimiento de las categorías son:

- Dimensiones de la embarcación.
- Poder del sistema de iluminación utilizado.
- Artes de pesca.
- Número de tripulantes.
- Modo de operación de pesca.

En 1980, la flota calamarera estuvo representada por 15 barcos calamareros japoneses, 200 camaroneros, 10 huachinangueros y 60 pangas (Ehrhardt *et al.*, 1982b), cubriendo un esfuerzo nominal de 29,750 noches de pesca durante el periodo de enero a septiembre.

▼ *Tendencias históricas*

Las capturas de calamar han presentado cambios significativos a través del tiempo, ya que como se ha descrito, es un recurso oceánico altamente migratorio que se ha presentado por pulsos de varios años en las costas mexicanas, como es el caso del periodo 1979-1981, el de 1988-1992 y el actual iniciado en 1994 (Fig. 2). (Ehrhardt *et al.*, 1986; Secretaría de Pesca, 1981-1994).

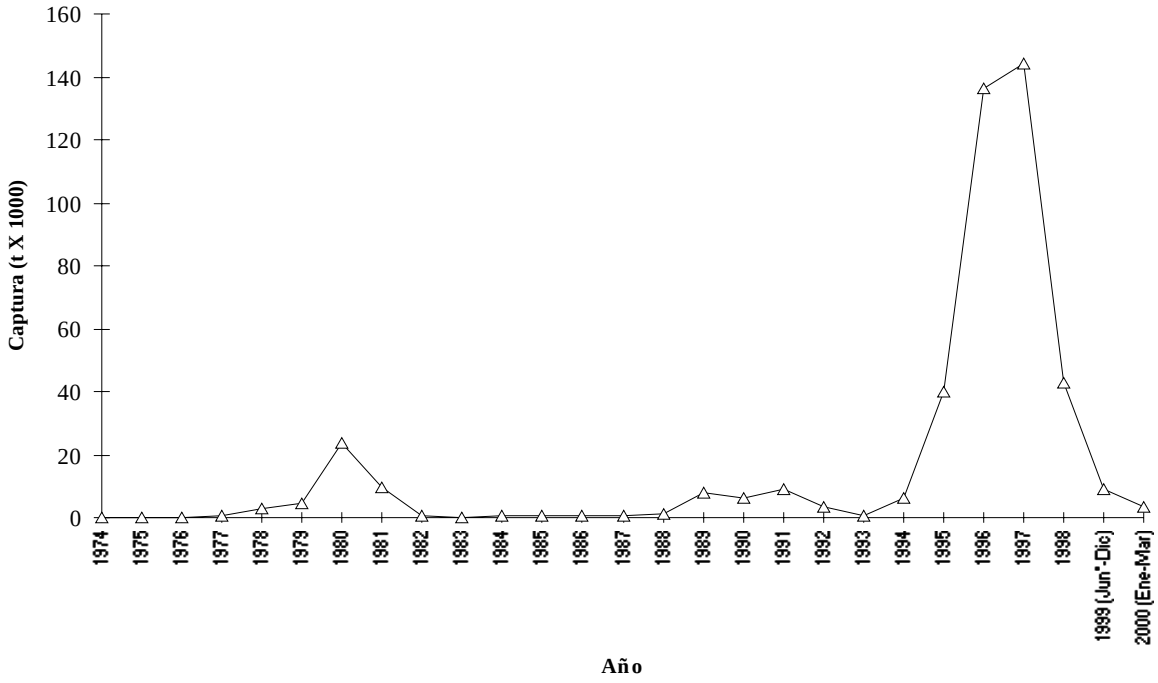


Fig. 2. Tendencia anual de las capturas de calamar gigante, *D. gigas*.

▼ *Pesca incidental*

El calamar gigante no forma parte de la pesca incidental, ocasionalmente y rara vez puede aparecer en redes de cerco de embarcaciones sardineras, sin embargo, la captura es mínima.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Esta es una pesquería muy específica y constituye la única especie de calamar que se captura comercialmente en grandes volúmenes, por tanto, no tiene interacción directa con otras pesquerías. Se ha observado, que hay una preferencia de la flota camaronera del Golfo de California a incorporarse a la pesquería de calamar gigante, cuando la temporada de camarón en el Pacífico Mexicano entra en veda, de tal forma, que la interacción entre estas pesquerías sucede en espacio y tiempo diferentes (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Si se considera el máximo esfuerzo pesquero de pangas y barcos, la pesquería de calamar genera aproximadamente 11,000 empleos directos por mes

▼*Infraestructura pesquera*

Para 1997, la infraestructura instalada en el estado de Sonora es de 24 plantas con una capacidad de recepción de 781 t diarias y capacidad de procesamiento de 351 t de frescongelado y 264 t en presentación *daruma*, además de 3,873 t de almacenamiento. Para el estado de Baja California Sur se cuenta con 9 plantas de recepción.

▼*Indicadores económicos*

En la captura e industrialización participan tanto el sector social como el privado, mientras que la exportación es exclusiva del sector privado, los cuales se localizan a lo largo de la costa de la Península de Baja California y de los estados de Sonora y Sinaloa.

En cuanto a la extracción, considerando el máximo esfuerzo pesquero aplicado tanto por las pangas como los barcos y conociendo que en las primeras participan en promedio dos pescadores y en los segundos ocho, existen aproximadamente 11,000 empleos directos por mes. Las variaciones en este número dependen principalmente de la disponibilidad del recurso calamar y de la accesibilidad del recurso camarón, ya que la pesquería de calamar adquiere relevancia cuando la pesquería de camarón entra en período de veda (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Este recurso no cuenta con medidas de regulación establecidas a través del Diario Oficial de la Federación.

A partir de 1995, año en el que se observó el incremento en la captura de calamar gigante, la industria se incorporó masivamente a esta actividad, por lo que la pesquería necesitó ser ordenada para regular los niveles de esfuerzo permisibles (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

El esquema de manejo actual ha sido la regulación de los permisos de pesca controlando al mismo tiempo el esfuerzo sobre la pesquería, fundamentando las medidas administrativas aplicadas con evaluaciones de biomasa hechas por el Instituto Nacional de la Pesca, a través del análisis de datos de captura y esfuerzo, así como de la información obtenida por cruceros de investigación.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La colaboración regional de los grupos de investigación del INP ha permitido desde 1995 avanzar y actualizar el conocimiento de las variables y parámetros biológicos (Tabla 2) que influyen en el comportamiento de la pesquería.

Tabla 2. Parámetros y variables actuales disponibles para la modelación de la pesquería de *D. gigas.*

Captura y Esfuerzo		Biomasa	Crecimiento			Mortalidad			Longitud Peso		Madurez	Selectividad	
Captura (t)	Esfuerzo	B_{obs}	Loo	k	t_0	M	F	q	a	b		M	H
52,000	830 pangas 63 barcos (1999)	65,000 t (1997)	87 cm	0.8	0.115	0.101/ semana	0.42	6.432 x 10-6	3.08 x 10-5	3.42	28 cm (manto)	51 cm (manto)	42 cm (manto)

▼ *Modelo*

- ***Análisis de la captura por unidad de esfuerzo***

A partir de los avisos de arribo de pesca en el puerto de Guaymas, Sonora se registró información semanal de captura (t) y esfuerzo (noches de pesca), tanto de la flota mayor (barcos camaroneros adaptados a la pesca del calamar gigante) como de la flota menor (pangas con motor fuera de borda). Esta comprendió de la semana del 15 al 21 de octubre de 1995 hasta la semana del 24 al 30 de marzo de 1996.

A través del modelo de extracción propuesto por Rosenberg *et al.* (1990), se analizó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) por semana para cada flota. Con esto se estimó la abundancia inicial de la población (N_0), y el coeficiente de capturabilidad (q) por flota. Este modelo considera una función exponencial de decremento que se encuentra asociada con la tasa de mortalidad natural (M), que fue estimada a través del método de Silliman (Ricker, 1975). Este método supone que F1/F2 = f1/f2, considerando a los valores de esfuerzo (f) como las noches de pesca y F = mortalidad por pesca. El modelo de extracción asume a:

$$\sum_{i-0}^{t-1} C_i \exp^{-(t-1)M} \quad \text{.....(1)}$$

como la variable independiente, donde C_i representa la captura, mientras que la variable dependiente corresponde al estimado de capturabilidad (q). De esta forma el modelo de extracción presenta la siguiente expresión:

$$CPUE_t = qN_0 \exp^{-(t+0.5)M} - q\sum_{i-0}^{t-1} C_i \exp^{-(t-1)M} \quad \text{.....(2)}$$

Los estimados de N_0, q y M resultantes de la ecuación, se utilizaron como parámetros de entrada para obtener una reconstrucción de las capturas semanales observadas, con base en un modelo no lineal, que deriva de la ecuación de captura de una cohorte (Rosenberg *et al.*, 1990).

Este modelo expresa la captura al tiempo t como una función que depende del esfuerzo (f) aplicado, y tiene la siguiente forma:

$$C_t = N_0 \exp\left[-(q\sum_{i=0}^{t-1} f_i) + Mt\right] \frac{qf_t}{qf_t + M}\left\{1 - \exp(-(qf_t + M))\right\} \quad \text{.....(3)}$$

Posteriormente, se aplicó un método de optimización a los valores estimados de C_t, considerando como parámetros de ajuste a N_0, q y M, con lo cual se localizó el valor mínimo en la sumatoria de la diferencia entre los cuadrados de los valores de captura estimados y observados (Hilborn y Walters, 1992). El valor optimizado de la capturabilidad fue considerado como el mejor ajuste para la flota mayor. Con el modelo y los parámetros ajustados se estimó la captura de *D. gigas* para las siguientes siete semanas posteriores al análisis, con un periodo desde la semana del 31 marzo al 6 de abril hasta la semana del 12 al 18 de mayo de 1996, obteniendo a la vez una comparación con los registros de captura a través de los avisos de arribo.

Debido a que los modelos anteriores no consideran la interacción entre distintas flotas como se observa en esta pesquería, una nueva estimación de N_0 fue realizada a través de un estimador de máxima verosimilitud (Rosenberg *et al.*, 1990) utilizando simultáneamente la información de la flota mayor y menor.

En este caso se supone que la captura obtenida deriva de una serie de esfuerzo, en el cual no es necesario que se conozca todo el esfuerzo de las flotas participantes, sino solamente para los grupos o flotas representativas, que pueden ser usadas como los indicadores del estado del stock, ya que también se supone que la CPUE es directamente proporcional a la abundancia del stock sobre algún periodo de pesca determinado.

De esta forma la función de máxima verosimilitud para los parámetros desconocidos, se deriva bajo el supuesto de que la captura obtenida por cada flota, está normalmente distribuida con media y varianza:

$$q_j f_{jt} N_t \exp^{-M/2} \quad \text{.....(4)}$$

y

$$\mathrm{var}(C_{jt}) = \sigma_j^2 \quad \text{.....(5)}$$

Respectivamente, la cual es transformada para aproximarla a un valor de variancia constante. El logaritmo de la función de máxima verosimilitud está dado de acuerdo a lo siguiente:

$$\ln(L) = K - \frac{T}{2}\sum_{j=1}^{J}\ln\sigma_j^2 - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{J}\sigma_j^{-2}\sum_{t=1}^{T}\left(C_{jt} - q_j f_{jt} N_t \exp^{-M/2}\right)^2 \quad \text{.....(6)}$$

En esta expresión los parámetros desconocidos a ser estimados son N_0, q_j (j =1,2,...J) y σ_j^2 (j =1,2...J); j indica el número de flotas presentes en la pesquería, así todos los N_t pueden ser expresados en términos de N_0. El valor optimizado de q con el ajuste de la ecuación de captura, se utilizó como un parámetro de entrada para la flota mayor dentro del modelo, mientras que el valor de q para la flota menor se estimó a través de este método (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997).

La utilización de la metodología anterior, asume la explotación de especies de corta vida (anuales), ya que dependen directamente de un valor N_0. Para confirmar la presencia de una sola cohorte durante el periodo de estudio, se realizaron también muestreos biológicos para conocer la estructura de tallas (longitud de manto) de la población. Utilizando la información de la captura comercial se calculó la frecuencia relativa por intervalo de talla y se extrapoló a la captura comercial registrada en cada semana. Posteriormente se realizó un análisis de progresión modal a escala de tiempo quincenal, calculando el número de individuos a través del análisis de población virtual disponible en el paquete para computadora ELEFAN ver. 1.1 (Gayanilo *et al.*, 1989).

- ***Cruceros de Investigación***

Se obtuvieron estimaciones de biomasa durante 1996 a 1999; en cada crucero se realizaron un promedio de 35 estaciones de muestreo. El área de estudio se localiza desde el sur de Isla Tiburón en Sonora hacia la parte de Santa Rosalía en B.C.S., y llega hasta Yavaros en Sonora y la Bahía de la Paz en B.C.S. Para cada operación de pesca se registró la posición inicial y final del barco, el número de calamares capturados, el tiempo de pesca, y el tiempo previo de iluminación al funcionamiento de las poteras manuales, las cuales fueron manejadas por seis pescadores. Cuando la captura lo permitió, 100 calamares fueron medidos, y se seleccionaron 20 a 25 al azar para el muestreo biológico, longitud del manto, peso del manto, peso total, sexo y fase de madurez.

Se estimó la biomasa de calamar por el método del área barrida, que usa captura total en peso (Pierce y Guerra, 1994). Para reducir el error en la estimación, el área del estudio fue dividida en cinco estratos (Fig. 3)

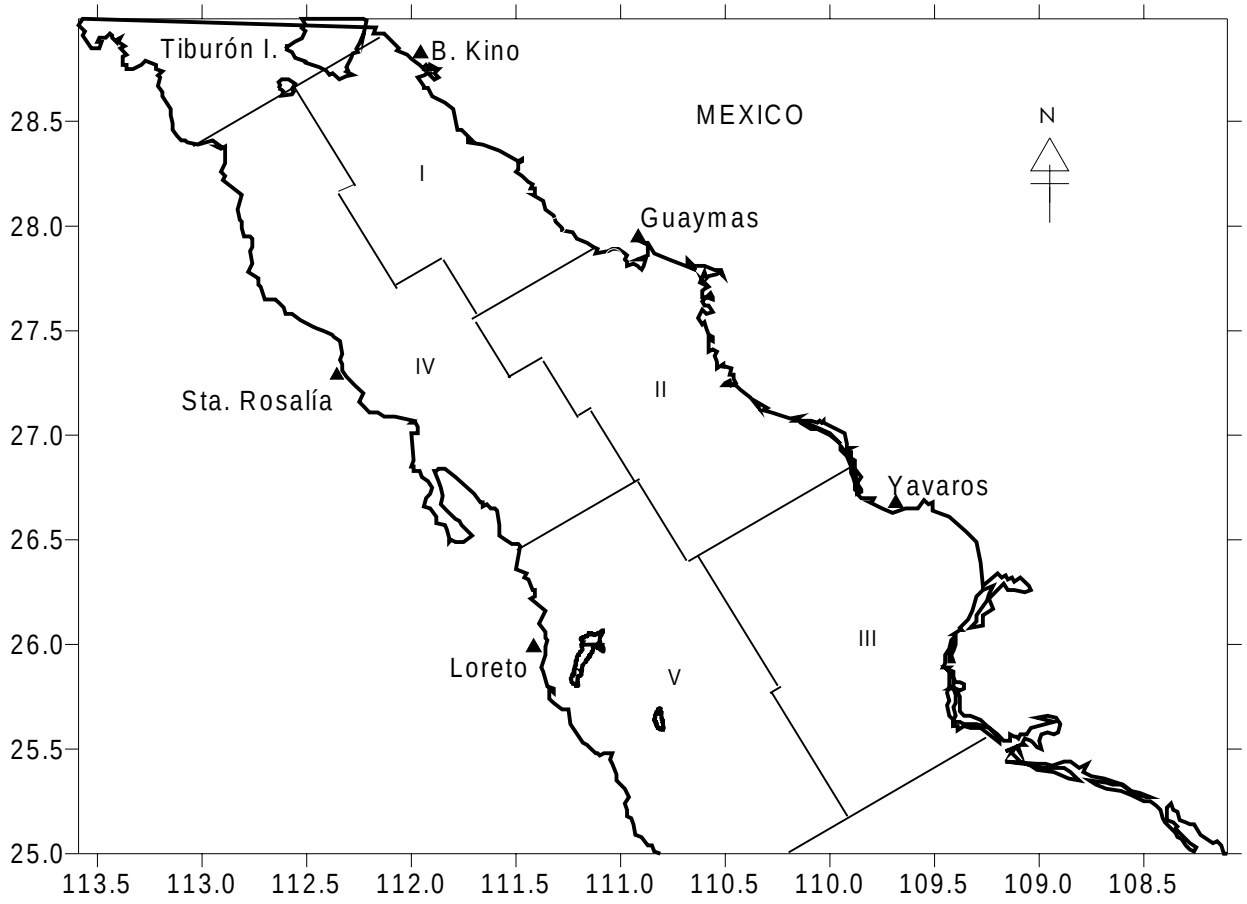


Fig. 3. Distribución de los cinco estratos seleccionados en el Golfo de California.

La estimación de la biomasa se obtuvo de acuerdo a lo siguiente (Pierce y Guerra, 1994; Hernández-Herrera *et al.*, 1998; Nevárez-Martínez *et al.*, 2000):

$$B_T = \sum_{k=1}^{n} \left(Y_k * \frac{A_k}{a_k} \right) \quad \text{.....(7)}$$

con varianza:

$$\hat{V}(B_T) = \sum_{k=1}^{n} \left(\frac{A_k^2 * n_k * s_k^2}{a_k^2} \right) \quad \text{.....(8)}$$

donde:

B_T = *Biomasa total.*

Y_k = *Captura total en el estrato k-ésimo.*

A_k = *Área total del estrato k-ésimo.*

a_k = *Área barrida en el estrato k-ésimo.*

s_k^2 = *Varianza de la captura del estrato k-ésimo.*

n_k = *Número de operaciones de pesca en el estrato k-ésimo.*

El área barrida en cada estación se definió como la deriva del barco (millas náuticas), multiplicado por la distancia de influencia de las poteras (establecido arbitrariamente como 10 m desde la borda del barco).

- ***Parámetros biológicos***

Se realizó un análisis de distribución de frecuencia de la longitud de longitud de manto que consideró periodos quincenales, utilizando el método de Bhattacharya, disponible en Fisat v.1.0 (Gayanilo *et al.*, 1995).

Posteriormente se estimaron los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy. También fue obtenida la relación de longitud del manto - peso de manto. Se usaron datos de la muestras biológicas para estimar números totales desembarcados por intervalo de longitud de manto en el desembarco semanal de Guaymas (Sparre y Venema, 1995).

Las fases de madurez fueron determinadas según Lipinski (1995): las Fases I (inmaduro), II (en transición), y VI (fin del desove) se agruparon como no activos para la reproducción, considerando las fases III (madurando), IV (maduros), y V (desovando) como activos para la reproducción (Hernández-Herrera *et al.*, 1996).

- ***Modelación de la Pesquería***

Se realizó un análisis de la población virtual (APV) por periodos quincenales considerado los grupos de edad presentes en la distribución de frecuencia de longitud de manto (Pope, 1972). Se usó un valor de mortalidad de pesca terminal (F) de 0.3, y un valor de mortalidad natural M = 0.202/quincena (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997). La estimación de M fue calculada usando estimaciones de la proporción de mortalidad

de pesca (F) y esfuerzo de pesca (f) para dos periodos diferentes (Silliman citado por Ricker 1975).

Se estimó el tamaño de la población inicial (N_0), usando una modificación del modelo propuesto por Alverson y Carney (1975), para determinar el crecimiento y decaimiento de una cohorte. La expresión es la siguiente:

$$P_t = N_0 \exp^{-M*t} W_\infty (1 - \exp^{-k*t})^\beta \quad \text{.....(9)}$$

donde

P_t = Biomasa de la población al tiempo t
N_0 = Reclutamiento inicial
W_∞ = el peso asintótico
k = la constante de crecimiento del modelo de von Bertalanffy.

La modificación consideró la incorporación de la mortalidad por pesca (F) de acuerdo con lo siguiente:

$$P_t = N_0 \exp^{-[(M+F)*t]} W_\infty (1 - \exp^{-k*t})^\beta \quad \text{.....(10)}$$

En esta expresión, el valor de N_0 fue optimizado, minimizando la diferencia entre la estimación directa de abundancia de la población (biomasa del crucero de investigación), y la abundancia de la población calculada por el modelo a la quincena correspondiente (Hernández-Herrera *et al*., 1998).

• ***Ajuste del modelo poblacional y estimación de la incertidumbre***

Debido a que el calamar gigante en la pesquería no se mantiene después de los dos años de edad, M fue aumentado un 13% cada quincena posterior a la edad de 1 año. Una curva de biomasa que usa un valor de F de 0.9 fue ajustada, y se usó como una referencia para trazar a una familia de curvas para valores de F diferentes, desde F = 1 a F = 1.5, con incrementos de 0.1. Para cada trayectoria de la biomasa, un valor de K se calculó como:

$$K = \exp^{(-F)} \quad \text{.....(11)}$$

(Rosenberg *et al*., 1990).

En esta forma, la estrategia de manejo fue determinar un nivel del escape útil en el control del esfuerzo de pesca. Este control podría llevarse a cabo de dos maneras: a) limitando el número de permisos, y b) limitando el tiempo de la temporada de pesca (Beddington *et al*., 1990, Basson y Beddington, 1993).

Con los valores teóricos de F, y según la expresión:

$$f_{Est} = \frac{F}{q} \quad \text{.....(12)}$$

El esfuerzo (f_{Est}) fue estimado como el número de noches de pesca para la flota usando q = 0.000429 (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997). Para la flota artesanal el esfuerzo fue normalizado (f_{Sta}) usando f_{Est}, y calculando un factor de la corrección (Fc):

$$Fc = \overline{CPUE}_{sr} / \overline{CPUE}_{af} \quad \text{.....(13)}$$

donde :

$\overline{CPUE}_{sr}$ es la captura media por unidad de esfuerzo de la flota camaronera, y

$\overline{CPUE}_{af}$ es la captura media por unidad de esfuerzo para la flota artesanal.

De esta forma se tiene:

$$f_{Sta} = f_{Est} * Fc \quad \text{.....(14)}$$

(Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

▼ *Estado actual de la pesquería de calamar*

En el caso de la pesquería de *D. gigas* como otras pesquerías de pulpos y calamares, el punto de referencia biológico (PRB) lo constituye el escape proporcional constante, el cual indica la proporción de biomasa adulta que debe sobrevivir al final de la temporada de pesca si esta fuera únicamente sometida a la mortalidad natural (Rosenberg *et al.*, 1990; Beddington *et al.*, 1990; Morales-Bojórquez *et al.*, 1997; Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997; Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

Esto con el fin de tener una población adulta que a través de la reproducción, genere una cantidad de organismos jóvenes que teóricamente puedan sustentar la pesquería en la siguiente temporada. Para lograr lo anterior, el escape proporcional constante debe ser al menos el 40% de la biomasa adulta (Rosenberg *et al.*, 1990; Morales-Bojórquez *et al.,* 1997).

Para la temporada 1995-1996, se observó que la explotación del calamar fue sostenida por una cohorte anual, la cual se recluta durante los meses de abril a junio (Hernández-Herrera *et al.*, 1998). Para el mes de mayo de 1996 se observó simultáneamente la presencia de calamares con tallas entre 60 y 80 cm de longitud de manto, y con tallas entre 28 y 45 cm de longitud de manto, es decir, el fin de una cohorte compuesta por organismos “viejos” y la incorporación de una nueva cohorte de organismos “jóvenes” reflejo del éxito del desove.

Durante este periodo de tiempo la incorporación de nuevos organismos y un escape proporcional estimado entre el 55 y 62% (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997), promovió el desarrollo de la pesquería mediante la incorporación de esfuerzo pesquero, obteniéndose para 1996 una captura mayor a las 100,000 t de peso vivo de calamar.

De acuerdo con las estimaciones de biomasa realizadas en mayo y octubre de 1996 y con los niveles de esfuerzo registrados, en marzo de 1997 el escape proporcional alcanzado fue del 44.5% (Tabla 3).

Tabla 3. Situación actual con base en el Punto de Referencia Biológico.

Punto de Referencia	Actual	Optimo
Escape proporcional	44.5%	40%

La biomasa en explotación se ha mantenido por encima del punto de referencia lo que le da a esta pesquería el estatus de *pesquería en desarrollo* pero conlleva el riesgo implícito de su potencial variable tanto por movimientos migratorios como por el tamaño de cada nuevo reclutamiento.

Para mantener los niveles actuales de esfuerzo, es necesario evaluar la intensidad del nuevo reclutamiento, que permita estimar el valor de escape proporcional de la nueva cohorte en la pesquería, lo que no permite un buen pronóstico del potencial a futuro sino a corto y mediano plazo. Sin embargo, las características de este stock, compuesto principalmente por una cohorte son: que es altamente migratorio, con una mortalidad natural alta, gran potencial reproductivo y con grandes variaciones en el reclutamiento definidas posiblemente por variables independientes al esfuerzo de pesca, lo que hacen posible la disminución de las capturas sin llegar al colapso de la población (Hernández-Herrera *et al.*, 1998).

En este caso, se presentan dos formas para la estimación de la abundancia de *D. gigas*, utilizando datos de captura y esfuerzo, estableciendo dos diferencias con el método presentado por Rosenberg *et al.* (1990). En la primera se utilizó el modelo de extracción sucesiva solamente para obtener parámetros iniciales de q, M y N_0, que posteriormente fueron optimizados en la ecuación de captura, utilizando solamente la información de la flota mayor. La estimación se presentó de esta forma porque no se obtuvieron resultados satisfactorios sobre un proceso previo de normalización de ambas flotas, por lo cual se utilizó a la flota mayor como la flota representativa en la pesquería (Rosenberg *et al.*, 1990), de esta forma se empleó la unidad nominal de esfuerzo (noche de pesca) para calcular los parámetros de la flota mayor.

La segunda diferencia se relaciona con la utilización del parámetro q de la flota mayor como un valor fijo dentro del estimador de máxima verosimilitud (Fig. 4), ya que al ser utilizada como la flota de referencia permitió únicamente estimar el valor de q de la flota menor. Se obtuvo así una nueva estimación de N_0 = 80,800 t considerando en este caso el modelo de flotas múltiples (Rosenberg *et al.*, 1990).

Para utilizar a la flota mayor y a su parámetro q como referencia dentro del estimador de máxima verosimilitud, se demostró en principio que con la ecuación de captura se obtuvo una adecuada reconstrucción de las capturas observadas. Se encontró también que durante este periodo la CPUE fue proporcional a la abundancia, ya que por una parte se muestra la tendencia de la CPUE y por otro el comportamiento de la cohorte que se está explotando (Fig. 5).

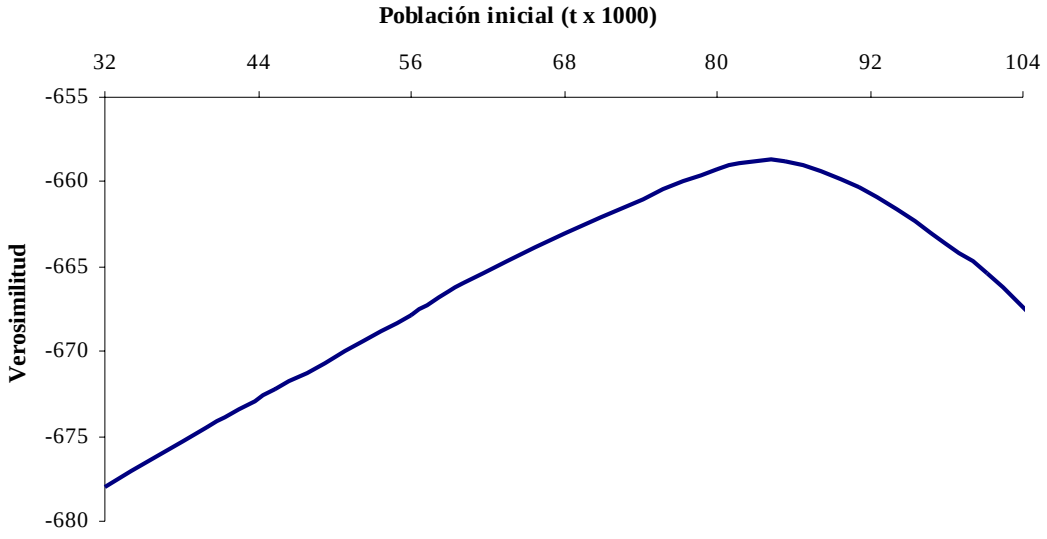


Fig. 4. Tamaño de la población de *D. gigas* con el modelo de flotas múltiples.

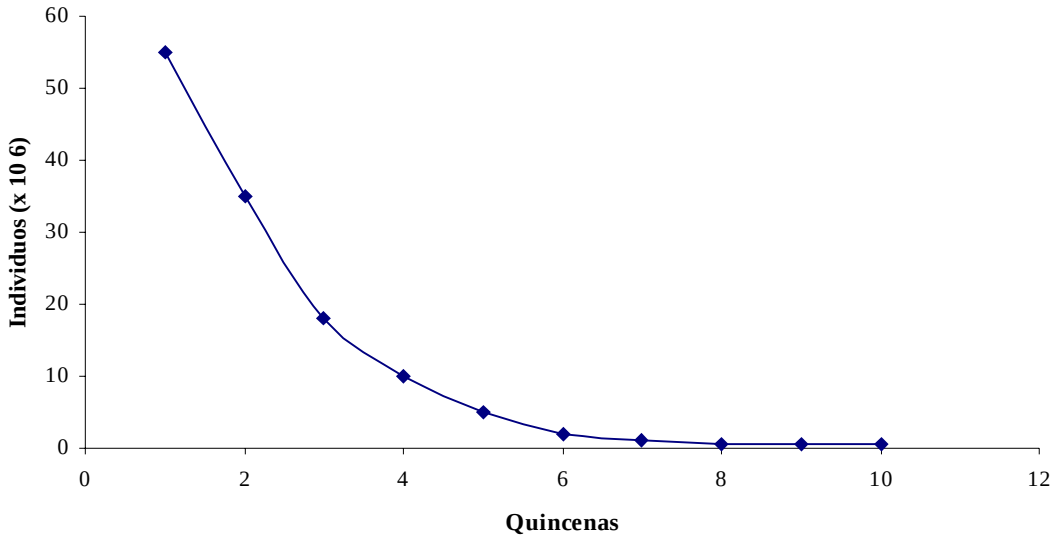


Fig. 5. Tendencia de la cohorte de *D. gigas*

Sin embargo, se observó un incremento continuo del esfuerzo pesquero, lo que provocó la permanencia de la cohorte durante 24 semanas dentro de la pesquería. Esta situación se pudo comprobar al realizar una predicción de la captura para las siete semanas posteriores al análisis de la información, en donde la ecuación de captura estimó valores de 100 t que semanalmente disminuían, mientras que los registros de la captura mostraban la tendencia inversa (Fig. 6). Ello sugiere la presencia de una nueva cohorte dentro de la pesquería (Morales-Bojórquez *et al.*, 1997), que pudo seguir sustentando la captura hacia las semanas siguientes.

En el ajuste del modelo de la ecuación de captura de Baranov, el modelo depende del tamaño del reclutamiento inicial (No), del coeficiente de capturabilidad y de la mortalidad natural. Dados los datos de captura, se resolvió un algoritmo de diferencias cuadráticas por medio de una aproximación no lineal de búsqueda directa (método de Newton), entre los datos observados y estimados de captura. El modelo resultó exitoso hasta la semana 20, sin embargo, a partir de la semana 21 el modelo muestra una tendencia a disminuir la captura, mientras que los registros de la pesquería muestran el patrón opuesto. Esta condición del modelo es explicada por el agotamiento de la cohorte dominante en la pesquería, que es la que mantiene las capturas. Después de la semana 21 se observa un nuevo reclutamiento a la pesquería, lo cual explica la recuperación de los registros de captura (Morales-Bojórquez *et al.,* 1997). Este reclutamiento fue también reportado por Hernández-Herrera *et al.* (1998), que observaron este suceso en mayo, lo cual coincide con la temporalidad observada en la *figura 6.*

Esta situación hace necesario el establecimiento de mecanismos apropiados para el acceso a la pesca, ya que altos incrementos en la cantidad del esfuerzo aplicado pueden provocar problemas relacionados con el reclutamiento, debido al desconocimiento de la abundancia de la población. De esta forma se puede planear la estrategia de explotación, ya que también debe tomarse en cuenta que esta es una pesquería inestable, debido a su patrón de migración asociado a una alta mortalidad natural (Ehrhardt *et al.*, 1986), condiciones bajo las cuales se puede realizar una sobrepesca de crecimiento o de reclutamiento.

Este esquema de análisis de información tiene ventajas en el manejo del recurso calamar, ya que el continuo seguimiento a escala semanal, permite tener un control sobre la mortalidad por pesca y sobre la tendencia de la biomasa de la cohorte presente. De tal forma será posible detectar la incorporación de nuevos reclutamientos que se asocien con el mantenimiento, disminución o aumento del esfuerzo pesquero y así podrá seguir siendo una pesquería con potencial dentro del Golfo de California.

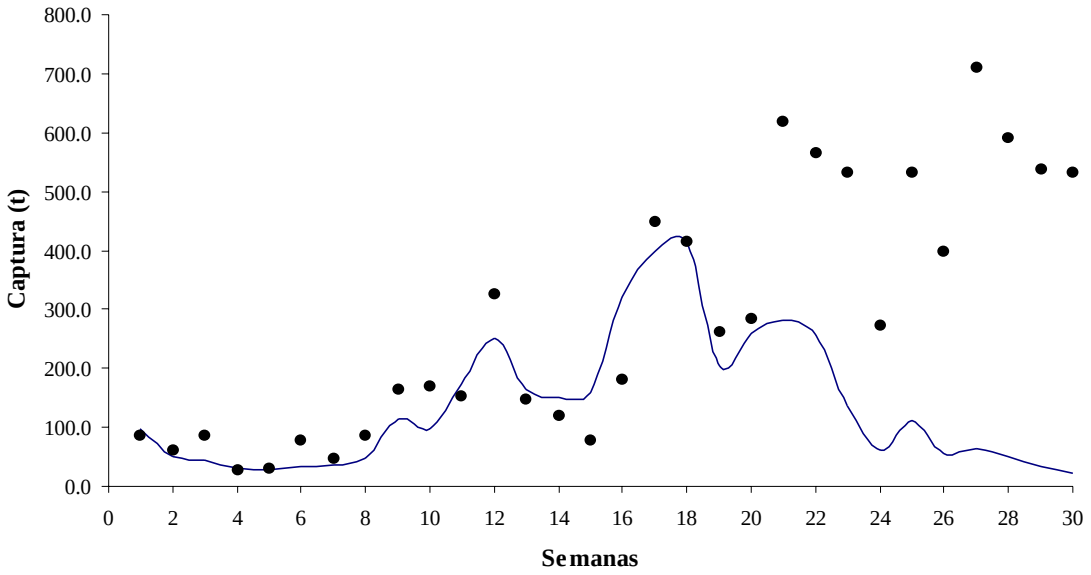


Fig. 6. Reconstrucción y pronóstico de las capturas de *D. gigas* .

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

De acuerdo al estatus anteriormente descrito y con el fin de mantener el objetivo de manejo (escape proporcional), en la *figura 7* se presenta la estimación de biomasa para el año de 1997, así como la simulación del comportamiento de la población variando los niveles de esfuerzo.

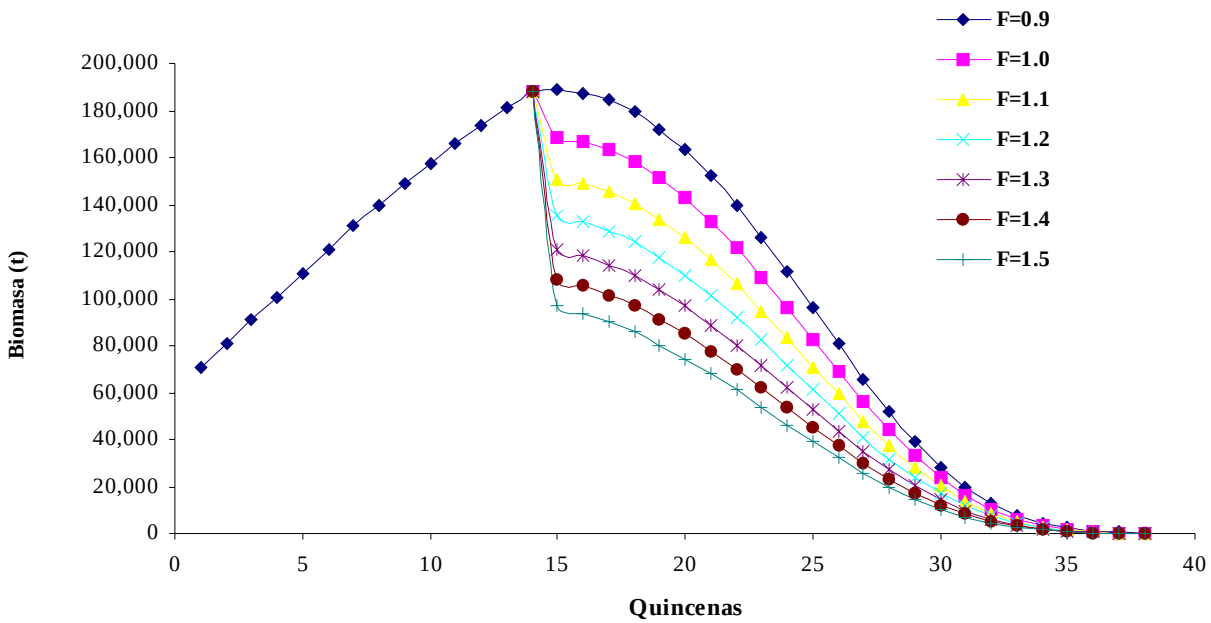


Fig. 7. Diferentes estrategias de explotación de *Dosidiscus gigas* considerando distintos niveles de moratlidad por pesca.

Las acciones de manejo aplicadas a este recurso se plantean como objetivos a corto plazo. Como ya se señaló, esta pesquería es inestable por lo que la proyección es a su vez para períodos cortos de tiempo (menores a un año), debido a que las fluctuaciones en la biomasa y las capturas dependen totalmente del reclutamiento inicial y de la disponibilidad del recurso. Por otra parte, el reclutamiento observado tiene la característica de incorporar individuos maduros (Fig. 8), por lo cual, la utilización de tallas mínimas en la pesquería es una medida de control inútil. Hernández-Herrera *et al.* (1996) mostraron que individuos desde 27 cm de LM ya han presentado desove, y por otra parte, la captura comercial desembarca individuos con tallas superiores a los 32 cm de LM en la zona de Guaymas, Sonora.

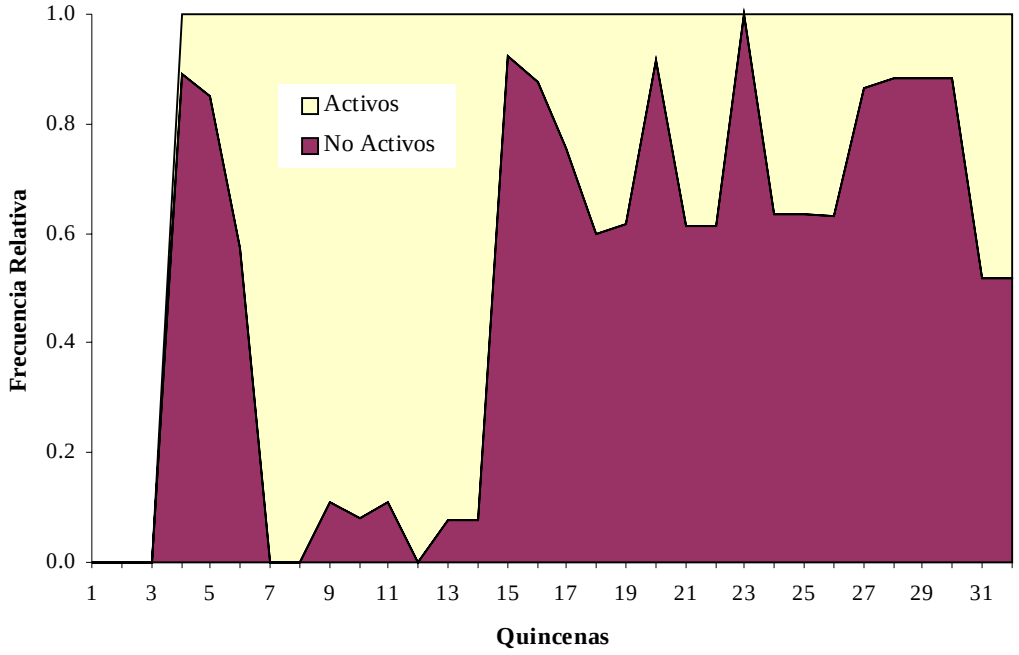


Fig. 8. Variación temporal de la madurez de *Dosidiscus gigas*

Las proyecciones de biomasa de calamar asumen un patrón de reclutamiento variable debido a que como en la mayoría de las pesquerías de cefalópodos el reclutamiento es imprevisible. Este es el principal riesgo en la toma de decisiones acerca de manejo en esta pesquería, ya que como se observa, cualquier cambio temporal o en la intensidad del reclutamiento llevan implícita la duración de la temporada de pesca en la cual se puede alcanzar el PRB objetivo.

Por otra parte, los patrones de comportamiento de la flota mayor han mostrado una tendencia a incorporarse masivamente a la pesca del calamar momentos antes de la veda del recurso camarón del Pacífico mexicano, por lo que la explotación de *D. gigas* concentra su mayor esfuerzo aproximadamente entre febrero y julio, considerándose principalmente una pesquería alternativa. En este sentido, las decisiones encaminadas al manejo del recurso tienen sus implicaciones más fuertes dentro de este periodo. Otros aspectos importantes relacionados directamente con la explotación de *D. gigas* se refieren a la insuficiente capacidad instalada de descarga e industrialización del producto, así como al suministro de insumos para la misma, tales como elaboración de hielo (importante en la conservación del producto), lo cual también limita la operación masiva de las embarcaciones con licencia en la actividad. Debido a ello, es posible pueda iniciarse un proceso de sobrecapitalización de la pesca del calamar gigante, riesgo demasiado alto para una pesquería con importantes fluctuaciones en disponibilidad (Nevárez-Martínez y Morales-Bojórquez, 1997).

Campos de colaboración

Actualmente se están realizando reuniones bimensuales de los diferentes sectores involucrados en la pesquería del calamar en Guaymas, Sonora, donde participan los miembros de la Cámara Nacional de la Industria Pesquera (CANAINPES) Sección Calamar, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.-Unidad Guaymas; Subdelegados de Pesca, Jefes de Oficina de Pesca, Directores de los Centros Regionales de Investigación Pesquera, investigadores de los mismos y otros sectores interesados en esta pesquería. Estas reuniones tienen como objetivo mostrar los avances en las diferentes líneas de investigación de *D. gigas*, y al mismo tiempo constituyen un foro abierto para discutir problemas y soluciones referentes al estado de salud del recurso a tiempo real.

También se han establecido convenios de cooperación con diferentes instituciones de investigación (CIBNOR, S. C.-Unidad Guaymas, UNAM y CICESE) en los cuales se pretende abordar de manera conjunta o complementaria aspectos que permitan conocer mejor la biología básica del recurso, así como la dinámica de su población dentro del Golfo de California.

Todo este esfuerzo se desarrolla con el fin de predecir con certeza el volumen de las capturas de *D. gigas*, sin embargo, como ya se mencionó, este recurso presenta altas fluctuaciones a corto plazo en sus niveles de abundancia ocasionados posiblemente por cambios en el reclutamiento, o movimientos migratorios influenciados por la variabilidad ambiental, lo cual aumenta el riesgo y la incertidumbre en el manejo del mismo.

REFERENCIAS

Alverson, D.L. & M.J. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. J. Cons. int. Explor. Mer. 36(2): 133-143.

Basson, M. & J.R. Beddington. 1993. Risk and uncertainties in the management of a single cohort squid fishery: the Falkland Islands Illex fishery as an example. *En:* Smith, S. J., J. J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 253-259.

Beddington, J.R., A.A. Rosenberg, J.A. Crombie & G.P. Kirkwood. 1990. Stock assessment and the provision of management advice for the short fin squid fishery in Falkland Island waters. Fish. Res. 8:351-365.

De la Rosa, M., J. T. Silva, V. M. García-Tirado & S. García-Peña. 1992. El calamar una pesquería en desarrollo. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Ehrhardt, N. M., P. S. Jacquemin, A. Solís-Nava, F. García-Badillo, G. González-Dávila, J. Ortíz-Cobos & P. Ulloa-Ramírez. 1982a. Crecimiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera 3: 33-39.

Ehrhardt, N. M., P. S. Jacquemin, G. González-Dávila, P. Ulloa-Ramírez, F. García-Badillo, J. Ortiz-Cobos & A. Solís-Nava. 1982b. Descripción de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, flota y poder de pesca. Ciencia Pesquera 3: 41-60.

Ehrhardt, N. M., A. Solís-Nava, P. S. Jacquemin, J. Ortiz-Cobos, P. Ulloa-Ramírez, G. González-Dávila & F. García-Badillo. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera 5: 63-76.

Gayanilo Jr., F.C., M. Soriano & D. Pauly. 1989. A draft guide to the compleat ELEFAN. ICLARM software 2,70. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila Philippines.

Gayanilo Jr., F. C., P. Sparre & D. Pauly. 1995. The FAO-ICLARM stock assessment tools (FISAT) User's guide. FAO Computerized Information Series (8).

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojórquez, M.A. Cisneros-Mata, M. O. Nevárez-Martínez & G.I. Rivera-Parra. 1998. Management strategy for the giant squid (*Dosidicus gigas*) fishery in the Gulf of California, Mexico. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 39: 212-218.

Hernández-Herrera, A., E. Morales-Bojorquez, M. O. Nevárez-Martínez, A. Balmori & G. I. Rivera. 1996. Distribución de tallas y aspectos reproductivos del calamar gigante (*Dosidicus gigas*, D´Orbigny, 1835) en el Golfo de California, México. Ciencia Pesquera 12:85-89.

Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Lipinski, M. 1995. Sexual maturation in squid: Quantum or continuum?. S. Afr. J. Mar. Sci. 15: 207-223.

Morales-Bojórquez, E., A. Hernández, M. O. Nevárez, J. Díaz de León, G. I. Rivera & A. Ramos. 1997. Abundancia poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en las costas de Sonora, México. Oceánides 12(2):90-96.

Nevárez-Martínez, M., A. Hernández-Herrera, E. Morales-Bojórquez, A. Balmori-Ramírez, M.A. Cisneros-Mata & R. Morales-Azpeitia. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fish. Res. (en prensa).

Nevárez-Martínez, M. O. & E. Morales-Bojórquez. 1997. El escape proporcional y el uso del punto de referencia biológico $F_{\%BR}$, para la explotación del calamar gigante, *Dosidicus gigas*, del Golfo de California. Oceánides. 12(2):97-105.

Nesis, K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology. 10: 108-118.

Pierce, G.J. & A. Guerra. 1994. Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. Fish. Res. 21:255-285.

Pope, J. G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull. 9: 65-74.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191:1-382.

Rosenberg, A. A., G. P. Kirkwood, J. A. Crombie & J. R. Beddington. 1990. The assessment of stocks of annual squid species. Fish. Res. 8: 335-350.

Secretaria de Pesca. 1981-1994. Anuarios Estadísticos de Pesca. SEPESCA, México.

SEMARNAP. 1997. Indicadores de la Producción Pesquera. SEMARNAP, Subsecretaría de Pesca, Dirección de Estadística y Registro Pesqueros. México.

Sparre, P. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. FAO Documento Técnico de Pesca. 306 (1): 1-440.

Suda, A. 1973. Development of fisheries for non convencional species. J. Fish. Res. Bd. Can. 30: 2121-2158.

negro
amarillo
chino
abulón
abulón
azul
rayado
azul
aplanado
negro
amarillo
amarillo
amarillo
chino
azul
abulón
rojo
rojo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ABULÓN

ESPECIE: Abulón azul *(Haliotis fulgens)* y abulón amarillo *(H. corrugata).*

- Pesquería con más de un siglo de antigüedad.
- Esta pesquería ha fomentado el desarrollo de diversas comunidades costeras en la península de Baja California.
- Organismos longevos (20 años) y lento crecimiento.
- Poblaciones susceptibles a cambios climáticos y a la sobrexplotación.
- El valor de la producción disminuyó de 55 millones de USD en 1991 a 17.029 millones de USD en 2000.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura 2000: 197.853 t, 13% menos respecto a 1999 y 3.3% del máximo histórico 1950.

EFECTOS ENOS 97-98

- Decrece el reclutamiento y el crecimiento, mayor mortalidad natural y pérdida de peso individual.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa con anomalías térmicas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro, con tendencias a la recuperación.

MEDIDAS DE MANEJO

- Talla mínima, vedas espaciales y temporales, reducción de cuotas de captura por cooperativa y por especie (NOM-005-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

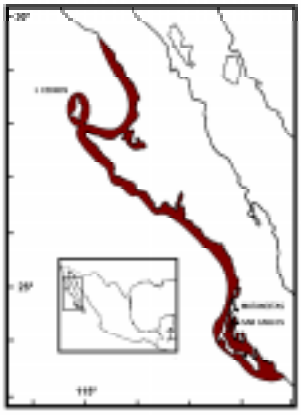
- Llevar la biomasa al valor donde se maximize la producción excedente.

ABULÓN

Haliotis fulgens
H. corrugata

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La pesquería de abulón constituye una de las actividades más importantes que se desarrollan en la costa occidental de la península de Baja California, desde la frontera con Estados Unidos hasta Isla Margarita en Baja California Sur, México. Su gran demanda a nivel internacional hace que sea un producto de alto valor comercial, fincándose en él, la actividad tanto económica como social de las comunidades pesqueras establecidas en esa región.

Hasta 1996 ocupaba el cuarto lugar en generación de divisas; actualmente se encuentra entre las veinte principales pesquerías con un valor de producción de 74 millones de dólares (SEMARNAP, 1998).

El abulón azul y el abulón amarillo, constituyen alrededor del 98 % de la captura total de abulón en Baja California

Las especies de abulones distribuidas en aguas mexicanas quedan comprendidas en el grupo de haliótidos de Norteamérica, conformado por ocho especies, de las cuales siete existen en la costa oeste de la Península de Baja California: *Haliotis fulgens* (abulón azul), *H. corrugata* (amarillo), *H. cracherodii* (negro), *H. rufescens* (rojo), *H. sorenseni* (chino), *H. assimilis*, (rayado) y *H. walallensis* (aplanado). Losabulones amarillo y azul contribuyen aproximadamente con el 98% de la captura total (Tabla 1).

Esta pesquería tuvo sus inicios en México desde el año 1860 con la incursión de personas de origen chino, quienes tuvieron como base de operaciones San Diego (California), posteriormente, en su lugar ingresaron buceadores japoneses conocidos como “buzos de los barriles de sake”. Estos pescadores, desde mediados de los años veinte y hasta poco antes de la Segunda Guerra Mundial, utilizaron el buceo con escafandras (sistema de *Escaphandro Denayrouze*), lo cual les permitió desplazarse de zonas someras a profundidades mayores. Ellos controlaban tanto la captura, como la industrialización y su comercialización (Cox, 1962).

Antes de que los pescadores mexicanos ingresaran a la pesquería del abulón, ésta era realizada por chinos y japoneses. A mediados de 1940 (80 años después del inicio de la pesquería en California), los pescadores mexicanos empezaron a integrarse en organizaciones cooperativistas

Aunque hay registros esporádicos desde 1922, no es sino a partir de 1940 que los pescadores mexicanos ingresaron a esta actividad, formando pequeñas villas, que actualmente constituyen los poblados pesqueros de la región. A mediados de ese año se empezaron a constituir las primeras cooperativas (Ortíz-Quintanilla y León-Carballo, 1992).

Tabla 1. Porcentaje de especies en la captura anual de abulón para las tres zonas administrativas de la península de Baja California (Vélez y Muciño, 1998).

Año	Zonas de Pesca									
	I						II		III	
	amarillo	azul	negro	rojo	chino	rayado	amarillo	azul	amarillo	azul
1990	6.1	93.9					3.7	96.3	6.8	93.2
1991	4.3	95.7					4.5	95.5	9.9	90.1
1992	5.0	84.6	0.4		10.0		16.6	83.4	11.4	88.6
1993	3.5	89.8	1.5	3.6	1.4	0.3	22.4	77.6	12.9	87.1
1994	1.0	87.6	1.8	6.1	3.1	0.4	22.8	77.2	33.9	66.1
1995	9.4	87.7	0.7	1.1	1.0	0.0	27.0	73.0	43.2	56.8
1996	11.6	86.9	0.4	1.1	0.1	0.0	22.2	77.8	40.5	59.5
1997	12.8	86.9	0.0	0.3	0.0	0.0	22.7	77.3	30.6	69.4
1998	17.5	82.4	0.1	0.0	0.0	0.0	16.2	83.8	32.8	67.2
1999	22.0	77.7	0.3	0.0	0.0	0.0	17.5	82.5	40.7	59.3
2000	17.1	82.9	0.0	0.0	0.0	0.0	19.2	80.8	35.6	64.4

Entre 1950 y 1960 las capturas se incrementaron y se organizó la industria pesquera, orientada hacia la sardina, atún, langosta roja y abulón. En 1950, el Sr. Ruffo Sandoval, estableció la empacadora Baja California en Ensenada, B.C. Para 1958 la Cooperativa California de San Ignacio se instaló en Bahía Asunción, B.C.S. (Ortíz y León, 1988).

Actualmente la explotación del abulón se rige en un esquema de permisos y concesiones. Dentro de esta actividad se tienen registradas 22 sociedades cooperativas

Las cuotas empezaron a disminuir a partir de 1996 como una medida para incrementar la biomasa en general y esto pudiera continuar de acuerdo al esquema de manejo implementado actualmente bajo un enfoque precautorio.

Existen un total de 22 sociedades cooperativas dedicadas al aprovechamiento del abulón en una porción de la costa. Éstas están concesionadas en algunos casos y permisionadas en otros y agrupan a 705 socios que operan en total 235 equipos abuloneros. Las áreas de pesca se encuentran en cuatro zonas administrativas a lo largo de Baja California (Fig.1).

BIOLOGÍA

Los haliótidos habitan en zonas costeras rocosas, asociadas principalmente a mantos de algas y pastos marinos, así como a poblaciones de erizos y otros individuos bentónicos; así se establecen relaciones tróficas de protección y competencia por sustrato y alimento. Son de hábitos nocturnos y tienen fototropismo negativo, tienen sexos separados (dioicos) y su fertilización es externa.

Tanto el abulón azul como el amarillo, se distribuyen y explotan desde Islas Coronado, B.C. hasta la punta sur de Isla Margarita, B.C.S., pero las mayores concentraciones se encuentran desde Isla de Cedros hasta Punta Abreojos.

Vega *et al.* (1994) han hecho una revisión espacial reciente de la distribución batimétrica de las especies de abulón.

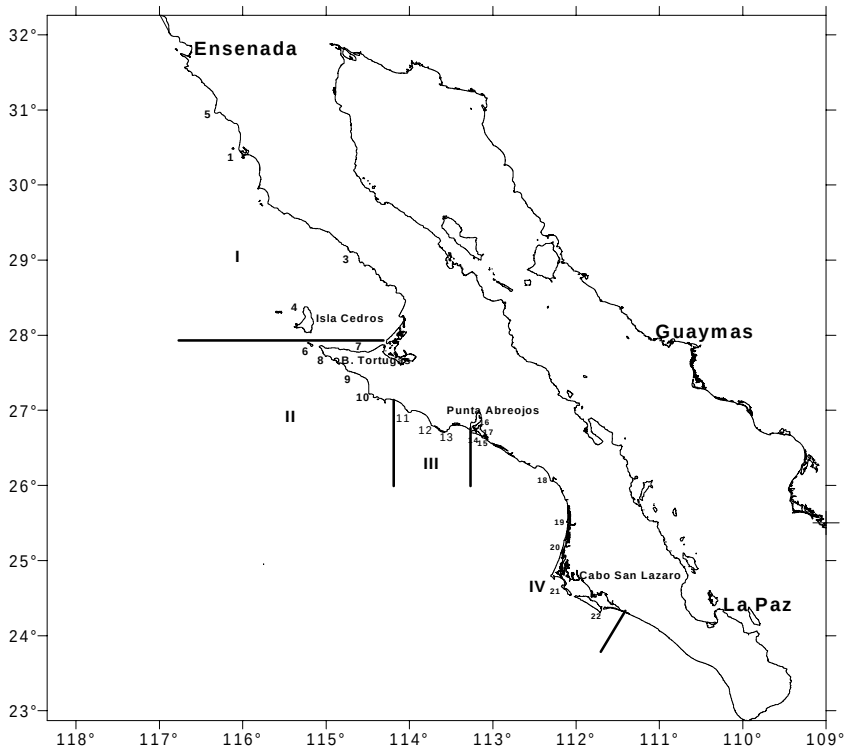


Fig. 1. Zonas geográficas reglamentadas para la captura de abulón y ubicación de las cooperativas pesqueras en la península de Baja California, México.

La distribución batimétrica del abulón azul es desde el piso mediolitoral hasta los 24 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 1.5 y 9 m. El abulón amarillo se localiza desde los 7 hasta los 44 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 8 y los 28 m. En algunas localidades estas especies han sido afectadas en su abundancia por el síndrome del deterioro y deshidratación (Turrubiates, 1996).

La mayor abundancia de las especies más representativas de abulón, con respecto a la profundidad es:

Azul: 1.5 a 9.0 m
Amarillo: 8.0 a 28 .0 m
Rojo: 6.0 a 18.0 m
Negro: 0.9 a 4.0 m
Chino: 24.0 a 29.0 m

El abulón negro se presenta desde Coos Bay, Oregon, hasta Punta Prieta, B.C.S. Se distribuye verticalmente desde el piso mediolitoral hasta los 8 m de profundidad, con una mayor abundancia entre los 0.9 y los 4 m. Los stocks son poco abundantes a causa de enfermedades naturales como el síndrome de deterioro y deshidratación (Vega *et al*., 1994; Turrubiates, 1996).

El abulón rojo se distribuye desde Islas Coronados, B.C. hasta Punta Blanca, B.C. con mayor abundancia en la región aledaña a bahía El Rosario. Esta especie se encuentra desde el piso mediolitoral hasta cerca de los 100 m de profundidad. Su mayor abundancia se reporta entre los 6 y los 18 m.

El ámbito geográfico del abulón chino, comprende desde Punta Concepción hasta Punta San Hipólito, B.C.S. (Vega *et al.,* 1990). Es más abundante en las islas y bajos adyacentes a la costa. Verticalmente se localiza desde los 10 m hasta cerca de los 50 m. Su mayor abundancia se localiza entre los 24 y 29 m de profundidad. Los stocks de esta especie también presentan el síndrome del deterioro y deshidratación (Valles, 1993).

Además de las anteriores, existen otras especies de abulón que son capturadas de vez en cuando. Una de éstas es el abulón rayado que se distribuye desde Punta Concepción, Baja California hasta bahía Tortugas,

B.C.S. Su distribución vertical va desde los 3 m a los 36 m y su mayor abundancia se encuentra entre los 21 y 30 m. Otra especie es el abulón aplanado, para el cual Cox (1962) reporta su distribución desde Columbia Británica, Canadá, hasta La Jolla, California, aunque Owen *et al.* (1971), indican como límite sur de su distribución a Punta Santo Tomás, B.C., México.

La época de reproducción varía entre las especies dentro de una misma zona (Andrade, 1971; Vega *et al.*, 1993) y también latitudinalmente (Guzmán del Proó *et al.*, 1980; Ortíz *et al.*, 1990).

Comúnmente las especies maduran sexualmente y desovan una vez por año, aunque pueden presentar dos periodos o incluso desovar a lo largo de todo el año como *H. rufescens* (Mottet, 1978); por lo general, el período de máxima madurez y desove ocurre hacia fines del verano y con mayor énfasis entre otoño e invierno (Muciño-Díaz, 1996; Ortíz-Quintanilla y León-Carballo, 1996).

En la mayoría de los casos, el desove se presenta una vez al año, por lo general con mayor intensidad entre otoño e invierno

Durante el desove, los gametos son expulsados para que la fertilización se realice en la columna de agua, donde ocurren diversos cambios morfológicos.

Las larvas véliger después de tres o cuatro días realizan la metamorfosis y entran a la etapa de vida bentónica (Ogawa *et al.*, 1992). La fase de postlarva se mantiene hasta la formación del primer poro respiratorio, lo cual ocurre de uno a tres meses de edad. A partir de este estadio y hasta que alcanza la madurez sexual, el abulón es considerado como juvenil (Leighton, 1974).

La talla mínima a la que se han encontrado individuos maduros varía también con la especie y con la zona de pesca. Lelevier *et al.* (1989) reportan tallas mínimas de madurez, con base en análisis de monitoreos biológicos entre 1980 y 1989. Por su parte, Vega *et al.* (1994) presentan un resumen de la talla de madurez sexual al 50% (Tabla 2).

La composición por especies en la captura en los últimos años ha variado para cada zona:

Zona I: las especies representadas en las capturas son el abulón azul, amarillo, negro, chino, rayado y rojo. En la temporada 1993 el porcentaje máximo fue de 87.2% de abulón azul y el mínimo fue de 0.2% de abulón rayado, disminuye paulatinamente en las siguientes temporadas. En 1996 se tenía un porcentaje máximo de 90.4% en abulón azul, mientras que para el abulón rayado no hay registros. Las demás especies de abulón, como el chino, el rojo y el negro, aportan sólo el 1.5% de la producción. Para 1997 la composición ha seguido el mismo patrón.

Zona II: la composición de especies en la captura está sustentada en el abulón azul y amarillo. En algunas cooperativas de la parte norte se captura un porcentaje muy bajo de abulón chino, pero no existen registros, ya que éste era reportado como abulón amarillo. En la temporada 1990, la composición de abulón azul y amarillo fue de 96.3% y 3.7%, respectivamente, y para el año de 1998 fue de 83.8% y 16.2%

Zona III: las capturas también se basan en el abulón azul y amarillo. En 1990 la composición para ambas especies fue de 93.2% y 6.8%, respectivamente. Se ha observado una disminución paulatina en el abulón azul, de tal forma que para 1998, los porcentajes fueron aproximadamente del 67.2% y 32.8%. En esta zona se presenta una aparente alternancia entre las especies que integran las capturas, aunque en realidad se debe a la disminución de una de ellas.

Zona IV: la especie de abulón azul, es la única que se registra en las capturas comerciales, con el 100.0%, no obstante que existen poblaciones de abulón amarillo en las áreas de influencia de las cooperativas.

Tabla 2. Talla de madurez al 50% (mm) por especies de abulón y zonas en la península de Baja California, México (Tomado de Lelevier *et al.*, 1989 y Vega *et al.*, 1994).

ESPECIE	ZONAS DE PESCA				FUENTE
	I	II	III	IV	
Rojo	150	-	-	-	Ortíz y González (1986)
	169	-	-	-	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	170	-	-	-	Molina (1986)
Chino	-	-	133	-	Vega *et al*. (1994)
Negro	124	126	-	-	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	-	-	120	-	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	-	-	119	-	
Azul	148	148	147	122	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	145	152	125	117	Guzmán del Proó *et al*. (1980)
	-	145	-	-	Vega y Michel (1992)
	-	-	-	127	León y Ceseña (1988)
	-	-	-	116	Luna, (1993)
	-	-	129	101	Astudillo,(1993)
	-	105	-	-	Shepherd *et al.*(1991)
Amarillo	130	135	132	110	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	129	138	132	120	Guzmán del Proó *et al.* (1980)
	-	121	-	-	Vega *et al*. (1994)

- No existen reportes

La longevidad ha sido estimada indirectamente de 20 años para *H. fulgens* y *H. corrugata* (Guzmán del Proó *et al.*, 1976; Doi *et al.,* 1977). Mediante la lectura de anillos de la espiral de la concha, Muñoz (1976) determinó para *H. corrugata* una edad máxima de 21 años a una talla de 179.5 mm. Turrubiates y Castro (1992) determinaron para *H. fulgens* una edad de 25 años a una longitud de 175.0 mm.

Molina (1986) y Ortiz y González (1986) han hecho estimaciones de fecundidad en los haliótidos de Baja California, pero básicamente se han efectuado en las áreas norteñas (Zona I), por lo que es necesario ampliar estas estimaciones para las zonas II, III y IV.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La extracción del abulón se realiza mediante buceo, en jornadas diurnas de trabajo denominadas localmente "mareas" con una duración de tres a cinco horas continuas.

En dicha actividad, intervienen tres personas: el buzo, el cabo de vida y el bombero. El primero busca y captura el abulón; el cabo de vida, quien apoya al buzo en el

El abulón se extrae mediante buceo semiautónomo y con un "arrancador" que tiene señaladas las tallas mínimas de captura autorizadas para cada especie

descenso y ascenso, recibe el producto y mantiene la comunicación con el buzo mediante una línea de mano. El bombero se encarga del manejo de la embarcación, de activar el compresor y de seguir los desplazamientos del buzo.

El equipo empleado consiste en una lancha o panga de madera o fibra de vidrio de 18 a 22 pies de eslora y motor fuera de borda de 45 CF o más, provista de un equipo de buceo semiautónomo tipo *hooka*. Éste está compuesto por un compresor, tanque de reserva de aire de aluminio o acero inoxidable, manguera de alta presión flotante en tramos de 50 pies y traje completo de buceo de neopreno; además de visor, regulador de aire o boquilla, plomos, guantes de lona y una línea de seguridad o "cabo de vida".

El arte de pesca utilizado para la extracción se conoce como "arrancador", el cual consiste en un instrumento metálico similar a una espátula de 1.5 a 3 cm de ancho por 18.5 a 20 cm de largo, con mango de madera, el cual se sujeta a la muñeca del buzo.

El arrancador lleva líneas marcadas en su parte metálica que indican las tallas mínimas de captura por especie. El abulón capturado es colocado dentro de una bolsa de malla tejida conocida como "jaba" (León y Ortíz, 1992).

▼*Tendencias históricas*

El registro más antiguo de la pesquería de abulón en Baja California se remonta al año de 1929, con una producción de 180 toneladas (Guzmán del Proó, 1989); sin embargo, los registros más precisos son a partir de los años cuarenta. En la *figura 2* se presenta la captura global de abulón obtenida en la península de Baja California durante el período de 1940 -1998.

El registro formal de la extracción de abulón inició en 1941. El máximo valor de producción durante dicho período fue de casi 6,000 toneladas registradas en 1950

Los registros de producción han sido actualizados con base en la revisión de libros y archivos de las sociedades cooperativas, de 1981 a 1990. El INP considera que ésta es la serie de capturas que mejor representan el aprovechamiento de esta pesquería.

Entre 1940 y 1946, los volúmenes de producción se mantuvieron alrededor de las mil toneladas, lo que es atribuible a los efectos negativos que tuvo la Segunda Guerra Mundial sobre el mercado, así como el escaso número de equipos de buceo (tipo escafandra) y al confinamiento de las capturas en contadas zonas de la costa.

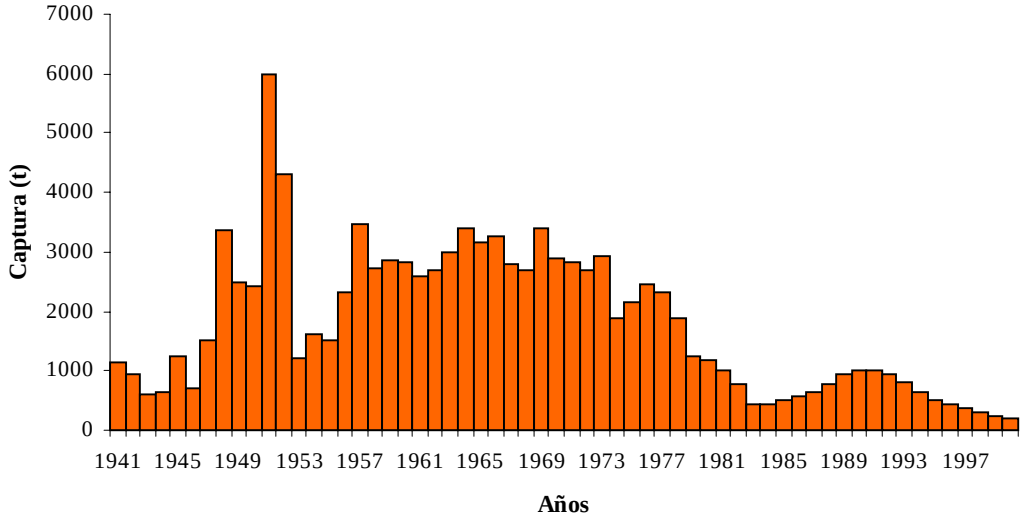


Fig. 2. Tendencia histórica de la captura total de abulón en la península de Baja California México. Fuente: Información de los libros y archivos de las cooperativas abuloneras.

De 1947 en adelante, las capturas presentaron incrementos hasta llegar a 1950 cuando se obtuvieron 5,993 t, que es el registro más alto en la historia de esta pesquería. En años subsecuentes, los volúmenes extraídos declinaron abruptamente.

En 1946 y 1947 se decretaron por parte del Gobierno Federal de México las primeras medidas sobre buceo de abulón (León y Muciño, 1995).

Entre 1956 y 1976 la captura se mantuvo alrededor de las 3,000 t con fluctuaciones máximas y mínimas entre 3,461 y 1,894 t. En este periodo cabe destacar dos aspectos importantes:

1. Se presenta la formación de nuevas cooperativas pesqueras; así como la incorporación de nuevas áreas de captura.

2. Se decretan de manera oficial medidas para la reglamentación de su captura. En 1956 se implantó una veda de dos meses comprendida del 16 de enero al 15 de marzo, así como tallas mínimas de captura por especie. Además se hizo obligatorio el transportar vivo al abulón a la planta procesadora.

En el año de 1972 la veda se cambió a los meses de julio y agosto (León y Muciño, 1995).

A pesar de que desde 1981 la pesquería de abulón se regulaba dentro de un esquema de vedas y tallas mínimas, sus poblaciones no tuvieron una recuperación total, debido a que no fueron suficientes las medidas de manejo aplicadas

En el periodo de 1977 a 1984 la pesquería se caracterizó por una notoria disminución en sus capturas hasta un nivel de poco más de 400 t. Esta tendencia se derivó principalmente de la desorganización del sector productor, debido a la carencia de control sobre el esfuerzo aplicado, tallas mínimas y época de veda; además coincidió con la demanda y el acelerado aumento de precios en el mercado internacional. Lo anterior provocó una captura indiscriminada de abulones de todos los tamaños.

Por otra parte, la presencia del fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS) durante los años 1976-77 y 1982-83 tuvo efectos colaterales causando variaciones en las poblaciones. Se observaron cambios en la composición, abundancia y dominancia de flora y fauna; así como la alteración física del substrato por acarreo y depósito de sedimentos, remoción de fondos, turbidez ocasionada por marejadas e inaccesibilidad a las áreas de pesca (León y Muciño, 1995).

De 1985 a 1989 se presentó un incremento paulatino en la producción como reflejo de una recuperación moderada de las poblaciones silvestres. En ese último año se alcanzó un nivel de cerca de 1,000 t. Asimismo, en este periodo, la pesquería se encontraba operando con base en el esquema de reglamentación de septiembre de 1981, enfocada directamente a los periodos de veda y tallas mínimas de captura por zona y a la entrega del recurso vivo en planta para verificación de tallas. Sin embargo, no se llevó a la práctica la aplicación de una medida sobre límites de cuotas de captura y esfuerzo permisible.

Fue hasta 1990 cuando se aplicaron las primeras cuotas de captura como medida reglamentaria para poner un límite máximo a la producción y controlar de manera indirecta el esfuerzo (León y Muciño, 1995).

Entre 1989 y 1992 se observó una producción aparentemente constante y en algunas zonas productoras se detectaron decrementos en mayor o menor grado en sus poblaciones naturales. La producción promedio en esos años fue de 979.5 t. Los volúmenes de captura continuaron descendiendo entre 1993 y 1995 con una captura global de aproximadamente 520 t para ese último año. Estos volúmenes de captura fueron determinados con base en la densidad (ind/m^2) y la abundancia para cada zona y temporada.

Como refuerzo al sistema de manejo de pesca de abulón, en 1990 se agregaron las cuotas de captura y esfuerzo permisible

Por lo anterior, en la temporada 1995-1996, se aplicaron de manera oficial nuevos criterios para la asignación de cuotas de captura, basados principalmente en las existencias de reclutamiento por especie, por zonas y en los valores de densidades promedio.

Desde que se tienen registros de datos sobre la pesquería de abulón, el esfuerzo de pesca ha estado referido al viaje o "marea", cuya duración es de tres a cinco horas y el cual es medido con base en el número de viajes realizados por cada unidad pesquera o equipo abulonero por día/mes/temporada.

En la actualidad, el esquema de manejo está basado en cuotas tallas mínimas, períodos de veda y captura. Las cooperativas han establecido esquemas de asignación de cuota por pescador, lo que dificulta la medición de la CPUE, ya que el buzo trata de completar su cuota, independientemente del tiempo empleado para ello.

▼*Pesca incidental*

Dado que la extracción del abulón se realiza mediante selección manual, no existe pesca incidental. La experiencia de los buzos y la ayuda de las marcas en el arrancador les permite seleccionar los abulones de la talla comercial.

En 1996 se registraron descartes de individuos pequeños en una proporción mínima aproximada del 0.20% en la zona III y una máxima que va de 8.75% a 11.66% en la zona IV. Para esta última zona el rango disminuyó entre 0.30% y 2.20% en 1997.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Por lo general, los equipos y los artes de pesca se utilizan exclusivamente para la captura de abulón, y en caso de que éstos sean utilizados para la captura de otras especies, no se considera que implique interacción con otras pesquerías.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Actualmente en la Península de Baja California operan un total de ocho plantas industrializadoras de abulón localizadas en: Isla de Cedros (1), Isla Natividad (1), Bahía Tortugas (1), Bahía Asunción (2), La Bocana (1), Punta Abreojos (1) y Puerto San Carlos (1).

No existen plantas de recepción en los campos pesqueros, pero en algunas cooperativas una vez capturado y desconchado en la playa, mantienen el producto en hielo en el mismo campo y cada tercer día es transportado a la planta industrializadora

▼*Indicadores económicos*

Actualmente la producción de abulón obtenida se destina a la exportación casi en un 100%, comercializándose de manera directa o a través de la compañía *Ocean Garden Products Inc.*, la cual la vende y distribuye a Estados Unidos y a los países asiáticos. Casi el 100% de abulón se comercializa en presentación de enlatado y un pequeño porcentaje entero vivo.

El costo aproximado en 1997 de una caja con 48 latas de abulón de primera estaba entre 1,650 y 2,200 USD en el mercado internacional.

La demanda a nivel nacional es relativamente escasa, por su precio tan alto y la demanda que tiene en el ámbito internacional hace que sea un producto de alto valor comercial. La presentación destinada al mercado nacional es el abulón en trozo, que tiene un precio entre 650 a 850 USD la caja con 48 latas con 300 gr de peso drenado cada una. En ocasiones se comercializa abulón de primera cuando existen solicitudes especiales (León y Ortíz, 1992).

Como producto de la disminución de las capturas, el valor de la producción bajó de 54.242 millones USD en 1991 a menos de 30 millones USD en 1998 (Fig. 3).

Independiente de la demanda de abulón enlatado a nivel nacional e internacional, la concha de este recurso es también requerida por ambos mercados para su procesamiento artesanal y trabajos de joyería. Los precios por tonelada de concha de abulón fueron semejantes en ambos mercados y manejados también en divisa estadounidense. La concha de abulón de primera calidad, por tonelada, se cotizó para 1991 de abulón negro en aproximadamente 11,100 USD, seguido por abulón azul en 7,600 USD y de abulón amarillo en 2,600 USD.

A partir de 1992, el mercado internacional de la concha de abulón de México, conformado por países de Oriente, principalmente Corea, disminuyó su demanda a cantidades casi nulas.

El mercado nacional de este producto representado por artesanos principalmente del estado de Michoacán, se vio ligeramente incrementado adquiriendo sólo concha de la especie azul. Sin embargo, su demanda no es comparable a la oriental. Actualmente se encuentra entre 2,000 y 2,800 USD la concha de abulón azul sin clasificar. No existe demanda de la concha de abulón amarillo, por lo que generalmente es desechada en los lugares de producción.

Aproximadamente 20,000 personas dependen directa o indirectamente de la explotación de este recurso. El desarrollo regional de poblaciones enteras (incluyendo construcción y obras públicas) se ha basado en las utilidades obtenidas por la captura del abulón.

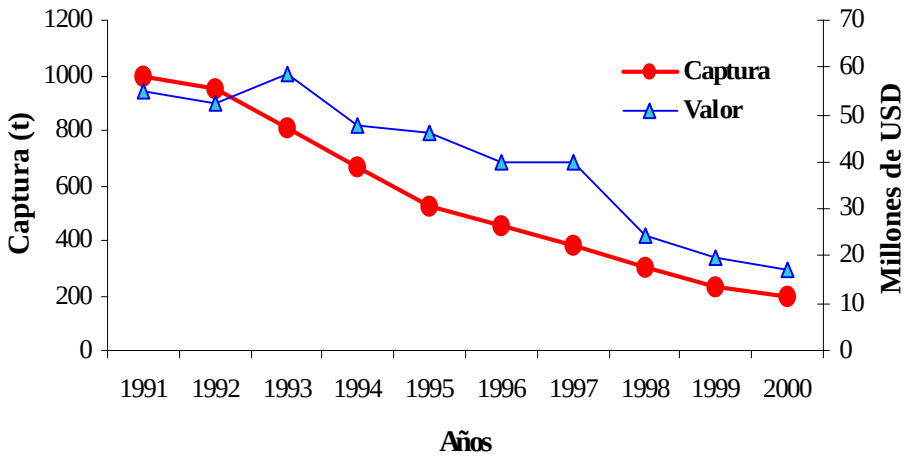


Fig. 3. Tendencia de la captura de abulón exportada y el valor económico, 1991-1998. (Fuente: Captura: Registros de las S.C.P.P; Valor: Ocean Garden Inc.).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El régimen actual que reglamenta el aprovechamiento de las distintas especies de abulón en aguas de jurisdicción federal de la península de Baja California está establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-005-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 31.12.93) y por la NOM-009-PESC-1993 (Diario Oficial de la Federación, 4.04.94), en donde se define el procedimiento para determinar las épocas y zonas de veda para la captura de las diferentes especies de la flora y fauna acuáticas.

Para cada una de las zonas de pesca (Fig. 1) se implantan periodos de veda diferenciales con duración de cinco meses (Departamento de Pesca, 1980). La localización de cada zona es la siguiente:

Zona I: de Islotes Coronado, B.C. (frontera con E.U.), a Punta Malarrimo, B.C.S.; del 1° julio al 30 de noviembre.

Zona II: de Punta Malarrimo al primer tercio noroeste de Bahía Asunción, B.C.S.; del 1° de agosto al 31 de diciembre.

Zona III: de Bahía Asunción a Punta Holcomb, B.C.S.; del 1° de agosto al 31 de diciembre.

Zona IV: de Punta Holcomb a Arroyo El Conejo, B.C.S.; del 1° de septiembre al 31 de enero.

Los valores de reclutamiento reproductor reportados por Guzmán del Proó *et al.* (1980), sirvieron de base para la definición de las tallas mínimas de captura, publicadas en el Diario Oficial de la Federación (22.08.81) y actualmente vigentes de acuerdo con la NOM-005-PESC-1993.

Las evaluaciones de las poblaciones de abulón están basadas desde 1996 en un modelo dinámico de biomasa, modificado para incluir el efecto de las anomalías térmicas. El proceso de análisis consiste en ajustar las biomasas pronosticadas por el modelo a las biomasas estimadas de manera directa. Este análisis es la base para la asignación de cuotas que utiliza el esquema de manejo aplicado desde 1996-1997. Adicionalmente, se consideran las tallas mínimas de captura y las vedas estacionales para zonas concesionadas y permisionadas a cooperativas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información que se ha utilizado en el modelo mencionado a partir de 1996 es la captura y la abundancia obtenida de prospecciones (Muciño *et al*., 1998). Existe información del esfuerzo nominal, pero ésta no se consideró en el análisis porque en el caso de recursos bentónicos como el abulón la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) no es un buen índice de abundancia (Perry *et al.,* 1997). En el caso de abulón los buzos no se distribuyen aleatoriamente en el área de pesca, sino que se dirigen hacia los bancos donde la abundancia es mayor. Si se considera además que por lo general los abulones tienden a la agregación aún después de la pesca (Prince, 1992), la CPUE permanece alta aún cuando la abundancia total ha disminuido considerablemente, siempre que la medida de esfuerzo no tome en cuenta esto.

Asimismo, existe información sobre fecundidad, talla de reclutamiento reproductor, crecimiento, mortalidad, relaciones biométricas, pero es necesario confirmar y actualizar las estimaciones antes descritas.

▼ *Modelo*

El manejo de las pesquerías de abulón se ha basado en la mayoría de los casos en el establecimiento de una talla mínima legal (TML) y en menor grado en cuotas de captura, las cuales han sido utilizadas por décadas, pero a menudo sustentadas en modelos cuantitativamente poco robustos (Breen, 1992).

La aplicación del *modelo de rendimiento por recluta* de Ricker por Doi *et al.* (1977) y Sainsbury (1977), constituyen los primeros análisis formales de las pesquerías del abulón (Breen, 1992), que hasta antes de 1978, prácticamente no existían (Mottet, 1978).

Según Breen (1992), esto se debe a:

a) Las técnicas para evaluación de poblaciones se desarrollaron en un principio para peces.

b) Los abulones son sésiles y tienden a agregarse, lo que dificulta la aplicación de técnicas que requieren usar la CPUE, además de que la determinación de la edad es difícil e impide la aplicación de modelos estructurados por edades.

c) El reclutamiento es estocástico, por lo que no se cumplen las condiciones de equilibrio requerida por los primeros modelos de stock-reclutas.

d) Las pesquerías de abulón parecen ser propensas a colapsos impredecibles.

Con base en la información disponible de abulón en la península de Baja California y tomando en cuenta las consideraciones de Breen (1992), la evaluación de esta pesquería se realizó con el *modelo dinámico de biomasa de Schaefer* (Hilborn y Walters, 1992) modificado para incluir el efecto ambiental en las poblaciones.

El modelo está definido por:

$$B_{t+1} = B_t + r(a_t)B_t\left(\frac{Bo - B_t}{Bo}\right) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

donde

r es la tasa intrínseca de crecimiento
B_o *es* biomasa virgen
C_t es captura al tiempo t
B_t es la biomasa al tiempo t

Como variable ambiental se utilizó el negativo más uno de la anomalía de la temperatura superficial del mar (TSM) (Sierra *et al.,* 1998):

$$a_t = 1 - TSM_t \quad \text{.....(2)}$$

donde

TSM_t = Anomalía de la temperatura superficial del mar en el año t

En general las pesquerías se desarrollan antes de que exista conocimiento básico sobre las poblaciones y registros de captura (Smith, 1993), por lo que es importante averiguar si antes del registro de datos el *stock*

ya había sido explotado (Hilborn y Mangel, 1997). En el caso del abulón es evidente que las capturas se empezaron a registrar después de iniciada la explotación, por lo que fue necesario utilizar un parámetro adicional para estimar la biomasa inicial ($B_{inicial}$), donde P representa el parámetro de proporcionalidad.

▼*Definición de puntos de referencia biológicos*

El manejo tradicional de los recursos pesqueros se basa en *puntos de referencia biológicos* (PRB) que permiten definir una determinada estrategia de pesca y se derivan de los modelos que caracterizan la dinámica de las poblaciones (Sissenwine y Shepherd, 1987).

En el caso del modelo de la ecuación 1 hay dos PRB relacionados entre sí; el primero es *Bo/2*, la mitad de la biomasa en su condición virgen, y el segundo es la producción excedente máxima (PEM) que se genera únicamente cuando la biomasa se encuentra en *Bo/2*. Si este nivel de producción excedente se mantiene constante, entonces es posible obtener lo que se conoce como *rendimiento máximo sostenido* (RMS), que en la realidad casi nunca ocurre porque las poblaciones son variables y dinámicas.

Los PRB como estrategias de manejo dependen de las condiciones del stock bajo estudio y pueden ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994; Caddy y Mahon, 1995). Los dos PR del modelo dinámico de biomasa son muy importantes, porque a partir de ellos se determina el estatus del recurso y se derivan los PR para el manejo. En el caso de abulón se han definido dos PR:

- **Un PR objetivo** (PRO), *Bo/2* que se deriva del modelo dinámico de biomasa. De acuerdo con este PR, el objetivo de manejo es llevar la biomasa de la población al valor donde se maximiza la PE.

- Un **PR límite** (PRL). Puesto la mayoría de las biomasas de las diferentes poblaciones de abulón se encuentran debajo del PRO, desde 1996 se definió un PRL cuyo objetivo fue detener la tendencia negativa de las biomasas. Cuantitativamente, el PRL está definido por:

$$PRL = \frac{B_{t+n}, c}{B_{actual}} \quad \text{.....(3)}$$

donde

B_{t+n}, c es la biomasa proyectada a n años, con una cuota c, y B_{actual} es la biomasa en el año que se esté haciendo el análisis. En este documento, B_{actual} se refiere a la biomasa en el año 2000.

▼Ajuste del modelo

El ajuste del modelo consistió en comparar las biomasas pronosticadas por el modelo con las estimadas mediante muestreo directo en las diferentes zonas de captura (Muciño *et al.* 1998). Dada la gran variabilidad presente en la pesquería del abulón, las acciones de manejo se realizan bajo incertidumbre, de manera que las decisiones tomadas con esa información pueden estar sujetas a error (Restrepo *et al.*, 1992).

En este caso lo apropiado es medir esta incertidumbre expresada en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987). Para estimar la distribución de posterior probabilidad (dpp) de los parámetros *Bo*, *r* y *P* se aplicó el *Teorema de Bayes* (Hilborn y Walters, 1992; Hilborn y Mangel, 1997), el cual está dado por:

$$P(\theta_j \mid D) = \frac{P(D \mid \theta_j) P(\theta_j)}{\sum_j P(D \mid \theta_j) P(\theta_j)} \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$P(\theta_j|D)$ es la probabilidad posterior de un estado de la naturaleza θ incierto
$P(D|\theta)$ es la probabilidad de los datos dado el valor de θ
$P(\theta)$ es la probabilidad de θ antes de que los datos sean analizados (probabilidad anterior).

En el modelo utilizado, θ representa los parámetros *Bo*, *r* y *P*, mientras que $P(D|\theta)$ es la probabilidad de las biomasas estimadas de manera directa dados los parámetros *Bo, r* y *P*, la cual es obtenida mediante una función de v*erosimilitud* (*L*) con distribución normal de la forma:

$$L(B_t|Bo,r,P) = \prod_{t=\text{año inicial}}^{n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Bobs_t - \hat{B}_t)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$L(Bobs_t|Bo, r, P)$ representa la verosimilitud de las biomasas observadas $Bobs_t$ dados los valores de *Bo, r* y *P*

$\hat{B}_t$ representa las biomasa estimada por el modelo en el año *t*

σ es la desviación estándar del error de observación (Polacheck *et al.,* 1993).

La estadística bayesiana permite la incorporación de probabilidades anteriores a los parámetros (Hilborn *et al.*, 1994), pero dado que éstas no están disponibles para el abulón, se consideraron uniformes (y por tanto, no informativas). El procedimiento de estimación consistió en:

1. Generar números aleatorios con distribución uniforme de los parámetros *Bo, r* y *P.*
2. Calcular la biomasa en cada año *t* con la ecuación (1).
3. Estimar la máxima verosimilitud con la ecuación (5).
4. Acumular la máxima verosimilitud al valor de cada parámetro y puntos de referencia de interés.
5. Este proceso se repite 150 000 veces.
6. Expresar la verosimilitud en términos de probabilidad con el teorema de Bayes.

▼*Estado de la pesquería del abulón*

La determinación cuantitativa del estatus (*Est*) de cada población se obtuvo del valor medio de la dpp de la tasa B_{actual} / *[Bo/2]*, donde B_{actual} se refiere a la biomasa en el 2000. A partir del estatus, la situación del stock se ubicó en una de las tres categorías de la *Tabla 3*.

Tabla 3. Clasificación de las condiciones de las pesquerías de acuerdo al estatus.

$$Est\begin{cases} \frac{Bactual}{Bo/2} < 1: \text{Estado1, stock debajo del nivel óptimo, deteriorado} : \Rightarrow \text{requiere estrategias de recuperación} \\ \frac{Bactual}{Bo/2} > 1: \text{Estado 2, stock arriba del nivel óptimo, sano} : \quad \Rightarrow \text{con potencial} \\ \frac{Bactual}{Bo/2} = 1: \text{Estado 3, el stock en el nivel óptimo, sano} : \quad \Rightarrow \text{sin potencial} \end{cases}$$

- ***Estatus por zona concesionada a las diferentes cooperativas***

El análisis que se describe a continuación se llevó a cabo para 13 cooperativas abuloneras de las 22 registradas en la península de Baja California. De 1995 a 1996 estas 13 cooperativas han aportado el 98.2% de la captura total, por lo que se considera que con el análisis de estas se puede concluir sobre el estatus de abulón en toda la península.

Para fines de ilustración, sólo se describe en detalle el resultado de tres, las cuales se denominarán, con fines de confidencialidad: Cooperativa I, Cooperativa II y Cooperativa III. Posteriormente se presentan los resultados de ajuste para las otras 10, así como el resumen general sobre el estatus de cada especie en las diferentes zonas.

- Cooperativa I

Abulón azul

En la *figura 4* se presenta el ajuste del modelo a los datos de biomasa del abulón azul en la zona de esta cooperativa. En esta primera figura de ajuste se describirá con mas detalle la información representada en ella:

a) Los puntos indican los valores de biomasas estimadas de manera directa,
b) La línea continua más gruesa alrededor de estos puntos representa la curva de biomasa estimada con el modelo que mejor ajusta a los datos observados. Dado que existen diferentes errores asociados al proceso de ajuste (errores de observación en la estimación de biomasa y en la estructura del modelo), hay otras posibilidades de ajuste, representadas por las líneas continuas menos gruesas que también siguen la tendencia general de los datos observados, aunque con menor verosimilitud. Al inicio de la serie de datos, las biomasas estimadas por el modelo son mas inciertas, pero convergen en un menor rango conforme se usan mas datos en el ajuste. Al final de las diferentes curvas de ajuste se presenta la distribución posterior de probabilidad (dpp) de la biomasa en el 2000 (B_{actual}).

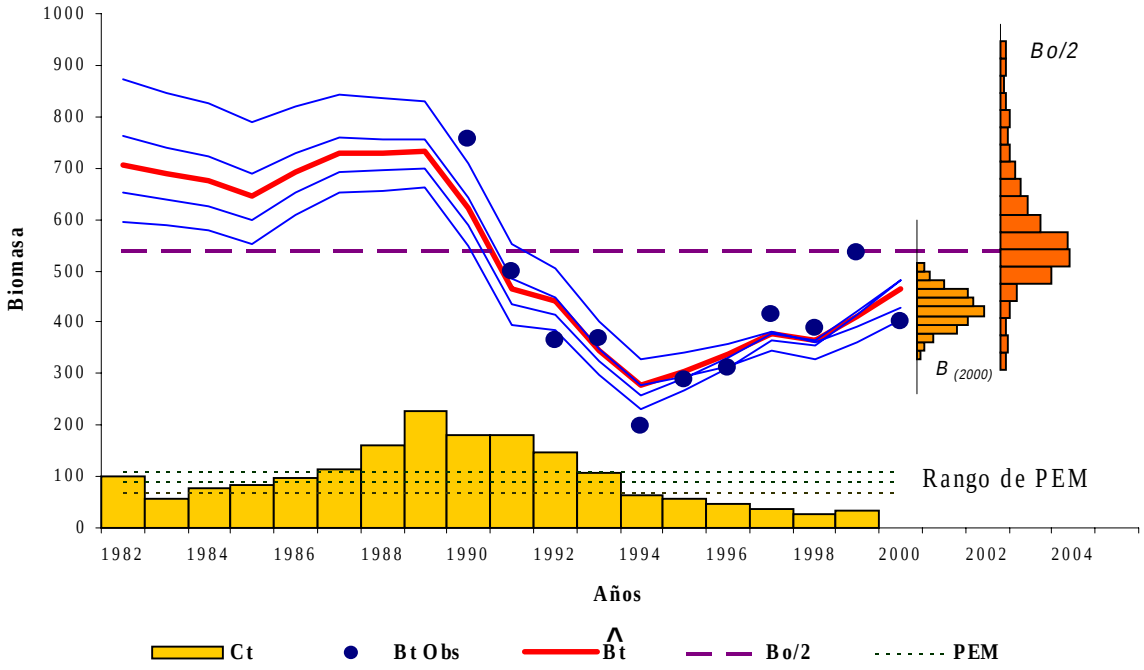


Fig. 4. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa I.

c) La línea punteada arriba de 500 t representa el valor de *Bo/2*, y al final de esta línea se presenta la dpp de *Bo/2*.

d) Finalmente, las líneas punteadas debajo de 100 t indican el rango de la dpp de PEM; la de el centro señala el valor más probable, y las otras dos los valores máximos y mínimos de la dpp.

Es importante enfatizar que las biomasas estimadas de manera directa están sujetas tanto a los errores aleatorios inherentes al proceso de muestreo como a la estimación efectiva de los bancos abuloneros, y por lo tanto no se consideran como valores reales de biomasa, sino como una estimación. De acuerdo con las herramientas y los conceptos utilizados en este análisis, la ddp de B_{actual} observada en la *figura 4*, y todas las demás dpp presentadas mas adelante, tiene la siguiente interpretación: no se conoce el valor verdadero de B_{actual}, es incierta. Dentro de esta incertidumbre se puede descartar que sea menor a 300 t, o mayor a 500 t. Por lo tanto, se puede decir que el valor verdadero está entre 300 y 500 t. Como no se conoce el valor verdadero dentro de este rango, la única forma de representar esta incertidumbre es como una dpp, que considera toda la información disponible, incluidas las capturas, las biomasas estimadas por muestreo directo, las anomalías de la TSM y el modelo utilizado.

En la *figura 4* se observa que la biomasa estimada por el modelo al inicio es muy incierta, ya que pudo haber estado entre 600 y 900, e incluso menos; esto se debe a que no se tienen estimados directos de biomasa en ese período para para ajustar el modelo y así reducir la incertidumbre. El mejor ajuste indica que de 1982 a 1986 la biomasa estimada osciló alrededor de 700 t, arriba del valor de *Bo/2*; en ese periodo la captura se mantuvo alrededor de la PEM.

De 1987 a 1989 la captura se incrementó arriba de la PEM, debido al incremento de la biomasa en ese período, inducida probablemente por condiciones ambientales favorables al abulón (anomalías negativas en la TSM). Sin embargo, después de capturar mas de 200 t en 1989, más del doble de la PEM, se observó una disminución de la biomasa de 1992 a 1994. Es importante notar que a partir de 1991 la biomasa se encontraba debajo de Bo/2, lo que indica que la PE fue menor a la PEM; y fue precisamente en ese período cuando se extrajo mas de la PEM. Aunado a lo anterior, en esos años se presentaron anomalías positivas en la TSM, que dio como resultado una tendencia negativa en la biomasa. A partir de 1994 se empezaron a asignar cuotas menores a la PEM, y como respuesta, la población inició el crecimiento. Este esquema de manejo se fortaleció a partir de 1996, con la definición de los PR y el análisis de riesgo para la asignación de cuotas descritos anteriormente.

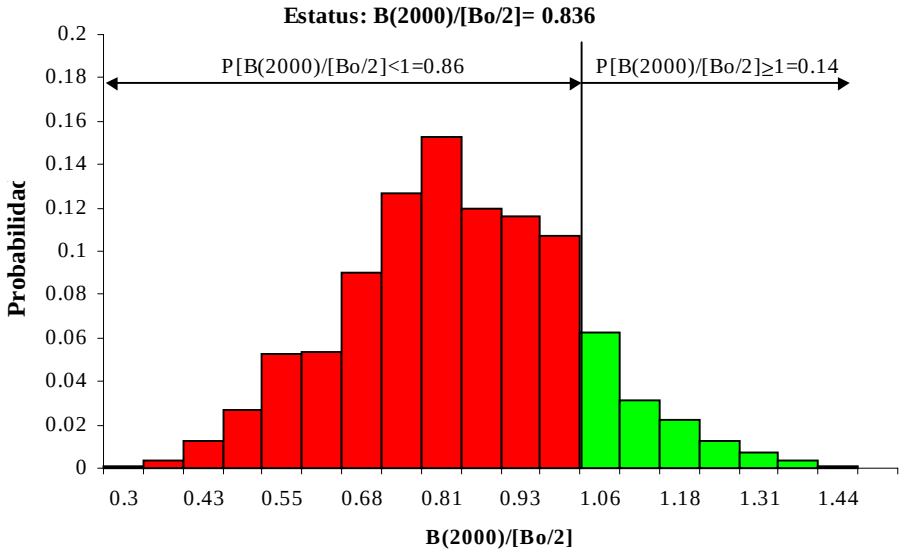


Fig. 5. Estatus del abulón azul en la Cooperativa I. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

No obstante esta recuperación de la biomasa, en la *figura 4* se observa que la ddp de B_{actual} es menor a la dpp de *Bo/2*, por lo que el abulón azul en esta zona aún se encuentra en la categoría de recursos deteriorados, aunque con tendencia a la recuperación. Cuantitativamente, el estatus es 0.836 del PRO, con un riesgo de 86% de que se encuentre debajo de Bo/2 y solo 14% de que no sea así (Fig. 5).

Abulón amarillo

En la *figura 6* se observa que la biomasa disminuyó desde un poco mas de 200 t en 1982 a alrededor 100 t en 1988, y se estabilizó hasta 1992. Esta dismunición se debe a que de 1982 a 1988 se capturó mas de la PEM, y la estabilización ocurrió precisamente cuando se redujo la captura entre 1999 y 1991. Sin embargo, en 1992 y 1993 nuevamente se extrajo mas de la producción excedente y la biomasa disminuyó en 1994 (Fig. 6). Estas variaciones de la biomasa, como respuesta a la captura, cumple satisfactoriamente con los supuestos del modelo dinámico de biomasa, por lo que aún cuando de 1998 a 2000 las biomasas observadas presentan una tendencia negativa, a pesar de que se han disminuido las cuotas, es posible sacar conclusiones sobre el estatus del abulón amarillo en esta zona. En la *figura 7* se observa que la dpp de la B_{actual} se encuentra casi a la mitad del valor más probable de Bo/2, por lo que se concluye que esta especie también se encuentra deteriorada.

Tanto la población de abulón azul como la de amarillo en la zona concesionada a la Cooperativa I, requieren de una estrategia de recuperación, ya que sus niveles de biomasa están por debajo de la máxima producción excedente

Cuantitativamente el estatus es 0.547 del PRO, con un riesgo de 99.9% de que se encuentre debajo de *Bo/2*. En este caso, la probabilidad de que B_{actual} sea mayor que *Bo/2* es casi cero, puesto que ninguno de los intervalos de la dpp de $B_{actual}/[Bo/2]$ es mayor a la unidad (Fig. 7).

Por consiguiente, ambas especies en esta zona se ubican en la categoría de pesquerías que requieren estrategias de recuperación porque aún están debajo del Punto de Referencia Objetivo (Tabla 3).

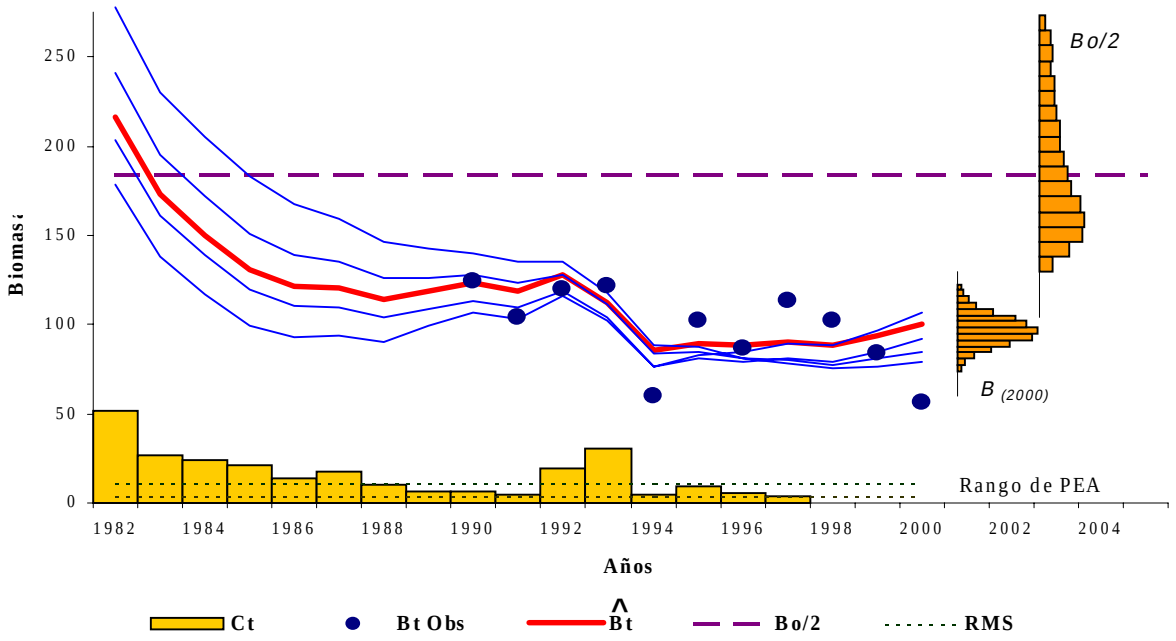


Fig. 6. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa I.

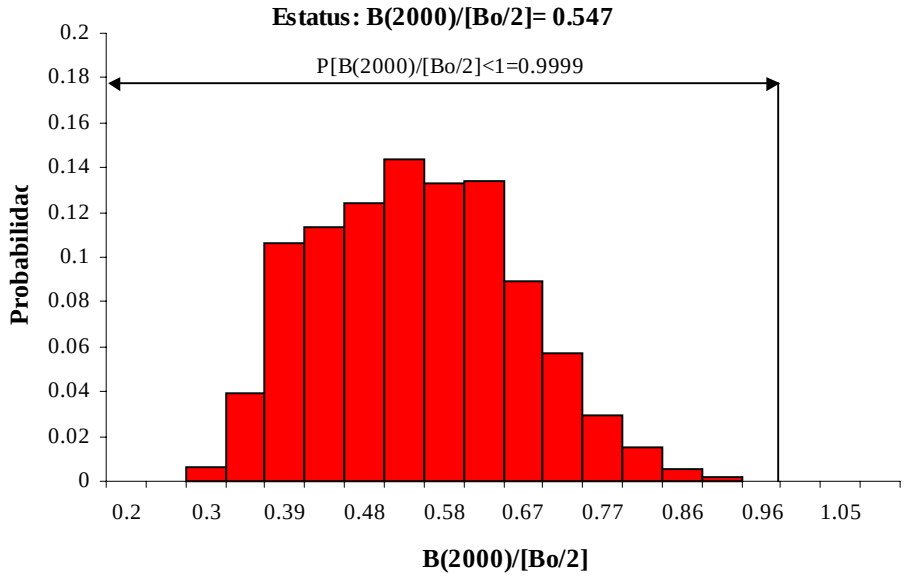


Fig. 7. Estatus del abulón amarillo en la Cooperativa I. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

- Cooperativa II

Abulón azul

La tendencia de la biomasa del stock de la población de abulón azul en la zona concesionada a la Cooperativa II presenta un comportamiento similar al observado en la Cooperativa I hasta 1998. Esto es, después de la disminución en las biomasas de 1990 a 1994, se inició la recuperación de 1995 a 1997, como resultado de la disminución de las cuotas. En ambos casos se observa una disminución en 1998, derivado de los efectos

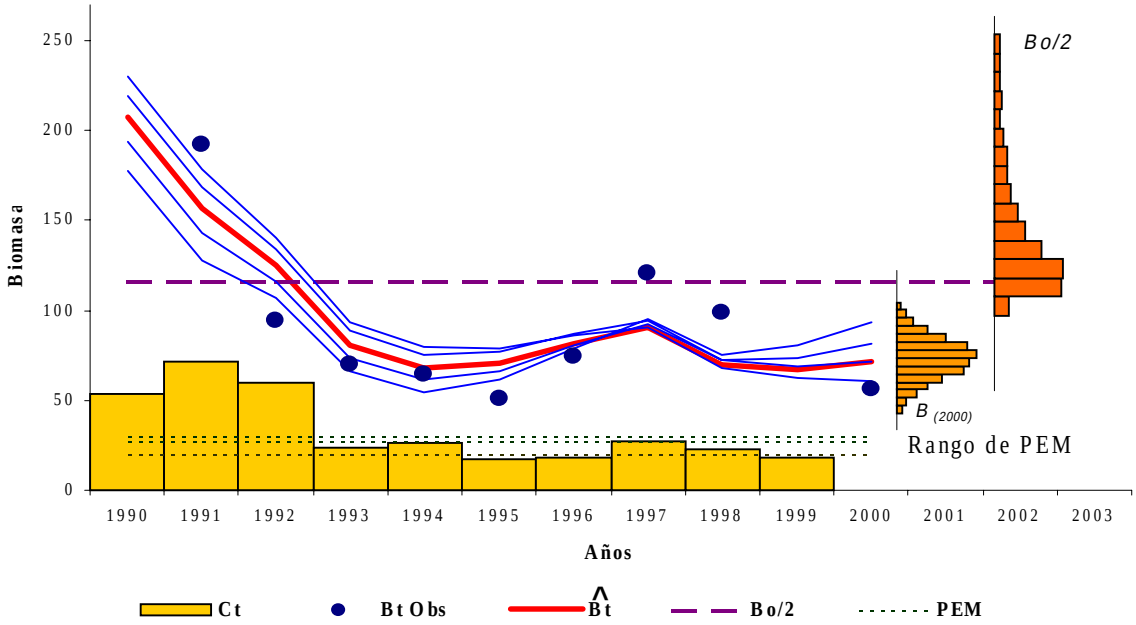


Fig. 8. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimados de manera directa en la zona de la Cooperativa II.

del fenómeno ENOS 1997-98. Sin embargo, a diferencia de la cooperativa I, donde las cuotas han tenido una tendencia ligeramente hacia abajo (Fig. 8), en la cooperativa II las cuotas se han mantenido muy cerca de la *PEM*, e incluso en 1998 se incrementaron, debido a que esta cooperativa optó por un mayor riesgo en el proceso de asignación de cuotas. En 1997 la estimación directa de biomasa estuvo dentro del rango de de la dpp de *Bo/2*, pero de acuerdo con la estimación del modelo y la tendencia en los siguientes años, es probable que ese valor esté sobreestimado. Considerando que en los útimos años la biomasa se ubica casi a la midad de *Bo/2*, y que se está extrayendo casi la *PEM*, que sólo se genera cuando la biomasa es *Bo/2*, se concluye que en esta cooperativa el abulón azul también se encuentra deteriorado. Cuantitativamente, este deterioro es de 53.3%, con un riesgo de 97.7% de que no esté en el PRO (Fig. 9).

Abulón amarillo

En la *figura 10* se observa que de 1991 a 1993 las capturas fueron mayores a la *PEM* y por eso la biomasa disminuyó; a partir de 1995 la tendencia en las biomasas observadas y las predichas por el modelo se han estabilizado alrededor de 20 t, pero no han mostrado ninguna señal de recuperación, lo que indica que se está extrayendo lo que la población produce en exceso, sin dejar margen de crecimiento. La dpp de B_{actual} es menos de la mitad de *Bo/2*, no hay ningún traslape en ambas distribuciones de probabilidad, por lo que no hay ninguna posibilidad de que B_{actual} sea mayor a *Bo/2.*

Las poblaciones de abulón azul y amarillo ubicadas en la zona concesionada para su explotación a la Cooperativa II, continúan deterioradas. Es necesario disminuir el riesgo en el proceso de asignación de cuotas

El abulón amarillo en esta zona también se ubica en la categoría de pesquerías que requieren estrategias de recuperación ya que la biomasa actual es menos de la mitad del nivel óptimo. Cuantitativamente, el deterioro es de 0.474, con 100% de seguridad de que la biomasa en el 2000 es menor a Bo/2 (Fig. 11).

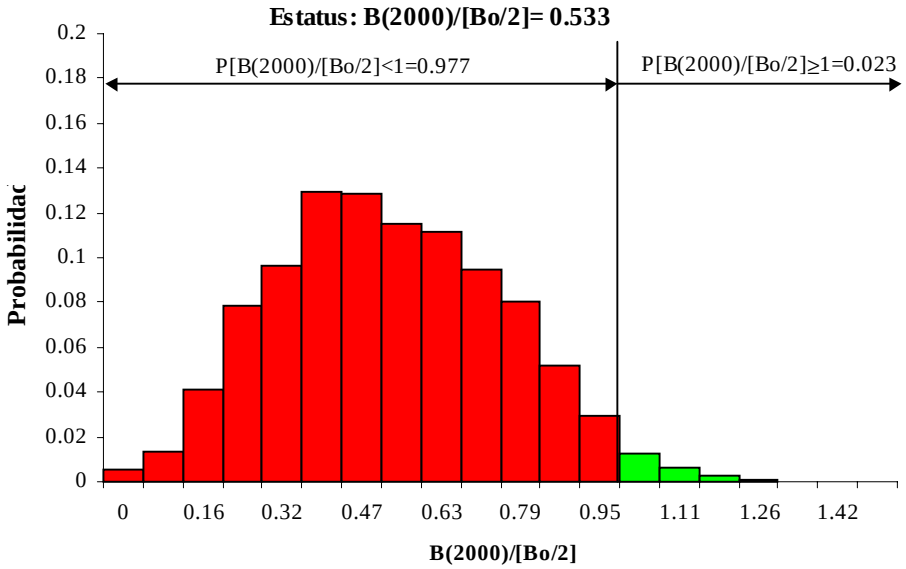


Fig. 9. Estatus del abulón azul en la Cooperativa II. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

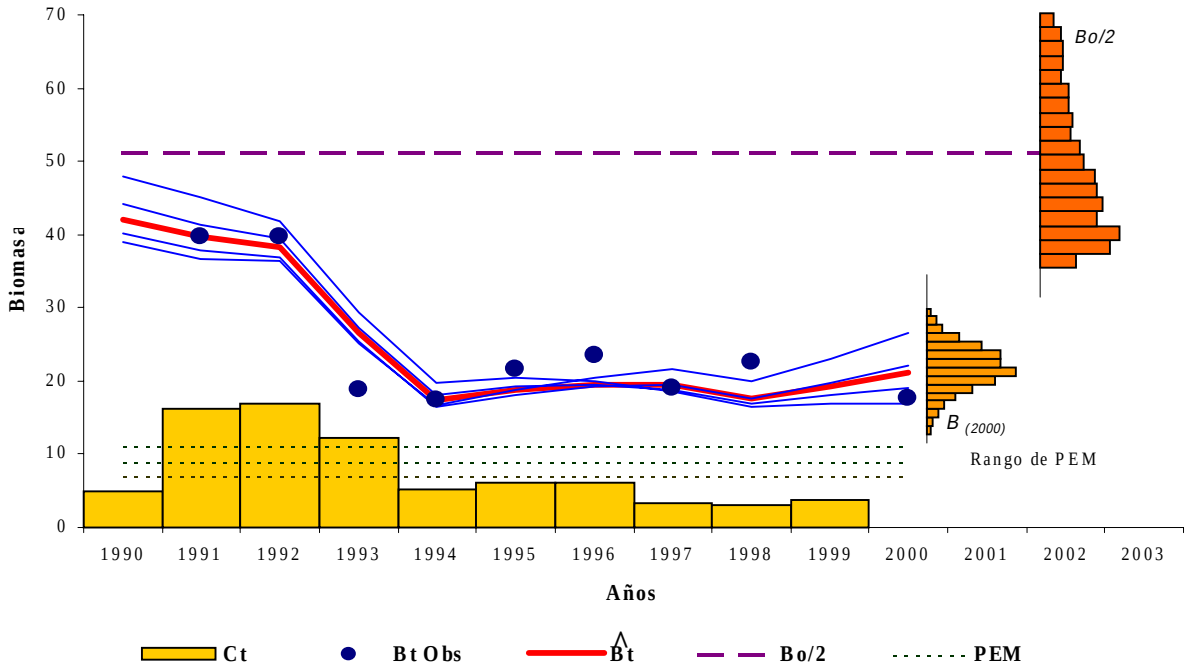


Fig. 10. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn & Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa II.

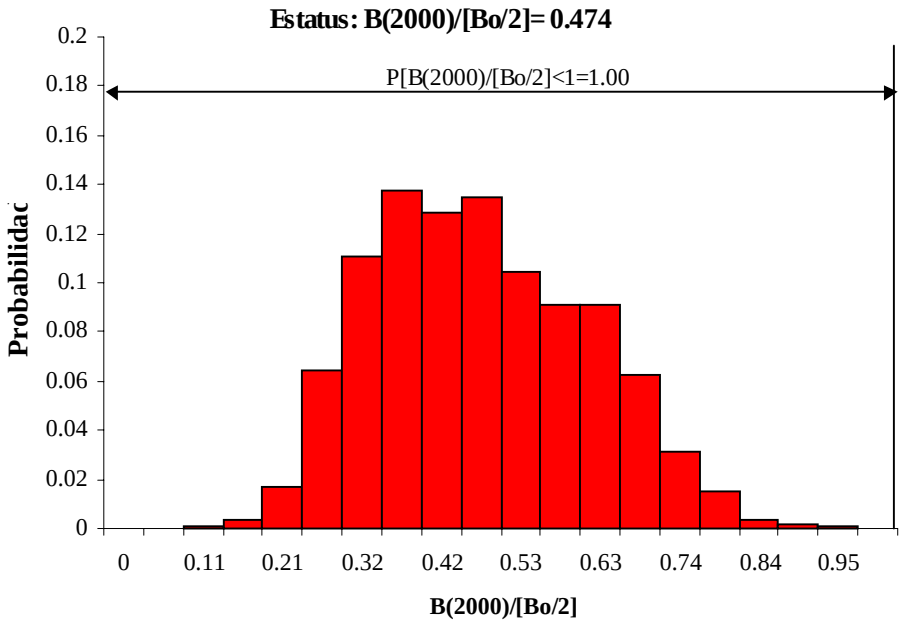


Fig. 11. Estatus del abulón amarillo en la Cooperativa II. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

- Cooperativa III

Abulón azul

La biomasa de abulón azul en esta zona presenta una tendencia similar a la observada en las otras cooperativas, caracterizada por una disminución hasta 1995, y una ligera recuperación a partir de 1996. Esta disminución de la biomasa, al igual que en las otras zonas, se debe a que hasta 1993 se extrajo más de la *PEM*, y se acentuó porque la biomasa ya era menor a *Bo/2*. La ligera recuperación empezó a partir de 1996, cuando se redujeron las cuotas de captura a partir del nuevo esquema de manejo (Fig. 9). Es importante señalar que al menos uno o dos de los primeros tres datos de biomasa (1990-1992) pueden estar sesgados por lo siguiente: si las estimaciones en 1990 y 1991 son correctas, entonces el valor de 1992 posiblemente está sobreestimado, debido a que la tasa de crecimiento de las especies de abulón no explica el crecimiento de 1991 a 1992; si el valor de 1992 es correcto, entonces posiblemente las estimaciones en 1990 y 1991 están subestimadas. Por esta razón el modelo no describe los datos de biomasa en los primeros cuatro datos de biomasa (1900-1993). Asimismo, en la *figura 9* se observa que el mejor ajuste no describe los dos últimos datos, que son las mas bajas de toda la serie disponible. La dpp de B_{actual} muestra que la biomasa en el 2000 se encuentra en el rango de 100 a 300 t, con un valor más probable de 200 t, en tanto el valor medio de la estimación directa en 2000 fue de 132 t. Esta incertidumbre ocasiona que el coeficente de variación de las dpp sea mayor, como se observa en *Bo/2*, que puede estar entre 200 y 700 t con un valor más probable de 350 t. No obstante lo anterior, y considerando todos los posibles errores asoaciados en la estimación de biomasa y el proceso de ajuste, el abulón azul en esta zona también se ubica dentro de los recursos deteriorados, puesto que la dpp de B_{actual} es menor a la dpp de *Bo/2* (Fig. 12).

Cuantitativamente, el estatus de abulón azul en la zona de la cooperativa III es de 0.491 respecto al PRO, con un riesgo de 96.4 de que sea inferior a *Bo/2* (Fig. 13).

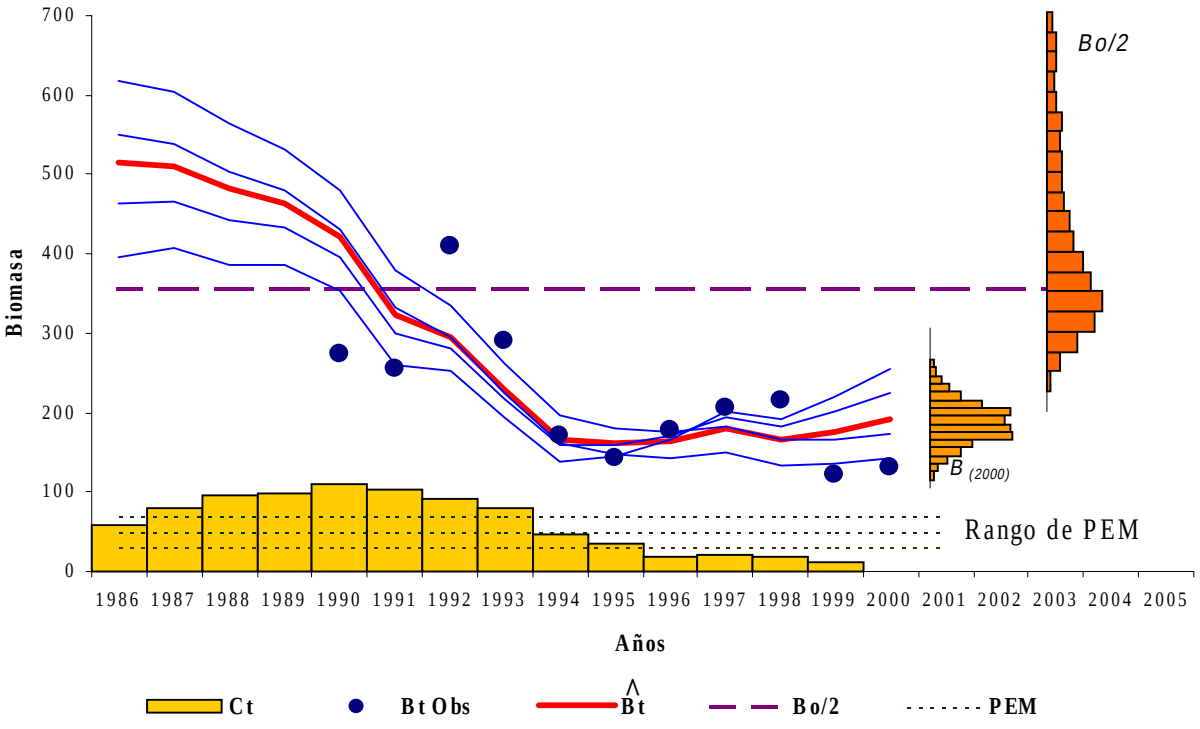


Fig. 12. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa III.

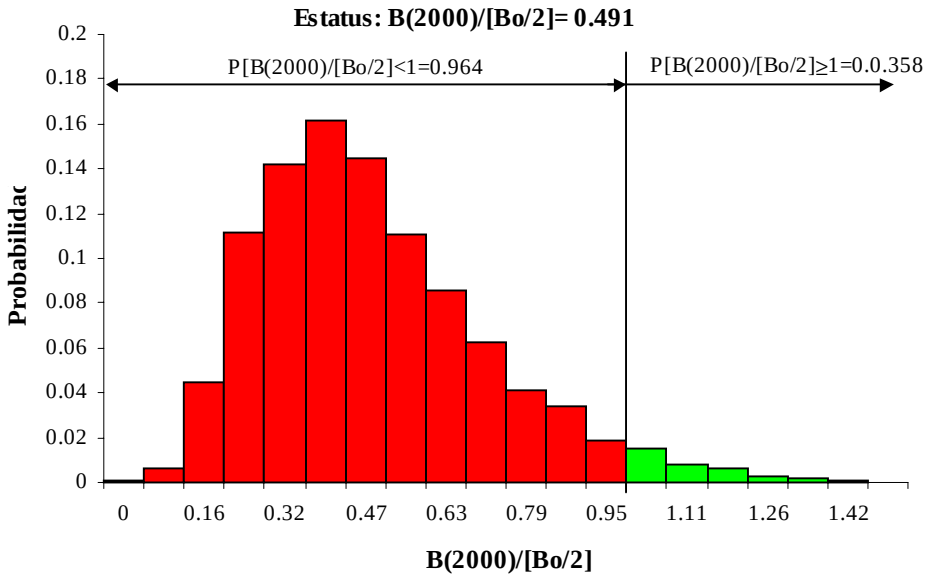


Fig. 13. Estatus del abulón azul en la Cooperativa III. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

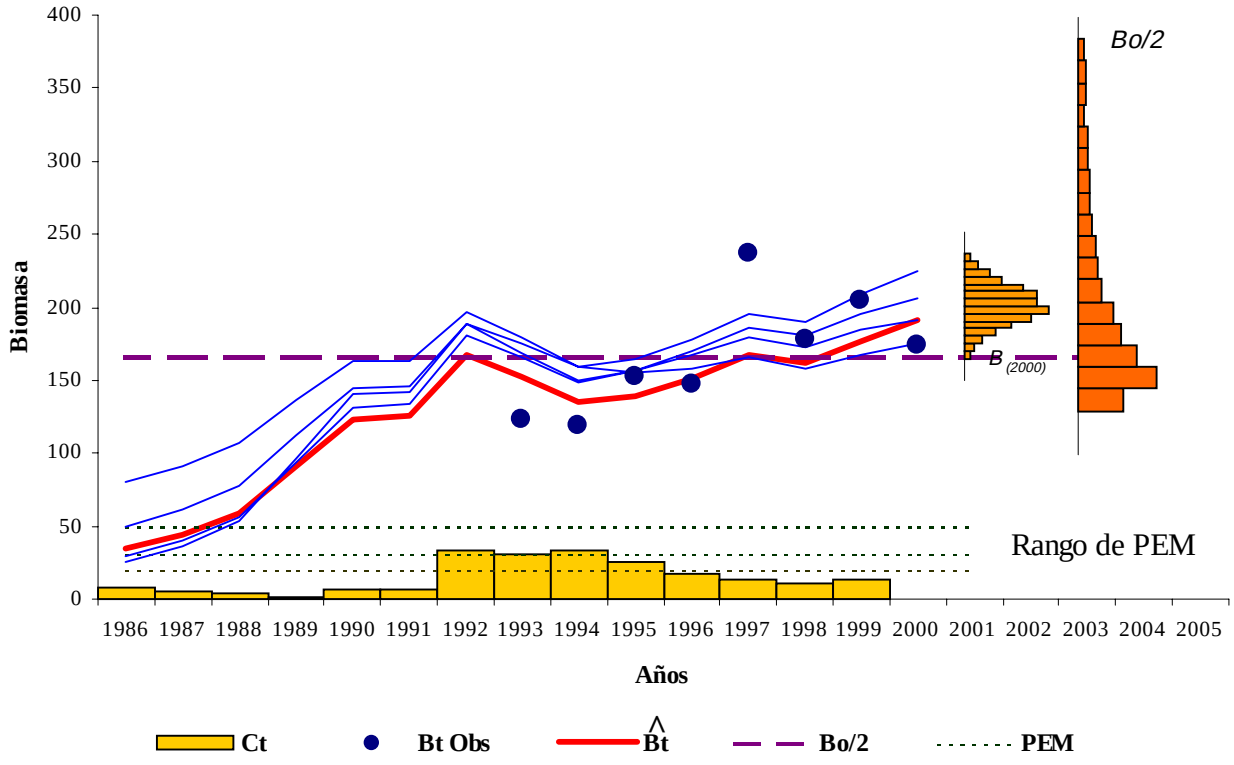


Fig. 14. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón amarillo estimadas de manera directa en la zona de la Cooperativa III.

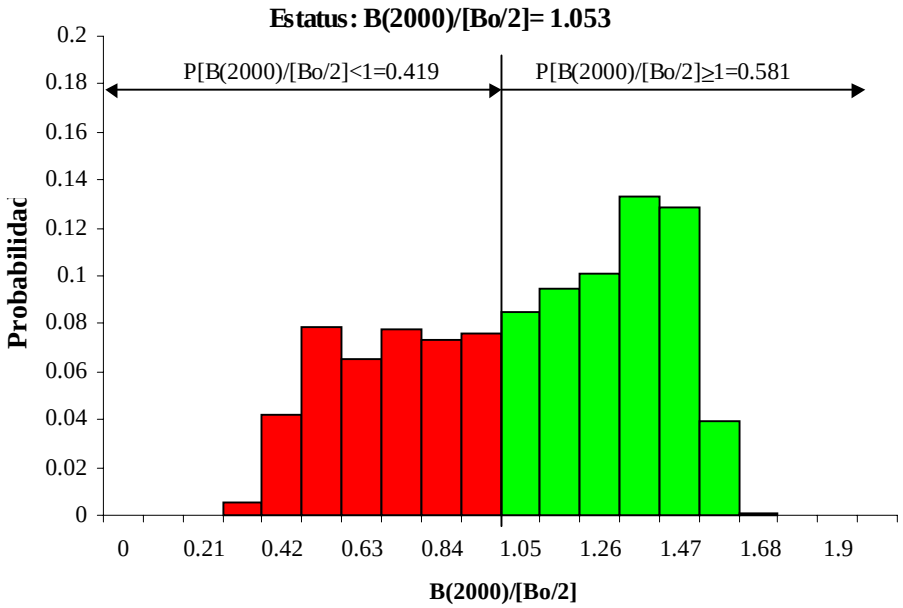


Fig. 15. Estatus del abulón azul en la Cooperativa III. El riesgo está representado por la suma de las probabilidades de que la razón sea menor o igual a uno.

Abulón amarillo.

La tendencia de la biomasa de abulón amarillo en esta zona es diferente a las analizadas anteriormente, puesto que es ascendente. El comportamiento de las capturas es más o menos similar a las observadas en las otras cooperativas, con un incremento entre 1989 y 1992 (Fig. 4); 1992-93 (Fig. 6); 1990-1992 (Fig. 8); 1991-1992 (Fig. 10). La diferencia es que en todos esos periodos la captura fue mayor a la *PEM* y que cuando eso ocurrió la biomasa era menor a *Bo/2*. En la *figura 14* se observa que aún cuando hay incrementos en la captura durante 1992-1994, nunca es mayor al valor medio de la *PEM*, y como justamente en esos años la biomasa se encontraba alrededor de Bo/2, no se reflejó en una disminución de la biomasa. Al disminuir las cuotas en 1996 la población respondió con una tendencia ascendente en la biomasa, de tal manera que la dpp de B_{actual} es mayor que la dpp de *Bo/2*, por lo que esta especie no se encuentra deteriorada.

Cuantitativamente el estatus de abulón amarillo en la zona de la cooperativa III es 1.053, con un riesgo menor al 50 % (41.9 %) de que esté debajo de Bo/2 (Fig. 15).

El ajuste para las otras 10 cooperativas se presenta en la *figura 16*. De manera similar a las tres analizadas en detalle, se observa que a partir de 1996, como resultado del nuevo esquema de manejo se detuvo la tendencia negativa, incluso en algunas también se presenta ya la recuperación (abulón azul en las cooperativas 4, 5 y 9). Sin embargo, en otras la tendencia sigue siendo negativa, aunque menos pronunciada (abulón azul y amarillo en la cooperativa 7; abulón azul en la cooperativa 8), por lo que es necesario que en la asignación de cuotas para en 2001 se aplique mayor precaución en estas cooperativas.

En la *tabla 4* se presenta el resumen del estatus y los riesgos para las 13 cooperativas analizadas. En el caso de abulón azul, la media ponderada a la dpp de biomasa en el 2000 indica que el abulón azul se encuentra al 68.7 % del PRO, con un riesgo de 90.4 % y en el abulón amarillo el estatus es de 92.3 %, con un riesgo de 58.0 %.

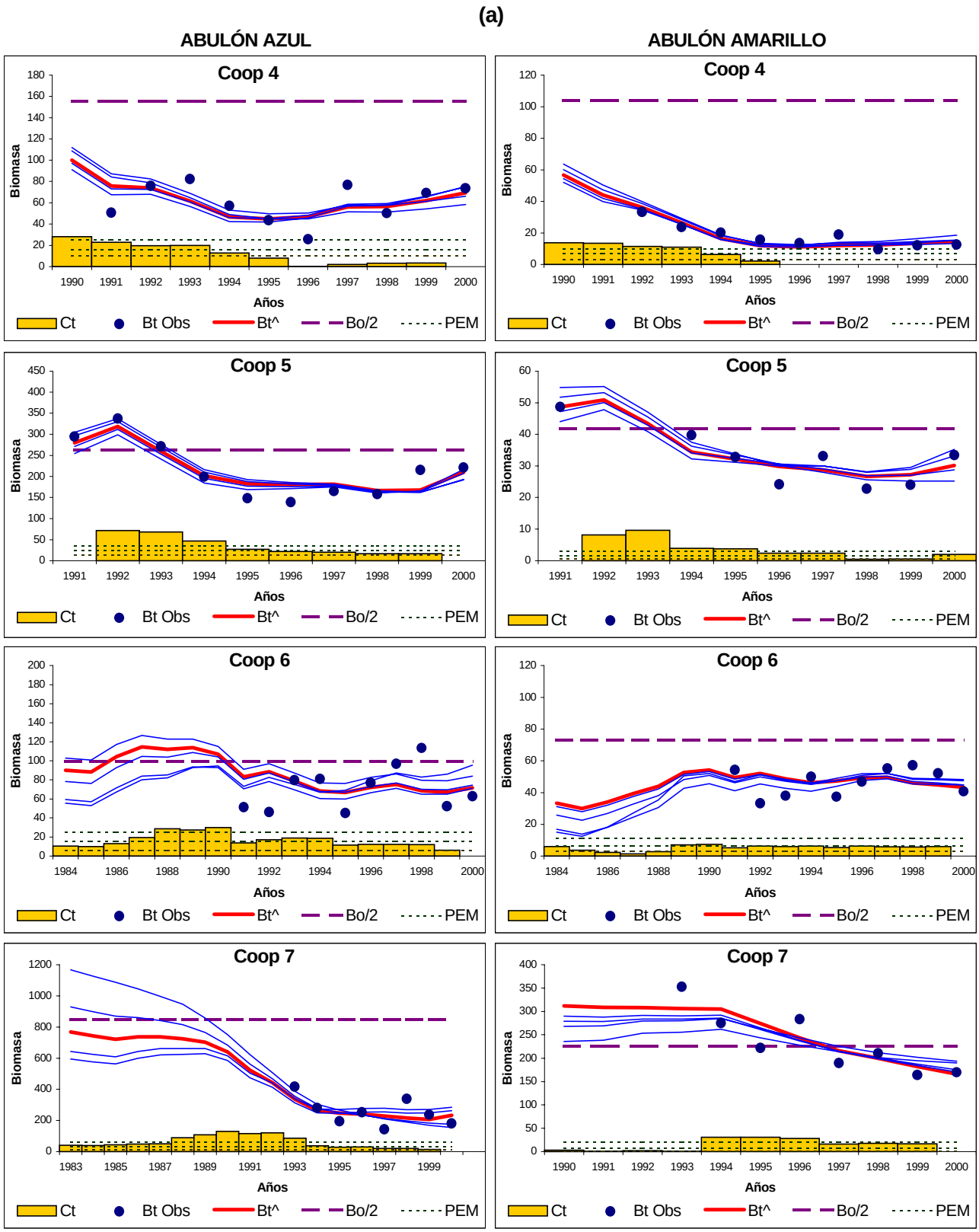


Fig. 16. Ajuste del modelo de producción excedente de Schaefer en su versión dinámica (Hilborn y Walters, 1992) a los datos de biomasas de abulón azul y amarillo estimadas de manera directa en 10 cooperativas en la península de Baja California: (a) cooperativas que registran abulón azul y amarillo, (b) cooperativas que solo registran abulón azul.

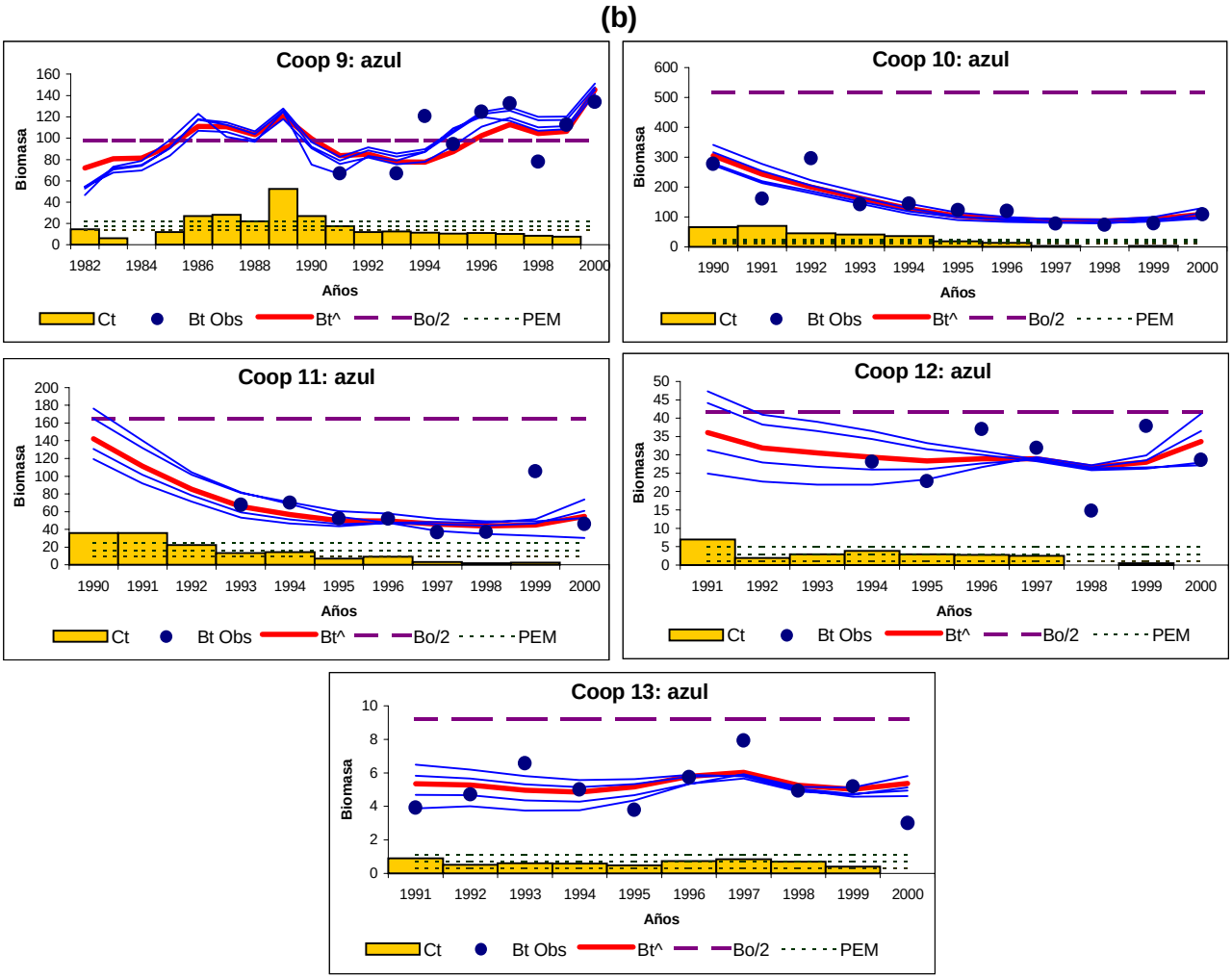


Fig. 16. Continuación.....

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Uno de los productos de la evaluación de recursos marinos es la proyección bajo diferentes escenarios de manejo (Gavaris, 1993; Smith y Gavaris, 1993). En recursos en los cuales el estado actual es de sobre-aprovechamiento, el objetivo de manejo es definir estrategias para recuperar la máxima productividad del stock y la estabilidad de la pesquería (Rosenberg y Brault, 1993).

- **Proceso de asignación de cuotas**

Las estrategias de manejo y el proceso de asignación de cuotas que se utiliza desde 1996 en todas las cooperativas se ejemplifican con el abulón azul en la zona concesionada a la cooperativa II. Posteriormente

Tabla 4. Estatus de la pesquería de abulón azul y amarillo en las zonas de las 13 cooperativas que aportan el 98.2 % de la captura total de abulón.en la Península de Baja California.

Coperativa	Azul		Amarillo	
	Estatus [1/]	Riesgo [2/]	Estatus	Riesgo
Cooperativa 1	0.836	0.86000	0.547	0.99995
Cooperativa 2	0.533	0.97660	0.474	1.0000
Cooperativa 3	0.491	0.96400	1.053	0.41900
Cooperativa 4	0.631	0.85535	0.263	0.99999
Cooperativa 5	0.815	0.81971	0.793	0.75652
Cooperativa 6	1.026	0.40680	0.577	0.99644
Cooperativa 7	0.298	1.00000	0.886	0.60600
Cooperativa 8	0.511	0.98800	1.367	0.1737
Cooperativa 9	0.264	0.99999	--	--
Cooperativa 10	1.470	0.99960	--	--
Cooperativa 11	0.422	0.99240	--	--
Cooperativa 12	0.849	0.73810	--	--
Cooperativa 13	0.633	0.89930	--	--
Promedio [3/]	**0.687**	**0.90421**	**0.923**	**0.58014**

1/: *B(2000)/[Bo/2]*
2/: *P[B(2000)/[Bo/2]*
3/: Promedio ponderado con el valor medio de la dpp de la biomasa en el 2000
-- No se captura abulón amarillo en estas cooperativas

se dan los lineamientos generales de una propuesta de plan de manejo para consolidar la recuperación que ya se observa en algunas zonas, e iniciar la recuperación en aquellas en las que solo se ha logrado detener la disminución de la biomasa y en las que aún se observa tendencia negativa.

Ningún modelo puede explicar perfectamente los datos observados, puesto que en todo el proceso de ajuste existe incertidumbre, debido a errores de observación (*e.g.* capturas, biomasas observadas), errores de proceso en la dinámica de la población (Polacheck *et al.,* 1993) o en la formulación de un modelo no adecuado (Schnute, 1987; Schnute y Hilborn, 1993). Si el proceso de evaluación está sujeto a error, entonces las biomasas proyectadas con una determinda cuota seran inciertas.

En la *figura 17* se representan gráficamente las proyecciones de biomasa con cinco opciones de cuota. Las líneas sólidas que salen de la dpp de B_{actual} representan la proyección determinística (sin error) de la biomasa con cuota 0, 10, 20, 30 y 40. Con una cuota 0, la biomasa se incrementa hacia Bo; con 20 t la biomasa se incrementa ligeramente, en tanto que con cuotas mayores a 20 t la biomasa decrece, disminuyendo con ello la posibilidad de alcanzar en el futuro el PRO.

La incertidumbre en la proyección de las biomasas se ejemplifica con la proyección al año 2005 con una cuota de 20 t, cuya dpp se observa al final de las proyecciones. El rango de la dpp de B_{actual} va de 30 a 120 t, mientras que en el 2005 se ubica entre 10 y 200 t, con un valor promedio de 190 t (Fig. 17) Esto significa que a mayor tiempo de proyección, la incertidumbre se incrementa y la precisión disminuye.

Si el trabajo con incertidumbre es ineludible, entonces es necesario que para el manejo de recursos pesqueros las diferentes opciones se presenten con los riesgos y consecuencias asociadas a cada una de las posibles alternativas de manejo (Francis, 1992). En la teoría de decisiones, el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento adverso en un determinado tiempo (Francis, 1992; Cordue y Francis, 1994, Mace, 1994).

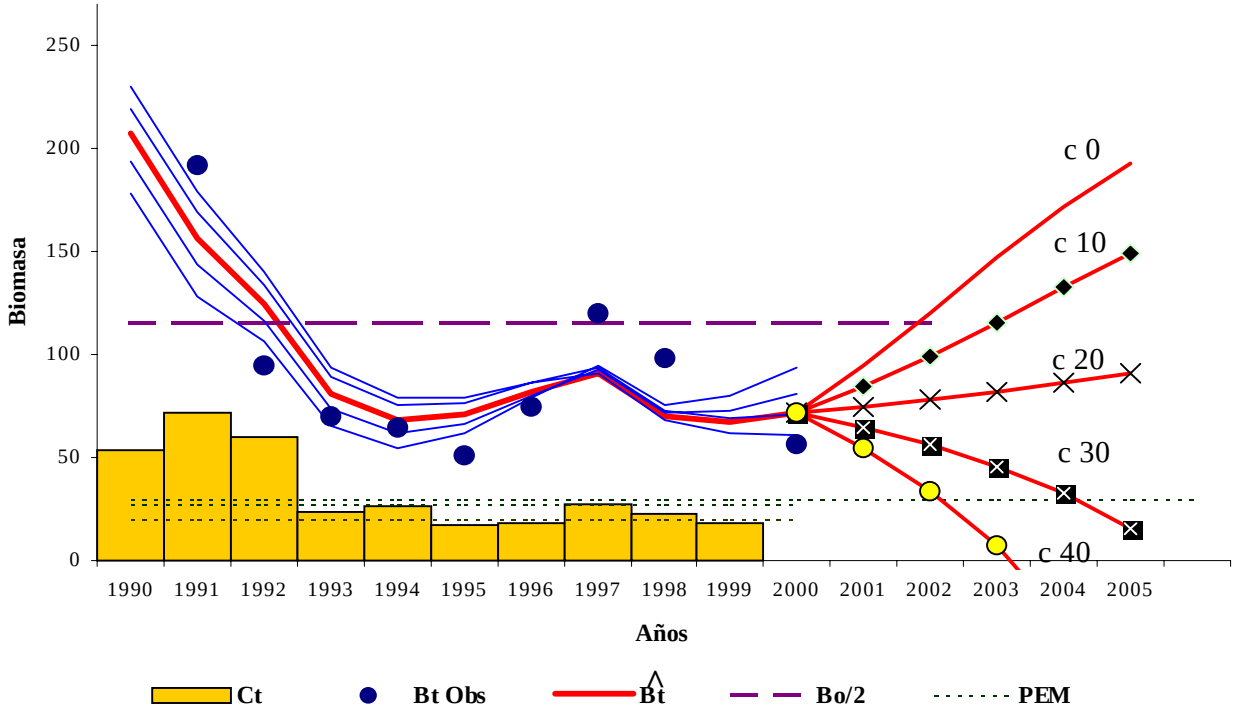


Fig. 17. Representación grafica de la incertidumbre en las biomasas proyectadas con diferentes opciones de cuota de abulón azul en la zona concesionada a la Cooperativa II.

De acuerdo con los conceptos anteriores, en el proceso de asignación de cuotas anuales de abulón se considera el análisis e interpretación de cuatro criterios: a) análisis de la Producción Excedente Actual (PEA), b) análisis riesgo sobre el PRL, c) la proporción de incremento o disminución de las biomasas proyectadas, y d) el estatus y la tendencia de la biomasa.

a) Análisis de la PEA

La PEA es la biomasa que la población produce en exceso en el año actual, de acuerdo a cierto valor de biomasa y los parámetros *Bo* y *r*. Si se extrae más de la PEA, en el siguiente año la población disminuye; si se extrae menos, entonces crece, en tanto que si se extrae "exactamente" la PEA, teóricamente no crece ni disminuye.

La dpp de la PEA de abulón azul en la zona de la cooperativa II muestra que en el 2000 la población pudo haber generado entre 5 y 37 t, con una media de 21.6 (Fig. 18). Al proyectar con 10 t, la población se incrementa (Fig. 17), puesto que aún cuando está dentro del rango de la dpp, es poco probable que sea el valor verdadero; al proyectar con 20 se mantiene alrededor de la biomasa en el 2000, con tendencia hacia el crecimiento. Al proyectar con 30 t la población disminuye porque se está removiendo más de lo que el sistema produce en exceso, ya que es un valor que se encuentra a la derecha de la dpp, y por lo tanto, menos probable que 21.6 t.

b) Análisis de riesgo sobre el PRL

El análisis de la dpp de la PEA proporciona la primera aproximación sobre la cuota. De acuerdo con la *figura 18*, para cumplir con el PRL e iniciar la recuperación hacia el PRO, la cuota no podría ser mayor a 21.6 t. Esto se refuerza con el análisis de riesgo sobre PRL, que está definido como "la probabilidad de que $B_{t+n,c}$ sea menor que B_{actual}", y se obtiene al sumar las probabilidades de las tasas iguales o menores a uno de la dpp del PRL mediante la siguiente expresión:

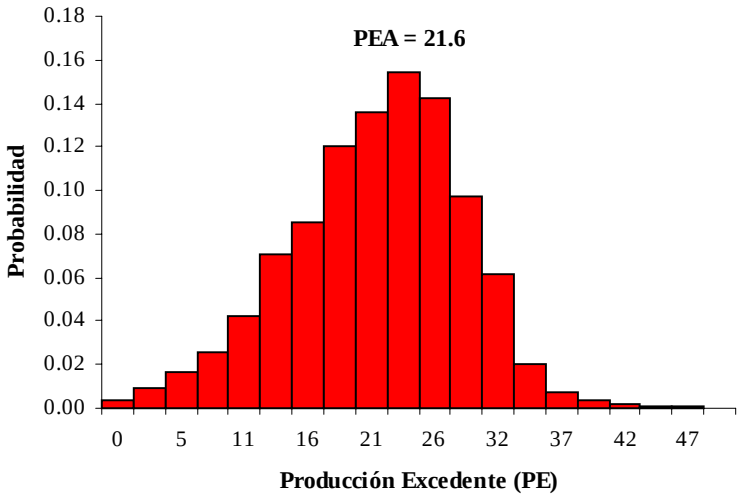


Fig. 18. Distribución posterior de probabilidad de la producción excedente en el 2000 en la zona concesionada a la cooperativa II.

$$Riesgo = P\left[B_{t+n}, c / B_{actual}\right] < 1 = \sum_{i=\min}^{1} Pi\left[B_{t+n}, c / B_{actual}\right] \quad \text{.....(6)}$$

En la *figura 17* se observa que al proyectar con 20 t, se presentaría un pequeño incremento, pero con gran incertidumbre en la dpp de la biomasa en el 2005, por lo que no se pueden obtener conclusiones cuantitativas sobre el estatus de la biomasa en el 2005 únicamente con el análisis de esa figura. Esto se obtiene de la dpp del PRL. En la *figura 19* se observa que la biomasa seria 16.2% mayor a la del 2000, con un riesgo de 30.1%; la posibilidad de que en el 2005 la biomasa sea mayor que la del 2000 es 69.9%.

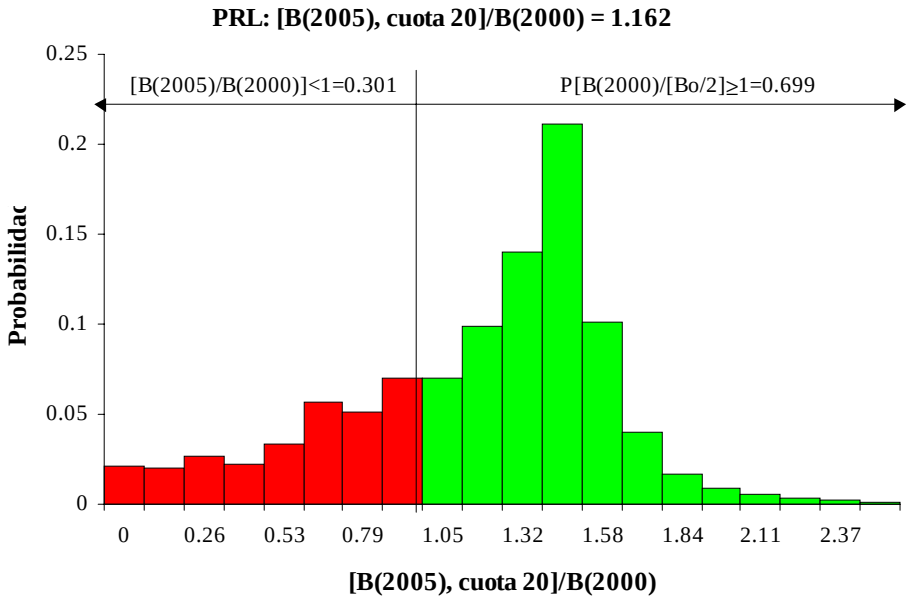


Fig. 19. Distribución posterior de probabilidad del Punto de Referencia Limite de abulón en la zona concesionada a la cooperativa II: proyección de biomasa al 2005 con una cuota de 20 t. El riesgo está representado por las barras obscuras a la izquierda de la línea vertical.

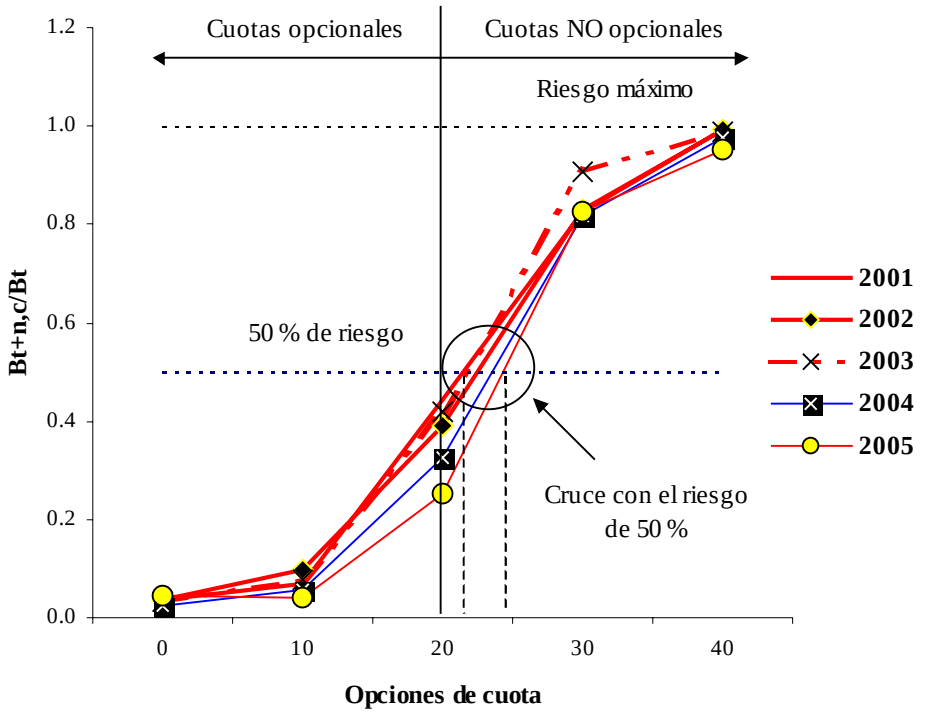


Fig. 20. Análisis de riesgo sobre el Punto de Referencia Límite con las biomasas de abulón azul de la cooperativa II proyectadas al 2005 utilizando diferentes opciones de cuota.

La representación gráfica de los riesgos para cada una de las proyecciones y las diferentes opciones de cuota se presentan en la *figura 20*. Con una cuota cero, el riesgo es prácticamente cero; con 10 t se incrementa alrededor de 7%, en tanto que con 20 varía entre 25 y 44%, con una media de 37%. En la *figura 20* se observa que las curvas de riesgo cruzan con la línea del 50% entre 21 y 25 t. Cuotas mayores a 25 t generan riesgos mayores a al 50%. Si se observa la dpp de la PEA (Fig. 18) se notará que los valores más probables están precisamente en ese rango. Por lo tanto, con base en la dpp de la PEA y el análisis de riesgo ya se han definido las cuotas que pueden ser opcionales (menores de 20 t) puesto que cumplen con el PRL y las que no se pueden asignar (mayores de 20 t).

b) Proporción de incremento o disminución de las biomasas proyectadas.

Una vez conocidas las cuotas opcionales y las no opcionales, la definición de la cuota dentro del rango opcional se determina considerando la proporción de incremento de B_{t+n}, c respecto a B_{actual}. La representación gráfica de estas proporciones para cada una de las proyecciones y las diferentes opciones de cuota se presentan en la *figura 21*. En la versión (a) los resultados se presentan de manera análoga a las proyecciones de la *figura 17*, solo que en proporciones; en la (b) se analizan las proporciones con cada opción de cuota. En la *figura 21a* se observa que al proyectar con 20 t, la proporción se mantiene alrededor de 1.0 hasta el 2003 y luego se incrementa ligeramente en los dos años siguientes. Este incremento es el 16.2% calculado de la *figura 19*. Con las cuotas 20 y 30 la proporción es menor a 1.0, lo que indica que las biomasas proyectadas son menores a B_{actual}. En la *figura 21b* se observa claramente el límite entre las cuotas opcionales y las no opcionales. La decisión sobre la cuota a recomendar depende entonces de la proporción de incremento que se desea obtener, y para esto se considera el estatus, las cuotas asignadas en el año anterior y la tendencia de la biomasa.

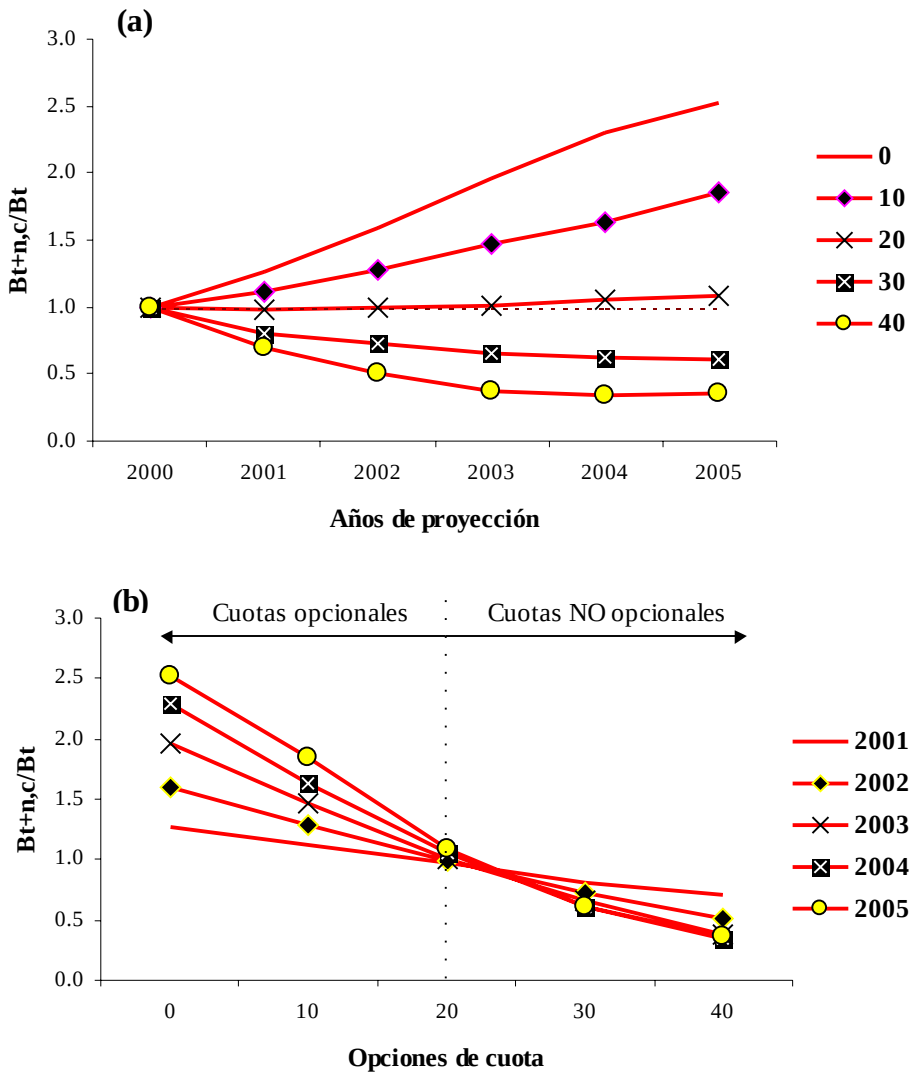


Fig. 21. Estatus del Punto de Referencia Límite proyectado al 2005 con diferentes opciones de cuota de abulón azul en la zona concesionada a la cooperativa II. (a) y (b) muestran dos formas de representar los mismos datos.

e) El estatus y la tendencia de la biomasa

En esta parte usan conceptos de manejo adaptativo (Hilborn y Walter, 1976). De acuerdo con la *figura 9* y la *figura 17*, el estatus de abulón azul en la cooperativa II es de 0.53 del PRO, y tiene una tendencia negativa en los últimos tres años (de 1998 a 2000). Si en 1999 se capturaron 18 t y la biomasa disminuyó al siguiente año, significa entonces que se extrajo más de la PE, por lo que la cuota deberá ser menor a 18 t. Por lo tanto, considerando los elementos técnicos derivados de la dpp de la *PEA*, el riesgo sobre el *PRL*, la proporción de incremento de la biomasa con las diferentes opciones de cuota, el estatus y la tendencia de la biomasa, mas los aspectos sociales y económicos, la cuota recomendada de abulón azul para la cooperativa II de ubicó entre 12 y 17t. Con esta cuota, la biomasa se incrementará 5% en el 2001, 14% en el 2002, 24% en el 2003, 35% en el 2004 y 46% en el 2005.

Este análisis se ha realizado formalmente para todas las cooperativas abuloneras en la península de Baja California desde 1996-1997, y de acuerdo a los resultados obtenidos observados en la *figura 16* se han obtenido los objetivos planteados, puesto que se ha detenido el deterioro y en algunas zonas se ha iniciado

la recuperación hacia el PRO. Estos objetivos se han logrado gracias a la participación del programa abulón en los CRIP La Paz y Ensenada y a la valiosa colaboración de los cooperativas abuloneras, quienes participan con el INP en las estimaciones directas de biomasas, y además, cuentan con un estricto control de las medidas establecidas por ellos mismos.

Es muy importante enfatizar que la baja de las capturas se debe a una disminución de la biomasa, considerada en la estrategia de manejo. En las zonas donde se ha iniciado la recuperación las cuotas podrán incrementarse gradualmente, sin que se afecte la recuperación, mientras que en las que no hay señales de recuperación las cuotas tendrán que reducirse aún más para estimular el crecimiento.

Con base en el análisis sobre el estado de la pesquería de abulón en la península de Baja California se concluye lo siguiente:

- La tasa de crecimiento poblacional de estas especies es muy baja.

- La estrategia de recuperación iniciada en 1996-1997 ha dado resultados satisfactorios. La tendencia negativa en las biomasas se ha detenido y en algunas zonas se ha iniciado la recuperación.

- Se ha validado la aplicación del modelo utilizado, lo que ha permitido estimar con mayor precisión el estatus y los riesgos de cada especie en las diferentes zonas.

- En general, hasta el 2000 el abulón azul se encuentra a 70% del PRO, con un riesgo de 40% de que la biomasa sea inferior a *Bo/2*; el abulón amarillo se encuentra al 60% del PRO, con un riesgo de 40 de que la biomasa sea inferior a *Bo/2*.

- El recurso fue afectado fuertemente por el fenómeno ENOS 1997-1998. Sin embargo, desde 1999 los mantos de algas y en general, la comunidad marina de los bancos abuloneros se ha recuperado, por lo que existen condiciones favorables para el crecimiento de las poblaciones de abulón.

Es importante recordar que los modelos sólo son una aproximación a la realidad (Gilchrist, 1984), y que las fuentes de incertidumbre van desde la identificación y planteamiento del mismo hasta el error en los datos utilizados. La modelación de recursos pesqueros sujetos a explotación comercial es un proceso de actualización continua. El acopio de nuevos datos permite validar las predicciones realizadas con el modelo y, al mismo tiempo, esta nueva información permite identificar un prototipo (modelo) más similar al mundo real.

La actualización del estado de la pesquería de abulón se basará en la validación de las predicciones del modelo utilizado en este análisis al comparar las biomasas estimadas de manera directa en 2001 con las predicciones del modelo. Es necesario utilizar un modelo que incorpore más aspectos biológicos en la dinámica de la población con objeto tener mas Puntos de Referencia.

Finalmente, es importante revisar la situación de las nueve coopertivas de las que no se dispone de información, ni han colaborado con el INP en los trabajos de estimación de biomasa. De estas nueve, cuatro son de Baja California (Ensenada, Rafael Ortega Cruz, Abuloneros y Langosteros, y S.P.P. Litoral de Baja California), y cinco son de Baja California Sur (Pescadores de la poza, Cadejé, San José de Gracia, 19 de Septiembre y Laguna San Ignacio).

CAMPOS DE COLABORACIÓN

En 1994 el CRIP La Paz (INP) elaboró un convenio por dos años con el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) y con el sector productivo para colaborar en el proyecto de investigación “Estudio

ecológico de comunidades de fondos rocosos en la zona de transición templado-tropical e impacto de cambios climáticos y su relación con las fluctuaciones de la producción pesquera en la costa occidental de la Península de Baja California Sur". En 1997 se elaboró la segunda fase, basados en los efectos de cambio climático, particularmente de "El Niño" 1997-98, sobre el reclutamiento y la abundancia de especies bentónicas, en la costa occidental de la península de Baja California.

Existen también proyectos de investigación conjunta con el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR).

Dentro del contexto internacional, se tiene relación entre investigadores del CRIP La Paz y del Departamento de Pesca del Sur de Australia. Uno de los resultados ha sido la elaboración del documento *A Long-term study of the abalone fishery at La Natividad Island, México*. Sin embargo, en este aspecto es necesario realizar acciones para fortalecer la relación Institucional.

▼*Plan de manejo*

Una de las colaboraciones más importantes es la de las cooperativas abuloneras, ya que gracias al apoyo logístico, financiero y técnico se cuenta con prospecciones de biomasa desde 1990 a la fecha, que fueron los datos base para el análisis realizado en este documento. Esta es una de las relaciones de colaboración que se debe continuar y consolidar con proyectos de investigación para la evaluación y el manejo. Esta colaboración debe formalizarse en un plan de manejo que contemple entre otros, los siguientes aspectos:

1. Lineas de investigación.

Si bien los modelos dinámicos de biomasa definen estrategias de manejo mediante puntos de referencia generales, es necesario reducir la incertidumbre en las estimaciones de biomasa las cuales están asociadas a la precisión en la estimación de las áreas abuloneras.

Es importante también probar con otro tipo de modelos que incorporen más elementos biológicos e incluir nuevos puntos de referencia que permitan analizar otras alternativas de manejo. Ejemplos de esto serían: la biomasa mínima del stock reproductor, la producción de huevos por recluta y la biomasa desovante por recluta. Esto implica actualizar los estudios de edad y crecimiento, mortalidad natural en las diferentes fases del ciclo de vida, deriva larval y definición de las unidades de stock.

Los estudios de fecundidad se han efectuado principalmente en la zona I, salvo el caso de abulón amarillo en la zona II, por lo que es necesario ampliar estos trabajos en las zonas II, III y IV, así como complementar las estimaciones en la zona I.

Adicionalmente es importante estudiar la dinámica de las poblaciones de abulón dentro de un marco ecológico, lo que permitirá comprender aún más el efecto de los cambios asociados a los eventos ENOS en las comunidades marinas y su impacto en las especies de interés comercial, además de las relaciones entre las especies que comparten el mismo hábitat en lo que se refiere a competencia y depredación. Indudablemente para lograr esto se requiere de datos fidedignos, obtenidos con una estrecha colaboración entre cooperativas, universidades, empresas que comercializan este recurso y el Instituto Nacional de la Pesca, responsable científico del manejo de los recursos pesqueros en México.

Las principales líneas de investigación que deben abordarse son:

- Estudiar cuantitativamente el impacto de enfriamiento y calentamiento de agua en la estructura de la poblaciones de abulón, en el reclutamiento y en la estructura de la comunidad de los bancos abuloneros.

- Determinación del área efectiva de los bancos abuloneros y analizar métodos alternativos para la estimación

de biomasa.

- Fortalecer el registro de datos del esfuerzo efectivo medido en tiempo de buceo, que permitirá a futuro empezar a elaborar la serie de registro de captura y esfuerzo de manera confiable. Este permitirá tener otras fuentes de índices de abundancia cuando la tendencia de las biomasas estimadas de manera directa son contradictorias.

- Actualización de los estudios de fecundidad y crecimiento (en longitud y peso) por especie en cada una de las zonas.

- Reiniciar los estudios para determinar índices de reclutamiento a nivel semilla mediante colectores.

- Estudiar la efectividad de crear polos de reproducción mediante el transplante de organismos de áreas ambientalmente similares.

- Evaluar cuantitativamente la mortalidad debida a la enfermedad del síndrome de deshidratación, así como las causas de su presencia.

- Evaluar la efectividad de los repoblamientos vía semilla cultivada en zonas donde el abulón prácticamente ha desaparecido.

2. Puntos de referencia para la recuperación: aspectos socieconómicos y alternativas

El desarrollo regional de poblaciones enteras, incluyendo construcción y obras públicas, se ha basado en las utilidades obtenidas de la captura de abulón. Por esa razón, aún cuando todas las cooperativas están de acuerdo con las conclusiones del INP sobre el estatus de las poblaciones de abulón, han solicitido que la reducción de las cuotas no afecten el equilibrio económico de las comunidades que dependen de este recurso. Desde 1996-1997 al 2000, la recomendación sobre la asignación de la cuota se ha basado en los criterios detallados en este documento, procurando en lo posible elegir riesgos y proporciones de incremento que favorezcan la recuperación de la biomasa, sin afectar la economía de las comunidades dedicadas a esta pesquería. Sin bien este esquema dado resultados como ya se ha mostrado, puede mejorarse significativamente con la participación directa de los usuarios en la elección de los riesgos y las proporciones de incremento en el proceso de asignación de cuotas.

El PRO definido en 1996-1997 implica llevar la biomasa a Bo/2, donde se maximiza la producción excedente. Sin embargo, este es un objetivo a largo plazo, puesto que en algunas zonas el estatus es menos del 50%. La nueva propuesta incluye por lo tanto, establecer **P**untos de **R**eferencia **O**bjetivo para la recuperación a **C**orto **P**lazo (PROCP).

En términos generales el proceso de asignación de cuotas tendría los siguientes puntos

- Definir el PROCP: por ejemplo incrementar la biomasa en 15% en dos años; o llevar la biomasa de un estatus de 60% a 75% de Bo/2.

- Asignar las cuotas que cumplan con ese objetivo a corto plazo

- Evaluar los resultados al transcurso del tiempo establecido y fijar un nuevo punto de referencia objetivo a corto plazo.

- Repetir este proceso hasta alcanzar el PRO final.

De esta manera, la elección de los riesgos y las proporciones de incremento serían mas objetivos, ya que están acotadas también por un PRO a largo plazo, y se estaría cumpliendo implicitamente el PRL. La definición cuantitativa del PROCP deberá ser por especie y zona y deberán participar necesariamente los usuarios. Esta propuesta es uno de los puntos que se tratarán en el taller de abulón que se realizará en La Paz en octubre de 2000.

REFERENCIAS

Andrade, P.M.L. 1971. Algunos aspectos sobre la madurez gonadal en *Haliotis fulgens* y *Haliotis corrugata* (Phyllum Mollusca, Clase Gasteropoda) por observación directa. Tesis Profesional. Esc. Sup. Cien. Mar. UABC, Ensenada, Baja California.

Astudillo, G.J.M. 1993. Algunos aspectos reproductivos del abulón azul *Haliotis fulgens* Philippi 1845 (Mollusca: Haliotidae) en tres áreas: La Bocana, San Juanico y La Poza, B.C.S., México en un ciclo anual. Tesis Profesional. Dep. Biol. Mar. UABCS, La Paz, México.

Bayes, T. 1963. Essay towards solving a problem in the doctrines of chances. Biometrica 45:293-1315.

Breen, P.A. 1992. A Review of models used to stock assessment in abalone fisheries. *En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp: 243-275.

Brown, B. E. & G. P. Patil. 1986. Risk analysis in George's Bank Haddock fishery - a pragmatic example of dealing with uncertainty. N. Am. J. Fish. Man. 6:183-191.

Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347: 1-83.

Cordue, P.L. & R.I.C.C. Francis. 1994. Accuracy and choice in risk estimation for fisheries assessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 817-829.

Cox, K. W. 1962. California abalones, family Haliotidae. Fish. Bull. 118: 1-33.

Departamento de Pesca. 1980. Análisis de la pesquería de abulón en Baja California y fundamentos biológicos para un nuevo régimen de explotación del recurso. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Doi, T., S. Guzmán del Proó, A.V. Marín; Q.M. Ortiz, A.J. Camacho & L.T. Muñoz. 1977. Análisis de la población y diagnóstico de la pesquería de abulón amarillo (*Haliotis corrugata*) en el área de Punta Abreojos e Isla de Cedros, B.C. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. Serie Científica 18.

Francis, R. I. C. C. 1992. Use of risk analysis to assess fishery management strategies: a case study using orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) on the Chatham Rise, New Zealand. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 922-930.

Gavaris, S. 1993. Analytical estimates of reliability for the projected yield from commercial fisheries. *En:* Smith, J.J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 185-191.

Gilchrist, W. 1984. Statistical modelling. John Wiley & Sons. New York.

Guzmán del Proó, S.A. 1989. Una revisión sobre la biología y pesquería del abulón (*Haliotis* spp) en México. Res. I Simp. Intern. Abulón: Biología, Pesquerías y Cultivo. La Paz, B.C.S. México.

Guzmán del Proó, S.A., V. Marín A. & C. Castro A. 1976. Estructura y abundancia de la población de abulón (*Haliotis* spp.) de Baja California en los años 1968-70. Memorias del Primer Simposium Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México: Abulón/Langosta. SIC/INP. Ensenada. pp: 219-301.

Guzmán del Proó, S.A., J. Pineda, B.J. Molina, F. Uribe, R. Aguilar, M. Andrade, G. León, V. Marín y C.E. Castro. 1980. Análisis de la pesquería del abulón de Baja California: fundamentos biológicos para un nuevo régimen de explotación del recurso. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. N. Am. J. Fish. Manag. 7: 1-5.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press.

Hilborn, R. E.K. Pikitch & M.K. Mc Allister. 1994. A Bayesian estimation and decision analysis for an age-structured model using biomass survey data. Fish. Res. 19: 17-30.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

Leighton,D.L.1974. The influence of temperature on larval and juvenile growth in three species of Southern California abalones. Fish. Bull. 72(4):1137-1145.

Lelevier, G.A., G. León C., M. Ortíz Q., J.R. Turrubiates M., J.G. González A. & M.A. Reinecke R. 1989. Análisis biológico pesquero del stock abulón en la península de Baja California, durante las temporadas de pesca 1981-1988. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. y N. Ceseña. 1988. Análisis biológico pesquero de la temporada de pesca 1987 de abulón. Zona de explotación de la S.C.P.P. Bahía Magdalena S.C.L. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. & M. Muciño. 1995. Nota informativa sobre la pesquería de abulón en Baja California. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

León, C.J.G. & M. Muciño. 1996. Pesquería de abulón (15-41). *En*: Casas Valdez, M. & G. Ponce Díaz. (eds). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. Gobierno del Estado de B.C.S./FAO/SEMARNAP. México. pp:15-41.

León, C.J.G. & M. Ortíz. 1992. La pesquería del abulón en Baja California. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Lindley, D.V . 1983. Theory and practice of bayesian statistics. The Statistician 32: 1-11.

Luna, G.A. 1993. Ciclo reproductivo de abulón azul *Haliotis fulgens* Philippi, 1845 (Mollusca: Haliotidae) en la Bahía Magdalena, Baja California Sur, México. Tesis Profesional, Dpto. Biol. Mar. UABCS. La Paz, B.C.S. México.

Mace, P.M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.

McAllister, M. K., E. K. Pikitch; A. E. Punt & R. Hilborn. 1994. A Bayesian approach to stock assessment and harvest decisions using the sampling/importance resampling algorithm. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 2673-2687.

Molina, M.J. 1983. Estimaciones de fecundidad en *Haliotis fulgens* de El Bajo, Bahía Rosario, Baja California. Ciencia Pesquera 4: 77-95.

Mottet, M. G. 1978. A review of the fishery biology of the abalones. Wash. State Dep. Fish. Tech. Rep 37: 1-81.

Muciño D., M., B.A. Vélez, J.R. Turrubiates & M.A. Reinecke. 1995. Aspectos reproductivos del recurso abulón en las zonas II, III y IV y su relación con la ampliación del periodo de veda. México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Muciño-Díaz, M. 1996. El cultivo del recurso abulonero. *En:* SEMARNAP. (ed). Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca. pp: 153-166.

Muciño D., M., B.A. Vélez, P. Reinecke, M.J. Talavera, M.J. Turrubiates & C.J. León 1998. Estimación del tamaño de las poblaciones de abulón en la península de Baja California, México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Muñoz, L.T. 1976. Resultados preliminares de un método para determinar edad en abulones (*Haliotis* spp) de Baja California. Memorias del Primer Simposium Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México: Abulón/Langosta. SIC/INP. Ensenada. pp:281-301.

Ogawa, J., M. Muciño D. & D. Aguilar O. 1992. Producción de semillas de abulón *Haliotis fulgens* en el laboratorio de la S.C.P.P. Progreso S.C.L. en La Bocana, B.C.S. México. JICA/SEPESCA. México.

Ortíz Q.,M. & G. González A. 1986. Notas sobre madurez, índice gonadal y fecundidad en tres especies de abulón *Haliotis* spp. (Mollusca: Gasteropoda) a partir de colectas en el Rosario e Islotes Benitos y Bahía Asunción, Baja California. México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ortiz-Quintanilla, M. & G. León-Carballo. 1996. La pesquería de abulón. *En:* SEMARNAP. (ed). Pesquerías relevantes de México. XXX Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca.121-152.

Ortíz Q., M., G. León C., M.A. Reinecke, A. Lelevier G., J.R. Turrubiates M. & J.G. González A. 1990. Proceso reproductivo en especies de abulón (*Haliotis* spp) y su relación con los mecanismos regulatorios pesqueros en la costa occidental e islas de la península de Baja California, México. Res. VIII Simp. Internal. Biol. Mar. UABC, Ensenada, México: 156-163.

Ortiz Q., M., G.C. León & M. Muciño. 1988. La pesquería de abulón en la Península de Baja California: Situación actual y perspectivas. *En:* SEPESCA. (ed*).* Los Recursos Pesqueros del País. XXV Aniversario Instituto Nacional de la Pesca, SEPESCA-INP, México. pp:1-51

Owen, R., J.H. McLean & R.J. Meyer. 1971. Hibridization in the Eastern Pacific abalones (*Haliotis*). Bull. L.A. Co. Mus. Nat. Hist. Sci. 9: 1-37.

Perry, R.I., C.J. Walters & J.A. Boutillier. 1997. A framework for providing advice for the management of new invertebrate fisheries. Rev. Fish Biol. Fish. (manuscript).

Polacheck, T., R. Hilborn & A.E. Punt. 1993. Fitting surplus production models: comparing methods and measuring uncertainty. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2597-2607.

Prince, J. & S. Guzmán del Proó. 1993. A stock reduction analysis of the Mexican abalone (Haliotid) fishery. Fish. Res. 16: 25-49.

Prince, J. 1992. Using a spatial model to explore the dynamics of an exploited stock of the abalone *Haliotis rubra. En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp:305-307.

Restrepo, V. R., J. M. Hoenig, J. E. Powers, J. W. Baird & S. C. Turner. 1992. A simple simulation approach to risk and cost analysis, with applications to swordfish and cod fisheries. Fish. Bull. 90: 736-748.

Rosenberg, A.A. & S. Brault. 1993. Choosing a management strategy for stock rebuilding when control is uncertain. *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 243-249.

Sainsbury, K.J. 1977. Populations dynamics and fishery management of the abalone, *Haliotis iris*. Ph.D. Thesis, Caterbbury University. Chirstchurch, New Zealand.

Schnute, J. 1987. Data uncertainty, model ambiguity, and model identification. Nat. Res. Mod. 2 (2): 159-212.

Schnute, J.T. & R. Hilborn. 1993. Analysis of contradictory data sources in fish stock assessment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1916-1923.

SEMARNAP. 1996. Anuario Estadístico de Pesca 1995. México.

Shepherd, J.G., S.A. Guzmán del Proó, J. Turrubiates, J. Belmar, J.L. Baker & P.R. Sluczanowski. 1991. Growth, size at maturity, and egg-per-recruit analysis of the abalone *Haliotis fulgenski* in Baja California. Veliger 34 (4): 324-330.

Sierra R., P., E. Zárate, M. Muciño & A. Vélez. 1998. Incoporación de la variabilidad ambiental en los modelos de producción excedente e incertidumbre en el proceso de ajuste. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Sissenwine, M.P & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Smith, A.D.M. 1993. Risk of over-and under-fishing new resources. *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 261-267.

Smith, S.J. & S. Gavaris. 1993. Evaluation the accuracy of projected catch estimates from sequential population analysis and trawl survely abundance estimates *En:* Smith, J., J. Hunt & D. Rivard. (eds). Risk evaluation and biological reference points for fisheries management. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 120: 163-172.

Turrubiates, M.J. 1996. Mortalidad natural de abulón *Haliotis* spp en la región noroccidental de Baja California Sur. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Turrubiates, M. J. & J.L. Castro O. 1992. Growth of *Haliotis fulgens* in Bahia Tortugas, Baja California Sur, México. *En:* Shepherd, S.A., M.J. Tegner & S.A. Guzmán del Proó. (eds). Abalone of the World: Biology, Fisheries and Culture. Fishing News Books. Oxford & London. pp: 10-15.

Valles, R.H. 1993. Síndrome de deterioro en poblaciones de abulón chino *Haliotis sorenseni* detectados en puntos situados entre Punta Baja y Punta San Antonio, B.C. México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Vega V., A. & E. Michel. 1992. Contribución al conocimiento de la biología reproductiva del abulón azul (*Haliotis fulgens* Philippi 1845), en el litoral de Punta Eugenia, B.C.S. México. Res. IX Simp. Biol. Mar. UABCS, La Paz, México.

Vega V., A., G. León & M. Muciño. 1994. Sinopsis de información biológica, pesquera y acuacultural de los abulones (*Haliotis* spp.) de la península de Baja California, México. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca **(**inédito).

Vega V., A., A. del Valle & R. Ayala. 1990. Evaluación poblacional de abulón (*Haliotis* spp) durante el verano-otoño de 1990, en las áreas de pesca comprendidas de Punta Los Elefantes hasta tres millas al sur de Punta Eugenia; dentro de la zona de pesca de la S.C.P.P. La Purísima S.C.L. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Vega V., A., E. Michel, J. Turrubiates, A. del Valle, A. Piñuelas & F. Espinoza. 1993. Desarrollo gonádico y reclutamiento reproductor del abulón amarillo (*Haliotis corrugata*), en el litoral centro-oeste de la península de Baja California, México. Res. V Congr. Latinoam. Cienc. Mar. UABCS, La Paz, México.

Vélez, B.J.A. & M. O. Muciño D. 1998. Composición por especies en las existencias silvestres y en la captura comercial del abulón *Haliotis* spp en la península de Baja California, México. Período 1990-1998. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

erizo
rojo
erizo
ROJO
ROJO
erizo
erizo
ROJO
erizo
ROJO
rojo
erizo
rojo
ROJO
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo
erizo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ERIZO

ESPECIE: Erizo rojo *(Strongylocentrotus franciscanus)*

- Especie densodependiente susceptible a cambios climáticos.
- Pesquería artesanal cuya distribución en parches está estrechamente vinculada a las áreas de alimentación del erizo.
- Producto de exportación con altos precios en el mercado asiático. Genera un promedio de 7 millones de USD anuales.
- México es el 5º productor mundial.
- Programa conjunto de repoblamiento entre el sector productivo e instituciones académicas y gubernamentales.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 1,806 t: 22% con respecto al máximo histórico (1989).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa con anomalías térmicas.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

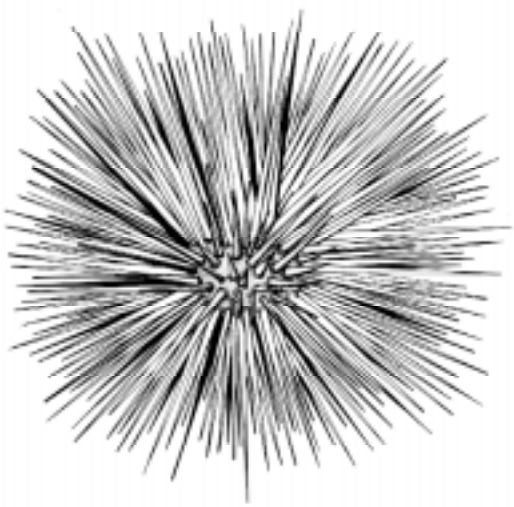
- En deterioro.

MEDIDAS DE MANEJO

- Veda temporal, cuota de captura por región, talla mínima, control del esfuerzo pesquero por número de permisos (NOM-007-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

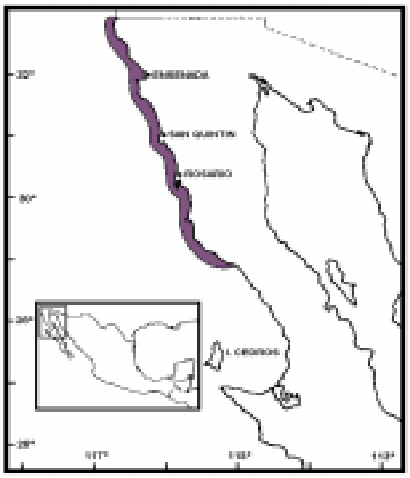
- Alcanzar el 50% del nivel de la biomasa virgen.



ERIZO DE MAR

Strongylocentrotus franciscanus

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

La pesquería del erizo rojo de mar (*Strongylocentrotus franciscanus*), junto con las pesquerías de abulón y langosta, es una de las más importantes en la península de Baja California. Genera aproximadamente 2 , 000 empleos en la región y sus volúmenes de captura se encuentran alrededor de 1, 500 t en los últimos tres años.

El erizo es apreciado en el mercado asiático por la calidad y tamaño de sus gónadas, y debido a la demanda internacional siempre se ha canalizado como un producto de exportación que genera divisas para el país equivalentes a siete millones de dólares anuales, lo que la ubica en el séptimo lugar en México y en quinto lugar a nivel mundial.

Existen cuatro especies de erizos en la península de Baja California, *Strongylocentrotus franciscanus* (erizo rojo), *S. purpuratus* (erizo morado), *Centrostephanus coronatus* y *Lytechinus anamesus;* de ellas, sólo las dos primeras especies son explotadas comercialmente.

De las cuatro especies que se localizan en B.C., solo dos (el rojo y el morado) son explotadas comercialmente.
La pesquería de erizo rojo ha generado alrededor de 1,500 t durante los últimos 3 años. Su importancia económica la ubica en el quinto lugar a nivel mundial

Los primeros intentos de aprovechamiento de erizo rojo de mar (*S. franciscanus*) fueron a finales de la década de los años sesenta por una compañía japonesa, pero fue hasta 1972 cuando se inicia su explotación a nivel comercial con una captura de 93 t de peso entero (Malagrino, 1972).

La principal especie que se captura es el erizo rojo, pero a partir de 1993 el erizo morado fue incorporado también a las capturas comerciales (Palleiro *et al.,* 1995).

Las capturas han disminuido su nivel desde 1986, y actualmente la pesquería se encuentra administrada bajo un enfoque precautorio. Desde 1997 se establecieron cuotas y tasas de explotación variables para llevar a cabo la recuperación de las poblaciones (Cota *et al.,* 1997; Solana, 1997).

Utilizando el método de la curva de captura, se estimó la mortalidad total para las temporadas 1995/1996 y 1996/1997 para las 4 zonas de pesca. Los valores de Z son elevados, con un valor promedio de las 4 zonas de 1.70 ± 0.248 que equivalen a una sobrevivencia de un 31.03% y de una mortalidad anual de 68.96%.

La pesquería del erizo rojo ha contribuido al desarrollo y diversificación regional de la pesca, sin embargo este recurso tiene características de vida y hábitat que lo hacen susceptible a los cambios ambientales y a la sobrexplotación.

La pesquería inició formalmente en 1972, registrándose 93 t de peso vivo. En 1979 alcanzó 5,500 t y en 1986 superó las 8 mil t. Actualmente la pesquería se maneja bajo un enfoque precautorio mediante el establecimiento de Puntos de Referencia Biológicos

BIOLOGÍA

El erizo rojo es el equinodermo de mayor tamaño en la costa noroccidental del continente americano. Se distribuye desde las costas de Alaska, E. U., hasta Isla Cedros en Baja California, México. Habita en sustratos rocosos, desde la zona intermareal hasta los 125 m de profundidad (Mottet, 1976; Kato y Schroeter, 1985).

La población de erizo rojo se distribuye en parches desde Alaska hasta Isla Cedros, B.C. en México

El erizo rojo alcanza tallas máximas de 170 mm de diámetro. Su crecimiento varía estacional y espacialmente, siendo lento antes de madurar y acelerado después del desove. Swan (1961), Farías (1980) y Palleiro (1982) determinaron una constante de crecimiento de von Bertalanffy (*k*) de 0.189, aunque en los dos primeros años muestran diferencias en longitud (11 y 25 mm para el primer año y 34 y 42 mm para el segundo) y valores similares para el tercer (53 y 56 mm) y cuarto año (68 y 71 mm).

El erizo es una especie dioica, sin dimorfismo sexual y con fertilización externa (Mottet, 1976). Su estadio larvario, que dura entre dos y tres meses, depende de la disponibilidad de sustrato adecuado para su asentamiento. Inmediatamente después de fijarse al sustrato lleva a cabo la metamorfosis dando origen a un erizo de un mm de diámetro.

El desove del erizo en Baja California se presenta de febrero a mayo; los picos de desove pueden variar estacionalmente. En México no se han realizado estudios de fecundidad de las especies que se explotan.

El comportamiento reproductivo tiende a cambiar a través del tiempo, madurando en forma precoz y rápida en momentos distintos a los que se ha venido reproduciendo. Tapia (1986) y Ruiz *et al*., (1987) determinaron que la talla de primera madurez se alcanza entre los 60 y 65 mm. Mientras que Castro y Tapia (1995) estimaron que está se alcanza entre los 41 y 50 mm.

Las tasas de reclutamiento, sobrevivencia de los juveniles y la disponibilidad de alimento determinan la distribución de la población

La población de erizo rojo se encuentra distribuida en parches o agregaciones (Rosenthal *et al.,* 1974), determinada principalmente por la disponibilidad de alimento, la tasa de reclutamiento y por la tasa de sobrevivencia de los juveniles (Ebert, 1983). Los erizos presentan movimientos motivados principalmente por la búsqueda de alimento y sus desplazamientos son cercanos a los 10 m al día. Una característica importante es que los adultos sirven como dosel y protección para los juveniles contra los depredadores, subiéndose a ellos y escondiéndose entre sus espinas (Tegner y Dayton, 1977; Sloan *et al.,* 1987). Esto genera un mecanismo de depensación, o efecto de Allen, en la población.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura del erizo rojo se realiza en la costa noroccidental de Baja California, desde Playas de Tijuana (frontera con E. U.) hasta Punta Blanca B.C. Palleiro *et al.* (1991) dividen el área de pesca en cuatro zonas administrativas: Zona Uno (Playas de Tijuana a El Puerto de Ensenada), Zona Dos (Punta Banda a Punta Colonett), Zona Tres (Punta Colonett a El Socorro) y Zona Cuatro (El Socorro a Punta Blanca).

La pesca se realiza en embarcaciones menores (14 a 27 pies de eslora) con motor fuera de borda (40-135 caballos de fuerza), a una profundidad de 6 a 30 m, en la cual participan tres personas: un motorista, un cabo de vida y un buzo.

▼ *Tendencias históricas*

La captura comercial se efectúa mediante buceo semiautonómo (sistema Hooka; compresor de aire acoplado a mangueras de hule con una boquilla de respiración deportiva). El esfuerzo pesquero se ha incrementado desde el inicio de la pesquería: de menos de 100 equipos antes de 1985 a 250 en 1986 y actualmente se han registrado cerca de 300.

El número de equipos de pesca se ha incrementado; antes de 1985 participaban menos de 100, en 1986 se registraron 250 equipos de pesca, y durante la temporada 1997-98 se registraron un total de 292 embarcaciones

En la temporada de pesca 1997/1998 se registraron 51 unidades de producción autorizadas (Tabla 1), con un total de 292 embarcaciones y un número igual de equipos de pesca (fuente: Delegación Federal de la SEMARNAP en Baja California).

Durante la época de veda del erizo, la flota captura adicionalmente otras especies como son pepino de mar, abulón y caracol.

El aumento en el esfuerzo ejercido en la explotación del recurso provocó un descenso en la captura durante la temporada 1980-1983, que también se asoció al fenómeno ENOS

Las capturas anuales del erizo rojo han fluctuado, con máximos en 1979 y 1986, con 5 , 500 y 8,250 t, respectivamente (Fig. 1) (Cota *et al.*, 1997). Durante el periodo 1980-83 se observó un descenso en las capturas, que se atribuyó a un efecto combinado del fenómeno “El Niño-Oscilación del Sur” (ENOS) (1982-1983) y a una fuerte presión de pesca (Palleiro *et al.*, 1986b).

Después del máximo de 1986 la pesquería ha mantenido una tendencia negativa en sus volumenes de desembarques. Para el periodo de 1995 a 1999, las capturas promedio son del orden de las 1,600 t.

Tabla 1. Unidades de pesca, número de embarcaciones y número de equipos registrados para la explotación del erizo rojo en Baja California, México, para la temporada 1997-1998.

UNIDADES	NO.	NO. EMBARCACIONES Y EQUIPOS
Cooperativas	1	37
Asociaciones	36	207
Permisionarios	14	50
TOTAL	51	294

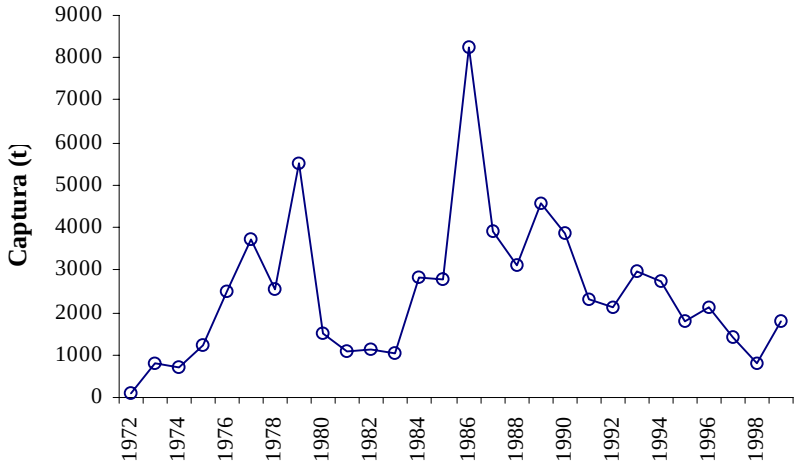


Fig. 1. Captura comercial de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* de 1972 a 1999 en Baja California, México.

El rendimiento obtenido por día ha disminuido considerablemente, de 309.2 kg/día de erizo entero en 1988-1989 hasta 146.2 kg/día durante la temporada 1994-1995; para 1998-1999 disminuyó a 97 kg/día (Aguilar y Romero, 1999).

▼*Pesca incidental*

Dado que la extracción del erizo se realiza mediante selección manual, no existe pesca incidental. La experiencia de los buzos les permite seleccionar los erizos de talla comercial.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Por lo general, los equipos y los artes de pesca se utilizan exclusivamente para la captura de abulón, y en caso de que éstos sean utilizados para la captura de otras especies, no se considera que implique interacción con otras pesquerías.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

La pesquería cuenta con 40 plantas procesadoras, 2 muelles y cerca de 40 varaderos. La flota en general no cuenta con facilidades de muelle para la descarga del producto.

Los canales de comercialización entre el permisionario y el mercado en Japón se realizan a través de aproximadamente 10 intermediarios.

Hasta 1996, la pesquería generó alrededor de 2 , 000 empleos en la región y el valor de la captura anual fue aproximadamente de siete millones de dólares.

El erizo es altamente apreciado en el mercado asiático, principalmente en Japón, donde se comercializa a buen precio por su calidad y el tamaño de las gónadas; el valor de la captura anual es de aproximadamente 7 millones de dólares

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesquería del erizo es regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-007-PESC-1993 y por un Subcomité Técnico en el que participan autoridades federales, estatales, productores y la Universidad Autónoma de Baja California.

En el régimen de derechos a la pesca participan 50 permisionarios (con vigencias de ocho meses a dos años) y dos concesionarios (con vigencia de 20 años).

La Norma establece para la pesquería los acuerdos siguientes:

1.- Una talla mínima legal de 80 mm, tipo de embarcaciones, método de extracción, composición de la tripulación, estudios para la administración de la pesca y formas de registrar la producción (D.O.F. 12/06/87).

3.- Una cuota de captura anual, con base en un dictamen técnico elaborado por el Instituto Nacional de la Pesca (D.O.F. 12/06/87).

2.- Un periodo de veda temporal del 1º de marzo al 31 de junio (D.O.F. 22/06/90).

Además, en el Subcomité Técnico se han acordado las disposiciones estatales siguientes:

1) El programa “Hoy no pescas”; donde la captura se realiza por cinco días de lunes a viernes.
2) Dos formas de pesca mensual: por cuotas diarias y por tallas. Es decir, si se presenta una incidencia alta de juveniles en el mes actual, el próximo mes la flota trabajara con cuotas diarias en cada una de las zonas de pesca. Si no hay incidencia, el mes siguiente se pesca toda la captura posible, respetando únicamente la talla mínima legal.

Además, para proteger a los juveniles, se ha acortado el periodo de pesca de ocho a cuatro meses o hasta tres meses en algunas ocasiones. Esto ocurrió en la Zona Uno durante el periodo 1990-1993.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Se cuenta con registros de captura de 1972 a 1999, esfuerzo estandarizado (número de viajes por temporada) de 1987 a 1999, estimaciones de biomasa de los años 1986, 1990, 1995, 1996 y 1997 (Aguilar y Romero, 1999), mortalidad por pesca, capturabilidad y la tasa de explotación (*U*).

▼ *Modelo*

Dado el tipo de información disponible, el análisis de la pesquería del erizo rojo se realizó con el modelo de producción excedente de Schaefer (1954), en su *versión dinámica* propuesta por Hilborn y Walters (1992), modificado para incluir anomalías térmicas (Sierra *et al.*, 1998), el cual está definido como:

$$B_{t+1} = B_t + r(\alpha_t)B_t\left(\frac{Bo - B_t}{Bo}\right) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

donde:

B_t = biomasa en el tiempo *t*
r = tasa intrínseca de crecimiento
Bo = biomasa virgen
C_t = captura observada al tiempo *t*
α_t = anomalía térmica (en la temperatura superficial promedio del mar (TSM)) al tiempo *t.*

En este modelo, cuando la biomasa se encuentra en el nivel de *Bo*/2, la tasa de crecimiento es máxima, por lo que se considera el *punto de mayor producción.*

Las poblaciones de erizo son influenciadas por cambios ambientales (Palleiro *et al*., 1986b). Para Walters y Parma (1996) el efecto de los cambios climáticos causa confusión en el análisis de las pesquerías, debido a que es difícil distinguir entre el impacto de la explotación y el efecto ambiental.

Por lo anterior, y para estimar su efecto, en el análisis cuantitativo se incluyeron las anomalías definidas como:

$$\alpha_t = \left[1 - TSM_t\right] \quad \text{.....(2)}$$

Debido a que los registros de captura iniciaron a partir de 1972, la biomasa inicial para el modelo se estimó como:

$$B_{inicial} = Bo * P \quad \text{.....(3)}$$

donde:

P = proporción de la biomasa inicial con respecto a *Bo*.

El ajuste al modelo se realizó con base en los datos de las evaluaciones de biomasa y datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), obtenidos por el Proyecto Erizo de Mar del Centro Regional de Investigación Pesquera de Ensenada.

Se estimó la mejor combinación de los parámetros (*Bo*, *r*, *P*, y *q*) mediante rutinas iterativas de optimización para una función de verosimilitud de la forma (Hilborn y Walters, 1992):

$$L(Y|Bo,r,P,q) = \prod_{t=i}^{n} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(V_t)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$L(Y|Bo,r,P,q)$ = probabilidad de los datos observados (*Y*), ya sea biomasa o la CPUE, dado el valor de los parámetros del modelo de Schaefer *Bo, r*, *P*, *q*;
V_t = error de observación al tiempo *t;*
σ_t = desviación estándar del error.

El error de observación (V_t) está definido para la biomasa como:

$$V_t = \left[Ln(Bobs_t) - Ln(B_t) \right] \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$Bobs_t$ = biomasa observada al tiempo *t;*
B_t = biomasa estimada mediante el modelo al tiempo *t.*

El error de observación para la CPUE es:

$$V_t = \left[Ln(CPUE_t) - Ln(\hat{I}_t) \right] \quad \text{.....(6)}$$

donde:

$CPUE_t$ = captura por unidad de esfuerzo al tiempo t, obtenida como:

$$CPUE_t = \frac{Cobs_t}{f_t} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$Cobs_t$ = captura observada al tiempo t.
f_t = esfuerzo al tiempo *t*

$\hat{I}_t$ = índice de abundancia relativa o la CPUE estimada al tiempo *t* descrito como:

$$\hat{I}t = \frac{\hat{C}_t}{f_t} \quad \text{.....(8)}$$

donde:

$\hat{C}_t$ = captura estimada al tiempo *t* definida como:

$$\hat{C}_t = \hat{B}_t U_t \quad \text{.....(9)}$$

donde:

$\hat{B}_t$ = biomasa estimada por medio del modelo:

$$U_t = 1 - e^{-qf_t} \quad \text{.....(10)}$$

donde:

U_t = tasa de explotación al tiempo *t*
q = coeficiente de capturabilidad

La desviación estándar del error de observación (σ) es expresada por:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left[Ln(Y_t) - Ln(\hat{Y}_t)\right]^2} \quad \text{.....(11)}$$

donde:

Y_t = datos observados al tiempo *t,* ya sean de biomasa o CPUE

$\hat{Y}_t$ = datos estimados al tiempo *t* de biomasa o CPUE.

En el manejo de las pesquerías es necesario incorporar incertidumbre ya que es difícil estimar la variabilidad en la naturaleza. Para esta pesquería lo apropiado es medir esta variabilidad expresada en términos de probabilidad (Lindley, 1983; Hilborn, 1987). Para ello se estima la distribución de probabilidad de los parámetros antes mencionados (*Bo*, *r*, *P* y *q*), con la formula de Bayes (1763, citado en Hilborn y Walters, 1992), la que se describe como:

$$P(\theta_i|D) = \frac{P(D|\theta_i)\cdot P(\theta_i)}{\sum P(D|\theta_j)\cdot P(\theta_j)} \quad \text{.....(12)}$$

donde:

$P(\theta_i|D) =$ probabilidad posterior de un estado de la naturaleza incierto;
$P(D|\theta_i)$ = probabilidad de los datos dado el valor de los parámetros θ;
$P(\theta_i)$ = probabilidad de θ antes de que los datos sean analizados (probabilidad anterior);

La formula de Bayes permite incorporar la probabilidad anterior de los parámetros (Box y Tiao, 1973, Gelman *et al.*, 1995).

El proceso de estimación de la distribución de probabilidad de los parámetros se realizó de la siguiente manera:

a) Se generaron números aleatorios con distribución uniforme de los parámetros del modelo;
b) Se calculó la biomasa (Ecuación 1) y los índices de abundancia (Ecuación 7), desde el primer hasta el último año de la serie de datos de captura y esfuerzo;
c) Se calcula la verosimilitud (Ecuación 4) y se asignó el valor de los diferentes parámetros generados en (a);
d) Se repitió el procedimiento "n" veces, hasta encontrar la combinación de parámetros de máxima verosimilitud.

Los resultados obtenidos del ajuste del modelo de Schaefer a los datos de Biomasa, CPUE y capturas muestran que existen gran variedad de combinaciones de los valores de los parámetros que pueden dar un buen ajuste (Fig. 2 y 3).

A partir de 1987 la biomasa estimada de erizo se encuentra por debajo del nivel de máxima productividad

Incluir las anomalías térmicas permite un mejor ajuste del modelo, al describir apropiadamente los cambios de la población de erizo durante el periodo analizado. Estos cambios coinciden con la descripción de la relación entre las capturas y los periodos de calentamiento y enfriamiento de la superficie del mar (Palleiro *et al.*, 1986b).

Se encontró que a partir de 1987, la biomasa estimada de la población de erizo se encuentra por debajo del nivel de la máxima productividad, esto es en el punto de $Bo/2$ (Fig. 2).

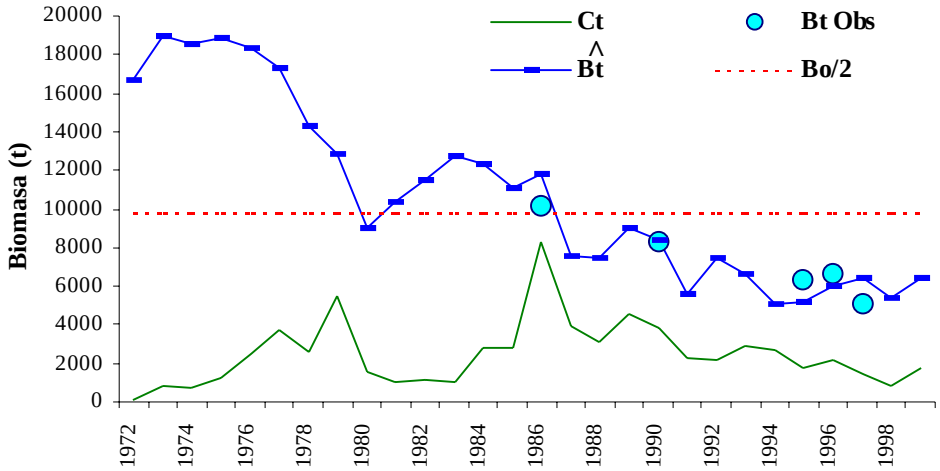


Fig. 2. Curva de biomasa estimada con el modelo de Schaefer para los datos de biomasa del erizo rojo en Baja California, México, durante el periodo de capturas 1972-2000. La biomasa estimada (B_t) es la representación determinística con la mejor combinación de parámetros del modelo.

La disminución de la biomasa se debe posiblemente a: 1) al incremento de la captura, como en 1986, cuando se registró un máximo de ésta; 2) condiciones ambientales adversas, como el fenómeno de "El Niño" ocurrido en 1982-1983, y 3) la pesca ilegal. La biomasa ha disminuido al grado que no se ha podido recuperar a pesar de adoptarse diversas medidas para la regulación de la pesquería, como se observa en la *figura 3 a* y *b*, donde se muestra una tendencia decreciente de la CPUE y las capturas.

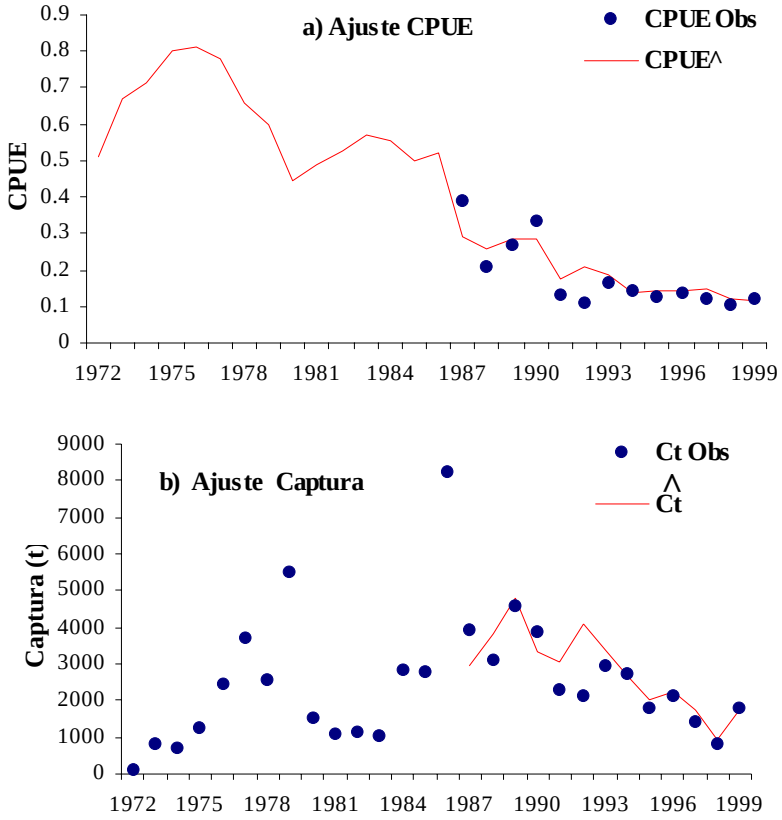


Fig. 3. Curvas ajuste de la captura por unidad de esfuerzo, CPUE (a), y capturas estimadas (b) con el modelo de Schaefer para los datos de CPUE y capturas observadas del erizo rojo de Baja California, México, durante el periodo de capturas 1972 a 1999.

Se estimó que el valor más probable de la biomasa en 1972 fue de alrededor de 19,000 t, lo cual se considera muy cercano al de la biomasa virgen. Sin embargo, se muestra una gran variación de este valor pudiendo ser cualquiera entre 14,000 a 21,000 t (Fig. 4a) y puesto que hasta antes de este año no existía evidencia de explotación intensa, se considera un valor de *P* de casi 1.

El valor más probable de la tasa de crecimiento (r) se observa que este es de 0.56, con un intervalo de 95% entre 0.4 y 0.8 (Fig. 4b).

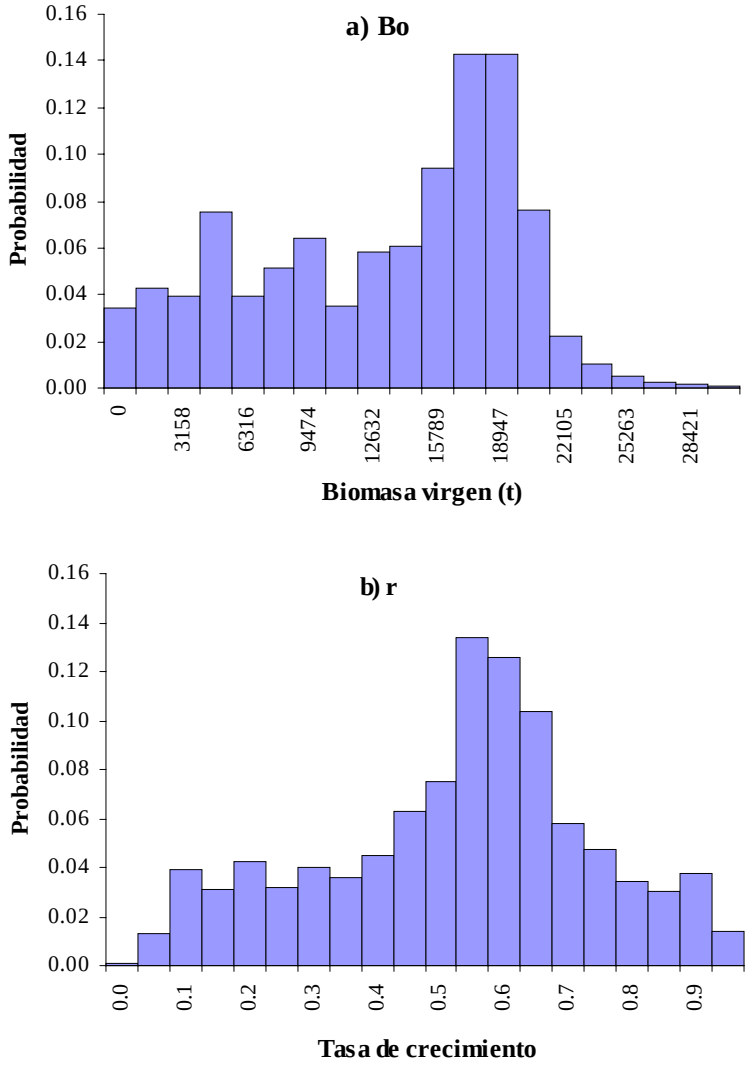


Fig. 4. Distribución de probabilidad de los parámetros del modelo de Schaefer ajustados para datos de biomasa, para la pesquería de erizo de Baja California, México.

▼*Estado actual de la pesquería de erizo rojo*

El manejo de los recursos pesqueros se basa en Puntos de Referencia Biológicos (PRB) (Sissenwine y Shepherd, 1987; Mace, 1994). En la pesquería del erizo rojo se ha iniciado el trabajo con los PRB para mejorar la estrategia de pesca, y obtener modelos que caractericen la dinámica de las poblaciones (Sierra *et al.*, 1997; Cota *et al.*, 1997).

Los Puntos de Referencia Biológicos dependen de las condiciones de las poblaciones, pueden ser óptimo, precautorios o riesgosos. Considerándose como niveles (máximos o mínimos) que sirven de puntos de referencia objetivos

Los PRB como componentes de estrategias de manejo dependen de las condiciones del stock bajo estudio, pudiendo ser concebidos bajo enfoques "precautorios", "riesgosos" u "óptimos" (Mace, 1994).

Con el uso de modelos de producción excedente se puede estimar la Producción Excedente Máxima (PEM) que, como se mencionó, en el modelo de Schaefer se obtiene cuando la biomasa de la población es la mitad de lo que tendría en su condición virgen (*Bo*/2). Este nivel de biomasa se puede usar como punto de referencia objetivo, midiendo así el estado de la población con respecto a ese nivel (Caddy y Mahon, 1995). En este caso, el Punto de Referencia Objetivo (PRO), considera el valor estimado de la biomasa de 2000, observando si éste se encuentra por arriba o por debajo del nivel de *Bo*/2.

Los puntos de referencia también pueden ser considerados como límites (PRL), definidos como un determinado nivel (máximo o mínimo) que no se desea exceder (Caddy y Mahon, 1995).

El Punto de Referencia Límite definido en este estudio, es que las biomasas futuras no deben ser menores a la biomasa estimada para 2000, y posteriormente llevar la biomasa de la población al nivel donde se alcanza la PEM (B_{PEM}) o punto de referencia objetivo.

Hilborn y Mangel (1997) definen a los PRO de la manera siguiente:

$$\text{PEM} = [Bo/2]U_{PEM} \quad \text{.....(11)}$$

$$\text{Biomasa para la PEM} = Bo/2 \quad \text{.....(12)}$$

Producción Excedente Actual:

$$\text{PEA} = rBt\left(\frac{Bo - Bt}{Bo}\right) \quad \text{.....(13)}$$

La tasa de explotación para la PEM se calculó mediante:

$$U_{PEM} = r/2 \quad \text{.....(14)}$$

y el esfuerzo para la PEM

$$Esf_{PEM} = -\ln(1 - U_{PEM})/q \quad \text{.....(15)}$$

Para definir el estatus (*Est*) del recurso, el primer paso consistió en conocer si la biomasa para 2000 (B_{2000}) es mayor o menor a *Bo*/2, la cual se obtuvo con:

$$Est = \frac{B_{Actual}}{[B_{PEM}]} \quad \text{.....(16)}$$

Se observa que la biomasa estimada para 2000 es menor al PRO definido (Fig. 2), por lo que el estatus del stock se ubicó como una pesquería que requiere estrategias de recuperación.

Lo anterior se muestra claramente en la *figura 6*, donde la distribución de probabilidad de la biomasa de 2000 y la distribución de *Bo*/2 se traslapan (Fig. 5a). Sin embargo, el valor más probable de la biomasa actual es menor al de *Bo*/2.

Esto mismo se observa en la distribución de probabilidad de la relación B_{1999}/[*Bo*/2] notando que existe 75% de probabilidad de que la biomasa de 2000 sea menor que *Bo*/2 (Fig. 5b).

La distribución de probabilidad de la PEM varió de 1 ,000 a 3 ,200 t, con un valor más probable de 2 , 894 t y la Producción Excedente Actual 2000 (PEA) varió de 1 ,000 a 3 ,000 t, con un valor más probable de 2 ,894 t (Fig. 6). Si tomamos como referencia la PEA y la comparamos con la captura obtenida en 1999 (1,806 t), se observa que se capturó menos biomasa de la que se produjo. Sin embargo, no se observa un crecimiento de la biomasa y esto puede deberse a los efectos negativos de captura de años anteriores y al fenómeno ENOS de 1997 que han afectado a las poblaciones y que se esta capturando más de lo que puede crecer la población.

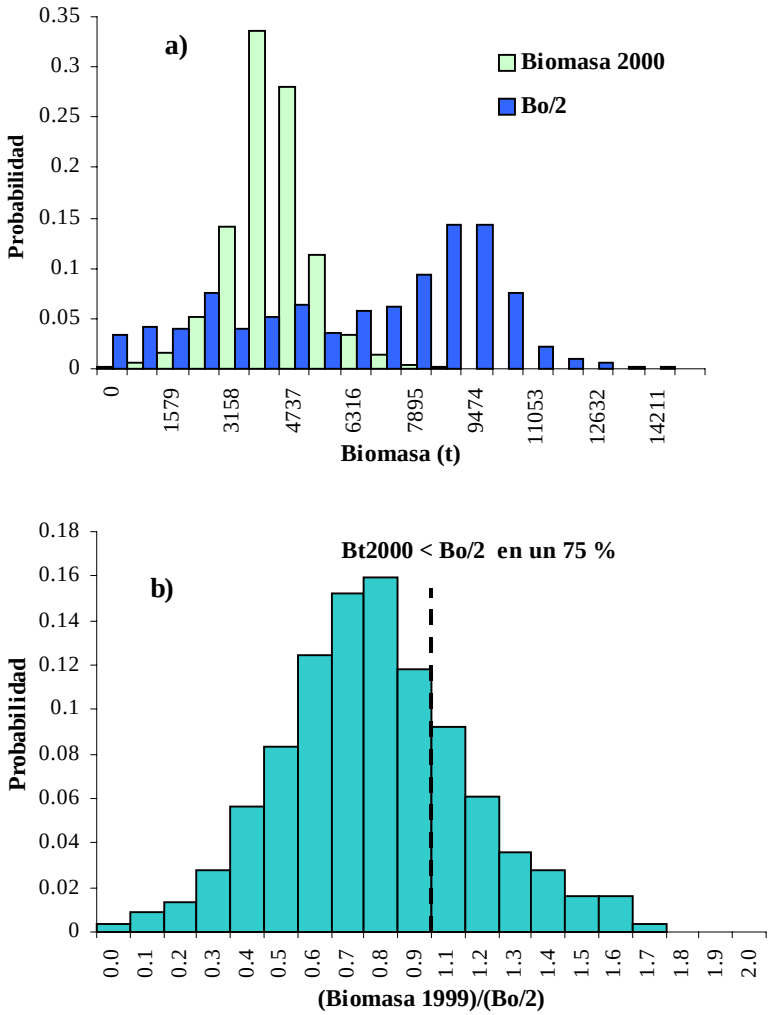


Fig. 5. Distribución de probabilidad de la biomasa del 2000, de la *Bo*/2 (a), y de la relación de Biomasa actual/[*Bo*/2] (b) de erizo rojo de Baja California.

El valor de la biomasa al punto de la PEM (B_{PEM}) indica que la biomasa actual es el 10 % del nivel objetivo, esto es que la biomasa actual esta muy por de bajo del nivel que se quiere alcanzar para obtener una pesquería sustentable (Tabla 2).

Se puede observar también que el esfuerzo aplicado en esta pesquería es casi el triple de lo que sería el optimo (Tabla 2).

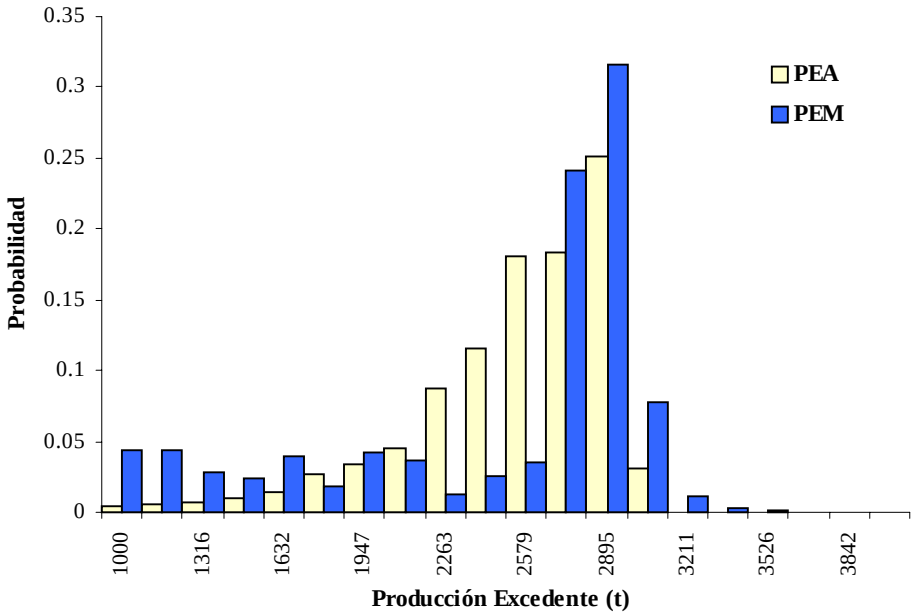


Fig. 6. Distribución de probabilidad de la producción excedente máxima (PEM) y producción excedente actual (PEA) de 1999, de la pesquería del erizo rojo de Baja California, México.

Tabla 2. Puntos de referencia estimados con los parámetros obtenidos del ajuste del modelo de Schaefer y el enfoque Bayesiano, para la pesquería de erizo rojo de Baja California, México.

PR	Actual	Optimo	Actual/Optimo
B_{PEM}	1230.127	11424.101	0.107678
U_{PEM}	0.44304	0.228	1.943143
f_{PEM}	15168	5909.048	2.566911
Ct_{PEM}	1806	2604.695	0.693363

Nota: B_{PEM}: Biomasa en el Punto de Producción Excedente Máxima; U_{PEM}: Tasa de explotación de Producción Excedente Máxima; f_{PEM}: Esfuerzo en Producción Excedente Máxima; Ct_{PEM}: Captura en Producción Excedente Máxima.

PERSPECTIVAS:

Estrategias de manejo

El estado actual del erizo rojo ubica a la pesquería dentro de las que requieren una estrategia de recuperación. El primer paso para alcanzar el Punto de Referencia Objetivo es evitar que la B_{t+1} sea menor a la B_t; para

De acuerdo con Punto de Referencia Objetivo seleccionado (Bo/2), la pesquería de erizo requiere de una estrategia de recuperación

ello se definió el Punto de Referencia Límite antes descrito, para lograr el objetivo de manejo a este punto debe ser mayor a la unidad.

Para determinar las estrategias de recuperación del erizo, se estimó la distribución de probabilidad de la biomasa de 2000 al 2005, considerando siete opciones de cuotas de captura, en las que se incorpora la incertidumbre total mediante el Método de Simulación Bayesiano (Walters y Ludwig, 1994; Walters y Punt, 1994; Sierra *et al.*, 1998).

De esta manera, se obtiene la probabilidad de que la biomasa proyectada en cada año sea menor a la biomasa actual, que es el nivel por debajo del cual no se desea llegar (Punto de Referencia Límite).

El cálculo de la distribución de probabilidad posterior de Bayes, de la biomasa proyectada y el análisis de riesgo, se realizó de la misma manera en la que se generó la distribución de probabilidad de los parámetros del modelo de Schaefer, además:

a) se calculó la biomasa proyectada al año *t* con base en los parámetros obtenidos;

b) se estimó *Bo/2* y la B_t;

c) se calculó la fracción de B_{t+1}/B_t;

d) se calculó una verosimilitud al intervalo de clase correspondiente a la fracción B_{t+1}/B_t.

Una vez obtenida la distribución de probabilidad posterior de Bayes de la fracción B_{t+1}/B_t, se estima el riesgo como la suma de las probabilidades de las clases menores a uno.

Los resultados de las opciones de cuota asignadas para este análisis se muestran en la *figura 7,* e indican que las opciones 1, 2 y 3, tienden a recuperar la biomasa, alcanzando después del año 2005 el nivel en que se obtiene la PEM; y que con una captura de 1200 t (Opción 2), la probabilidad de que la biomasa proyectada sea menor que la *Bo*/2 es de 17 % para el año 2005.

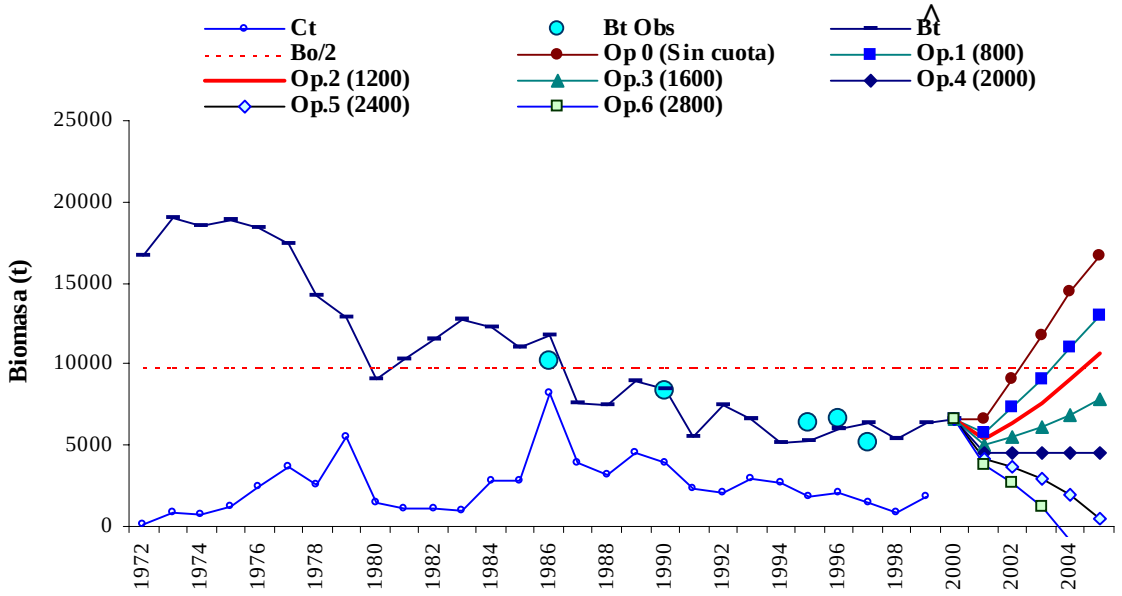


Fig. 7. Proyecciones de biomasa de erizo rojo en Baja California, México, bajo diferentes opciones de captura (t) con base en el Modelo de Schaefer.

Con la opción 4 al parecer se mantendría la biomasa, sin embargo, al igual que con las opciones 5 y 6 la biomasa tendería a colapsarse con el tiempo y no permitiría alcanzar el PRO ni el PRL.

Si se determina una cuota mayor a esta última se observa un desplome de la biomasa (Cuota 5), llegando al grado del colapso de la pesquería. Se considera que, entre los escenarios propuestos, la opción 2 permite elevar la biomasa y mantenerla en los niveles de la PEM.

La pesca del erizo de Baja California cuenta con una estrategia de manejo que ha mejorado en poco tiempo: Se establecieron normas en 1987, 1990, y 1993; se constituyó un Subcomité Técnico, también desde 1997; la pesquería cuenta con tasas de explotación y cuotas de captura que dependen de los estudios del recurso y los resultados en la pesca comercial (Cota *et al.*, 1997; Solana-Sansores, 1997; Sierra *et al.*, 1998).

La alta rentabilidad de la pesca ha generado beneficios socioeconómicos importantes, pero a su vez diversos problemas que deben solucionarse: La flota real supera a la flota nominal y la incidencia de juveniles es común.

La inspección y vigilancia de la pesquería deben robustecerse con el involucramiento de los grupos pesqueros interesados y el mejoramiento real de estas actividades.

El ordenamiento de la pesquería es otro paso que debe continuarse. El cambio en el régimen de derechos a la pesca puede fortalecer la actividad.

Campos de colaboración

Gran parte del ciclo de vida del erizo rojo es desconocido, siendo necesarios programas que aborden el estudio de las primeras etapas de su desarrollo hasta la fase de reclutamiento de estos individuos.

Se requiere de un programa de marcaje-recaptura para estimar la tasa de crecimiento y de mortalidad que son fluctuantes de un banco a otro; una vez generada esta información, se podrán utilizar otros puntos de referencia, como la talla mínima de captura en función del rendimiento por recluta.

Es necesario realizar estudios socioecomicos de la pesquería, que contribuyan a fortalecer mediante inversiones, el empleo y el desarrollo de las comunidades pesqueras y de la región

Actualmente existe un convenio con el Instituto de Investigaciones Oceanológicas (IIO) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), para iniciar un programa de repoblamiento, el cual cuenta con el apoyo de algunos permisionarios que han buscado asesoría de los investigadores.

REFERENCIAS

Aguilar, D.M. & J.M. Romero M. 1999. Dictamen Técnico Biológico para la pesquería de Erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus,* en la costa Noroccidental de Baja California, México en la temporada de pesca 1999-2000. SEMARNAP.INP.CRIP Ensenada. Junio de 1999. (inédito).

Box, G.E.P. & G. Tiao C. 1973. Bayesian inference in statistical analysis. Wiley Classics. New York.

Caddy, J.F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347: 1-83.

Castro, J.J. & O.M. Tapia V. 1995. Ciclo reproductivo del erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* de la zona uno de pesca de septiembre de 1992 a septiembre de 1993. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cota V., A; A. Aguilar M, M. Romero M, R. Solana S. & F. Uribe O. 1997. Análisis de la administración de la pesquería del erizo rojo (*Strongylocentrotus franciscanus*) y del erizo morado (*S. purpuratus*) en la costa noroccidental de la Baja California. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Ebert, T.A. 1983. Recruitment in echinoderms. *En*: M. Jangoux & J. M. Lawrence (eds.) Echinoderms studies. A. Balkeema, Rotterdam. pp:169-203.

Farías, J.A. 1980. Observaciones preliminares de una población de erizos, *Strongylocentrotus franciscanus* (Echinodermata: Echinoidea), en Baja California. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Gelman, A., J.B. Carlin & D.B. Rubin. 1995. Bayesian data analysis. Chapman & Hall.

Hilborn, R. 1987. Living with uncertainty in resource management. N. Am. J. Fish. Mgt. 7:1-5.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press. New Jersey.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman-Hall, New York.

Kato, S. & S.C. Schroeter. 1985. Biology of red sea urchin, *Strongylocentrotus franciscanus* and its fishery in California. Mar. Fish. Rev. 47:1-20.

Leighton, D.L. 1966. Studies of food preference in algivorus invertebrates of Southern California kelps beds. Pac. Sci. 20 (1): 104-113.

Leighton, D.L. 1971. Grazing activities of benthic invertebrates in southern California kelp beds. *En*: The Biology of Giant Kelp Beds (*Macrocysitis*) in California. Nova Hedwigia Biehft. pp: 421-453.

Lindley, D.V. 1983. Theory and practice of bayesian statistics. The Statistician 32:1-11.

Mace, P.M. 1994. Relations between common biological reference points used as thresholds and target of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 110-122.

Malagrino, L.G. 1972. Extracción y preservación de las gónadas del erizo de mar. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Mattison, J.E., J.D. Trent, A.L. Shanks, B.T. Akin & S.J. Pearse. 1977. Movement and feeding activity of red sea urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) adjacent to a kelp forest. Mar. Biol. 39: 25-30.

Mottet, M.G. 1976. The fishery biology of sea urchins in the family Strongylocentrotidae. Wash. Dep. Fish. Tech. Rep. 20: 1-66.

Palleiro, J.S. 1982. Estimación de la densidad y crecimiento del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz), para la zona de Santo Tomás, B.C. Tesis de Licenciatura, Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Palleiro, J.S., A. Lelevier G., M. Navarrete & J.M. Romero M. 1986a. Diagnóstico del estado del recurso. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Palleiro, J.S., A. Lelevier G., M. Navarrete & J.M. Romero M. 1986b. Análisis y medidas de regulación de erizo rojo *Strongylocentrotus franciscanus* en Baja California, México. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Palleiro, J.S., D. Aguilar M. & J.M. Romero M. 1991. La pesquería del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus,* en Baja California, México. Memorias del Taller México-Australia de Reclutamiento de Recursos Bentónicos. Instituto Politécnico Nacional. SEPESCA. La Paz, B.C.S.

Palleiro, J.S., D. Aguilar M. & J.M. Romero M. 1995. La pesquería del erizo de mar en Baja California, México. Diagnóstico de la temporada de pesca 1994-1995. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Polanco J., E., R. Mimbela S., L. Beléndez M., M.A. Flores & A.L. Reynoso A. 1988. Situación actual de las principales pesquerías mexicanas. SEPESCA. México.

Rosenthal, R.J., W.D. Clarke & P.K. Dayton. 1974. Ecology and natural history of a stand giant kelp, *Macrocystis pyrifera*, off. Del Mar, California. Fish. Bull. 72 (3): 670-684.

Ruiz, A., D. Herrera & J. Castro. 1987. Análisis anual histológico y productividad orgánica gónadal en el ciclo reproductivo del erizo rojo, *Strongylocentrotus franciscanus* (Agassiz, 1863), Echinodermata: Echinoidea en Punta San Miguel, Ensenada, B.C. Tesis de Licenciatura. Esc. Sup. de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, B.C. México.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1: 27-56.

Sierra R., P., E. Zárate B., M. Muciño & A. Vélez. 1998. Incorporación de la variabilidad ambiental en los modelos de producción excedente e incertidumbre en el proceso de ajuste. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Sierra R., P., A. Solis & D. Acal.1997. Definición del modelo para el diagnóstico del estado de salud de los recursos erizo, pepino y langosta. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Sissenwine, M.P. & J.G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Sloan, N.A., C.P. Lauridsen & R.M. Harbo. 1987. Recruitment characteristics of the commercially harvested red urchin, *Strongylocentrotus franciscanus,* in Southern British Columbia. Fish. Res. 5: 55-69.

Solana-Sansores, R. 1997. Conservative management of the sea urchin fishery in Baja California. Mexico. Informe Tecnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Swan, E.F. 1961. Some observations on the growth rate of sea urchins in the genus *Strongylocentrotus*. Bull. Mar. Biol. Lab. Woods Hole 120: 420-427.

Tapia, O.M. 1986. Informe de los resultados obtenidos sobre la determinación de madurez gonadal en *Strongylocentrotus franciscanus*, durante el ciclo anual de enero de 1984 a enero de 1985 en Punta San Miguel. CRIP-Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Tegner, M.J. & P.K. Dayton. 1977. Sea urchin recruiment patterns and implications of commercial fishing. Science 196: 324-326.

Walters, C. & D. Ludwig. 1994. Calculation of Bayes posterior probability distribution for key population parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 713-722.

Walters, C. & A. Parma. 1996. Fixed exploitation rate strategies for coping with effects of climate change. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 148-158.

Walters, C. & A. Punt. 1994. Placing odds on sustainable catch using virtual population analysis and survey data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51: 946-958.

volador

mako

tiburón

tiburón

tiburón

martillo

azul

limón

zorro

tiburón

tunero

tiburón

coyote

chato

tiburón

aleta blanca

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA OCEÁNICA DE TIBURÓN

ESPECIES: Tiburón zorro (*Alopias pelagicus*), tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*), comuda (*Sphyma lewini*), tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón sedoso (*C. falciformis*).

- Pesca sostenida por tiburones maduros e inmaduros, estos últimos principalmente en el verano.
- Poblaciones compartidas con Estados Unidos y Centroamérica.
- Migraciones relacionadas a reproducción y factores climáticos.
- Captura incidental en las pesquerías de atún y peces picudos.
- El aprovechamiento exclusivo de las aletas de tiburón está prohibido.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 18,140 toneladas (total Pacífico): 70% respecto al máximo histórico (1981).

EFECTOS ENSO 97-98

- Cambia la distribución del recurso; se mueve hacia el norte desde Centro América hacia los Estados Unidos.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Demográfico.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Tiburón zorro, en deterioro y el resto de las especies, aprovechadas al máximo.

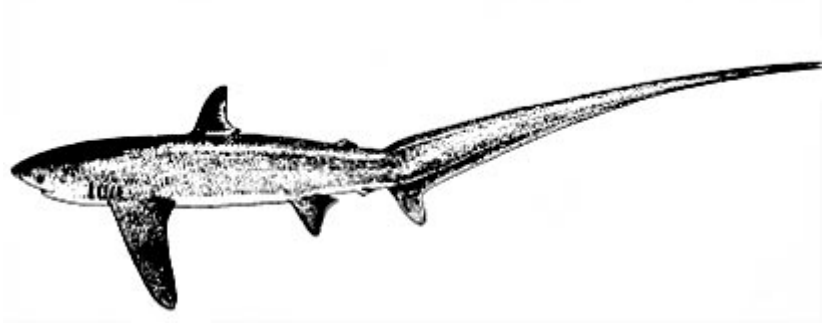
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Mantenimiento, determinación de potenciales.

TIBURONES OCEÁNICOS DEL PACÍFICO

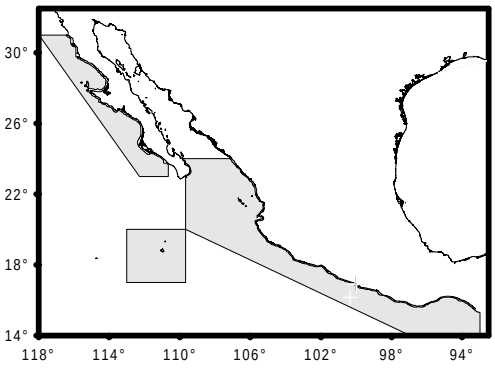


Alopias spp.
Prionace glauca
Isurus oxyrinchus
Carcharhinus spp.
Sphyrna spp.

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

Los tiburones oceánicos son capturados en grandes cantidades en las diversas pesquerías alrededor del mundo: con redes de cerco en la pesca atunera, en las redes y palangres de deriva en la pesca de atunes y picudos, así como la pesca de salmón y calamares. La mayoría de los tiburones oceánicos son altamente migratorios, y ello dificulta la información de las capturas, índices de abundancia, la biología de las especies, el manejo, el ordenamiento y la conservación. Los tiburones oceánicos lo determina como un recurso frágil y susceptible a la sobre explotación en comparación con los peces teleósteos (Compagno, 1990; Taniuchi, 1990; Bonfil, 1994; Walker, 1998).



Los tiburones poseen un bajo potencial reproductivo, periodos de gestación largos y crecimiento lento, alcanzan la madurez sexual tardíamente, periodos de vida largos. Estas características hacen que presenten una capacidad muy baja a recuperarse a la sobrepesca (Holden, 1973, 1974 y 1977), por lo que no es posible una pesquería sostenible con presión de pesca elevada.

Los tiburones poseen un bajo potencial reproductivo, periodos de gestación largos y crecimiento lento, alcanzan la madurez sexual tardíamente, periodos de vida largos. Estas características hacen que presenten una capacidad muy baja a recuperarse a la sobrepesca

La pesquería de palangre de deriva es de las más importantes alrededor del mundo en la captura de pelágicos mayores, principalmente en las especies objetivo que son atunes y picudos. En esta pesquería frecuentemente se capturan tiburones oceánicos como una parte muy importante en las capturas.

Las cantidades de tiburones oceánicos en las capturas de palangreros se desconocen y eso dificulta la evaluación para un manejo y ordenamiento de las pesquerías (Bonfil, 1994).

La flota palangrera japonesa inició exploraciones pesqueras en el Océano Pacífico Oriental en 1956, penetrando en la Zona Económica Exclusiva de México (denominada ZEE a partir de 1976) en 1962, (Joseph *et al.*, 1974; Ueyanagi, 1974; 1989). En el año de 1963 dicha flota operó en aguas del Pacífico mexicano, dirigiendo la pesca a picudos y atunes (Squire y Au, 1990).

Embarcaciones palangreras con banderas de Taiwán y Corea se agregaron a dicha zona de pesca a mediados de 1960. Otras expediciones fueron realizadas por palangreros de la URSS y Cuba en el Golfo de Tehuantepec en 1965 y1967, respectivamente (Joseph *et al.*, 1974). Durante el periodo 1962-1980 la proporción de la captura de la flota japonesa fue 69% de atunes y 31% picudos en el Océano Pacífico Oriental (Squire y Au, 1990).

En 1963 la flota palangrera japonesa operó decididamente en aguas del Pacífico mexicano dirigiendo la pesca a picudos y atunes

En 1986 un total de 21 permisos de pesca fueron otorgados a embarcaciones palangreras para operar en la ZEE. De las cuales 18 iniciaron operaciones en 1987, quedando activas a finales del mismo año solo 16 embarcaciones (SEPESCA, 1987). La principal flota palangrera mexicana operada en la ZEE tiene como puerto base Manzanillo, Colima. Un barco de la misma flota cambió de base a Mazatlán en 1997, dos embarcaciones atracaron con más frecuencia en Mazatlán y Ensenada de 1997-1999. Dicha flota ha operado de 1983 a la fecha y sus capturas son típicamente representadas por picudos, tiburones, dorados y atún (Vélez-Marín *et al.*,1989; Macías-Zamora *et al.*, 1994; Santana *et al.*, 1998).

En los años sesenta inició la investigación sobre tiburones en el Pacífico de México con los trabajos de Castro-Aguirre (1967), y Kato *et al.* (1967) que describen la taxonomía y distribución geográfica de 46 especies en el Pacífico oriental y el Pacífico mexicano. Kato y Carballo (1967) señalan los patrones de migración en las regiones antes mencionadas y Hernández (1971) reseña por primera vez la pesquería de tiburones en México, con datos estadísticos de 27 especies que integran las capturas comerciales de 1937-1969.

Applegate *et al.* (1979) elaboraron un catálogo con 80 especies para las zonas costeras y oceánicas de México; Virgen *et al.* (1981) realizaron un estudio de prospección y pesca exploratoria de tiburones en el Golfo de Tehuantepec.

En la *tabla 1* se enlistan las principales especies de tiburones y otros pelágicos mayores que se capturan en la ZEE.

BIOLOGÍA

El **tiburón zorro** pelágico, *Alopias pelagicus* (Fig. 1a), es una especie oceánica, epipelágica y circuntropical (Compagno, 1984), considerada de aguas tropicales con temperaturas de la termoclina entre 20 y 25 ºC, encontrándosele a diferentes profundidades.

La variación en la temperatura, así como las corrientes oceánicas, son factores que influyen en la distribución del tiburón zorro, encontrándosele más cerca al ecuador durante el invierno

La variación de temperatura así como las corrientes de agua son factores que afectan su distribución, acercándose al ecuador en el invierno y alejándose de él en el verano (Dingerkus, 1987).

En el Océano Pacífico centro y sur de México, se ha observado que el índice de abundancia de captura por lance de pesca es mayor frente a Mazatlán, Sin., de septiembre a diciembre; de enero a abril su distribución es hasta Zihuatanejo, Gro. Presenta índices inferiores de mayo a agosto de Manzanillo, Col. al Golfo de Tehuantepec. Este tipo de migraciones se relacionan con el desplazamiento en latitud sur de la isoterma de 28 y 27 º C (Vélez *et al.*, 1989; Mendizábal *et al.*, 1990).

La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de octubre a marzo entre la boca del Golfo de California y Manzanillo, particularmente al norte y frente a Mazatlán. La talla mínima de preñez que se ha observado es de 140 cm de longitud furcal (LF) a la edad de tres años, alcanzando una proporción anual de preñez del 50% a los 160 cm, a los cuatro años de edad, y un 0.92% a los siete años de edad.

Tabla1. Lista de las principales especies de tiburones y otros pelágicos mayores que se capturan con palangre de superficie en la Zona Económica Exclusiva del Pacífico mexicano. Flota palangrera de Manzanillo, Col. de 1986 a 1996 y otros barcos de Pto. base de Ensenada, B.C. y Mazatlán, Sin., de 1997 a 1999.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
TIBURONES	
Tiburón zorro	*Alopias pelagicus*
Tiburón grillo	*Alopias superciliosus*
Tiburón zorro común	*Alopias vulpinus*
Tiburón azul	*Prionace glauca*
Tiburón mako o alecrin	*Isurus oxyrinchus*
Tiburón cornuda común	*Sphyrna lewini*
Tiburón cornuda baya	*Sphyrna zygaena*
Tiburón volador o puntas negras	*Carcharhinus limbatus*
Tiburón sedoso o tunero	*Carcharhinus falciformis*
Tiburón aleta blanca	*Carcharhinus longimanus*
Tiburón limón	*Negaprion brevirostris*
Tiburón coyote	*Nasolamia velox*
Tiburón chato	*Carcharhinus leucas*
Tiburón espinoso	*Echinorhinus cookey*
PICUDOS	
Marlin rayado	*Tetrapturus audax*
Marlin negro	*Makaira indica*
Marlin azul	*Makaira mazara*
Pez espada	*Xiphias gladius*
Pez vela	*Istiophorus platypterus*
OTROS PECES	
Dorado	*Coryphaena hippurus*
Atún aleta amarilla	*Thunnus albacares*
Otras especies	

Su reproducción es ovovivípara o vivípara aplacentaria (Luer y Gilbert, 1991). La fecundidad es de dos embriones por camada.

La longevidad ha sido estimada superior a los 14 años, con talla y peso máximo observado de 220 cm de longitud furcal y 141 kg. Su principal alimento lo constituyen los cefalópodos 73%, los peces 26% y los crustáceos 1% (Mendizábal, 1992; 1995).

El **tiburón sedoso o tunero,** *Carcharhinus falciformis* (Fig. 1b), frecuentemente confundido con *C. limbatus*, es la especie del género *Carcharhinus* más abundante en las capturas de palangre en la ZEE. Es un tiburón abundante en la zona oceánica, así como en la zona costera; habita en los trópicos cerca del borde de la plataforma de las islas y los continentes, ocasionalmente se le encuentra en áreas cercanas a la costa a profundidades de 18 m y en mar abierto desde la superficie hasta profundidades de 500 m. Se tienen registros en aguas con temperaturas de 23 a 24 ºC. Se caracteriza por ser un tiburón muy activo y agresivo.

Carcharhinus falciformis es la especie del género Carcharhinus más abundante en las capturas de palangre y es una de las tres principales especies de tiburones oceánicos

La estructura de la dinámica poblacional es poco conocida. Los muestreos en la pesca palangrera en el océano Pacífico oriental y central muestran que es más

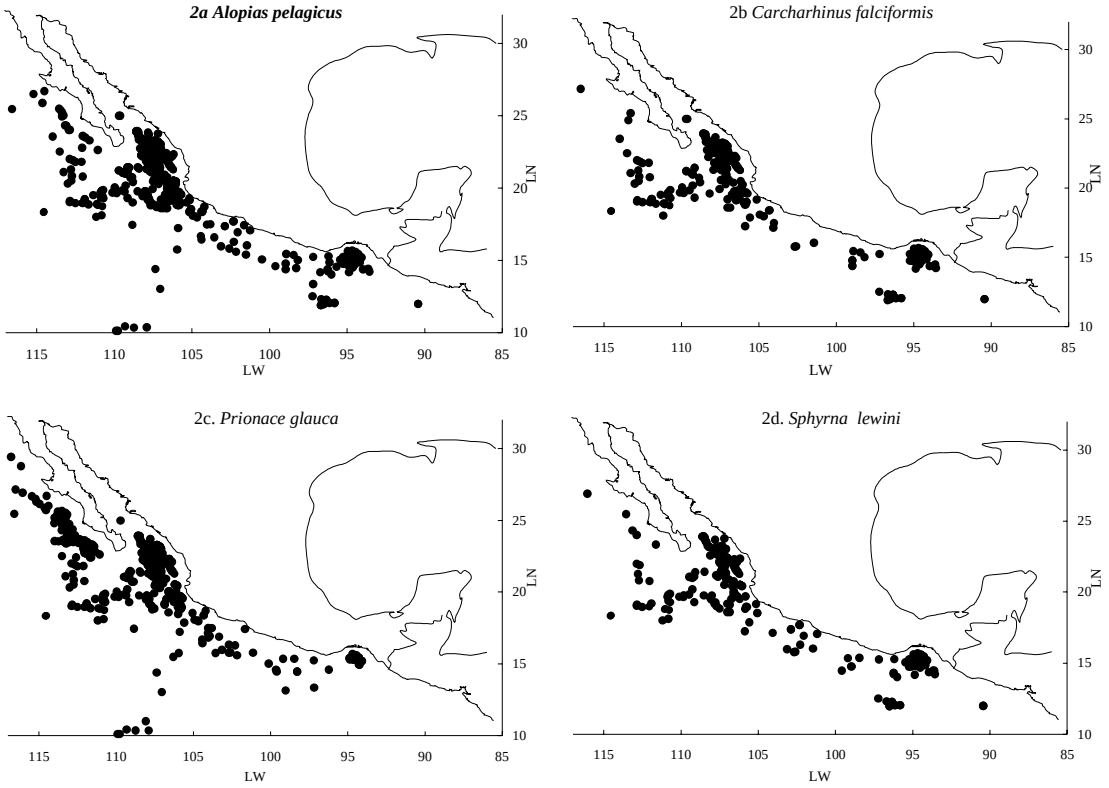


Fig. 2. a) Áreas de distribución del tiburón zorro, *Alopias pelagicus,* b) del tiburón tunero, *Carcharhinus falciformis,* c) del tiburón azul, *Prionace galuca* y d) del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*.

abundante en las zonas costeras que en la zona oceánica. Se ha observado una segregación por tallas; los juveniles se concentran en áreas de crianza cercanas a la costa y los adultos en la zona oceánica (Compagno, 1984).

Los antecedentes sobre registros de captura en el Pacífico de México son reportados por Kato *et al.* (1967) y Kato y Carballo (1967), en estudios de migración en las zonas costeras, oceánicas así como alrededor de las Islas del Océano Pacífico Oriental, incluyendo al Pacífico Mexicano. Kato (1964) menciona que es una especie incidental dominante en la captura de atún; se localiza en las Islas Socorro, San Benedicto y Roca Partida, y se han registrado ejemplares con tallas de 140 a 165 cm y promedio de 152 cm de longitud total (LT). Es una especie frecuente alrededor de las Islas Revillagigedo.

Una de las razones por las que se le llama "tiburón tunero", es debido a su alta incidencia en las capturas de túnidos

Para el Océano Pacífico centro y sur de México el índice de abundancia de captura por lance de pesca es mayor frente a Puerto Vallarta, Jal., durante julio y agosto, menor de enero a abril de la Boca del Golfo de California al sur de Manzanillo, Col. e intermedio de mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec. Estas migraciones se relacionan con el desplazamiento al norte de la isoterma de los 29 ºC (Vélez *et al.*, 1989; Mendizábal *et al.*, 1990).

La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de mayo a junio entre Zihuatanejo y el Golfo de Tehuantepec. La talla mínima de preñez fue de 130 cm de longitud furcal (LF) a la edad de dos años, alcanzando una proporción anual de preñez del 50% a los 160 cm, a la edad de cuatro años y un 80% a la edad de seis años. Su reproducción es vivípara, con fecundidad de dos a doce embriones en relación proporcional a la talla; la longevidad estimada es superior a los 14 años con talla y peso máximo observado

a los 210 cm de LF de 101 kg. Su principal alimento lo constituyen los peces 54%, los cefalópodos 31% y los crustáceos 15% (Mendizábal, 1995).

Esta especie ha sido reportada por Castro-Aguirre (1967) y Applegate *et al.* (1979). En las capturas de embarcaciones menores tiburoneras al sur de Nayarit se reportan tallas mínimas de 87 cm y máximas de 225 cm LT, con una abundancia del 50% de todas las especies durante octubre a marzo (Corro, 1997).

En Puerto Madero, Chis., embarcaciones menores tiburoneras reportan una proporción del 43.24% considerada una de las especies que sostienen la pesquería en la región del Golfo de Tehuantepec, con mayor abundancia en marzo, octubre y noviembre arriba del 80%; con tallas mínimas de 50 cm y máximas de 340 cm LT. Durante febrero, marzo, junio, octubre, noviembre y diciembre se observaron hembras preñadas. (Castillo *et al.*, 1999).

El **tiburón volador o puntas negras,** *Carcharhinus limbatus,* es una especie pelágico-costera, que habita sobre y fuera de la plataforma continental, común en aguas tropicales y templado-cálidas (Compagno, 1984), con temperaturas mayores de 21 ºC. Realiza migraciones anuales siguiendo las corrientes de las masas de agua (Dingerkus, 1987). Bigelow y Schroeder (1948) indican que especies de aguas cálidas se mueven hacia el sur durante el invierno y hacia el norte a finales de primavera.

El tiburón volador realiza migraciones anuales siguiendo las corrientes de agua. En el Pacífico la mayor abundancia en la pesca es en B.C.

En el Pacífico norte de México la mayor abundancia en la pesca con red de cerco se presenta en la zona de Baja California (CIAT, 1997). De septiembre de 1997 a mayo de 1998, barcos palangreros tiburoneros efectuaron 118 lances de captura en el Océano Pacífico de México frente a Baja California Sur, noroeste de Islas Revillagigedo y boca del Golfo de California al suroeste de Islas Marías capturándo 185 ejemplares. La distribución por tallas para machos fue de 75 a 175 cm longitud furcal (LF) y para hembras de 90 a 185 cm LF con talla promedio de 142 y 135 cm LF respectivamente; las hembras preñadas fueron de una talla mínima de 145 cm y máxima de 185 cm de LF. Su reproducción es vivípara con fecundidad de 5 a 10 embriones, promedio de 7 con una proporción de sexos de 1:1. En octubre las hembras preñadas se localizaron frente a Baja California Sur y al noroeste de las Islas Revillagigedo, en noviembre y diciembre de la boca del Golfo de California al noroeste y suroeste de Islas Marías, hasta marzo. De noviembre a diciembre también se observaron hembras con huevos fértiles. En este período las tallas de los embriones de hembras preñadas variaron de 15 a 28 cm LF, en marzo se presentaron los embriones de mayor talla con 54 cm LF. Durante marzo de 1996 se colectaron embriones de 56 cm LF de una hembra capturada por una embarcación menor frente a Manzanillo, Col., así como neonatos de 60 cm LF capturados por un barco camaronero en marzo de 1992 en el Golfo de Tehuantepec.

Kato y Carballo (1967) describen movimientos migratorios en invierno de la Boca del Golfo de California a San Blas y viceversa. Las embarcaciones menores tiburoneras capturaron de enero a abril un 36% de tiburón volador del total de las especies frente a Mazatlán al sur de Sinaloa (Corro, *et al.*, 1997). Para Pto. Madero, Chis., durante el período de junio a diciembre de 1997, las mayores capturas fueron en mayo (10.02%), junio (4.32%), julio (2.19%), agosto (10.17%) y septiembre (25.38%), presentando tallas mínimas de 55 cm longitud total (LT) y máximas de 220 cm LT. La mayoría de las hembras preñadas se capturaron en octubre, noviembre y diciembre (Castillo *et al.*, 1999). Esta especie es transfronteriza al sur del océano Pacífico.

El **tiburón azul,** *Prionace glauca* (Fig. 1c), es una especie oceánica y circunglobal en aguas tropicales y templadas, mostrando fuertes fluctuaciones estacionales en su abundancia, de acuerdo con las migraciones anuales hacia el hemisferio norte en el verano y hacia el sur en el invierno (Compagno, 1984). Es considerada de aguas templadas con temperaturas entre 10 y 21 ºC, pudiendo desplazarse a mayores distancias que los tiburones tropicales (Dingerkus, 1987).

En el Pacífico norte de México las principales temporadas de captura son en octubre-noviembre, cuando realizan su migración hacia el sur y en junio cuando se dirigen al norte. La captura se compone principalmente

de individuos juveniles entre los 100 y 150 cm de longitud total (LT), con edades entre uno y tres años, excepto por el mes de agosto con frecuencia de talla más grande. En el verano la frecuencia de hembras aumenta y en el invierno aumenta la frecuencia de machos. El periodo de nacimientos comprende de marzo a mayo, estimándose una edad de 13 años para la hembra más grande de 265 cm de LT (Miranda, 1996).

En el Pacífico centro y sur de México el principal periodo de captura y abundancia comprende de marzo a mayo, en la entrada de la boca del Golfo de California, frente a Mazatlán, en la parte oceánica alrededor de las Islas Marías hasta el sureste y noreste de las Islas Revillagigedo y sureste de Cabo San Lucas, frente a Punta Abreojos al norte de BCS, frente a Manzanillo, Lázaro Cárdenas, Acapulco, Puerto Angel y sureste del Golfo de Tehuantepec.

La mayor abundancia de hembras preñadas de tiburón azul ocurre de finales de enero a abril en Baja California Sur en el océano Pacífico y de marzo a mayo de la Boca del Golfo de California a Islas Marías e Islas Revillagigedo. La talla mínima de preñez que se ha observado es de 140 cm y la mayor frecuencia entre 160 y 170 cm de longitud furcal (LF) cuando alcanzan el 50% de su proporción de preñez. Su reproducción es vivípara; la fecundidad varía de 10 a 60 embriones, con longitud media de 23 cm. La LF media anual para machos fue de 161 cm y para hembras de 155 cm (Mendizábal *et al.,* 2000).

Esta especie es transfronteriza al norte del Océano Pacífico de México. Se han recapturado tiburones marcados por el Departamento de Caza y Pesca de California, frente a Bahía Magdalena, BCS y Acapulco, Gro. (Anónimo, 1997).

El **tiburón cornuda** común, *Sphyrna lewini* (Fig. 1d), es una especie de hábitos pelágicos y costeros de aguas cálidas (Compagno, 1984), presenta una distribución circuntropical (Gilbert, 1967; Castro, 1983).

En el Golfo de California, existe una relación directamente proporcional entre la talla y la profundidad de captura del tiburón cornuda común

Realiza migraciones estacionales siguiendo las corrientes: se desplaza en el invierno hacia el Ecuador y en el verano hacia los polos; habitan en aguas superficiales (Dingerkus, 1987). En el Océano Pacífico centro de México, Galván *et al.* (1989) determinaron una migración hacia el norte de fines de primavera y principios de verano desde el área de Mazatlán al norte, hacia la parte inferior del Golfo de California (Klimley, 1987). En esta última área se encuentra una relación directamente proporcional entre las tallas y la profundidad de captura, distribuyéndose las hembras a mayor profundidad que los machos. En el Pacífico centro y sur de México el mayor índice de captura por lance de pesca es durante mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec y Acapulco, siguiendo en importancia frente a Puerto Vallarta, y durante enero a abril altas concentraciones se localizan frente a Islas Marías. Los menores índices se presentan durante septiembre a diciembre.

La máxima abundancia de hembras preñadas se presenta de mayo a agosto frente al Golfo de Tehuantepec, cuando se alcanzan temperaturas superficiales mayores de 29.5 ºC; su frecuencia hasta Puerto Vallarta. Con los mismos índices se presenta durante enero a abril de la Boca del Golfo de California a las Islas Revillagigedo y de septiembre a octubre frente a Mazatlán. La talla mínima de preñez es de 135 cm de LF, alcanzando un 50% de la proporción de preñez en las tallas mayores; de manera correspondiente, la fecundidad es de 10 a 34 embriones. Su reproducción es vivípara. La talla y peso máximo observado fue de 255 cm de LF y 212 kg. Su principal alimento lo constituyen los cefalópodos 60% y peces 40% (Mendizábal *et al.*, 2000).

Para la misma población oceánica, Andrade (1996) determinó una longevidad de 13 años y una edad de primera preñez a los 8.5 años. Anislado (1995) reconoce en aguas someras de la costa de Michoacán en el área del río Neixpa una área de crianza, con periodo de nacimiento de abril a julio. Esta especie es transfronteriza al sur del Océano Pacífico.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura oceánica y costera de tiburón-cazón en 1968 registró 5,000 t y alcanzó 15,000 t en 1975. Durante el periodo 1976 a 1989 se obtiene una captura promedio de 19,500 t y se alcanza un máximo de 25,500 t. En la última década el promedio es de 20,217 t con máxima de 23,250 t. Se presentan fluctuaciones periódicas regulares en la captura desembarcada que pueden reflejar fluctuaciones en el medio ambiente marino y variaciones en la intensidad de la pesquería (Caddy y Gulland, 1983).

El esfuerzo anual de la pesca palangrera oceánica en el litoral del océano Pacífico de 1970 a 1976 fue de 5,647,711 anzuelos (Polanco *et al.*, 1987). De acuerdo a CIB (1990) y Macías *et al.* (1994) el promedio anual de anzuelos calados fue de 1,549,314 para el periodo 1989-1990. Para 1996 se estima un promedio de 1,725, 582 anzuelos, con base en la información del Anuario Estadístico de Pesca (1996), y registros de embarcaciones mayores de la SEMARNAP (1995 y 1996), cantidad semejante a la década de los años ochenta.

Las embarcaciones utilizadas en los años cuarenta en la zona oceánica del oeste de Norteamérica (Roedel y Ripley, 1950), también fueron utilizadas en el Pacífico norte de México y el Golfo de California, con algunas diferencias en las especificaciones de las embarcaciones y los artes de pesca.

Las embarcaciones de pesca costera y mediana altura, empezaron a incursionar a la captura de tiburones en el Pacífico de México en la década de los años cincuenta

Las embarcaciones utilizadas en California oscilaban entre los 11 a 20 m de eslora con capacidad de bodega de 30 a 60 t, motores estacionarios de 110 a 240 CF, casco de madera y hierro. Utilizaban redes de deriva y fondo de 548.7 a 1,829 m de longitud, con una abertura de luz de malla de 22.8 a 27.9 cm y con una caída de 15 a 60 mallas de profundidad. Operaban de la zona costera a las 100 mn.

También se utilizaban palangres de profundidad con una línea madre de 250 a 300 brazas de longitud, cada línea tenía de 90 a 125 anzuelos tipo norteamericano del 11/0 a 14/0. La carnada consistía en sardina seco-salada, fresca u otro tipo de peces.

A principios de 1950 se desarrolló la construcción de embarcaciones grandes y medianas con eficientes equipos y artes de pesca, con redes de arrastre, de cerco, de deriva, palangres de deriva, con cámaras de refrigeración de -20 a -55 º C, con capacidad de bodega de 10 a 400 t, equipo de sonar para detección de cardúmenes, con autonomía de 10 a 60 días.

Desde mediados de la década de los años cincuenta resurge el interés por los derivados como son la carne, piel y las aletas en los mercados nacionales e internacionales. Las embarcaciones oceánicas utilizadas de los años cincuenta hasta los años noventa en las capturas de tiburón son de 15 a 45 m de eslora con casco de madera, acero y fibra de vidrio, con capacidad de bodega de 15 a 500 t.

Se pueden distinguir los siguientes tipos de unidades de pesca para el tiburón:

- **Rederos costeros**

Miden de 10 a 17 m de eslora con motor estacionario de 110 a 170 CF, capacidad de bodega de 15 a 48 t, con hielo o refrigeración, autonomía de siete a diez días, capacidad para cuatro a seis tripulantes, redes de enmalle de 8 a 16 pulgadas de abertura de luz de malla, red de 500 a 1,000 brazas y una caída de 10 a 25 brazas. Los lances o días efectivos de pesca son de cinco a siete por viaje.

Para 1996 operaban alrededor de 20 embarcaciones en las diferentes entidades del Pacífico mexicano. El potencial de esfuerzo estimado es de 1,920 lances al año por 20 barcos (SEMARNAP, 1996; Macías, 1995).

Durante las actividades de pesca de los palangreros costeros así como de las embarcaciones costeras se capturaron 12 especies diferentes de tiburones, pertenecientes a tres familias

•Palangreros costeros

Entre 10 a 17 m de eslora, autonomía parecida a los rederos, de siete a diez días, capacidad de bodega semejante, así como el número de tripulantes, hielo o refrigeración con 350 a 550 anzuelos por lance de operación, 70 a 110 boyas, palangre de deriva de 10.5 a 16.5 km, con anzuelos tipo atunero de 3.6 a 3.8.

En 1996 trabajaron aproximadamente 18 embarcaciones, con un potencial de esfuerzo calculado de alrededor de 776,600 anzuelos por año.

Los dos tipos de embarcaciones capturaron aproximadamente 12 especies, principalmente de la familia Carcharhinidae, Sphyrnidae y Alopiidae (Macías, 1995; SEMARNAP, 1996).

• Rederos de mediana altura

Tienen de 18 a 30 m de eslora con motores de 170 a 576 CF, capacidad de bodega de 50 a 80 t, hielo y refrigeración, autonomía de 12 a 25 días, de cinco a ocho tripulantes, redes de enmalle de 12 a 22 pulgadas de la luz de malla; la longitud de la red es de 1,000 a 1,600 brazas, caída de 25 a 45 brazas, los lances o días efectivos de pesca son de 8 a 18 lances por viaje. Para 1996 operaron aproximadamente 36 embarcaciones en el Pacífico mexicano. El potencial del esfuerzo ejercido fue de 4,320 lances/año (SEMARNAP, 1996; Castillo, 1994; ARJE, 1995).

• Palangreros de mediana altura

Entre 18 a 24 m de eslora con motor de 165 a 360 CF, bodega de 38 a 60 t, hielo y refrigeración, autonomía de 10 a 18 días, de cinco a ocho tripulantes, 550 a 750 anzuelos por lance, 110 a 150 boyas, palangre de deriva de 26.4 a 36 km y anzuelos atuneros del número 3.6 a 3.8. Para 1996 trabajaron 15 embarcaciones palangreras, y el potencial del esfuerzo estimado es de 558,000 anzuelos/año, (SEMARNAP, 1996; Fajardo, 1994).

• Palangreros oceánicos

Pescaron en el Pacífico oriental desde principios de los años sesenta. Fueron construidos en Japón y en menor proporción en Corea y Taiwán. Eran barcos con casco de acero de 42.8 a 43.7 m de eslora, con motor de 750 a 800 CF, bodega de 204 a 440 m^3, cuartos de refrigeración de 72.2 a 87.5 m^3, refrigeración por amoníaco -35 a -55 ºC, tonelaje bruto de 238.6 a 339.7 (Kikawa, 1975). El palangre opera de 50 a 150 m de profundidad; la distancia entre reynales de 20 a 60 m, longitud de los reynales de 12 a 25 m, de cuatro a nueve por canasta, anzuelos del número 3.4 al 3.8, distancia entre boyas de 140 a 360 m (Katsuo *et al.*, 1969). Trabajaron en el Pacífico de México de 1980 a 1990 (Macías *et al.*, 1994).

Los palangreros denominados “TIBURONES” de la flota de Manzanillo poseen casco de acero, de construcción japonesa de 44 m de eslora. Cuentan con motor principal de 900 CF, tonelaje bruto de 299.6 t y tonelaje neto de 83.6 a 108.6 t, capacidad de bodega de 204 m^3 y cuartos de congelación de 120 t entre -27 y -35 ºC. Tienen autonomía para 42 días y capacidad para 23 tripulantes. El palangre de deriva de 60 a 86 km de longitud, anzuelo atunero número 3.6 a 3.8. El promedio de anzuelos por lance es de 1,385, el promedio de días efectivos de pesca es de 22; la carnada utilizada principalmente es lisa o macarela fresco-congelada. De 1983 a 1990 operaron cuatro barcos “TIBURONES” y de 1992 a 1996 sólo uno, el TIBURON III (Vélez *et al.*, 1989, 1996; Márquez, 1991; Santana, 1997). De 1997 a 1999 operaron 5 barcos palangreros denominados TIBURÓN III, MARFLOTA II (antes Tiburón II), YUKI III, IVANA Y ESCATUNA 1H15 (Vélez *et al.*, 2000).

Los 90 barcos registrados en 1996 (SEMARNAP, 1997) ejercieron un esfuerzo como sigue:

- Embarcaciones de 10 a 17 m de eslora con redes: 20 barcos y 1,920 lances por año.
- Embarcaciones palangreras de 10 a 17 m de eslora: 18 barcos y 777,600 anzuelos por año.
- Embarcaciones de 18 a 30 m de eslora con redes: 36 barcos y 4,320 lances por año.
- Embarcaciones palangreras de 18 a 24 m eslora: 15 barcos y 858,000 anzuelos por año.
- Embarcaciones palangreras de 44.4 m de eslora: un barco y 74 lances y 89,982 anzuelos por año.

La estimación del esfuerzo total de la flota en 1996 es la siguiente:

a) Los barcos que operaron con redes de enmalle, realizaron un total de 6,240 lances.
b) Las embarcaciones con palangre operaron con un total de 1,725,582 anzuelos.

De 1997 a 1999 el esfuerzo de pesca se considera el mismo, excepto para cinco embarcaciones palangreras mayores que operaron de manera irregular, estimando 10 viajes anuales por lo que el esfuerzo total en 1999 se considera de 1,940,300 anzuelos.

▼ *Tendencias históricas*

Durante el periodo 1973-1985, se reportó que una tercera parte de la captura en la actividad pesquera de atún y picudos estaba conformada por tiburones, los cuales eran por lo general devueltos al mar

El análisis de la información registrada por embarcaciones palangreras japonesas de investigación, durante el periodo de 1973 a 1985, mostró que la captura de tiburones era cercana a un tercio de las capturas combinadas de atún y picudos. Generalmente los tiburones eran regresados al mar debido a su bajo precio y dificultad en su manejo.

En el océano Pacífico oriental las especies más frecuentemente capturadas en altamar fueron el tiburón azul, *Prionace glauca,* con 40%, el tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis,* y el tiburón oceánico puntas blancas, *C. longimanus*, ambos con 20% (Taniuchi, 1990).

A partir de 1960 la flota japonesa extiendio su pesquería hacia las áreas tropicales y subtropicales del océano Pacífico oriental, ingresando en la actual ZEE de México en 1962, e incrementó sus actividades durante 1964 con la finalidad de aumentar sus capturas de picudos ya que las capturas de atunes estaban sufriendo una baja de más del 50% (Squire y Au, 1989).

Polanco *et al.* (1987), presentan datos estadísticos del esfuerzo de la flota palangrera japonesa en la ZEEM durante el periodo de 1970 a 1980, notándose una disminución considerable de 1977 a 1980 debido al establecimiento de la ZEE, que entró en vigor el 31 de julio de 1976. El esfuerzo de pesca promedio anual de 1970 a 1976 fue de 3,198 lances con 5,647,711 anzuelos, correspondiendo al año de 1974 los valores más altos con 7,168 lances y 7,546,196 anzuelos.

Para explotar los recursos pesqueros de la ZEE, se promovió la creación de empresas mexicanas y de coinversión extranjera, hasta junio de 1982, fecha en que se revocaron los permisos por incumplimiento de los compromisos contraídos, recurriendo las empresas a la vía del juicio de amparo que les permitió continuar pescando.

En 1987 se establecieron zonas de protección de picudos, comprendiendo las áreas de mayor abundancia para el marlin y espada en la boca del Golfo de California, y de mayor abundancia de pez vela en la zona sur del Golfo de Tehuantrepec, respetando la franja de 50 millas náuticas reservadas para la pesca deportiva (SEPESCA, 1987).

Esta zona de protección funcionó indirectamente para el tiburón oceánico. Las empresas de coinversión reportaron una captura de tiburón del 15% (Squire y Muhlia, 1992).

En 1986, se instaló el *Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y Especies Afines (CTPPEA)*, que integró una base de datos de las operaciones de la flota comercial mexicana de coinversión a partir de 1980. La información fue procesada por el Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur A.C., entregando el primer informe técnico de diagnóstico y la base de datos a la Secretaría de Pesca (INP, 1987).

A partir de esta información, Macías *et al.* (1994) actualizaron dicha base de datos hasta 1990, con las bitácoras entregadas a la SEPESCA y el Registro Nacional de la Pesca. Esta base incluía el número de las embarcaciones que operaron en el área del Pacífico oriental.

Loa barcos "CHIDORI" en su mayoría cambiaron de nombre a "COPEMAPRO", quedando así el grupo de los "COPEMAPRO-CHIDORI" que operó exclusivamente en la parte norte; el de los "ALIANZAS" en la parte norte y sur, y el de los "TIBURONES" en la parte centro y sur de la ZEE.

El esfuerzo acumulado para el periodo de 1980 a 1990 fue de 7,342 lances y 14'691,792 anzuelos (utilizando la media ponderada del número de anzuelos y número de lances por barco y por flota) para el total de las embarcaciones (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Barcos y esfuerzo total de la flota palangrera que operó en Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico de México de 1980 a 1990 (Macías *et al*., 1994).

Barcos	No. de barcos	No. de lances	No. de anzuelos totales
Alianza	6	830	1'823,591
Copemapro-chidori	9	3,501	8'108,784
Tiburón	4	1,995	2'514,500
Pesca múltiple	3	78	39,000
Típico palangrero	4	870	2'038,977
Gran palangrero	1	68	166,940
Gran Total	**27**	**7,342**	**14'691,792**

En 1990, el CTPPEA, presentó una actualización y procesamiento de la base de datos de 1980 a 1989, para la flota palangrera mexicana en el Océano Pacífico de México, resultando 7,795 lances de captura con 16,691,792 anzuelos. El máximo esfuerzo fue durante 1988 con 1,974 lances y 3,757,060 anzuelos (CIB, 1990)(Tabla 4).

El Instituto Nacional de la Pesca, a través del CRIP Manzanillo y con apoyo de CONACyT, dio seguimiento al proyecto a partir de 1984, participando en seis cruceros comerciales, propiedad de la empresa privada "Palangreros Mexicanos del Pacífico S.A. de C.V.". Se registraron datos de 138 lances de captura o días efectivos de pesca, con un acumulado anual de 188,510 anzuelos.

La captura de pelágicos mayores por cada 100 anzuelos fue de 7.14 organismos; la composición de las capturas fue de 57% tiburones, siendo los más abundantes: el tiburón zorro, *Alopias pelagicus* (33.3%), y tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis* (19.5%).

Las principales zonas de pesca fueron la boca del Golfo de California, los alrededores en la parte oceánica de las Islas Marías y el Golfo de Tehuantepec (Vélez *et al.*, 1989).

Tabla 3. Esfuerzo de pesca y porcentaje de captura de barcos palangreros que operaron en Zona Económica Exclusiva del océano Pacífico de México de 1980 a 1990.

FLOTA "ALIANZA" AREA NORTE Y SUR						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
2	2359	140	229	38.8	MARLIN	26.0
4	2098	285	39	44.0	VELA	36.1
5	2500	220	52	No reporta	ESPADA	1.2
8	2184	165	244	26.8	TIBURON	28.1
10	1547	199	46	43.1	ATUN	7.1
11	2125	174	220	16.5	DORADO	1.5

FLOTA "COPEMAPRO"-*"CHIDORI" AREA NORTE							
BARCOS		No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
COPEMAPRO	CHIRODI						
1	76	2329	230	700	* 14.0	MARLIN	50.6
2	88	2388	220	798	* 13.4	ESPADA	34.6
3	--	2307	165	377	19	VELA	3.5
4	86	2426	190	247	* 11.0	TIBURON	7.4
5	7	2349	190	699	* 10.5	ATUN	3.5
6	--	2147	290	442	8.7	DORADO	0.4
9	--	1942	240	147	19.3		
	33	2500	220	44	*		
	35	2500	220	47	*		

*CHIDORI NO REPORTA CAPTURA DE TIBURON, SOLO COPEMAPRO.

FLOTA "TIBURON" AREA CENTRO Y SUR						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
1	1216	120	487	46	PEZ VELA	40.38
2	1268	120	424	50	MARLIN	4.78
3	1324	120	419	36.8	ESPADA	2.27
4	1248	120	665	47	TIBURON	44.99
					ATUN	0.78
					DORADO	6.80

FLOTA DE PESCA MULTIPLE						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
JUREL 5	500	50	25	89	PEZ VELA	4.97
JUREL 6	500	50	4	No reporta	MARLIN	4.28
CALOMEX 1	500	50	49	87	ESPADA	0.03
					TIBURON	87.71
					ATUN	2.99

FLOTA TIPICO PALANGRERO						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
SHOICHI 1	2233	290	327	No reporta	PEZ VELA	10.31
SHOICHI 2	2233	290	42	No reporta	MARLIN	33.72
KEIFUKU 5	1000	199	25	No reporta	ESPADA	55.96
HOSHIO 21	2500	165	476	No reporta		

FLOTA GRAN PALANGRERO						
BARCO	No. de anzuelos	Bodega (t)	No. de lances	Captura Tiburón %	Todas las especies	% Todos los barcos
STA EIKIU 2	2455	463	68	44.5	PEZ VELA	8.47
					MARLIN	40.97
					ESPADA	0.96
					TIBURON	44.52
					ATUN	5.08

Información analizada de Macías *et al*. (1994)

Tabla 4. Esfuerzo total por año de la flota palangrera que operó en la ZEE del Océano Pacífico de México de 1980 a 1989.

AÑO	No. DE LANCES	No. ANZUELOS TOTALES
1980	238	595,000
1981	1,122	2,764,864
1982	727	1,808,468
1983	1,191	2,594,672
1984	177	262,181
1985	464	621,339
1986	986	2,006,220
1987	549	1,276,963
1988	1,974	3,757,060
1989	367	607,625
GRAN TOTAL	**7,795**	**16,294,392**

Información analizada del documento del Comité Técnico de Picudos y Especies Afines (CIB, 1990).

La flota palangrera oceánica (cuatro barcos) de Manzanillo, de 1983 a 1988 capturó en promedio 944 t por año. La captura más alta fue durante 1986 con 1,670 t.

La flota palangrera de Manzanillo reportó durante el periodo 1983-88 una captura anual promedio de 944 t, registrando la más alta en 1986 con 1,670 t

Respecto al peso eviscerado desembarcado, el tiburón representó 66%, los picudos 33% y dorado 2%. La temporada de máxima descarga de tiburones de noviembre a febrero y abril, y para tiburones pequeños o cazones, de junio a julio. El promedio anual de viajes por barco fue de 5.9, con una captura por viaje de 40 t (Mendizábal *et al.*, 1990).

El Programa Tiburón del CRIP Manzanillo monitoreó la pesquería de tiburón de palangreros oceánicos desde 1986 a 1999. En 40 cruceros, cubrió el área frente Baja California Sur, boca del Golfo de California, sur de Cabo Corrientes al noroeste de Puerto Angel, Golfo de Tehuantepec e Islas Revillagigedo. El esfuerzo de pesca acumulado de 908 lances, 1,244,530 anzuelos y una eficiencia de captura de 7.58 por cada 100 anzuelos. La captura de tiburones fue de 50.78% (tiburón zorro 19.16%, tiburón tunero 9.0%, tiburón azul 18.89%, tiburón cornuda 0.9%); para picudos 40.76% (pez vela 30.54%, marlin rayado 6.8%, pez espada 3.2%), para dorado 4.59% y atún aleta amarilla 3.54% (Vélez *et al.*, 2000) (Fig. 2; Tabla 5).

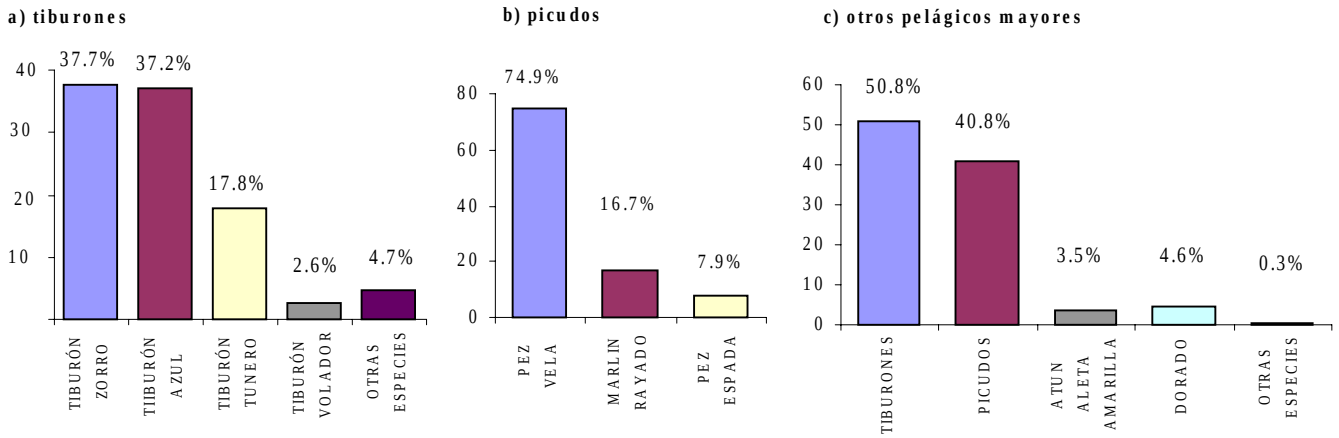


Fig. 2. Composición promedio de las capturas de la flota palangrera oceánica, 1986 - 1999, por grupos de especies, a) tiburones, b) picudos y c) otros pelágicos mayores

Tabla 5. Composición por especies de las capturas y esfuerzo de la flota palangrera oceánica en el Oceáno Pacífico de México, 1986-1994.

	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1993	1994
TIBURONES								
Alopias pelagicus *	2,614	2,541	1,295	1,261	1,411	925	949	2,506
Prionace glauca	267	85	24	71	664	626	598	937
Carcharhinus falciformis	1,087	1,845	150	471	896	193	191	2,650
Carcharhinus limbatus	1	0	0	0	163	0	0	0
Sphyrna lewini	59	265	3	37	185	47	58	52
Isurus oxyrinchus	16	47	11	12	29	7	16	20
Nasolamia velox	0	44	0	0	136	0	0	22
Carcharhinus longimanus	0	0	0	0	7	2	4	22
Alopias superciliosus	6	24	1	0	0	0	2	22
Negaprion brevirostris	0	0	0	0	86	0	0	0
Galeocerdo cuvieri	0	50	0	0	29	0	1	4
Sphyrna zygaena	0	0	0	0	0	0	1	18
Carcharhinus leucas	0	11	0	0	0	0	0	6
Carcharhinus albimarginatus	0	0	0	0	0	0	0	0
Echinorhinus cookey	0	1	0	0	0	0	0	0
Total de Tiburones	4,050	4,913	1,484	1,852	3,606	1,800	1,820	6,259
PICUDOS								
Istiophorus platypterus	1,775	2,691	968	4,550	4,924	225	55	8,320
Tetrapturus audax	446	271	15	117	84	115	203	317
Xiphias gladius	187	62	113	749	347	64	78	275
Makaira mazara	0	5	16	0	0	0	4	7
Makaira indica	26	26	7	11	6	5	0	0
Total de Picudos	2,434	3,055	1,119	5,427	5,361	409	340	8,919
Otros grandes Pelágicos								
Coryphaena hippurus	71	1,114	21	158	1,046	46	8	889
Thunnus albacares	101	76	28	38	383	26	91	833
Total otros Pelágicos	172	1,190	49	196	1,429	72	99	1,722
Otras especies								
Katsuwonus pelamis	0	0	0	26	62	0	3	10
Acanthocibium solandri	1	0	1	0	0	3	0	0
Dasyatis sp.	0	0	0	0	0	0	0	4
Lepidochelys olivacea	0	0	0	1	0	0	2	19
Thunnus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0
Luvarus sp.	0	0	0	0	0	0	1	0
Euthynnus lineatus	0	0	0	0	0	0	0	1
Urotrygon asterias	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de otras especies	1	0	1	27	62	3	6	34
Total por año								
Captura (número)	6,657	9,158	2,653	7,502	10,458	2,284	2,265	16,934
Número de anzuelos	96,660	139,850	29,515	80,694	116,256	28,125	31,360	181,061
Número de viajes	3	4	1	2	3	1	1	6
Número de lances	74	95	25	51	65	21	23	136

*Captura de *Alopias vulpinus* mezclado (< 0.001%).
Vélez *et al*. (2000)

Tabla 5. Continúa.

	1995	1996	1997	1998	1999	Total (n)	% Total	% de grupo	CPUE
TIBURONES									
Alopias pelagicus *	2,052	712	393	115	1,298	18,072	19.16	37.73	1.45
Prionace glauca	698	753	3,888	8,745	461	17,817	18.89	37.19	1.43
Carcharhinus falciformis	442	28	496	75	820	9,344	9.04	19.51	0.75
Carcharhinus limbatus	0	55	105	109	0	433	1.33	0.90	0.03
Sphyrna lewini	13	8	44	20	25	816	0.87	1.70	0.07
Isurus oxyrinchus	13	9	14	316	8	518	0.55	1.08	0.04
Nasolamia velox	0	0	0	0	82	284	0.30	0.59	0.02
Carcharhinus longimanus	3	10	81	110	37	276	0.29	0.58	0.02
Alopias superciliosus	20	14	8	8	10	115	0.12	0.24	0.01
Negaprion brevirostris	0	0	0	0	0	86	0.09	0.18	0.01
Galeocerdo cuvieri	0	0	0	0	0	84	0.09	0.18	0.01
Sphyrna zygaena	4	6	0	0	0	29	0.03	0.06	0.00
Carcharhinus leucas	0	0	0	0	0	17	0.02	0.04	0.00
Carcharhinus albimarginatus	0	0	0	5	6	11	0.01	0.02	0.00
Echinorhinus cookey	0	0	0	0	0	1	0.00	0.00	0.00
Total de Tiburones	3,245	1,595	5,029	9,503	2,747	47,903	51		3.85
PICUDOS									
Istiophorus platypterus	2,617	305	758	189	1,424	28,801	30.54	74.92	2.31
Tetrapturus audax	915	1,777	1,124	850	177	6,411	6.80	16.68	0.52
Xiphias gladius	133	325	170	444	71	3,018	3.20	7.85	0.24
Makaira mazara	35	10	25	4	7	113	0.12	0.29	0.01
Makaira indica	0	2	3	2	9	97	0.10	0.25	0.01
Total de Picudos	3,700	2,419	2,080	1,489	1,688	38,440	40.76		3.09
Otros grandes Pelágicos									
Coryphaena hippurus	319	81	232	163	182	4,330	4.59	56.47	0.35
Thunnus albacares	85	9	125	1,390	153	3,338	3.54	43.53	0.27
Total otros Pelágicos	404	90	357	1,553	335	7,668	8.13		0.62
Otras especies									
Katsuwonus pelamis	3	1	0	0	0	105	0.11	34.54	0.01
Acanthocibium solandri	3	2	27	44	0	81	0.09	26.64	0.01
Dasyatis sp.	0	3	21	28	0	56	0.06	18.42	0.00
Lepidochelys olivacea	7	0	21	0	4	54	0.06	17.76	0.00
Thunnus sp.	0	0	2	3	0	5	0.01	1.64	0.00
Luvarus sp.	0	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Euthynnus lineatus	0	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Urotrygon asterias	1	0	0	0	0	1	0.00	0.33	0.00
Total de otras especies	14	6	71	75	4	304	0.32		0.02
Total por año									
Captura (número)	7,363	4,110	7,537	12,620	4,774	94,315			
Número de anzuelos	105,005	74,960	101,107	176,497	83,440	1,244,530			
Número de viajes	5	3	3	4	4	40			
Número de lances	87	61	54	141	75	908			

*Captura de *Alopias vulpinus* mezclado (< 0.001%).

Vélez *et al*. (2000)

La captura de especies templadas como el tiburón zorro y el azul es mas abundante a finales de octubre a abril en el área norte; para las especies tropicales como el tiburón volador, tunero y martillo la mayor captura es de junio a septiembre en el área sur.

La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de los 40 cruceros mencionados anteriormente por cada 100 anzuelos, es de 4.05 para tiburones, con máximo de 6.4 y mínimo de 2.13; para los picudos de 3.0 en promedio con máximo de 6.73 y mínimo de 0.84.

Los datos revelan un movimiento cíclico de la CPUE a través del tiempo, desfasado entre tiburones y picudos: cuando los tiburones alcanzan valores máximos (tiburón zorro y tiburón azul), los picudos (pez vela y marlín rayado) presentan valores mínimos y viceversa (Vélez *et al.*, 2000) (Fig. 3 y Tabla 6).

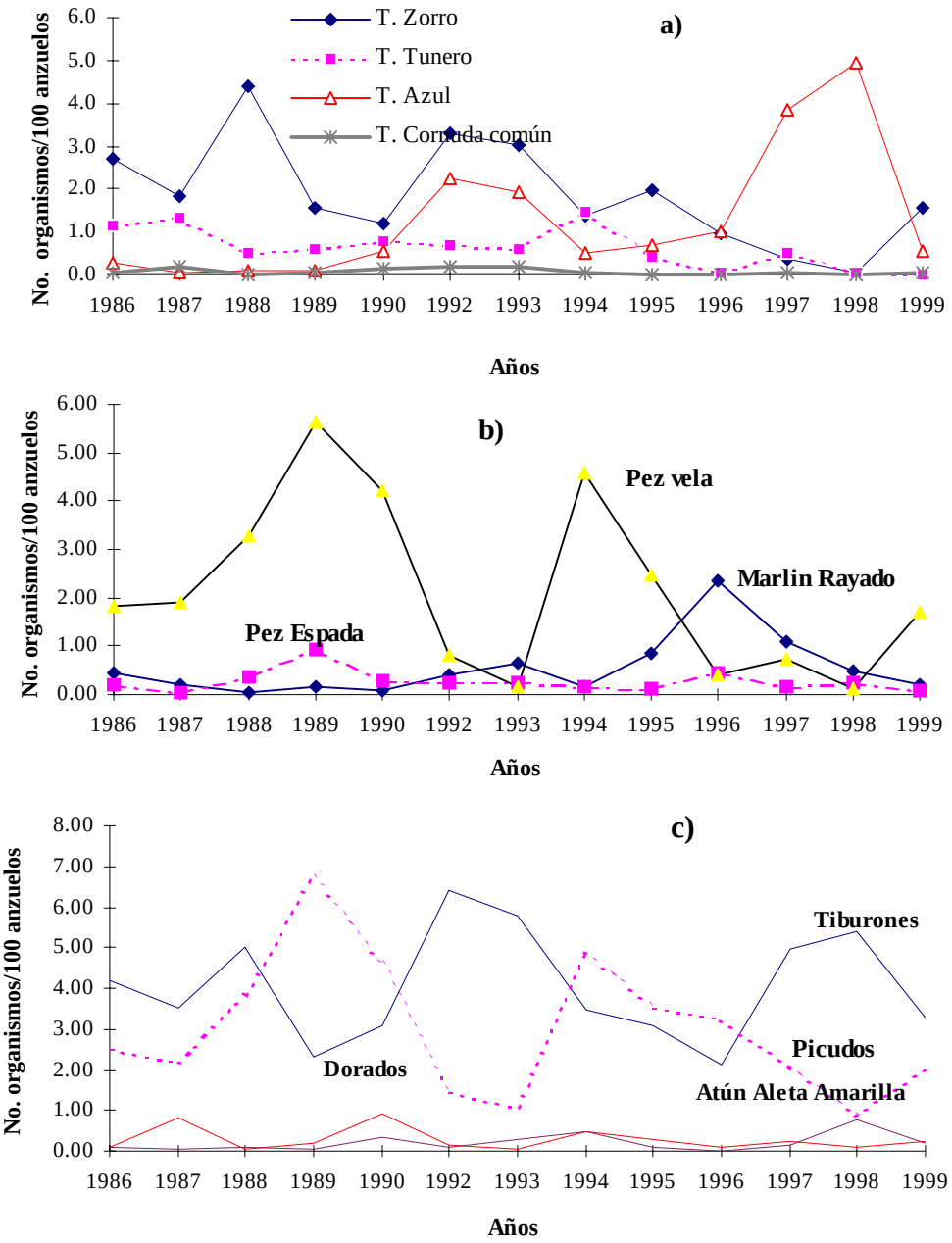


Fig. 3. Captura por unidad de esfuerzo de la flota palangrera oceánica, durante el periodo 1986-1999. a) tiburón, b) picudos y c) pelágicos mayores.

Tabla 6. Captura por 100 anzuelos de pelágicos mayores, por grupo y especies de la flota palangrera oceánica de 1986 a 1999.

	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Min.	Promedio	Max
Tiburones																
A. pelagicus	2.70	1.82	4.39	1.56	1.21	3.29	3.03	1.38	1.95	0.95	0.39	0.07	1.56	0.07	1.87	4.39
P. glauca	0.28	0.06	0.08	0.09	0.57	2.23	1.91	0.52	0.66	1.00	3.85	4.95	0.55	0.06	1.29	4.95
C. falciformis	1.12	1.32	0.51	0.58	0.77	0.69	0.61	1.46	0.42	0.04	0.49	0.04	0.98	0.04	0.70	1.46
C. limbatus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.10	0.06	0.00	0.00	0.03	0.14
S. lewini	0.06	0.19	0.01	0.05	0.16	0.17	0.18	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	0.07	0.19
Total tiburones	4.19	3.51	5.03	2.30	3.10	6.40	5.80	3.46	3.09	2.13	4.97	5.38	3.29	2.13	4.05	6.40
Picudos																
I. platypterus	1.84	1.92	3.28	5.64	4.24	0.80	0.18	4.60	2.49	0.41	0.75	0.11	1.71	0.11	2.15	5.64
T. audax	0.46	0.19	0.05	0.14	0.07	0.41	0.65	0.18	0.87	2.37	1.11	0.48	0.21	0.05	0.55	2.37
X. gladius	0.19	0.04	0.38	0.93	0.30	0.23	0.25	0.15	0.13	0.43	0.17	0.25	0.09	0.04	0.27	0.93
Total picudos	2.52	2.18	3.79	6.73	4.61	1.45	1.08	4.93	3.52	3.23	2.06	0.84	2.02	0.84	3.00	6.73
Otros pelágicos																
Coryphaena hippurus	0.07	0.80	0.07	0.20	0.90	0.16	0.03	0.49	0.30	0.11	0.23	0.09	0.22	0.03	0.28	0.90
Thunnus albacares	0.10	0.05	0.09	0.05	0.33	0.09	0.29	0.46	0.08	0.01	0.12	0.79	0.18	0.01	0.20	0.79
Total de otros pelágicos	0.18	0.85	0.17	0.24	1.23	0.26	0.32	0.95	0.38	0.12	0.35	0.88	0.40	0.12	0.49	1.23

Fuente: Vélez *et al.*, 2000

Las zonas principales de pesca de los barcos palangreros tiburoneros de México en la ZEE (Fig. 4) son:

Zona 1: Baja California, de los 23º a los 29º N y de los 111º a los 116º O. En años recientes la flota ha operado más al norte de los 31º N y 118º O.
Zona 2: Boca del Golfo de California, de los 20º a 24º N y 105º a 110º O.
Zona 3: del sur de Cabo Corrientes al sudoeste de Puerto Angel, de los 14º a los 20º N y 97º a los 110º O.
Zona 4: Golfo de Tehuantepec, de los 14º a los 16 N y de los 93º a los 97º O. En años recientes la flota ha operado de 13º N y de 95 a 97 º O.
Zona 5: Islas Revillagigedo, de los 17º a los 20º N y los 110º a los 113º O.

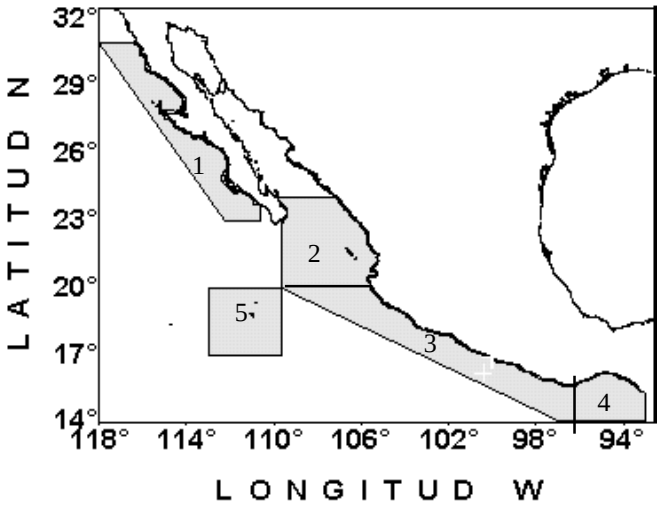


Fig. 4. Areas de captura de barcos palangreros tiburoneros en la ZEE del Océano Pacífico Mexicano.

Durante los 40 cruceros comerciales el número de especies de tiburones capturadas fue de quince, siendo cuatro las más representativas en las capturas oceánicas:

- **Tiburón zorro**, *Alopias pelagicus* :
  Distribución en la ZEE. Capturas de uno a 50 tiburones, de 50 a 100 se localizaron de Manzanillo, Col., a Altata, Sin., hasta la Isla San Benedicto de las Islas Revillagigedo. Frecuencias de 100 a 200 de Manzanillo, Col., al sur de Cabo Corriente y norte de Mazatlán a Altata, Sin. La captura en 100 anzuelos se promedió por grado en Lat. N y en Long. O; los índices más altos de abundancia fueron en Lat. N de 18° a 23°, de 2.09, y en Long. O de 104° a 110°, de 2.46.

- **Tiburón azul**, *Prionace glauca:*
  Se distribuye en toda la ZEE. Los lances con frecuencia de 50 a 150 se presentaron en su mayoría al oeste de BCS, al norte, noreste y este de Islas Revillagigedo y al noroeste de Islas Marías. Los lances de 150 a 300 al oeste de BCS, particularmente frente a Bahia Magdalena y al este y noroeste de Isla Roca Partida de Islas Revillagigedo. La CPUE muestra índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 24° a 29°, de 8.53, y en Long. O de 110° a 117°, de 5.47.

- **Tiburón sedoso**, *Carcharhinus falciformis:*
  Se distribuye en la ZEE. Sólo tres lances frente BCS con capturas de uno a 50 tiburones, los lances de 50 a 150, principalmente frente al Golfo de Tehuantepec, así como frente a Cabo Corriente, noroeste de Islas Marías y un lance frente a Bahía Magdalena en BCS. La mayor abundancia (de 200 a 215) en el Golfo de Tehuantepec y en la entrada de la boca del Golfo de California. Índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 14° a 15° de 2.20 y de 19° a 21° de 0.8 y en Long. O de 93° a 97° de 2.31.

- **Tiburón cornuda común**, S*phyrna lewini:*
  Se distribuye en la ZEE. Sólo cinco lances frente BCS de 1 a 5 tiburones; lances con 5 a 15 en su mayoría frente al Golfo de Tehuantepec, así como frente a Zihuatanejo, Manzanillo, Cabo Corrientes, noroeste y oeste de Islas Marías y entrada a la boca del Golfo de California. La mayor abundancia (de 15 a 20) en el Golfo de Tehuantepec con 2 lances y noroeste de Islas Marías con un lance de captura. Índices altos de abundancia relativa promedio en Lat. N de 14° a17 ° de 0.14 y de 20° a 22° de 0.06 y en Long. O de 93° a 95° de 0.35 y de 101° a 102° de 0.11.

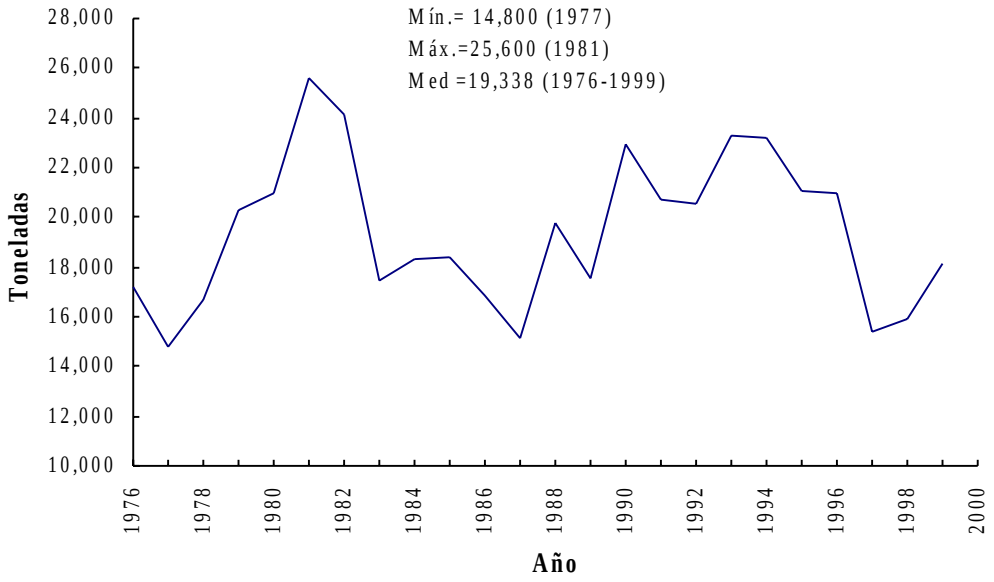
Se reconocen zonas de máxima abundancias para cada especie en aguas oceánicas: para el tiburón azul frente a la costa suroeste de la península de Baja California, mostrando una agregación norteña a la ZEEOPM; para el zorro común, del noroeste de Islas Marías hasta la entrada del Golfo de California; para el tiburón sedoso y el tiburón cornuda común, frente al Golfo de Tehuantepec (Vélez *et al*., 2000).

▼*Tendencias históricas*

Según las estadísticas internacionales, de 1988 a 1997, México ha ocupado el séptimo lugar en la producción de tiburón-cazón, con un promedio de 33,000 t anuales, contribuyendo con el 4.6 % de la producción mundial de tiburón y cazón en peso entero.

En el periodo 1988-1997, la producción de tiburón de México representó el 4.6 % de la producción total mundial, registrando un promedio de 33,000 t anuales

En el litoral del Pacífico mexicano, la producción de tiburón-cazón a partir de 1968, con una producción anual de 5,000 t, alcanzando en 1975 las 15,000 t (Solórzano *et al.*, 1982). En el periodo de 1976 a 1999 se obtuvo un promedio anual de 19,391 t con máxima de 25,500 t en 1981; durante las ultimas dos décadas de 1980-1989 y 1990-1999 se obtuvo un promedio de 19,367 t y 20,217 t respectivamente (Castillo, 1992; SEPESCA, 1991-1994; SEMARNAP, 1995-2000) (Fig. 5).



FUENTE: Anuario Estadístico de Pesca. 1991-1994. SEPESCA.
Anuario Estadístico de Pesca. 1995-2000. SEMARNAP.

Fig. 5. Producción de tiburón-cazón en toneladas de peso entero en el litoral del Océano Pacífico. 1976-1999.

▼*Interacción con otras pesquerías*

Existen al menos dos pesquerias comerciales donde ocurren incidencias importantes de tiburones oceánicos: pez espada con red a la deriva y atún aleta amarrilla con red de cerco.

En México la pesca de pez espada se inició en 1986 con cuatro embarcaciones utilizando redes agalleras y como puerto base Ensenada, B.C., que operan a lo largo de la zona oeste de la península de Baja California dentro de la ZEE. Las especies capturadas son el tiburón zorro común, *Alopias vulpinus*, el tiburón mako, *Isurus oxyrinchus*, el atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* y el barrilete, *Katsuwonus pelamis.*

La temporalidad del tiburón comprende de febrero a abril, junio y octubre, con máximos en febrero y junio; para el pez espada de febrero a mayo y su abundancia disminuye en julio, con otro pico de abundancia durante noviembre y diciembre (ARJE, 1995).

Squire y Muhlia (1992) mencionan que México otorgó durante 1990 permisos de captura para pez espada a 12 embarcaciones, mientras que para 1992 se otorgaron 27 permisos, operando 24 frente a la costa oeste de Baja California. En 2000 existen 48 permisos vigentes (CNP, 2000).

Durante 1995 se recopilaron datos estadísticos de la pesca para pez espada, tiburón y escama, capturados por embarcaciones con redes de enmalle. De 17 embarcaciones, nueve registraron producción de tiburón (algunas de ellas solicitaron la captura con palangre). De 1986 a 1995 se capturaron en promedio 21 t anuales de tiburón por embarcación en las zonas de Baja California (SEMARNAP, 1995) (Tabla 7).

De los registros oficiales se estima una captura promedio anual de 20 t de tiburón durante 153 días y 10 viajes anuales por barco (Tabla 8). Durante la temporada 1995-96 se registraron un total de 21

embarcaciones (SEMARNAP, 1995; 1997). Dentro de los proyectos técnico-económicos presentados a la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, ARJE (1995) menciona que la pesquería llega a su máximo desarrollo con 30 embarcaciones en la temporada 1992-1993, reduciéndose a 16 en 1994 (SEMARNAP, 1997). Sosa-Nishizaki *et al.* (1992) indican que 22 embarcaciones con red de deriva controlada de pesca múltiple, incluyendo camaroneros y atuneros con adaptaciones propias, operaban de los 21º 30' a los 32º 20' N, con una captura de tiburón de 25% y 12% de pez espada, así como atunes (19%) y pez sol (19%) (de 0 a 25 tiburones por lance).

Tabla 7. Captura promedio anual de tiburón de barcos con red agallera de deriva, frente a las costas de Baja California. 1986-1995.

BARCO	PROMEDIO CAPTURA ANUAL (t)	PERIODO
FEDECOOP 20	27.13	1987-1995
FEDECOOP 10	30.05	1988-1995
FEDECOOP 21	24.15	1988-1995
FEDECOOP 22	16.15	1992-1995
VICTORIA-EUGENIA	39.00	1986-1995
DIANA ELISA	18.37	1991-1993
ILEANA	15.22	1991-1995
CERRO CRESTON	13.55	1993-1995
PROGRESO 1	8.46	1995
MEDIA	21.34	1986-1995

NOTA.- No están representadas todas las embarcaciones, (14 solicitan permiso en 1995)

FUENTE.- Dir. Gral. de Admon. de Pesquerías, SEMARNAP (1995).

Tabla 8. Captura anual, días de pesca, viajes y CPUE de barcos con red agallera de deriva frente a las costas de Baja California, 1996.

BARCO	CAPTURA DE TIBURON	DIAS	VIAJES	CAPTURA POR DIA	CAPTURA POR VIAJE (t)
FEDECOOP 3	26.45	235	13	0.113	2.035
FEDECOOP 21	18.33	154	10	0.119	1.833
FEDECOOP 22	0.96	64	4	0.015	0.24
FIPESCO 20	22.1	240	11	0.092	2.01
FIPESCO 168	11.08	138	9	0.08	1.231
FIPESCO 174	15	13	1	1.154	15
P. ABREOJOS 1	53.75	193	18	0.278	2.986
P. ABREOJOS 2	35.25	158	13	0.223	2.712
SAN PABLO	21.05	182	12	0.116	1.754
ISLA PIEDRA	18.88	192	14	0.098	1.348
CERRO CRESTON	9.86	151	8	0.065	1.232
VICTORIA EUGENIA	8.4	250	12	0.033	0.7
AGRESOR	28.94	157	12	0.184	2.411
DON TOMAS	8.83	8	2	1.103	4.415
MEDIA POR BARCO	19.92	152.5	9.93	0.262	2.85

NOTA.- De un total de 21 a 23 embarcaciones, Pedersen (CIAT.) y Nishizaki (C.I.C.E.S.E.) comunicación personal.

FUENTE.- Dir. Gral. de Admon. de Pesquerias, SEMARNAP (1997).

En el informe anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (1997), se presentan estimaciones de abundancias de tiburón volador o puntas negras *Carcharhinus limbatus*, en número de individuos por lance de captura con red de cerco. La incidencia es de 0.3 en lances sobre delfines, 2.1 sobre cardúmenes

(no asociados) y 7.0 sobre objetos flotantes; la mayoría de los lances con capturas fueron frente al área de Baja California, México.

El proyecto de fauna asociada con objetos flotantes en el Pacífico oriental de la CIAT, de 1987 a 1990, analizó 5,349 registros de frecuencia de ocurrencia de fauna asociada, durante 497 viajes de pesca con red de cerco.

La mayor parte de los lances fue entre los 5º a los 15º N y frente a México de los 15º a los 30º N.

La frecuencia de aparición de especies de tiburón en los lances fueron:

- Tiburón no identificado: 31.3%, parece corresponder al tiburón sedoso, *Carcharhinus falciformis*, ya que es el más común en las áreas de pesca del atún.
- Tiburón volador o puntas negras, *Carcharhinus limbatus*: 9.1%
- Tiburón puntas blancas, *Carcharhinus longimanus*: 3.2%
- Tiburón cornuda, *Sphyrna* spp.: 2.6%
- Otros tiburones, *Carcharhinus* spp.: 4.7%

Algunas especies de tiburones se encuentran asociadas a pequeños peces forrajeros y marlin; otros picudos se asocian con grandes peces y tiburones. Se cree que muchas especies utilizan los objetos flotantes como eslabones entre las islas y los montes marinos a lo largo de sus patrones de movimiento (Arenas *et al*., 1992). Asimismo, Klimley (1987) propone patrones semejantes en el Golfo de California de tiburones cornuda y otras especies pelágicas.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Indicadores económicos*

De acuerdo con los reportes del Anuario Estadístico de Pesca 1999 (SEMARNAP, 2000), la producción de tiburón en el litoral del Pacífico, en peso desembarcado (eviscerado y sin cabeza), fue de 12,272 t y 2,340 t de cazón con un valor comercial de $120,608,000 M.N. y $24,857,000 M.N., respectivamente.

Los principales estados productores de tiburón en el Pacífico son: Baja California Sur (22.7%), Chiapas (18.2%), Baja California (17.2%), Sonora (15.5%), Sinaloa (12.6%) y Colima (8.5%); y de cazón, Baja California Sur (33.2%), Sinaloa (20.1%), Oaxaca (13.1%), Nayarit (9.0%) Baja California (7.4%) y Sonora (7.1%) (Tabla 9).

Tabla 9. Producción anual de tiburón-cazón (en peso entero) por Estado en el litoral del océano Pacífico, durante 1999.

Estado	Tiburón	Cazón
B.C.	2,645	206
B.C.S.	3,491	925
Sonora	2,384	199
Sinaloa	1,935	561
Nayarit	415	250
Jalisco	2	27
Colima	1,248	28
Michoacán	12	35
Guerrero	105	78
Oaxaca	272	366
Chiapas	2,792	116

Fuente: Anuario estadístico de Pesca, SEMARNAP (2000).

En la industrialización del tiburón el principal proceso de conservación es el congelado (93%) y el seco salado (7%). Los registros de piel de tiburón de 1978 a 1988 promediaron 15.4 t anuales, y de aleta fresca de tiburón de 1977 a 1998, 164 t anuales; esta última representó el mayor valor comercial, alcanzado durante 1993 hasta 30 veces el valor de la carne debido a su demanda internacional.

Los productos derivados del tiburón para consumo humano directo son presentados congelados y seco-salados. El consumo aparente "per capita" nacional de éstos es de 0.23 kg

El consumo aparente, relacionando la producción total (tiburón-cazón) con la población nacional, es de 0.23 Kg *per cápita*. El número de plantas congeladoras en el litoral del Pacífico es de 177 con capacidad instalada de 169 t por hora, correspondiendo para los principales estados productores de tiburón-cazón: en Sinaloa 67 plantas, Sonora 40, Baja California 28, Baja California Sur 28, Chiapas cinco, y Colima una.

El financiamiento al sector pesquero en la pesca de altura fue de $310,524,000 M.N. para ambos litorales, a través de fondos de desarrollo de FIRA-FOPESCA (SEMARNAP, 2000).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Al decretar México la Zona Económica Exclusiva, ejerce derechos de soberanía sobre los recursos vivos existentes en ella, comprometiéndose internacionalmente a determinar su capacidad permisible de captura se permite el acceso a otros Estados al excedente de dicha captura cuando no tuviera capacidad para explotarlo totalmente (SEPESCA, 1987).

A partir de 1975 se incrementó la pesquería de este recurso; los promedios anuales de captura por década de 20,000 t en el litoral del Pacífico han permanecido constantes. Sin embargo, a partir de 1993, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca con base en los resultados de las investigaciones científicas que realiza el INP, dispuso no expedir nuevos permisos para captura de tiburón, excepto en el caso de que se sustituyan embarcaciones descartadas o renueven permisos que no impliquen incremento en el esfuerzo de pesca existente.

Esta medida reglamentaria será vigente hasta que no sea elaborado un plan de manejo y ordenación de la pesquería.

El Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, inició a través del Comité Consultivo Nacional una serie de reuniones de consulta regional sobre tiburón durante junio a julio de 1996, teniendo previsto a corto plazo la elaboración del anteproyecto e implementación de la Norma Oficial Mexicana (NOM) para la Regularización de la Pesca de Tiburón, como instrumento jurídico. Posteriormente el 12 de enero del 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación dicho anteproyecto (ANTEPROYECTO-NOM-29-PESC-1999) para su revisión por parte del sector pesquero y población en general dedicada a esta actividad pesquera en un plazo de 60 días para emitir comentarios al respecto. El proceso de consulta no ha concluído.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Los modelos tradicionales de pesquerías en peces teleósteos no se ajustan para la evaluación de tiburones. El análisis demográfico ha demostrado ser útil en el manejo de pesquerías de elasmobranquios y requiere

estimaciones confiables de edad, mortalidad y tasa de natalidad, así como de información adicional de la biología, abundancia, distribución y hábitos (Cailliet, 1992).

Entre la fauna marina, los elasmobranquios son uno de los grupos de los que menos se conoce su biología y manejo. Actualmente se realizan análisis de la determinación de edad en vértebras de los principales tiburones oceánicos pelágicos y se integra con información básica de su biología (Tabla 10).

Tabla 10. Crecimiento, mortalidad y relaciones de peso y fecundidad.

		Crecimiento				Mortalidad			Explotación		Longitud-Peso		Fecundidad		
	SEXO	L∞	k	to	W∞	M	F	Z	q	E	a	b	MIN	MAX	MED
Tiburón zorro[1]	Ambos sexos	220LF	0.213	-2.19	141.5	0.358	0.921	1.279	0.073	0.3696	0.0000148	2.98			
Tiburón zorro[1]	Machos					0.406	0.873	1.279		0.3377	0.000076	2.68			
Tiburón zorro[1]	Hembras					0.352	1.197	1.549		0.4159	0.000076	2.58	2	2	2
Tiburón sedoso[1]	Ambos sexos	210LF	0.235	-1.97	100.7	0.536	0.452	0.988	0.017	0.168	0.00000318	3.23			
Tiburón sedoso	Machos					0.461	0.67	1.131		0.2649	0.0000093	3.01			
Tiburón sedoso	Hembras					0.64	0.284	0.924		0.1853	0.000005	3.14	2	12	6
Tiburón cornuda[2]	Ambos sexos	380LT	0.083	-0.851	349.2										
Tiburón cornuda[2]	Machos	389LT	0.083	-0.682	248.5										
Tiburón cornuda[2]	Hembras	390LT	0.082	-0.722	282.1										
Tiburón cornuda[3]	Ambos sexos	340LT	0.1515	-0.997	122.1	0.144	0.762	0.907		0.8415	0.00001247	2.83	30	40	35
Tiburón cornuda[5]	Machos										0.0000358	2.76			
Tiburón cornuda[5]	Hembras										0.0000049	3.17	10	35	20
Tiburón azul[4]	Ambos sexos	402LT	0.0609	-3.395											
Tiburón azul[4]	Machos	314LT	0.0904	-2.876											
Tiburón azul[4]	Hembras	670LT	0.0306	-4.084											
Tiburón azul[5]	Hembras												10	23	60

1. Mendizábal, 1995 (Información 1986-1987)
2. Andrade, 1994 (Información 1992-1994)
3. Anislado, 1996 (Información 1993-1994)
4. Miranda, 1996 (Información 1995)
5. Mendizábal en proceso (Información 1986-1995)

En el presente trabajo no se realizó una evaluación basada en modelos, aunque los elementos mostrados son suficientes para obtener conclusiones sobre el estado de las pesquerías de algunos de estos recursos

El índice de abundancia (cf. fig. 3) muestra cómo han decrecido los stocks de tiburón zorro y cornuda comun.

Las tasas de explotación estimadoas para ambas especies son de 0.37 y 0.84, respectivamente (cf. Tabla 10), las cuales en son mayores a las recomendadas (Beddington y Cooke, 1983), y mayores a sus respectivas tasas de mortalidad natural. Ello implica que por lo menos éstas dos especies requieran cuidado especial en su manejo.

▼ *Estado actual de la pesquería de tiburones oceánicos del Océano Pacifico*

Los factores que intervienen en el estatus de las poblaciones incluyen la captura comercial, incidental, recreacional, costera, así como la degradación del hábitat y las pérdidas por mortalidad natural. Además la sobreexplotación de las especies presa y los cambios ambientales tienen un impacto adverso en los tiburones (CITES, 1996).

Las tendencias en la CPUE de la flota palangrera del Pacífico Mexicano (1986 a 1999) muestran un decremento de abundancia en la última década de tiburones zorro, volador y martillo, no así para el tiburón azul, lo que no necesariamente significa una disminución en las poblaciones.

Las proporciones variaron en relación con las otras especies en el porcentaje de captura por cada 100 anzuelos, debido a que anteriormente el tiburón azul no se aprovechaba y no fue incluido en las capturas. Como medida de enfoque precautorio no se ha incrementado el esfuerzo de pesca desde 1993.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

El principal objetivo es aplicar un plan de manejo que garantice la conservación y uso sustentable de las poblaciones de tiburones, así como la rehabilitación de las poblaciones bajo explotación.

Es necesario estimar los efectos de los diferentes artes de pesca en la composición por tallas y edades, que actúan de manera selectiva sobre las poblaciones con el fin de estar en condiciones de proponer alternativas de manejo adecuadas para el recurso.

Con el objeto de asegurar el reclutamiento a la pesquería, es necesario determinar la capacidad reproductiva de recuperación de la población, identificar las principales áreas de crianza, desarrollo de juveniles, así como la estimación de índices independientes de abundancia.

Dentro de las estrategias de manejo para la pesquería de tiburón en México se prevé la protección de las áreas de crianza, mediante vedas temporales:

- **Tiburón zorro.** Su periodo máximo de reproducción es de octubre a marzo, que corresponde a la isoterma superficial de 27º C entre la boca del Golfo de California y frente a Manzanillo, particularmente al frente y noroeste de Mazatlán. Se recomienda vedar su captura con redes de enmalle en el mes de octubre, que es cuando las hembras preñadas ser acercan a las áreas de crianza a parir y dejan de alimentarse, y con palangre tiburonero en el mes de marzo durante su mayor abundancia de captura que es cuando se encuentran en las primeras etapas de gestación y se están alimentando. Asimismo, las embarcaciones palangreras oceánicas y con redes de enmalle deben operar fuera de las 50 millas náuticas a partir de la línea de costa en la porción continental y 30 millas náuticas alrededor de las Islas Revillagigedo (Mendizábal, 1995).

- **Tiburón azul.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de finales de enero a abril frente a Baja California Sur en el océano Pacífico y de marzo a mayo de la Boca del Golfo de California a Islas Marías e Islas Revillagigedo. La propuesta de regulación es vedar su captura con redes de enmalle en el mes de febrero, que es cuando las hembras se acercan a las áreas de crianza para parir. Las zonas corresponden a la parte oceánica frente a Bahía Sebastián Vizcaíno hasta Cabo San Lucas, en esta misma área vedar su captura con palangre tiburonero o durante la pesca de pez espada en el mes de abril, que es cuando las hembras se encuentran en las primera etapas de gestación. Se recomienda inatalar observadores de tiburón en barcos con redes de enmalle en la pesca de Pez espada para conocer la incidentalidad en las capturas y el total aprovechamiento del recurso (Mendizábal, 1995).

- **Tiburón sedoso.** Su periodo máximo de reproducción es de mayo a junio entre la zona oceánica frente a Zihuatanejo y el Golfo de Tehuantepec, siendo importante durante agosto frente a Puerto Vallarta, con el aumento de la termoclina y la isoterma superficial de los 29º C. Se recomienda vedar su captura con redes de enmalle y palangre tiburonero de principios de mayo a mediados de junio frente al Golfo de Tehuantepec; igualmente las embarcaciones palangreras oceánicas y con redes de enmalle deberán operar por fuera de las 50 millas náuticas a partir de la línea de costa y 30 millas náuticas alrededor de las Islas Revillagigedo. Se recomiendan observadores de tiburón en barcos atuneros para conocer la incidentalidad en las capturas y el total aprovechamiento del recurso frente al Golfo de Tehuantepec (Mendizábal, 2000).

- **Tiburón volador.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre frente a Baja California Sur y al noroeste de las Islas Revillagigedo. En noviembre y diciembre se localizaron de la Boca del Golfo de California al noroeste y suroeste de Islas Marías, permaneciendo ahí hasta marzo. La propuesta de regulación es vedar su captura con palangre en el mes de octubre, que es cuando las hembras preñadas se encuentran en las primeras etapas de gestación y se están alimentando; las zonas corresponden a la parte oceánica frente a la Bahía Sebastían Vizcaíno hasta Cabo San Lucas. Vedar su captura con redes en el mes de marzo que es cuando las hembras preñadas dejan de alimentarse y se encuentran con embriones en las últimas etapas del desarrollo acercándose a las áreas de crianza. Las zonas corresponden a la parte océanica de la entrada de la Boca del Golfo de California hasta Cabo Corrientes frente a Puerto Vallarta.

- **Tiburón cornuda.** La mayor abundancia de hembras preñadas ocurre de mayo a agosto frente a Puerto Vallarta hasta el Golfo de Tehuantepec. La propuesta de regulación es vedar su captura con redes de enmalle y palangre tiburonero de mayo a mediados de junio, que es cuando se acercan a las áreas de crianza para parir en aguas someras. Las zonas corresponden a la parte océanica frente al Golfo de Tehuantepec (Mendizábal, 2000).

Deben continuar los trabajos de evaluación de las principales poblaciones de tiburones oceánicos como el zorro, volador, azul, tunero y cornuda común, para determinar con mayor precisión si la tendencia en las capturas presenta un declive acelerado, presenta ciclos alternantes anuales o bianuales de incrementos, disminuciones por efectos de mortalidad por pesca o por factores ambientales en el ecosistema marino.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Como parte del Convenio de Cooperación Bilateral de Investigación Conjunta entre México y Estados Unidos (MEXUS-PACIFICO) se han iniciado los cruceros conjuntos de investigación del grupo de trabajo sobre pesquerías de tiburones en el área oeste de la península de Baja California, capturando, marcando y liberando tiburón azul, zorro común y mako. Lo anterior es para definir los patrones migratorios de especies templadas compartidas entre ambos países, así como conocer aspectos básicos de su biología, parámetros oceanográficos y captura por unidad de esfuerzo.

Recientemente se estableció un convenio de cooperación bilateral entre México y Guatemala para realizar investigación pesquera sobre tiburones tropicales compartidos entre ambos países, así como aspectos de la biología del tiburón sedoso, volador, cornuda y coyotito principalmente.

REFERENCIAS

Andrade G., Z. 1996. Determinación de edad y crecimiento en vértebras del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini,* del Pacífico mexicano (1992-1994). Tesis de Biología, Fac. de Ciencias, Univ. de Guadalajara, México.

Anislado T., V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo, *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith 1834), en el Pacífico central mexicano. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Anóniymo. 1997. Shark Tagging News. A Newsletter. California Dep. Fish and Game, Ca, USA. 2:1-8.

Applegate P., S., L. Espinoza, L. Menchaca, L. & F. Sotelo. 1979. Tiburones Mexicanos. Secretaría de Educación Pública, México.

Arenas P., M. Hall & M. García. 1999. Association of fauna with floating objects in the eastern Pacific Ocean. Proceedings of the International Workshop on the Ecology and Fisheries for Tunas Associated with Floating Objects, La Jolla, California, February 11-13, 1992. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 11:285-326.

ARJE. 1995. Estudio técnico y socioeconómico para la obtención de la concesión para la extracción de pez espada (*Xiphias gladius*) en el Pacífico mexicano. ARJE S.A. de C.V. (inédito).

Beddington, J.R. & J.G. Cooke. 1983. The potential yield of fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap. 242:47.

Bigelow H., B. & W.C. Schroeder. 1948. Sharks. Mem. Sears Found. Mar. Res. 1: 53-576.

Bonfil S., R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO Tech. Pap. 341.

Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. Australia 43:183-193.

Castillo, C.A. 1994. Informe de crucero del B/P San Andrés 23 febrero a 9 marzo, 1994, en el Océano Pacífico de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castillo G., J.L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* (Jordan y Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México. 128p.

Castillo G., J.L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Instituto Nacional de la Pesca. Secretaría de Pesca. México (inédito).

Castillo, G.J.L., A. Cid del Prado V., S. Soriano V., F. Sancho V. & C. Ramírez S. 1999. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro-Aguirre, J.L., 1967. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis de Biología. Esc. Nal. Ciencias Biológicas, IPN. México.

Castro, J.I. 1983. The Sharks of North American Waters. Texas A&M University Press, College Statation.

CIAT. 1997. Informe anual de la CIAT, 1995. La Jolla, California, USA.

CIB. 1990. El CIB en el Comité Técnico Consultivo de Peces Picudos y especies afines. CICPA (inédito).

CITES. 1996. Biological and trade status of sharks. Report of CITES Animals Committee.

Compagno L., J.V. 1984. Sharks of the world. FAO Fish. Synop. 125 (1-2):1-655.

Compagno L., J.V. 1990. Shark exploitation and conservation. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:391-414.

Corro E., D. 1997. Análisis preliminar de la pesquería artesanal de tiburones en el norte de Nayarit y sur de Sinaloa. Informe Técnico. CRIP-Mazatlán. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Dingerkus, G. 1987. Shark distribution. *En*: Facts on File Publications (ed.). Sharks. New York. pp: 36-49.

Fajardo, J. 1994. Informe del crucero del B/P Don Gustavo 23 enero a 6 febrero, 1994, en el Océano Pacífico de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Galván, M.F., H.J. Niehuis & P.A. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of the sharks of the lower Gulf of California, Mexico. Cal. Fish Game 75: 74-84.

Gilbert, C.R. 1967. A revision of the hammerhead sharks (Family Sphyrnidae). Proc. US Nat. Mus. 119 (3539): 1-88.

Hernández C., E.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis de Biología. Esc. Nal. Ciencias Biológicas, Inst. Politec. Nac. México.

Holden, M. J. 1973. Are long-term sustainable fisheries for elasmobranches possible? *En:* "Fish stocks and Recruitment". Rapports et Proces Verbaux des Réunions Conseil International Pour l'Exploration de la Mer 64.

Holden, M. J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *En:* "Sea Fisheries Research. Halsted Press. New York. pp:117-137.

Holden, M. J. 1977. Elasmobrachs. *En:* Gulland, J.A. (ed.). "Fish Population Dynamics". John Wiley. London. pp:187-216.

INP. 1987. Informe final de análisis de las pesquería, agosto 1987. Comité Técnico Consultivo de la Pesquería de Picudos y Especies Afines. CRIP-La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Joseph, J., W.L. Klawe & C.J. Orange. 1974. A review of the longline fishery for billfishes in the Eastern Pacific Ocean. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams, F. (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 309-331.

Kato, S. & A.H. Carvallo. 1967. Shark tag in the eastern Pacific ocean, 1962-1965. *En*: Gilbert, P.W., R.F. Mathewson & D.P. Rall. (eds.). Sharks, Skates and Rays. John Hopkins Press, Baltimore. pp:93-109.

Kato, S. 1964. Sharks of the genus Carcharhinus associated with the tuna fishery in the Eastern Tropical Pacific Ocean. US Fish. Wild. Serv. Cir.172: 1- 22.

Kato, S., S. Springer. & M.H. Wagner. 1967. Field guide to Eastern and Hawaiian sharks. Circ. U.S. Fish. Wild. Serv. 271: 1-47.

Katsuo, M.N. 1969. Katsuo-Maguro-Nenkan (Skipjack-tuna yearbook). Suisan Schinchosha, Tokyo.

Kikawa, S. 1975. Synopsis on the biology of the shortbill spearfish, *Tetrapturus angustirostris* Tanaka, 1914 in the Indo Pacific areas. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (3): 39-54.

Klimley, A.P. 1987. The determination of sexual segregation in the scalloped hammerhead shark, *S. lewini*. Env. Biol. Fish. 18: 27-40.

Luer, C.A. & P.W. Gilbert. 1991. Elasmobranch fish: oviparous, viviparous and oviviparous. Oceanus: 47-53.

Macías S., G. 1995. Análisis de la información estadística del recurso tiburón a nivel nacional e internacional (período 1978-1987). Tesis de Lic. en Admon de Rec. Mar. Fac. Ciencias Marinas, Universidad de Colima, México.

Macías Z., R., A. L. Vidaurri & H. Santana 1994. Análisis de la tendencia de captura por unidad de esfuerzo en la pesquería de pez vela en el Pacífico mexicano. Invest. Mar. CICIMAR 20: 339-408.

Manjarrez, A. 1983. Estudio sobre algunos aspectos biológico-pesqueros del tiburón en la zona sur de Sinaloa. Memoria profesional, Esc. Cienc. Mar. Univ. Autón. de Sinaloa, México. 90p.

Márquez F., F. 1991. Esfuerzo de pesca y distribución de las especies capturadas por el barco palangrero "Tiburón IV" en el Océano Pacífico mexicano (octubre-noviembre 1988). Tesis profesional. Fac. de Ciencias Marinas, Universidad de Colima. México.

Mendizábal O., D., R. Vélez, F. Valdez, A. Ramírez, E. Bejarano, & A. Vega. 1990a. Información y representación gráfica de los datos estadísticos de captura y esfuerzo de la flota palangrera de Manzanillo, Colima (1983-1988). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Valdez. 1990b. Relación de la captura con la temperatura y profundidad de la termoclina durante la pesca comercial de picudos, tiburones y dorados en la zona oceánica del Pacífico central mexicano. *En*: Dailey, M. & H. Bertsh. (eds.). Mem. VIII Simp. Biol. Mar. pp: 127-144.

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Valdez. 1992. Distribución estacional e índices alimenticios de las especies forrajeras del tiburón zorro *Alopias vulpinus* y tiburón volador *Carcharhinus limbatus* en el Pacífico central mexicano. Periodo 1986-1987 y 1989-1990. *En*: Alfaro S., A. (eds.). Mem. IX Simp. Biol. Mar. pp: 123-131.

Mendizábal O., D. 1995. Biología reproductiva, crecimiento, mortalidad y diagnóstico de *Alopias vulpinus* (tiburón zorro) y *Carcharhinus limbatus* (tiburón volador) de la boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec (período 1986-1987). Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Mendizábal O., D. R. Vélez, J. Valdez, J. Fajardo & C. Castillo. 2000. Información biológica, distribución y abundancia relativa del tiburón cornuda, *Sphyrna lewini*, en el océano Pacífico de México (1986-1995). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mendizábal O., D., R. Vélez & F. Marquez. 2000. Información biológica, distribución y abundancia relativa del tiburón azul, *Prionace glauca*, en el océano Pacífico de México (1986-1996). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Miranda V., L.A. 1996. Análisis biológico pesquero del tiburón azul (*Prionacea glauca*, Linnaeus 1758) en Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría. CICESE, B.C. México.

Nakano, H. & T. Uozumi. 1995. Report to the ICCAT on the participation in the 2nd ICES study group on elasmobranch fishes. ICCAT SCRS/95/11: 1-12.

Polanco J., E., R. Mimbela S. & L. Beléndez M. 1987. Esquema de regulación propuesto para la administración de la pesquería mexicana de picudos en el océano Pacífico oriental. En: Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su Administración. Secretaría de Pesca, México. pp: 379-445.

Roedel P., M. & W.M. Ripley. 1950. California sharks and rays. Fish. Bulletin. California Division of Fish and Game 75: 1-89.

Santana H., H. 1989. Distribución y abundancia relativa espacio temporal de las especies capturadas por la pesquería palangrera en la ZEE del Pacífico mexicano. Tesis Profesional. Esc. Sup. de Ing. Pesquera, Univ. Autón. de Nayarit, México.

Santana H., H. 1997. Relación del éxito de la pesca palangrera con la temperatura superficial y la profundidad en el Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Santana H., H., R. Macias Z. & J. J. Valdez F. 1998. Selectividad del sistema de palangre utilizado por la flota mexicana en la Zona Económica Exclusiva. Ciencias Marinas. 24(2):193-210.

SEMARNAP. 1996-2000. Anuarios Estadísticos de Pesca 1995-1999. SEMARNAP, México.

SEMARNAP. 1995. Relación de solicitudes para la pesca de pez espada, tiburón y escama en general, frente a las costas de Baja California. Informe Técnico de la Dirección General de Administración de Pesquerías. SEMARNAP. México (inédito).

SEMARNAP.1997. Rendimiento de las embarcaciones mayores del Pacífico de México. Informe Técnico de la Dirección General de Administración de Pesquerías. SEMARNAP. México (inédito).

SEPESCA. 1993a. Anuario estadístico de pesca1991. México.

SEPESCA. 1993b. Anuario estadístico de pesca 1992. México.

SEPESCA. 1994. Anuario estadístico de pesca 1993. México.

SEPESCA. 1995. Anuario estadístico de pesca 1994. México.

SEPESCA. 1987. Acuerdo que regula el aprovechamiento de las especies marlin, pez vela y pez espada conocidas comúnmente como picudos, en la Zona Económica Exclusiva del litoral del Océano Pacífico. *En*: SEPESCA (ed.). Síntesis pesquera 1982-1987. SEPESCA. México. pp:157-168.

Sosa-Nishizaki, O., R. Pacheco, R.L. Castro, J.L. Grijalva & J. de la Rosa. 1992. Estudio biológico pesquero del pez espada (*Xiphias gladius*) y otras especies de picudos, marlin y pez vela. Reporte anual CICESE-CANAINPES, Ensenada, B.C. México.

Squire, J.L. & D.W. Au. 1989. Management of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Northeast Pacific a case for lcal depletion and core area management . In: H. Stroud (ed.), Proc. Sec. Int. Billfish Symp., Kailwa-Kona, Hawaii, 1-5 August 1988. Part 2, Contr. Papers, pp. 199-214.

Squire, J.L. & A. Muhlia. 1992. A review of striped marlin (*Tetrapterus audax*), swordfish (*Xiphias gladius*), and sailfish (*Istiophorus platypterus*) fisheries and resource management by Mexico and United States in the northeast Pacific ocean (inédito).

Taniuchi, T. 1990. The role of elasmobranch in Japanese fisheries. NOAA Tech. Rep NMFS 90: 415-426.

Ueyanagi, S. 1974. A review of the world commercial fisheries for billfishes. *En*: Shomura, R.S. & F. Williams (eds.). Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii 9-12 August 1972. Review and contributed papers. NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675 (2): 1-11.

Velez M., R., F. Márquez F., D. Mendizábal & F. Valdez. 1994. Examen de la pesca de pelágicos mayores en un barco comercial palangrero en el Pacífico central de México (octubre-noviembre, 1988). *En*: A. Siqueiros, A. (ed.). Mem. IX Simp. Biol. Mar. pp:133-148.

Velez M., R., O. Mendizábal, F. Márquez F., 2000. Sharks caught in the pelagic longline fishery in the Pacific Ocean off México: A review. International Pelagic Shark Worshop. Monterey, California, February 13-17, 2000. U.S.A.

Velez M., R., O. Mendizábal, F. Valdez & A. Venegas. 1989. Prospección y pesca exploratoria de recursos pesqueros en la Zona Económica Exclusiva del Océano Pacífico. CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Velez, M., R., O.D. Mendizábal, F. Valdez, J. Fajardo, & L. Castillo. 1996. Análisis de la pesca omercial del barco palangrero Tiburón III de la flota de Manzanillo, Colima, en el Océano Pacífico de México (1992-1996). CRIP-Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Virgen, A.J., E. González, H.C. Severino & S.E. Cruz. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. Ser. Tecnol. Inst. Nal. Pesca 21: 1-10.

Walker, T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably?. A question revisited with a review of shark fisheries. Mar. Freshwater Res. , CSIRO. Vic. Australia. 49(7): 553-72.

tiburón
martillo
cornuda
tiburón
coyotito
tiburón
tiburón
zorro
cazón
toro
puntas negras
chato
tiburón
aleta de cartón

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE TIBURÓN DEL GOLFO DE TEHUANTEPEC

ESPECIES: Tiburón aleta de cartón (*Carcharhinus falciformis*), tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), tiburón coyotito (*Nasolamia velox*) y tiburón torito (*Mustelus lunulatus*).

- Pesquería artesanal multiespecífica, sustentada por la captura estacional de varias especies de tiburones en aguas del Golfo de Tehuantepec.
- La captura artesanal está compuesta principalmente por organismos inmaduros del tiburón aleta de cartón (*Carcharhinus falciformis*) y tiburón martillo (*Sphyrna lewini*).
- La mayor parte de la producción de tiburones que se desembarca en Puerto Madero, Chiapas, se canaliza para consumo humano a la Ciudad de México.
- El aprovechamiento exclusivo de las aletas de tiburón está prohibido.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- En 1999 la captura en Puerto Madero, Chis., fue de 1, 639 t que representa el 56% de la producción del estado de Chiapas (2, 908 t).
- El estado de Chiapas ocupa el 4to lugar con el 16% de la captura del Pacífico Mexicano.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Demográfico

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Pesquería aprovechada al máximo sustentable.

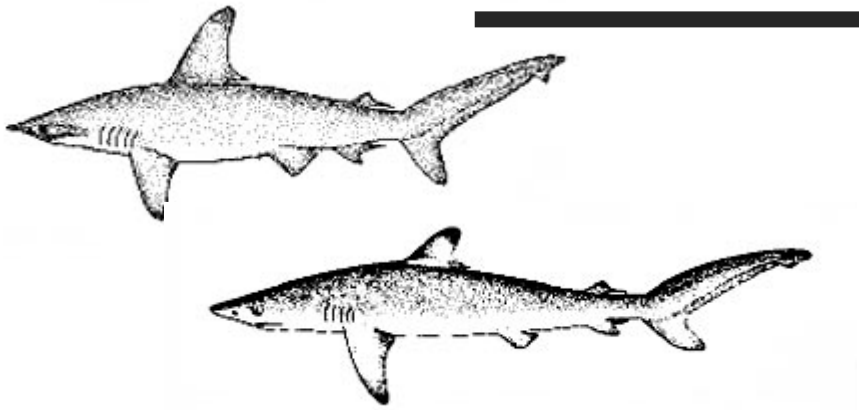
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo por número de permisos.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- No incrementar el esfuerzo pesquero, disminuir la captura de individuos inmaduros y proteger áreas de crianza.

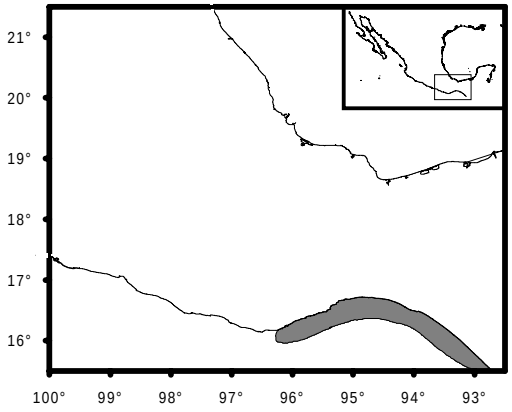
Tiburones del Golfo de Tehuantepec



Carcharhinus falciformis
Sphyrna lewini
Carcharhinus limbatus
Nasolamia velox
Mustelus lunulatus

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



En México, los principales estudios sobre pesquerías han sido sobre recursos que por su gran abundancia o por su valor comercial han influido de manera importante en la economía pesquera del país. Sin embargo, por su posición geográfica, México cuenta con una gran diversidad de especies, que soportan pesquerías ribereñas multiespecíficas a lo largo de todo su litoral.

Entre las especies más importantes en estas pesquerías por sus volúmenes de captura se encuentra el grupo de los tiburones, sus características son muy peculiares ya que presentan lenta tasa de crecimiento, bajo potencial reproductivo, madurez sexual tardía y una relación directa entre el reclutamiento y las poblaciones adultas, lo que los hace altamente vulnerables a intensos y prolongados regímenes de pesca. La sobreexplotación de las poblaciones de elasmobranquios tanto de tiburones como de rayas, en países como Estados Unidos y Australia, ha propiciado un abrupto decremento de la abundancia de dichas poblaciones desde hace varias décadas, y actualmente aún no presentan síntomas de recuperación (Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1996). En nuestro país los tiburones se han explotado de manera tradicional desde hace mas de un siglo, explotación que se ha incrementado con el crecimiento demográfico y por ende la demanda creciente de alimentos y de productos industriales tanto nacional como internacional (SEMARNAP, 1998).

Entre las especies pesqueras más importantes por sus volúmenes de captura se encuentra el grupo de los tiburones, sus características biológicas, los hacen altamente vulnerables

Como consecuencia del uso de diferentes artes (redes agalleras, redes de enmalles, cimbras, palangres) y zonas de pesca, la composición de la captura, además de ser multiespecífica, abarca una gran variedad de tallas y estadios de desarrollo: organismos recién nacidos, juveniles y adultos, incluso hembras preñadas con diferentes estadios embrionarios, la mayoría en estadios avanzados.

Los estudios sobre tiburones se han dirigido primordialmente a la caracterización de sus pesquerías y en menor grado hacia aspectos de la biología reproductiva. En las pesquerías de los elasmobranquios las estrategias reproductivas resultan ser un factor limitante (Pratt *et al.*, 1990).

En 1960 se incrementaron las capturas de tiburón por la demanda a nivel mundial de algunos productos como sus aletas y pieles. En México se consolidó el aumento en los volúmenes de producción al extenderse la demanda doméstica de carne en estado fresco y seco salado. Los registros de las capturas mundiales de tiburones y similares (rayas y mantas), en el período de 1978-1993, promediaron por año 610,000 t que representaron el 0.7% del total de la producción mundial en las pesquerías marinas, de las cuales 427,000 t (0.5%) correspondieron a tiburones y 183,000 t (0.2%) a rayas y mantas. Los principales países en el mundo son Indonesia, India, Estados Unidos, Pakistán y Taiwán con capturas de 101, 71, 52, 51 y 41 mil toneladas anuales respectivamente durante 1996; Japón y México registraron 38 y 33 mil toneladas anuales respectivamente, ocupando nuestro país el séptimo lugar en la captura mundial de tiburón y cazón (SEMARNAP, 1999).

Los tiburones pueden ser aprovechados de forma integral, ya que la mayoría de las partes de su cuerpo son utilizadas: aletas, piel, carne, hígado, dientes, vísceras y cartílago. El hígado de tiburón lo destinan fundamentalmente para obtener vitamina “A”; las aletas, el producto más valioso de los tiburones, se exportan hacia el mercado oriental. Recientemente los tiburones son un recurso importante para las ciencias biomédicas por ser fuente de sustancias medicinales y excelentes animales para pruebas de laboratorio, ya que de la sangre de algunas especies se obtienen sustancias anticoagulantes que se emplean en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Parte de su esqueleto cartilaginoso se utiliza para tratamientos de quemaduras y para estudios inmunológicos y lo más sorprendente es que desde hace varios años en los Estados Unidos las córneas de tiburones han sido usadas como exitosos substitutos de las humanas. La piel, se utiliza para la fabricación de zapatos y otros artículos peleteros (Hernández, 1971; Castillo 1990; Bonfil, 1994 y Macías 1995).

De la producción nacional de tiburón y cazón, más del 90 % es utilizada como filete para el consumo humano directo en diferentes presentaciones como fresco, congelado y seco salado. En el Estado de Chiapas, la pesca de tiburones es importante fuente de empleo, alimento y obtención de divisas. La mayor

Tabla 1. Producción y Valor Nacional de Tiburón-Cazón.

AÑO	ESPECIE	VOLUMEN* (t)	VALOR (Miles de pesos)
1995	Cazón	10,257	54,975
	Tiburón	18,285	97,457
	Tib-cazón	**28,542**	**152,432**
1996	Cazón	10,213	59,440
	Tiburón	18,932	105,629
	Tib-cazón	**29,145**	**165,069**
1997	Cazón	6,603	54,665
	Tiburón	14,256	93,911
	Tib-cazón	**20,859**	**148,576**
1998	Cazón	6,432	61,053
	Tiburón	14,938	128,579
	Tib-cazón	**21,370**	**189,632**
1999	Cazón	5,541	58,860
	Tiburón	16,904	166,131
	Tib-cazón	**22,445**	**224,991**

* Peso desembarcado
Fuente: Anuarios Estadísticos de Pesca (SEMARNAP)

parte de la producción de tiburón que se desembarca en puerto Madero, Chiapas se canaliza como alimento para consumo humano a la Ciudad de México (SEMARNAP, 1994).

En la *Tabla 1* se muestra el volumen y valor de la producción en peso desembarcado. Se observa que en los dos últimos años han descendido las capturas; sin embargo en su valor no se manifiesta una disminución sustancial. En el caso de 1999, aumentó en un 26.6% con respecto a 1996.

Las especies que se capturan pertenecen a los ordenes Carcharhiniformes, Lamniformes y Orectolobiformes que incluyen a las familias Carcharhinidae, Alopiidae, Lamnidae, Sphyrnidae, Triakidae y Ginglymostomatidae. Los géneros *son: Carcharhinus, Nasolamia, Galeocerdo, Prionace, Alopias, Isurus, Sphyrna, Mustelus,* y *Ginglymostoma;* de las cuales se registran 18 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de especies capturadas por la flota artesanal en puerto Madero, Chiapas (Ordenadas por su importancia en las capturas).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
1. Tiburón aleta de cartón	*Carcharhinus falciformis*
2. Tiburón martillo	*Sphyrna lewini*
3. Tiburón puntas negras	*Carcharhinus limbatus*
4. Tiburón torito	*Mustelus lunulatus*
5. Tiburón coyotito	*Nasolamia velox*
6. Cornuda prieta	*Sphyrna zygaena*
7. Tiburón perro	*Alopias superciliosus*
8. Tiburón chato	*Carcharhinus leucas*
9. Tiburón perro	*Alopias pelagicus*
10. Tintorera	*Galeocerdo cuvier*
11. Cornuda gigante	*Sphyrna mokarran*
12. Gata	*Ginglymostoma cirratum*
13. Tiburón azul	*Prionace glauca*
14. Cornuda	*Sphyrna media*
15. Mako	*Isurus oxyrinchus*
16. Tiburón perro	*Alopias vulpinus*
17. Tiburón puntas blancas	*Carcharhinus longimanus*
18. Tiburón martillo	*Sphyrna corona*

El análisis de abundancia indica que la pesquería está soportada principalmente por dos especies, *C. falciformis* y *S. lewini,* que representan el 89.3% de la captura total. El 10.7% remanente se distribuye entre las 16 especies restantes, sobresaliendo *C. limbatus, M. lunulatus* y *N. velox* que suman 7.5% (Fig.1).

BIOLOGÍA

El tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Fig. 2) es una especie tropical y subtropical de distribución cosmopolita. Es común en el Pacifico mexicano, incluyendo Golfo de California, así como en el litoral del Golfo de México y Mar Caribe (Compagno, 1984; Castro, 1983).

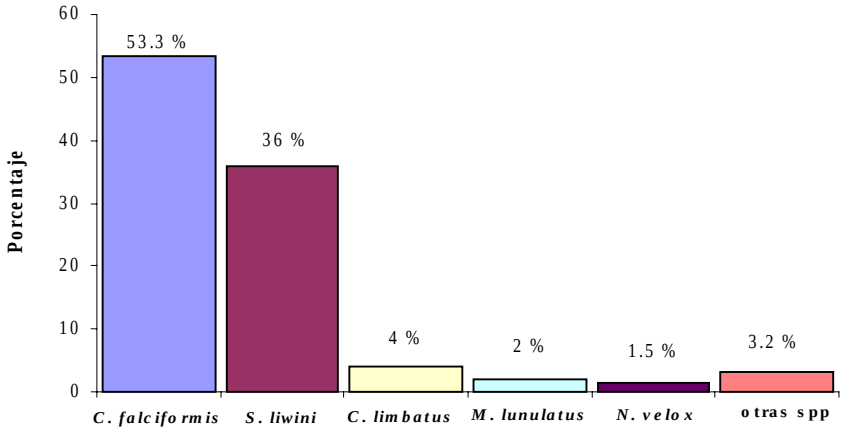


Fig. 1. Composición específica de tiburones capturados en puerto Madero, Chis. de 1996 a 1998.

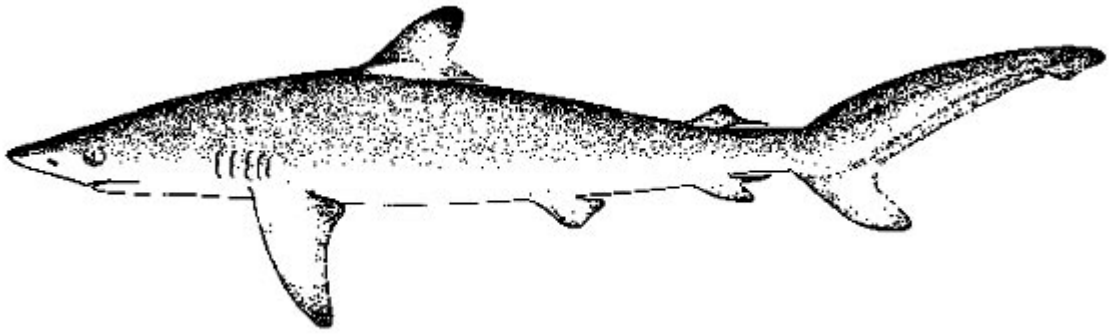


Fig. 2. Tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839). Dibujo tomado de Compagno (1984).

De acuerdo a Compagno (1984), esta especie es vivípara, el número de crías por hembra es de 2 a 14, aunque por lo común tienen de 4 a 7. El periodo de gestación es de 10 a 12 meses, y la talla de las crías al nacer es de 70 a 87 cm.

Del análisis de las capturas se observó que *C. falciformis* fue la especie más abundante en el periodo de 1996 a 1998. Del total de organismos (n = 11,667) capturados se tiene que la longitud total (LT) de ambos sexos va de 60 a 340 cm, con un promedio de 137.19 cm ; la talla mínima de madurez que se observó fue de 178 cm LT con ejemplares inmaduros en un mayor porcentaje (81.9%); los intervalos son: para hembras de 50 a 338 cm y para machos de 50 a 340 cm.

La mayor abundancia de hembras grávidas ocurre en los meses de febrero a mayo; se observaron 64 organismos con estas características con un rango de talla de 180 a 340 cm LT. Las tallas de los embriones presentaron un rango de 25-70 cm LT. El número de crías fue de 2 a 7 por hembra. La proporción de sexos fue de 1:1.

El tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Fig. 3) es una especie cosmopolita, que habita en aguas tropicales y subtropicales del Pacífico mexicano, incluyendo el Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe (Compagno, 1984).

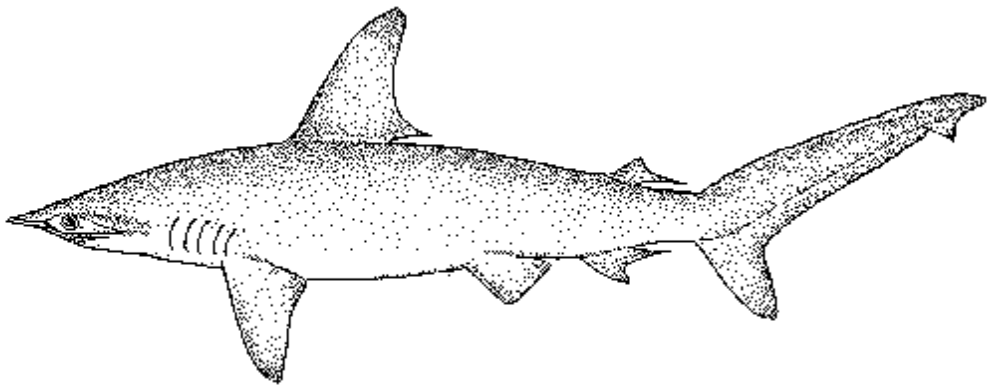


Fig. 3. Tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834). Dibujo tomado de Compagno (1984).

En puerto Madero, Chiapas se ha observado que esta especie es la segunda en importancia, referente a los índices de captura. Del número de organismos del muestreo (n = 8,659) se observó que la LT de ambos sexos va de 30 a 495 cm con un promedio de 74.5 cm de LT. La talla mínima de madurez se observó a partir de 100 cm LT, con presencia de un alto porcentaje de ejemplares inmaduros (92.5%). Sin embargo, el intervalo de tallas para las hembras son de 30 a 495 cm de LT y para los machos de 35 a 324 cm de LT.

La mayor abundancia de hembras grávidas ocurre en los meses de mayo a julio; se observaron 79 hembras grávidas en un rango de talla de 215 a 380 cm LT. Las tallas en embriones presentaron un intervalo de 35 a 75 cm de LT. El número de crías fue de 10 - 43 por hembra. La proporción de sexos fue de 1:1.

CAPTURA Y ESFUERZO

La totalidad de las capturas de tiburones desembarcadas en puerto Madero, Chis. provienen de flotillas de embarcaciones menores

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La totalidad de las capturas de tiburones desembarcadas en puerto Madero, Chis. provienen de flotillas de embarcaciones menores denominadas “pangas” o ”lanchas” con una eslora promedio de 25 pies hechas de fibra de vidrio, con motores fuera de borda entre 48 y 75 CF (caballos de fuerza).

Los caladeros de pesca de tiburones se ubican dentro de la franja costera que comprende las 30 millas náuticas a partir de la línea de costa, y generalmente los viajes de pesca duran de uno a dos días. El tiempo efectivo de pesca es de ocho a 10 horas. La pesca se efectúa durante todo el año, aunque llega a ser limitada por las condiciones climáticas.

Los principales equipos de pesca empleados para la captura de tiburón en esta región son las redes de enmalle de nylon con luz de malla entre 84 mm y 300 mm, de 100 m de longitud y 50 mallas de calado. En puerto Madero se cuenta con un registro oficial de 355 redes, de las cuales el 76.9% se utilizan para la captura de tiburón. Las redes de seda con luz de malla entre 250 y 310 mm, de 200 m de largo y 50 mallas de caída registradas son 313, de las cuales el 95.8% son para tiburón únicamente. Las cimbras que se utilizan para la pesca de tiburones grandes son 29.

▼*Tendencias históricas*

A nivel nacional, la producción de tiburón se ubica en la novena posición, aportando el 2.03% de la producción pesquera, con 26,164 t anuales para 1999 (SEMARNAP, 2000). Para 1999 la captura de tiburón-cazón registró una disminución del 21.8% con respecto al año 1996.

La pesca del tiburón en las costas de Chiapas hasta 1980 era una actividad poco desarrollada en la que la producción anual no sobrepasaba las 300 t. Para 1981 la demanda de alimentos de origen marino favoreció su desarrollo, convirtiéndose en un periodo de 16 años en el primer estado productor de tiburón del país con un promedio anual de 3,687 t (1981 - 1996). Sin embargo, para 1999 las capturas han registrado una disminución en un 14% (2,908 t) con respecto al año anterior. Por su volumen de producción este Estado ocupó en 1999 el cuarto lugar, con el 16.03% de la captura del Pacífico mexicano y el 11.11% de la producción nacional de tiburón-cazón (SEPESCA, 1982 - 1995; SEMARNAP, 1996 - 2000) (Fig. 4).

Del análisis de los volúmenes de producción anual de tiburón-cazón en Puerto Madero, Chis., durante el período de 1986 y 1997 se observa que las máximas capturas fueron registradas para los años 1988 y 1989 con 5,022 t y 4,311 t, respectivamente. Sin embargo para los últimos cinco años las capturas han presentado una disminución promedio anual del 46.01%. Durante el período mencionado, la mayor producción pesquera mensual de tiburón y cazón se registró de noviembre a marzo, con producciones de 170 - 279 t en promedio, mostrando picos en febrero y marzo (Fig. 5).

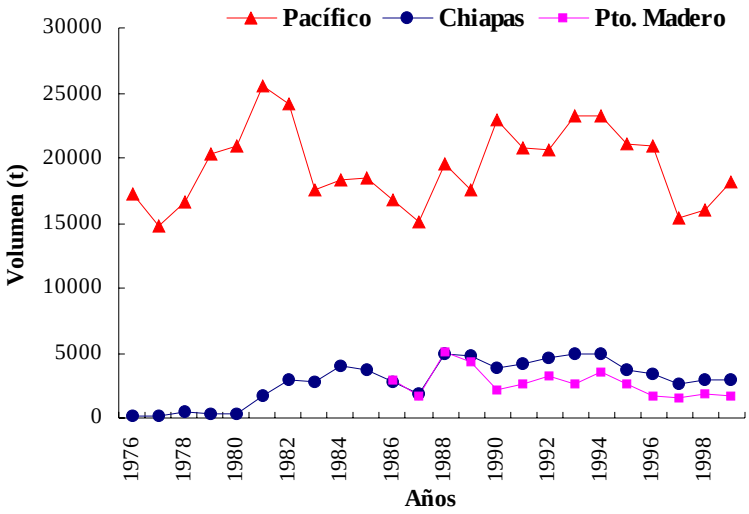


Fig. 4 . Volumen de la producción pesquera de tiburón - cazón.

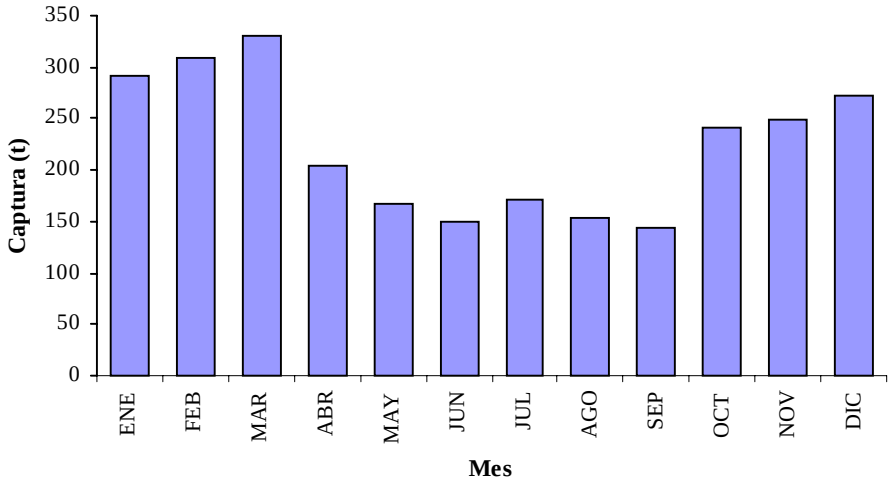


Fig. 5. Volumen de captura mensual promedio de tiburón - cazón en puerto Madero, Chis., durante el periodo 1986-1997.

▼ *Pesca incidental*

Dentro de la fauna de acompañamiento se pesca el huachinango (*Lutjanus* spp.), berrugata (*Scianops* spp.), tacazonte (chihuil), pez vela (*Istiophorus gladius*), cherna (*Epinephelus itajara*), entre otros.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La pesca artesanal de tiburones grandes y pequeños, en el Golfo de Tehuantepec está íntimamente relacionada con la pesca artesanal de peces llamados de escama, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en muchos casos con los mismos equipos y artes de pesca. Generalmente las únicas diferencias entre ellas son la temporada y la zona de pesca.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

En la región no existe una industria instalada propiamente para esta actividad pesquera. La captura es desembarcada directamente en playa y entregada a los permisionarios, quienes cuentan con una zona específica (generalmente un pequeño muelle rústico) en donde se desembarcan las capturas para su eviscerado y fileteado. El cortado y pesado de las capturas se lleva a cabo por lo general en una plancha de concreto bajo la sombra. La mayoría de los permisionarios cuentan con instalaciones de luz eléctrica y de agua. Las aletas de los tiburones son cortadas y puestas a secar en mallas rústicas para su venta posterior.

El número de permisionarios registrados para la captura de escama y tiburón - cazón son 58, de los cuales el 70.7% tienen permiso solo para tiburón. El número de embarcaciones registradas son 300 y de ellas el 88.5% se dedican a la captura de tiburón. Los permisionarios poseen de 1 a 21 lanchas con una capacidad de 1.5 t; ellos le proporcionan al pescador ribereño la embarcación, arte de pesca e insumos de operación (combustible, carnada, hielo, boyas, lámparas, etc.).

El número de pescadores dedicados a la captura de tiburón y escama registrados son 793, de los que el 82.8% participan a la pesca de tiburón. La población beneficiada es de 2,028 personas de las cuales el 85.8% es para la actividad pesquera de tiburón. Entre los puertos de desembarque en Chiapas se encuentran puerto Madero, Mpio. de Tapachula, Las Palmas, Mpio. de Acapetahua y Paredón, Mpio. de Tonalá.

Los permisionarios se encargan de distribuir el producto por vía terrestre en viajes de 15 horas de duración a la Nueva Central de Abastos y Mariscos en la Cd. de México, principal centro de acopio y comercialización del tiburón. De acuerdo a los Anuarios de Pesca de la SEMARNAP, más del 90% de la producción de tiburón y cazón de puerto Madero es utilizada para consumo humano directo en diferentes presentaciones como fresco, congelado y seco - salado.

▼ *Indicadores económicos*

Los productos que se exportan del tiburón son las aletas y pieles principalmente. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, se comercializan en los mercados de Estados Unidos y de Asia. Los mayores exportadores de tiburón son Hong Kong, Japón, China, México y los Estados Unidos. Respecto a los países importadores, la región que mayor cantidad importa es el este de Asia ($133 millones de dólares en 1989), teniendo a Hong Kong y a Singapur como importadores principales, lo que ha propiciado que las aletas alcancen precios muy elevados**.**

Los productos que se exportan del tiburón son las aletas y pieles principalmente. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, se comercializan en los mercados de Estados Unidos y de Asia

A principios de 1997, en las costas de Oaxaca, el precio pagado a los pescadores por kg de aleta de tiburón fue entre $600 a $750, el equivalente a 75 - 90 dólares. Por otra parte, las pieles cuentan con un mercado internacional tanto en los E.U. como en algunos países de Europa. En México, los estados de Yucatán, Sonora y Chiapas son los principales exportadores de pieles, sin embargo se desconoce el número de piezas. Los pescadores comercializan su producto a la iniciativa privada (permisionarios), quien es la que controla la mayor parte del mercado de mariscos del país.

De acuerdo con los datos de la FAO (1996), las exportaciones mundiales de carne de tiburón en diferentes presentaciones se incrementó de 2,203 t en 1985 a 47,686 t en 1994, mientras que las exportaciones se incrementaron de 33,838 t en 1985 a 50,579 t en 1994 (Comité de Fauna, CITES, 1996).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Actualmente no existe reglamentación pesquera para la explotación del recurso tiburón en la región del Golfo de Tehuantepec. Para los litorales del océano Pacífico y Golfo de México, en marzo de 1993 se estableció una moratoria en el otorgamiento de nuevos permisos de pesca comercial de tiburón, con la finalidad principal de no incrementar el esfuerzo pesquero considerando la fragilidad biológica del recurso, mientras no se cuente con un plan de manejo y ordenación para esta pesquería.

En marzo de 1993 se estableció una moratoria en el otorgamiento de nuevos permisos de pesca comercial de tiburón, con la finalidad principal de no incrementar el esfuerzo pesquero

Dentro del Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, se acordó para 1997 la elaboración e implementación de la Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca del Tiburón, que será el instrumento que norme el aprovechamiento racional de este recurso. Actualmente esta NOM se encuentra en proceso de revisión.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ ***Información disponible***

No existen estudios sobre evaluación poblacional de los tiburones en la región del Golfo de Tehuantepec. Los trabajos de investigación que se han realizado hasta ahora sólo han permitido conocer la composición específica de las capturas comerciales, aspectos de su ciclo de vida, el esfuerzo de pesca aplicado para su explotación. Entre ellos se pueden mencionar los trabajos de Virgen *et al.* (1981), Ortiz (1993); Sierra (1995).

A partir del proyecto de investigación científica denominado ***"Descripción, Evaluación y Manejo de la Pesquería Artesanal de Tiburón de Puerto Madero, Chiapas"***, que inició actividades en junio de 1996 con la participación del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar en Puerto Madero, Chis., se ha generado información biológica y pesquera, y como resultado un análisis por especie de estructura de tallas (longitud total, longitud furcal y precaudal), peso individual, estadios de madurez, proporción de sexos, hembras grávidas, tallas de embriones, esfuerzo de pesca y volumen de producción de Chiapas para el periodo 1980-1998. Asimismo, se ha estimado la abundancia por especie, y se han realizado análisis de captura y esfuerzo, tasas de mortalidad natural, por pesca y total; talla de madurez, talla de primera gravidez y un estimado preliminar del coeficiente de capturabilidad (q) (Tabla 3, Apéndice 1).

Tabla 3. Valores de los parámetros del tiburón aleta de cartón *Carcharhinus falciformis*, y el tiburón martillo, *Sphyrna lewini*.

Litoral	Recurso	Crecimiento					Mortalidad		Peso-Longitud		Madurez
		Lα	K	to	Emax	M	F	q	a	b	Epm
Golfo de México	*C. falciformis*	320	0.09	-2.25	30	0.132	0.17, 0.15	0.0000183, 0.0000255	0.00000678	2.94	6
Pacífico	*S. lewini*	340	0.15	-0.99	23	0.181	1.33, 0.798	0.0000264, 0.0000267	0.000458	2.14	5

▼ ***Modelo***

• **Planteamiento**

Dadas sus características, los tiburones son vulnerables a la sobrepesca y la mayoría de los modelos para pesquerías consideran a organismos con un alto potencial reproductivo, madurez sexual alta, crecimiento rápido y con gran número de descendencia, condiciones que no se cumplen en los tiburones (Hoenig y Gruber, 1990).

• **Análisis de Población Virtual**

Los intentos que se han realizado para evaluar las poblaciones de tiburones han producido resultados cuestionables debido a la información insuficiente o el uso de modelos que incorporan supuestos que se refieren más a peces teleósteos que a tiburones (Anderson, 1990). En este estudio se aplicó un análisis de población virtual (APV) con la finalidad de conocer el efecto de la explotación sobre los grupos de tallas que componen la población y un análisis preliminar sobre el estado actual de las abundancias N, sobrevivencia y su biomasa anual promedio B. Para el (APV) se utilizó la información sobre capturas y tallas desglosada por especie para el año de 1997, de las cuales se seleccionaron *C. falciformis y S. lewini* por ser las dos especies más abundantes y por lo mismo la información es más completa. La metodología que se aplicó es la propuesta por Jones (1984, citado por Sparre y Venema, 1995), la cual está desarrollada para utilizar la estructura de tallas de la población y sus capturas respectivas, los requerimientos básicos adicionales al modelo es conocer estimados independientes de la mortalidad natural (M). Esta última se estimó a través de la ecuación propuesta por Hoenig (1983). Los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (Lα y K), fueron tomados para estas especies de Bonfil (1993) y Anislado (1995) y se calculó la razón de explotación F/Z para el intervalo de talla o grupo de edad mayor (Apéndice 1).

• **Análisis Demográfico** (Apéndice 1)

Otro método utilizado fue el análisis demográfico, en el cual la mortalidad a edades específicas, las tasas de natalidad, fecundidad y longevidad (Cailliet *et al.*, 1992) son combinadas para producir estimaciones de la tasa neta reproductiva por generación (*Ro*) que indica el número de hijos hembra que reemplazarán a cada hembra por generación, el tiempo generacional (*G*) que es una estimación del tiempo teórico que transcurre desde que los padres nacen hasta que tienen hijos; la tasa intrínseca (instantánea) de incremento de la población (*r*) y el tiempo teórico de duplicidad de la población (tx^2) que es el tiempo en el que la población pudiera duplicarse siempre y cuando r sea positivo (Krebs, 1986). Asimismo, se estiman parámetros incorporando índices de mortalidad por pesca F, que permitan simular su efecto a diferentes

edades de primera captura (*Epc*). Este tipo de análisis se utiliza cuando se tiene una carencia general de series históricas de datos de captura y esfuerzo por especie, como es el caso de la pesca artesanal de tiburón en México, lo que permitirá determinar si una población se incrementará o disminuirá y dar un diagnóstico de qué tan susceptible puede ser la población a una explotación sin un manejo adecuado de la pesquería.

Se llevó a cabo un análisis demográfico para el tiburón aleta de cartón, *C. falciformis*, y el tiburón martillo, *S. lewini*, utilizando datos biológicos tales como reproducción, edad de primera madurez (*Emad*), fecundidad, edad máxima (*Emax*), proporción sexual, mortalidad natural (M), información sobre edad y crecimiento; la estimación de mortalidad total (Z) y la mortalidad por pesca (F). El valor de los parámetros utilizados para el análisis demográfico se resume en la *tabla 3*.

El modelo demográfico permite simular la variación de la tasa neta reproductiva *Ro*, o de la tasa de incremento poblacional *r* como una medida del vigor demográfico de la población (Krebs, 1985; Hoenig y Gruber, 1990) a diferentes mortalidades y edad de primera captura**.**

Los parámetros demográficos fueron estimados a diferentes escenarios. La primera estimación se realizó utilizando la mortalidad natural (M) como el único evento que afecta a la sobrevivencia, el cual se ha llamado escenario natural. La segunda estimación consistió en incorporar valores de mortalidad por pesca (F) calculados a partir de las capturas 1997 y 1998, los cuales fueron considerados como los escenarios del estado actual de la población.

Una vez determinado el estado actual de la población se procedió a incorporar una mortalidad por pesca variable que permite simular el efecto de una disminución o aumento del esfuerzo de pesca sobre la población. Asimismo, se muestran los escenarios que incorporan un cambio en la *Epc* para simular modificación en el arte de pesca.

• **Supuestos:**

- Tabla de Vida:

  · Distribución estable por edades de la población.
  · La supervivencia anual de los tiburones a partir de la edad de primera captura (i_{pc}) está dada por e^{-M-F}.
  · Proceso de fecundidad y mortalidad no son afectados por la densidad de la población.
  · El éxito reproductivo de las hembras no depende del número de machos de la población y éstos parámetros son estacionarios en el tiempo.
  · La sobrevivencia es constante para todos los grupos de edad considerando que después que alcanzan una talla de aproximadamente 100 cm LT la depredación de estas especies es mínima.
  · No se toman en cuenta la inmigración o emigración.
  · La proporción sexual igual 1:1.
  · La estimación de los parámetros demográficos se lleva a cabo de forma determinística.

• **Modelo dinámico** (Apéndice 1)

  · El número de sobrevivientes de un año dado depende de los sobrevivientes del año anterior.
  · El coeficiente de mortalidad natural (M) es constante para todos los grupos de edad y en todos los años.
  · En ambos modelos se supone que se trata de una sola población para *C. falciformis* y una sola población para *S. lewini* en el Golfo de Tehuantepec.

▼ *Estado actual de la pesquería de tiburón*

• **Análisis de Población Virtual** (Apéndice 1)

- ***Carcharhinus falciformis***

Para la estimación de sobrevivencia a través del APV se utilizaron los valores de M = 0.132 y una razón de explotación de F/Z = 0.57. En la *figura 6* se presenta el número de individuos que sobreviven a cada intervalo de talla dando una abundancia del grupo inicial (No) por arriba de los 181,000 individuos, valor que se considera subestimado, ya que la mortalidad natural se ha considerado como constante y es claro que durante los primeros años de vida ésta es mayor.

En cuanto a la mortalidad por pesca, como se muestra en la misma gráfica, ésta impacta principalmente en los grupos de talla desde 130 cm hasta los 210 cm, con tasas mayores a 0.15 y máxima de 0.193. El impacto primordial de la explotación está siendo soportado por grupos de tallas menores a la talla de primer madurez (178 cm LT). La biomasa promedio anual estimada para *C. falciformis* fue de 8,124 t.

El comportamiento de la abundancia promedio (N) por tallas y su biomasa promedio correspondiente se presenta en la *figura 7*.

- ***Sphyrna lewini***

El estimado de sobrevivencia para esta especie con base en una razón de explotación inicial de 0.88 y una mortalidad natural constante de M = 0.181 se presenta en la *figura 8*. El número de individuos a cada intervalo de talla llevan a un valor del grupo inicial (No) de alrededor de los 147,000 individuos, valor que como en la especie anterior, se considera subestimado por la mortalidad natural constante que se asumió.

Con relación a la mortalidad por pesca por grupo de talla, como se muestra en la misma gráfica, ésta impacta principalmente sobre los grupos desde los 50 cm hasta los 110 cm, con tasas máximas en los grupos de talla 40 - 60 con una F = 1.48 y el grupo 60 - 80 con una F = 0.89, reflejándose en la caída del

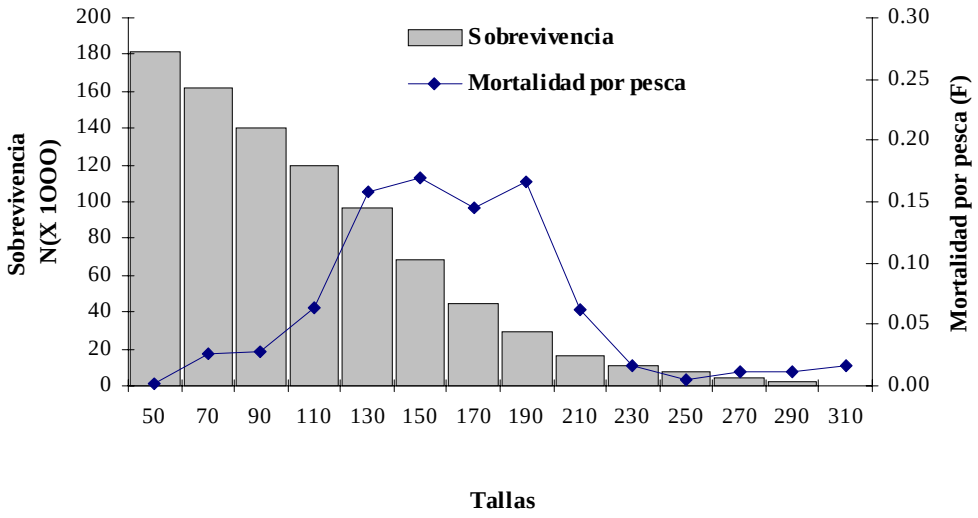


Fig. 6. Sobrevivencia y mortalidad por pesca de *Carcharhinus falciformis*, tiburón aleta de cartón, durante 1997.

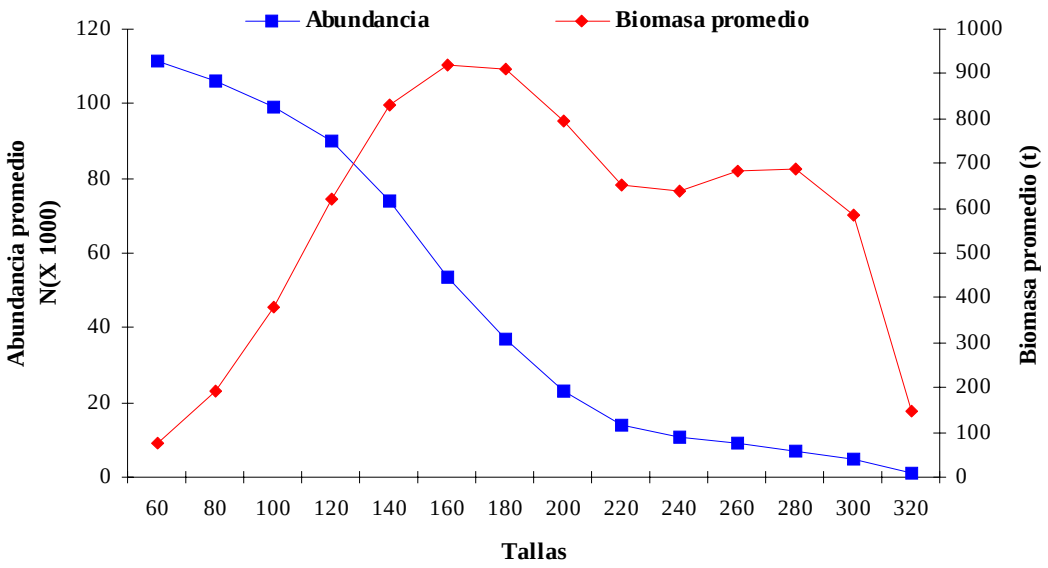


Fig. 7. Distribución de la abundancia y biomasa promedio por longitud de *Carcharhinus falciformis* para 1997.

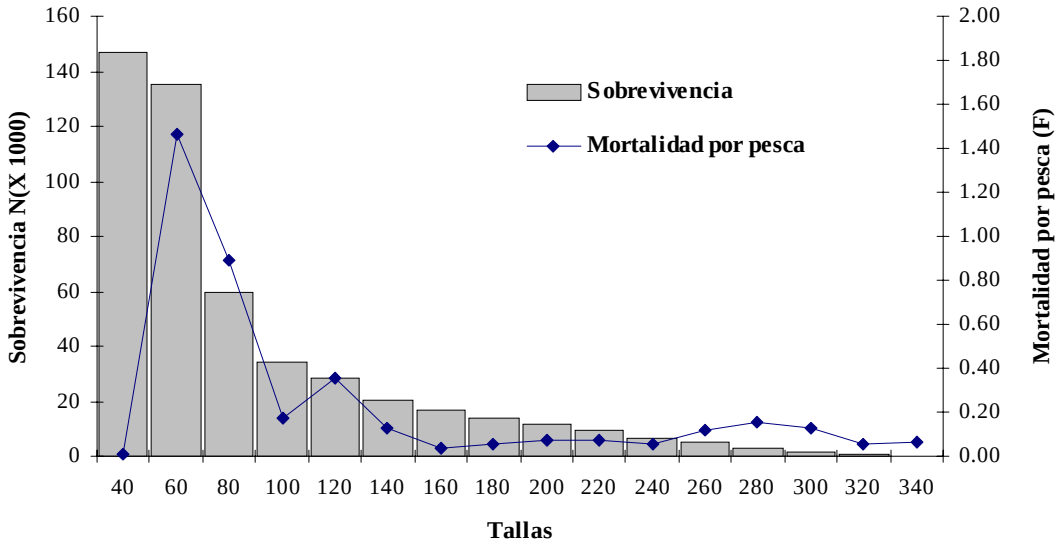


Fig. 8. Sobrevivencia y Mortalidad por pesca de *Sphyrna lewini*, tiburón martillo, durante 1997.

número de individuos de estos grupos al siguiente. Para esta especie fue más evidente que el impacto de la explotación está siendo soportado por grupos de tallas menores a la talla de primera madurez (100 cm LT) y transformando las tallas a edades, la explotación está soportada por los grupos de edad 0, 1 y 2.

La biomasa promedio anual estimada para *S. lewini* es de 2,466.3 t. El comportamiento de la abundancia promedio (N) por tallas y su biomasa promedio correspondiente se presenta en la *figura 9*.

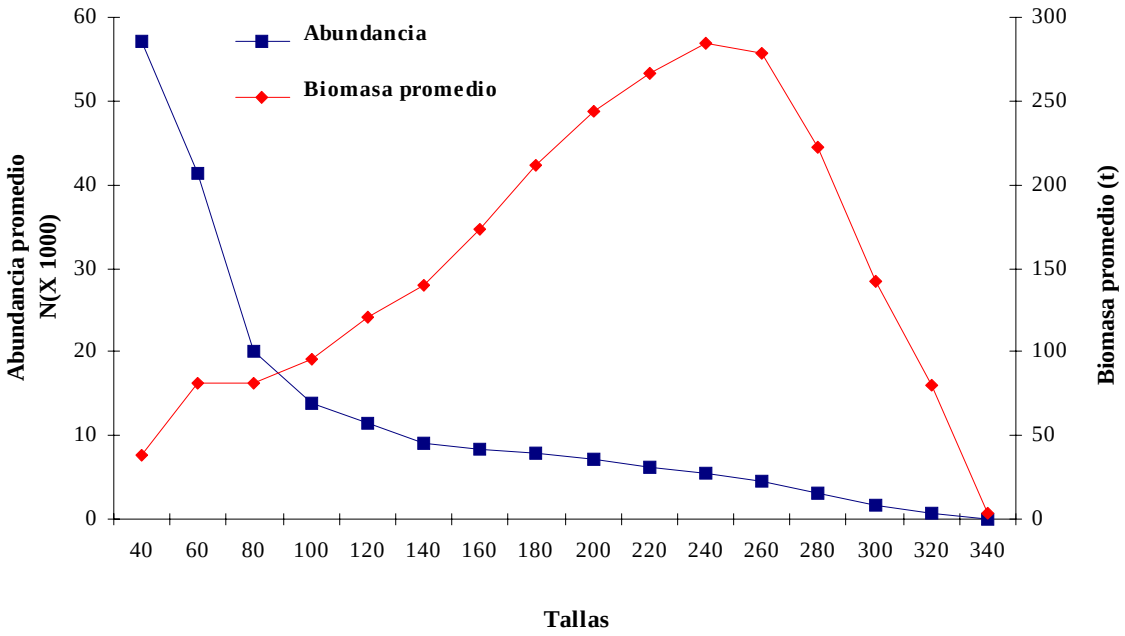


Fig. 9. Distribución de la abundancia y biomasa promedio por longitud de *Sphyrna lewini* para 1997.

- **Análisis Demográfico**

  - ***Carcharhinus falciformis***

Se estimó en condiciones naturales (escenario natural), que la población se puede incrementar en un 16.3% al año (*r*) con una tasa neta reproductiva (*Ro*) de 7.83 y se pudiera duplicar cada 4 años (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de los parámetros demográficos para el escenario natural (M = 0.1316) del tiburón aleta de cartón, *C. falciformis* y del tiburón martillo (M = 0.181).

Especie	Ro	G	rm	recálculo de r	e^r	i=ln2/r	M
Carcharhinus falciformis	7.836	19.778	0.045	0.163	1.177	4.247	0.1316
Sphyrna lewini	19.388	15.969	0.081	0.250	1.284	2.777	0.18

La estimación de los parámetros en condiciones de explotación para 1997 y 1998 con tasas de mortalidad por pesca de 0.174 y 0.149 respectivamente, indican que la población actualmente se está incrementando (*r*) entre el 3% y el 5% al año y el tiempo de duplicación de la población es de 20.6 a 13.5 años. Se observa que a un valor de F = 0.174 y F = 0.149 la tasa reproductiva neta (*Ro*) presenta un decremento como efecto de Epc < Epm (Tabla 5).

De los escenarios bajo explotación se estimaron los parámetros demográficos variando la mortalidad por pesca desde F = 0.1 hasta 0.26, cuyos valores están representados verticalmente en la *tabla 5*. En la misma se muestran los escenarios de la variación de la *Epc* de forma horizontal (*Epc* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8,

Tabla 5. Resultado de las simulaciones del análisis demográfico del tiburón aleta de cartón , *C. falciformis* con variaciones de F (F = 0.1, 0.14, 0.149*, 0.174*, 0.18, 0.22, 0.26) a diferentes *Epc* (*Epc* = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9).

Epc	1	2	3	4	5	6	8	9
F=0.1								
Ro	2.778	3.070	3.393	3.750	4.144	4.580	5.062	5.594
G	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988	17.988
rm	0.025	0.027	0.029	0.032	0.034	0.037	0.039	0.042
recalculo de r	0.086	0.096	0.105	0.114	0.124	0.134	0.145	0.152
e^r	1.090	1.100	1.111	1.121	1.132	1.144	1.156	1.164
i=ln2/r	8.019	7.256	6.610	6.056	5.577	5.159	4.791	4.562
F=0.14								
Ro	1.856	2.135	2.456	2.825	3.249	3.737	4.299	4.945
G	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281	17.281
rm	0.016	0.019	0.023	0.026	0.030	0.033	0.037	0.040
recalculo de r	0.057	0.069	0.082	0.095	0.109	0.123	0.138	0.148
e^r	1.059	1.072	1.086	1.100	1.115	1.131	1.147	1.159
i=ln2/r	12.076	9.979	8.446	7.282	6.369	5.638	5.040	4.692
F=0.149 * (1998)								
Ro	1.696	1.969	2.285	2.653	3.079	3.573	4.148	4.814
G	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124	17.124
rm	0.013	0.017	0.021	0.025	0.029	0.032	0.036	0.040
recalculo de r	0.051	0.064	0.077	0.091	0.105	0.120	0.136	0.147
e^r	1.052	1.066	1.080	1.095	1.111	1.128	1.146	1.158
i=ln2/r	13.585	10.882	9.004	7.627	6.579	5.758	5.098	4.722
F=0.174 * (1997)								
Ro	1.324	1.576	1.875	2.232	2.656	3.160	3.761	4.476
G	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692	16.692
rm	0.007	0.012	0.016	0.021	0.025	0.030	0.034	0.039
recalculo de r	0.034	0.048	0.063	0.079	0.096	0.113	0.132	0.144
e^r	1.034	1.049	1.065	1.082	1.100	1.120	1.141	1.155
i=ln2/r	20.604	14.476	11.005	8.781	7.241	6.119	5.267	4.805
F=0.18								
Ro	1.248	1.494	1.789	2.142	2.564	3.070	3.675	4.400
G	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589	16.589
rm	0.006	0.011	0.015	0.020	0.025	0.029	0.034	0.039
recalculo de r	0.030	0.044	0.060	0.076	0.093	0.112	0.131	0.144
e^r	1.030	1.045	1.061	1.079	1.098	1.118	1.139	1.154
i=ln2/r	23.460	15.706	11.620	9.110	7.420	6.212	5.309	4.825
F=0.22								
Ro	0.845	1.053	1.312	1.635	2.037	2.538	3.163	3.941
G	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917	15.917
rm	-0.005	0.001	0.007	0.013	0.019	0.025	0.031	0.037
recalculo de r	0.003	0.020	0.038	0.057	0.078	0.100	0.124	0.140
e^r	1.003	1.020	1.038	1.059	1.081	1.105	1.132	1.150
i=ln2/r	229.471	35.288	18.392	12.123	8.879	6.911	5.602	4.961
F=0.26								
Ro	0.576	0.747	0.968	1.256	1.629	2.112	2.740	3.553
G	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270	15.270
rm	-0.016	-0.008	-0.001	0.006	0.014	0.021	0.029	0.036
recalculo de r	-0.022	-0.004	0.016	0.038	0.063	0.089	0.117	0.136
e^r	0.978	0.996	1.016	1.039	1.065	1.093	1.124	1.146
i=ln2/r	-31.367	-176.901	42.677	18.011	11.038	7.783	5.920	5.098

* Estado actual de la población

9). Los resultados indicaron que la población podría disminuir desde un 2% hasta lograr un incremento del 15% al año, y la tasa neta reproductiva (*Ro*) presenta un intervalo de 0.5 a 5.5 y el tiempo de duplicidad (tx^2) entre -31.4 a 4.6 años.

- ***Sphyrna lewini***

Para el tiburón martillo, *S. lewini*, en condiciones naturales (escenario natural), la población se puede incrementar en un 25% al año (*r*) con una tasa reproductiva neta (*Ro*) de 19.4 y se pudiera duplicar cada 2.8 años (tx^2) con una mortalidad natural de 0.18 (Tabla 4).

La estimación de los parámetros en condiciones de explotación para 1997 y 1998 con tasas de mortalidad por pesca de 1.33 y 0.798 respectivamente, indican que la población actualmente está disminuyendo en un 6% al año (*r*) y la tasa neta reproductiva (*Ro*) presentó un rango de 0.000007 a 0.001. Se observa que la *Ro* presenta un decremento como efecto de que la Epc < Epm (Tabla 6).

Para el caso de *S. lewini* se elaboraron escenarios bajo explotación, estimándose los parámetros demográficos variando la mortalidad por pesca desde F = 0.4 hasta 2.0. Los valores están representados verticalmente en la *tabla 6*. En la misma se muestran los escenarios de la variación de la *Epc* de forma horizontal (*Epc* = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9). Los resultados indicaron que la población presenta una drástica disminución en aquéllos escenarios en donde los valores de F son altos y la *Epc* varia de 0 - 5 años. Únicamente se observa un incremento (*r*) del 1 al 8% al año si la población fuera explotada a la edad de primera captura *Epc* = ó > 6 con F < 1.33, dando valores de *Ro* > 1 (1.0 a 1.8) y el tiempo de duplicidad (tx^2) entre 42.2 a 8.4 años.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

En su estado actual sin ningún ordenamiento, la flota artesanal captura organismos de *C. falciformis* y *S. lewini* por arriba del 80% inmaduros, siendo más crítico en la segunda especie. En el caso de *C. falciformis* la mortalidad por pesca (F = 0.15 hasta F = 0.193) impacta en los grupos por debajo de la talla de madurez de 170 cm LT, mientras que para *S. lewini* los grupos menores a la talla de madurez de 100 cm LT (F = 1.49 y F = 0.89) son los que soportan el mayor impacto de la explotación. Los estudios de APV reafirman lo antedicho ya que, las tasas de mortalidad por pesca sobre los grupos de longitud menores presentan valores máximos.

La pesca artesanal impacta a los grupos por debajo de las tallas de primera madurez tanto para C. falciformis como para S. lewini

Los resultados del modelo demográfico demuestran que para *C. falciformis* la población se incrementa en un 5% anual a una de *Epc* = 1. Una edad de primera captura por debajo de la *Epm* no permitirá que la población se reemplace por sí misma y si se continúa aumentando el esfuerzo, aplicando una F mayor, la r disminuirá. En análisis demográficos realizados en especies de tiburón como *Negaprion brevirostris* (Ro = 1.22, G = 16.4, r = 0.012), *Carcharhinus obscurus* (Ro = 2.11, G = 26.8, r = 0.028) y *C. limbatus* (Ro = 1.93, G = 9.5, r = 0.072) (Cortés, 1998), y *Carcharhinus plumbeus* en el Atlántico Norte Occidental (Ro = 1.06, G = 21.1, r = 0.003) (Sminkey y Musick, 1996), se ha concluido que las poblaciones declinan drásticamente bajo mortalidades de pesca intensas sobre organismos inmaduros y que los organismos maduros que soportan bajas tasas de explotación.

Tabla 6. Resultado de las simulaciones del análisis demográfico del tiburón martillo, *S. lewini* con variaciones de F (F = 0.4, 0.798*, 0.8, 1.2, 1.33*, 1.6, 2.0) a diferentes *Epc* (*Epc* = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9).

Epc	0	1	2	3	4	5	6	7	9
F=0.4									
Ro	0.134	0.263097	0.586	1.303	1.944	2.900	4.327	6.118	8.288
G	12.649	11.315	11.315	11.315	11.315	11.315	11.315	11.641	12.204
rm	-0.069	-0.051	-0.021	0.010	0.026	0.041	0.056	0.068	0.075
recalculo de r	-0.128	-0.100	-0.044	0.024	0.064	0.109	0.157	0.194	0.219
e^r	0.880	0.905	0.957	1.025	1.066	1.115	1.170	1.214	1.245
i=ln2/r	-5.399	-6.926	-15.731	28.562	10.767	6.377	4.417	3.575	3.160
F=0.798 * (1998)									
Ro	0.001	0.0067	0.033	0.162	0.360	0.800	1.776	3.109	4.824
G	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.247	7.743	8.465
rm	-0.396	-0.300	-0.205	-0.109	-0.061	-0.013	0.034	0.064	0.081
recalculo de r	-0.628	-0.509	-0.379	-0.224	-0.133	-0.030	0.082	0.154	0.199
e^r	0.673	0.741	0.815	0.897	0.941	0.987	1.035	1.066	1.084
i=ln2/r	-1.751	-2.309	-3.387	-6.359	-11.328	-51.813	20.129	10.894	8.586
F=0.8									
Ro	0.001	0.006795	0.034	0.167	0.371	0.826	1.837	3.250	5.145
G	8.639	7.795	7.795	7.795	7.795	7.795	7.795	8.413	9.366
rm	-0.328	-0.278	-0.189	-0.100	-0.055	-0.011	0.034	0.061	0.076
recalculo de r	-0.392	-0.359	-0.278	-0.178	-0.111	-0.024	0.083	0.155	0.200
e^r	0.676	0.699	0.757	0.837	0.895	0.976	1.086	1.167	1.221
i=ln2/r	-1.770	-1.932	-2.494	-3.888	-6.235	-28.848	8.372	4.479	3.473
F=1.2									
Ro	0.000025	0.000271	0.003	0.033	0.110	0.364	1.207	2.420	4.080
G	6.630	6.392	6.392	6.392	6.392	6.392	6.392	7.042	7.988
rm	-0.694	-0.558	-0.395	-0.232	-0.150	-0.069	0.013	0.054	0.076
recalculo de r	-0.640	-0.594	-0.360	-0.360	-0.276	-0.148	0.030	0.130	0.187
e^r	0.527	0.552	0.698	0.698	0.759	0.863	1.030	1.139	1.206
i=ln2/r	-1.083	-1.167	-1.926	-1.926	-2.513	-4.694	23.334	5.337	3.698
F=1.33 * (1997)									
Ro	0.000007	0.000099	0.001	0.020	0.077	0.292	1.106	2.282	3.895
G	6.699	6.175	6.175	6.175	6.175	6.175	6.175	6.822	7.743
rm	-0.768	-0.649	-0.461	-0.274	-0.180	-0.087	0.007	0.053	0.076
recalculo de r	-0.671	-0.670	-0.550	-0.417	-0.328	-0.186	0.016	0.124	0.185
e^r	0.511	0.512	0.577	0.659	0.720	0.830	1.017	1.132	1.203
i=ln2/r	-1.033	-1.035	-1.261	-1.663	-2.113	-3.719	42.169	5.590	3.755
F=1.6									
Ro	0.0000005	0.0000133	0.00033	0.008	0.040	0.196	0.970	2.095	3.640
G	5.946	5.899	5.899	5.899	5.899	5.899	5.899	6.541	7.419
rm	-1.054	-0.827	-0.591	-0.356	-0.238	-0.120	-0.002	0.049	0.076
recalculo de r	-0.887	-0.824	-0.682	-0.530	-0.432	-0.262	-0.005	0.115	0.180
e^r	0.412	0.439	0.506	0.589	0.649	0.770	0.995	1.121	1.197
i=ln2/r	-0.782	-0.841	-1.017	-1.309	-1.606	-2.648	-132.193	6.048	3.850
F=2.0									
Ro	0.000000013	0.0000007	0.000039	0.002	0.016	0.116	0.854	1.937	3.425
G	5.695	5.688	5.688	5.688	5.688	5.688	5.688	6.331	7.172
rm	-1.385	-1.081	-0.776	-0.470	-0.317	-0.165	-0.012	0.045	0.075
recalculo de r	-1.134	-1.053	-0.877	-0.694	-0.582	-0.367	-0.028	0.105	0.175
e^r	0.322	0.349	0.416	0.500	0.559	0.693	0.973	1.111	1.192
i=ln2/r	-0.611	-0.658	-0.791	-0.999	-1.191	-1.891	-25.061	6.590	3.950

* Estado actual de la población

La región del Golfo de Tehuantepec es una zona importante debido a las características oceanográficas que posee, ya que presenta una alta productividad y por lo tanto una mayor disponibilidad de alimento. Es una región de agregación de hembras grávidas; se considera que solo se está pescando una fracción de estos organismos ya que el mayor porcentaje se encuentra en aguas de Centroamérica. Es importante aclarar que como solo una fracción de la población del Pacifico oriental se está pescando, los resultados para ambas especies, *C. falciformis* y *S. lewini*, se limitan al área del Golfo de Tehuantepec.

La producción en el estado de Chiapas y Puerto Madero, Chis., en los últimos cinco años ha presentado una disminución del 38 % y 46% en promedio, respectivamente. Esto es debido, entre otros factores, a la degradación de su hábitat, cambios climáticos, y la pesca intensiva del recurso. *C. falciformis* es considerada una especie sensible a intensos y prolongados regímenes de pesca, por lo tanto se recomienda manejarse con un enfoque precautorio: no incrementar el esfuerzo de pesca y reducir la mortalidad por pesca en las épocas de alumbramiento y crianza.

Para la especie de tiburón martillo, *S. lewini*, los resultados indican que la tasa neta reproductiva se encuentra alrededor de 0.003 y la tasa de incremento de la población actualmente es negativa de –62% presentando una población en franco decremento lo que se ve reflejado más drásticamente si se consideran los valores del escenario natural *Ro* = 19.4 y una *r* = 25% anual.

Con el objetivo de revertir los efectos de la explotación sobre la población o de detener su deterioro, se recomiendan tres posibles vías para las especies antes mencionadas:

Reducción del esfuerzo de pesca
Incremento de la talla o edad de primera captura
Una combinación de ambas

Los escenarios planteados en este estudio para la especie *C. falciformis* (Figs. 5 y 7) apuntan qué medidas de manejo son las mas recomendables para el recurso. Para ello es necesario aumentar la tasa de crecimiento de la población de tiburón aleta de cartón y a la vez obtener un excedente para explotación sin dañar el nivel actual de la población. Es necesario tomar medidas dirigidas a valores de *Ro* (7.8) y *r* (16.3% anual) estimados para el escenario natural o considerar por lo menos los valores promedio entre el escenario natural y el estado actual de 5.6 y 12.7% anual, respectivamente. Para permitir un manejo adecuado de esta especie y asegurar que dichos niveles de producción se mantengan en un nivel aceptable se recomienda: Primero reducir el esfuerzo a valores por abajo de F actual (0.149) y segundo modificar el arte de pesca con la finalidad de aumentar la edad de primera captura (*Epc*), lo que situaría a los escenarios de Epc > 5 con un valor de *Ro* > 3 y un valor de r > 10% como la medida mas recomendable.

Con el objetivo de revertir los efectos de la explotación sobre la población o de detener su deterioro, se recomienda: la reducción del esfuerzo de pesca y el incremento de la talla o edad de primera captura

Al igual que en el caso de la primera especie, para el tiburón martillo se recomienda tomar medidas dirigidas hacia los valores obtenidos en el escenario natural o considerar por lo menos los valores promedio entre el escenario natural y el estado actual de 9.69 y 18.9% anual respectivamente. Para evitar que la población siga disminuyendo se recomienda reducir el esfuerzo a valores por abajo de F actual (0.798), además de modificar el arte de pesca con la finalidad de aumentar la edad de primera captura (*Epc*) lo que situaría a los escenarios de Epc >3 con un valor de Ro>=1 y un valor de r positivo. Y de continuar en el mismo nivel de explotación lo recomendable sería situar a escenarios de *Epc*=6 para permitir un incremento de la población por lo menos a un 8% anual.

El implementar una medida sobre la reducción del esfuerzo implicaría un impacto de tipo socio-económico en el sector dedicado a esta actividad pesquera principalmente. En el caso de establecer un incremento de la talla o edad de primera captura implicaría modificación en el arte de pesca hasta ahora utilizados.

Con la finalidad de conocer los vectores de captura y esfuerzo es necesario que se lleven a cabo las siguientes acciones que permitan el ordenamiento de la pesquería:

1) Conocer el esfuerzo pesquero aplicado en las pesquerías ribereñas, de mediana altura y oceánica, caracterizando las unidades de pesca y los equipos y artes de pesca que se emplean en la captura de tiburones.

2) Mejorar el sistema de registro y acopio de las estadísticas de captura y esfuerzo de estas pesquerías, desglosando éstas por especie, mediante el establecimiento de una clave o guía de identificación dirigida a toda aquella persona dedicada a la pesca de tiburones.

3) Mantener el esfuerzo pesquero en su nivel actual, hasta contar con un plan de regulación y manejo de la pesquería, a fin de evitar que continuen incrementando las capturas y poner en riesgo al recurso. Este principio se conoce como el enfoque precautorio de la FAO (1995) para una pesca responsable.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Desde 1996 el INP ha iniciado una estrategia de cooperación en materia de investigación pesquera y biológica sobre tiburones con la Unidad de Estudios Científicos y Tecnológicos del Mar (UECyTM) a través del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar en Puerto Madero, Chiapas, en donde se lleva a cabo el proyecto de investigación científica denominado ***"Descripción, Evaluación y Manejo de la Pesquería Artesanal de Tiburón de Puerto Madero, Chiapas"*** a partir de junio de 1996.

Los tiburones grandes costeros y oceánicos realizan extensos movimientos migratorios que abarcan de E.U. a Guatemala y el Salvador. Esto implica que para poder entender la dinámica poblacional de estas especies es necesario reunir y conocer la información pesquera y biológica en todo su rango de distribución geográfica. Con ese objetivo el INP estableció en 1996 de forma conjunta con el Centro del Suroeste de Ciencias Pesqueras de La Jolla del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de los E.U. (SWFC de la NMFS) el grupo de trabajo sobre tiburones dentro del marco de cooperación MEXUS-PACIFICO.

Desde julio de 1996, se participa en cruceros de investigación conjunto INP-NMFS con el objetivo de determinar los índices de abundancia de tiburones oceánicos en aguas costeras adyacentes a la frontera de México-E.U.

Recientemente se estableció un convenio de colaboración bilateral con Guatemala el cual ha permitido establecer un programa conjunto, iniciado en octubre de 1996 con la capacitación de investigadores y técnicos guatemaltecos en materia de investigación pesquera de elasmobranquios (tiburones y rayas). Asimismo en junio de 1997 se inició el análisis conjunto de la información pesquera y biológica de los tiburones que se pescan en aguas territoriales de Guatemala. Para 1998 y 1999 esta cooperación se extendió a otros países centroamericanos como El Salvador y Costa Rica, permitiendo tener una visión regional de la pesca de tiburones en Centroamérica.

En septiembre de 1999 se estableció un convenio con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) para realizar el proyecto denominado **"Elasmobranquios del Golfo de Tehuantepec, Litoral Chiapaneco",** el cual tendrá una duración de 12 meses y como objetivo conocer la diversidad de peces elasmobranquios marinos (tiburones y rayas) que habitan las aguas costeras del Golfo de Tehuantepec, Chis.

REFERENCIAS

Anderson E., D. 1990. Estimates of the large shark catches in the western Atlantic and Gulf of México, 1960-1986. *En*: H. L. Pratt, Jr., S. H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. U. S. Dep.Commer. NOAA Tech.Rep. NMFS 90. p. 443-454.

Anislado T., V. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834), en el Pacífico central mexicano. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Bonfil S., R.; R. Mena & D. de Anda. (1993). Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis,* from the Campeche Bank, Mexico. Conservation Biology of Elasmobranchs. NOAA Technical Report. NMFS 115.

Bonfil S., R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO fisheries technical paper 341.

Castillo G., J. L. 1990. Contribución al conocimiento de la biología y pesquería del cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio* (Jordan & Gilbert 1882) (Elasmobranchii, Carcharhinidae), del sur de Sinaloa. Tesis de Biología. Fac. de Ciencias, UNAM, México.

Cailliet G., M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 183-193.

CITES, 1996. Biological and trade status of sharks. Report of the CITES Animals Committee (Pursuant to Resolution Conference 9.17). 42 p.

Castro J. 1983. The sharks of north American waters. Texas A & M University press. Texas, E.U. 180 p.

Compagno L., J. V. 1984. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of shark species known to date. Part 2, Carcharhiniformes. FAO Fish Synop. 125 (4): 251-655.

Hernández C., A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México. 123 p.

Hoenig J., M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. 82: 898-903.

Hoenig J., M. & S. H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *En:* Pratt, H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Krebs C., J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. Harper and Row, New York.

Macías S., G. 1995. Análisis de la información estadística del recurso tiburón a nivel nacional e internacional (período 1978-1987). Tesis de Lic. en Admon de Rec. Mar. Fac. Ciencias Marinas de la Universidad de Colima, México.

Márquez-Farias J., F. & Castillo-Géniz, J. L. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. Fish. Res 39:183-198.

Márquez-Farias J., F.; J.L. Castillo-Géniz, & Ma. C. Rodríguez de la Cruz 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el sureste del Golfo de México. Ciencias Marinas 24(1):13-34.

Ortiz S., C. 1993. Historia de la Pesca de Tiburones en Puerto Madero, Chiapas. Centro de Invest. y Est. Sup. en Antropología Social, Secretaría de Educación Pública. México 41 pag.

Pratt H., L. & J. G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. *En:* H. L. Pratt, Jr.,S.H.Gruber, & T. Taniuchi (eds). Elasmobranch as living resource: advances in the biology, ecology, systematics and the status of fisheries. U.S. Dept. Commerce, NOAA technical Report NMFS 90.p.97-108.

Rodríguez de la Cruz Ma. C., J. L. Castillo-Geniz & J. F. Márquez-Farías. 1996. Evaluación de la Pesquería de Tiburón del Golfo de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Informe del Proyecto de Investigación 116002-5-13134N-9206. 199 pp.

SEMARNAP. 1994-1998. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, México.

SEPESCA. 1982-1993. Anuarios Estadísticos. Secretaría de Pesca, México.

Sierra R., P. 1995. Análisis preliminar de la pesquería del tiburón en Puerto Madero, Chiapas, 1994. CRIP Salina Cruz. Informe Final del Proyecto. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Sparre, P. & Venema, S. C. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual. FAO Fisheries Technical Paper 306.1, Rev. 1. Rome, 376 p.

Virgen A., J., E. González, H.C. Severino & S.E. Cruz. 1981. Pesca exploratoria y experimental de tiburón en los litorales de Oaxaca y Chiapas. Ser. Tecnol. Inst. Nal. Pesca 21: 1-10.

APENDICE 1

- **Análisis de Población Virtual**

En primer instancia el vector de tallas es convertido a edades relativas a través de la ecuación inversa de von Bertalanffy y de este nuevo vector se obtiene el tiempo requerido para crecer desde un intervalo de talla al siguiente (Δt), siendo ésta una variable que permite estimar la fracción que sobrevive al final de cada periodo del intervalo de talla e inicio del siguiente a través de M y es citado como factor de mortalidad natural (Sparre y Venema, 1997).

$$Factor\ de\ M = \exp\left((M*\Delta t)/2\right) \quad \text{.....(1)}$$

El tamaño de la población sobreviviente por intervalo de talla N_{Li} es entonces estimado de forma secuencial desde el grupo de edad o talla más viejo hasta el más joven como:

$$N_{Lmayor} = C_{\mathrm{Im}ayor}/\left(F/Z\right) \quad \text{.....(2)}$$

para el grupo de talla mayor, y

$$N_{Li} = \left[N_{i+1} * \exp\left((M*\Delta t)/2\right) + CLi\right] * \exp\left((M*\Delta t)/2\right) \quad \text{.....(3)}$$

para los demás grupos, donde: *Li* es el grupo de talla.

El como está impactando la mortalidad por pesca (F) sobre cada grupo de talla se obtiene a través del estimado preliminar de la tasa explotación de cada grupo como

$$F_{Li} = \left(M * \left(F/Z\right)_{Li}\right)/\left(1-\left(F/Z\right)_{Li}\right) \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$$\left(F/Z\right)_{Li} = C_{Li}/\left(N_{Li} - N_{Li+}\right) \quad \text{.....(5)}$$

- **Análisis demográfico**

  - **Tabla de vida**

La tasa instantánea de mortalidad natural (M), fue calculada utilizando la ecuación de regresión propuesta por Hoenig (1983) para especies de tiburones grandes.

$$Z = \exp\left(0.941 - 0.873 \ln\left(E_{\max}\right)\right) \quad \text{.....(6)}$$

la cual permite calcular la mortalidad total *Z* como una función de la longevidad *Emax* en años, suponiendo que si la población se encuentra en equilibrio o ligeramente explotada, entonces *Z* puede ser aproximadamente igual a *M*.

La estimación de mortalidad total (Z) se estimó con el método de Beverton y Holt (1956, en Krebs, 1995).

$$Z = K\left(L_{\infty} - \overline{L}\right)/\overline{L} - L' \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$\overline{L}$ = long. promedio de los organismos mayores a L´
L´ = long. 1ª captura

Los valores de Z que se utilizaron fueron los estimados por Beverton y Holt con datos agrupados en intervalos de 2 cm.

La mortalidad por pesca (F) se obtiene de la diferencia de la mortalidad total (Z) y la mortalidad natural (M):

$$Z = F + M \quad \text{.....(8)}$$

Los parámetros demográficos fueron calculados de acuerdo a la metodología convencional (Krebs, 1985) y la recomendada por Cailliet (1992) y Cortés (1995) para tiburones. Los parámetros de salida del análisis demográfico incluyen la tasa neta reproductiva *Ro,* la cual está dada por:

$$R_o = \sum_{i=0}^{E_{max}} l_i m_i \quad \text{.....(9)}$$

donde:

l_i y m_i son la sobrevivencia anual neta y la fecundidad a la edad *i*, respectivamente.

El tiempo generacional *G*, fue calculado con la siguiente función:

$$G = \frac{\sum_{i=0}^{E_{max}} l_1 m_i i}{R_0} \quad \text{.....(10)}$$

La tasa intrínseca de incremento poblacional anual *r* se calculó mediante la fórmula:

$$r = \left(Ln\,(R_o) / \; G \right) \quad \text{.....(11)}$$

El parámetro *r*, fue recalculado por aproximaciones sucesivas a través de la ecuación de Euler-Lotka (Krebs, 1985):

$$\sum_{i=0}^{E_{max}} l_i m_i \exp^{-ri} = 1 \quad \text{.....(12)}$$

El valor teórico (años) del tiempo de duplicidad poblacional, t_{x2}, fue calculado como:

$$i_{x2} = ln(2) / r \quad \text{.....(13)}$$

• Modelo dinámico

Para predecir la tendencia de la tasa neta reproductiva *Ro*, se utilizaron los mismos valores de los parámetros vitales, los cuales son proyectados en el tiempo utilizando un modelo dinámico.

El crecimiento es representado con la ecuación de von Bertalanffy

$$L_i = L_\infty \left[1 - \exp^{-k(i - t_0)}\right] \quad \text{.....(14)}$$

el peso w_x del tiburón está relacionado con la longitud a través del siguiente modelo:

$$w = aL^b \quad \text{.....(15)}$$

La sobrevivencia de los tiburones reclutados a la edad i en el año *t* se supone que está dada por

$$\exp^{-M - F_{it}} \quad \text{.....(16)}$$

desde que $i \geq Epc$, *F* permanece constante para todas las edades reclutadas.

La sobrevivencia de los pre-reclutas en el año t está dada por

$$\exp^{-M} \quad \text{.....(17)}$$

mientras que el número de tiburones reclutados de edad i al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por

$$N_{i+1,t+1} = N_{it} \exp^{-M - F_{it}} \quad \text{.....(18)}$$

El número de tiburones pre-reclutas de edad i en la población al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por

$$N_{i+1,t+1} = N_{it} \exp^{-M} \quad \text{.....(19)}$$

Se consideró que las hembras de la población que se reproducen al año t_i ($i \geq Emad$) es igual a 1.0, lo cual significa que todas las hembras se reproducen en la misma proporción después de alcanzar la edad de madurez, *Emad*.

La fecundidad se estimó como el número promedio de nacimientos por año por hembra de edad i suponiendo que es igual al número de embriones contenidos por cada hembra preñada

$$m_i = a + bL_i \qquad \text{.....(20)}$$

donde *a* y *b* son parámetros de la regresión entre la longitud total de la madre *Li*, y el número de embriones m_i. El número total de neonatos, n_{it}, producidos por hembra de edad i, al inicio del año *t*, está dado por:

$$n_{it} = N_{it} m_{it} t_i \qquad \text{.....(21)}$$

donde

N_{it} = número de hembras de tiburón a la edad *i*, al año *t* .

La proporción sexual de los embriones fue de 1:1 para ambas especies (*C. falciformis* y *S. lewini*) y el valor inicial en la población depende del número de sobrevivientes del año anterior, por lo que el número total de hembras que nacerán en el año i +1, $N_{o,i+1}$, está dado por:

$$N_{0_{i+1}} = \sum_{i=0}^{E_{\max}} n_{it} = R_o \quad \text{(tasa neta reproductiva)} \qquad \text{.....(22)}$$

Tiburón del Golfo de California
tiburón
tiburón
Tiburón Golfo
Golfo
tiburón
tiburón
Golfo
California
tiburón
tiburón
tiburón
Golfo
tiburón
Golfo
California

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE TIBURONES DEL GOLFO DE CALIFORNIA

ESPECIES: Cazón mamón (*Mustelus henlei, M. lunulatus y* otras), *cazón bironche* (*Rhizoprionodon longurio*), *cornuda o* martillo (*Sphyrna lewini*), angelote (*Squatina californica*), tiburón comudo (*Heterodontus mexicanus*), comuda prieta (*S. sygaena*), tiburón volador (*Carcharinus limbatus*).

- Pesquería multiespecífica de naturaleza artesanal de importancia desde el punto de vista alimenticio y laboral. Su valor comercial varia por el tipo de carne, aletas y tamaño.

- Durante los años 40 la pesquería llego a su máximo con un desplome posterior por la fabricación sintética de la vitamina A. A partir de los 60 resurge por la demanda mundial de la aleta de tiburón y otros productos. Actualmente su demanda es por el cartílago como producto artesanal y farmacéutico.

- Las especies que integran esta pesquería presentan características en su biología que los hacen susceptibles a la sobreexplotación.

- Existe una migración estacional de tiburones en el Golfo de California con motivos de reproducción (alumbramiento de neonatos) y alimentación, aunque existen especies que son residentes.

- Su captura es es de características heterogéneas de material, construcción y dimensión: redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales y chinchorro) y anzuelos (línea de mano, cimbras y palangres

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura promedio 12,643 t. Registro máximo en 1979 con 16,780 t.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- No existe información suficiente de capturas, esfuerzo y biológica por especie para realizar un análisis cuantitativo de las poblaciones de tiburón en el área.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Por el momento no es posible definir el estatus del recurso.

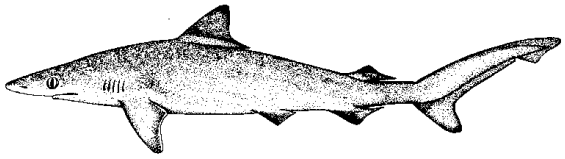
MEDIDAS DE MANEJO

- No incrementar el esfuerzo. PROY-NOM-029-PESC-1999 regulará la pesca de tiburón en México.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

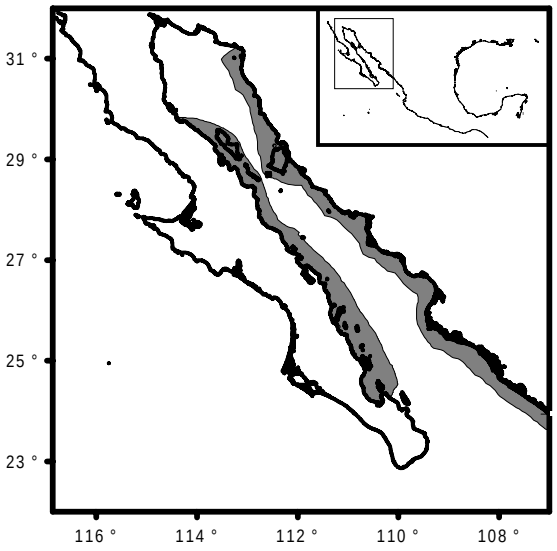
- Protección, regulación y aprovechamiento racional del recurso.

TIBURONES DEL GOLFO DE CALIFORNIA



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La captura de tiburones en aguas mexicanas es una actividad tradicional. Según Applegate *et al.* (1979) dicha actividad se remonta al tiempo de los Olmecas y Aztecas, quienes aparentemente fueron capaces de distinguir entre las diferentes especies. Esta pesquería es típicamente multiespecífica de naturaleza artesanal (Castillo, 1992; Castillo *et al.*, 1998).

Los primeros informes con que se cuenta sobre la pesquería de tiburón en México datan de fines del siglo pasado (1890-1900), cuando se llevaron a cabo las primeras exportaciones de aletas de tiburón de La Paz, BCS, hacia el mercado oriental (Hernández, 1971). Posteriormente, en junio de 1939, se efectuó la primera exportación de hígados de tiburón de Guaymas, Son. a Los Angeles, California, E.U.

En 1942, en la zona del noroeste de México se obtuvieron 1,087 t de hígado de tiburón que se exportaron a E.U. Según Hernández (1971), a partir de tal requerimiento de hígados, fundamentalmente para obtener fuentes naturales de vitamina A durante la Segunda Guerra Mundial, varios industriales mexicanos establecieron las primeras plantas procesadoras de tiburón en Guaymas, Son., Mazatlán, Sin. y en San Blas, Nay. En esa época la pesca de tiburón llegó a su máximo. En 1944 se registró la primer cifra récord de captura de tiburones en el país con 4,833 t, gracias a la enorme demanda internacional de fuentes de vitamina A. Con la fabricación sintética de dicha vitamina a un costo menor, en 1949 se desplomó el mercado internacional de hígado de tiburón.

Los primeros informes con que se cuenta sobre la pesquería de tiburón en México datan de fines del siglo pasado (1890-1900), cuando se llevaron a cabo las primeras exportaciones de aletas de tiburón de La Paz, BCS y de hígados de Guaymas, Son.

A partir de los años sesenta se inició un nuevo incremento en las capturas como consecuencia de la demanda mundial de aletas y otros productos derivados de los tiburones. La participación en esta etapa de las cooperativas de producción pesquera (sector social) permitieron acelerar el desarrollo de la actividad, reflejándose en un decidido crecimiento y dando así lugar, a la pesquería artesanal de tiburón más grande del mundo.

En 1944 se registró la primer cifra récord de captura de tiburones en el país con 4,833 t, gracias a la demanda internacional de vitamina A. Con la fabricación sintética de dicha vitamina, en 1949 se desplomó el mercado internacional de hígado de tiburón

El Golfo de California se caracteriza por ser una zona de transición de zonas geográficas y cualidades hidrodinámicas singulares. Resultado de lo anterior es la alta diversidad de especies que lo habitan de manera permanente o temporal. Dada la diversidad de tiburones que habitan en aguas del Pacífico de México, la composición específica de las capturas varía según la región y estación del año. Algunas especies de gran tamaño migran hacia aguas someras con fines de alumbramiento. Las especies pequeñas (cazones) también realizan marcadas migraciones masivas con los mismos propósitos y también por la busca de alimento. La migración de los cazones esta muy asociada a la abundancia calamar, sardina, macarela y otras especies de abundancia estacional en el Golfo de California.

La mayor parte de la producción de tiburón es para consumo directo. La captura del tiburón es una actividad muy importante desde el punto de vista alimenticio y laboral. La demanda de los subproductos ha ido variando. Por ejemplo, el aceite del hígado se ha utilizado como lubricante en equipos de alta precisión, además de la extracción de vitamina A. El uso del hígado ha sido muy importante en la industria farmacéutica y en la ciencia médica por sus propiedades anticoagulantes. La piel es actualmente utilizada para la elaboración de carteras, bolsas de mano, zapatos, botas, cintos y extensibles de reloj. La carne de los elasmobranquios se consume en muchas modalidades: seco, salado o ahumado. Durante algún tiempo se vendió como bacalao. Las aletas son consideradas como uno de los productos pesqueros más caros del mundo. La mayoría de la producción de aleta de tiburón es enviada a países asiáticos en donde es considerada como afrodisiaco.

Actualmente, existe una creciente demanda del cartílago de tiburón. Este producto es utilizado para hacer artesanías y también como un agente curativo. En algunos países existe una alta demanda por las píldoras de cartílago de tiburón como anticancerígeno y muchas otras propiedades aún no comprobadas. Finalmente, algunos otros componentes del tiburón han sido exitosamente utilizados en trasplantes al ser humano cómo córneas y válvulas del corazón. Una comprensiva revisión del uso de los productos del tiburón a nivel internacional es proporcionada por Walker (1998).

El resultado de los muestreos realizados en la costa de Sonora, indicó la presencia de por lo menos 24 especies de tiburones (Tabla 1). Dichas especies se clasifican en cinco órdenes y nueve familias (Tabla 2). Los tiburones que se capturan con mayor frecuencia pertenecen a los órdenes Carcharhiniformes (Compagno, 1984, 1988, 1990) y su valor comercial varía por el tipo de carne, aletas y tamaño.

Algunas de las especies que son capturadas sustancialmente de forma estacional son el cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio*, y otros cazones mamones *(Mustelus* spp.). Estas especies son muy características por las migraciones estacionales masivas al interior del Golfo de California. Dichas migraciones son conocidas como "corridas". Entre las especies que se ha documentado que realizan grandes migraciones Norte-Sur, penetrando al Golfo de California están *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini, S. zygaena*, *Alopias pelagicus*. Las especies de tiburón que potencialmente inciden la pesca artesanal del Golfo de California se presentan en la *figura 1*.

Al parecer, los tiburones penetran al Golfo de California en busca de zonas para el alumbramiento. Dichas áreas requieren de características muy particulares para el nacimiento de los neonatos (Castro 1993), dado que ahí encontrarán refugio a la depredación y un ambiente con condiciones bióticas y abióticas que les permita crecer rápidamente para incorporarse a la población de juveniles y adultos. Se desconoce la distribución y el tiempo de residencia de las especies en las áreas de crianza.

Otras especies son de hábitos mas residentes, como es el caso de los géneros *Heterodontus* spp., y el tiburón ángel, *Squatina californica*. Estas especies son de hábitos mas bentónicos y sus migraciones son de aguas profundas a aguas someras, dependiendo de la estación del año.

Tabla 1. Proporción de las especies que inciden en la pesca artesanal de tiburón en el Golfo de California.

Orden	Familia	Especie	%	% Acumulado
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus henlei*	60.33	60.33
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus lunulatus*	12.62	72.95
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Rhizoprionodon longurio*	8.42	81.36
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus* sp	6.27	87.64
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna lewini*	4.61	92.25
Squatinifomes	Squatinidae	*Squatina californica*	2.86	95.11
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus mexicanus*	1.53	96.64
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna zygaena*	1.52	98.15
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus limbatus*	0.72	98.87
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus falciformis*	0.41	99.28
Carcharhiniformes	Triakidae	*Mustelus californicus*	0.33	99.61
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Nasolamia velox*	0.13	99.74
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Galeocerdo cuvieri*	0.06	99.80
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna* sp	0.05	99.85
Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	*Cephaloscyllium ventriosum*	0.04	99.89
Lamniformes	Alopiidae	*Alopias pelagicus*	0.03	99.92
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus francisci*	0.02	99.94
Lamniformes	Alopiidae	*Alopias vulpinus*	0.02	99.95
Heterodontiformes	Heterodontidae	*Heterodontus* sp	0.01	99.96
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus obscurus*	0.01	99.97
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus* sp	0.01	99.98
Lamniformes	Lamnidae	*Isurus oxyrinchus*	0.01	99.98
Carcharhiniformes	Triakidae	*Triakis semifasciata*	0.00	99.99
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Hexanchidae*	0.00	99.99
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Prionace glauca*	0.00	99.99
Carcharhiniformes	Sphyrnidae	*Sphyrna mokarran*	0.00	99.99
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Hexanchus griseus*	0.00	100.00
Hexanchiformes	Hexanchidae	*Notorynchus cepedianus*	0.00	100.00
Carcharhiniformes	Carcharhinidae	*Carcharhinus leucas*	0.00	100.00

Tabla 2. Número de especies de tiburones por Familia y Orden, que inciden en la pesca artesanal del Golfo de California.

Familia/Orden	%	% Acum.	Total de especies
Carcharhiniformes			
Triakidae	79.55	79.6	4
Carcharhinidae	9.76	89.3	8
Sphyrnidae	6.18	95.5	3
Squatinifomes			
Squatinidae	2.86	98.3	1
Heterodontiformes			
Heterodontidae	1.55	99.9	2
Lamniformes			
Alopiidae	0.05	99.9	2
Lamnidae	0.01	100	1
Scyliorhinidae	0.04	100	1
Hexanchiformes			
Hexanchidae	0.01	100	2
Total	100.00	100.00	24

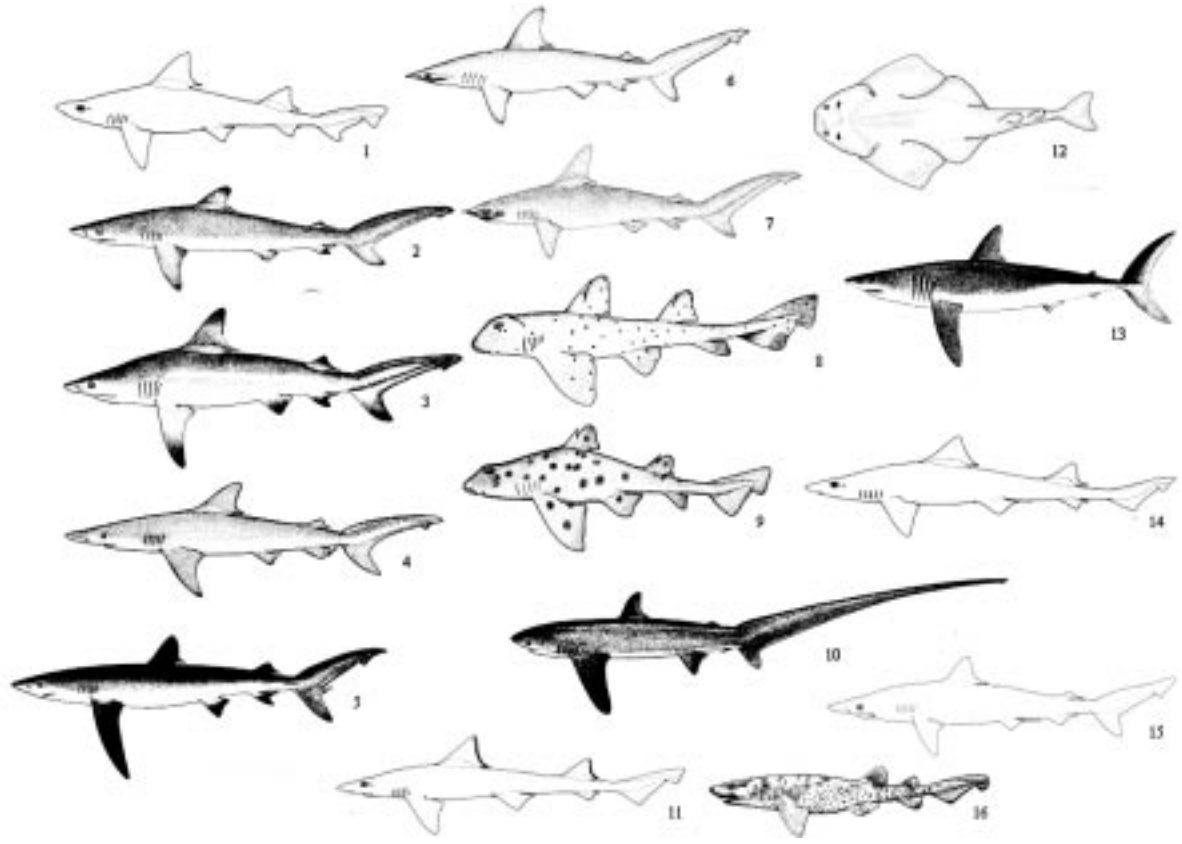


Fig. 1. Tiburones de importancia capturados en la pesca artesanal del Golfo de California.
1) *M. lunulatus*, 2) *C. falciformis*, 3) *C. limbatus*, 4) *N. velox*, 5) *P. glauca*, 6) *S. lewini*, 7) *S. zygaena*, 8) *H. francisci*, 9) *H. mexicanus*, 10) *A. pelagicus*, 11) *M. henlei*, 12) *S. californica*, 13) *I. oxyrinchus*, 14) *M. californicus* y 15) *R. longurio*.

BIOLOGÍA

Los tiburones presentan características muy distintivas en su ciclo de vida. Entre las mas comúnmente mencionadas están su lento crecimiento, madurez tardía, prolongada gestación, alta longevidad, baja fecundidad, desconocida frecuencia reproductiva, y un aparente mecanismo denso dependiente asociado a la relación stock-reclutamiento (Walker, 1992). Lo anterior ha sido considerado como un protocolo de alerta al comparar dichas características intrínsecas con los regímenes de explotación de las poblaciones. Tales características biológicas ubican a los tiburones como organismos de bajo poder reproductivo comparado con los peces teleosteos y por lo tanto susceptibles de ser sobrexplotados.

Poco se conoce sobre la biología de los tiburones que penetran al Golfo de California. La observación reciente sobre la pesquería permitió determinar que existe una gran actividad reproductiva en varias especies. Los tipos de reproducción de los tiburones que se encuentran en el Golfo de California varían poco. La mayoría de ellos son vivíparos (placentario y no placentarios), pero también se pueden encontrar especies ovíparas (*Heterodontus* spp.). Estos últimos pueden ser particularmente vulnerables a la pesca, dado que se desconoce el número de huevos que producen su frecuencia. Las especies que inciden en la pesquería tienen una fecundidad de moderada a baja y algunas de las especies como *A. pelagicus*, solo produce una camada de dos embriones. En general, se desconoce casi todo sobre el ciclo de vida de las especies y su grado de resistencia a la explotación comercial.

Los tiburones presentan características muy distintivas en el desarrollo de su vida, como su lento crecimiento, madurez tardía, prolongada gestación, alta longevidad, baja fecundidad y frecuencia reproductiva

En la *figura 2*, se observa la estructura de tallas de las principales especies que son vulnerables a la pesca. Por lo general, la incidencia de dichas longitudes está muy asociada a las propiedades de selectividad de las redes utilizadas. Sin embargo, a pesar de los patrones de explotación similares, algunas especies pudieran estar siendo más afectadas por la gran incidencia de individuos juveniles, como es el caso de los tiburones martillo (*S. lewini* y *S. zygaena*) y el tiburón puntas negras (*C. limbatus*).

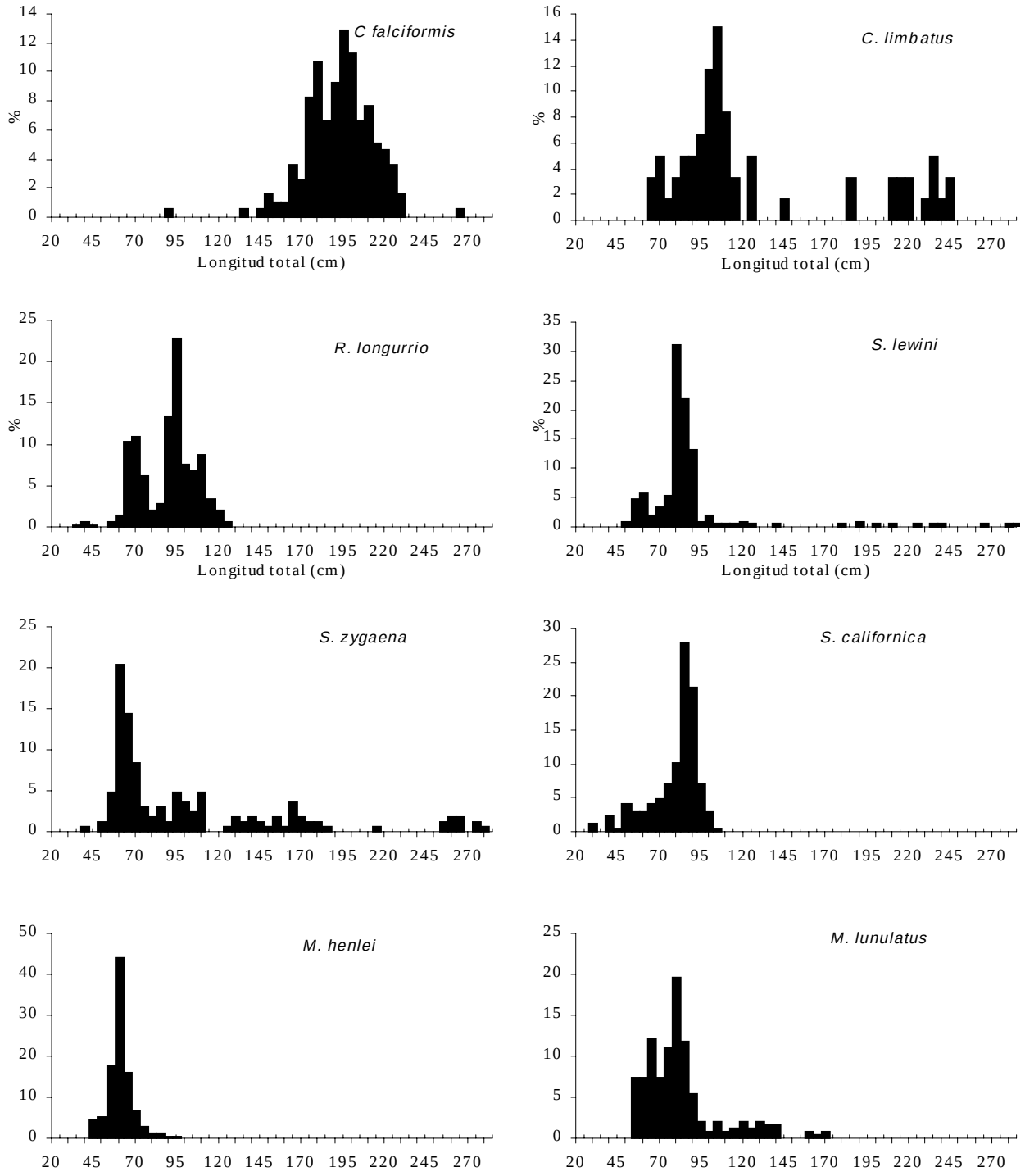


Fig. 2. Estructura de longitudes vulnerables a la pesca artesanal en el Golfo de California.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

Actualmente, se desconoce el número total de embarcaciones menores que participan en la captura de tiburón en el Golfo de California. No se cuenta con series históricas de esfuerzo y captura de la pesquería artesanal de tiburones. La presencia de flotas provenientes de otros Estados ha venido complicando esta situación dado que se establecen campamentos temporales para la pesca de camarón, sierra, baqueta, raya y otras especies.

Los resultados preliminares del monitoreo de la pesca de tiburones en el litoral de Sonora indicaron que la captura en número de tiburones es del 3.3% y de cazón del 96.7%. En categoría de tiburón se incluye las especies que cuando son juveniles se reportan como cazón (Márquez-Farías *et al.*, 1999a).

Entre las especies de mayor preocupación por su captura son las especies grandes que por lo general son de baja fecundidad y alta longevidad. En 1998, una estimación de la abundancia relativa de las cuatro principales especies capturadas con redes agalleras de deriva en la parte oeste del Golfo, indicó que el *C. falciformis* es la especie más abundante, con una frecuencia en los viajes (con captura) de dos tiburones. Otras especies de gran tamaño como *A. pelagicus*, y los tiburones martillos, *S. lewini* y *S. zygaena,* son también capturados a una frecuencia de un tiburón por viaje (Fig. 3).

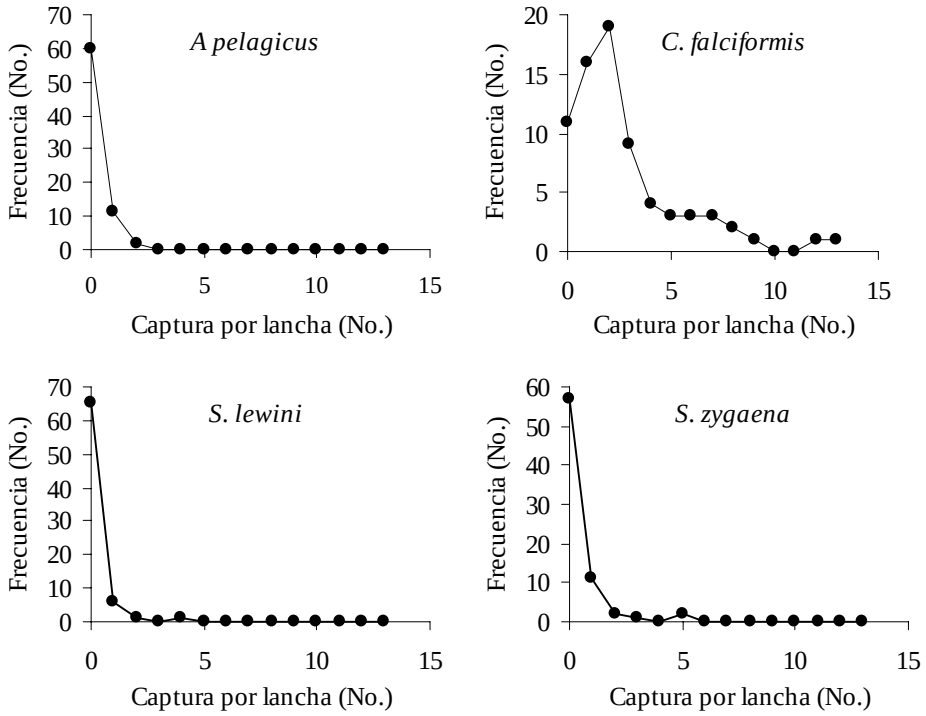


Fig. 3. Frecuencia de captura por viaje de las principales especies capturadas con red agallera de deriva en la temporada Junio a Octubre de 1998.

La captura de las especies pequeñas que realizan migraciones estacionales de menor escala, pueden llegar a ser hasta de 1,200-1,500 tiburones por viaje. Estos desembarques son frecuentes en los meses de otoño-invierno, principalmente. Las especies que realizan estas corridas son: *R. longurio*, *Mustelus lunulatus*, *M. californicus* y *M. henlei;* esta última es capturada a profundidades mayores a los 80 m. La producción estacional promedio de 1993-1999, de varias categorías de tiburón reportada en Sonora se presenta en la *figura 4.*

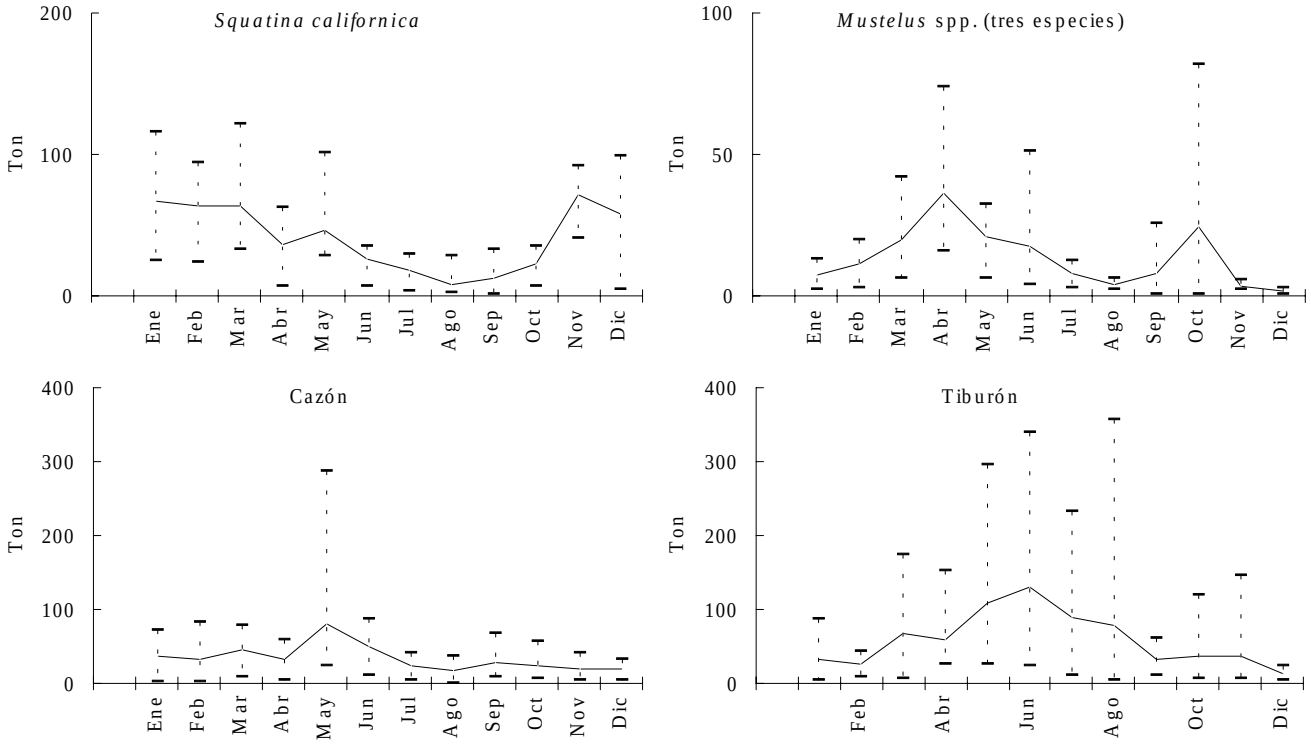


Fig. 4. Producción estacional de tiburón (por categoría) en Sonora. La línea continua representa el promedio de 1993 a 1999. Las líneas verticales representan los intervalos.

En el Golfo de California, existen dos tipos flotas que dirigen su pesca al tiburón: 1) la flota ribereña (artesanal) con pangas de 7 a 10 m de eslora, de 1 a 2.5 m de manga (ancho), de 1 a 2 t de capacidad y una autonomía de 1 a 3 días. Utilizan (uno o dos) motores fuera de borda de 45 a 115 CF, 2) De mediana altura; esta flota está compuesta por embarcaciones de más de 10 m de eslora, tienen una autonomía de 4 a 15 días y cuentan con motor estacionario. Algunas de las embarcaciones de mediana altura son barcos camaroneros adaptados para la pesca del tiburón y otras especies de escama.

La captura del tiburón se efectúa mediante redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales, y chinchorros), y anzuelos (línea de mano, cimbras y palangres) lo que implica características heterogéneas de material y construcción y dimensión de los equipos de pesca. Las redes varían fundamentalmente en el número de paños adheridos (lo cual da dimensión a la longitud de la red), el material de la red, la abertura de malla, el uso de tirantes (lo cual se ha observado que tiene un efecto crítico en el poder de pesca y es proporcional a la capturabilidad). En el caso de la pesca artesanal, el uso de cimbra o palangre tiende a ser muy variable, así como el tipo y tamaño de anzuelo. En la pesca de mediana altura, los equipos de pesca son mas homogéneos. Tanto redes como anzuelos pueden ser de fondo o superficie.

En el Golfo de California, existen dos tipos flotas que dirigen su pesca al tiburón, la ribereña artesanal con pangas y de mediana altura, compuesta por embarcaciones de más de 10 m de eslora

La captura del tiburón se efectúa mediante redes (escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales, y chinchorros), y anzuelo (línea de mano, cimbras y palangres)

Se han reconocido tres tipos de usuarios que directamente tienen acceso a la explotación del recurso tiburón en la pesca artesanal: 1) permisionarios, quienes cuentan con suficiente solvencia económica para cubrir los costos de operación de las pangas. El pescador entonces es un empleado que recibe un pago por kilogramo de carne. No tiene acceso a los ingresos por la venta de la aleta; 2) cooperativas, que son grupos solidarios que comparten gastos y ganancias, y eventualmente cuentan con una infraestructura limitada en sus lugares de acopio; 3) pescadores libres: aún existen pequeños grupos de pescadores libres que han explotado tradicionalmente el tiburón y hasta el momento se desconoce su número.

Como consecuencia de lo heterogéneo de las flotas y equipos de pesca, la captura es multiespecífica. La estructura de longitudes de las especies capturadas abarca individuos recién nacidos (neonatos), juveniles y adultos, incluyendo hembras preñadas con embriones en fase terminal. La estructura de la población vulnerable a los equipos de pesca también permite especular sobre las características del Golfo de California como una zona crítica en los procesos de reproducción de elasmobranquios y en particular de tiburones.

▼ *Tendencias históricas*

De 1976 a 1981 los volúmenes de captura anuales nacionales se incrementaron en casi 15,000 t. Entre 1981 y 1995 la pesquería presentó a nivel nacional un comportamiento estable alrededor del promedio anual de 32,797 t, con un máximo de producción de 36,737 t en 1990. En 1996 la producción total nacional fue de 33,469 t, 2.67% más que la registrada en 1995 (32,575 t).

Durante el período 1976-1996, la producción del Pacífico representó el 65.7% de las capturas totales nacionales. La máxima captura se observó en 1981 con 25,562 t, mostrando en los últimos años una tendencia estable de 20,370 t en promedio. La producción de 1996 fue 0.3% menor con respecto al año anterior. La producción histórica de tiburón corresponde a la suma de las capturas de tiburón y cazón de cada año.

La captura anual promedio de tiburones en el Golfo de California es de 12,643 t. La máxima en esta zona se registró en 1979, con 16,780 t. En 1992 había 3,638 embarcaciones menores o lanchas con permiso para pesca de tiburón en esta zona, y 126 para embarcaciones mayores. Un importante número de estas lanchas pescan en la costa occidental de la península de Baja California. La tendencia de la producción de Sinaloa y Sonora se observa oscilante con una decidida tendencia negativa (Fig. 5).

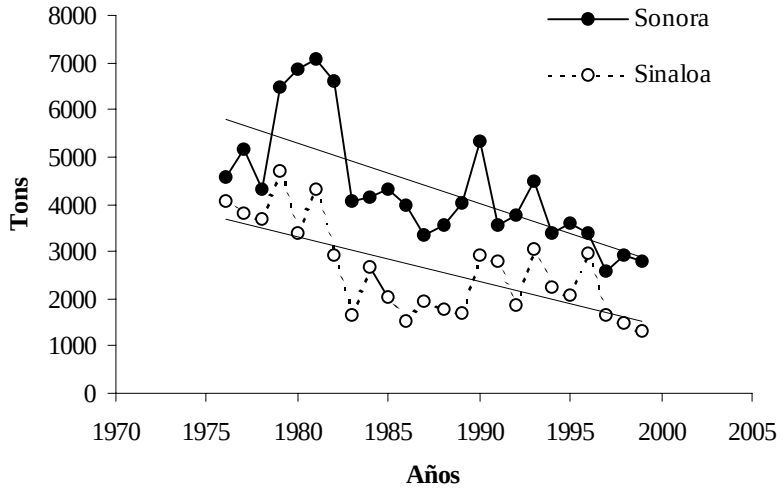


Fig. 5. Series de producción de tiburón de los estados de Sonora y Sinaloa. La línea continua representa la tendencia relativa.

En la *figura 6* se presentan los caladeros de pesca de tiburones. Los tiburones grandes son capturados en zonas profundas del Golfo de California, particularmente de los 26° a los 30° LN. Los chiapanecos (ver aspectos socioeconómicos) son los que realizan esta pesquería con redes agalleras de deriva de 10" a 12" de abertura de malla y con anzuelo, utilizando barrilete y mantarraya como carnada.

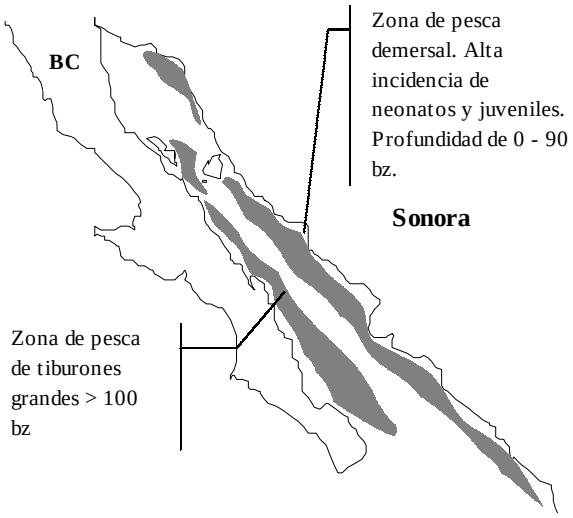


Fig. 6. Principales zonas de captura de tiburón en el Golfo de California.

Los neonatos y juveniles de especies grandes son capturados sustancialmente entre los 28° y 29° LN, en el Banco de la zona costera entre la Isla San Pedro Nolasco al Norte de Guaymas y la Isla Tiburón frente a Bahía de Kino. La profundidad de pesca de este caladero es de 0-90 brazas. Dicho Banco es un importante caladero de la pesquería de redes agalleras dirigida a la raya, en donde se ha documentado también una lata diversidad de especies.

En la región sur del Golfo de California, que comprende las costas del sur de Sinaloa y Nayarit, los estudios recientes sobre la pesca ribereña de tiburones (1994-1996) realizados por el INP a través del CRIP de Mazatlán, han permitido determinar que las principales especies que sostienen ésta son el tiburón martillo, *S. lewini*, y el cazón bironche, *R. longurio*, en Sinaloa. En las aguas de Nayarit (1994-1995) son el tiburón aleta de cartón, *C. falciformis* (60.81%) y la cornuda prieta, *S. zygaena* (19.16%) (Corro, 1997).

La captura de *S. lewini* frecuentemente está compuesta por individuos de diferentes estadios de madurez. Los juveniles y adultos son capturados entre los meses de noviembre a mayo; mientras que de mayo a septiembre se capturan recién nacidos. En la composición de las capturas de Sinaloa durante 1994, 1995 y 1996 esta especie fue el 80.3%, 52.54% y 85.68%, respectivamente. El cazón bironche *R. longurio* exhibe una marcada abundancia estacional de noviembre a mayo, con aproximadamente el 95% de las capturas compuesta por adultos. Las hembras preñadas y hembras que han alumbrado constituyen alrededor del 50% de los desembarques. En Sinaloa, durante 1995, esta especie representó el 28.56% de las capturas. Por otra parte, se ha observado que las capturas de *S. zygaena* están compuestas por el 76% de hembras inmaduras, y del tibuón azul, *Prionace glauca,* el 55% de los machos fueron individuos maduros (Corro, 1997). Se han detectado áreas de crianza de algunas especies, particularmente de *S. lewini* y *C. leucas* en la región del sur de Sinaloa (Corro, 1997).

Las principales especies que sostienen ésta pesqueria en Sinaloa son el tiburón martillo, S. lewini, y el cazón bironche, R. longurio, mientras que en las aguas de Nayarit son el tiburón aleta de cartón, C. falciformis y la cornuda prieta, S. zygaena

▼ *Pesca incidental*

La pesca incidental de tiburón depende del tipo de pesquería, temporada y caladero de pesca. En la pesquería costera puede existir incidencia de rayas y otras especies de escama. En la pesca de tiburones grandes es común la presencia del pez vela, *Istiophorus platypterus,* y dorado, *Corhyphaena hippurus,* como principal pesca incidental.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

La mayor pesca incidental de elasmobranquios se da en los barcos de arrastre camaroneros. La captura de cazón mamón y otros tiburones de pequeña talla conforman, por tradición, la fauna de acompañamiento del camarón. No existe ningún registro de las proporciones de tiburones y rayas que han sido capturados durante la historia de la pesquería de camarón en el Golfo de California. Actualmente, existe una actividad paralela de comercialización de los tiburones y rayas capturados incidentalmente, en donde el pescador se convierte temporalmente en un intermediario en la comercialización de lo que compra a los barcos y se vende en la playa. A los pescadores que realizan esta actividad se les conoce regionalmente como "guateros". Lo anterior ha provocado un problema de registro en las Oficinas de Regionales de Pesca, al mezclar los desembarques legítimos de captura con la producción comprada por los guateros y reportada como captura.

La pesca artesanal de tiburones grandes y pequeños está íntimamente relacionada con la pesca artesanal de escama, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en algunos casos con los mismos artes de pesca. Generalmente, las diferencias entre ellas es la temporada de pesca y la zona de pesca (Bonfil *et al.*, 1990).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

Siendo una pesquería de escasa infraestructura y tradicional, actualmente no se conoce el número de embarcaciones que dedican su pesca a la captura del tiburón. Lo informal de dicha pesquería da la oportunidad para que los usuarios en cualquiera de sus modalidades (permisionario, libre o cooperativa) cambie de especie objetivo y dirija su pesca al tiburón cuando así le convenga. Esta dinámica es una de las coyunturas más agudas en las pesquerías ribereñas o artesanales puesto que no permite cuantificar formalmente el esfuerzo de pesca dirigido a un recurso en particular. La pesquería artesanal depende en gran medida de las condiciones climáticas y es aparentemente modulada por el régimen de la luna a través de las mareas.

La mayor pesca incidental de elasmobranquios se da en los barcos de arrastre camaroneros. La captura de tiburones de pequeña talla conforman la fauna de acompañamiento del camarón

Durante el desarrollo del proyecto de prospección de la pesquería de tiburón en el Golfo de México (1993–94), conducido por el Instituto Nacional de la Pesca (INP), fue posible detectar la presencia de pescadores foráneos en la Playa Bagdad municipio de Matamoros, Tamaulipas. Dichos pescadores se desplazan desde la localidad de Chachalacas, Veracruz con la finalidad de pescar tiburón durante el periodo de abril a noviembre contratados por un permisionario. Se desconoce desde cuándo se ha venido realizando dicho movimiento de flotas en el Golfo de México.

Un fenómeno de movimiento de flotas muy similar ocurre en el Golfo de California, en donde pescadores chiapanecos provenientes de Puerto Madero se establecen temporalmente en La Manga, Bahía de Kino y Yavaros en Sonora, y en San Francisquito y El Barril, en Baja California, aparentemente desde 1994 o

antes (Márquez-Farías *et al*., 1999b). La captura es procesada en la playa, y almacenada en hielo en camiones de 3 t, para ser enviada al Mercado de La Nueva Viga en la Ciudad de México. No en todos los campamentos se ha observado la misma infraestructura en el lugar de desembarque. En el caso de La Manga la infraestructura es similar a aquella utilizada en Puerto Madero. Los pescadores forman una pequeña comunidad y son empleados del permisionario, el cual opera con cinco pangas. Se les paga entre $5.00 y $6.00 por kg de carne dependiendo de la especie y los gastos de operación son cubiertos por el permisionario. La problemática de esta situación no ha sido formalmente considerada dentro del actual proceso de regulación en la Administración de la pesquería de tiburón.

▼ *Indicadores económicos*

Más del 90% de la producción nacional de tiburón y cazón es utilizada como alimento para consumo humano directo en diferentes presentaciones, como fresco, congelado y seco-salado, productos que son de los más accesibles para las clases populares de nuestro país.

Más del 90% de la producción nacional de tiburón es utilizada como alimento para consumo humano directo en diferentes presentaciones, como fresco, congelado y seco-salado, los productos del tiburón que se exportan son fundamentalmente aletas y pieles

Los productos del tiburón que se exportan de México son fundamentalmente dos: aletas y pieles. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón, ya que la gran demanda en el mercado oriental de Hong Kong y Singapur ha permitido que los precios por estas alcancen hasta los $100.00 dls. por kilogramo de aleta de primera. En nuestro país existe una gran demanda de aletas para exportación, aunque los Anuarios Estadísticos de Pesca en el periodo analizado sólo reportan valores para cuatro años: 1982 (181 t), 1986 (155 t), 1987 (190 t), 1988 (138 t).

En el caso de la piel, que cuenta con un mercado internacional tanto en E.U. como en algunos países de Europa, México exporta un número indeterminado de piezas, provenientes principalmente de estados como Yucatán, Sonora y Chiapas. En Guaymas, Sonora actualmente sigue operando la tenería mas antigua del país, con un porcentaje menor al 5% de la capacidad, cuando los niveles de producción de pieles fueron de hasta 2 t por día (Enrique De la Torre, comunicación personal).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En virtud de la incertidumbre en cuanto al nivel de esfuerzo de pesca y el situación de las poblaciones de tiburones explotadas durante el desarrollo de la pesquería, se propuso una medida preventiva de administración. En marzo de 1993 se estableció una moratoria para otorgar nuevos permisos de pesca comercial de tiburón en ambos litorales, con el objetivo principal de no incrementar el esfuerzo pesquero, mientras no se cuente con un plan de administración y ordenamiento para esta pesquería (Castillo-Géniz *et al*., 1998). Esta moratoria ha permitido la renovación continua de los permisos de pesca de tiburón vigentes hasta 1993, por lo que se considera que el esfuerzo pesquero en el periodo 1993-1997 no ha tenido un incremento significativo o por lo menos, no continuó con la tendencia exponencial que se supone se ha venido desarrollando.

Dentro del Programa de Normalización de Pesca Responsable de la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP, se tenía previsto para 1999-2000 la elaboración de la Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca del Tiburón que será el instrumento jurídico que norme el aprovechamiento racional de este recurso, dicha norma se encuentra actualmente en proceso

La Norma Oficial Mexicana para la regulación de la pesca del tiburón será el instrumento jurídico que norme el aprovechamiento racional de este recurso

de publicación. Sin embargo, en 1999 la Delegación Federal de SEMARNAP en el Estado de Sonora informó localmente sobre un periodo de veda del tiburón entre los meses de junio y julio. Dicha medida no se basó en ninguna evaluación cuantitativa por parte del Instituto Nacional de la Pesca. Las repercusiones sociales fueron notorias pero de baja escala y a nivel local, debido a la corta duración de dicha disposición.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

No existen datos de captura y esfuerzo por especie de la pesquería y la información referente a la biología de la especie es escasa para realizar una análisis cuantitativo de la pesquería y las poblaciones de tiburones. Uno de los principales impedimentos para la evaluación de poblaciones de tiburón, es el desconocimiento de la edad de las especies. Se plantea la alternativa en un futuro, de estimar parámetros demográficos como una herramienta de evaluación para la administración de la pesquería (Cortés, 1998). Este enfoque está siendo desarrollado y aplicado a las principales especies de tiburones que se explotan en el Golfo de México (Márquez y Castillo, 1998; Márquez *et al*., 1998) y se empleará para las especies del Pacífico.

La información de que se dispone es muy limitada a estudios de carácter básico, tales como descripción de especies, distribución y otra información eventual de incidencia de especies en otras pesquerías. Los estudios más relevantes al respecto en las costas del Pacífico mexicano son: Hernández (1965 y 1971), Castro-Aguirre (1967, 1967b y 1978) y Kato y Hernández (1967). El ciclo de vida de algunas especies de elasmobranquios de aguas del Golfo de California y aguas adyacentes (costa oeste de la península) ha sido revisado por Villavicencio y Abitia (1984), Villavicencio (1996a, b y c). Prácticamente se desconoce todo sobre los ciclos de vida de las especies de tiburones y rayas que sostienen la pesquería de elasmobranquios en el Golfo de California.

▼ *Modelo*

Una vez que se obtenga la información mínima necesaria, se pretende estimar los parámetros demográficos de las especies de importancia comercial. Los análisis demográficos se consideran una herramienta adecuada para conocer el grado de vulnerabilidad de las poblaciones de tiburones diferentes regímenes de pesca (Jones y Geen, 1977; Hoenig y Gruber, 1990; Hoff, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al*., 1992; Cortés, 1995; Sminkey y Musick, 1996; Cortés y Parsons, 1996; Márquez y Castillo, 1998; Márquez *et al*., 1998).

Para entender la demografía de los tiburones es necesario contar con información biológica referente a crecimiento, supervivencia a edades específicas, madurez y fecundidad. Con dicha información, es posible construir una tabla de vida y estimar los parámetros demográficos tales como: tasa neta reproductiva (R_0), tiempo generacional (G), y la tasa neta de incremento poblacional (r) y con ello conocer la productividad de las especies sometidas a explotación. Otros modelos demográficos alternativos desarrollados recientemente (Au *et al*., 1997; Smith *et al*., 1998) han demostrado ser muy consistentes con los patrones de vida de las especies de tiburón. La discusión sobre ventajas y desventajas de cada uno de ellos va más allá del propósito de éste capitulo.

▼ *Estado actual de la pesquería artesanal de tiburón en el Golfo de California*

En este momento, no es posible definir el estado actual de las poblaciones de las principales especies de tiburones que sostienen pesquería. Habida cuenta de la bien documentada fragilidad de las poblaciones de tiburones a intensos y prolongados regímenes de pesca (Ripley, 1946; Olsen, 1959; Anderson, 1990; Cailliet *et al*., 1993; Walker, 1993), y de que las principales capturas del Golfo de California están soste-

nidas por tiburones inmaduros (Castillo *et al*., 1997; Corro, 1997) no es recomendable incrementar los niveles de esfuerzo en esta región.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La problemática del pasado y presente que ha impedido el adecuado diagnóstico de la pesquería de tiburón se resume en la falta de atención a la pesquería por parte de las autoridades y el sector académico. Es posible que la alta diversidad de especies sea lo que ha permitido el sostenimiento hasta ahora de la pesquería. Sin embargo, es necesario que el conocimiento de la biología básica de las especies se ha incrementado de tal forma que al corto plazo se pueda entender su ciclo de vida y así, poder estimar el impacto que la pesca tradicional tiene sobre las poblaciones.

Por lo anterior, la elaboración de un Plan de Administración Regional de la Pesquería es necesario. Dicho Plan de Administración deberá establecer claramente los Objetivos de la Administración, y las Prioridades de Investigación que permitan el cumplimiento de dichos objetivos. Para lo cual es necesario la participación de instituciones y el Sector garantizando que la investigación pesquera resulte en acciones y estrategias funcionales para la conservación y administración del recurso. En el *Apéndice I,* se desglosan las prioridades de investigación para la pesquería de elasmobranquios en el Golfo de California.

Un problema que ha sido evidente para el diagnóstico de la pesquería es el deficiente sistema de acopio de los avisos de arribo. La desvinculación de la parte técnica en esto, provocó un registro mediocre en las series de producción (tiburón y cazón). Es necesario corregir esta problemática, ubicando personal capacitado que demande un registro de desembarque que pueda ser utilizado para la evaluación de las poblaciones que sostienen la pesquería.

Al igual que en otros recursos pesqueros, la evaluación y administración de poblaciones de tiburones requiere del monitoreo de la captura y del esfuerzo de pesca aplicado, la composición específica de la captura, así como peculiaridades biológicas de reproducción, supervivencia, frecuencia y conducta reproductiva, al igual que características de los regímenes de explotación; selectividad de las redes y palangres con el objetivo de establecer puntos de referencia biológico-pesqueros auxiliares para la administración de la pesquería.

Walker (1994a y b) ha demostrado que es posible aspirar a pesquerías de tiburones con explotación sostenida si éstas son conducidas cautelosamente. Sin embargo, al pretender diagnosticar las poblaciones contenidas en un complejo multiespecífico el cual es explotado por flotas heterogéneas, la aplicación de acciones reguladoras serán erráticas para especies que comparten el mismo nicho ecológico en momentos intermitentes de su ciclo de vida. Esta no es una situación nueva en las pesquerías tropicales y/o artesanales; pero tampoco es una situación resuelta.

En el proceso de administración de la pesquería de tiburón es necesario apoyar la investigación pesquera planteando preguntas concretas sobre los puntos vulnerables del recurso, de la pesquería y de todo el complejo de unidad de pesquería (Kesteven, 1973). Con los elementos técnicos disponibles, se podrán detectar las acciones de regulación pesquera y sobre todo recomendar las más factibles. Por ejemplo, una medida preventiva de conservación es la detección y protección de áreas de crianza de tiburones en el Golfo de California. Esta medida favorecerá que los neonatos de las especies de tiburón logren reclutarse al resto de la población e iniciar su migración hacia el exterior del Golfo de California. Dicha iniciativa emergente depende de la disposición y cooperación de los pescadores para no operar en áreas de crianza potenciales.

Acciones inmediatas de administración:

- Con base en el principio precautorio de las administración pesquera (FAO, 1995) es necesario prohibir la captura de tiburones juveniles, de los que se sabe o sospecha son especies de alta longevidad.

- Cuantificar el número de permisos de pesca de tiburón que están operando actualmente.

- Fomentar el registro de los desembarques por especie en formatos técnicamente diseñados y responsabilizar a los usuarios de la información reportada.

- Apoyar a la investigación pesquera en la estimación de parámetros biológicos claves que permitan estimar la vulnerabilidad de las especies (*Apéndice I*).

- Convocar la participación de la academia y centros de investigación pesquera avanzados a sumar esfuerzo en el entendimiento de la demografía de las poblaciones de tiburones explotados.

- Mantener el esfuerzo pesquero de la pesquería en su nivel actual.

- Diseñar e implementar a mediano plazo, un Plan de Administración de la Pesquería para Rayas y Tiburones del Golfo de California basado en las dinámica de la pesquería y el ciclo de vida de las principales especies. Dicho Plan de Administración deberá ser desvinculado del Plan de Administración incluido en el Proyecto de NOM que regula la captura de tiburón y especies afines a nivel Nacional.

- Se recomienda fomentar e implementar el concepto de co-manejo o administración participativa (los usuarios vigilan y protegen las actividades pesqueras) en algunas regiones de conflicto, en donde prevalecen los intereses regionales y tradicionales que están pretendiendo ser regulados por políticas centralizadas.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Para la investigación pesquera llevada a cabo por parte del Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas (CRIP-Guaymas) ha sido valiosa la participación del CETMAR e ITMAR de la localidad.

Los tiburones grandes, costeros y oceánicos, realizan extensos movimientos migratorios que abarcan de Estados Unidos a Centroamérica. Esto implica que para poder entender la dinámica de poblaciones de estas especies es necesario reunir y conocer la información pesquera y biológica en todo el ámbito geográfico en que se distribuyen. Con ese objetivo el INP estableció en 1996 de forma conjunta con el Centro del Sudoeste de Ciencias Pesqueras de La Jolla, California, del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de Estados Unidos (SWFCS del NMFS) el Grupo de Trabajo sobre Tiburones dentro del contexto del marco de cooperación entre ambas naciones en materia de investigación pesquera denominado MEXUS-PACIFICO. Desde julio de 1996 se participa en cruceros de investigación conjunta INP-NMFS con el objetivo de determinar los índices de abundancia de tiburones oceánicos en aguas costeras adyacentes a la frontera de México y Estados Unidos. Dicha cooperación se ha ratificado en la reunión del año 2000, para extender las investigaciones en tecnología de capturas de barcos que dirigen su pesca al tiburón.

Se estableció un Convenio de Colaboración Bilateral con Guatemala en materia de cooperación pesquera, el cual ha permitido establecer un programa conjunto, que inició en octubre de 1996 con la capacitación de investigadores y técnicos guatemaltecos en materia de investigación pesquera de elasmobranquios (tiburones y rayas). En junio de 1997 se inició el análisis conjunto de la información pesquera y biológica de los tiburones que se pescan en aguas territoriales de Guatemala (Márquez-Farías, 1997; Márquez & Ruíz, 1997; Márquez & Ruíz, 1999). El resultado de dicha cooperación permitió establecer los lineamientos técnicos para la regulación de la pesquería de tiburón en Guatemala (Márquez & Ruíz, 1999).

Recientemente, se han estrechado lazos de investigación sobre tiburones entre el Centro Regional de Investigación Pesquera de Guaymas y la Universidad de Sonora a través del Departamento de Investigación Científica y Tecnológica. Dos proyectos fundamentales están actualmente en marcha, análisis genético de poblaciones de de elasmobranquios de importancia comercial, y estimación de longitud mínima de madurez a través de análisis histólogicos. Adicionalmente se realiza un análisis genético para comparar las poblaciones de *Carcharhinus limbatus* del Golfo de México y Golfo de California con el Instituto de Investigación Pesquera de Carbondale, E.U.

REFERENCIAS

Applegate, S. P., L. Espinosa, L, Menchaca & F, Sotelo. 1979. Tiburones mexicanos. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica, Dirección General de Ciencia y Tecnología de Mar, México. 147 p.

Anderson, E.D. 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (eds). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 473-484.

Au, D. W. & S. E. Smith. 1997. A demographic method with population density compensation for estimating productivity and yield per recruit of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54:415-420.

Bonfil, R.S., D.F. Anda & R.A. Mena. 1990. Shark fisheries in Mexico: The case of Yucatán as an example. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 427-441.

Castillo-Géniz, J. L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón en México. Secretaría de Pesca. México. 72 p.

Castillo-Géniz, J.L., J.F. Márquez-Farías, M.C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés & A. Cid del Prado. 1998. The Mexican artsanal shark fishery in the Gulf of Mexico: toward a regulated fishery. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49: 611-620.

Castillo-Geniz, J.L., J.F. Márquez-Farías, A. Cid del Prado V., S.R. Soriano V. & S.C. Ramírez. 1997. Descripción, evaluación y manejo de la pesquería artesanal de tiburón de Puerto Madero, Chiapas. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro-Aguirre, J.L. 1967a. Aprovechamiento de tiburones y rayas de México, Inst. Nal. de Invest. Biol. Pesq. Trabajos de divulgación 96(10):1-10.

Castro-Aguirre, J.L. 1967b. Contribución al estudio de los tiburones de México. Tesis Profesional. ENCB. IPN, México.

Castro-Aguirre, J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces que penetran a aguas continentales de México. Con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Instituto Nacional de la Pesca. Serie Científica 19:1-296.

Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bulls Bay, South Carolina, with a review of sharks nurseries of the Southern coast of United States. Envir. Biol. of Fishes 38:37-48

Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43: 183-193.

Cailliet, G.M., H.F. Mollet, G.G. Pittinger, D. Bedford & L.J. Natanson. 1992. Growth and demography of the Pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:1313-1330.

Cailliet, G.M., D.B. Holts & D. Bedford. 1993. A review of the commercial fisheries of sharks on the west coast of the United States. *En*: Pepperell J., J. West & P. Woon (*eds*). Proceedings of an International Workshop on the Conservation Of Elasmobranch held at Taronga Zoo, Sydney, Australia. pp: 13-29.

Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the world. An annotated and ilustrated catalogue of sharks species known to date. Part 1 & 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. 125(4):251-655.

Compagno, L.J.V. 1988. Sharks of the order Carcharhiniformes. Princeton University Press, Princeton.

Compagno, L.J.V. 1990. Sharks explotation and conservation. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:391-414.

Corro, E. 1997. Análisis preliminar de la pesquería artesanal de tiburones en el norte de Nayarit y sur de Sinaloa. CRIP-Mazatlán. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Cortés, E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae,* in the Gulf of Mexico. Fish. Bull. 93:57-66.

Cortés, E. & G.R. Parsons. 1996. Comparative demography of two populations of the bonnethead shark (*Sphyrna tiburo*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:709-718.

Cortés, E. 1998. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fish. Res. 39:199-208.

FAO. 1995. Precautionary Approach to Fisheries. Part 1: Guidelines on the Precautionary Approach to capture Fisheries and Species Introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350:1-52.

Hernández, C.A. 1965. Resumen de las investigaciones sobre elasmobranquios de la República Mexicana. Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. Trab. Div. 97(10):1-9.

Hernández, C.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. ENCB, IPN, México. 123 p.

Hoenig, J.M. & S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *En*: Pratt Jr., H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi (*eds*). Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Hoff, T.B. 1990. Conservation and management of the western North Atlantic shark resource based on the life history strategy limitations of the sandbar shark. Ph. D. Thesis, University of Delaware, Newark. 282 p.

Jones, B.C. & G.H. Geen. 1977. Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. J. Fish. Res. Board Can. 34:1286-1292.

Kato, S. & C.A. Hernández. 1967. Shark tagging in the Eastern Pacific ocean,1962-65. *En*: Gilbert, P.W., R.F. Mathewson & D.P. Rall (*eds*). Sharks, skates and rays, Johns Hopkins, Baltimore. pp: 93-109.

Kesteven, G.L. 1973. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 1. Una Introducción a la Ciencia Pesquera. FAO Doc. Tech. 118. 45 p.

Márquez-Farías, J.F. 1997. Mexico-Guatemala: a collaboration in shark fisheries. Sharknews. June 9 pp: 14.

Márquez-Farías, J.F. & C.L. Ruíz-Alvarado. 1997. Informe del grupo de trabajo del proyecto de colaboración científica México-Guatemala en materia de investigación del recurso tiburón en aguas de ambos países. INP.SEMARNAP.DITEPESCA.MAGA. Guatemala, Centro América. (inédito).

Márquez-Farías, J.F. & J.L. Castillo G. 1998. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. *Fish. Res.* 39:183-198.

Márquez-Farias, J.F., J.L. Castillo-Géniz & M.C. Rodríguez de la Cruz. 1998. Demografía del cazón pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), del sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas* 24(1):13-34.

Márquez-Farías, J.F., J. Tyminski, R.E. Hueter, J.L. Castillo-Géniz & C. Murillo. 1999. Diversidad de elasmobranquios en Sonora estimado de una prospección de la pesquería artesanal. Memorias I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. 25-28 Mayo 1999. DICTUS. Hermosillo, Sonora.

Márquez-Farías, J.F., G. Montemayor, J.L. Castillo-Geniz & R.E. Molina. 1999. Movimientos estacionales de flotas en la pesquería artesanal de tiburón: el caso de los chiapanecos en Sonora. Memorias I Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. 25-28 Mayo 1999. DICTUS. Hermosillo, Sonora.

Márquez-Farías, J.F. & C.L. Ruíz-Alvarado. 1999. Lineamientos técnicos para la implementación de un plan de acción que regula la captura de tiburón en aguas de jurisdicción de la República de Guatemala, C.A. INP-SEMARNAP/MAGA-UNEPA. (inédito).

Olsen, A.M. 1959. The status of the school shark fishery in south-eastern australian waters. *Aust. J.* Mar. Freshwater Res. 10:150-176.

Ripley, W.E. 1946. The soupfin shark and the fishery. Fish. Bull. 64:7-37.

Sminkey, T.R. & J.A. Musick. 1996. Demographic analysis of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus*, in the western North Atlantic. Fish. Bull. 94:341-347.

Smith, S.E., D.W. Au & C. Show. 1998. Intrinsic rebound potentials of 26 species of pacific sharks. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49:663-678.

Villavicencio, G.C.J. 1996a. Reproducción de *Carcharhinus obscurus* (Pisces: Carcharhinidae) en el Pacífico nororiental. Rev. Biol. Trop. 44(1):287-289.

Villavicencio, G.C.J. 1996b. Aspectos poblacionales del angelito, *Squatina californica*, en Baja California, México. Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS 7(1-2):15-21.

Villavicencio, G.C.J. 1996c. Pesquería de tiburón y cazón. *En*: Casas-Valdez, M. y G. Ponce-Díaz (*eds*). Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur. SEMARNAP, CONACYT, Gob. Edo. BCS. pp:305-316.

Villavicencio, G.C.J. & C.L.A. Abitia. 1994. Elasmobranquios de Bahía Magdalena y Laguna de San Ignacio, Baja California Sur, México. Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS 5 (2): 62-65.

Walker, T.I. 1992. Fishery simulation model for shark applied to the gummy, *Mustelus antarticus* Günther, from southern Australian Waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:195-212.

Walker, T.I. 1993. Conserving the shark stocks of Southern Australia. *En*: Pepperell, J., J. West & P. Woon (eds). Procedings of an International Workshop on the Conservation of Elasmobranch held at Taronga Zoo, Sydney, Australia pp: 33-40.

Walker, T.I. 1994a. Fishery model of gummy shark, *Mustelus antarticus*, for Bass Strait. *En*: Bishop I. (*ed*). Resource Technology '94 New Opportunities Best Practice. The University of Melbourne, Melbourne. pp: 422-438.

Walker, T.I. 1994b. Stock assessment of the gummy shark, *Mustelus antarcticus*, Günther, in Bass Strait and South Australia. *En*: Hancock D.A. (ed). Population Dynamics for fisheries management. Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings (Australian Goverment Printing Service, Canberra) 1:173-187.

Walker T. I. 1998. Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49: 553-572.

APENDICE 1

PRIORIDADES DE INVESTIGACIÓN PARA LA PESQUERÍA DE ELASMOBRANQUIOS DEL GOLFO DE CALIFORNIA

Prioridad	Situación	Solución (plazo)	Acción	Objetivo
1	Formatos de registro de datos de captura y esfuerzo inadecuados para obtener series históricas que reflejen los patrones de explotación del recurso a través de CPUE.	Implementar un sistema regional (o nacional) de registro de la producción y esfuerzo pesquero de la pesquería de tiburón (u)	Capacitar al personal técnico, académico y pescadores artesanales, así como a los participantes en la pesca de altura.	Fomentar el reporte de los desembarques por especie o grupo.
2	Falta de datos biológicos de las especies, particularmente de los aspectos de reproducción.	Proponer e instrumentar el monitoreo sistemático de datos biológicos de la pesquería del tiburón en colaboración con el sector académico (c)	Entrenamiento de personal técnico para los muestreos de campo.	Entender los aspectos de biología reproductiva de las especies mas importantes e identificar las biológicamente mas vulnerables.
3	Alta incidencia de tiburones neonatos y juveniles en las capturas de la pesca artesanal.	Búsqueda y localización de áreas de crianza de tiburones (u)	Prospección a bordo de embarcaciones de pesca artesanal con lances experimentales.	Identificar a las especies que utilizan zonas costeras como áreas de crianza.
4	Desconocimiento de la proporción de hembras grávidas en la pesca dirigida y no dirigida al tiburón	Cuantificar la proporción de hembras grávidas en las capturas, estimación de la fecundidad por especies y seguimiento del crecimiento embrionario de las especies de importancia (m)	Examinar las hembras grávidas en los centros de acopio, registrar el número de embriones por hembra y documentar la longitud de los embriones.	Conocer las temporadas de nacimiento de los tiburones en base a la presencia de hembras grávidas en fase terminal y el crecimiento de los embriones.
5	Se desconoce la fase de madurez de la fracción de la población explotada	Estimación de la talla mínima de madurez de las especies de importancia (m)	Observaciones directas de madurez en los centros de desembarque	Estimar la proporción de individuos inmaduros que están siendo capturados.
6	Desconocimiento de la estructura de la(s) población(es) de tiburones que son vulnerable(s) de forma incidental a las redes agalleras utilizadas en la pesca artesanal de rayas y otras especies	Estimación de los parámetros de selectividad de las redes agalleras de la pesca dirigida y no dirigida a los tiburones (m)	Muestreo de las longitudes de los tiburones desembarcados registrando la longitud de los organismos y abertura de malla de las redes agalleras.	Estimar la probabilidad de retención de las redes agalleras con diferentes aberturas de malla y relacionarlo con la fase de madurez de los organismos
7	Desconocimiento de la estructura por edades de las especies capturadas	Estimaciones de edad y crecimiento, colaborando con instituciones especializadas nacionales e internacionales (c)	Colecta de vértebras de las principales especies para las estimaciones de edad y crecimiento	Estimar la edad de primera madurez y longevidad de las especies de importancia comercial
8	Se desconoce el potencial de supervivencia natural y la mortalidad por pesca de las poblaciones explotadas	Estimación de tasas de mortalidad (l)	Aplicar la metodología especializada basada en talla, edad o índices relativos de abundancia para estimar tasas de mortalidad.	Estimar el coeficiente de mortalidad natural y la tasa de explotación de las poblaciones.
9	Incertidumbre de la productividad de especies explotadas	Realizar análisis demográficos que permitan proyectar la vulnerabilidad de las especies a los regímenes de explotación (l)	Utilizar la mejor información disponible sobre, edad y crecimiento, mortalidad, fecundidad y madurez	Estimar el comportamiento de los parámetros demográficos bajo diferentes escenarios de explotación. Fomentar la participación de los usuarios con miras al Co-manejo de la pesquería.
10	Desconocimiento del beneficio directo de la pesquería a las comunidades costeras en cuanto a empleo y alimentación.	Conducir análisis socioeconómicos de la pesquería de tiburón (m)	Levantamiento de censos y encuestas sistemáticamente diseñados que incluyendo los aspectos relevantes de las comunidades costeras.	Estimación del número de familias y personas que dependen directamente de la pesca del tiburón
11	Desconocimiento del tiempo de residencia de los neonatos en áreas de crianza y los movimientos migratorios de los adultos en aguas de jurisdicción nacional	Conducir, apoyar y participar en proyectos pilotos de marcado de tiburones juveniles y adultos en ambos litorales en colaboración internacional (m)	Efectuar actividades de marcado de tiburones en áreas de crianza y zonas de pesca	Estimar el tiempo de duración de los tiburones recién nacidos en áreas de crianza y entender los patrones migratorios de las especies oceánicas y costeras.

Pesquerías del Golfo - Caribe

7 barbas
rosado
blanco
camarón de roca
rojo
rojo
café
camarón
camarón
camarón
café
rojo
blanco
camarón
rosado
camarón
siete barbas
7

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE CAMARÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

ESPECIES: Camarón blanco (*Penaeus setiferus*), camarón café (*P. aztecus*), camarón rosado (*P. duorarum*), camarón rojo (*P. brasiliensis*) *y* camarón siete barbas (*Xiphopenaeus kroyeri*).

- Pesquería secuencial: artesanal en lagunas, industrial en altamar.
- Reclutamiento altamente variable año con año.
- Reclutamiento concentrado en una parte del año, diferente para cada especie.
- Las poblaciones de camarón blanco y rosado presentan niveles de abundancia muy bajos.
- Una alta proporción de la captura por lance corresponde a fauna incidental.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 21,541 t, 70% con respecto al máximo histórico (1975).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Estructurado por edades y de rendimiento por recluta.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible: camarón café en buen estado; el blanco y el rosado muy deteriorados.

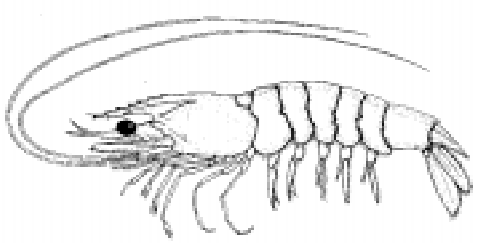
MEDIDAS DE MANEJO

- Vedas espaciales y temporales (NOM-002-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

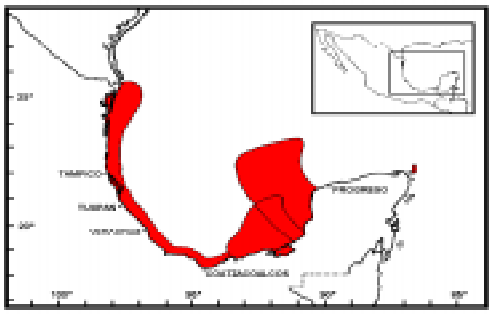
- Proteger el crecimiento, el reclutamiento y el periodo de reproducción.

Camarón del Golfo de México y Mar Caribe



Farfantepenaeus aztecus
Litopenaeus setiferus
F. duorarum
F. brasiliensis
Xiphopenaeus kroyeri
Sicyonia brevirostris

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

En el litoral del Golfo de México, el camarón es la tercer pesquería en cuanto a volumen después de la mojarra y el ostión. Sin embargo, tanto el valor económico de la producción, así como la infraestructura usada en su explotación y procesamiento, hacen a esta pesquería la más importante del litoral del Golfo y Caribe mexicanos.

Si se descuenta la producción por acuacultura, la captura de camarón del Golfo de México y el Caribe en 1998 (18,704 toneladas de peso desembarcado) comprendió el 38% del total nacional. En 1998 las 658 embarcaciones camaroneras eran casi el 47% de los 1,372 barcos dedicados a la pesca de altura en el Golfo de México y el Caribe, superando a la flota escamera (SEMARNAP, 1998).

En este litoral la explotación se lleva a cabo en tres zonas de importancia:

- Norte del Golfo de México (Tamaulipas y Veracruz)
- Sonda de Campeche (Tabasco y Campeche)
- Caribe mexicano (Quintana Roó)

Aunque existe un importante movimiento de flota entre estas tres áreas y su administración debe concebirse como conjunta, éstas se distinguen en aspectos importantes como son las especies aprovechadas, su grado de explotación y su magnitud de producción.

La pesquería de camarón en el Golfo de México y Mar Caribe, es la de mayor importancia económica en la región

La importancia relativa de estas zonas ha variado en los últimos diez años. En ese periodo, el noroeste del Golfo de México (Tamaulipas y norte de Veracruz) pasó del 38 al 69% del total de la captura en el litoral (SEMARNAP, 1998). En esa zona la captura se compone de 95% de camarón café (*F. aztecus*) y el 5% restante por camarón blanco y camarón rosado (Castro, 1982). En 1998, Veracruz aportó el 9% de la producción del litoral y Tamaulipas el 60% restante (SEMARNAP, 1998).

En la zona noroeste del Golfo de México, la principal especie de camarón que se captura es el camarón café; en la Sonda de Campeche el camarón blanco y en el Caribe la pesquería se compone básicamente de camarón rojo

La Sonda de Campeche pasó en los últimos años de aportar más del 50% del volumen de captura en el litoral al segundo puesto con 22% en 1998. El camarón blanco *(L. setiferus)* y el camarón rosado (*F. duorarum)* son los de mayor importancia comercial en esa zona, 18 y 41%, respectivamente, de la captura industrial registrada en el estado de Campeche (el camarón café aporta un 38% de la captura desembarcada en ese estado). Sin embargo, las otras especies tienen relevancia desde el punto de vista social, por el número de pescadores dedicados a la actividad. Por ejemplo, la pesca del camarón "siete barbas" *(Xiphopenaeus kroyeri)* es una actividad económica importante en la región de Isla del Carmen, Campeche (cerca de 1,700 toneladas reportadas en 1999).

La pesquería del Caribe (Quintana Roó) tiene una importancia relativamente reducida a nivel del litoral (apenas 1.1% de las capturas totales de éste son registradas en Quintana Roó, aunque una porción importante de lo capturado en esta zona es registrada en Campeche por la flota de ese estado), sin embargo, es la segunda actividad pesquera de mayor importancia a nivel local y la primera por su infraestructura pesquera instalada en el estado. Reporta capturas anuales promedio de 200 toneladas de camarón sin cabeza. La pesquería se dirige básicamente a la captura de camarón rojo (*F. brasiliensis*) y secundariamente al camarón de roca (*Sicyonia brevirostris).* En las capturas se reportan cantidades poco significativas de *F. duorarum*, *L. setiferus* y *L. schmitti* (Arreguín-Sánchez, 1981a). La especie más importante desde el punto de vista económico es el camarón rojo.

Fue en 1940 cuando se inició la pesquería de camarón en altamar. Comenzó en el litoral de Tamaulipas a bordo de embarcaciones norteamericanas que eran alquiladas por empresarios mexicanos o registradas a nombre de cooperativas mexicanas.

Al inicio de esta pesquería, participaban las flotas japonesas, cubanas, y norteamericanas, compitiendo con la flota mexicana

Uribe (1994) señala que la pesca exploratoria de camarón blanco en la Sonda de Campeche fue realizada por japoneses en los años treinta. Sin embargo, fueron los estadounidenses quienes comenzaron la pesca una década más tarde (1947) a escala comercial y, así como en el caso de Tamaulipas, algunos de sus barcos eran contratados por empresarios mexicanos con base en Ciudad del Carmen, Camp. Las primeras embarcaciones mexicanas comenzaron sus operaciones en la misma ciudad (1949) y en el puerto de Campeche (1951).

Durante los primeros 20 años de esta pesquería, la flota mexicana compitió con la norteamericana y la cubana (que se incorporó en los años sesenta) que pescaban en aguas frente al litoral mexicano.

A principios de la década de los cincuenta, la producción de camarón en el Golfo de México llegó alrededor de las 4,000 t donde las principales especies en la captura eran el camarón rosado y el blanco.

Durante los años sesenta, la captura de camarón alcanzó 20,000 t con aprox. 650 barcos en operación. Ya para principios de la década de los setenta, la flota del Golfo se componía de cerca de 1,100 barcos. Durante esta década las capturas promedio de este litoral eran cercanas a 26,000 t por año (Cinta, 1985).

La pesquería en el Caribe se inició desde mediados de los años sesenta, pero la base de su desarrollo se estableció aproximadamente unos siete o diez años más tarde, junto con la construcción de mejor infraestructura (Soto *et al.,* 1982).

Las cooperativas de pescadores camaroneros en el estado de Campeche empezaron a formarse en 1966 y dado que la Ley Federal de Pesca de 1949 les había concedido el aprovechamiento exclusivo del camarón, se estableció el "Contrato de Uso de Embarcaciones Camaroneras" que regulaba las condiciones en que las cooperativas podían usar los barcos de los empresarios y fijaba los precios que éstos debían pagar por las capturas. Sus estipulaciones se revisaban cada dos años.

Los desacuerdos surgidos en 1975 con respecto a esas condiciones motivaron el paro de operaciones durante un mes, conflicto que se resolvió con un nuevo acuerdo provisional en abril de 1976 (Fuentes *et al.*, 1976).

En 1982 se realizó la transferencia de la flota del sector privado al social. En la segunda mitad de esa década, tanto la captura como el número de barcos disminuyeron hasta alrededor de 24,000 t y 600 embarcaciones, respectivamente. Estos descensos fueron mucho más notorios en la Sonda de Campeche, donde la producción de camarón rosado y blanco disminuyó en 57% entre 1985 y 1998.

Esta tendencia se ha visto de cierto modo, compensada por un aumento de 71% en la captura de camarón café frente a Tamaulipas y Veracruz, zona donde ha aumentado el esfuerzo pesquero a partir de esta época.

En 1992, se hizo una nueva transferencia de la flota hacia el sector privado. Después de 1993, las capturas de la región se han incrementado ligeramente con relación al promedio de los últimos diez años, hasta alrededor de 20-25,000 t.

En los años cincuenta, la producción de camarón registrada fue cercana a 4,000 t; en los sesenta fue de 20,000 con un esfuerzo pesquero de 650 embarcaciones y una década después, en los años setenta, se registraron 26,000 t como captura promedio obtenida por cerca de 1,100 barcos

Esto ha sido en parte, debido a la introducción de medidas de manejo como la temporada de veda y la zona de prohibición de la captura de 15 millas marinas desde la playa hacia el mar en algunos estados.

BIOLOGÍA

Los camarones penéidos se caracterizan por presentar dos fases generales de desarrollo, una se lleva a cabo en lagunas costeras y la otra en altamar, donde maduran y se reproducen los adultos (Cook y Lindner, 1965). La dependencia de aguas estuarinas y lagunares varía entre las diferentes especies (García y Le Reste,1981). Esta característica tiene importantes repercusiones en la administración de este recurso.

Otro aspecto relevante para la administración es la reproducción. Los camarones penéidos se reproducen todo el año; cada mes pueden encontrarse individuos de diferentes cohortes, en cada etapa del ciclo de vida. Haywood y Staples (1993) reportan incidencia de postlarvas de *Penaeus merguiensis* durante todo el año en el Golfo de Carpenteira, Australia, detectando 12-14 cohortes anuales. Loneragan *et al.* (1994), reportan también ocurrencia de postlarvas y juveniles de *Penaeus esculentus* y *P. semisulcatus* durante todo el ciclo anual. Lo mismo reportan Baxter (1962) para *Farfantepenaeus aztecus* del norte del Golfo de México, Gracia y Soto (1990) y Gracia (1996) para *F. aztecus, F. duorarum y Litopenaeus setiferus* para la zona de la Laguna de Términos; y Poli y Calderón (1987) para *L. vannamei* y *L. stylirostris* en Sinaloa.

Sin embargo, hay periodos del año con mayor ocurrencia de reproducción, y la temperatura es un factor desencadenante importante. Lindner y Cook (1970) afirman que la ocurrencia del desove en *Litopenaeus setiferus* está más asociada a cambios de temperatura que a la temperatura absoluta en si. Los cambios rápidos de temperatura en primavera y otoño delimitan la época de ocurrencia máxima de desoves. Martínez-Córdoba (1993) menciona algo similar para *L. stylirostris*; Iversen *et al.* (1993) afirman que son "los aumentos y (quizás) los descensos de temperatura" , los que inducen al desove. Neal (1971) menciona el aumento de la temperatura entre los métodos para inducir el desove en cultivos experimentales.

Individualmente, las hembras no desovan una sola vez. A partir de la primera madurez, existe una producción y maduración constante de ovocitos en las gónadas (García-Gómez, 1976). Lindner y Cook (1970) afirman que *Litopenaeus setiferus* puede desovar hasta cuatro veces en una temporada.

García-Gómez (1976) señala para *L. stylirostris* la longitud mínima de hembras maduras entre 130-160 mm, con una curva de crecimiento de von Bertalanffy con los parámetros K = 0.179/mes, Longitud

asintótica = 245 mm y To = 0.477 meses (Rodríguez de la Cruz, 1976). Esas longitudes corresponden a edades de 5 a 6.5 meses, que coinciden con la edad del primer desove mostrada por García y Le Reste (1981).

En particular, para el Golfo de México, se pueden encontrar camarones maduros en un intervalo entre los 140 y 170 mm en camarón rosado y 170-200 mm en camarón blanco en los períodos de reproducción. Estas longitudes corresponden a edades entre 4 y 8 meses en el camarón rosado (con K = 0.23/mes y Longitud asintótica = 216 mm) y entre 8 y 13 meses (con K = 0.2/mes y Longitud asintótica = 206 mm) en el camarón blanco. Lo anterior indica que en las reproducciones masivas participan individuos pertenecientes a varias cohortes, como lo sugiere García (1985).

Existen ventajas evidentes en un desove a edades tempranas. Con la curva alométrica de fecundidad-longitud dada por García-Gómez (1976) (huevos/mm de longitud total, a = 0.0007 y b = 3.9439), la cantidad de un millón de huevos se alcanza a los 210 mm con casi un año de edad. Es decir, la primera puesta ocurre a una edad relativamente temprana (la mitad o la tercera parte de la longevidad teórica de 12 a 18 meses) y aunque la fecundidad sea relativamente menor (de una cuarta parte a la mitad de la alcanzada al año de edad). Esto se ve compensado por el mayor número de animales sobrevivientes a edades tempranas. Con una mortalidad instantánea natural de 0.2/mes, a los 5-6 meses sobreviven 30-37% de los organismos iniciales, y a los doce meses sólo queda el 9% del número inicial. Esto es una cifra muy conservadora ya que la mortalidad natural no es uniforme (siendo mucho mayor a edades tempranas) y no considera el gran aumento de la mortalidad durante una temporada de pesca típica; con un valor de mortalidad por pesca cercana a la mortalidad natural a partir de los 130 mm, la proporción remanente a los doce meses se reduce del 9 al 2%.

De lo anterior se desprende que dado que en el ciclo de vida de los camarones penéidos se dan etapas de alta vulnerabilidad a variables ambientales y que la mortalidad es alta durante todo el ciclo de vida, éstos están adaptados a ese régimen, tanto a nivel individual como de población, por medio de características tales como un crecimiento rápido, una alta fecundidad individual y desoves frecuentes a partir de una edad temprana. Rothschild y Gulland (1982) dicen al respecto: “En especies con ciclo de vida corto, como los camarones, la estrecha adaptación del potencial de desove estacional a los cambios ambientales estacionales puede ser la clave de su permanencia en ambientes oscilantes”.

Bajo esa estrategia, siempre existirá una fracción de la población que aprovechará condiciones favorables para la reproducción (como períodos de temperaturas altas) y posterior sobrevivencia de la progenie, en forma de “ventanas de reclutamiento”.

Conviene aclarar aquí el significado de algunos términos que se emplearán en los apartados siguientes. La palabra “Reclutamiento” se usa normalmente para definir ”la entrada de organismos jóvenes al área explotada” (Gulland, 1971). Muchas veces en el caso del camarón, y este será el caso en varias partes del texto que sigue, cuando se habla de “reclutamiento” se quiere decir la entrada de organismos a la pesquería de altamar, con al menos 3-4 meses de edad. Sin embargo, dado que también se da la captura en las áreas de crianza, se utilizará en este apartado el término “reclutamiento” en su sentido más general, como el número de organismos que ingresan a esas áreas. En el caso de referirse al ingreso a la pesquería de altamar, se aclarará explícitamente. La palabra “cohorte” designa a un grupo de animales que nacen más o menos al mismo tiempo, en un periodo de días o semanas. Puede considerarse como sinónimo de generación.

Como se mencionó, los camarones se reproducen durante todo el año, con periodos bien localizados de máximos en la actividad reproductora, sin embargo, no todos los períodos de reproducción son igualmente importantes para la administración. La variación del reclutamiento (la diferencia en el número de organismos que entran a las áreas de crianza en cada mes) es un fenómeno observado en muchas pesquerías de camarón. De hecho, la existencia de unas pocas cohortes, cercanas en el tiempo, que representan la mayor parte de la biomasa generada al año (y por lo tanto, de las capturas) es la base de la administración por medio de vedas. Aunque exista reclutamiento en mayor o menor grado durante todo el año, la veda pretende proteger el reclutamiento mayor.

Mathews *et al.* (1984) postulan el tipo "sintetizado" de ciclo de vida típico encontrado en general en penéidos: entre las cohortes de todo el año, dos son importantes por razones distintas, una (la más importante en biomasa y la que se explota al inicio de la temporada) con reclutamiento en primavera-verano y reproducción en otoño y una segunda con reclutamiento en otoño-invierno y reproducción en primavera (explotada al fin de la temporada).

En palabras de estos mismos autores, "(este tipo de ciclo..) tiene la característica paradójica que los episodios mayores de reproducción y reclutamiento ocurren en primavera, mientras que el reclutamiento (mayor) de primavera resulta de los desoves de los animales que se originan en el desove (menor) de otoño". Es decir, un reclutamiento grande (primavera-verano) proviene de un número relativamente pequeño de reproductores, mientras que un número grande de reproductores (de la cohorte principal del año, algo así como la mitad de la biomasa de todo el año) no produce más que un número relativamente pequeño de reclutas.

Rotlisberg *et al.* (1983) reportan ese fenómeno en Australia. Durante el otoño, que es cuando el número de reproductores, huevos y larvas es mayor, el reclutamiento a las áreas de crianza es relativamente pobre. En cambio, durante la primavera, cuando el número de hembras es "mucho menor" el reclutamiento a esas áreas es tan grande que sostiene la pesquería de altamar unos seis meses después. Arreguín (1994), reporta también condiciones cíclicas en el reclutamiento de camarón café en Tamaulipas.

Varios autores (Rotlisberg *et al.*, 1983; Rogers *et al.*, 1993; De Lancey *et al.*, 1994) han mostrado que la sobrevivencia de las postlarvas, y por ende el reclutamiento a las zonas lagunares, depende fuertemente de su ingreso a las zonas de crianza y de las condiciones ambientales que faciliten su entrada a ellas. Esos autores señalan que es la combinación de movimientos de las postlarvas en la columna de agua y de corrientes causadas por diversas condiciones ambientales (mareas, vientos, etc.) lo que explica, tanto la presencia de postlarvas en ciertas zonas, como su ingreso en las áreas de crianza.

En los siguientes párrafos se presentan aspectos particulares relevantes de las principales especies explotadas en el Golfo de México: camarón café, rosado, blanco, siete barbas, rojo y de roca. Cada especie presenta variaciones respecto al esquema general presentado en los párrafos anteriores.

◤ Camarón café

El desove se realiza a profundidades mayores de ocho brazas, desde la primavera hasta principios del invierno. El desove a profundidades mayores de 25 brazas ocurre a lo largo de todo el año y es en esta profundidad donde se encuentra el mayor porcentaje de hembras maduras. Los huevecillos son demersales y tienen un diámetro de 0.26 mm al eclosionar entre las 14 y 18 horas después del desove; enseguida se desarrollan 11 estadios larvarios que son: cinco subestadios de *nauplio*, tres de *protozoea* y tres de *mysis*.

Dependiendo de la temperatura, el tiempo de desarrollo de la fase larvaria es de 11 a 15 días. Durante los primeros estadios postlarvales el camarón café es planctónico en altamar. Al alcanzar una longitud total entre 10 y 14 mm las postlarvas emigran hacia los sistemas lagunares. En el noroeste del Golfo de México, las larvas y postlarvas se encuentran en abundancia en aguas de la plataforma continental a fines del invierno y entran a los esteros al inicio de la primavera.

Después de entrar en aguas estuarinas donde llevan a cabo el desarrollo de la segunda fase de su ciclo de vida, las postlarvas se concentran en las áreas marginales, usualmente a menos de 0.9 m de profundidad donde existe vegetación y *detritus* orgánicos en abundancia. El camarón juvenil permanece en estas áreas protegidas de 10 a 12 semanas y se desplaza hacia las aguas más profundas del estuario, antes de retornar a las aguas marinas.

La edad máxima alcanzada por el camarón café es cercana a 18 meses (Nader, 1989). La edad de primer

desove es de seis meses, cuando tiene una longitud de 140 mm y un peso total de 16 g (Castro, 1982). En lo que se refiere a talla y peso máximo promedio las estimaciones fluctúan en longitud máxima (L_{oo}) de 214 a 236 mm y en peso máximo (W_{oo}) de 54.7 a 74.2 g.

El camarón café puede ser encontrado en altamar durante todo lo largo del año con dos periodos de máxima abundancia: de junio a agosto y de octubre a diciembre. La población de camarón juvenil predomina en las capturas de abril a junio. En general, durante el periodo mayo-agosto se extrae alrededor de un 50% de la captura anual (Castro *et al.*, 1986). Aunque hay reclutamiento durante todo el año, el evento principal de reclutamiento a las pesquerías de laguna y altamar se lleva a cabo durante un corto periodo: en mayo para las lagunas y en julio-agosto para altamar en Tamaulipas. Estos organismos pertenecen a las mismas cohortes, originadas de la reproducción del primer cuatrimestre del año. La *figura 1* muestra las diferencias locales en el reclutamiento, tanto en volumen (las isolíneas expresan el rendimiento en intervalos de 20 Kg/h) como en temporalidad.

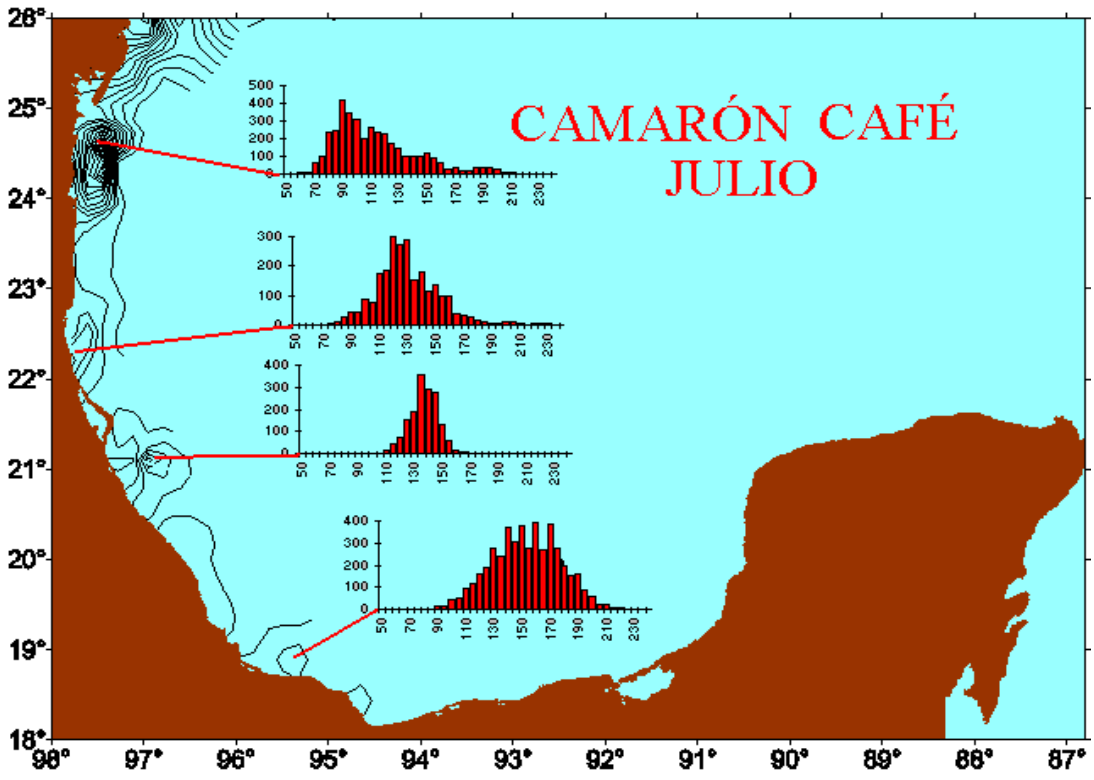


Fig. 1. Rendimiento (Kg/hora de arrastre) y tallas (longitud total en mm) de camarón cafe, de cruceros en época de veda en 1997.

◤ Camarón rosado

Se concentra en aguas de la Sonda de Campeche, desde la porción noreste de la Laguna de Términos y el estero de Sabancuy hasta Isla Arena y Celestún en la zona limítrofe de los estados de Campeche y Yucatán, encontrándose desde aguas someras (los juveniles) hasta a profundidades de 20 a 70 m, en la parte este-noreste de la Sonda.

Los monitoreos del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) Lerma del Instituto Nacional de la Pesca, han localizado la zona más importante de concentración de reproductores de camarón rosado cerca de los 22°N 91°O (Fig. 2).

Los machos maduran cuando alcanzan los 85 mm de longitud total (punta del rostro a punta del telson), 5.0 g de peso total (con cabeza) y 2.5 a 3.0 meses de edad. La talla máxima usual es de 175 mm (9.0 a 12 meses) aunque algunos llegan a vivir de 18 a 20 meses.

El 50% de las hembras se encuentra en estado de total madurez sexual cuando llegan a los 127 mm de longitud o a los 17 g de peso (edad de 4.5 meses). Cuando miden 140 mm ya desovaron cuando menos una vez (Re-Regis, 1989). La proporción promedio mensual macho:hembra es de 4:6 en altamar, pero cambia estacionalmente. Al inicio y al final del periodo de máxima reproducción, que es de mayo a septiembre (aunque puede variar año con año), la proporción es 3:7. Cuando se inician los dos principales periodos de reclutamiento masivo de juveniles a la pesquería (el menor en abril y el mayor en octubre o noviembre), la proporción se invierte a 7:3.

Las hembras reproductoras se capturan desde los 15 m (8.2 brazas) de profundidad y producen entre 211 mil a 450 mil huevos (Re-Regis, 1989). Según Fuentes *et al.* (1976), la eclosión ocurre después de 12 a 14 horas y a lo largo de 15 a 20 días los individuos pasan por 11 fases larvarias (*nauplios, protozoeas y mysis*), seguidas por dos de postlarva (planctónica y bentónica).

El hallazgo de juveniles pequeños (17 a 32 mm de longitud total) en esteros en todos los meses del año, sugiere que el arribo de postlarvas es continuo (Santos y Uribe, 1997). Por otro lado, las menores tallas registradas (postlarvas de 11 mm y juveniles de 15 mm) y su mayor abundancia relativa, señalan que existen dos temporadas de mayor ingreso a la laguna: en febrero y en noviembre. Los datos de frecuencia por intervalos de longitud, indican que permanecen en estas áreas de dos a tres meses, aún como juveniles

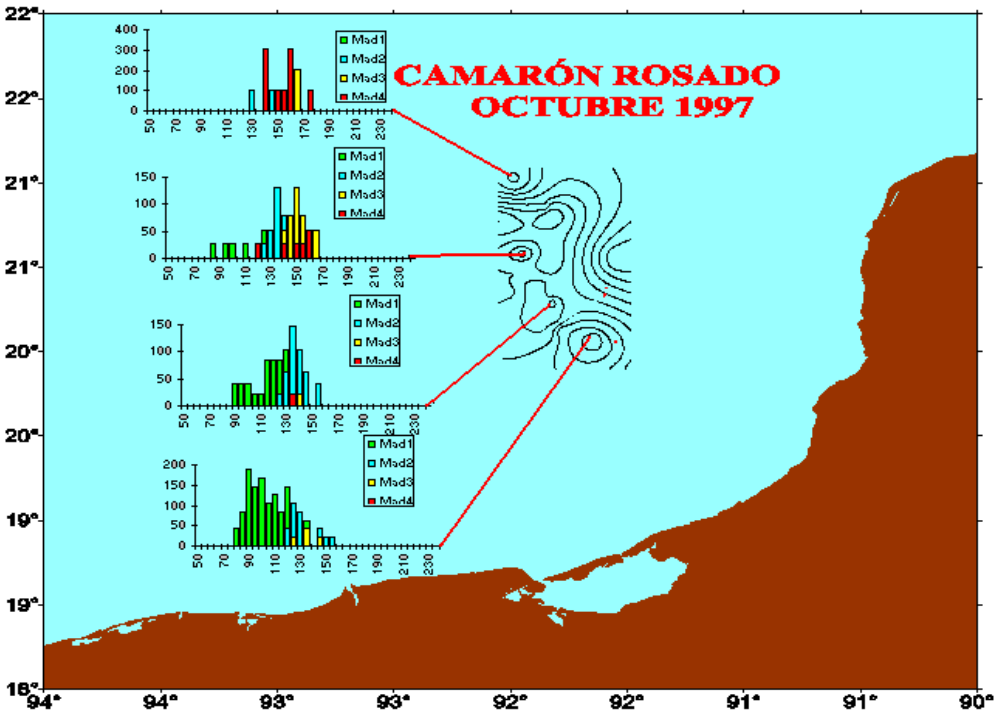


Fig. 2. Rendimiento (Kg/hora de arrastre), madurez y tallas (longitud total en mm) de camarón rosado de cruceros en época de veda en 1997,

(de 45 a 55 mm), y que migran al mar en dos principales pulsos anuales (marzo-abril y junio-agosto).

◤Camarón blanco

Existen dos stocks de camarón blanco en México; el principal es capturado en la Sonda de Campeche y el otro en la parte noroeste del Golfo de México (Gracia, 1991).

De todas las especies de camarones penéidos del Golfo de México, el camarón blanco es la que presenta mayor relación con la zona costera y dependencia de los esteros, ya que se encuentra principalmente en profundidades no mayores a 15 brazas, en fondos limosos o fangoso arenosos (Navarrete *et al.*, 1994).

En la captura de camarón blanco en la Sonda de Campeche se han encontrado machos con talla máxima de 190 mm y hembras de 210 mm

Se concentra principalmente en el área suroeste de la Laguna de Términos y desde la línea de costa hasta los 22 m en la parte sudoccidental de la Sonda de Campeche (Smith, 1988). Su distribución se extiende también hacia la porción este de la Sonda, donde se capturan en fondos de 25 a 45 m.

Existen áreas importantes de crianza entre las lagunas de Mecoacán y de Machona y la desembocadura de ríos como el Grijalva y el San Pedro, Tabasco. Sin embargo, se ha señalado tradicionalmente como la más importante la Laguna de Términos en Campeche (Gracia, 1989). *La figura 3* muestra la distribución de tallas y rendimientos, resultado de un crucero realizado durante la veda de 1996.

La talla máxima usual en la Laguna de Términos es de 110 mm, antes de la migración al mar (Lindner y Cook, 1970; Gracia, 1991). Las hembras maduran cuando alcanzan una longitud total de 120 a 140 mm (Smith, 1986; Re-Regis, 1994), es decir, cuando tienen ocho meses de edad. En las capturas en el mar se observan tallas máximas de 190 mm para machos y de 210 mm para hembras y su longevidad calculada es de 16 meses. Gracia *(*1989) considera que el máximo nivel de abundancia de individuos reproductores se presenta en un primer periodo (de diciembre a febrero) y en otro de menor magnitud (en junio) con un

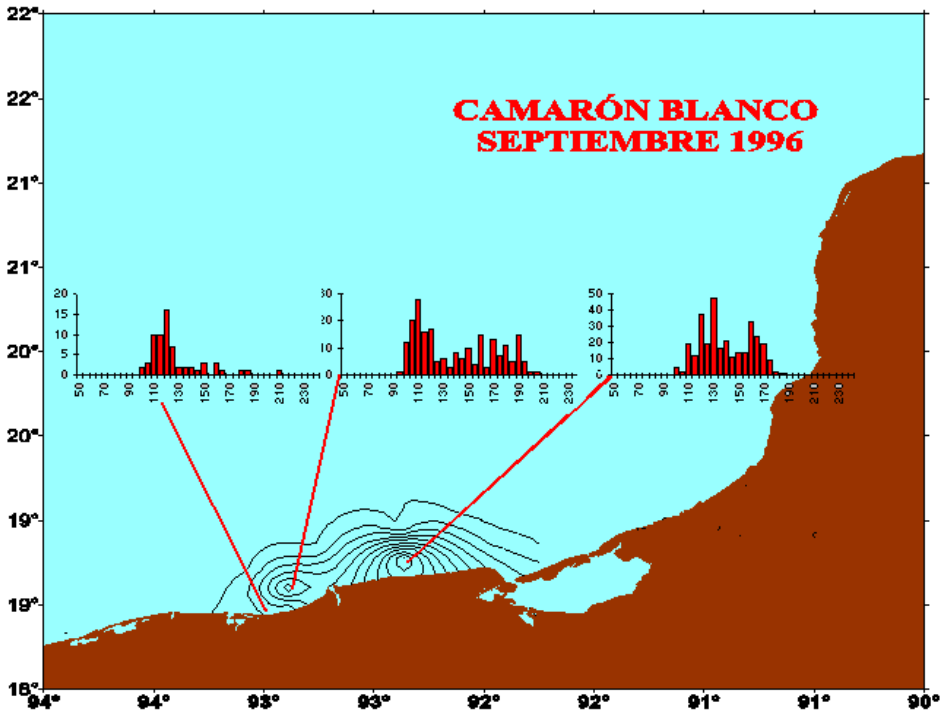


Fig. 3. Rendimiento (Kg/hora de arrastre) y tallas (longitud total en mm) de camarón blanco, en época de veda en 1996.

desove importante a finales de primavera e inicios de verano, mientras que el principal periodo de reclutamiento de juveniles a la pesquería se extiende de junio a noviembre. Re-Regis (1994) indica que existe un pico principal de reproducción de abril a mayo hacia el final de la época de sequía y otro menor en agosto casi al término de la temporada de lluvias.

◤ Camarón siete barbas

Los camarones de esta especie maduran y se reproducen en mar abierto, mientras que su crecimiento hasta juveniles o preadultos se lleva a cabo en aguas someras del litoral (Smith, 1988).

El camarón siete barbas de Campeche no se cría en los esteros sino cerca de la orilla en zonas marinas de baja profundidad (una a seis brazas) y entra en la Laguna de Términos solamente cuando los vientos del norte cambian las corrientes costeras y se inunda la laguna con agua de salinidad mayor a 20 $^{0}/_{00}$ (Smith, 1984).

Los factores que regulan la producción de este recurso son poco conocidos dado que esta especie alcanza temporalmente densidades más altas que cualquier otra en el Golfo y sus capturas masivas en las costas del estado de Campeche están fuertemente relacionadas con los vientos del sureste (Smith, 1988).

Su estadio juvenil dura de dos a cuatro meses y llega al estado adulto a los seis o siete meses. La longitud de primera madurez estimada para este recurso es de 88 mm de longitud total. Existe reproducción durante todo el año con dos picos: uno de febrero a marzo y otro de junio a septiembre. Este último es el principal (Núñez y Wakida, 1997).

Los grupos que constituyen las cohortes principales nacen entre junio y septiembre y se reclutan en los meses de septiembre a febrero en donde más del 70% de los individuos presentan tallas menores a los 90 mm de longitud total, lo que significa que la pesca se centra sobre animales que aún no llegan a su etapa reproductiva plena (Núñez y Wakida, 1997).

Sus mayores concentraciones se encuentran en la zona costera con profundidades de dos a cuatro brazas, principalmente entre la localidad de Los Tubos y las cercanías de la desembocadura del Río San Pedro (Núñez y Wakida, 1997).

El camarón siete barbas alcanza temporalmente densidades más altas que cualquier otra especie en el Golfo de México provocando capturas masivas en Campeche, sin embargo la actividad pesquera se orienta a organismos que aún no han alcanzado su madurez

◤ Camarón rojo

En la zona de Contoy, frente al límite entre Yucatán y Quintana Roó, existe un importante afloramiento de agua subsuperficial rica en nutrimentos, que parece estar sincronizada con el reclutamiento, los ciclos de abundancia y desplazamiento de las diferentes especies (Porras *et al.*, 1994).

Las épocas de mayor actividad reproductiva y maduración sexual del camarón rojo se presentan de febrero a agosto, con máximos en marzo y abril (Sandoval, 1996). Los movimientos de las larvas hacia las lagunas costeras de Yalahau, Chacmuchuh y Nichupté en Quintana Roó y río Lagartos en Yucatán, coinciden con aquellas en que ocurre una importante fertilización de la zona eufótica y variaciones en la temperatura del agua e importantes cambios en las corrientes frente a Cabo Catoche (Merino, 1992).

El camarón rojo (*F. brasiliensis)* parece reclutarse a la pesquería de febrero a septiembre, con dos periodos de diferente magnitud. El primero y más importante de éstos se presenta de febrero a marzo y el segundo de menor intensidad en agosto-septiembre (Arreguín-Sánchez, 1981b y 1981c; Araneda, 1990; Soto, 1992 y 1994; Porras *et al.*, 1994).

El primer periodo ocurre con la entrada de organismos juveniles a las áreas de pesca más cercanas a Isla Contoy, con un desplazamiento aparente de organismos de tallas pequeñas hacia aguas más profundas conforme transcurre el tiempo. El segundo periodo de reclutamiento a la pesquería y de menor intensidad, ocurre en septiembre. En ambos periodos, se observa un desplazamiento hacia los sitios de captura más alejados de la costa y un incremento en las tallas conforme transcurre el tiempo.

Los juveniles del camarón rojo se encuentran muy cerca de la costa a bajas profundidades y con poca dependencia estuarina (Soto *et al.* 1982). La presencia de juveniles en las áreas costeras de pesca, se detecta desde principios de otoño hasta finales de invierno, para declinar en forma significativa conforme se modifican las condiciones del afloramiento en esas estaciones del año.

El camarón rojo se recluta a la pesquería en dos periodos, el primero y más importante de febrero a marzo y el segundo de agosto a septiembre

Se ha observado que la intensidad del afloramiento en otoño e invierno puede variar entre años, por lo que la intensidad del reclutamiento debería ser diferente para cada temporada. La temperatura en la parte interna de la plataforma cercana a la costa decrece en invierno, debido probablemente a la influencia de los frentes fríos o “nortes” en la región. Y es posible que éstos contribuyan significativamente al transporte de larvas hacia la costa (Porras *et al.*, 1994).

Sandoval (1996) encontró que la flota comercial puede capturar juveniles en sus áreas de pesca. La posible explicación es que su desarrollo se realiza en aguas someras no protegidas (Gracia *et al.*, en prensa).

◤ Camarón de roca

El camarón de roca (*Sicyonia brevirostris)* presenta, a diferencia de *F. brasiliensis*, sólo un periodo largo de reclutamiento, el cual se extiende de septiembre a marzo. Al parecer, la intensidad y magnitud del reclutamiento de las poblaciones de camarón rojo y de roca, se presentan en forma recíproca a lo largo del año, es decir, el periodo de mayor reclutamiento de una especie coincide con uno de menor intensidad del mismo en la otra (Arreguín-Sánchez, 1981c; Soto, 1992, 1994; Porras *et al.*, 1994; Sandoval, 1996).

El reclutamiento del camarón de roca sólo se efectúa en un periodo (septiembre a marzo); lo cual parece indicar que es inverso al del camarón rojo

Los juveniles del camarón de roca se encuentran desde zonas someras a profundas frente a Contoy, pero no dentro de las lagunas costeras de Quintana Roó o de Yucatán, como es el caso del camarón rojo (Arreguín-Sánchez, 1981). Lo anterior parece ser corroborado por las importantes capturas de individuos pequeños, registrados durante el invierno en áreas alejadas de la costa (Porras *et al.*, 1994).

CAPTURA Y ESFUERZO

◤ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

- **Tamaulipas-Veracruz**

La unidad de pesca utilizada para la captura de camarón en altamar (pesca industrial) corresponde a un barco camaronero tipo Florida. Se trata de un arrastrero de fondo cuyo diseño, hasta 1976 incluía dos redes de arrastre, una por banda. A partir de ese año, éstas empiezan a ser sustituidas por cuatro redes

gemelas, dos por banda y una red adicional a prueba de nueve pies. La relinga superior mide 45 pies y la inferior 51, con malla de 1.75 pulgadas en el cuerpo y 1.5 pulgadas en el bolso.

La captura en las lagunas se obtiene por medio de artes de pesca fijas llamadas "charangas", cuya autorización para su uso en la pesca de camarón en Tamaulipas y norte de Veracruz, fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de noviembre de 1997, en el cual se establecen las características que deben tener las mismas. La charanga está constituida por dos barreras o aleros en forma de V sin vértice hechas por varas y ramas de mangle y cuyos aleros miden un máximo de 56 m. En los vértices se coloca una red llamada "yagual" que impide la salida del camarón. Este es desmontable en función de los periodos y temporadas de pesca, lo que le confiere al sistema la posibilidad de permanecer "inactivo" durante el periodo en que no esté instalado. El paño de red interior, tiene una altura entre 1.50 a 2.50 m y ancho de 1.50 a 1.60 m, el tamaño de malla mínimo debe ser de 38.10 mm (1.5 pulgadas). El yagual es de forma rectangular con una estructura o bastidor de madera o metal, cuyas dimensiones máximas son: 1.50 m de longitud por 3.0 m de altura y el tamaño de malla mínima de 38.10 mm (1.5 pulgadas). La cuchara es el principal componente del sistema que determina la selectividad. Esta constituido por un aro de madera, aluminio o plástico, un mango del mismo material y un bolso de paño. El diámetro de la cuchara debe tener un máximo de 2.5 m y el paño del bolso debe estar constituido por dos secciones, la primera o superior cubriendo 23 líneas (contadas en sentido vertical) con tamaño de malla mínima de 38.1 mm (1.5 pulgadas) y la segunda o inferior cubriendo el área por 26 líneas de mallas, con tamaño de malla mínima de 31.75 mm (1.25 pulgadas). El paño desmontado debe tener una longitud mínima de 250 mallas (D.O.F., 21.11.97).

Estas trampas se colocan en los canales de los sistemas lagunares contra la corriente con el propósito de atrapar el camarón durante su migración hacia el mar. La pesca se lleva a cabo de noche durante tres o cinco horas al final de la corriente de la marea producida por la pleamar o coincidiendo con la bajamar. El pescador usa la cuchara a intervalos de cinco minutos a una hora para sacar al camarón atrapado en el yagual. La duración de cada intervalo depende de su experiencia para saber si se dispersó el camarón desde la operación anterior.

El transporte de la captura se hace en embarcaciones pequeñas de madera de seis a ocho metros de eslora y de fibra de vidrio con motor fuera de borda. En cada embarcación participan de dos a tres pescadores.

En la Laguna Madre no existían registros del número total de charangas en operación y no había sido posible contar con registros mensuales de esfuerzo (en número de charangas activas cada mes) correspondiente a la captura registrada. Este problema había representado la principal dificultad para determinar la intensidad de explotación de camarones juveniles en la Laguna Madre.

El Centro Regional de Investigación Pesquera en Tampico inició en 1995 un muestreo intensivo del rendimiento por charanga y por noche mediante la recopilación de datos de captura por charanga por día directamente de alrededor de 30 "recibas" (centros de acopio de la captura) de camarón situadas en la ribera de la laguna.

La pesquería artesanal de mayor importancia en aguas protegidas se localiza en Laguna Madre, Tamps. y Tamiahua y Pueblo Viejo, Ver., por su elevado volumen de captura

Esta información ha permitido conocer el rendimiento promedio por día de estas artes de pesca así como la variabilidad existente en función del día de pesca y de la posición geográfica de la charanga.

Generalmente, los rendimientos presentan variaciones importantes con incrementos en los periodos de "mareas vivas" cuando el movimiento y emigración del camarón se intensifica.

Por ejemplo, en 1996, en la última semana del mes de mayo se estimó un máximo de operación de 5,587 charangas en la Laguna Madre, Tamps. y de 3,163 en el norte de Veracruz.

Debido a la ausencia de registros reales del número de charangas que operan en Laguna Madre, ha sido problemático determinar la intensidad de explotación en esta zona

Estos estudios en curso contribuirán en el futuro inmediato al ordenamiento pesquero de la pesquería artesanal de camarón de esta zona.

Desde 1999 se continuó con el programa sobre el ordenamiento de la pesquería de camarón en la Laguna Madre, mediante la designación de áreas de captura para cada sociedad cooperativa legalmente autorizada, el número de charangas y pescadores que participen en dicha captura.

- **Sonda de Campeche**

Según Uribe (1994), se pueden definir las siguientes pesquerías de camarón en la Sonda de Campeche:

- Una que con métodos artesanales atrapa organismos juveniles de camarón rosado en áreas costeras, practicada tradicionalmente en las comunidades de Sabancuy, Champotón e Isla Arena, en el estado de Campeche, y en Celestún y Río Lagartos, en el de Yucatán.
- Una semitecnificada que captura juveniles y adultos de camarón siete barbas en la costa desde Chiltepec (Tabasco) hasta Isla Aguada, con apoyo en embarcaciones menores con motor fuera de borda.
- Otra semitecnificada que opera clandestinamente capturando juveniles de camarón blanco en aguas de la Laguna de Términos.
- La industrial, que en altamar pesca juveniles y adultos de todas las especies, con apoyo de barcos camaroneros que tienen base en el puerto de Ciudad del Carmen y en el de Campeche.

En la Laguna de Términos, Campeche, se utilizan (ilegalmente) redes de arrastre con relinga superior de 14 m con una abertura de malla de una pulgada, construidas con hilo tratado y operadas con lanchas con motor fuera de borda de 55 CF a 65 CF. Recientemente, se ha empezado a usar una red de arrastre denominada “voladora” fabricada con hilo de monofilamento.

En la zona costera la pesca se efectúa principalmente con redes de arrastre como las descritas anteriormente y con redes de enmalle a la deriva, las cuales tienen una abertura de malla de 2.25 a 2.75 pulgadas y una longitud que varía de 150 a 225 m.

La utilización de éstas, usadas principalmente para la captura de camarón siete barbas con capturas incidentales de camarón blanco, depende de la temporada del año. Las redes de arrastre se utilizan principalmente de noviembre a marzo, mientras que las de deriva para camarón blanco de abril a septiembre (Smith, 1986; Gracia, 1996). El uso de todos estos artes de pesca está prohibido en la Laguna de Términos.

La red de enmalle a la deriva apareció en 1983, pero no fue sino hasta 1987 cuando se legalizó esta forma de captura. Smith (1986), menciona que la captura promedio diaria por lancha en esos años era de aproximadamente 40 kg. Según registros del CRIP de Ciudad del Carmen, de 1987 a 1993 las capturas de la pesca artesanal eran mayores que las de la pesca industrial. En 1993 se prohibió la pesca por medio de este método, sin embargo, continúa en uso.

En las lagunas costeras de Tabasco la pesca se realiza con atarrayas tradicionales.

La pesca de altamar del camarón blanco se realiza de día, mientras que la de rosado y café durante la noche. Se efectúan tres o cuatro lances por jornada de pesca (diurna o nocturna) y cada lance dura de tres a cuatro horas. La operación se puede suspender si en la red de prueba se obtienen capturas bajas.

La flota de los dos principales puertos del estado de Campeche utiliza embarcaciones mayores tipo Florida, el 76% de ellas con casco de acero, 21% de madera y 3% de fibra de vidrio. La mayoría tienen motores de 335 a 565 CF y operan arrastrando cuatro redes gemelas (dos por banda). Tienen una antigüedad de 10 a 20 años. La mayor parte tiene una eslora de 20 a 22 m con capacidad de carga de 30 a 40 t. Sus motores poseen entre 300 y 365 CF. Para conservar la producción utilizan refrigeración y operan en profundidades de cinco brazas o más (Wakida, 1996). Emplean principalmente redes de tipo texana, pero en algunos casos también usan la de tipo voladora, la hawaiana o la balona; la relinga superior tiene de 11 a 18 m y la luz de malla medida en el copo puede ser de 3.8, 4.4 o 5.0 cm.

Antes del establecimiento de la veda, esta flota operaba en la Sonda de Campeche en todos los meses del año, pero el esfuerzo aplicado era mayor en dos periodos que coincidían con los picos de reclutamiento de juveniles a la pesquería de altamar, y en los cuales se obtenía el mayor volumen de producción mensual. Actualmente, la mayor parte de la flota de Campeche se traslada a la zona de Tamaulipas y Veracruz, al terminar la veda en esa área, para explotar el camarón café.

Fue hasta 1987 cuando se legalizó el uso de la red de enmalle a la deriva con elevados niveles de captura de la pesca artesanal; sin embargo a pesar de que en 1993 se prohibió su empleo, continua su uso

La composición promedio de la captura reportada por la flota industrial de Ciudad del Carmen, Camp., durante el periodo de 1983 a 1993 fue: 48% de camarón rosado, 38% de camarón café y 14% de camarón blanco. En 1995 y 1996 las proporciones fueron: café 45%, rosado 26% y blanco 24% en promedio. Esta flota, a diferencia de la que tiene como base el puerto de Campeche, captura camarón blanco y café debido a la cercanía de sus zonas de distribución.

La flota del puerto de Campeche operaba principalmente en la zona noreste de la Sonda y sus capturas entre 1981 y 1989 estuvieron integradas en un 80% por camarón rosado (Navarrete y Uribe, 1993).

En 1998, la captura maquilada en este puerto estuvo compuesta por 49% de camarón rosado, 48% de camarón café y 3% de camarón blanco. El 74% del camarón café capturado por esta flota se obtuvo en el periodo agosto-octubre, después de terminada la veda en Tamaulipas y Veracruz y durante la veda en Campeche. Lo anterior da una idea de los cambios en los patrones de movimiento de la flota de este puerto.

- **Contoy**

La pesca de altamar en la Sonda de Campeche se realiza de día para el camarón blanco y la de camarón rosado y café durante la noche

En la zona de Contoy se han identificado seis áreas en las que se realiza un intensivo esfuerzo pesquero. Los estudios realizados por el INP en la zona desde hace más de doce años, indican que la flota camaronera de Quintana Roó ha intensificado sus esfuerzos en explorar nuevos campos de pesca en la última década.

A principios de los años ochenta, los barcos operaban en áreas ubicadas alrededor de las 14 y 32 millas náuticas de Isla Mujeres y en un puerto pesquero de reducidas dimensiones frente a Cabo Catoche. Para 1994, los sitios de pesca se ampliaron hasta las 60 millas náuticas del punto mencionado. Actualmente, las áreas de pesca se encuentran limitadas entre ellas y hacia las proximidades de la costa, por terrenos muy accidentados y significativas profundidades en los bordes de la plataforma (entre 160 y 500 m). Las áreas se ubican entre los paralelos 22º18´00" y 21º27´00" latitud norte y los 86º34´00" y 87º01´97" longitud oeste.

La pesca de camarón se realiza en fondos planos y arenosos, libres de rocas y corales, con profundidades que oscilan entre los 35 y 60 m (Porras *et al.*, 1994). En Quintana Roó no hay aún una pesquería dirigida a la captura de camarones juveniles, aunque en Río Lagartos, Yucatán, se realizaba (antes del establecimiento de la veda por tiempo indefinido en aguas protegidas de la Península de Yucatán) una significativa extracción del recurso entre noviembre y marzo, que está siendo evaluado por el INP.

Los barcos que operan en la zona de Contoy corresponden al tipo Florida y al tipo BANFOCO y están equipadas con redes de arrastre dobles. Miden entre los 21 y 24 m de eslora con manga de seis a siete metros. La potencia de las máquinas está entre los 365 a 520 CF. Todas las embarcaciones están equipadas con equipo de navegación, comunicación, detección de cardúmenes y posicionamiento (compás, radio transmisor, ecosonda y LORAN o navegador por satélite). La capacidad de carga varía entre las 15 a 30 t y con autonomía de 30 a 40 días, dependiendo de la refrigeración en bodega. Presentan redes dobles con tablas y patines para la operación y una red adicional de prueba. El tangón mide 13.5 m; la galga 40 brazas y el largo de línea de la red 354 m, con una abertura de malla de 1.75 pulgadas (Soto, 1992).

▼ *Tendencias históricas*

La captura total de camarón en el Golfo de México tuvo una tendencia ascendente hasta inicios de la década de los setenta. Después de mantenerse unos años alrededor de las 30,000 t la captura descendió hasta menos de 25,000 t durante los últimos seis años (Fig. 4). En 1998 se capturaron 18,704 t de peso desembarcado (23,187 de peso vivo), (SEMARNAP,1998).

Es de notarse el cambio en importancia relativa entre Campeche y Tamaulipas, que obtienen el 80% de la captura total, entre 1970 y el presente. En cuanto al número de barcos, éste se ha reducido de 1,200 a principios de los años ochenta, hasta 658 embarcaciones en la actualidad (Fig. 5).

- **Tamaulipas-Veracruz**

El 90% de la captura en esta área se obtiene en las costas de Tamaulipas, y Veracruz aporta el 10% restante. La pesquería artesanal de aguas protegidas más importantes en cuanto a volumen es la Laguna Madre, en Tamaulipas y las lagunas de Tamiahua y Pueblo Viejo en Veracruz. En este último estado, estas dos lagunas y su área marina circundante aportan el 61% de la producción de camarón de la entidad

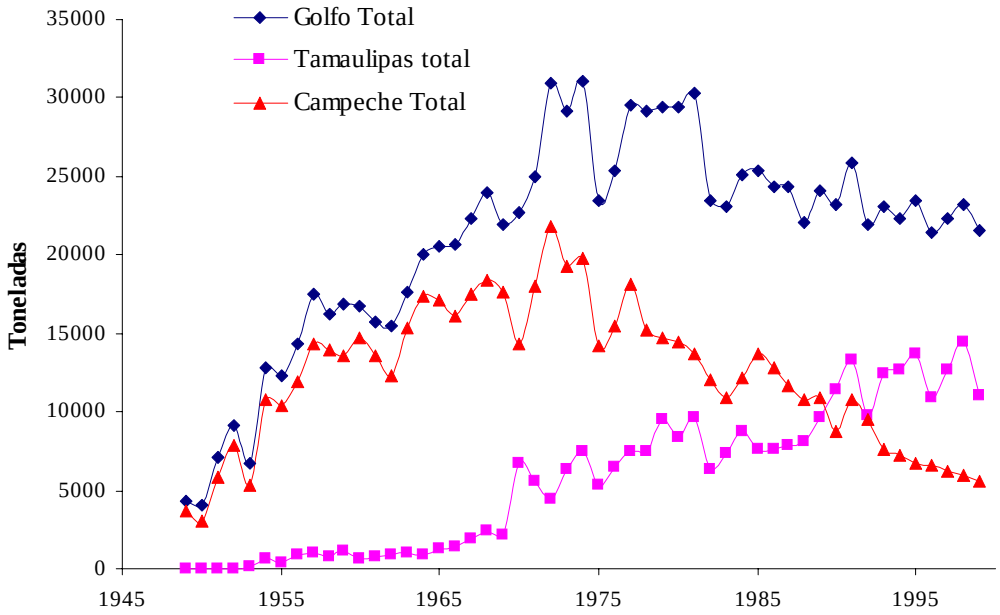


Fig. 4. Evolución de la captura total de camarón en el Golfo de México y en los estados de Tamaulipas y Campeche.

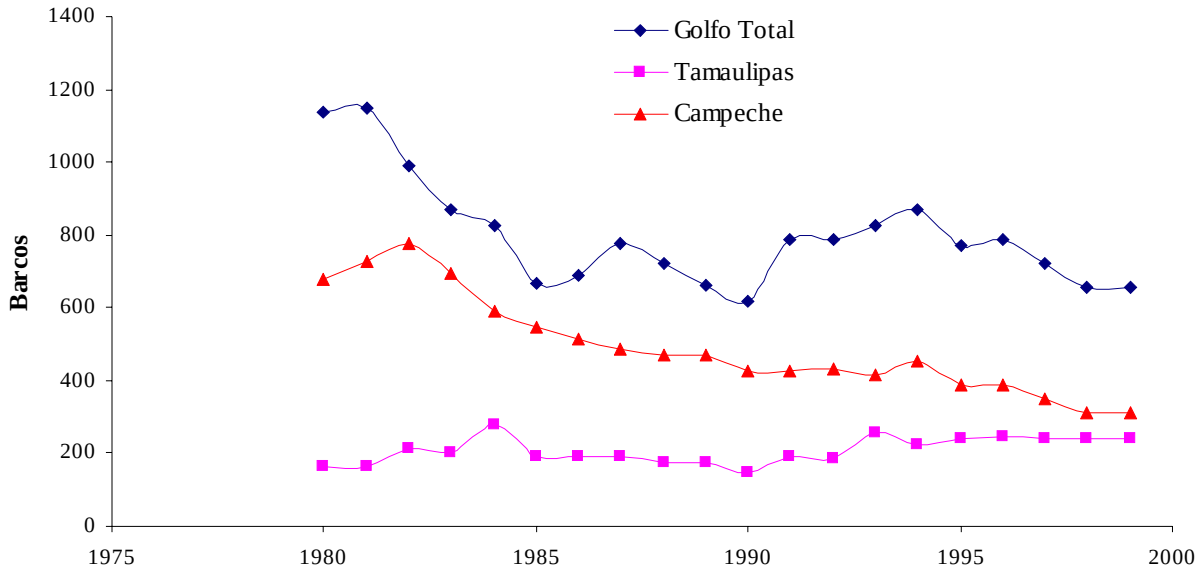


Fig. 5. Evolución del número de barcos camaroneros en el Golfo de México y en los estados de Tamaulipas y Campeche.

(56% de esa porción proveniente de las lagunas y el camarón café constituye la casi totalidad de las capturas). En la zona sur de Veracruz (en el área de la Laguna de Alvarado) las lagunas y esteros representan solo el 8% del total de la producción, con una proporción más apreciable de camarón blanco.

Como se mencionó, la captura en esta zona ha tenido una tendencia ascendente desde el inicio de los años setenta. La aplicación de la veda, desde 1993, ha resultado en un aumento de las capturas totales pero, en particular, de la pesquería de altamar.

La captura anual promedio de camarón registrada en Tamaulipas y Veracruz en el periodo 1987-1992 era, previo al establecimiento de la veda, de 10,033 t de producto entero fresco, de las cuales el 55% correspondían a la captura obtenida por la flota de altamar y 45% a las lagunas litorales. Posteriormente, el promedio de la captura total ascendió a 12,481 t, 63% de las cuales capturadas por la flota de altamar y 37% en las lagunas.

La captura de camarón en Tamaulipas en 1998 ascendió a 14,207 t de producto entero fresco, del cual 8,756 t (62%) comprende la captura de altamar y 5,451 t (38%) a la captura en las lagunas litorales. Comparando esta captura con la de 1997, hubo un incremento del 11% en la captura total, 1.6% en la de altamar y 29% en la de las lagunas.

A pesar del aumento de la captura del último año, en las lagunas de Tamaulipas, en el periodo 1987-1992 la captura promedio era de 5,130 t, que descendió a 4,305 t, después de establecerse la veda.

En las *figuras 6, 7* y *8* se muestran las tendencias de la captura total, la captura en lagunas y altamar y la captura por unidad de esfuerzo de la flota industrial en Tamaulipas.

En Veracruz, a partir de la implantación de la veda, las capturas totales de camarón han aumentado en casi 1,000 t hasta cerca de 2,000 t. Sin embargo, los efectos de la aplicación de la veda no se vieron de manera inmediata, sino hasta 1995, cuando se observó un aumento de la captura, sobre todo la de estero.

A partir de 1990, cuando se obtuvieron cerca de 1,200 t, la captura de altamar en este estado descendió hasta poco menos de 1,000 t en 1994. El promedio de captura aumentó de 1,360 t (obtenido de 1987-

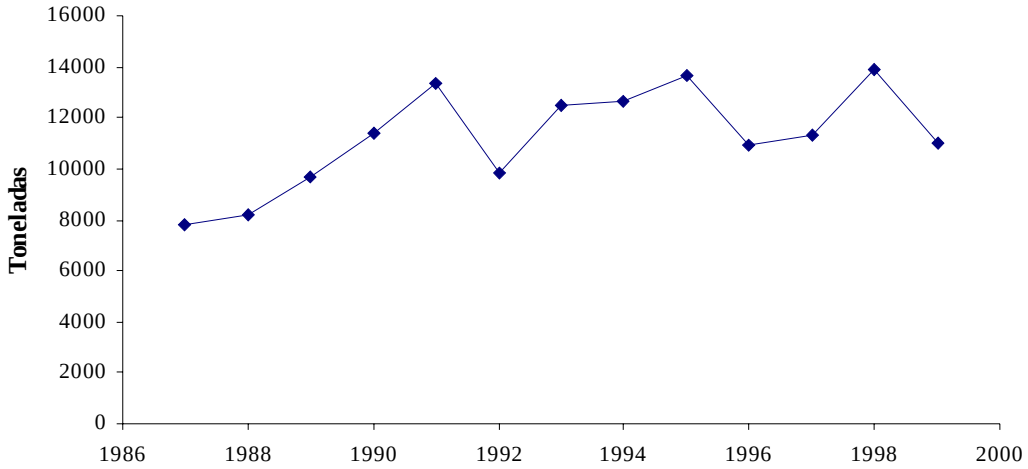


Fig. 6. Captura anual de camarón en el estado de Tamaulipas.

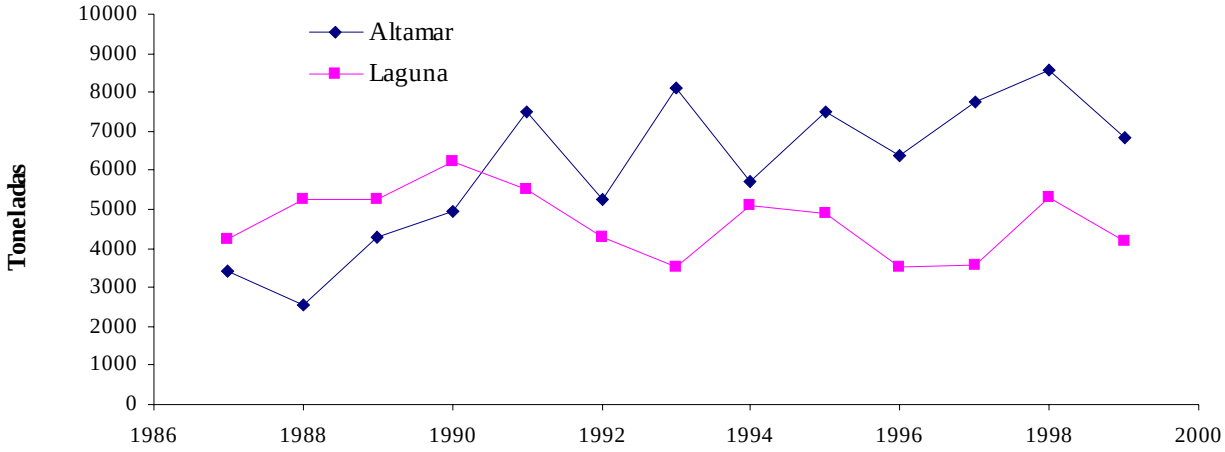


Fig. 7. Captura de camarón por sistema en el estado de Tamaulipas.

1994) a 1,710 t (durante los años 1995 – 1998) (Schultz *et al.*, 1997) (Fig. 9). La producción registrada en 1998 se encuentra dentro del promedio de los últimos años.

En Veracruz, la captura en aguas protegidas descendió de las 1,059 t en 1987 hasta 242 en 1994. A partir de ese año, la producción se incrementó hasta alcanzar 845 t en 1998.

En cuanto al esfuerzo pesquero, en la actualidad la flota industrial camaronera de Tamaulipas opera en promedio 190 barcos por mes, pero durante los meses de mayor abundancia se incrementa hasta 360, ya que se incorpora a la pesquería la flota de los puertos de Campeche, Veracruz, Tabasco y Quintana Roó. Los promedios de participación porcentual son de alrededor del 55% para la flota local y el 45% para la flota foránea.

Durante la década de los setenta un viaje de pesca tenía una duración promedio de 15 días, en los años ochenta entre 15 y 20 días y en la actualidad entre 30 y 60 días.

En la *tabla 1*, se muestran las agrupaciones pesqueras, con sus unidades de pesca, que operan en Tamaulipas y el norte de Veracruz.

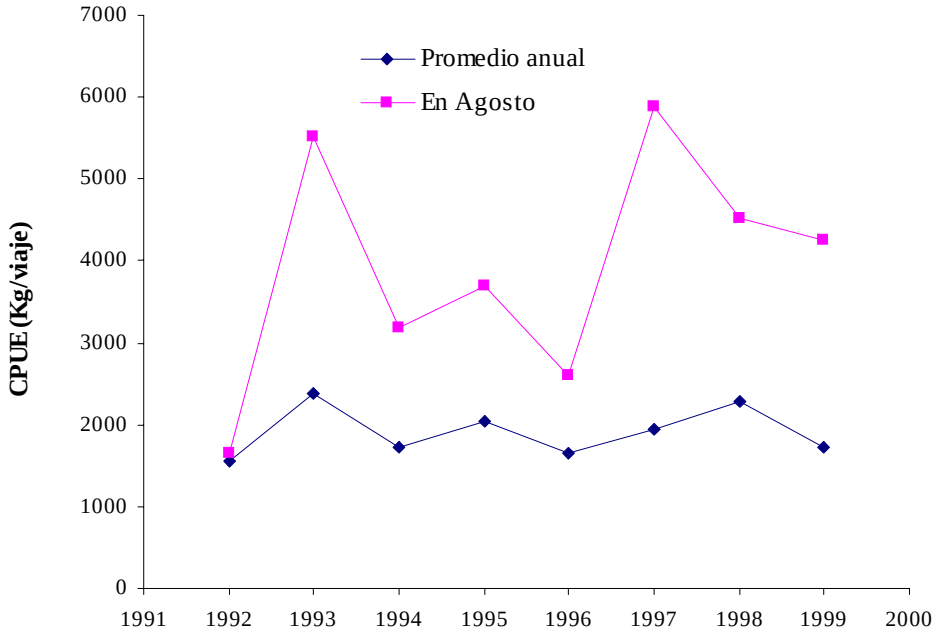


Fig. 8. Captura por unidad de esfuerzo de camarón de altamar en el estado de Tamaulipas.

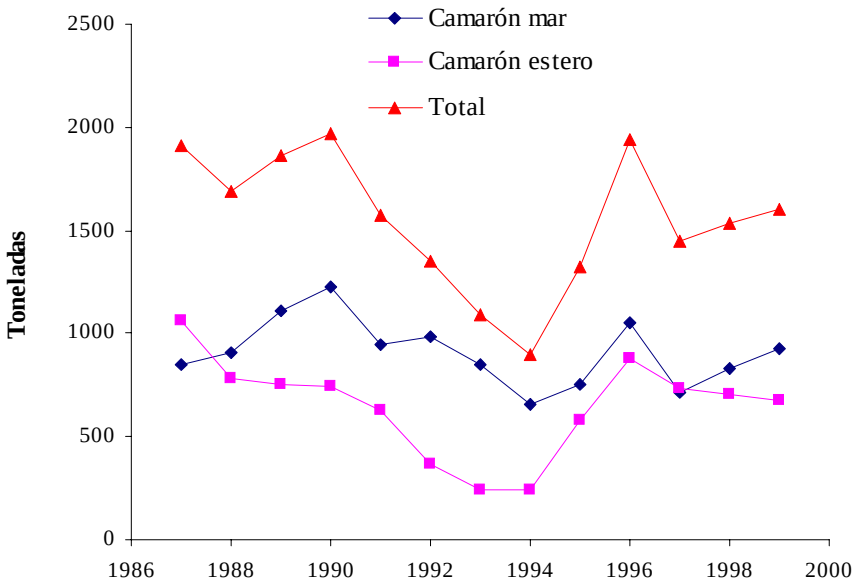


Fig. 9. Captura en toneladas de camarón de altamar y esteros en el estado de Veracruz.

Aunque la flota local que opera en aguas del estado de Veracruz disminuyó de 79 a 59 barcos de 1993 a 1996, el esfuerzo medido en días de viaje se mantuvo casi constante (5,555 contra 5,400 en los años mencionados), como ocurre también con la captura (684 t en 1993 y 686 en 1996). Sin embargo, la captura de la flota foránea operando en esas aguas creció de 137 hasta 373 t en ese periodo, con el correspondiente aumento en el número de barcos de 57 a 113 y en días de pesca de 1,079 hasta 3,295. El esfuerzo de la flota local se distribuye más o menos uniformemente a lo largo del año, mientras que el de la foránea se

Tabla 1. Unidades de producción de la pesquería de camarón café en Tamaulipas.

Unidades	No	Pescadores	Artes de pesca	Embarcaciones mayores
Cooperativas de altura	26	727	n.d.	247
Cooperativas en Laguna Madre	n.d.	n.d.	5,587 charangas	0
Cooperativas del Norte de Veracruz	11	1,800	3,163 charangas	0

incrementa de agosto a febrero, después de la veda. La captura por día de viaje es prácticamente igual para las dos flotas (0.11-0.12 t/día) (Schultz *et al.*, 1997).

- **Sonda de Campeche**

En la *figura 10* se muestra la tendencia de la captura de camarón rosado, blanco y café reportada en Ciudad del Carmen, Camp. (FAO, 1972, 1978; Anónimo, 1975; Schultz *et al.,* 1976; Guitart y Hondares, 1980; SEPESCA, 1979-1994; SEMARNAP, 1996; INP,1998). La captura muestra una marcada disminución, principalmente la de los camarones rosado y blanco. Solamente el camarón café presenta niveles estables.

Como se ha mencionado, desde sus inicios, la pesquería se desarrolló aceleradamente en número de barcos y volumen de producción. Este desarrollo se dio gracias a la incorporación continua de innovaciones técnicas y por el aumento de la demanda de camarón en el mercado internacional. Sin embargo, desde el inicio de la década de los años setenta se presentó una tendencia a la baja en producción.

La captura por unidad de esfuerzo (kg/viaje) ha mostrado una tendencia hacia el aumento. Esto se debe, como en el caso de Tamaulipas y Veracruz a cambios en la eficiencia de la tecnología de pesca (Fig. 11).

Por ejemplo, a partir de 1985 se comenzó a utilizar la red gemela (Uribe, 1994), la potencia del motor aumentó y se hicieron cambios en el material del casco (Wadsworth, 1974; Wakida, 1996).

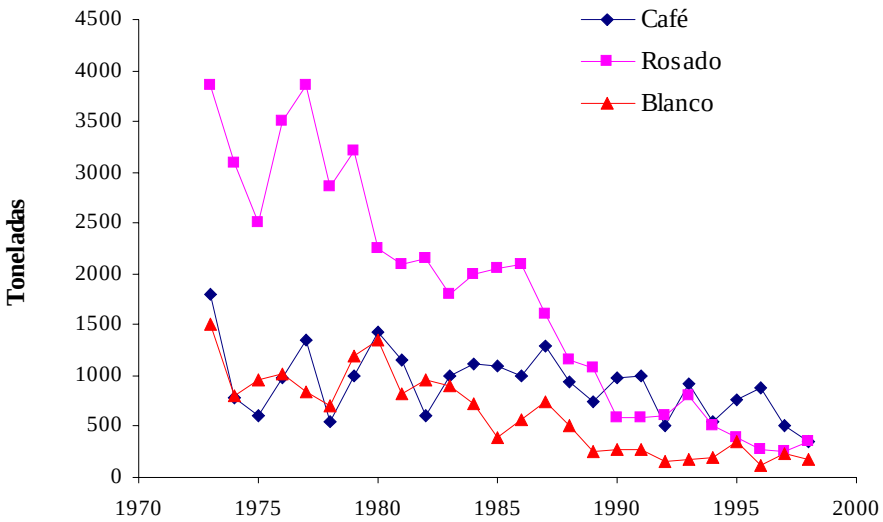


Fig. 10. Captura de las tres principales especies de camarón reportada en Cd. del Carmen, Camp.

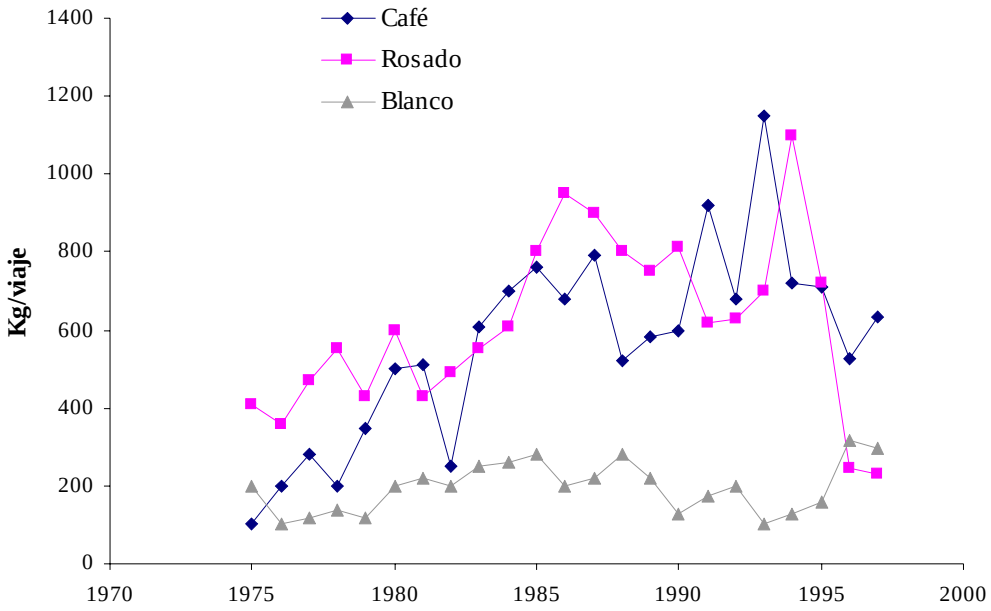


Fig. 11. Comportamiento de la captura por unidad de esfuerzo (viajes) de las tres especies registradas por la flota camaronera de Ciudad del Carmen, Camp.

El número de días en el mar por viaje de pesca también ha aumentado y por consiguiente la medida de esfuerzo dado en viajes ya no se considera adecuada, o al menos comparable, entre los diferentes periodos. Mientras que en 1973 la duración de días en el mar era de 12 a 14 (Wadsworth, 1974), en la actualidad la proporción de viajes mayores de 20 días ha aumentado y a veces llega a 40 días (Uribe, 1994; Wakida, 1996).

En cuanto a la evaluación de la pesquería de camarón siete barbas, la falta de información confiable sobre el esfuerzo pesquero y las capturas de la flota ha representado un problema. Hasta el primer semestre de 1997 el camarón siete barbas fue aprovechado por una flota ribereña que operó sin reglamentación en el número de embarcaciones. Su captura y esfuerzo fluctuó con la disponibilidad de juveniles y adultos del recurso en la zona costera, lo que significa que el mayor esfuerzo pesquero se ejerció en las zonas y temporadas de reproducción y crianza del recurso.

La evaluación del camarón siete barbas, a partir del esquema de pesca de fomento iniciado en enero de 1994 y hasta abril de 1997, muestra que la captura aumentó junto con el esfuerzo, excepto de noviembre de 1996 a abril de 1997, ya que el esfuerzo agregado fue mayor. No obstante la captura total no aumentó en esa misma proporción (Núñez y Wakida, 1997). En noviembre de 1997 comenzó la pesca comercial de esta especie.

En cuanto a la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) del camarón siete barbas, los valores mayores se encontraron generalmente durante diciembre y enero.

En el puerto de Campeche, tanto la captura anual de todas las especies de camarón y el esfuerzo pesquero tienen una tendencia al decremento hasta 1997 (Fig. 12). La captura por unidad de esfuerzo ha tenido una tendencia más estable (Fig. 13). La descarga total de camarón, así como sus rendimientos por viaje se elevaron en 1996, descendieron en 1997 y nuevamente ascendieron en 1998.

En 1997 se descargaron 503 t de colas de camarón rosado en el estado de Campeche, de las que la flota de Ciudad del Carmen aportó un 48% (243 t) y la del puerto de Campeche un 52% (260 t). Dicha producción presentaba una disminución del 43% respecto a lo descargado en 1996 (881 t), cuando Cd. del Carmen

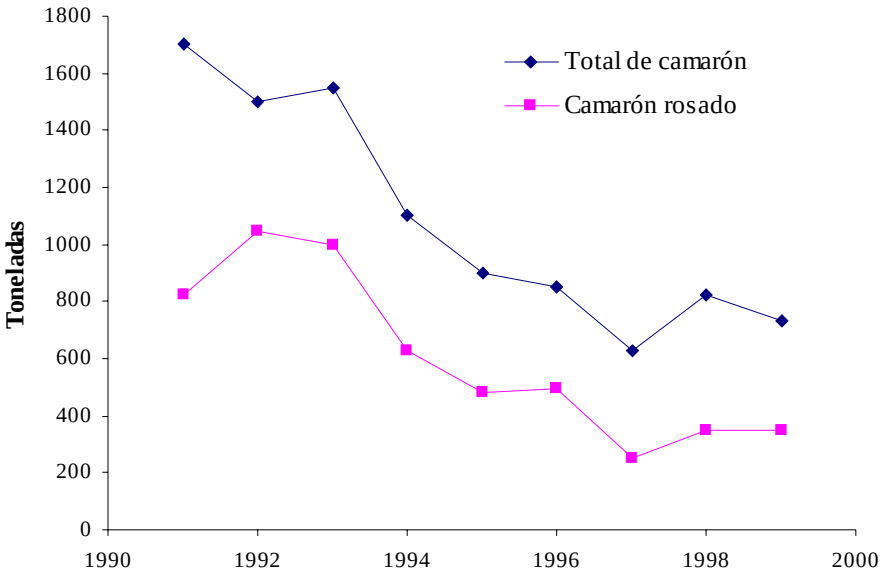


Fig. 12. Tendencias históricas de las capturas de camarón en el Puerto de Campeche.

contribuyó con el 43% (375 t) y el Puerto de Campeche con el 57% (506 t).

En 1998 490 t de colas de camarón rosado fueron desembarcadas en el estado de Campeche, de las que la flota de Ciudad del Carmen aportó 29 % y la del Puerto de Campeche 71 % (141 y 349 t, respectivamente). Dicha producción implicó un incremento del 6 % respecto a lo descargado en 1997.

La *figura 13* muestra las tendencias del esfuerzo (número de viajes) y la CPUE (Kg/viaje). El número de viajes ha disminuido en la última década, mientras que la CPUE no muestra una tendencia definida, a pesar del aumento de 1998.

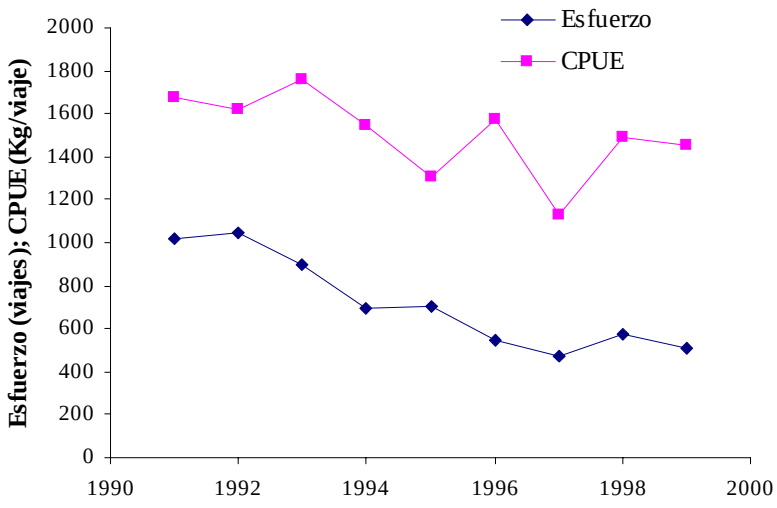


Fig. 13. Tendencias históricas del esfuerzo y la CPUE en el Puerto de Campeche.

- **Contoy**

El nivel de capturas de camarón rojo (Fig. 14) muestra un máximo de producción registrada durante los años de 1985 a 1987 con una importante disminución para 1988 (probablemente influenciada por el paso del huracán *Gilberto*) y años subsiguientes. En los últimos tres años, se ha mantenido un promedio de capturas de alrededor de 100 t por año de camarón sin cabeza.

En el caso del camarón de roca, la producción máxima se obtuvo en 1987 y para el siguiente año las capturas decrecieron a poco más de la mitad (Fig. 14).

La recuperación de las capturas del camarón de roca, para los años de 1993 a 1995 puede ser atribuible al efecto de la veda implantada durante esos años. La disminución de aproximadamente un 50% en 1996 también puede ser atribuible a la veda, ya que su duración (1º de agosto al 15 de noviembre) coincidió con los tres meses y medio del año en que se extrae la mayor parte de la captura de esa especie. Para 1997, aún cuando la temporada de pesca se normalizó, las capturas descendieron nuevamente y a la fecha no se ha presentado ninguna recuperación de los volúmenes del producto.

En la *figura 15* se presenta el patrón típico de las capturas de *F. brasiliensis* y de *S. brevirostris*. Durante el primer semestre del año se obtienen las mayores capturas de camarón rojo con un repunte en agosto y septiembre. El camarón de roca se captura durante los meses de septiembre a diciembre. El esfuerzo de pesca, medido en días de viaje, es el mismo para las dos especies ya que se capturan en la misma zona.

La *figura 16* muestra las capturas por unidad de esfuerzo para las dos especies explotadas en Contoy de 1980 a la fecha.

La evolución del número de barcos de la flota local se muestra en la *tabla 2*. Hoy en día operan aproximadamente 26 embarcaciones con una tripulación de alrededor de seis pescadores cada una. Hay cuatro cooperativas de producción pesquera en el Mar Caribe: “Boca Iglesias”, “Camaroneros del Caribe”, “Felipe Amaro Santana” y “Empacadora Romeo”.

La flota camaronera local ha operado con una baja eficiencia productiva, comparada con otras flotas del Golfo de México. De 1980 a 1990, trabajó un promedio de 6.8 días de pesca/barco/mes. Pero en 1990 el promedio de días trabajados fue sólo de 5.7 barco/mes debido al mal estado de las embarcaciones, la escasez de créditos para reparaciones y la inadecuada administración de los mismos. En 1992 y 1993 las cooperativas pesqueras elevaron de manera significativa su esfuerzo hasta 15 días pesca/barco/mes (Soto *et al.*, 1991).

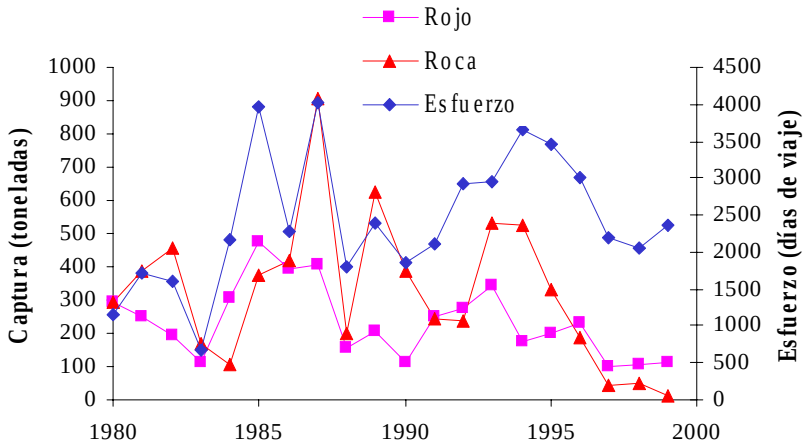


Fig. 14. Tendencia histórica de las capturas de camarón y esfuerzo en Contoy.

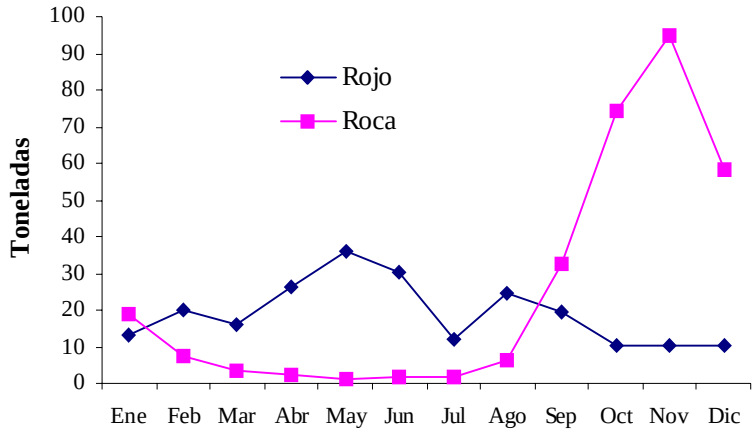


Fig. 15 Patrón de captura mensual de camarón rojo y de roca en Contoy.

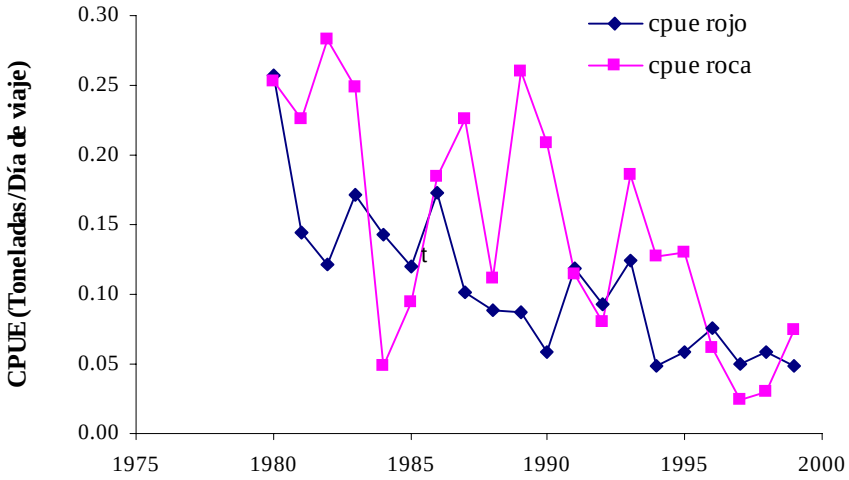


Fig. 16. CPUE de 1980 a 1999 para el camarón rojo y para el camarón de roca.

El incremento en las capturas de camarón de roca en los meses que no son la temporada fuerte de pesca (octubre a diciembre), probablemente se deba a que este recurso ya no es devuelto al mar, como ocurría cuando el camarón rojo era la principal especie objetivo. Al parecer, la poca abundancia de esta última especie, ha propiciado que la flota aumente su esfuerzo hacia el camarón de roca, como una fuente de ingresos que ayuda a cubrir los costos de viaje. Sin embargo, las últimas cifras de capturas anuales parecen ir a la baja aún cuando el esfuerzo de pesca ha aumentado. Esto tal vez quiere decir que la pesquería del camarón de roca alcanzó su máximo rendimiento.

Sin embargo, hay un factor que a la fecha no ha sido evaluado cabalmente. Los registros de arribo de 1992 y 1993, indicaron que barcos de otros puertos (Ciudad del Carmen y Campeche, principalmente), desembarcaron alrededor de 250 t en centros de recepción de Quintana Roó. Esto significó el 15.8% del total reportado en el estado en esos años. De la misma manera, las embarcaciones de Campeche aparentemente han descargado en años recientes camarón rojo capturado en Contoy en los puertos de ese estado, donde se registra como camarón rosado. En estas circunstancias es difícil distinguir entre una posible disminución de la abundancia del recurso de los de problemas de registro de la captura, resultantes de la operación de la flota foránea.

La presencia de esta flota continúa en la actualidad sin ser registrada, debido a que no todos los barcos foráneos que operan en la zona desembarcan su producto en los puertos de recepción en Quintana Roó. Sin embargo, se sabe que el número de embarcaciones se intensifica de abril a junio y de octubre a diciembre, coincidiendo con los máximos picos de abundancia del camarón rojo y de roca (Soto *et al.*, 1991).

Tabla 2. Total anual del número de barcos activos que operaron hasta 1991 en Contoy.

Año	Barcos de Q. Roo	Barcos foráneos	Total
1980	15	sin registros	15
1981	18	sin registros	18
1982	18	sin registros	18
1983	18	sin registros	18
1984	21	35	56
1985	30	16	46
1986	21	sin registros	21
1987	35	sin registros	35
1988	32	sin registros	32
1989	26	31	57
1990	21	6	27
1991	17	1	18

▼*Pesca incidental*

Cuando en 1992 Estados Unidos amenazaba con imponer un embargo a las exportaciones de camarón, la flota mexicana introdujo un aditamento en las redes, colocado entre el cuerpo y copo denominado Dispositivo Excluidor de Tortugas (DET). Los DET favorecen el escape de las tortugas marinas pero propicia pérdidas de camarón. Para 1993 toda la flota registrada en este litoral contaba con este aditamento (Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1995).

En 1992 México inició la instalación de los Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET) en las redes camaroneras para evitar la captura incidental de tortugas marinas. Un año más tarde toda la flota camaronera registrada en el Golfo de México contaba con este dispositivo

En los siguientes párrafos se mostrarán algunos aspectos particulares de cada zona.

- **Tamaulipas-Veracruz**

Palomino *et al.* (1996) realizaron un estudio sobre la fauna de acompañamiento del camarón (FAC) donde la proporción Camarón:FAC para el periodo 1995-96 fue de 1 a 3.4. La FAC estuvo constituida en un 73% por peces, 17% crustáceos y 10% por moluscos y equinodermos. Este estudio tuvo como objetivo conocer la composición de la FAC y determinar las especies comerciales desaprovechadas, como el lenguado (menores de 140 mm) y el huachinango (menores a 90 mm) o como en el caso de los crustáceos que, aunque pueden ser comerciales, son muy frágiles y en el traslado pierden la calidad que el mercado les exige.

Desde 1995 se han identificando 57 familias, 97 géneros y 110 especies en la FAC. Entre las especies de peces, que son muy abundantes, se tiene a *Syacium* spp (lenguado), *Lutjanus campechanus* (huachinango), *Pristipomoides aquilionaris* (voraz), *Upeneus parvus* (chivo) entre otros, y entre los crustáceos a *Squilla empusa* (cucaracha), *Calappa sulcata* (cangrejo), *C. flammea* (cangrejo) y *Portunus* spp (jaibas y cangrejos).

Entre los moluscos son abundantes los calamares y de los equinodermos las estrellas de mar. En el estudio realizado por Palomino *et al.* (1998), para determinar la abundancia en número de individuos y distribución de la FAC, se menciona que ésta se distribuye desde frente de Matamoros, Tamps. a Tamiahua, Ver., con una mayor abundancia en Boca San Rafael (Laguna Madre) a Matamoros, Tamps. en donde se capturan más especies de manera incidental.

En la pesquería del camarón siete barbas, la proporción de FAC capturado es más alta en relación con el camarón (de 1.8 a 3.5 kg de FAC por kg de camarón)

- **Sonda de Campeche**

En la pesquería de altamar de la Sonda de Campeche, la FAC se compone de géneros de peces como *Syacium*, *Eucinostomus, Synodus, Trachurus, Cetengraulis, Cynoscion, Balistes, Arius, Haemulon*, y *Pristipomoides*, entre otros (Yañez-Arancibia *et al.*, 1985).

Dentro de la Fauna de Acompañamiento del Camarón se encuentran peces, crustáceos, moluscos y equinodermos, que en muchas ocasiones son comercialmente desaprovechadas

El estudio de la FAC en la pesquería de camarón siete barbas señaló que el porcentaje de este camarón en las capturas fluctúa entre 42 y 55% de noviembre a febrero y que disminuye hasta 28% en abril. Esto indica que por cada 1.81 a 3.54 kg de FAC se capturó un kilogramo de camarón aproximadamente; valor que resulta bajo comparándolo con otras pesquerías de arrastre. La FAC estuvo dominada por *Callinectes similis*, *Stellifer* spp., *Simphurus* spp., *Cynoscion arenarius, Richiururs lepturus*, *Arius tetis* y *Bagre marinus* (Núñez y Wakida, 1997).

Dentro de la FAC los camarones blanco, rosado y café presentaron una tendencia inversa a la del siete barbas, con máximos en noviembre (4.6%) y abril (3.1%). En abril se incrementa además el porcentaje de hembras maduras de camarón blanco, por lo que su aumento en las capturas posiblemente se deba a la agregación natural que realizan los camarones para reproducirse, lo cual los hace más susceptibles a ser capturados.

- **Contoy**

No se han realizado estudios acerca de las especies de la fauna de acompañamiento ni se tienen registros de las capturas de ésta en la zona. No se han reportado capturas de tortugas en las redes durante los últimos años debido al uso de los Dispositivos Excluidores de Tortugas, que en las embarcaciones de Quintana Roó son principalmente de tipo suave.

▼*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería de camarón que se realiza en el Golfo de México es secuencial, con una captura industrial en altamar, formada por individuos en su fase preadulta y adulta y una captura artesanal basada en juveniles, que se realiza en aguas protegidas (esteros y lagunas).

El hecho de que en ciertas fases de su ciclo de vida dos o más especies compartan las mismas áreas, ha motivado conflictos entre los usuarios y problemas para efectuar una vigilancia efectiva para el cumplimiento de las medidas de manejo, como en el caso de los camarones siete barbas y blanco. Además, cuando dos flotas diferentes comparten un mismo recurso en distintas etapas de desarrollo también se generan problemas sociales. Por

Dado que el camarón preadulto y adulto se captura en altamar por la flota industrial y que la flota artesanal captura organismos juveniles en aguas protegidas, existe inconformidad por el sector industrial ya que considera que su producción disminuye por el número de juveniles capturados a nivel artesanal

ejemplo, el sector industrial considera que una causa importante en la merma en su producción es la captura de juveniles por parte de los pescadores artesanales.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

- **Tamaulipas-Veracruz**

Existen 15 plantas maquiladoras de camarón en el puerto de Tampico que cuentan con muelle para la recepción de productos pesqueros. De éstas, siete exportan a Estados Unidos camarón de línea que es maquilado en 10 categorías dependiendo de su talla y peso (U/10, 10/15, 16/20, 21/25, 26/30, 31/35, 36/42, 43/50, 51/65, y 66/Over).

De las 15 plantas maquiladoras en Tampico, siete exportan camarón de línea a E.U. (congelado sin cabeza, pelado y desvenado y empaquetado en cajas de 5 lb), maquilado en 10 categorías de acuerdo a su talla y peso

La presentación del camarón de línea es congelado sin cabeza, pelado y desvenado, empacado en cajas de cinco libras para su exportación.

Otras dos plantas exportan camarón a Estados Unidos y Europa; a éste último lugar se envía en contenedores a -18 ºC con duración de 30 días de viaje aproximadamente y en presentación entero con cabeza, en cajas de uno y dos kilogramos.

El camarón conocido como “pacotilla” es el más chico y no entra en las categorías comerciales internacionales, y su mercado es a nivel local y nacional.

La proporción de camarón destinado a exportación, maquilado en Tampico, ha variado significativamente en los últimos doce años. De 1977 a 1982 se maquiló entre el 50 y 88% del camarón capturado frente a las costas de Tamaulipas. A partir de 1983, y más notablemente desde 1988, el camarón maquilado sólo comprende entre el 7 y el 46% del total capturado, el resto del producto es comercializado en el mercado nacional (Castro *et al*., 1995). Las diferencias de precio en los últimos años han modificado la clasificación de camarón que es “corrido” en plantas y además únicamente determinadas categorías se clasifican de acuerdo a las fluctuaciones de precio y la demanda del mercado nacional e internacional (Castro *et al*., 1994). Además de la maquila para exportación del camarón de altamar, se realiza también la de dos granjas camaroneras que existen en Tamaulipas.

En los poblados de la Laguna Madre, Tamps., existen “recibas” de camarón en San Fernando (Carbonera, Punta de Piedra, Punta de Alambre, Carbajal), Matamoros (Mezquital) y Soto la Marina. En Tamaulipas existen alrededor de 30 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera (SCPP) y tres Sociedades de Solidaridad Social (SSS). En el norte de Veracruz existen alrededor de 11 SCPP.

Además existen “recibas” de camarón de las cooperativas ya mencionadas en los poblados de la Laguna Madre, Tamps. y en Laguna de Tamiahua existen dos.

- **Sonda de Campeche**

En Cd. del Carmen, Camp. existen seis plantas maquiladoras de camarón, pero sólo cinco están en operación actualmente; tres de ellas pertenecen al sector privado y dos al sector cooperativista. Además, se encuentra un puerto pesquero con tres dársenas para la pesca de altura.

En el puerto de Campeche existen siete plantas maquiladoras con capacidad para clasificar de una a

cuatro t por hora de camarón en banda y de dos a ocho t/día. Si operan doble turno, algunas pueden seleccionar hasta 14 t/día.

Con respecto a la pesquería de camarón siete barbas, la gran mayoría de las lanchas que participaron en la pesca de fomento de 1994 a 1997 tienen como puerto base Cd. del Carmen y normalmente realizan un sólo viaje por día, salvo en los meses en los que se efectúan las "arribazones". Estas son migraciones masivas de camarón hacia la zona costera asociadas con los nortes o tormentas de invierno. Durante este tiempo los camaroneros realizan hasta dos viajes diarios, aunque siempre cerca de la costa (Núñez y Wakida, 1997).

Lo anterior significa que, por razones de costos, la mayor presión de pesca no se ejerce sobre las mayores concentraciones de la población por encontrase en zonas más alejadas.

Por su talla chica, el camarón "pacotilla", se comercializa únicamente a nivel local y nacional

En la pesquería del siete barbas no se cuenta con instalaciones especiales. La mayoría de las agrupaciones de pescadores se concentran en dos o tres lugares donde cada una cuenta con bodegas rústicas para almacenar sus redes, motores o bidones para gasolina. Incluso a veces funcionan también como oficina. Los embarcaderos consisten en un área de la playa con pilotes para amarrar las lanchas, donde también se realiza descabezado de camarón; además reciben y pesan la captura. Algunas agrupaciones cuentan con energía eléctrica y agua en sus instalaciones, pero ninguna tiene bodegas frigoríficas.

- **Contoy**

El área de operaciones de la flota camaronera en el Caribe mexicano (Isla Mujeres, Puerto Juárez, Puerto Morelos, Chetumal, Tulum y Cancún en Q. Roó) da lugar a 12 plantas procesadoras (congelado). La capacidad conjunta de procesamiento de estas plantas es de 172.5 t al día. Sólo se aprovecha parte de esa capacidad de procesamiento. Las plantas procesadoras en esta zona dan empleo permanente a 102 personas y eventual a otras 188. En la pesquería de Contoy, la especie más importante desde el punto de vista económico es el camarón rojo ya que un kilogramo de esta especie se cotiza (julio de 1999) en $135.00 M.N. (camarón de línea) y $105.00 M.N. (camarón de pacotilla); mientras que el camarón de roca tiene un valor aproximado de $47.00 M.N (camarón sin cabeza, vendido directamente a las plantas procesadoras).

▼*Indicadores económicos*

Las exportaciones de camarón, 38,221 t en 1998, más de 400 millones de dólares al año, representa 65% del valor total de las exportaciones pesqueras y un porcentaje importante del valor total reportado de la producción pesquera nacional, de cerca de diez mil millones de pesos en 1998 (SEMARNAP,1998).

La pesquería de camarón, como otras, no sólo genera empleos en el área de captura. Por ejemplo, en el puerto de Campeche las plantas procesadoras proporcionan empleo a 155 oficinistas (incluyendo intendentes y veladores), 280 obreros de base y 216 eventuales. Por otra parte, la flota de este puerto emplea a 547 pescadores cooperativados y 214 contratados por los particulares.

El valor económico total de la pesquería de camarón es muy dependiente de las condiciones de su explotación. No todas las tallas de camarón tienen un valor comercial igual. Las tallas mayores reciben mejores precios en el mercado internacional. La *tabla 3* muestra una lista de precios típica. La *figura 17* muestra la diferencia de precios, de acuerdo a la longitud (eje x) y al tiempo en semanas (cada marca sobre la línea representa una semana transcurrida), construida a partir de la lista anterior y con parámetros de crecimiento K = 0.19/mes, Longitud asintótica 206 mm y T_o = -0.20 meses.

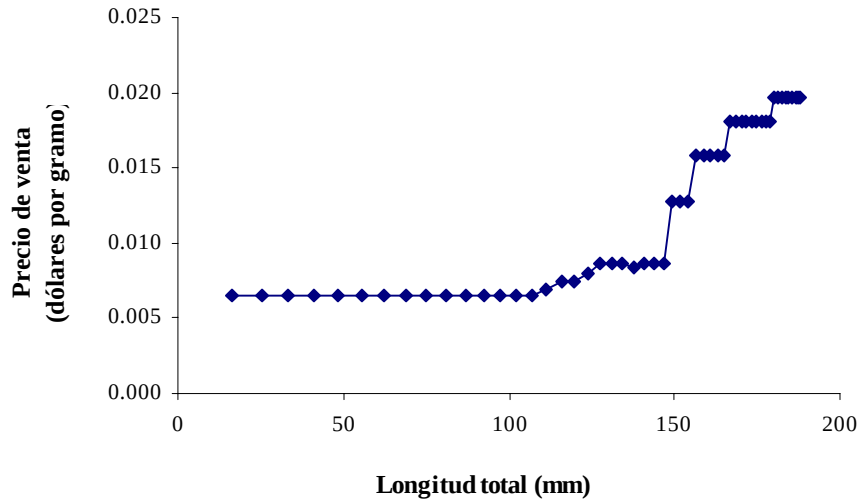


Fig. 17. Variación de precio (dólares por gramo) de camarón blanco de acuerdo con la talla.

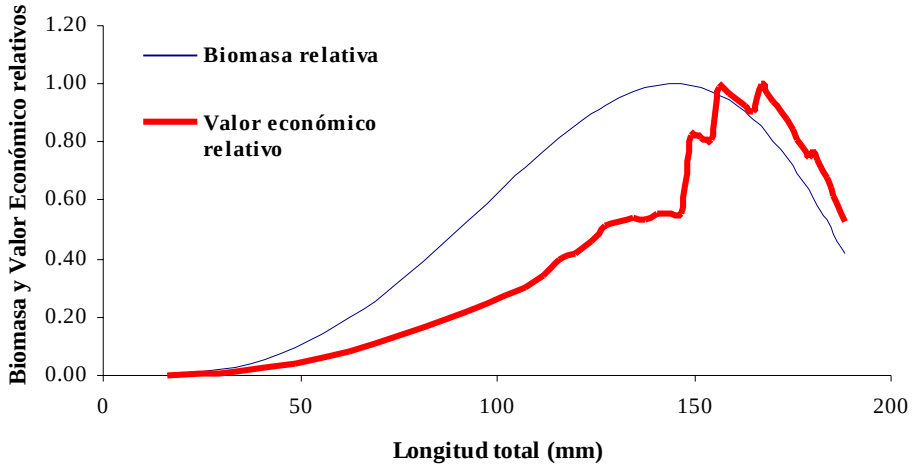


Fig. 18. Variación de biomasa y valor económico relativo de una cohorte de acuerdo con la talla.

El ingreso total obtenido por la captura varía de acuerdo a dos factores, el número de organismos y la talla de éstos. El primero disminuye por la mortalidad (por pesca y natural) y la segunda se incrementa con el tiempo tendiendo a hacerse asintótica. Mientras el crecimiento compense la mortalidad, la biomasa de la cohorte se incrementa hasta llegar a un máximo. Después de éste, cuando el crecimiento es lento a edades mayores, la biomasa de la cohorte disminuye. La *figura 18* muestra el comportamiento de la biomasa respecto a la longitud total, con valor de los parámetros de crecimiento antes mencionados y una mortalidad natural de 0.26/mes. Se expresa en términos relativos, con la biomasa máxima = 1.

Con los precios mostrados en la *tabla 3*, el valor económico de la captura se comporta como lo describe la línea quebrada. Con esos precios y valor de los parámetros mostrados, el máximo del valor económico se alcanza no cuando se alcanza la biomasa más alta, sino posteriormente, dado el mayor valor relativo de las tallas mayores.

Tabla 3. Precios de camarón por categoría -en dólares- (*Ocean Garden Products*, 1998).

PRECIOS COMPARATIVOS: VENTA

Blanco Mexicano

Categoría comercial	Precio
U/10	10.20
U-12	10.10
U-15	9.15
16/20	8.45
21/25	7.40
26/30	6.15
31/35	4.10
36/40	4.00
41/50	3.75
51/60	3.55
61/70	3.35
71/80	3.05
80 OVER	2.50

La captura de camarón que no es maquilada se distribuye a nivel nacional y las tallas más pequeñas se encuentran en el mercado local. Es claro que un aumento de la captura de tallas pequeñas reduce el valor total de la captura.

Los precios de venta del camarón en el mercado norteamericano han presentado una tendencia a la alza en todas las especies y tallas. Este incremento obedece a un incremento en la demanda a nivel mundial, que ha aumentado a un ritmo más grande que la oferta, a pesar de que la producción mundial de camarón congelado pasó de 716,000 t en 1987 a 1,054,000 en 1998. La contribución nacional a este mercado de camarón congelado fue en 1989 de cerca de 46 mil toneladas (6.4% del total mundial). En 1998 fue de 44 mil toneladas (4.2% del total). Esto indica que la contribución de nuestro país en los principales mercados ha disminuido en los últimos años.

Ello ha ocurrido a pesar del aumento notable de la producción de camarón por acuacultura que en 1998 fue de 22,886 t, un 46% superior a la del año 1996 y un 805% mayor a la producción de 1989 (2,846 t) (SEMARNAP, 1998). El cultivo produce tallas medianas de camarón (26/30 a 36/40, aproximadamente) lo que tiende a hacer bajar el precio de esas tallas en el mercado. Lo anterior nos indica que el "valor específico" de la industria camaronera del país puede haberse reducido en las últimas décadas.

En la pesquería artesanal de camarón, el beneficio económico al pescador individual depende en gran manera de la organización de la producción. En la pesquería de camarón siete barbas, por ejemplo, se encuentra la organización típica de una pesquería artesanal. En ella existen los pescadores y los dueños de las embarcaciones (que generalmente tienen más de una). Los pescadores se dividen en patrones y tripulantes de acuerdo a su experiencia. Las ganancias se dividen en dos partes, una para el dueño y la otra se divide generalmente en partes iguales entre los pescadores después de abastecer con gasolina y aceite la embarcación para el próximo viaje.

Las reparaciones e instrumentos de pesca los paga el dueño de la embarcación. El pago de impuestos y otros gastos (facturación y pago de servicios) lo pagan los compradores por medio de una cuota por kilogramo de producto entregado, lo que incrementa el precio de la captura (Núñez y Wakida, 1997).

En general, se requieren estudios sobre el efecto de la organización de los productores en la pesquería artesanal en los precios del producto, los beneficios económicos obtenidos por los pescadores y sobre el efecto que la pesca artesanal tiene sobre la economía de la pesquería de camarón en su conjunto.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las reglamentaciones aplicadas a la pesquería de camarón están contenidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-PESC-1993. Entre las medidas administrativas contempladas, se encuentra el establecimiento de vedas. Al respecto, se expresa en la Norma: "Que con el propósito de inducir un adecuado desenvolvimiento de estas pesquerías y un óptimo aprovechamiento de los recursos que las soportan desde el punto de vista biológico y socioeconómico, se hace necesario establecer periodos de veda para la captura de las diferentes especies de camarón existentes en la región, con el fin de protegerlas durante su etapa de reproducción y de reclutamiento de las nuevas generaciones de estas poblaciones a las pesquerías".

Ese texto refleja el hecho que, en general, se ha pretendido cumplir dos objetivos al implantar una veda de camarón:

1) Proteger el evento de reproducción de primavera o verano que resulta en la aparición de la(s) cohorte(s) principal(es) del año, que sostendrá(n) la pesquería en verano-otoño (que representa la mayor parte de la captura del año). Esto se logra al determinar el inicio de la veda, con el objetivo a corto plazo de maximizar el reclutamiento a la temporada siguiente y a largo plazo el mantenimiento de la pesquería.
2) Proteger el crecimiento de esa(s) cohorte(s) durante su estancia en las áreas de crianza. Determina el fin de la veda. El objetivo al corto plazo es maximización de la producción al permitir a los animales alcanzar una talla comercial de valor más alto e iniciar la pesca cuando aquellos salgan al mar.

Desde hace varias décadas, se han aplicado vedas con esos criterios de administración, mantenimiento de la pesquería y maximización de la producción, sobre el camarón del Pacífico. Estos criterios están basados sobre las consideraciones presentadas en los apartados de Biología e Indicadores Económicos de este trabajo. Como se mostrará en los párrafos siguientes, las vedas de camarón en el Golfo de México (que se establecieron desde 1993) presentan variantes respecto a este esquema.

Adicionalmente, además de los dos criterios de administración arriba mencionados, la coexistencia entre los sectores artesanal e industrial de la pesquería tiene un peso importante en la toma de decisiones de manejo de la pesquería.

Las medidas de administración no se restringen solamente a las vedas, también se contemplan otras como el establecimiento de áreas protegidas y la regulación de las artes de pesca, bajo los mismos criterios de administración mencionados. Por ejemplo, la norma establece los tamaños de malla de 1.5 pulgadas (37.5 mm) para la pesca en lagunas y de 1.75 pulgadas (44.45 mm) en alas, cuerpo y antebolso y 1.5 pulgadas en el bolso para la pesca de arrastre en altamar (SEPESCA, 1994). En las siguientes líneas se presentan aspectos relevantes específicos para cada área del Golfo de México y el Caribe y en la *tabla 4* se resumen los periodos de veda aplicados en los últimos siete años.

▼ Tamaulipas-Veracruz

En altamar el camarón café se captura a lo largo del año con dos periodos de máxima abundancia comprendidos de junio a agosto y de octubre a diciembre. La población de camarón juvenil predomina en las capturas realizadas entre marzo y agosto, periodo en el cual se extrae alrededor del 50% de la captura anual (Castro *et al.*, 1986). El reclutamiento del camarón a las pesquerías de laguna y altamar se lleva a cabo durante un corto periodo de mayo a agosto cada año.

Desde 1993 se ha establecido un periodo de veda de 45 a 68 días en los meses de junio y julio principalmente

Tabla 4. Periodos de veda para camarón en el litoral del Golfo de México y mar Caribe 1993-1999 (fuente: Diario Oficial de la Federación).

Año	altamar	aguas protegidas
1993	a) 30 mayo - 15 julio; desembocadura del río Bravo al río Grijalva b) 30 mayo - septiembre; de la costa a las 15 millas entre el río Grijalva y Puerto Progreso c) 15 junio - septiembre; de la costa a las 15 millas entre Puerto Progreso y la frontera con Belice	a) 30 mayo - 31 julio; lagunas y estuarios de Tamaulipas a Tabasco
1994	a) 25 mayo - 31 julio; desembocadura del río Bravo al río Grijalva b) 15 agosto -30 septiembre; de la costa a las 15 millas entre el río Grijalva y la frontera con Belice	a) 15 junio - 31 julio; lagunas y estuarios de Tamaulipas a Tabasco
1995	a) 3 mayo - 15 julio; Tamaulipas y Veracruz b) agosto - septiembre; de la costa a las 15 millas entre el río Grijalva y la frontera con Belice	a) 3 mayo - 12 julio; lagunas y estuarios de Tamaulipas a Tabasco
1996	a) 23 mayo - 31 julio; Tamaulipas y Veracruz b) 1º agosto - 15 noviembre; Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo	a) 5 junio - 21 julio; lagunas y estuarios de Tamaulipas a Tabasco b) veda por tiempo indefinido a la Laguna de Términos
1997	a) 15 mayo - 31 julio; Tamaulipas, Veracruz y Tabasco b) 1º agosto - 15 noviembre; Campeche a Contoy c) 1º agosto - 30 septiembre; Contoy a la frontera con Belice	a) 28 mayo - 11 julio; lagunas y estuarios de Tamaulipas a Tabasco b) veda por tiempo indefinido a la Laguna de Términos c) 26 agosto – 15 noviembre; sistemas lagunares y estuarinos de Campeche, Yucatán y Quintana Roo
	a) 25 abril - 5 noviembre; franja costera de cero a 15 millas desde Isla Aguada, Campeche hasta la frontera con Belice	
1998	a)1° mayo – 31 julio; desembocadura río Bravo al río Coatzacoalcos b)1° mayo – 15 julio 1° septiembre – 15 noviembre desembocadura río Coatzacoalcos a la frontera de Belice c)1° agosto - 30 septiembre caladeros de Contoy	a)1° septiembre – 15 noviembre lagunas y estuarios Tabasco b)28 mayo – 9 julio desembocadura río Bravo al río Coatzacoalcos
	a) franja costera de cero a 15 millas delimitada desde Isla Aguada frente Campeche y Yucatán b) franja costera de cero a 15 millas desde la costa hasta límites con Belice	
1999	a)1° mayo – 18:00hr. 31 julio desembocadura del río Bravo al río Coatzacoalcos b)1° mayo –15 noviembre desembocadura río Coatzacoalcos a la frontera de Belice excepto franja costera de cero a 5 brazas desde “Dos Bocas” en Tabasco hasta Isla Aguada Campeche y caladeros en Contoy c)1° agosto – 30 septiembre caladeros Contoy	
	a) 1° mayo – 15 julio y 15 agosto – 15 noviembre franja costera de cero a 5 brazas desde “Dos Bocas”, Tabasco hasta Isla Aguada, Campeche captura incidental camarón blanco (*Penaeus setiferus*) entre 26 julio – 14 agosto sin exceder el 10% total de captura por viaje y embarcación menor. b) franja costera de cero a 15 millas desde Isla Aguada, Campeche a litorales Campeche y Yucatán. c) franja costera de cero a 15 millas desde la costa hasta límites con Belice.	

En el año de 1974, se instrumentó en altamar una veda experimental por 45 días en las costas de Tamaulipas. Castro y Santiago (1976) indican que los resultados de esa medida fueron buenos, dado que se capturaron individuos de mayores tallas. Sin embargo, no fue sino hasta 1993 que se volvió a utilizar como medida de manejo en la pesca del camarón del Golfo de México.

El establecimiento de periodos de veda ha dado como resultado que en la época de captura, se obtengan organismos de mayores tallas, lo cual se refleja en la calidad y precio del producto

A partir de 1993 se inició formalmente el empleo de vedas como instrumento de administración tanto en laguna como en altamar. Ésta se ha implantado durante los meses de mayo a julio principalmente, con el fin de regular la sobrepesca del crecimiento y permitir la migración de juveniles de la laguna hacia el mar. En los años a partir del establecimiento de la veda se ha capturado en promedio el 36% de camarón en laguna (4,302 t) y 64% en altamar (7,626 t).

Como efecto de la veda en laguna y altamar, se observa que la proporción de camarón capturado en laguna se redujo de 52 a 36% y en altamar se incrementó de 48 a 64%. En los años anteriores al uso de vedas (1987 a 1992), se registró una producción promedio anual de 10,033 t, el 52% corresponde a camarón de laguna (5,203 t) y 48% en altamar (4,830 t).

Las áreas vedadas abarcan de la desembocadura del Río Bravo en Tamaulipas, hasta Coatzacoalcos, Veracruz.

▼ Sonda de Campeche

La pesca de camarón (cualquier especie) en las lagunas de Campeche está prohibida, especialmente en la Laguna de Términos que fue declarada Área Natural Protegida en 1995.

La aplicación de la veda para la pesquería de altamar se inició en 1993, cuando se aplicaron vedas por zonas en el Golfo de México. Hay una veda espacial en la zona marina, de las cero a las quince millas a partir de la costa, desde Isla Aguada, Campeche hasta la frontera con Belice, excluyendo los caladeros de Contoy, en donde se agrega a la prohibición de la captura por artes de arrastre a profundidades menores a cinco brazas.

Las vedas temporales en la Sonda de Campeche han sido implantadas, a partir de 1998, desde mayo hasta noviembre. Este periodo abarca los eventos de reproducción de primavera-verano de los camarones blanco y rosado (mayo en el primero y junio en el segundo), el reclutamiento a las áreas de pesca de altamar (con mayor abundancia en agosto-septiembre en el camarón blanco y septiembre-octubre en el rosado) y el crecimiento hasta una mejor talla comercial de esas especies. Dado el nivel particularmente bajo de las poblaciones de camarón blanco y rosado, la veda protege también el periodo de reproducción de otoño (septiembre-octubre en el primero y octubre-noviembre en el segundo).

La pesca comercial autorizada del camarón siete barbas inició en noviembre de 1997, después de que los estudios efectuados por el Centro Regional de Investigación Pesquera de Ciudad del Carmen demostraron que era factible bajo una reglamentación adecuada.

La captura de todas las especies de camarón en la Laguna de Términos está prohibida (fue declarada Area Natural Protegida en 1995), así como en el resto de las lagunas en Campeche

Esta pesquería se autorizó para la zona comprendida entre Playa Bahamitas en Isla del Carmen, la desembocadura del río Grijalva y la isobata de las cinco brazas, considerando las características de distribución y concentración del recurso.

Además se estableció que la pesca del camarón siete barbas se debe efectuar entre noviembre y abril, para proteger a la población durante su época principal

de reproducción y reclutamiento. Con esto se evita también el alto porcentaje de incidencia de captura incidental de camarón blanco durante mayo a octubre.

Los equipos permitidos para su pesca son embarcaciones menores con motor fuera de borda y redes de arrastre de fondo, como las utilizadas tradicionalmente en la zona costera de profundidades menores a cinco brazas.

▼ Contoy

Las vedas comenzaron en el área de Contoy a partir de 1994, pero éstas se instrumentan simultáneamente a las fechas de veda de la Sonda de Campeche a fin de evitar el desplazamiento de la flota camaronera de ese estado hacia aguas de Quintana Roo, que potencialmente puede resultar en una presión excesiva de pesca en una zona de pesca tan pequeña. La veda de 1994 tuvo una duración de 45 días (1º de agosto al 15 de septiembre), en 1995 duró dos meses (agosto y septiembre), en 1996 duró tres meses y medio (del 1º de agosto al 15 de noviembre) y a partir de 1997 se aplica durante agosto y septiembre. La veda tiene como resultado el proteger el mayor reclutamiento de camarón de roca a altamar y secundariamente a un pico de reclutamiento de menor magnitud (septiembre) del camarón rojo (Anónimo, 1995; Aguilar *et al.*, 1996; Sandoval, 1996b).

En 1994 se aplicó el primer periodo de veda en Contoy, su duración fue de 45 días a partir del 1º de agosto al 15 de septiembre. La temporada de veda de 1995 abarcó los dos meses, mientras que en 1996 fue del 1º de agosto al 15 de noviembre. A partir de 1997 ha sido durante agosto y septiembre

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

En la *tabla 5* se presenta parte de la información disponible, respecto a parámetros poblacionales, sobre las especies de camarón del Golfo de México de mayor importancia comercial.

▼ *Modelo*

El empleo de modelos matemáticos en la evaluación y el manejo de las pesquerías es un complemento al conocimiento de la biología del recurso, a los monitoreos y estudios de campo continuos. Estos aportan no solo los datos numéricos, base para el uso de los modelos, sino también el marco lógico que delimita su uso. Los modelos matemáticos son herramientas que pueden ayudar a contestar preguntas específicas, por ejemplo, acerca de las consecuencias de adoptar tal o cual alternativa de administración. Esas preguntas nacen de la definición de los criterios de administración y son referidas a valores específicos de un parámetro o índice que corresponda a estados de la pesquería o la población explotada a los que se quiera llegar o que se quieren evitar. Estos se conocen como Puntos de Referencia (Caddy y Mahon,1995).

En los siguientes apartados se comparan las ventajas en aspectos específicos de la aplicación de vedas con escenarios base, correspondientes a situaciones previas al establecimiento de las mismas. La presentación se hace de forma resumida por motivos de espacio, e incluye parte de los resultados obtenidos del uso de estos modelos. Estos resultados constituyen solo una parte de la información usada en la definición de fechas de veda, la cual incluye el análisis de los monitoreos de las poblaciones explotadas (por medio de cruceros en altamar y muestreos en lagunas y ribera) en cuanto a talla, madurez sexual, abundancia, distribución espacial, variaciones temporales y otras. Lo anterior constituye, a su vez, solo parte de las actividades de investigación del INP sobre el recurso.

Tabla 5. Información disponible de camarón café, blanco y rosado.

a) Camarón café	Chávez (1973)	Castro (1982)	Castro y Arreguín Sánchez (1991)
Peso-Longitud			
a		0.000008346	
b		3	
Crecimiento			
L_∞ (mm)	207	hembras 226.4 machos 182.3	228.7
$W_\infty (g)$	70	hembras 100.1 machos 48.0	67.2
K (1/mes)	0.190	hembras 0.143 machos 0.280	0.1625
t_o (mes)	-.0872	hembras 0.067 machos 0.515	0.154
Mortalidad			
M (1/mes)		hembras 0.511 machos 0.598	0.479
F (1/mes)		hembras 0.108 machos 0.558	0.517
q			0.0016
$E= F/Z(1-e^{-z})$		hembras 0.080 machos 0.317	0.3256
b) Camarón rosado	Guzmán (1987)	Alarcón (1989)	Uribe Martínez *et al.* (1996)
Peso-Longitud			
a			0.00000347
b			3.183758682
Crecimiento			
L_∞ (mm)	225	216	221
K (1/mes)	3.21	2.86	2.7
t_o (mes)	0.2605	0.3045	
Mortalidad			
M (1/mes)	4.7		4.11
F (1/mes)	7.6		8.6
c) Camarón blanco	Schultz y Chávez (1976)	Gracia (1989)	
Crecimiento			
L_∞ (mm)	210 (machos) 223 (hembras)	197 (machos) 215 (hembras)	
$W_\infty (g)$ *K* (1/mes)	84.4 (machos) 101.5 (hembras) 0.2264 (machos) 0.1833 (hembras)	67.6 (machos) 90.5 (hembras) 0.2279 (machos) 0.1957 (hembras)	
t_o (mes)	0.3273 (machos) 0.2545 (hembras)	0.4396 (machos) 0.5026 (hembras)	
Mortalidad			
M (1/mes)	0.208	0.250	
F (1/mes)	0.0704	0.3160	
q	0.0001725	0.000015	

Como se ha mencionado, los camarones penéidos tienen un ciclo de vida corto. Esto implica que las tasas vitales son altas, su crecimiento es rápido y su mortalidad natural elevada. Como también se ha mencionado, las diferentes etapas del ciclo de vida son sometidas a pesquerías distintas, con magnitud del esfuerzo, selectividad de los artes de pesca y periodos de captura propios.

En los últimos años se han empleado en el Instituto Nacional de la Pesca los modelos estructurados por edades como auxiliares en la administración de las pesquerías de camarón, como en varias partes del mundo (Somers, 1985; Somers y Wang, 1997; Watson y Restrepo, 1995).

El enfoque de los modelos estructurados por edades empleados en la simulación de la pesquería han probado ser provechosos en la evaluación de las estrategias, en lo relativo al criterio de administración de proteger el crecimiento. También han sido útiles en la toma de decisiones en lo relativo a la evaluación de la participación de la captura de los sectores artesanal e industrial bajo diferentes opciones de fechas de veda y el efecto de la actividad de uno sobre el otro. En menor grado, tal como han sido utilizados a la fecha sin incluir la relación entre el Stock reproductor y el reclutamiento, en una mejor comprensión de mecanismos poblacionales de las especies explotadas.

• Tamaulipas-Veracruz

Por simplicidad se asume la aparición de una cohorte por mes, aunque es posible el utilizar periodos menores. El patrón de reclutamiento anual se obtiene con base en datos de capturas comerciales y frecuencias de tallas por diferentes métodos, como el propuesto por Pauly (1984a, 1987) o por ajustes no lineales con rutinas de minimización.

El crecimiento en longitud de los individuos de las cohortes simuladas se calcula usando la ecuación de von Bertalanffy (Ricker, 1975; Pauly, 1984b):

$$L_t = L_\infty(1 - e^{(-K(t-to))}) \quad \text{.....(1)}$$

donde:

L_t = longitud a la edad t
K = coeficiente de crecimiento
L_∞ = asíntota de los valores de L_t
t_o = edad teórica a la cual el individuo tendría longitud 0, si su crecimiento fuera siempre descrito por esta ecuación (en general debe ser negativo, Pauly, *op. cit.*).
e = base de los logaritmos naturales.

$$W_t = aL_t\, b \quad \text{.....(2)}$$

donde:

L_t = longitud a la edad t
W_t = peso a la edad t
a y b = constantes

El número de organismos a la edad *t* se calcula por medio de la fórmula:

a) en laguna *(l)*

$$Nl_t=(Nl_{t-1}*(1-mig))*e^{-M}-Cl_{t-1} \quad \text{.....(3)}$$

b) en altamar *(am)*

$$Nam_t=(Nl_{t-1}*(mig)+Nam_{t-1})*e^{-M}-Cam_{t-1} \quad \text{.....(4)}$$

donde:

N_t = número de organismos a la edad *t*
N_{t-1} = número de organismos a la edad *t*-1
C_{t-1} = Captura, en número de individuos, de la cohorte a la edad *t-1*
M = Mortalidad natural a la edad *t*
mig = Proporción de la unidad que ya migró al mar en el tiempo *t*, (función de la talla), de acuerdo a una función logística.

Aunque se asume un coeficiente de mortalidad natural constante, el modelo permite usar un valor diferente del mismo para cada tiempo *t.*

La captura por pesquería, en número de individuos, se calcula con la ecuación:

$$Cl_t=Fl_t * Nl_t= ql *fl_t *Nl_t \quad \text{.....(5)}$$

$$Cam_t= Fam_t * Nam_t= qam*fam_t*Nam_t \quad \text{.....(6)}$$

donde:

C_t = captura en número de organismos de la edad *t*
N_t = número de organismos a la edad *t*
F_t = tasa instantánea de mortalidad por pesca en el tiempo *t*
f_t = esfuerzo de pesca en el mes *t*
q = capturabilidad, fracción de la población capturada por unidad de esfuerzo estándar.

Esta captura en número de individuos se convierte a captura en peso multiplicándola por el peso para cada edad.

La mortalidad por pesca se relaciona con el esfuerzo (previo a la inclusión de la selectividad) por medio de la expresión:

$$F_t = q\, f_t \quad \text{.....(7)}$$

La selectividad de los artes de pesca se puede expresar, según su tipo, con diferentes expresiones, por ejemplo, una red de arrastre usada en la pesquería de altamar tendrá una curva de selectividad logística:

$$P = 1/(1 + e^{-r(L_t - L_c)}) \quad \text{.....(8)}$$

donde:

P = probabilidad de captura
r = parámetro de curvatura
L_c = límite inferior de la clase de longitud más alta considerada

La mortalidad por pesca al incluir la selectividad de cada arte de pesca se convierte en:

$$F_t = Pq\, f_t \quad \text{.....(9)}$$

La captura total por mes se obtiene con la ecuación:

$$\mathrm{Cm} = \sum \mathrm{CtWt} \quad \text{.....(10)}$$

donde:

Cm = captura de todas las edades en el mes m

Con las ecuaciones anteriores se puede obtener la distribución de frecuencia de tallas en las capturas. Ésta se puede expresar de manera determinística (todos los animales de la misma edad tendrán la misma talla) o como distribución probabilística.

Con el modelo básico anterior se pueden simular diferentes escenarios de administración como varias opciones de inicio y fin de temporadas de veda, restricciones al esfuerzo por pesquería, o modificaciones de la selectividad de los artes de pesca.

Se calibró el modelo para reproducir el patrón mensual promedio de capturas de los últimos 5 años sin veda (escenario base). Se probó el desempeño del modelo, examinando si reproducía los patrones observados de captura de los años 1993 a 1998, introduciendo en él los patrones de veda y esfuerzo de pesca en esos años (Fig. 19). También se compararon las predicciones del modelo respecto a aspectos como distribuciones de frecuencia de tallas de las capturas (Fig. 20). Se realizaron simulaciones bajo escenarios de veda que incluían las propuestas del sector productivo en 1999.

El resultado se presenta en múltiplos del resultado con escenario base (expresado como 1), que consiste en el promedio de los años sin veda, empleados en la calibración del modelo. La *Tabla 6* muestra los escenarios examinados en las simulaciones.

En la *figura 21* se muestran como ejemplo de utilización del modelo los resultados de los escenarios simulados para inicio y término de veda para la temporada 1999. Los escenarios 1 al 3 con fecha de inicio de la veda del 1° y 15 de junio al 15 y 31 de julio para la laguna y del 15 de abril y 1° de mayo al 31 de julio para altamar, presentan incrementos de captura total que van del 16 al 22% sobre el escenario base.

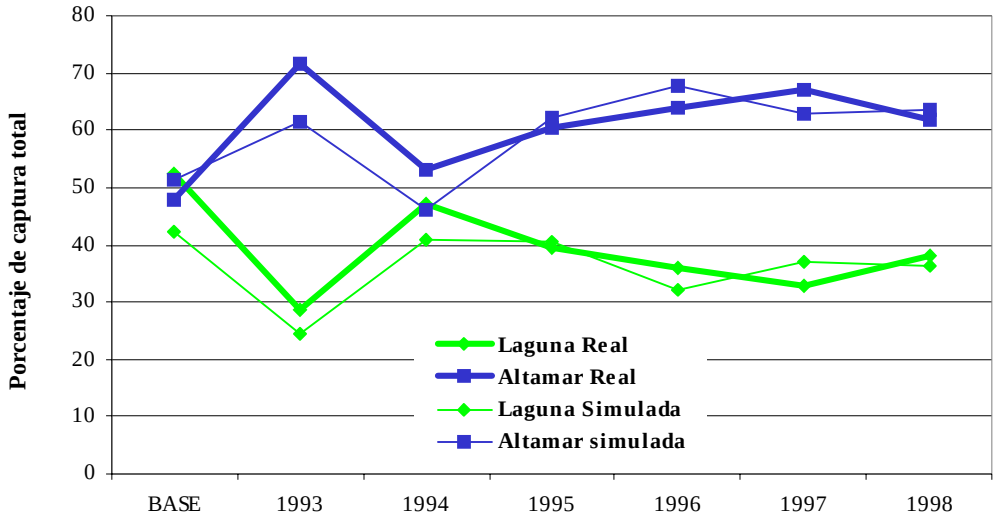


Fig. 19. Comparación de resultados de simulaciones hechas con el modelo y participación real de cada sector de la pesquería en años con veda. Tamaulipas - Veracruz.

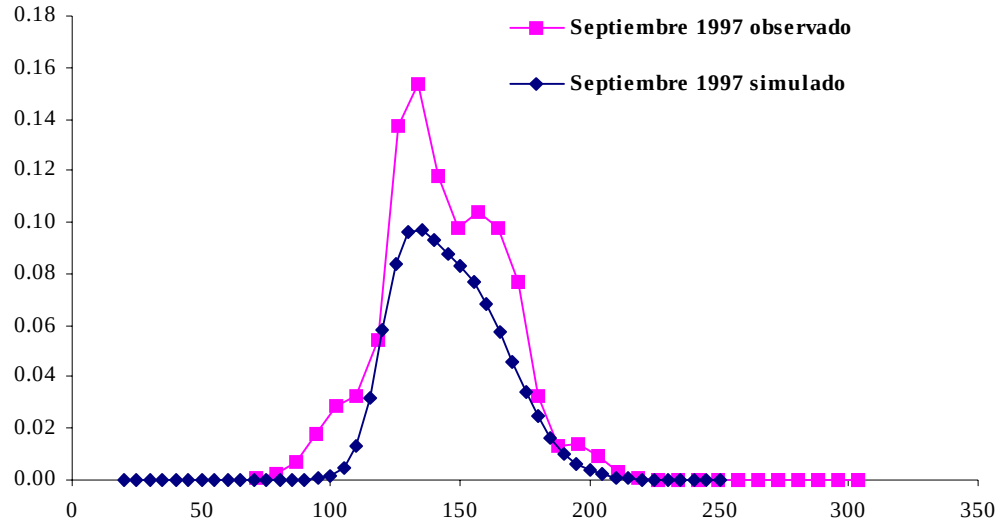


Fig. 20. Comparación de resultados de simulaciones hechas con el modelo y distribución de frecuencia de longitudes en la captura. Tamaulipas - Veracruz.

Los escenarios 4 y 5 con fecha de inicio de la veda del 1° de junio al 31 de julio para lagunas y del 15 de abril y 1° de mayo al 31 de julio en altamar presentan un incremento del 30 y 33% respectivamente. El escenario 6 que tiene como fecha de inicio del 15 de mayo al 15 de julio en laguna y del 1° de mayo al 31 de julio en el mar, tiene un incremento de 70% en relación al escenario base. El 7 y 8 que tienen como inicio del 1° de mayo y 30 de junio al 15 de julio en laguna y del 1° de mayo al 31 de julio en el mar presentan aumentos significativos en la captura del 106 y 117%.

Es muy importante considerar, además de los aumentos en producción total, los efectos de las diferentes fechas de veda en la proporción de la captura obtenida por cada pesquería. El modelo ha resultado ser muy útil en este aspecto.

En el ejemplo mostrado, la aplicación de los escenarios 7 y 8 aunque muestra los incrementos más altos en la captura total, presenta el nivel de participación en la captura más baja para el sector artesanal con un

Tabla 6. Escenarios de veda examinados mediante simulaciones.

ESCENARIO	LAGUNA			ALTAMAR		
	INICIO	FINAL	DURACIÓN	INICIO	FINAL	DURACIÓN
BASE	-	-	-	-	-	-
1	15 de junio	31 de julio	46	15 de abril	31 de julio	107
2	15 de junio	31 de julio	46	15 de mayo	31 de julio	77
3	1° de junio	15 de julio	44	1° de mayo	31 de julio	91
4	1° de junio	31 de julio	60	15 de abril	31 de julio	107
5	1° de junio	31 de julio	60	1° de mayo	31 de julio	91
6	15 de mayo	15 de julio	61	1° de mayo	31 de julio	91
7	1° de mayo	30 de junio	60	1° de mayo	31 de julio	91
8	1° de mayo	15 de julio	75	1° de mayo	31 de julio	91

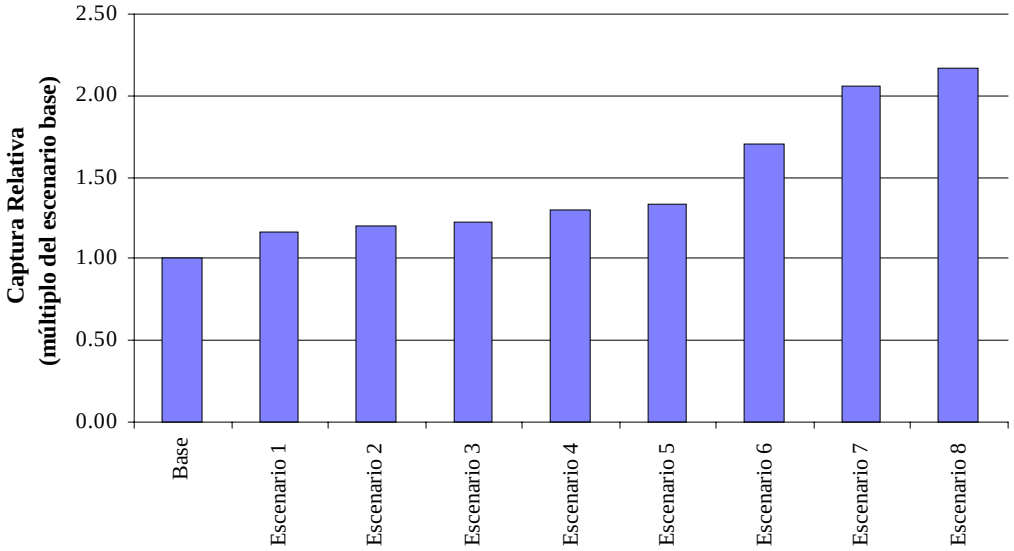


Fig. 21. Variación en la captura total en Tamaulipas y Veracruz bajo diferentes escenarios de veda; resultados de las simulaciones

13 y 10 % de la misma. Si se establece la veda en la laguna al inicio del mes de junio se obtienen un aumento en la captura total de cerca de 30% y una proporción de aproximadamente 37% para la pesquería de laguna y 63% para la de altamar.

Las variaciones de la captura total y la proporción de la misma obtenida por cada sector están en relación con la fecha de inicio de la veda en laguna más que con la veda de altamar.

El efecto de la veda en altamar es más notable cuando se aplica en el mes de julio, ya que permite el crecimiento de los organismos reclutados al mar hasta tallas mayores durante ese mes. Sin embargo, el iniciar la veda de altamar en mayo no tiene efecto en aumentar la captura total ya que la cohorte principal se encuentra en la laguna durante ese mes. Por la misma razón, el iniciar la veda de altamar durante el mes de abril no tiene efectos notables en la producción (ni, en otro contexto, protege el evento de reproducción importante, que se produce en el primer trimestre del año).

En cambio, la fecha de inicio de la veda en la laguna afecta grandemente la producción total, en particular si se inicia durante mayo o junio, ya que limita la captura de la cohorte principal y permite el crecimiento y salida al mar de mayor número de organismos.

El modelo ha sido útil en presentar en forma cuantitativa, para la toma de decisiones de administración, lo expresado en los dos párrafos anteriores. Como se ha mencionado en este documento, el objetivo de administración actual es, además de mantener el nivel de captura al largo plazo, el permitir la coexistencia de los sectores de la pesquería. En ese sentido, los escenarios de veda en laguna iniciando el 1° de junio (escenarios 3, 4 y 5) mantienen la participación de los sectores de la pesquería cercana a la que han tenido en promedio en los años recientes.

Varios autores (Nichols, 1982; Nance *et al.*, 1994; Grant *et al.*, 1997) han abordado con modelos de simulación la evaluación de alternativas de administración por veda de la pesquería de camarón café en la porción estadounidense del Golfo de México, llegando a conclusiones similares.

- ***Sonda de Campeche***

Camarón blanco

El modelo utilizado en el análisis fue uno estructurado por edades denominado CAGEAN (*Catch at Age Analysis*) propuesto por Deriso *et al.* (1980). La información utilizada en este trabajo consistió en el número de organismos capturados por edad, estimados a partir de un muestreo estratificado aleatorio de las descargas comerciales.

Para la transformación de las tallas en edades se utilizó una clave longitud – edad elaborada de la siguiente forma. Mediante un proceso iterativo se ajustaron curvas normales a los grupos de tallas observados en las distribuciones de frecuencias de longitud de 12 muestreos directos sobre la población biológica, realizados en las áreas lagunares de crianza, en la zona costera de reclutamiento laguna – mar y en la zona de distribución en altamar durante 1998. Los datos básicos fueron el número de organismos de cada intervalo de longitud por km^2 estimados en cada zona. Para guiar el ajuste de las curvas se utilizó una relación publicada de crecimiento individual (Gracia, 1989). Con los grupos de edad resultantes se calcularon los porcentajes de organismos de cada edad presentes en cada intervalo de longitud corporal, los cuales se utilizaron para separar en edades las capturas por tallas de la flota comercial.

Las series de captura por unidad de esfuerzo fueron obtenidas de los avisos de arribo de la oficina de pesca de Ciudad del Carmen, Campeche.

Los datos de muestreos corresponden a 12 campañas realizadas de mayo 1996 a octubre de 1998. En este caso el índice de abundancia utilizado fue el número de organismos por km^2 estimada a partir del método de área barrida (Sparre y Venema, 1995).

Para la realización del modelo de captura a la edad, se estimaron el número de reclutas en cada periodo mensual, el número inicial de cada edad y mortalidades por pesca terminales en cada periodo.

El número de organismos vivos a cada edad fue estimado con la siguiente ecuación:

$$N_{a+1,\,t+1} = N_{a,t} \exp(-(F_{a,t} + M)) \quad \text{.....(11)}$$

Donde, $N_{a+1,\,t+1}$ es el número de organismos vivos a la edad a + 1, $N_{a,t}$, es el número de organismos vivos en la edad a y en el tiempo t , $F_{a,t}$ es la mortalidad por pesca de la edad a en el tiempo t y M es la mortalidad natural, en este caso ésta es constante. Usándose el valor de 0.24/mes estimado por Gracia (1989).

La captura en número de organismos por edad fue estimada a partir de la siguiente formula:

$$C_{a,\,t} = N_{a,\,t}\,[\,\exp(-(F_{a,t} + M))]\;\;[\,F_{a,t} / (F_{a,t} + M)] \quad \text{.....(12)}$$

La mortalidad por pesca a la edad y el tiempo es calculada como

$$F_{a,t} = Va\ F_t^{term} \quad \text{.....(13)}$$

Donde Va es la vulnerabilidad en la edad a, y F_t^{term} es la mortalidad por pesca en la edad en que el organismo es totalmente vulnerable. Para estimar F_t^{term}, ésta fue dividida en periodos donde existen vedas y antes y después de las mismas.

La vulnerabilidad de cada edad fue estimada asumiendo que el incremento de la misma hasta alcanzar la edad donde los organismos son totalmente vulnerables presenta un comportamiento Gaussiano. Esto produce una curva sigmoidea, y solamente se usa la mitad porque después de la edad de máxima vulnerabilidad se asume que los valores son de uno para todas las edades:

$$V_a = \exp\left[(a-a_{full})^2/2\sigma^2 \right] \quad \text{si } a \le a_{full} \quad \text{.....(14)}$$

$$V_a = 1 \quad \text{si } a > a_{full} \quad \text{.....(15)}$$

Donde a_{full} es la edad a la que es completamente vulnerable.

El modelo básico fue ajustado por medio de suma de cuadrados como:

$$SSQ_{capt} = \Sigma\Sigma (\log C'_{a,t} - \log (C_{a,t})^2 \quad \text{.....(16)}$$

Donde C´ es la captura predicha de la ecuación anterior y C la captura observada.

Finalmente, el modelo básico fue ajustado con información adicional de la CPUE y de los datos de muestreos para obtener mejores resultados (Deriso *et al.* 1985).

$$SSQ_{total} = SSQ_{capt} + W_{survey}\ SSQ_{muestreo} + W_{CPUE}\ SSQ_{CPUE} \quad \text{.....(17)}$$

Donde W es un factor de ponderación o importancia dada a cada clase de datos.

Para la simulación se utilizaron diferentes tiempos de duración de las vedas donde se asumió la mortalidad por pesca máxima para cada mes, resultante del ajuste del modelo, y que esta es cero durante los meses de veda. El número de reclutas se asumió como un promedio de los tres años resultantes del ajuste del modelo.

Como resultado de las simulaciones se obtuvieron la captura total relativa (expresada como múltiplos de un escenario base sin veda) y el número remanente de desovantes, de cada escenario alternativo de duración de la veda. Para ambos tipos de resultados se presentan los valores de inicio de temporada, de noviembre a diciembre.

Los diferentes escenarios alternativos de duración de la veda se muestran en la *tabla 7.* Estas alternativas fueron seleccionadas dependiendo de la duración de vedas anteriores y propuestas de veda del sector productivo.

El modelo tuvo un mejor ajuste al darle mayor peso a los datos de los muestreos que con las CPUE. Los pesos o ponderación que se les dieron fue de W_{cpue} = 1 y de $W_{muestreo}$ = 100. (Fig. 22)

En cuanto a los reclutamientos estimados por el modelo, se observa que éstos se presentaron en forma general en julio, a excepción de 1996, el cual nos indica un alto reclutamiento a altamar en diciembre (Fig. 23). Esto coincide con la literatura, de manera general, ya que se menciona que los picos de reclutamiento se presentan de mayo a noviembre (Gracia, 1989).

La estimación de las mortalidades por pesca terminales sugiere que después de cada periodo de veda, al inicio de temporada, existe un incremento en el valor de ésta (Fig 24). Los diferentes valores encontrados durante los periodos de veda son, posiblemente, debidos a que en estos años han existido diferencias en los límites de las zonas en las que se ha aplicado ésta. Estas variaciones han causado que parte de la zona de la distribución del camarón blanco estuviera abierta a la pesca.

Los resultados de las simulaciones indican que una veda de abril a junio o de abril a julio tiene resultados prácticamente equivalente a no establecer veda, puesto que ni la captura ni el número de reproductores que se dejarían vivos presentaría diferencias apreciables con el escenario número 1 (Fig. 25).

Tabla 7.- Escenarios de diferentes duraciones de veda probados en el Modelo CAGEAN

Escenarios	Periodo de veda
Escenario 1	sin veda
Escenario 2	abril - junio
Escenario 3	abril - julio
Escenario 4	mayo- junio y sept -octubre
Escenario 5	abril- julio y sept -octubre
Escenario 6	mayo - octubre
Escenario 7	mayo – septiembre
Escenario 8	agosto - octubre
Escenario 9	julio - octubre
Escenario 10	junio - octubre

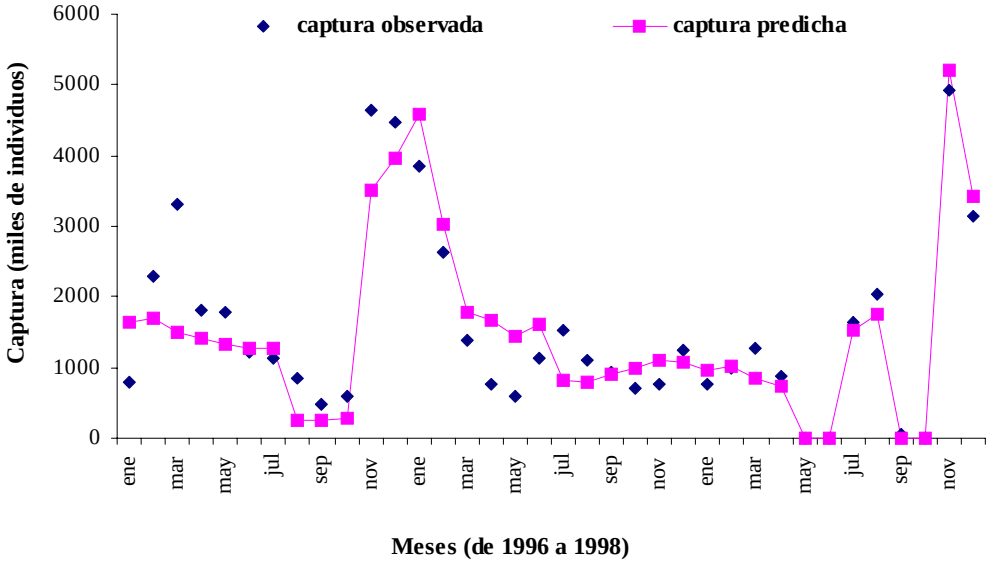


Fig. 22. Datos de captura observados, ajustados al modelo.

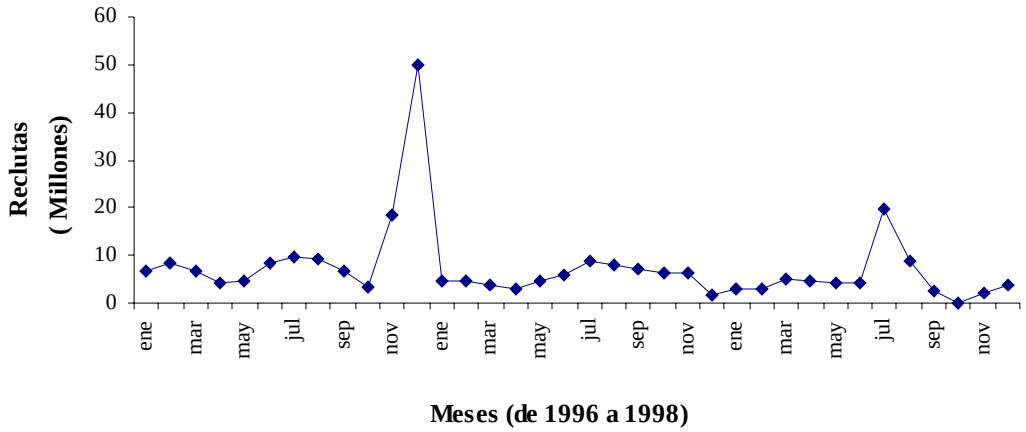


Fig. 23. Número de reclutas estimados por el modelo de enero de 1996 a diciembre de 1998.

De los demás escenarios de veda examinados, el período de mayo a septiembre es el que redituaría menos beneficios a la producción y a la población biológica. El período de veda con mejores resultados en términos biológicos y de captura es el de mayo a octubre (escenario 6), ya que se dejarían vivos 27% más reproductores para renovar la población biológica y la captura relativa aumentaría 18%, comparados con el escenario sin veda.

Se estimó que si en 1999 se repitiera la estrategia de veda establecida en 1998 (de mayo a julio y de septiembre a octubre), la cantidad de reproductores vivos aumentaría sólo un 18%, o sea 9% menos que la alternativa de mayo a octubre. La captura sería 12% mayor que si no existiera veda, pero 6% menor que el incremento de la alternativa mayo-octubre.

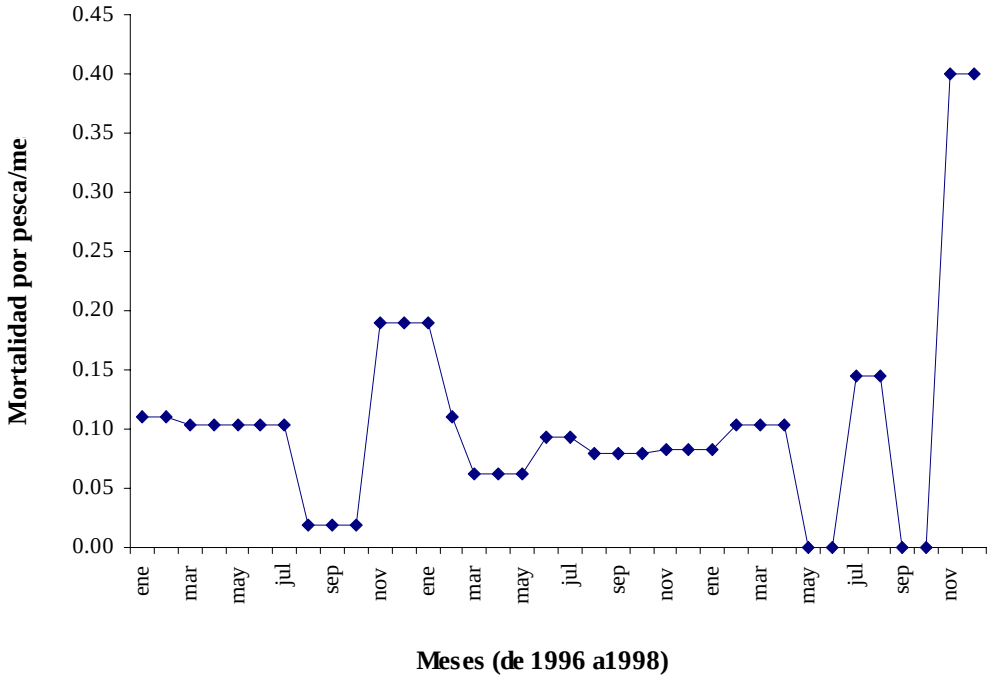


Fig. 24. Mortalidades por pesca terminales estimadas por mes.

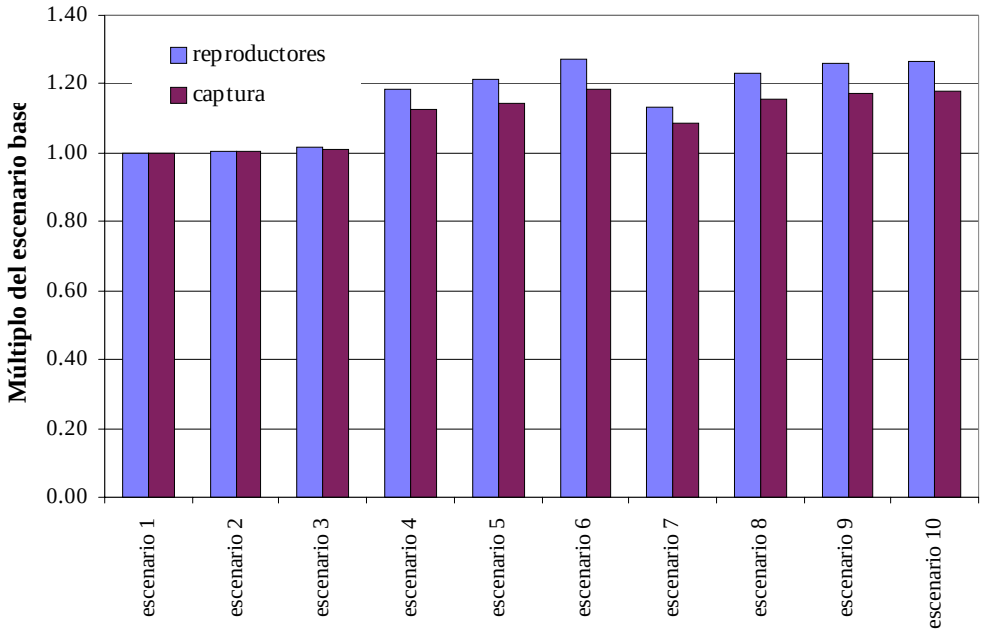


Fig. 25. Captura y abundancia relativas con diferentes alternativas de veda

- ***Camarón rosado***

Para el análisis de la pesquería de camarón rosado se utilizó también un modelo estructurado por edades. Se partió del examen de las frecuencias de tallas de las capturas de inicio de temporada, obteniendo la proporción en peso del volumen de captura del primer mes de la misma y proyectando hacia atrás la curva de crecimiento (K=0.225/mes, Longitud asintótica=216 mm y To = 0.32), aplicando la fórmula:

$$No = Nt_{cc} / e^{-z} \quad \text{.....(18)}$$

donde:

No = Estimación del número inicial de organismos
Nt_{cc} = Número de organismos capturados por categoría comercial al inicio de la temporada.
e = Base de los logaritmos naturales
Z = Tasa instantánea de mortalidad total (M = 0.27/mes; F terminal = 0.4/mes, ver debajo)

Se calculó el porcentaje por mes del número de organismos. A partir de esto se obtuvo un patrón porcentual del origen temporal de los organismos capturados al inicio de la temporada.

Partiendo de ese patrón inicial, se proyectaron en el tiempo las "cohortes" resultantes, variando su longitud de acuerdo a la ecuación de von Bertalanffy y calculando el peso total con la relación peso longitud (a = 0.00000347, b = 3.18). El número de organismos a cada tiempo se calculó con la fórmula:

$$Nt = No\, e^{-z} \quad \text{.....(19)}$$

donde Nt **=**Número de organismos a cada edad.

Se hizo variar la mortalidad por pesca de acuerdo a la longitud con una curva de selectividad logística con L_{50}=110 mm, parámetro de curvatura = 0.13531461 (correspondiente a una red de arrastre de 1.5 pulgadas de luz de malla en el copo) y una F terminal de 0.4/mes.

El número capturado por longitud se calculó con la ecuación:

$$N_{c,Lt} = N_{Lt} * (1-e^{-(FLt)}) \quad \text{.....(20)}$$

donde:

$N_{c,Lt}$ =Número de organismos capturados por clase de longitud.
N_{Lt} = Número de organismos en cada clase de longitud.
F_{Lt} = Mortalidad por pesca específica para cada clase de longitud, de acuerdo a la curva de selectividad.

Se convirtió a captura en peso, multiplicando el número de organismos capturado por el peso individual a cada clase de longitud. Se agrupó la captura por clase de longitud en categorías comerciales, previa conversión de peso total a peso de cola. Se asignó un valor económico a la captura, multiplicando la captura por categoría por su precio correspondiente y sumando el valor resultante para cada una de ellas. Se obtuvo la composición de tallas de la captura simulada.

Los resultados de composición de la captura por categoría comercial se expresaron como variaciones porcentuales de su participación en la captura total del escenario base. Los escenarios examinados se señalan en la *tabla 8*.

La *figura 26* muestra el patrón del origen temporal de las capturas de noviembre de 1996,1997 y 1998 de acuerdo al número de mes. Del análisis se desprende que el 92% de la captura en peso de 1998 (animales entre 95 y 165 mm) se originó entre los meses de mayo y septiembre de ese mismo año. Las cifras correspondientes para 1997 y 1996 son 85 y 88%.

La *tabla 9* muestra los resultados de las simulaciones de los diferentes escenarios, en lo respectivo a la captura total relativa al inicio de temporada y al valor económico relativo de la captura.

La *tabla 10* muestra los resultados relativos a las variaciones en composición por categorías comerciales de la captura al inicio de temporada; los números negativos indican disminución y los positivos aumentos. Los resultados indican, por ejemplo, que las capturas de la categoría comercial 21/25 aumentaría un 25% en promedio, bajo el escenario 6.

El análisis anterior nos muestra que el efecto de la veda durante el periodo de agosto a octubre es el de aumentar las tallas en las capturas, y por ende, el valor económico de las mismas. El análisis de las fechas

Tabla 8.- Escenarios de diferentes duraciones de veda probados en la simulación.

Escenarios	**Periodo de veda**
Escenario base	sin veda
Escenario 1	abril - julio
Escenario 2	mayo - 15 de septiembre
Escenario 3	mayo - 30 de septiembre
Escenario 4	mayo-15 de octubre
Escenario 5	mayo - 30 de octubre
Escenario 6	mayo – 15 de noviembre

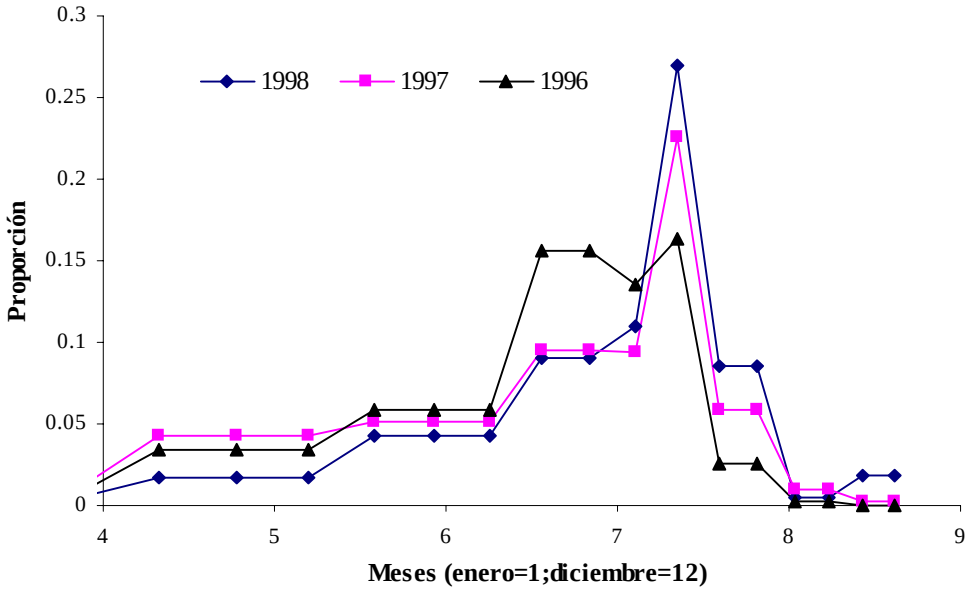


Fig. 26. Patrón mensual de origen de las capturas de camarón rosado de noviembre de 1996, 1997 y 1998 (1=enero, 12=diciembre).

de nacimiento, el origen temporal, de los animales capturados en noviembre indica que el iniciar la veda en los meses de junio y julio resulta en una protección de la reproducción de verano, necesaria para el mantenimiento a largo plazo de la pesquería. El proteger la reproducción de otoño extendiendo la veda hasta noviembre se ve como necesario en la situación actual de bajo nivel poblacional.

- ***Contoy***

Se utilizó un modelo estructurado por edades, similar al utilizado en las otras dos zonas. Mediante datos de captura y esfuerzo, se calcularon las capturas esperadas bajo condiciones de explotación similares a las de la última temporada de pesca. La información que se emplea en el modelo corresponde a la pesquería del camarón rojo, por ser la que presenta un mayor valor económico al momento del desembarque.

Tabla 9. Captura total relativa al inicio de temporada y valor económico relativo de la captura. Camarón rosado.

PERIODO DE VEDA	ESCENARIO	CAPTURA	VALOR ECONOMICO RELATIVO
sin veda	Base	1	1
abril - julio	1	1.0033	1.0062
mayo-15 de Septiembre	2	1.0267	1.0400
mayo-30 de Septiembre	3	1.0491	1.0736
mayo-15 de octubre	4	1.1318	1.1361
mayo-31 de octubre	5	1.2154	1.2031
mayo-15 de Noviembre	6	1.2711	1.2106

Tabla 10. Variación en composición por categorías comerciales de la captura al inicio de temporada. Camarón Rosado.

	E S C E N A R I O S						
Categoría comercial	**Base**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
66 over	0	0.00	-0.03	-0.05	-0.13	-0.21	-0.24
51/60	0	0.00	-0.03	-0.05	-0.13	-0.21	-0.22
41/50	0	0.00	-0.03	-0.05	-0.12	-0.19	-0.20
36/40	0	0.00	-0.03	-0.05	-0.10	-0.16	-0.16
31/35	0	0.00	-0.03	-0.05	-0.07	-0.09	-0.09
26/30	0	0.00	-0.02	-0.04	-0.02	0.01	0.01
21/25	0	0.00	0.00	0.01	0.09	0.16	0.17
15/20	0	0.01	0.07	0.14	0.23	0.31	0.32
10/14	0	0.03	0.15	0.25	0.33	0.41	0.42

El periodo de veda actual que corresponde a los meses de agosto y septiembre, fue considerado el escenario base y la captura obtenida en él como el punto de referencia.

Los escenarios propuestos para el análisis del efecto de la veda sobre las capturas esperadas se plantearon con respecto a la principal entrada de reclutas a la zona de pesca. Se asume que ésta ocurre durante los meses de febrero y marzo (Soto, 1992; Porras *et al.*, 1994), con la finalidad de evitar la sobrepesca de crecimiento. Además, se tomaron en cuenta los meses en que se presenta la máxima actividad reproductiva de la población, esto es, durante marzo y abril (Sandoval, 1996a), con lo cual se permitiría que el desove se lleve a cabo.

En la *figura 27* se observa el ajuste del modelo con respecto a las tendencias entre las capturas observadas y las estimadas. En algunos meses de la serie de tiempo, principalmente en los años en que se ha implementado un periodo de veda (1994 a 1998) como una medida de reducción del esfuerzo pesquero, las capturas obtenidas a través del modelo y para los primeros meses de apertura a la pesca parecen estar sobrestimadas.

Para el análisis de los escenarios de veda propuestos (Tabla 11), es importante volver a mencionar que la temporada de veda del camarón en la zona de estudio no corresponde a las características biológicas del camarón rojo, tales como el principal reclutamiento a la pesquería, el cual se presenta en los meses de febrero y marzo (Porras *et al.*, 1994; Soto, 1994) o a la época de mayor actividad reproductiva de la población durante marzo y abril (Sandoval, 1996a).

Tabla 11. Diferentes escenarios de veda para el camarón rojo (*F. brasiliensis*) en Contoy.

E S C E N A R I O S
Meses
agosto y septiembre (Base)
Base y febrero
Base y marzo
Base y febrero, marzo
Base y marzo, abril

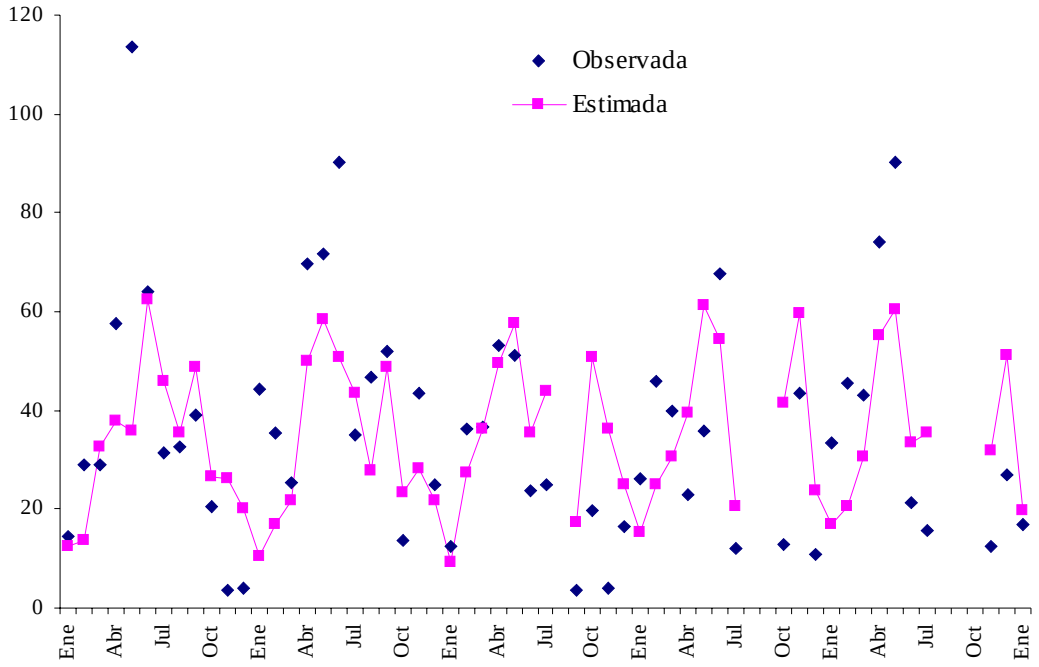


Fig. 27. Ajuste del modelo a capturas de Contoy

Las fechas de veda para esta zona coinciden, como se mencionó, con las de la Sonda de Campeche para evitar el desplazamiento de la flota de esta zona hacia el Caribe. En el estado de Quintana Roo se cuenta con menor área disponible para la pesca y, por lo tanto, se puede controlar en cierta forma el incremento del esfuerzo pesquero local por medio de la veda. De no hacerse así, se puede llegar a la sobrexplotación de las especies que ahí se capturan.

El principal criterio de decisión del escenario de veda más adecuado fue el nivel de capturas estimadas para un periodo de pesca similar al de la última temporada de capturas, es decir, de octubre de 1998 a julio de 1999, considerando que se mantiene un esfuerzo pesquero en los mismos niveles. En la *figura 28* se observa que las capturas simuladas bajo los diferentes escenarios no varían significativamente entre los diferentes escenarios de veda y que se mantienen en un promedio de 370 t de camarón con cabeza.

Esto se relaciona, como se mencionó anteriormente, con los movimientos de la población de camarón fuera del área de captura para quedar fuera de la influencia de los artes de pesca ya que la zona se encuentra rodeada de macizos coralinos y roca en la que no pueden operar las embarcaciones.

Con base en las capturas estimadas para toda una temporada de pesca, se puede decir que el periodo de veda aplicado en 1998 no tiene un efecto notable sobre el camarón rojo. Sin embargo, es necesario considerar otras características biológicas de la especie para evitar que la población pierda capacidad de recuperación.

Un segundo criterio para la elección del mejor escenario de veda fueron las estimaciones de la biomasa reproductora remanente al fin de la temporada (Fig. 29), la cual aumenta aunque no en forma considerable en cada escenario propuesto con respecto al base. El mayor valor de la biomasa reproductora remanente se obtiene en el escenario en el que además de no permitir la pesca durante agosto y septiembre, también se incluyen los meses de marzo y abril con un aumento del 12% aproximadamente. Este resultado es congruente con el hecho de que con ese escenario de veda se protegería a los individuos sexualmente más desarrollados para que logren reproducirse.

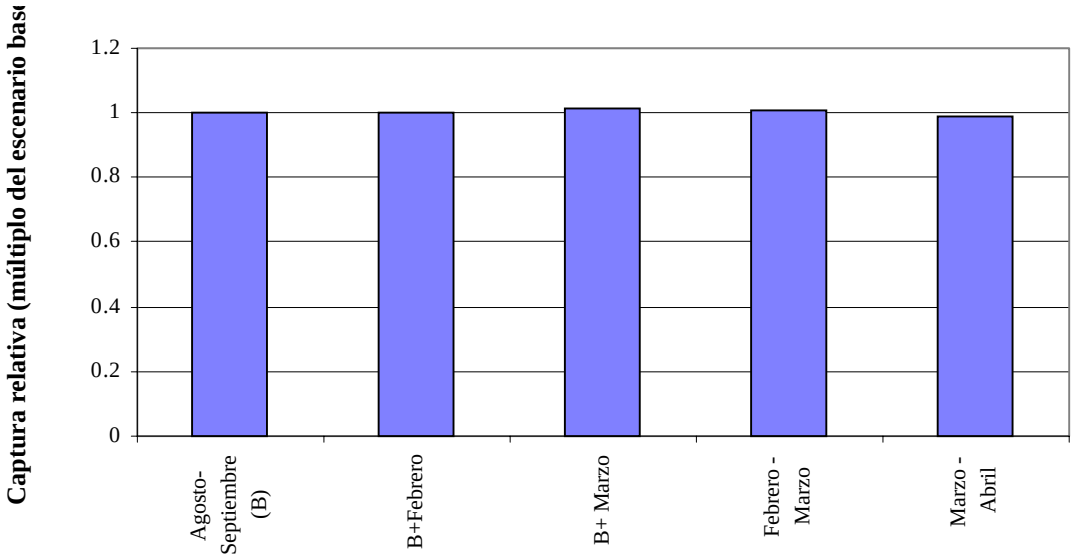


Fig. 28. Captura relativa obtenida bajo los diferentes escenarios de veda.

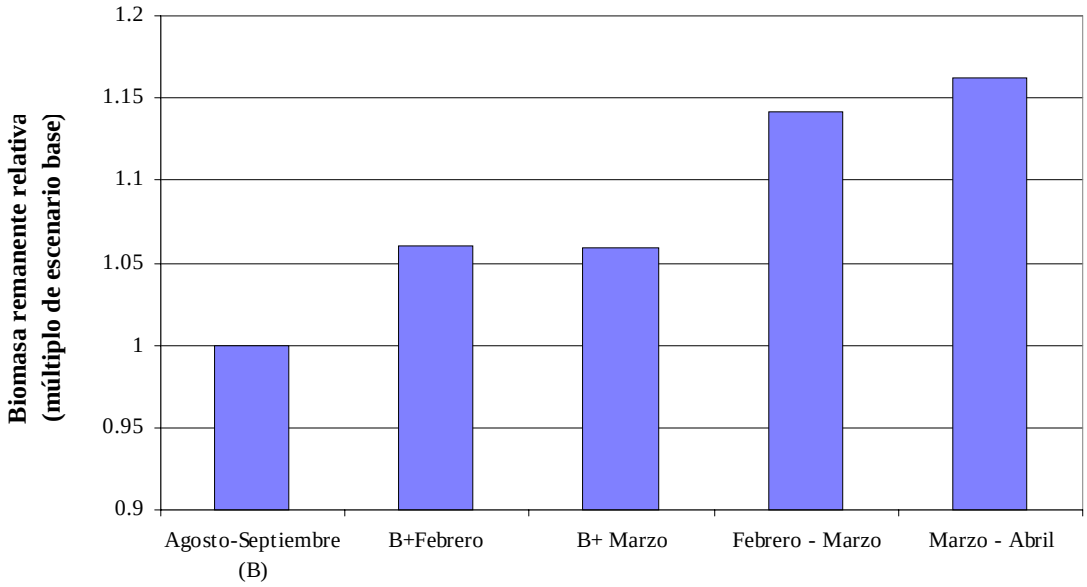


Fig. 29 . Biomasa Remanente relativa obtenida bajo los diferentes escenarios de veda.

El análisis anterior muestra que la veda más adecuada para el camarón rojo comprendería dos periodos: agosto y septiembre (como lo fue en 1998) y marzo y abril.

Con ese periodo de veda se podría esperar que la capacidad de recuperación de la población no fuera afectada por la pesca y que al menos las capturas se mantengan en niveles promedio. Mayores beneficios que en este escenario tal vez se pueden observar a mediano plazo, a causa de dos factores importantes:

1. El escenario propuesto evita la pesca por parte de flotas foráneas, especialmente del estado de Campeche, cuando éste también se encuentre cerrado a la pesca.

2. Porque se estaría protegiendo a la población de reproductores en la época en que se presenta la mayor actividad reproductiva.

▼ *Estado actual de la pesquería de camarón en el Golfo de México y Mar Caribe*

- **Tamaulipas-Veracruz**

La pesquería de camarón del norte del Golfo de México se encuentra en niveles cercanos a los de aprovechamiento máximo. La estrategia a seguir es una de mantenimiento de la producción a largo plazo. Ésta debe incluir la protección de la reproducción.

Mientras que las estrategias a seguir en las pesquerías de camarón de la zona del norte del Golfo de México y Contoy son de mantenimiento, la de la Sonda de Campeche es de recuperación, particularmente la de camarón blanco

- **Sonda de Campeche**

La pesquería de camarón de la Sonda de Campeche se ubica en niveles muy por debajo de los que se encontraban en las décadas de los años sesenta y setenta. Se requiere aplicar una estrategia de recuperación.

- **Contoy**

La pesquería de camarón de Contoy está plenamente aprovechada. La estrategia a seguir es una de mantenimiento de sus niveles de producción.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

En el litoral del Golfo de México, las poblaciones de camarón se encuentran en el límite de su capacidad de producción biológica. Solo una administración cuidadosa, que considere este hecho, podrá permitir la continuación de la actividad pesquera sobre estas especies.

Aunque en este trabajo, en la sección de Análisis Cuantitativo, se ha hecho énfasis en la evaluación de los efectos del establecimiento de vedas, esto no debe interpretarse como que es la única regulación necesaria en la pesquería. La reglamentación de tallas mínimas, zonas de captura y otras contempladas en la legislación no son sustituidas, sino complementadas por las vedas.

Rostchild y Gulland (1982) definen a la administración pesquera, como “la manipulación de factores para lograr objetivos sociales en la forma de producción de alimentos, valor bruto o neto, empleo, ingreso de los pescadores individuales o una combinación de éstos, manteniendo a las poblaciones explotadas en un nivel alto de producción sustentable”.

En el apartado de Manejo se mencionaron los objetivos de administración que se pretenden cumplir con una veda. Sin embargo, dado que en muchas ocasiones, como es el caso de la pesquería secuencial de

camarón, existe competencia por el recurso entre sectores económicos, los objetivos a lograr desde el punto de vista de cada sector son conflictivos y excluyentes. Willman y García (1985) exponen esta situación como típica para las pesquerías artesanal e industrial de camarón a nivel internacional.

A diferencia del Pacífico, donde las vedas tienen décadas de aplicación, las vedas en la zona del Golfo de México se establecieron cuando ya existían pesquerías artesanales (en particular en la Laguna Madre, Tamps.) con altos volumenes de captura. La veda en el noroeste del Golfo ha aumentado la captura total, limitando la actividad de la pesquería artesanal.

El esfuerzo pesquero, tanto artesanal como industrial, en la pesquería de camarón del Golfo de México, se encuentra en un nivel superior al que pudiera permitir las condiciones óptimas de aprovechamiento y una relación armónica entre los sectores involucrados. En las últimas dos décadas, la competencia entre el sector artesanal y el industrial por la captura se ha incrementado y el aumento en el número de usuarios dentro de cada uno de ellos hace que la competencia intrasectorial aumente.

En este contexto, los problemas en la aplicación de las medidas administrativas consisten en la resistencia del sector productivo (en particular el artesanal) a su aplicación, la evasión de su cumplimiento por fracciones del sector productivo, la precaria situación económica del mismo y la falta (hasta ahora) de aumentos sustanciales en las capturas en la Sonda de Campeche. Esto último es de esperarse en el corto plazo, como se discutirá más adelante, dada la naturaleza gradual del proceso de recuperación de las poblaciones y los problemas antes mencionados.

Si las tendencias se mantienen, es previsible esperar una creciente competencia entre los sectores, una disminución de la rentabilidad individual de los usuarios y un incremento en la presión sobre las poblaciones explotadas.

Como consecuencia de lo expuesto en los párrafos anteriores, en la presente situación de la pesquería de camarón del Golfo de México, se tienen las siguientes circunstancias:

1) Actualmente existen demandas conflictivas de mantener la captura y conservar el nivel actual de convivencia entre los sectores artesanal e industrial de la pesquería. Los objetivos de maximizar la producción y mantener la actividad de los sectores en su nivel actual (o aumentarlo) son mutuamente excluyentes. Poffenberger (1984) describe ese caso como una situación típica en que los beneficios sociales del sector artesanal de la pesquería se ven involucrados como un factor de peso en las decisiones de administración, a expensas del ingreso económico total de la pesquería.

2) Existe la necesidad (también conflictiva) de recuperar las poblaciones de camarón blanco y rosado y de mantener la actividad de la flota y la industria procesadora de Campeche.

3) Existe también la necesidad de mantener la viabilidad de la flota local de Contoy (de importancia regional), conservando la libertad de movimiento de la flota.

Por las razones expuestas en este trabajo, no es posible esperar aumentos substanciales en la producción de la pesquería de camarón café de Tamaulipas-Veracruz. En las circunstancias actuales, la estrategia encaminada a sostenerla en los niveles actuales al largo plazo debe incluir los periodos de veda que permitan el mejor aprovechamiento posible por todos los usuarios del recurso.

En esta zona, el énfasis se ha puesto hasta ahora en evitar la sobrepesca de crecimiento (que tiene como resultado la captura predominante de tallas pequeñas, en contraste con la sobrepesca de reclutamiento en la que la capacidad de renovación de las poblaciones explotadas es afectada negativamente) protegiendo en lo posible la emigración al mar y el crecimiento de la cohorte principal.

Este mismo énfasis se ha puesto en las vedas de camarón café de Texas (donde éstas generalmente abarcaban del 1° de junio al 15 de julio) y Louisiana (Klima *et. al.*, 1982; Nichols 1982) que sirvieron de modelo para esa medida en Tamaulipas y Veracruz. Schultz *et al.* (1997b) confirman que en Veracruz la

veda protege el reclutamiento (a altamar) de camarón café (e, incidentalmente ha protegido la reproducción de camarón blanco, con resultados positivos en las capturas).

Condrey y Fuller (1992) han criticado lo que les parece una falta de preocupación por la posibilidad de que se de una sobrepesca de reclutamiento en la administración de esa pesquería, citando trabajos previos de Lindner (1938) y Viosca (1958) quienes advirtieron acerca de tal posibilidad. Viosca atribuía el colapso de la pesquería de camarón blanco de Louisianna a la sobrepesca de reclutamiento y a factores ambientales (una sequía en esa área en el periodo 1952-57). Gracia (1996) documentó la sobrepesca de reclutamiento de camarón blanco en la Sonda de Campeche.

Dado que establecer la veda en la zona de Tamaulipas y Veracruz durante el periodo de reproducción que origina la cohorte principal tendría un costo menor en captura (comparable a las reducciones en la captura total en los escenarios que abarcaban los meses de abril o mayo en la sección de Análisis Cuantitativo de Tamaulipas y Veracruz de este trabajo) debe considerarse como una medida a adoptar, considerando que esta zona soporta el peso de la industria camaronera del Golfo.

En la Sonda de Campeche, es posible esperar la estabilización o algunos aumentos de las capturas. Con las estrategias de veda aplicadas hasta ahora se ha logrado aumentar el valor económico de las capturas al aumentar la talla media de los organismos capturados. Sin embargo, no deben esperarse aumentos substanciales de manera inmediata en las condiciones actuales. Esto último es de esperarse en el corto plazo dada la naturaleza gradual del proceso de recuperación de las poblaciones y los problemas que enfrenta ese proceso.

Como se mostró en diversas secciones de este trabajo, la captura obtenida de la Sonda de Campeche se ha reducido hasta un nivel cercano al 10% de la captura de principios de los años setenta. De 1982 al presente, la flota de esa zona se ha reducido solo hasta un 40% del número de barcos de ese año, con un aumento en su eficiencia. A esto se debe agregar el aumento del esfuerzo artesanal. Esto resulta en que los reclutamientos que tenga la población, que pudieran convertirse en crecimiento de la misma, sostienen una pesquería que tiene mas esfuerzo aplicado por unidad de población explotada que en las décadas pasadas. A esto se le agrega que, en términos absolutos, el crecimiento de la población es menor cuando ésta se encuentra en niveles bajos que cuando está en niveles más altos de abundancia.

En la situación actual, la captura realizada por la flota de Campeche a mediados de año en Tamaulipas y Veracruz “subsidia” la operación de la flota en la Sonda a fines de año y principios del siguiente. Esto permite que exista un nivel alto de esfuerzo local de la flota industrial en la Sonda y evita que se llegue al tipo de equilibrio en la dinámica de la flota descrito por Hilborn y Walters (1992) entre el esfuerzo ejercido y stock explotado.

Se discute actualmente la importancia relativa de factores ambientales, pérdida de hábitat, contaminación y otros frente a la sobrepesca en la reducción de las poblaciones. Sin embargo, no existen estudios que permitan conocer dicha importancia en la dinámica de las poblaciones explotadas.

La veda en Campeche se dirigió en una primera etapa a la protección del crecimiento y al aumento del valor de la captura para, posteriormente, proteger las reproducciones de primavera-verano de los camarones blanco y rosado. Dados los niveles tan bajos de esas poblaciones, se ha seguido protegiendo también la reproducción de otoño.

Los problemas encontrados hasta ahora en la aplicación de la medida administrativa consisten en la resistencia del sector productivo (en particular el artesanal) a su aplicación, la evasión de su cumplimiento por fracciones del sector productivo, dada la precaria situación económica del mismo y la falta de alternativas de empleo. Una veda larga, que agrava esta situación, resulta de que las especies protegidas (el camarón blanco y el rosado) tienen sus periodos reproductivos en meses diferentes. En contraste, la veda del Pacífico se determina, en gran parte, en función de una sola especie y de un solo periodo de reproducción.

La administración por medio de vedas de la pesquería de la zona de Contoy presenta dos problemas principales:

- Las dos especies que se explotan tienen patrones de reclutamiento a las áreas de pesca muy diferentes. Aunque la veda actual no tiene efecto significativo sobre el camarón rojo, que es la especie económicamente más importante, protege el crecimiento de los individuos de la cohorte principal de camarón de roca aumentando la captura de esta especie. Debe considerarse seriamente la posibilidad de establecer un periodo de veda adicional en esta zona: marzo y abril.

- El segundo problema es el movimiento de flotas del área de Campeche a esta zona. Ya que ésta es muy pequeña, esta situación podría causar fácilmente una sobrexplotación si no es controlada. Las vedas, tal como se han establecido hasta ahora en esta zona, son una manera indirecta de controlar ese movimiento de flotas.

De acuerdo con las actuales condiciones y sitios de pesca explotados, los rendimientos de camarón rojo y de roca deberán permanecer estables o probablemente presentarán tendencias a la baja (especialmente la primera especie), en caso de aumentar el esfuerzo pesquero, tal y como parecen sugerir los registros de la captura por unidad de esfuerzo.

En lo referente al esfuerzo pesquero, el esquema de vedas deberá ser seguido por una regulación de éste a niveles que permitan el aprovechamiento sostenido. Este no deberá aumentar respecto a los niveles actuales en ninguna de la pesquerías.

Los problemas económicos de la flota en la Sonda de Campeche son reflejo tanto de la mala condición de las poblaciones de camarón como del sobre-dimensionamiento de la flota. La tendencia a la disminución de las capturas en esa región no afecta solamente a su área inmediata de operación. El movimiento de la flota en busca de recurso aumenta la presión sobre las zonas de Tamaulipas y Contoy que están cercanas a la estabilización en su nivel máximo de captura (Castro *et al.*, 1995; Schultz *et al.*, 1997).

Para evitar que en esas dos zonas se repita en escala local la situación de exceso de número de barcos que se da para el Golfo de México en general, la regulación del esfuerzo pesquero se debe dar en el corto plazo.

El cumplimiento de las medidas administrativas y de estrategias de manejo complementadas con el uso de los artes de pesca autorizadas, dará como resultado un buen nivel en la producción del camarón, sin poner en riesgo sus poblaciones

Un número excesivo de embarcaciones es contraproducente para la pesquería en general, por dos motivos. El primero es por la mortalidad por pesca que implica que puede afectar la capacidad de producción del recurso a largo plazo. En segundo lugar la rentabilidad agregada de la flota tiende a disiparse como en una pesquería clásica de acceso abierto.

La sobrecapitalización (el nivel excesivo de inversión en infraestructura) es, desde hace tiempo un problema de varias pesquerías en México, de manera notable en la del camarón. Las tendencias en la captura y el número de barcos muestran esto claramente. El número de barcos en el Golfo de México siguió creciendo hasta mediados de los años setenta, a pesar de que la captura se había estabilizado desde el inicio de esa década.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Existen amplias posibilidades de colaboración entre el sector académico, el productivo y el Instituto Nacional de la Pesca. El Instituto lleva a cabo monitoreos continuos de las poblaciones explotadas. Ese monitoreo debe ser extenso en área (incluyendo lagunas costeras, zona costera y altamar de la mayor parte del litoral nacional) y frecuente, lo que dificulta en extremo tener una cobertura total de los eventos importantes del

ciclo de vida de las especies explotadas. La colaboración de otras instituciones para extender el alcance temporal y espacial de esos monitoreos, en particular en áreas donde se presentan etapas tempranas del ciclo de vida de los camarones explotados es un campo de grandes potencialidades.

La biología del camarón presenta todavía amplio campo de investigación por desarrollar en las áreas de la biología reproductiva y los mecanismos de reclutamiento. En particular, el efecto sobre el reclutamiento de factores ambientales como patrones de circulación oceánica ,"nortes", las precipitaciones pluviales, las surgencias y otros (Gracia, 1991; Rogers *et al.*, 1993) son un campo apenas explorado, donde la participación de oceanógrafos físicos es indispensable.

Las nuevas metodologías cuantitativas de estudio del reclutamiento de especies con altas variaciones interanuales (Getz y Swartzman, 1981; Ludwig y Walters, 1981; Sissenwine y Shepherd, 1987; Garcia, 1996) son todavía un camino por recorrer.

También es necesaria la participación de los sectores académico y productivo en estudios sobre las condiciones sociales y económicas de la pesquería que permitan obtener el mejor aprovechamiento del recurso en esos aspectos. Falta, por ejemplo, examinar en detalle el efecto económico (y las causas y efectos sociales) de la diferencia en velocidad de crecimiento entre la pesca industrial y artesanal y los efectos económicos de la organización de ésta última. Este es un amplio campo para la investigación de economistas y sociólogos.

La investigación aplicada y multidisciplinaria es necesaria para la correcta administración de la pesquería. La investigación en estos aspectos, lejos de tener solo relevancia teórica, es muy necesaria y de aplicación inmediata a la administración del recurso. En este punto se requiere de la colaboración de las instituciones locales y nacionales de investigación. El acercamiento entre el INP y esas instituciones sería altamente deseable para establecer un plan regional de investigación y aprovechar plenamente los recursos materiales y humanos disponibles.

En el Golfo de México y el Caribe se explotan varias especies de camarón, con diferentes periodos de reclutamiento, grados de explotación y situaciones diversas de las flotas locales. Sin embargo, la administración de las pesquerías de camarón del Golfo y el Caribe debe considerarse como conjunta. Incluso la aplicación de medidas de alcance local, como las vedas regionales, tienen repercusiones en el litoral en su conjunto.

El esquema global de administración debe incluir un balance entre los criterios de maximización de la ganancia económica al corto plazo, la distribución de la misma y los objetivos de conservación del recurso para las generaciones futuras.

El encontrar ese balance es un objetivo que requiere de la participación de todos los sectores, tanto en los aspectos de investigación como en los de aplicación de las medidas administrativas.

REFERENCIAS

Aguilar, F., M. Sandoval, L. Gómez, J. González, B. Delgado & V. Sosa. 1996. Impacto de una veda en la pesquería de camarón de la zona de Contoy, Quintana Roó, México. Mem. II Simposium sobre investigación en Biología y Oceanografía pesquera en México. La Paz, B.C.S. 25 al 27 de septiembre de 1996.

Alarcón, T. 1989. Tasas de crecimiento estacional de camarón rosado (*Penaeus duorarum* Burkenroad, 1939) del Banco de Campeche. CRIP Lerma. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Anónimo. 1975. Primer informe de camarón del Banco de Campeche. Convenio Mexicano-Cubano de Cooperación Científico-Técnica. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Anónimo. 1995. Documento técnico de soporte para la definición de las temporadas de veda de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Araneda, G. 1990. Utilización de *Leucaena leucocephala* en dietas balanceadas para camarones peneidos. Inv. Mar. CICIMAR 5 (1): 39-46.

Arreguín-Sánchez, F. 1981a. Estudio sobre la tasa de crecimiento del camarón rojo (*Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817) de las costas de Quintana Roó, México. Ciencia Pesquera 1 (1): 61-70.

Arreguín-Sánchez, F. 1981b. Diagnosis de la pesquería de camarón rojo (*Penaeus brasiliensis* Latreille, 1817) de Contoy, Q. Roó, México. An. Esc. Nal. Cienc. Biol. 25: 39-77.

Arreguín-Sánchez, F. 1981c. Diagnosis de la pesquería de camarón de roca (*Sicyonia brevirostris* Stimpson, 1817) de Contoy, Q. Roó, México. Ciencia Pesquera 1 (2): 1-85.

Bax, N. J. 1994. Estimation of natural mortality in ecological models. *En*: Hancock. D.A. (Ed). Population Dynamics for Fisheries Management. Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings. Perth, Australia.

Baxter, K. 1962. Abundance of postlarval shrimp-One index of future shrimping success. Contribution No. 172. Bureau of Commercial Fisheries Biological Laboratory, Galveston, Texas.

Caddy, J. F. & Mahon, R. 1995. Reference Points for Fisheries Management. FAO Fish. Tech. Pap. 347.

Castro, R. G. & R. Santiago. 1976. Veda experimental de camarón en las costas de Tamaulipas en 1974. Mem. del Simposio sobre la biología y dinámica poblacional del camarón. S.I.C. Pesca. Guaymas, Sonora, México. pp: 393-426.

Castro, R. G. 1982. Análisis biológico pesquero del camarón café *Penaeus aztecus* en las Costas de Tamaulipas, México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro, R. G., F. Arreguín-Sánchez & E. Chávez. 1986. Análisis regional del recurso camarón en aguas del NO de México (Tamaulipas y Veracruz, México). CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Castro, R. G. & F. Arreguín-Sánchez. 1991. Evaluación de la pesquería de camarón café *Penaeus aztecus* del litoral mexicano del noroeste del Golfo de México. Ciencias Marinas 4:147-159.

Castro, R. G. & F. Arreguín-Sánchez. 1997. Mortality and stock assessment of the brown shrimp, *Penaeus aztecus* (Crustacea: Penaeidae), in the northwest Gulf of Mexico. Rev. Biol. Trop. 45 (3) 1075-1083.

Castro, R. G., M. Medellín, E. Rosas & A. González. 1995. Impacto de la veda de camarón en el NE de México. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Cinta, R. 1985. Dimensión actual de la pesca en México. *En*: Desarrollo Pesquero Mexicano. SEPESCA. México.

Condrey, C. & D. Fuller. 1992. The U.S. Gulf Shrimp Fishery. *En:* Glantz, M. H. (ed) . Climate variability, climate change and fisheries. Cambridge University Press. Cambridge, U.K.

Cook, H. L. & M. J. Lindner. 1965. Synopsis of biological data on the brown shrimp *Penaeus aztecus* Ives, 1891. FAO Fish. Synop. 102: 1471-1497.

Chávez, E. A. 1973. A study on the growth rate of brown shrimp (*Penaeus aztecus aztecus* Ives, 1891) from the coast of Veracruz and Tamaulipas, Mexico. Gulf Res. Rep. 4 (2): 278-300.

Cheng, Y. C. 1984. The prawn (*Penaeus orientalis* Kishinouye) in Pohai sea and their fishery. *En:* Gulland, J. & B. Rostchild. (eds). Penaeid shrimp, their biology and management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

DeLancey, L. B., J. E. Jenkins & J. Whitaker. 1994. Results of long-term, seasonal sampling for *Penaeus* postlarvae at Breach Inlet, South Carolina. Fish. Bull. 3: 633-640.

Departamento de Pesca. 1979-1982. Anuarios Estadísticos de Pesca.

Deriso, R. B. 1980. Harvesting strategies and parameter estimation for an age-structured model. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 268-286.

Dwipongo, A., T. Hariati, S. Banon, M. L. Palomares & D. Pauly. 1986. Growth, mortality and recruitment of commercially important fishes and penaeid shrimps in Indonesian waters. ICLARM. Manila.

FAO. 1972. Reunión de consulta de la FAO sobre las existencias de camarones en el Caribe y regiones adyacentes. La Habana, Cuba, junio 13-17, 1972. FAO Fish Rep. 124: 1-61.

FAO. 1978. Informe de la reunión conjunta de la COPACO. Grupo de Trabajo sobre la Evaluación de los Recursos Pesqueros y Grupo de trabajo sobre la Evaluación de los Recursos Camaroneros y Bogabante. Cartagena, Colombia, noviembre 18-23, 1977. Inf. Pesca 211: 1-107.

Fuentes, D., R. Castro, L. Schultz, R. Portugal & M. Oropeza. 1976. Pesquería de camarón de altamar en el Golfo de México. Mem. del Simposio sobre biología y dinámica poblacional de camarones. Guaymas Son. pp: 186-211.

García-Gómez, M. 1976. Fecundidad del camarón café *Penaeus californiensis* y camarón azul *P. stylirostris*, de Puerto Peñasco y Guaymas, Son. Mem. del Simposio sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones. Guaymas, Son. pp:131-139.

García, S. & L. Le Reste. 1981. Cycles vitaux, dynamique, exploitation et amenagement des stocks de crevettes penaeides côtiéres. FAO Doc. Tech. Pêches. 203: 1-210.

García, S. 1985. Reproduction, stock assessment models and population parameters in exploited penaeid shrimp populations. *En*: Rothlisberg P.C., B.J. & Hill D.J. Staples. (eds). Second Australian Prawn Seminar. Cleveland Australia. pp: 139-158.

García, S. 1996. Stock-recruitment relationships and the precautory approach to management of tropical shrimp fisheries. Mar. Freshwater Res. 47: 43-58.

Getz, W. & G. L. Swartzman. 1981. A probability transition matrix model for yield estimation in fisheries with highly variable recruitment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 847-855.

González, J. E., R. G. Castro, C. González, L. D. Zuñiga & V. A. Ramírez. 1997. Estudio para utilización de la "charanga" para captura de camarón en el NE de México. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Gracia, A. 1996. White shrimp (*Penaeus setiferus*) recruitment overfishing. Mar. Freshwater Res. 47:59-65.

Gracia G., A., A. R. Vázquez-Bader, F. Arreguín-Sánchez, L.E. Schultz-Ruiz & J.A. Sánchez. 1997. Ecología de camarones peneidos del Golfo de México. *En*: Flores-Hernández, D., P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo & F. Arreguín-Sánchez. (eds). Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX, Serie Científica 7:127-144.

Gracia, G. A. 1989. Ecología y pesquería del camarón blanco *Penaeus setiferus* (Linnaeus 1767) en la Laguna de Términos-Sonda de Campeche. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Univ. Na. Autón. de Méx.

Gracia, G. A. 1991. Spawning stock recruitment relationships of white shrimp in the southwestern Gulf of Mexico. Trans. Am. Fish. Soc. 120: 519-527.

Gracia, A. & L.A. Soto, 1990. Populations study of the Penaeid shrimp of Terminos Lagoon. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 17(2):241-255.

Grant W. E., E.K. Pedersen & S. A. Marín. 1997. Ecology and Natural Resource Management, System Analysis and Simulation. John Wiley & Sons, Nueva York.

Guitart, B. & A. Hondares. 1980. Crustáceos. Rev. Cubana Inv. Pesq. 5 (3):1-21.

Gulland, J. 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de Poblaciones de Peces. Ed. Acribia. España.

Guzmán, V. 1987. Dinámica poblacional del camarón rosado (*Penaeus duorarum duorarum*, Burkenroad 1939) del Banco de Campeche, durante tres temporadas de pesca, 1975-1977. Tesis profesional. Facultad de Biología. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

Haywood, M.D.E. & D.J. Staples 1993. Field estimates of growth and mortality of juvenile banana prawns (*Penaeus merguiensis*). Mar. Biol. 116: 407-416.

Hilborn, R. & C. Walters 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York.

INP. 1998. Fundamento Técnico para el Establecimiento de Vedas en el Golfo de México en 1998. Informe Técnico. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

INP. 1999. Fundamento Técnico para el Establecimiento de Vedas en el Golfo de México en 1999. Informe Técnico. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Iversen, S., D. M. Allen & J. B. Higman. 1993. Shrimp capture and culture fisheries in the United States. Blackwell Scientific. Oxford.

Jayakody, D. S. & H. H. Costa. 1988. Population dynamics of indian shrimp (*Penaeus indicus*) on the west coast of Sri Lanka. Asian Fish. Sci. 1: 135-146.

Klima E.F., K.N. Baxter & F.J. Patella Jr. 1982. A review of the offshore shrimp fishery and the 1981 Texas closure. Mar. Fish. Rev. 44(9-10):16-30.

Lhomme, F. & S. Garcia. 1984. Biologie et exploitation de la crevette penaide au Sénegal. *En:* Gulland, J. & B. Rostchild. (eds). Penaeid Shrimp: Their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

Lindner, M. J. 1938. The cooperative shrimp investigations. *En:* Thirteenth Biennial Report of the Lousianna Department of Conservation.1936-1937. Lousianna Department of Conservation. pp: 447-449.

Lindner, M. T. & H. T. Cook. 1970. Synopsis of biological data on the white shrimp *Penaeus setiferus* (Linnaeus, 1767). FAO Fish Rep. 57: 1439-1469.

Loneragan, N.R., R.A. Kenyon, M.D.E. Haywood & D. J. Staples. 1994. Population dynamics of juvenile tiger prawns (*Penaeus esculentus* and *P. semisulcatus*) in seagrass habitats of the western Gulf of Carpenteria, Australia. Mar. Biol. 119: 133-143.

Ludwig, D. & C. Walters. 1981. Measurement errors and uncertainty in parameter estimates for stock and recruitment. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38: 704-710.

Martínez-Córdova, L.R. 1993 Camaronicultura. AGT Editor. México.

Mathews, G. P. & M. Al-Hosseini. 1984. Mortality, growth and the management of Kuwait shrimp fishery. Revised Proceedings of the Shrimp Fisheries Management Workshop. KISR. Safat, Kuwait.

Mathews, G. P., M. Al-Hosseini, A. R. Abdul-Gaffar & M. Al-Shoushani. 1984. Assessment of short-lived stocks with special reference to Kuwait's shrimp fisheries: a contrast of the results obtained from traditional and recent size-based techniques. *En*: Pauly D. & G. R. Morgan. (eds). Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13. Manila, Phillipines.

Mead, R., R. Curnow & A.M. Hasted. 1993. Statistical methods in agriculture and experimental biology. Chapman & Hall. London.

Merino, M. 1992. Afloramiento de la plataforma de Yucatán: estructura y fertilización. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México.

Nader, J. A. 1989. Análisis biológico pesquero del camarón café (*Penaeus aztecus* Ives, 1891), de altamar en el noreste del Golfo de México. Tesis de Licenciatura. Universidad de Nuevo León, Monterrey, N.L.

Nance, J. E. A. Martínez & E.F. Klima. 1994. Feasibility of improving the economic return from the Gulf of Mexico brown shrimp fishery. North American Journal of Fisheries Management 14:522-536.

Navarrete, A., H. Garduño y A. Gracia. 1994. La pesquería de camarón en alta mar, Golfo de México y Caribe Mexicano. XXX Aniversario del INP. Series Pesquerías Relevantes: Crustáceos. INP. México.

Neal, R. A. 1971. Experimentación en cultivo. *En:* FAO. Informe del Centro Regional Latinoamericano de Capacitación en Métodos de Investigación de la Biología Pesquera del Camarón y Evaluación de Recursos Camaroneros. Rep. FAO/UNDP (TA). No. TA 3005: Vol. II 274 p.

Nichols, S. 1982. Impacts on Shrimp yields of th 1981 Fishery Conservation Zone Closure off Texas. Mar. Fish. Rev. 44(9-10):31-37.

Núñez, M. G. & A. T. Wakida. 1997. Pesca de fomento del camarón siete barbas, *Xiphopenaeus kroyeri*, en Campeche y Tabasco, 1994-1997. CRIP Ciudad del Carmen. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ocean Garden Products. 1996. Boletín sobre el comportamiento del mercado del camarón. Enero-marzo. Ocean Garden Products Inc. La Jolla, California.

Palomino, O. I., R. G. Castro, R. Fernández & A. Rangel. 1996. Composición estacional de la fauna de acompañamiento del camarón en el noroeste del Golfo de México. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Pauly, D. 1984a. A methodology for studying the recruitment into Kuwait's shrimp stocks. Proceedings of the 1984 Shrimp and Finfish Management Workshop . KISR. Safat, Kuwait.

Pauly, D. 1984b. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contribution No. 143. Manila, Phillipines.

Pauly, D. 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. *En*: Pauly D. & G. R. Morgan. (eds). Length-based methods in fisheries research. ICLARM Conf. Proc. 13. Manila, Phillipines.

Pauly, D., J. Ingles & R. Neal. 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment related parameters from length frequency data (ELEFAN I and II). *En:* Gulland, J. & B. Rostchild. (eds). Penaeid shrimp: Their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

Poffenberger, J. R. 1984 An economic perspective of problems in the management of penaeid shrimp fisheries. *En*: Gulland, J. & B. Rostchild. (eds). Penaeid Shrimp. Their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

Poli, C. R. & J. A. Calderón-Pérez 1987. Efecto de los cambios hidrológicos en la boca del Río Baluarte sobre la inmigración de *Penaeus vannamei* Boone y *P. stylirostris* Stimpson al sistema lagunar Huizache -Caimanero, Sinaloa, México (Crustacea: Decapoda, Penaeidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 14(1):29-44.

Porras, R., F. Aguilar & F. Arreguín-Sánchez. 1994. Fishing grounds of the Contoy shrimp fishery, Mexico. UNAM/INP/EPOMEX/UAC (inédito).

Re-Regis, M. C. 1989. Madurez gonádica del camarón rosado *Penaeus duorarum* en la Sonda de Campeche. CRIP Lerma-Campeche. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Re-Regis, M. C. 1994. Estacionalidad de la reproducción del camarón blanco *Penaeus setiferus* en la Sonda de Campeche. CRIP Lerma-Campeche. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191: 1-382.

Rodríguez de la Cruz, M. C. 1976. Sinopsis biológica de las especies del género *Penaeus* del Pacífico mexicano. Memorias del Simposium sobre biología y dinámica poblacional de camarones. Guaymas, Son., México. pp: 282-316.

Rodríguez de la Cruz, C., F. Márquez, J. I. Fernández, A. Gutiérrez, M. Medellín, F. Aguilar Salazar, A. Navarrete & G. Nuñez. 1995. Estado del arte de la pesquería del camarón en el Golfo de México. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Rogers, D. B., R. F. Shaw, W. H. Herke & R. H. Blancher. 1993. Recruitment of postlarval and juvenile brown shrimp (*Penaeus aztecus* Ives) from offshore to estuarine waters of the northwestern Gulf of Mexico. Estuarine Coastal and Shelf Science 36: 377-394.

Rostchild, B. J. & R. Brunnenmeister. 1984. The dynamics and management of shrimp in the northern Gulf of Mexico. *En*: Gulland, J. & B. Rostchild. (eds). Penaeid shrimp. Their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

Rothschild, B.J., & J.A. Gulland. 1982. Interim Report of the Workshop on the Scientific Basis for the Management of Penaeid Shrimp, Key West, Florida. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-98.

Rotlisberg, P., J.A. Church & A.M.G. Forbes. 1983. Modelling the advection of vertically migrating shrimp larvae. Jour. Mar. Res. 41: 511-538.

Sandoval, M. E. 1996a. Madurez gonadal y patrón reproductivo de hembras del camarón rojo *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) en Contoy, Quintana Roó. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias, UNAM. México.

Sandoval, M. E. 1996b. Resultados de los cruceros de veda para camarón, realizados de agosto a octubre de 1996 en la zona de Contoy, Quintana Roó. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Santos, J. & J. A. Uribe. 1997. Composición y abundancia de camarón rosado en aguas estuarino-costeras de Champotón e Isla Arena, Campeche durante 1994. CRIP Lerma-Campeche, Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Schultz, L. E. & E. A. Chávez. 1976. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del camarón blanco (*Penaeus setiferus*) del Golfo de Campeche México. Mem. del simposium sobre biología y dinámica poblacional de camarones. Guaymas, Son., México. pp: 58-72.

Schultz, L. E., I. Hernández, J. Villegas & C. Severino. 1997a. Estado de salud de la pesquería de camarón del litoral veracruzano. CRIP Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Schultz, L. E., I. Hernández, J. Villegas & C. Severino, 1997b. Análisis de las temporadas de veda 1993, 1994, 1995 y 1996 establecidas para camarón en el estado de Veracruz. CRIP-Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Secretaría de Pesca. 1982-1993. Anuarios Estadísticos de Pesca. México.

Secretaría de Pesca. 1994. Normas Oficiales Mexicanas del Sector Pesca. SEPESCA, México.

Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 1994-1998. Anuarios Estadísticos de Pesca.

Sissenwine, M. P. & J. G. Shepherd. 1987. An alternative perspective on recruitment overfishing and biological reference points. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 913-918.

Smith, M. K. 1984. Some ecological determinants of the growth and survival of juvenile penaeid shrimp, *Penaeus setiferus* (Linnaeus), in Terminos Lagoon, Campeche Mexico, with special attention to the role of population density. Ph.D. Thesis. Dept. Zool. University of California. Berkeley.

Smith, M. K. 1986. Investigación de pesquerías clandestinas y de las zonas y épocas de reproducción del camarón blanco en la zona de Ciudad del Carmen. CRIP Lerma-Campeche. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Smith, M. K. 1988. Grado de conocimiento del recurso camarón del Golfo de México. *En*: SEPESCA. (ed). Los recursos pesqueros del país. SEPESCA-INP, México. pp: 399-419.

Somers, I. F. 1985. Maximizing value per recruit in the fishery for banana prawn, *Penaeus merguiensis*, in the Gulf of Carpenteira. *En:* Rothlisberg P.C., B.J. Hill & D.J. Staples. (eds). Second Australian Prawn Seminar. Cleveland Australia. pp:185-191.

Somers, I. F. & Y. G. Wang. 1997. A simulation model for evaluating seasonal closures in Australia´s multispecies northern prawn fishery. N. Am. J. Fish. Manag. 17: 114-130.

Soto, F. 1992. Pesquerías de camarón. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Soto, F. 1994. Fundamentos para una proposición de veda. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Soto, F., B. Delgado & V. Sosa. 1991. Diagnóstico de la pesquería del recurso camarón en el estado de Quintana Roó. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Soto, L., M. C. Rodríguez de la Cruz, R. Rodríguez, A. Gracia, F. Soto, F. Arreguín-Sánchez & E. Chávez. 1982. Análisis del conocimiento científico-tecnológico nacional de las pesquerías de camarón en el Golfo de México. Reunión Nacional sobre la investigación científico-pesquera. Cocoyoc, Mor. México.

Sparre, P. & S. C. Venema. 1995 Introduction to tropical fish stock assesment. Part 1. Manual FAO Fish. Tech. Pap. 306.1 Rev.1.

Uribe, J. A. 1994. Determinación de inicio y duración de temporada de pesca de camarón rosado en la Sonda de Campeche. CRIP Lerma-Campeche. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Uribe, J. A., F. Arreguín-Sánchez & A. Navarrete. 1996. Simulación de escenarios de veda para la pesquería de camarón rosado *Penaeus duorarum* de la Sonda de Campeche. Taller Internacional. Evaluación de Pesquerías de Crustáceos Tropicales. University of Miami (RSMAS)-Universidad Autónoma de Campeche (Programa EPOMEX), Campeche, Campeche, México (inédito).

Viosca Jr., P. 1958. Shrimp studies. *En:* Seventh Biennial Report of the Lousianna Wildlife and Fisheries Comission.1956-1957. New Orleans. Lousianna Wildlife and Fisheries Comission. pp: 135-142.

von Zalinge, N. P. 1984. The shrimp fisheries in the gulf, between Iran and the Arabian Peninsula. *En:* Gulland, J. & B. Rostchild. (eds.). Penaeid shrimp: their Biology and Management. Fishing News Books. Farnham, U.K.

Wadsworth, P. 1974. Estructura económica de la industria camaronera del Golfo de México. Programa de Investigación y Fomento Pesquero. México/PNUD/FAO Contribuciones al estudio de las pesquerías de México. CEPM 6.

Wakida, A. T. 1996. Modelación del esfuerzo pesquero de la flota camaronera de Ciudad del Carmen, Campeche, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. México.

Watson, R. A. & V. R. Restrepo. 1995. Evaluating closed season options with simulation for a tropical shrimp fishery. ICES Marine Symposium 199: 391-398.

Wilman, R. & S.M. Garcia. 1985. A bioeconomic model for the analysis of sequential artisanal and industrial fisheries for tropical shrimp (with a case study of Suriname shrimp fisheries). FAO Fish. Tech. Pap. 270: 1-49.

Yáñez-Arancibia, A., P. Sánchez Gil, G. Villalobos & R. Rodríguez-Capetillo. 1985. Distribución y abundancia de las especies dominantes en las poblaciones de peces demersales en la plataforma continental mexicana del Golfo de México. *En*: Recursos Pesqueros Potenciales de México: la Fauna Acompañante del Camarón. PUAL-UNAM- SEPESCA. México. pp: 315-397.

cazón
limón
limón
cornuda
martillo
Tiburón
Tiburón
jaquetón
jaquetón
cornuda
cazón
cazón
azul
toro
toro
toro
martillo
tiburón
tiburón
chato

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE TIBURÓN EN EL GOLFO DE MÉXICO

ESPECIES: Cazón de ley (*Rhizoprionodon terraenovae*), cornuda (*Sphyrna lewini*), cazón cabeza de pala (*S. tiburo*), tiburón puntas negras (*Carcharhinus limbatus*), tiburón chato (*C. leucas*), cazón canguay (*C. acronotus*) y tiburón poroso (*C. porosus).*

- Pesquería artesanal multiespecífica.
- Probable circuito migratorio norte-sur, influenciado por las fluctuaciones estacionales de temperatura, ocasionando que las máximas capturas se presenten durante el invierno.
- La mayor parte de las capturas artesanales está compuesta por organismos inmaduros.
- El aprovechamiento exclusivo de aletas de tiburón está prohibido.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 8,024 t, el 39% con respecto al máximo histórico (1984).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Demográfico dinámico y de rendimiento por recluta.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible.

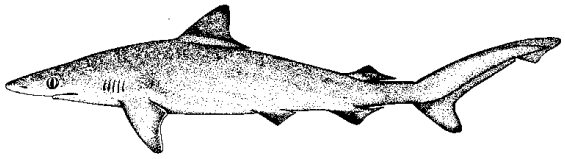
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo por número de permisos.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- No incrementar el esfuerzo pesquero y disminuir la captura de individuos menores a la talla de primera madurez.

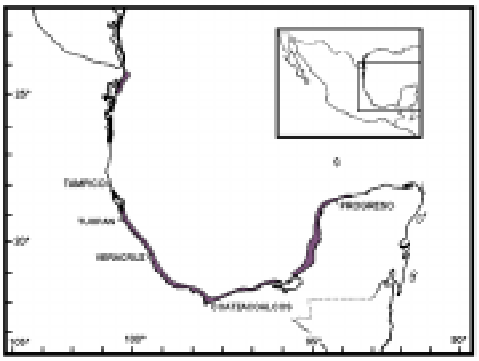
TIBURONES DEL GOLFO DE MÉXICO



Rhizoprionodon terraenovae
Carcharhinus spp.
Sphyrna spp.
Mustelus spp.
Squalus spp.
Squatina dumerili

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La pesca de tiburones en aguas mexicanas constituye principalmente una pesquería artesanal multi-específica que opera de acuerdo a las abundancias estacionales de un número importante de especies. Esta pesquería representa en el país valiosas fuentes de alimento y empleo para las comunidades ribereñas de ambos litorales. En 1999 la producción de tiburón y cazón fue de 26,164 t (peso vivo), lo que representó el 2.03% de la producción pesquera nacional, ubicándose esta pesquería como la 9ª a nivel nacional en capturas (SEMARNAP, 2000), con un consumo *per capita* estimado de 0.23 kg.

El valor de la producción de 1999 (producción de peso desembarcado 22,445 t) fue de $224'991,000.00 M.N., lo cual representó el 2.02% del valor total de la producción pesquera nacional, ocupando el 6º lugar a nivel nacional en cuanto al valor de la producción (SEMARNAP, 2000).

Los principales estados productores de tiburón en la región del Golfo de México son Veracruz y Tamaulipas (SEMARNAP, 2000).

En 1997 México ocupó el sexto lugar a nivel mundial como productor de tiburón de acuerdo con los registros del Anuario Estadístico de Pesca de FAO

Los tiburones de importancia comercial que se capturan en aguas del Golfo de México pertenecen en su gran mayoría al orden Carcharhiniforme (Compagno, 1984), siendo las familias más importantes: Carcharhinidae (tiburones grises), Sphyrnidae (tiburones martillo), y Triakidae (tiburones mamones).

Los tiburones grises y martillos son especies de aguas tropicales de hábitos costeros y pelágico-costeros, por lo que son capturados principalmente por embarcaciones menores tipo lancha o "panga". En el Golfo de México la captura ribereña de tiburones está sostenida por la captura estacional de alrededor de 10 especies (Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1996; Castillo *et al.*, 1998) (Tabla 1).

Tabla 1. Lista de las principales especies de tiburones capturadas por la flota artesanal tiburonera en las aguas costeras del Golfo de México. El orden de las especies es de acuerdo a su abundancia relativa en número de organismos registrados en 1994 (Rodríguez de la Cruz *et al*., 1996).

Nombre científico	Nombres comunes
1. *Rhizoprionodon terraenovae*	Cazón de ley, caña hueca.
2. *Sphyrna tiburo*	Cazón cabeza de pala, pech.
3. *Carcharhinus limbatus*	Tiburón puntas negras, jaquetón.
4. *Carcharhinus acronotus*	Cazón canguay, amarillo, limón.
5. *Sphyrna lewini*	Tiburón martillo, cornuda.
6. *Carcharhinus leucas*	Tiburón chato, toro, xmoa.
7. *Carcharhinus falciformis*	Tiburón sedoso, jaquetón, puntas negras.
8. *Squalus cubensis*	Cazón espinoso.
9. *Carcharhinus porosus*	Tiburón poroso, cuero duro.
10. *Carcharhinus brevipinna*	Tiburón curro, puntas negras, picudo.
11. *Sphyrna mokarran*	Cornuda grande, cornuda gigante.
12. *Carcharhinus signatus*	Tiburón nocturno, ojo verde.
13. *Carcharhinus plumbeus*	Tiburón aleta de cartón, aletón.
14. *Squatina dumerili*	Tiburón ángel, angelote.
15. *Carcharhinus obscurus*	Tiburón prieto, negro, tabasqueño.

La principal especie de tiburón que se captura en el Golfo de México es el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, que es una especie de talla pequeña.

La pesquería del Golfo de México inició a finales de los años 30's. Su producción mostró un comportamiento histórico similar al observado en el Pacífico; sin embargo, hasta 1972 las capturas comenzaron a incrementarse de forma significativa, principalmente por el impulso que recibió a través de las políticas de diversificación de la pesca a nivel nacional (Fig. 1).

Actualmente la pesquería artesanal de tiburón y cazón forma parte importante en la economía pesquera regional del Golfo de México

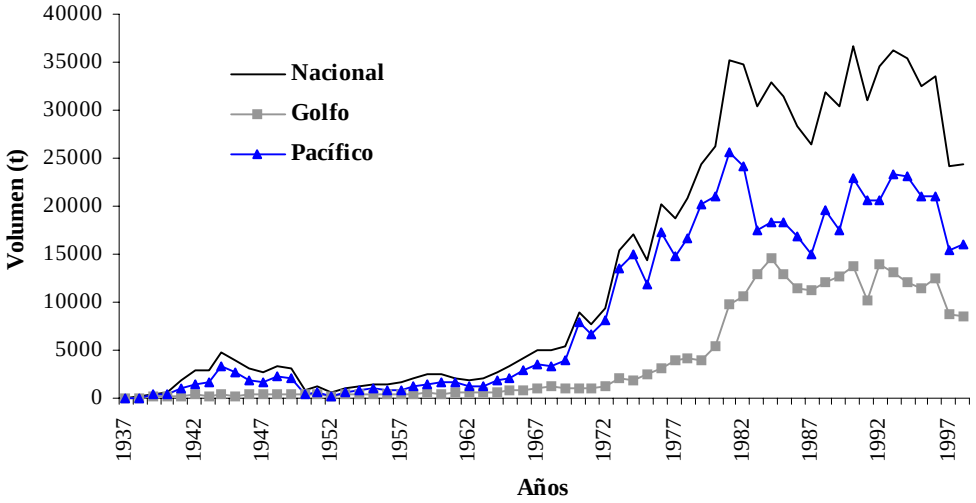


Fig. 1. Producción histórica de tiburón en México y por litorales del periodo 1937-1996. Fuentes: Hernández (1971), SECOFI, SEPESCA y SEMARNAP (1976-1999).

Biología

Entre los aspectos biológicos más importantes de estos tiburones destacan:

- Tamaño de adultos relativamente grande, con un rango de tallas máximas de 1 - 4 m de longitud total.
- Dimorfismo sexual en talla y peso (las hembras son más grandes en talla y peso que los machos), con pesos enteros máximos entre los 5 y 200 kg.
- Tasas de crecimiento muy lentas.
- Madurez sexual tardía, las especies pequeñas maduran entre los 3 y 4 años, mientras que las especies grandes no maduran antes de los 10 años.
- Reproducción ovípara y vivípara, dependiendo de la especie; el número de crías es de 2-10 en promedio.
- Los tiburones de las familias Carcharhinidae (tiburones grises) y Sphyrnidae (tiburones martillos) presentan ciclos reproductivos prolongados de uno a dos años de duración, con periodos de gestación, alumbramiento y apareamiento bien definidos a través del año, principalmente durante primavera y verano, en bahías y lagunas costeras.
- Dispersión y migración extensa (numerosas especies se segregan por sexo y talla), observándose durante los meses de invierno migración horizontal transfronteriza (E.U., México y hacia otras regiones como Centroamérica y Cuba), asociada a cambios estacionales de temperatura y a factores como alimentación y reproducción.
- Longevidad prolongada, estimándose que para las especies pequeñas es de alrededor de 10 años y para las especies grandes entre los 35 y los 50 años (Castro 1983, 1987 y 1993).

Captura y esfuerzo

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

Los pescadores artesanales emplean en su actividad pangas de fibra de vidrio, de entre 6 y 10 metros de eslora, con motores fuera de borda. La pesca la realizan por lo general en la zona costera, entre las 10 y las 50 brazas de profundidad, aunque algunos grupos tienen como zonas de pesca lagunas costeras.

La captura se efectúa mediante redes de las que existen una gran variedad como escameras, tiburoneras, cazoneras, sierreras, tendales, etc., lo que implica el uso de diferentes tamaños de luz de malla; de igual manera se utilizan líneas y anzuelos.

La duración promedio de los viajes de pesca es de 24 horas. Se presenta una clara temporalidad en la captura, aunque también las condiciones climáticas adversas limitan la captura, generalmente durante la época de huracanes y de nortes.

Existe una amplia variedad de redes, con diferentes aperturas de malla, con las que se realiza la captura de tiburones. Entre estas se encuentran las tiburoneras, escameras y tendales. Asimismo se emplean líneas y anzuelos, dando como resultado una composición de captura multiespecífica durante las actividades de pesca de tiburones

De la pesca ribereña provienen los mayores volúmenes de pesca de tiburones

En la región del Golfo también opera un grupo de embarcaciones denominadas de "mediana altura" que son de pesca múltiple y capturan importantes volúmenes de tiburones. Estas embarcaciones poseen esloras de más de 10 m, están hechas de metal y madera, con motores estacionarios que les brindan una autonomía de 4 a 15 días y operan principalmente en los puertos de Veracruz, Campeche y Yucatán.

Como consecuencia del uso de diferentes artes y zonas de pesca, la composición de la captura, además de ser multiespecífica, abarca una gran variedad de tallas y estadios de desarrollo, desde organismos recién nacidos, juveniles, adultos, hasta hembras con crías a punto de nacer.

Se considera que al menos el 50% de las capturas de tiburones en el Golfo de México corresponde a organismos inmaduros (Rodríguez de la Cruz *et al.,* 1996).

▼ *Tendencias históricas*

Para 1992 se tenía un registro total de 1,216 permisos para la pesca comercial de tiburones en ambos litorales. El 42.9% correspondió a embarcaciones que operaban en el Golfo de México y Caribe Mexicano y de estos el 81% fue para embarcaciones menores (Tabla 2).

Tabla 2. Resumen de permisos de tiburón para embarcaciones mayores y menores otorgados en las Delegaciones Federales de Pesca durante 1992 en el Golfo de México.

Entidad	Total			Empresas			Cooperativas			Particulares			Uniones		
	May[1]	Men[2]	Lan[3]	May	Men	Lan	May	Men	Lan	May	Men	Lan	May	Men	Lan
Total Nal.	237	979	8,503	48	19	98	95	165	4,781	94	693	2,824		102	467
Golfo de México	99	423	3,665	9	7	8	33	68	2,009	57	316	1,315		32	333
Tamaulipas	11	82	1,515	2			6	23	1,252	3	58	251		1	12
Veracruz	19	108	644	3			2	6	96	14	86	311		16	237
Tabasco	11	119	389				5	19	118	6	92	255		8	16
Campeche	7	42	297	1	1	5		1	5	6	34	223		6	64
Yucatán	50	42	434	3	3		20	10	209	27	29	225			
Quintana Roo	1	30	386		3	3		9	329	1	17	50		1	4

May[1]: Permisos para embarcaciones mayores (mayores a 10 t de peso neto bruto).
Men[2]: Permisos para embarcaciones menores (menores a 10 t de peso neto bruto).
Lan[3]: Número de embarcaciones menores utilizadas para la pesca comercial de tiburones.

Fuente: Dir. Gral. Informática y Reg. Pesq. Dir. de Sistemas y Normas/Dir. Gral. Admon. Pesquerías/Subsecretaría de Pesca/SEMARNAP

En México y en numerosos países, se desconoce el número total de embarcaciones menores que participan en la captura de este grupo de especies, por lo que no se cuentan con series históricas de esfuerzo, captura y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) para la pesquería artesanal de tiburones (CITES, 1996).

Históricamente, Veracruz es el estado con mayor producción de tiburones, registrándose una captura de 2,150 t en 1999 (SEMARNAP, 2000)

Tradicionalmente las capturas de tiburones en México se clasifican en dos categorías: "cazón" y "tiburón". La primera se refiere a los organismos menores en talla a 1.5 m y la segunda a los ejemplares que exceden dicho tamaño.

La producción de tiburón y cazón en el Golfo de México durante el periodo 1976-1997 aportó el 34.3% de las capturas totales nacionales. La menor producción se registró en 1976 con 3,029 t y la máxima en 1984 con 14,620 t con un promedio anual de 10,313 t. Los principales estados productores de tiburón y cazón en la región del golfo son Veracruz y Campeche (Fig. 2).

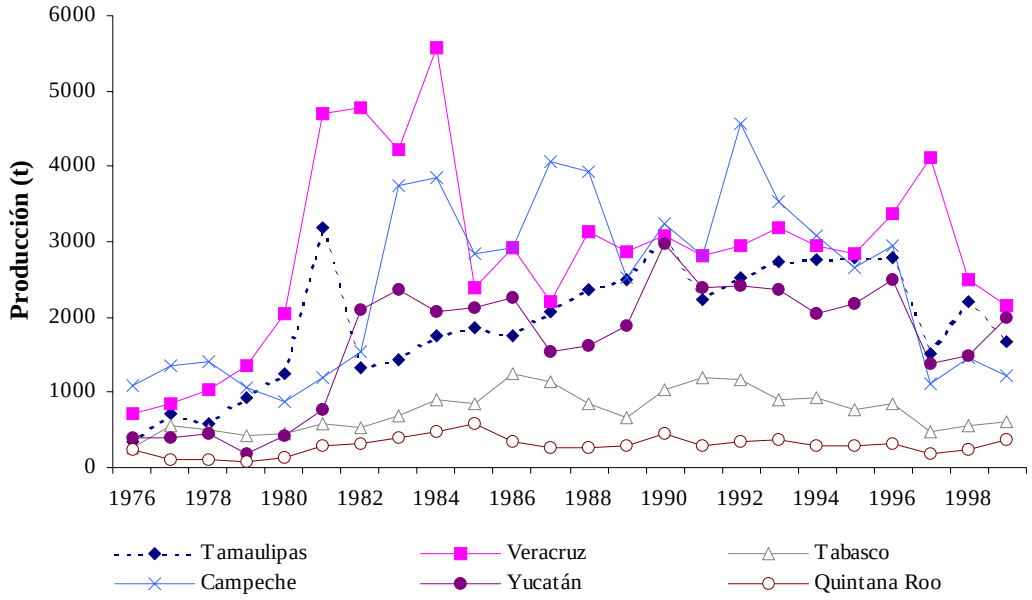


Fig. 2. Producción histórica de tiburón por estados del Golfo de México. Fuentes: Anuarios Estadísticos de SECOFI, PESCA Y SEMARNAP.

▼*Pesca incidental*

Durante el periodo 1976-1999 la menor producción de tiburón y cazón en el Golfo de México se registró en 1976 con 3,029 t y la máxima en 1984 con 14,620 t

Según el Programa Atún-Delfín de la Dirección General de Investigación en Evaluación y Manejo de los Recursos Pesqueros (DGIEMRP) del Instituto Nacional de la Pesca (INP), la captura de tiburón en la temporada 1995, representó el 4.79% de las capturas totales (51,737 organismos), además de atunes, picudos y otros peces afines.

El grupo de tiburones denominado “puntas negras” aportó el 32.43% de estas capturas de tiburón.

Este grupo está formado por las especies *Carcharhinus limbatus*, *C. brevipinna* y *C. falciformis*. El segundo grupo, denominado como “especies no identificadas de tiburones”, obtuvo el 22.47%.

También en la pesca de arrastre de camarón del Golfo México se capturan un número indeterminado de pequeños tiburones de la familia Carcharhinidae.

▼*Interacción con otras pesquerías*

En la pesca de atún aleta amarilla con palangre en el Golfo de México se captura de manera incidental una importante proporción de tiburones

La pesca artesanal de tiburones grandes y pequeños está íntimamente relacionada con la pesca artesanal de escama, ya que ambas se llevan a cabo con las mismas embarcaciones y en muchos casos con las mismas artes de pesca.

Generalmente las únicas diferencias entre ellas es la temporada de pesca y los caladeros. Particularmente en Tamaulipas y Veracruz en los meses de otoño e invierno se observan capturas importantes de tiburones juveniles junto con sierra, peto y otros túnidos (Rodríguez de la Cruz *et al.,* 1996).

También en las capturas de huachinango, pargo y mero con palangre se pescan tiburones de talla pequeña (Bonfil *et al.*, 1990).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Según los Anuarios de Pesca de la SEMARNAP, cerca del 90% de la producción nacional de tiburón y cazón es utilizada como alimento para consumo humano directo en diferentes presentaciones.

Las presentaciones de tiburón para consumo humano directo, de mayor demanda y menor precio son: fresco, congelado y seco-salado

La capacidad instalada para el desarrollo de la pesca ribereña de tiburones es la misma que se emplea para atender las demandas de los diferentes grupos que participan en el aprovechamiento de los principales recursos pesqueros provenientes del Golfo de México.

En la región existen 18 plantas congeladoras, cuatro fábricas de harina de pescado, cinco almacenes para pescado fresco o congelado, 23 fábricas de hielo y 87 plantas mixtas en donde se combinan diferentes procesos como el fileteado y enlatado de diversos productos pesqueros (SEPESCA, 1990).

Por ser una pesquería estacional ribereña con una infraestructura limitada que se extiende por todo el litoral, no se cuenta con un estimado del número total de personas que participan en las diferentes fases de desarrollo de esta actividad.

De la disponibilidad de tiburón y cazón en 1999 (17,609 t) el 70.70% fue comercializado como producto fresco, 22.24% como congelado y 6.65% como seco-salado. El consumo *per capita* de tiburón y cazón en 1999 fue de 0.23 kg, con un precio al mayoreo de $26.26 M.N. y de $30.70 M.N. al menudeo (SEMARNAP, 2000).

El principal punto de acopio y comercialización de tiburón se encuentra en la Ciudad de México, en el mercado llamado “La Nueva Viga” de la Central de Abastos, a donde llega la mayor parte de la producción de todo el país.

▼*Indicadores económicos*

Los principales productos del tiburón que exporta México son las aletas y las pieles. Las aletas son la parte más valiosa del tiburón ya que existe una gran demanda por ellas en el mercado oriental de Hong Kong y Singapur, lo que ha propiciado que los precios internacionales de las aletas alcancen precios muy elevados.

El kilogramo de aleta de tiburón de primera alcanza un precio de hasta 100 dólares en el mercado internacional

El mayor volumen de aletas se exportó en 1987 (190 t) con un valor aproximado de $2’476,000 USD (Tabla 3).

Durante el periodo de 1988-1991, México exportó pieles de tiburón a Estados Unidos, España, Francia, Holanda, Japón y Reino Unido. En 1990 se canalizaron al exterior 294 t con un valor de $10’516,000 USD.

Tabla 3. Volumen y valor de las exportaciones de aletas y pieles de tiburón (toneladas y valor en miles de dólares).

Años	Aletas		Pieles		Tiburón	
	Volumen	Valor	Volumen	Valor	Volumen	Valor
1981					143	
1982**	180	2,965	< 1	471		
1983	168	3,554	27*	757		
1984	174	3,322				
1985	177	2,352				
1986	146	1,263	N.S.	1	18	316
1987	190	2,476	2	29	13	774
1988	138	2,056	1	10	13	360
1989			30*	2,224		
1990			42*	1,451	294	10,516
1991			69*	3,399	244	8,498
1992			61*	2,862		
1993			3*	120		
1994			2*	106		
1995***			13*	121		

*** El volumen de la producción de pieles es de enero-octubre.
** Valor en miles de pesos.
* No se especifica el origen de las pieles (a qué grupo de animales corresponden: tiburones, peces, tortugas, etc.) en los Anuarios Estadísticos de Pesca.
N.S.= No significativo.
Fuente: Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Subsecretaría de Comercio, Dir. Gral. de Política de Comercio Exterior y Anuarios Estadísticos de Pesca, Dir. de Sistemas y Normas, Dir. Gral. de Admon. de Pesquerías, Enero 1996.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En marzo de 1993 se implementó una moratoria en el otorgamiento de nuevos permisos de pesca comercial de tiburón en ambos litorales mexicanos, la cual tiene como objetivo principal no incrementar el esfuerzo pesquero mientras no se establezca un plan de manejo y ordenación para esta pesquería. Esta moratoria ha permitido únicamente la renovación continua de los permisos de pesca de tiburón vigentes hasta 1993, por lo que se considera que el esfuerzo pesquero en el periodo 1993-1997 no ha tenido un incremento significativo.

Por acuerdo del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Pesca Responsable de la SEMARNAP (CCNNPR) se constituyó en 1997 el Grupo de Trabajo Cuatro “Pesquería de Tiburón”, para coadyuvar en la formulación del anteproyecto de Norma Oficial Mexicana que regula el aprovechamiento de tiburón y especies afines. Este Grupo de Trabajo, integrado por personal técnico de varias dependencias, instituciones y empresas, participaron en la formulación del proyecto de NOM-SEMARNAP.

El Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-029-PESC-1999, que regula el aprovechamiento de tiburón y especies afines, en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos, en aguas de altamar y aguas de jurisdicción extranjera, con embarcaciones de bandera mexicana, incide en 50 especies de tiburones y 42 especies de rayas en el Golfo de México y Caribe Mexicano y en 53 especies de tiburones y 46 especies de rayas en el litoral Pacífico.

Las disposiciones del Proyecto de NOM, el cual fue publicado el 2 de enero del 2000 en el Diario Oficial de la Federación para su consulta pública, se dividen en seis secciones. A continuación se enlistan las disposiciones más importantes de cada una de dichas secciones:

I. Disposiciones aplicables a todas las pesquerías en donde se captura tiburón y especies afines de manera dirigida o incidental:

- Todos los ejemplares de tiburón deben ser aprovechados íntegramente.
- Se prohíbe la captura y la retención de ejemplares de las siguientes especies: tiburón ballena, *Rhincodon typus*, tiburón peregrino, *Cetorhinus maximus*, tiburón blanco, *Carcharodon carcharias*, los peces sierra, *Pristis pectinata* y *P. perotteti*, el tiburón sierra, *Pristiophorus schroederi*, y las mantarrayas *Manta birostris*, *Mobula japanica*, *M. munkiana*, *M. thurstoni*, y *M. tarapacana*.
- Se establecerán periodos y zonas de veda para la captura de tiburones y especies afines durante los principales periodos de reproducción, nacimiento y crecimiento.
- En ningún caso se podrá utilizar especies de mamíferos marinos como carnada para la pesca de tiburón y especies afines.

II. Disposiciones aplicables a todas las pesquerías dirigidas al tiburón y especies afines:

- El esfuerzo de pesca no podrá incrementarse en las pesquerías dirigidas a tiburones en todo el país, incluyendo el Golfo de California, con excepción de la pesca de tiburones pelágicos del océano Pacífico.
- Se podrán establecer niveles de esfuerzo permisible por unidad de pesquería y área geográfica, así como captura total permitida o cuotas anuales por unidad de esfuerzo.
- Los permisos de pesca de tiburón y especies afines se darán únicamente por 2 años.

III. Disposiciones aplicables a las pesquerías ribereñas artesanales dirigidas al tiburón y especies afines en el Golfo de México, Mar Caribe Mexicano y océano Pacífico, incluyendo Golfo de California:

- Podrán utilizarse embarcaciones de hasta 10.5 m de eslora con motor fuera de borda.
- Se autorizan como equipos de pesca artesanal: palangres o cimbras, redes de enmalle y arpones de liga. La NOM señala tanto el número de equipos permitidos como las características físicas de cada uno de ellos por región. Se limita el número de equipos de pesca por embarcación en los sistemas lagunarios
- Se establecen cinco zonas de refugio en el Golfo de México en donde en ningún caso podrán utilizarse redes de enmalle con tamaño de malla inferior a 203 mm (ocho pulgadas) independientemente del objetivo de la pesca durante el periodo comprendido del 1° al 30 de junio de cada año.

IV. Disposiciones aplicables a las pesquerías de mediana altura dirigidas al tiburón y especies afines en el Golfo de México y Mar Caribe Mexicano:

- Se autorizan como equipos de pesca de mediana altura: palangres o cimbras y redes de enmalle. La NOM señala tanto el número de equipos permitidos como las características físicas de cada uno de ellos por región.

V. Disposiciones aplicables a las pesquerías de mediana altura dirigidas al tiburón y especies afines en el océano Pacífico incluyendo el Golfo de California.

- Se autorizan como equipos de pesca de mediana altura: palangres o cimbras y redes de enmalle. La NOM señala tanto el número de equipos permitidos como las características físicas de cada uno de ellos por región.

VI. Disposiciones aplicables a las pesquerías de altura dirigidas al tiburón y especies afines en el océano Pacífico incluyendo el Golfo de California.

- En ningún caso se podrá realizar pesca dirigida a tiburones con embarcaciones de altura en la ZEE del Pacífico en una franja de 92.65 km (50 millas náuticas) y en una franja marina perimetral de 22.24 km (12 millas) de anchura alrededor de las Islas Revillagigedo (San Benedicto, Clarión, Roca Partida, Socorro y Guadalupe).
- Se autoriza 1 palangre de altura con un máximo de 85,000 m de longitud de línea madre y 1,500 anzuelos como máximo por lance.

VII. Disposiciones adicionales:

- Abstenerse de retener y transportar vivos o muertos, enteros o partes de tortugas y mamíferos marinos que eventualmente llegaran a ser capturados incidentalmente.
- En el caso de las embarcaciones menores, deberán llevar un control estadístico de las capturas por especie a fin de registrarlas mensualmente en la bitácora de la embarcación o flotilla que opera al amparo del permiso, concesión o autorización de pesca, y
- Participar en los programas de investigación tendientes a evaluar el estado de las poblaciones de tiburones y especies afines.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

En función de la importancia socioeconómica de la pesca de tiburones en el Golfo de México, en 1981 el INP, a través del Centro Regional de Investigación Pesquera (CRIP) en Ciudad del Carmen, Campeche, inicia los trabajos de investigación de la pesquería de tiburón de dicho estado. Para 1984, el Programa de Investigación "Tiburón-Cazón" se extiende al Caribe mexicano con la participación del CRIP Puerto Morelos, en Quintana Roó. En 1985 el CRIP Yucalpetén inicia su participación con un programa similar.

Estos estudios han permitido en buena parte conocer la composición específica de las capturas comerciales de este recurso, sus temporadas y zonas de abundancia, algunos aspectos de su ciclo de vida, y en algunas regiones se ha estimado el esfuerzo de pesca dedicado a su explotación. De estos trabajos destacan los de Seca *et al.* (1984), Uribe (1984, 1990, 1993), Uribe y Murillo (1991) y los de Bonfil (1987), Bonfil *et al*. (1988, 1990, 1993), Castillo (1992); Castillo *et al.* (1998).

Con el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, el INP llevó a cabo un intenso monitoreo de las operaciones de pesca y desembarques de la flota artesanal que opera en las aguas costeras del Golfo de México, durante noviembre de 1993 y diciembre de 1994. Durante el periodo de estudio se contabilizó la captura de 901 embarcaciones, con una producción total registrada de 84,717 tiburones, pertenecientes a 33 especies.

La especie más importante en número de tiburones capturados fue el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, con un total de 38,867 organismos, constituyendo el 45.9% de las capturas totales del Golfo de México; le siguen en orden decreciente *Sphyrna tiburo* con 14.6%, *Carcharhinus limbatus* 11%, *C. acronotus* 9.1%, *S. lewini* 5%, *C. leucas* 2.4%, *C. falciformis* 2.2%, *Squalus cubensis* 1.7% y *C. porosus* 1.5%.

Los resultados del proyecto corroboraron la multiespecificidad de esta pesquería artesanal, ya que las mismas unidades de pesca, en este caso las embarcaciones menores, con el mismo arte de pesca capturaron diferentes especies de tiburones y cazones, así como diversos peces de escama dependiendo de la estación del año (Rodríguez de la Cruz *et al*., 1996).

▼ *Modelo*

- Generalidades de la evaluación de las pesquerías de tiburones

Los modelos demográficos se utilizan como una herramienta en la evaluación y manejo de las poblaciones de tiburones, incorporando parámetros biológicos como fecundidad, longevidad, edad y crecimiento entre otros (Jones y Geen 1977; Cortés y Parsons 1996; Hoff 1990; Hoenig y Gruber 1990; Cailliet 1992; Cailliet *et al*., 1992; Cortés 1995, Cortés y Parsons 1996; Sminkey y Musick 1996; Cortés, en prensa; Márquez y Castillo, en prensa).

La tendencia al uso de este tipo de modelos se debe principalmente a la carencia general de series históricas de datos de captura y esfuerzo por especie, como es el caso de la pesca artesanal de tiburón en México y en otros países. El modelo en este caso consistió en análisis de sensibilidad basado en una tabla de vida.

- Modelos aplicados al cazón de ley *Rhizoprionodon terraenovae* del Golfo de México

  - Análisis Demográfico

Siendo el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, la principal especie de tiburón que sostiene en un 46% la pesquería artesanal de cazón en el Golfo de México (Rodríguez de la Cruz *et al*., 1996), se llevó a cabo un análisis demográfico utilizando datos biológicos tales como reproducción, edad de primera madurez (Emad), fecundidad, edad máxima (Emax), proporción sexual, mortalidad natural a edades específicas (M), e información sobre edad y crecimiento de individuos provenientes de aguas del norte del Golfo de México (Estados Unidos).

El valor de los parámetros utilizados para el análisis demográfico se resumen en la *Tabla 4*.

Tabla 4. Valores asignados a los parámetros del cazón de ley, *R. terraenovae*, del Golfo de México.

Recurso	Crecimiento				Mortalidad			Peso-longitud		Fecundidad		Madurez	Selectividad
	Loo	*K*	*to*	*Emax*	*M*	*F*	*q*	*a*	*b*	*a*	*b*	*Epm*	*Epc*
R. terraenovae	108	0.359	-0.985	10	0.401	0.46	n.d.	0.0000056	2.8973	-7.417	0.1228	4	3

La primera estimación se realizó utilizando la mortalidad natural (M) como el único evento que afecta a la sobrevivencia, el cual se ha llamado escenario natural. La segunda estimación consistió en incorporar un valor de mortalidad por pesca F (F=0.46) derivado de un análisis preliminar de Leslie-De Lury realizado a partir de las capturas artesanales de 1993 y 1994 (Rodríguez de la Cruz *et al*., 1996). Este valor de F se incorporó en el cuadro de vida, con la finalidad de describir la sobrevivencia de una cohorte teórica (Se) y la disminución de la tasa reproductiva (Se, me) de *Rhizoprionodon terraenovae* para simular su efecto a diferentes Epc= 0, 2, 4, 6 y 8 años (Fig. 3a y b).

Dada la incertidumbre en el posible valor actual de la Mortalidad por Pesca, F, se elaboraron cinco escenarios bajo explotación, en donde se estimaron los parámetros demográficos variando F desde F= 0.3 hasta 0.7 en intervalos de 0.1, a diferentes edades de primera captura (Epc) desde Epc= 0 hasta Epc= 9 (Tabla 5).

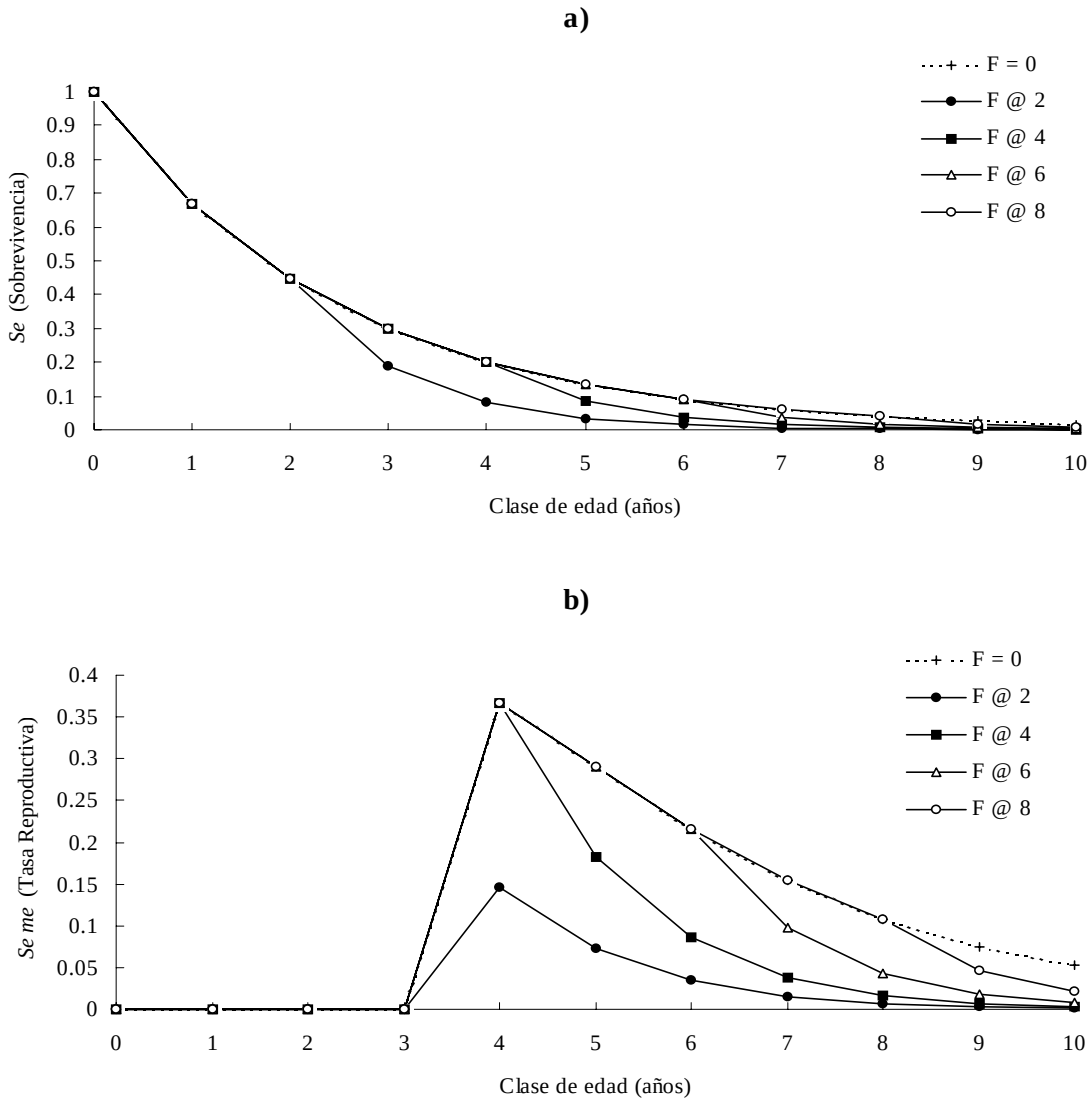


Fig. 3. Curvas de sobrevivencia (a) y reproducción a edades específicas (b) para el cazón de ley, *R. terraenovae*, con F = 0.46 y variando la edad de primera captura, Epc (Epc = 0, 2, 4, 6 y 8 años).

Debido a la interpretación biológica de la tasa neta reproductiva (R_0), ésta se consideró como el indicador de la razón de cambio de la población bajo los diferentes escenarios de la pesquería. El valor de R_0= 1.0 se considera como el punto de equilibrio de la población, es decir que ésta es capaz de remplazarse a sí misma y mantenerse constante.

Los resultados indicaron que los valores positivos de R_0 sólo se obtienen con una Epc= 6 años, con F de 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6; lo que indicó que el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, es una especie significativamente vulnerable a la presión de pesca.

Aceptando el caracter determinístico de las tablas de vida y sus supuestos (distribución estable por edades; fecundidad y mortalidad densoindependiente; el éxito reproductivo no depende del número de machos), y si éste ha sido el esquema de explotación en los últimos años, se observa un escenario negativo para esta especie.

Tabla 5. Resultado de las simulaciones del análisis demográfico del cazón de ley, *R. terraenovae*. Escenario natural (sólo M = 0.406); estado alterado con variaciones en Epc (0 a 9 años) y diferentes valores de F (F = 0.3 a 0.7). Los valores en cuadro representan la mínima combinación de Epc y F que rinde R_0 = 1.0; r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional; e^r = tasa neta de crecimiento poblacional.

Parámetros	**Escenario Natural**	**Escenario bajo explotación**									
Lt (cm)	108	105	104	102	99	95	90	82	71	55	32
Epc (años)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
F = 0.3											
R_0	1.26	1.25	1.22	1.17	1.09	0.98	0.82	0.61	0.45	0.33	0.25
r	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.00	-0.04	-0.10	-0.16	-0.22	-0.27
λ	1.04	1.04	1.04	1.03	1.02	1.00	0.96	0.91	0.86	0.81	0.76
F = 0.4											
R_0		1.24	1.21	1.15	1.06	0.92	0.74	0.50	0.33	0.22	0.15
r		0.04	0.03	0.02	0.01	-0.02	-0.06	-0.14	-0.22	-0.30	-0.38
λ		1.04	1.03	1.03	1.01	0.98	0.94	0.87	0.80	0.74	0.68
F = 0.5											
R_0		1.24	1.20	1.13	1.03	0.88	0.68	0.41	0.25	0.15	0.09
r		0.04	0.03	0.02	0.01	-0.03	-0.08	-0.18	-0.29	-0.39	-0.50
λ		1.04	1.03	1.02	1.01	0.98	0.92	0.83	0.75	0.67	0.61
F = 0.6											
R_0		1.24	1.19	1.12	1.01	0.85	0.63	0.35	0.19	0.10	0.06
r		0.04	0.03	0.02	0.00	-0.03	-0.10	-0.23	-0.35	-0.48	-0.61
λ		1.04	1.03	1.02	1.00	0.97	0.91	0.80	0.70	0.62	0.54
F = 0.7											
R_0		1.23	1.18	1.10	0.99	0.82	0.59	0.29	0.15	0.07	0.04
r		0.04	0.03	0.02	0.00	-0.04	-0.11	-0.27	-0.42	-0.57	-0.72
λ		1.04	1.03	1.02	1.00	0.96	0.89	0.77	0.66	0.56	0.48

La situación actual de F y Epc revelaron que el equilibrio poblacional de *Rhizoprionodon terraenovae* ha sido teóricamente roto y de continuar el esquema actual de explotación la población estaría en riesgo de colapsarse.

Por otro lado, con la finalidad de conocer de manera global la respuesta de R_0 considerando también la incertidumbre en la mortalidad natural (M), se simularon los valores de R_0 variando M de 0.1 hasta 0.4 en intervalos de 0.1; el valor de F en rangos de F = 0 hasta F = 0.7 en intervalos de 0.1 y las Epc mas factibles de la pesquería en un rango de 1 a 4 años (Fig. 4).

La mayor cantidad de valores de Ro>1 se obtuvieron con valores bajos de M. A medida que el valor de M fue incrementándose, los valores de Ro>1 se dieron en combinación con valores de F y Epc más restringidos (Fig. 4a-d). Esto corroboró la fragilidad de la población como reflejo del bajo poder reproductivo de la especie, ya que la mayoría de los organismos capturados de esta especie fueron menores a la edad de primera madurez.

- Análisis de Rendimiento por Recluta

En contraste con los análisis demográficos que describen el poder reproductivo de las especies y su vulnerabilidad basándose en la información biológica, el rendimiento por recluta (Y/R) busca maximizar la producción en peso por individuo reclutado.

Se elaboraron estimaciones del Y/R para el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, bajo las mismas consideraciones del análisis demográfico, con la finalidad de hacer comparables los resultados. Se varió M desde 0.1 hasta 0.4 en intervalos de 0.1, el valor de F en rangos de F= 0 hasta F= 0.7 en intervalos de 0.1 y las Epc mas factibles de la pesquería en un rango de 1 a 4 años (Fig. 5).

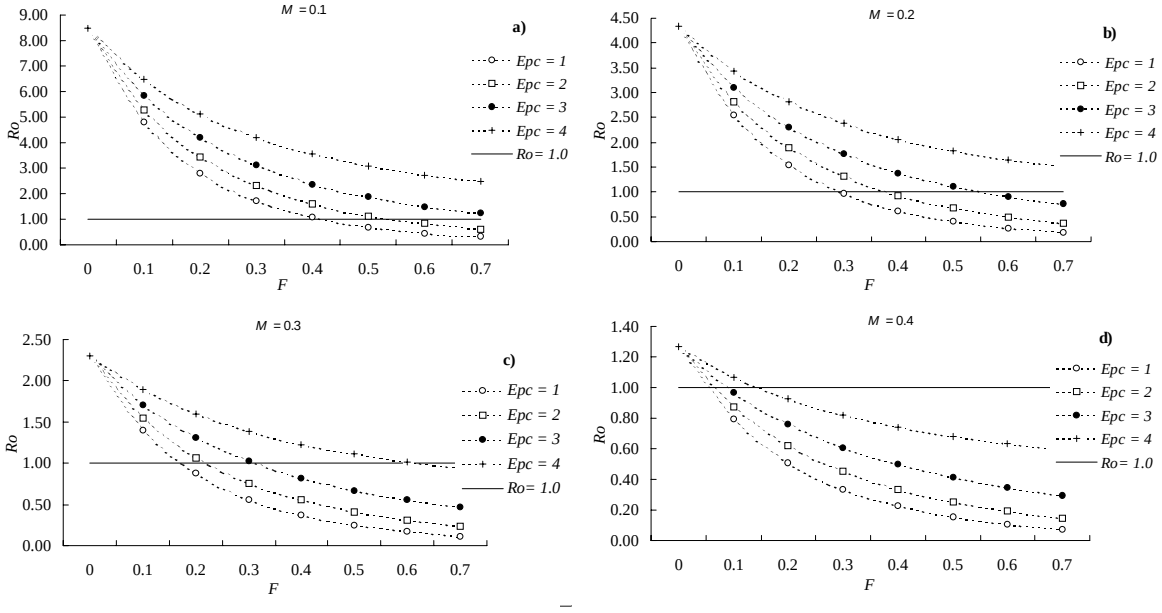


Fig. 4. Estimación de la Tasa Neta Reproductiva (R_0) de *R. terraenovae*, variando M desde 0.1 hasta 0.4 y F = 0.46.

El análisis indicó los máximos niveles que se obtendrían con M = 0.1 a partir de F = 0.2 y Epc = 4 (Fig. 5a), presentándose una desalentadora situación ya que esta especie produce el mejor rendimiento en peso en una combinación de explotación (F y Epc) poco saludable. Es decir que los valores de R_0 con dicha combinación son inferiores a 1.0, lo que significa que las hembras de la población no podrán producir un número suficiente de crías para remplazarse a sí mismas.

El incremento en el valor de M no permitió obtener rendimientos ni siquiera a la mitad de los que se obtienen con M = 0.1 en el escenario anterior; además, los niveles de máximo rendimiento se obtendrían en Epc de 1 y 2 años dada la disminución en la sobrevivencia por efecto del lento crecimiento (Fig. 5b).

Los valores de M que brindarían el máximo rendimiento por recluta (Fig. 4b y c) son muy bajos y por lo tanto poco reales para la especie (M = 0.2 y 0.3). *Rhizoprionodon terraenovae* nace a los 32 cm de longitud y se ha observado que es depredado por especies de la misma familia aún en tallas de 76 cm.

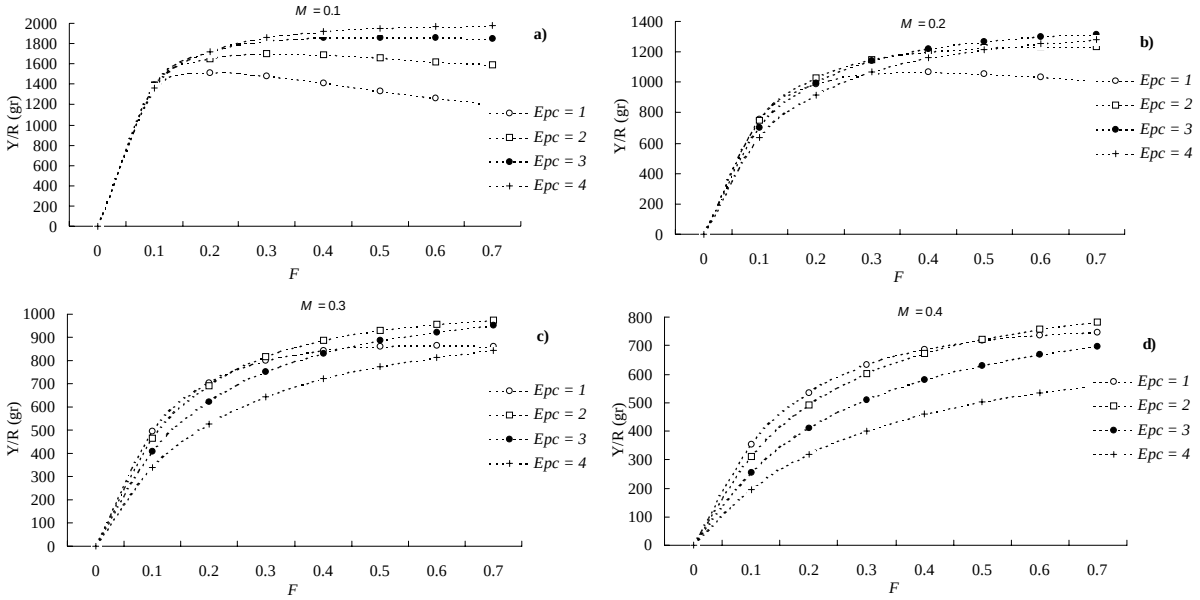


Fig. 5. Estimación del Rendimiento por Recluta de *R. terraenovae*, variando M desde 0.1 hasta 0.4 y F = 0.46.

- Modelo dinámico demográfico

Una vez que se estimó el valor absoluto de R_0 dada una F y Epc, se realizó la proyección de R_0 tomando como punto de partida cada uno de los valores en los que posiblemente se encuentra R_0 en el presente. Se proyectó la tendencia de R_0, y se observó la tasa de cambio en el año 2005 y 2010 con F constante. La derivación matemática del modelo dinámico se presenta en el Apéndice 1.

El valor de R_0, partiendo de R_0 = 0.45, 0.61, 0.82 (Fig. 6a), R_0 = 0.33, 0.50, 0.74 (Fig. 6b) y R_0 = 0.25, 0.41, 0.68 (Fig. 6c), se observa en todos los casos con tendencia decreciente si el nivel de F se mantuviera constante. Manteniendo constante el valor de F y variando el valor de Epc, se observa una recuperación del valor de R_0. Sin embargo, tal recuperación se da a partir del año 2005 en donde la curva se estabiliza (Fig. 6d, e y f). Se considera una acción más realista el incrementar Epc asociado al tamaño de la luz de malla de las redes agalleras que la disminución de F por reducción de las unidades de pesca.

▼ *Estado actual de la pesquería de tiburón en el Golfo de México*

Es difícil definir puntos de referencia cuando no se cuenta con la información suficiente de las series históricas de captura y esfuerzo de la pesquería, y particularmente crítico cuando se carece de estimaciones de abundancia, como es el caso de la pesquería de tiburón. En virtud de lo anterior, el acoplamiento de un modelo ecológico para la pesquería (modelo dinámico demográfico) permite simular la reducción de la tasa neta reproductiva R_0, o de la tasa de incremento poblacional r como una medida del vigor demográfico de la población (Krebs, 1985; Hoenig y Gruber, 1990), controlando la mortalidad por pesca y la edad de primera captura y mortalidad por pesca. El punto de referencia biológico para evitar que la población disminuya son los valores de R_0 mayores que 1.0. Por lo que el punto de referencia (R_0ref), es el valor de R_0 = 0.793 (R_0ref = 1/R_0; 1/1.26 = 0.793), es decir, el 20.6% de disminución con respecto a R_0 del escenario natural. De tal forma que la tasa de cambio R_0c es el resultado de dividir R_0 al año t (R_0t) entre R_0 del escenario natural (R_0c = R_0t/R_0; R_0t/1.26).

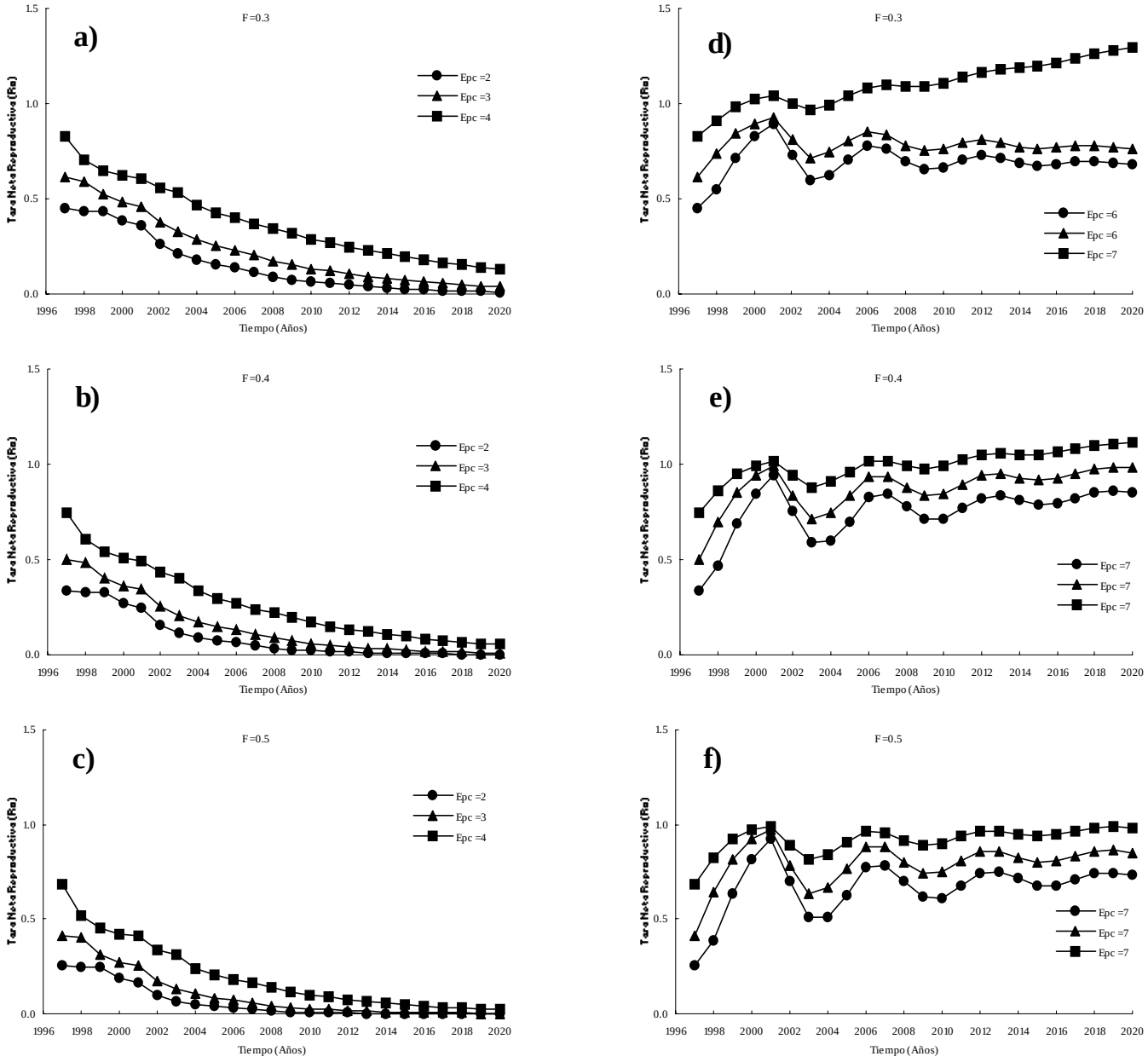


Fig. 6. Tendencia de la tasa neta reproductiva (R_0) del cazón de ley, *R. terraenovae*, del Golfo de México. a - c, tendencia tomando como punto de partida tres valores de R_0, manteniendo F y Epc constantes. d - f, tendencia con los mismos puntos de partida de R_0, incorporando cambios en Epc, como acciones de manejo (ver texto para mayor explicación).

Debido a la incertidumbre en el posible nivel actual de R_0 con respecto al escenario natural (previo al inicio de la pesquería, $R_0 = 1.26$), se procedió a proyectar el valor de R_0 ante variaciones de F como acciones de manejo a partir del año 1997, para cada Epc buscando los valores de $R_0 = 1.0$.

Las proyecciones fueron simuladas de forma determinística. Los valores menores a 20.6% se obtuvieron solamente cuando el escenario de explotación actual se consideró como F = 0.3, Epc = 4 y la acción de manejo fue aumentando la Epc hasta 7 años, a partir de 1997 (Fig. 6d). Otra combinación que rindió valores de R_0< al 20% se obtuvo al considerar F = 0.4, Epc = 4 años y la acción de manejo fijando el valor de Epc = 7 años (Fig. 6e).

De acuerdo con los resultados del modelo demográfico, para el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, debe considerarse que la pesca de esta especie junto con otros cazones que presentan ciclos de vida similares, ha llegado a sus niveles de aprovechamiento máximo, debiendo plantearse acciones de ordenamiento y regulación que permitan asegurar que dichos niveles de producción se mantengan en un nivel aceptable, evitando cualquier disminución importante de las capturas por causa de una sobrexplotación.

La pesquería del cazón de ley ha llegado a sus niveles de aprovechamiento máximo

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Según Anderson (1990) y Walker (1998), una correcta evaluación poblacional y adecuado manejo de las poblaciones de tiburones aprovechadas requiere del monitoreo constante de la captura, la composición de las mismas y del esfuerzo de pesca. Asimismo, se requiere desarrollar modelos que incorporen la biología, distribución y selectividad de las artes de pesca. La determinación de puntos de referencia biológicos es necesaria.

Los tiburones pueden ser aprovechados de forma sustentable, aunque los niveles de producción deberán ser limitados por la baja capacidad reproductiva de las especies. Por tal motivo es fundamental conocer con precisión el potencial reproductivo de las principales especies que se capturan en aguas del Golfo de México.

Es necesario que se lleven a cabo las siguientes acciones que permitan el ordenamiento de la pesquería:

- Conocer el esfuerzo pesquero aplicado en las pesquerías ribereñas y de mediana altura, caracterizando las unidades de pesca, los equipos y artes de pesca que se emplean en la captura de tiburones.

- Mejorar el sistema de registro y acopio de las estadísticas de captura y esfuerzo de estas pesquerías, desglosando éstas por especie, mediante el establecimiento de una bitácora de pesca artesanal.

Los resultados del análisis demográfico para el cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, demostraron que es una especie vulnerable a la presión de pesca (Márquez y Castillo 1998). Se observó que más del 90% de las capturas de esta especie en 1994, fueron individuos inmaduros.

El nivel de esfuerzo estimado (registrado durante un año) y la edad estimada de primera captura, indicaron que la población de *Rhizoprionodon terraenovae* en el Golfo de México es sensible a intensos y prolongados regímenes de pesca, por lo que de no manejarse con un enfoque precautorio, como el no incrementar el esfuerzo de pesca y reducir la mortalidad por pesca en las épocas y áreas de alumbramiento y crianza, la población de esta especie corre el riesgo de sufrir una importante disminución en sus abundancias a mediano plazo (5-10 años).

Suponiendo que el esfuerzo de pesca real fue mayor al calculado en 1994, debe considerarse seriamente la posible restricción de las operaciones de pesca con redes agalleras con aberturas de malla menores a 8 pulgadas durante los meses de mayo y junio, dentro de las llamadas “áreas de crianza”. El objetivo es evitar la captura de una proporción importante de hembras grávidas y de tiburones neonatos, en regiones como el norte de Tamaulipas y en la Sonda de Campeche (Tabasco, Campeche y Yucatán). En la Bahía de la Ascensión y la del Espíritu Santo, Quintana Roó, se reporta que algunas especies utilizan esta zona como área de nacimiento y de crianza (Zárate, 1996).

Un plan de manejo de pesca responsable deberá contemplar investigaciones sobre los siguientes aspectos: 1) implementar un sistema de monitoreo continuo de las capturas y desembarques de tiburones; 2) ubicar las principales áreas de crianza de tiburones de importancia comercial; 3) determinar los periodos de apareamiento y alumbramiento de las principales especies; 4) conocer los periodos de residencia en las áreas de crianza de los organismos neonatos y 5) evaluar el impacto de la pesca ribereña en los organismos de estadios tempranos e inmaduros. Adicionalmente, es necesario explorar el posible impacto de factores ambientales en las tasas vitales (M, fecundidad, reclutamiento).

Campos de colaboración

Debido a la importancia que los tiburones representan desde el punto de vista económico para México y Estados Unidos en la región del Golfo de México, en noviembre de 1994 se estableció el Grupo de Trabajo sobre Tiburones entre el INP y el Centro de Ciencia Pesquera del Sureste (SEFSC, siglas en inglés) de Miami, Florida, dentro del Programa de Cooperación MEXUS-GOLFO, con el objeto de conjuntar esfuerzos dirigidos a incrementar el conocimiento de este grupo de peces.

Durante 1995, 1996, 1997 y 1998 se han llevado a cabo cinco expediciones de marcado de tiburones juveniles, con personal científico del Centro para la Investigación de Tiburones del Laboratorio Marino de Mote (CSR/MML) de Sarasota, Florida, E.U. Este centro es una organización no lucrativa que coopera formalmente con organismos nacionales e internacionales para la investigación científica de tiburones.

Las expediciones de marcado han sido en las siguientes zonas: Laguna de Yalahau, Bahía de la Ascención y Punta Allen, en Quintana Roó, y en Chachalacas, Veracruz. En la Laguna de Yalahau se han marcado cerca de 510 tiburones, la mayor parte de ellos de la especie *Carcharhinus limbatus*. En los próximos años, los estudios sobre las áreas de crianza para estimar el impacto que sufren éstas a consecuencia de la pesca tradicional se extenderá a regiones como las costas del norte de Tamaulipas y la Laguna de Términos, Campeche.

De igual forma y dentro del marco del Convenio MEXUS-GOLFO, en otoño de 1997 se llevó a cabo un crucero de investigación conjunta para estimar índices de abundancia relativa de las principales especies de tiburones de hábitos costeros en la franja costera del Golfo de México.

REFERENCIAS

Anderson, E.D. 1990. Fishery models as applied to elasmobranch fisheries. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systEMATICS and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:473-484.

Bailey, M. 1997. NMFS takes aggressive stance to prevent continued overfishing. Shark News 9:1-10.

Beverton, R.J.H. & S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. Minist. Agric. Fish. Food G.B. (2 Sea Fish.) 19.

Bonfil S., R. 1987. Composición por especies de la pesquería de tiburón y cazón en Yucatán, y relaciones morfométricas de las principales especies. CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Bonfil S., R., D. de Anda & A.R. Mena. 1988. El recurso tiburón-cazón en el sureste de México. *En:* Los recursos pesqueros del país. Secretaría de Pesca, México. pp: 421-439.

Bonfil, S.R., D. de Anda & A.R. Mena. 1990. Shark fisheries in Mexico: the case of Yucatán as an example. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:427-441.

Bonfil S., R., D. de Anda & A.R. Mena. 1993. Biological parameters of commercially exploited silky sharks, *Carcharhinus falciformis* from the Campeche Bank, Mexico. *En*: Branstetter, S. (ed). Conservation Biology of Elasmobranchs. NOAA Technical Report NMFS 115: 73-86.

Cailliet, G.M., R.L. Radtake & B.A. Welden. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review. *En*: Yeno T., R. Arai, T. Taniuchi & K. Matsura. (eds). Indo-Pacific Fish Biology. Ichthyological Society of Japan, Tokyo. pp: 345-360.

Cailliet, G.M. 1990. Elasmobranch age determination and verification: an updated review. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:157-165.

Cailliet, G.M. 1992. Demography of the central California population of the leopard shark (*Triakis semifasciata*). Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:183-193.

Cailliet, G.M., H.F. Mollet, G.G. Pittinger, D. Bedford & L.J. Natanson. 1992. Growth and demography of the Pacific angel shark (*Squatina californica*), based upon tag returns off California. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:1313-1330.

Castillo-Géniz, J.L. 1992. Diagnóstico de la pesquería de tiburón de México. INP-SEPESCA, México.

Castillo-Géniz, J.L., J.F. Márquez Farías, M.C. Rodríguez de la Cruz, E. Cortés & A. Cid del Prado. 1998. The mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 49:611-620.

Castro, J.I. 1983. The sharks of North American waters. Texas A&M. University Press, College Station, Texas.

Castro, J.I. 1987. The position of sharks in marine biological communities. *En*: Cook S. (ed). Sharks, An inquiry in to biological behavior, fisheries and use. Oregon State University Extension Service, Corvallis. pp: 11-17.

Castro, J.I. 1993. The shark nursery of Bull Bay, South Carolina, with a review of the shark nurseries of the southeastern coast of the United States. Environ. Biol. Fish. 38:37-48.

CITES. 1996. Biological and trade status of sharks. Report of the CITES Animals Committee (Pursuant to Resolution Conference 9.17).

Compagno, L.J.V. 1984. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop. 125(4):251-655.

Compagno, L.J.V. 1988. Sharks of the order Carcharhiniformes. Princeton University Press, Princeton.

Compagno, L.J.V. 1990. Sharks explotation and conservation. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:391-414.

Cortés, E. 1995. Demographic analysis of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the Gulf of Mexico. Fish. Bull. 93:57-66.

Cortés, E. Demographic analysis as an aid in shark stock assessment and management. Fish. Res. (en prensa).

Cortés, E. & G.R. Parsons. 1996. Comparative demography of two populations of the bonnethead shark (*Sphyrna tiburo*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53:709-718.

FAO. 1997. 1996 Yearbook of fisheries statistics: Catches and landings. FAO Rome.

Getz, W.M. & R.G. Haight. 1989. Population harvesting: demographic models of fish, forest, and animal resources. Princenton University Press. Princenton, New Jersey.

Hernández, C.A. 1971. Pesquerías de los tiburones en México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.

Hoenig, J.M. 1983. Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. Fish. Bull. 82:898-903.

Hoenig, J.M. & S.H. Gruber. 1990. Life-history patterns in the elasmobranchs: implications for fisheries management. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:1-16.

Hoff, T.B. 1990. Conservation and management of the western North Atlantic shark resource based on the life history strategy limitations of the sandbar shark. Ph. D. thesis, University of Delaware, Newark.

Hoff, T.B. & J.A. Musick. 1990. Western North Atlantic shark-fishery management problems and information requirements. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber, & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:455-472.

Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. *En*: Harden-Jones, F.R. (ed). Sea Fisheries Reseach. Halsted Press, Ney York. pp: 117-37.

Jones, B.C. & G.H. Geen. 1977. Reproduction and embryonic development of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. J. Fish. Res. Bd. Can. 34:1286-1292.

Krebs, C.J. 1985. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. Harper & Row, New York.

Márquez-Farías, J.F. & J.L. Castillo. Fishery biology and demography of the Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terraenovae*, in the southern Gulf of Mexico. Fish. Res. (en prensa).

NMFS. 1993. Federal management plan for sharks of the Atlantic ocean. NOAA-NMFS, Southeast Regional Office, St. Petersburg, Florida.

Pratt Jr., H.L. & J.G. Casey. 1990. Shark reproductive strategies as a limmiting factor in directed fisheries, with a review of Holden´s method of estimating growth parameters. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90:97-109.

Pratt Jr., H.L. & T. Otake. 1990. Recommendations for work needed to increase our knowledge of reproduction relative to fishery management. *En*: Pratt, H.L., S.H. Gruber & T. Taniuchi. (eds). Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90: 509-510.

Rodríguez de la Cruz, M.C., J.L. Castillo-Géniz & J.F. Márquez-Farías. 1996. Evaluación de la pesquería de tiburón del Golfo de México. Dirección General de Análisis de Pesquerías. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Seca E., J.M., J.A. Uribe, G. D. Murillo & S.H. Hernández. 1986. Investigación biológico-pesquera de tres especies de cazón en el puerto de Campeche. CRIP-Lerma. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

SEPESCA. 1987-1993. Anuarios Estadísticos. Secretaría de Pesca, México.

SEPESCA. 1990. Economía pesquera. Carta VI.5.1. *En*: Atlas Nacional de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.

SEMARNAP. 1995-2000. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

SEMARNAP. 1999. Indicadores de la producción pesquera. Dirección General de Estadística y Registros Pesqueros, Subsecretaría de Pesca, SEMARNAP, México.

Sminkey, T.R. & J.A. Musick. 1996. Demographic analysis of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus,* in the Western North Atlantic. Fish Bull. 94: 341-347.

Uribe, J.A. 1984. Aspectos de la pesquería costera de tiburón y cazón en el estado de Campeche, México. CRIP-Lerma. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Uribe, J.A. 1986. Las investigaciones biológico-pesqueras de tiburón y cazón en el estado de Campeche, México. CRIP-Lerma. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Uribe, J.A. 1990. Guía de campo para la identificación de tiburones y cazones de la sonda de Campeche. Ser. Doc. Trab. INP SEPESCA 23:1-48.

Uribe, J.A. 1993. Distribución, abundancia, estructura y biometría de especies de tiburones capturados en la zona de Campeche, México. Tesis de Licenciatura. Fac. de Ciencias, UNAM. México.

Uribe, J.A. & D. Murrillo. 1991. Descripción de las pesquerías de cazón y tiburón del estado de Campeche, México. Reunión regional de CRIP's para elaborar el diagnóstico pesquero de la península de Yucatán. Yucalpetén, Yucatán, México (inédito).

Walker, T.I. 1992. Fishery simulation model for sharks applied to gummy shark, *Mustelus antarcticus*, Günther, from southern Australian waters. Aust. J. Mar. Freshwater Res. 43:195-212.

Walker, T.I. 1994a. Stock assessment of the gummy shark, *Mustelus antarcticus* Günther, in Bass Strait and off South Australia. *En*: Hancock, D.A. (ed). Population dynamics for fisheries management. Australian Society for Fish Biology Workshop Proceedings, Perth, Australia, 24-25 August 1993 pp:173-187.

Walker, T.I. 1994b. Fishery model of gummy shark, *Mustelus antarcticus,* for Bass Strait. *En*: Bishop, I. (ed). Proceedings of resource technology ´94 new opportunities: Best Practice. The Centre for Geographic Information System and Modelling, University of Melbourne, Australia. pp: 422-438.

Walker, T.I. 1998. Can shark stocks be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. Mar. Freshwater Res. 49:553-572.

Wood, C.C., K.S. Ketchen, & R.J. Beamish. 1979. Population dynamics of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. J. Fish. Res. Bd. Can. 36: 647-656.

APÉNDICE 1

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO

• Tabla de vida

La tasa instantánea de mortalidad natural *M*, fue calculada utilizando la ecuación de regresión propuesta por Hoenig (1983):

$$Ln(Z) = 1.46 - 1.01(Ln(Emax)) \quad \text{.....(1)}$$

la cual permite calcular la mortalidad total *Z* como una función de la longevidad *Emax* en años, asumiendo que si la población se encuentra en equilibrio o ligeramente explotada, entonces *Z* puede ser proporcional a *M*.

Los parámetros demográficos fueron calculados de acuerdo a la metodología convencional (Krebs, 1985; Getz y Haight, 1989) y la recomendada por Cailliet (1992) y Cortés (1995) para tiburones. Los parámetros de salida del análisis demográfico incluyen la tasa neta reproductiva *Ro*, la cual está dada por:

$$R_0 = \sum_{e=0}^{Emax} S_e m_e \quad \text{.....(2)}$$

donde:

S_e y m_e son la sobrevivencia y la fecundidad a la edad *e* respectivamente.

La tasa intrínseca de incremento poblacional, *r*, fue calculada por el método de Newton a través de la ecuación de Euler-Lotka (Krebs 1985):

$$\sum_{e=0}^{Emax} S_e m_e \exp^{-re} = 1 \quad \text{.....(3)}$$

donde:

S_e y m_e fueron descritas.

• Modelo dinámico

Con la finalidad de predecir la tendencia de la tasa neta reproductiva, *Ro*, se utilizan los mismos valores de los parámetros de la tabla de vida, los cuales son proyectados en el tiempo utilizando un modelo dinámico.

El crecimiento es representado con la ecuación de von Bertalanffy:

$$L_e = L_\alpha \, [1 - exp^{(-K(e-t_o))}] \quad \text{.....(4)}$$

el peso del tiburón, está relacionado con la longitud por una curva potencial:

$$W_e = aL_e^b \quad \text{.....(5)}$$

La sobrevivencia de los tiburones reclutados a la edad *e* en el año *t* se asume que está dada por:

$$\exp^{-M-Fe,t} \quad \text{.....(6)}$$

La sobrevivencia de los pre-reclutas en el año *t* está dada por

$$\exp^{-M} \quad \text{.....(7)}$$

mientras que el número de tiburones reclutados de edad *e* en la población al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por:

$$N_{e+1't+1} = N_{e,t} \exp^{-M-F_{e,t}} \quad \text{.....(8)}$$

El número de tiburones pre-reclutas de edad *e* en la población al inicio del año *t* y sobreviviendo al inicio del año *t* + 1 está dado por:

$$N_{e+1't+1} = N_{e,t} \exp^{-M} \quad \text{.....(9)}$$

Se consideró que las hembras de la población se reproducen al año y_e, y que todas las hembras se reproducen en la misma proporción, después de alcanzar la edad de madurez, *Emad*.

La fecundidad se estimó como el número promedio de nacimientos por año por hembra de edad *e,* asumiendo que es igual al número de embriones contenidos por cada hembra preñada:

$$m_e = a + b\, L_e \quad \text{.....(10)}$$

donde:

a y *b* son parámetros de la regresión entre la longitud total de la madre, *Le*, y el número de embriones *me*. El número total de neonatos, n_{et}, producidos por hembra de edad *e*, al inicio del año *t*, esta dado por:

$$n_{e,t} = N_{e,t} m_e y_e \quad \text{.....(11)}$$

donde:

$N_{e,t}$ = número de hembras de tiburón a la edad *e*, al año *t* .

El cálculo de la tasa neta reproductiva, *Ro*, se realizó sólo para hembras. La proporción sexual de los embriones fue de 1:1 y el valor inicial en la población depende del número de sobrevivientes del año anterior, por lo que el número total de hembras que nacerán en el año *t* +1, $N_{o,\,t+1}$, está dado por:

$$N_{0t+1} = \sum_{e=0}^{Emax} n_{e,t} = R_0 \quad \text{.....(12)}$$

• Rendimiento por recluta

El rendimiento por recluta del cazón de ley, *Rhizoprionodon terraenovae*, fue calculado de acuerdo con Beverton y Holt (1957) utilizando la fórmula:

$$Y/R = W\infty F\left[\frac{1}{Z} - \frac{3\exp(-Kr_1)}{Z+K} + \frac{\exp(-2kr_1)}{Z+2K} - \frac{\exp(-3kr_1)}{Z+3K}\right] \quad \text{.....(13)}$$

donde:

Y/R = rendimiento por recluta (g),
r_1 = *Epc* - *to* (previamente definidos),
$W\alpha$ = Peso máximo transformado de $L\alpha$ = 108.

aleta amarilla
aleta negra
albacora
albacora
atún
atún
bonito
atún
aleta
amarilla
aleta azul
amarilla
albacora
amarilla
aleta negra
bonito
“wahoo”
bonito
“wahoo”

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ATÚN EN EL GOLFO DE MÉXICO

ESPECIE: Atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*).

- Especie migratoria con amplia distribución.
- Pesquería oceánica con palangre.
- Stock aprovechado por flotas internacionales. Captura integrada por peces adultos.
- Baja proporción de captura incidental: picudos, tiburones y peces varios.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 1,936 t (MÁXIMO HISTÓRICO).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo dinámico de biomasa de Schaeffer, análisis de cohortes (VPA).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Con potencial de desarrollo.

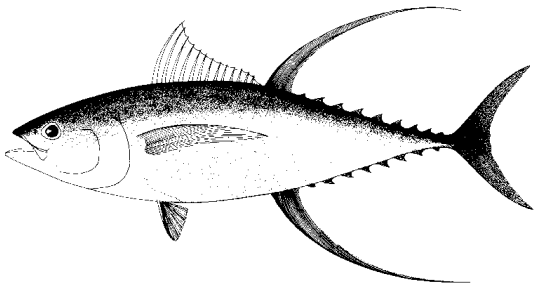
MEDIDAS DE MANEJO

- Regulación del esfuerzo pesquero por características tecnológicas y un límite de 45 embarcaciones (NOM-023-PESC-1996).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

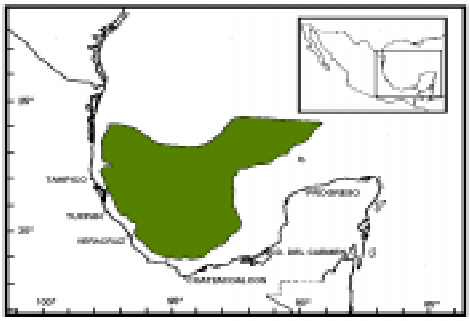
- Garantizar el desarrollo sostenible de la pesquería.

ATÚN DEL GOLFO DE MÉXICO



Thunnus albacares

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

La importancia de la pesquería nacional se puede evaluar desde varios puntos de vista. En el aspecto económico, se estima que en 1995 generó ingresos anuales brutos superiores a $12,000,000 USD por concepto de exportaciones, con un volumen de captura de 1,131 t (SEMARNAP, 1996a), situándola por su valor en el noveno lugar entre las principales pesquerías de México. En 1999 la producción de atún ascendió a 1,936 t (SEMARNAP, 2000). Asimismo, esta actividad promueve el desarrollo regional a través de la inversión, la generación de empleos directos e indirectos y el aprovechamiento integral de las especies de acompañamiento, que se capturan de manera incidental.

En comparación con otras capturas palangreras de atún aleta amarilla del Atlántico (Fig. 1), en 1998 la pesquería mexicana obtuvo el 36.4% del capturado en el Golfo de México (3,156 t) y el 7.1% del total del Atlántico, estimado en 16,283 t (CICAA, 1999).

Más de la tercera parte del atún capturado en el Golfo de México es producto de la pesquería mexicana

Durante 1999 se registraron descargas de atún en cuatro estados del Golfo de México (SEMARNAP, 2000), participando Veracruz de manera mayoritaria con el 86% (Fig. 2).

En el ámbito de la política exterior, esta actividad juega un papel estratégico al ser actualmente la única pesquería oceánica-pelágica en operación, que ocupa geográficamente la Zona Económica Exclusiva de México (ZEE) en el Golfo de México y realiza un aprovechamiento integral de los recursos vivos, propios de ese ambiente.

En cuanto a la investigación científica pesquera, las operaciones de la flota proveen información biológica, ambiental y de tecnología de capturas que, recabada de manera sistemática, contribuye al conocimiento del estado de varias poblaciones de peces y otros organismos que integran la comunidad pelágica, en el área de operación de la flota palangrera mexicana.

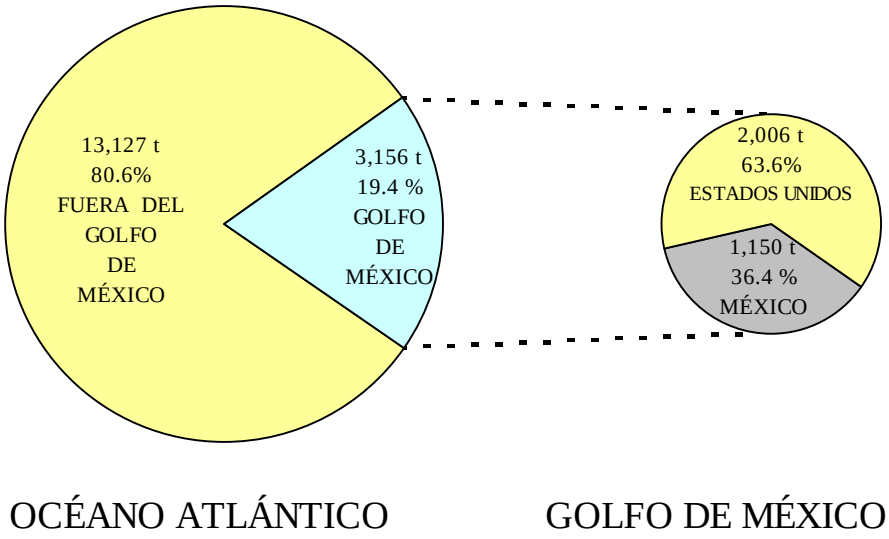


Fig. 1. Participación de la pesquería mexicana en las capturas palangreras de atún aleta amarilla del Océano Atlántico (1998).

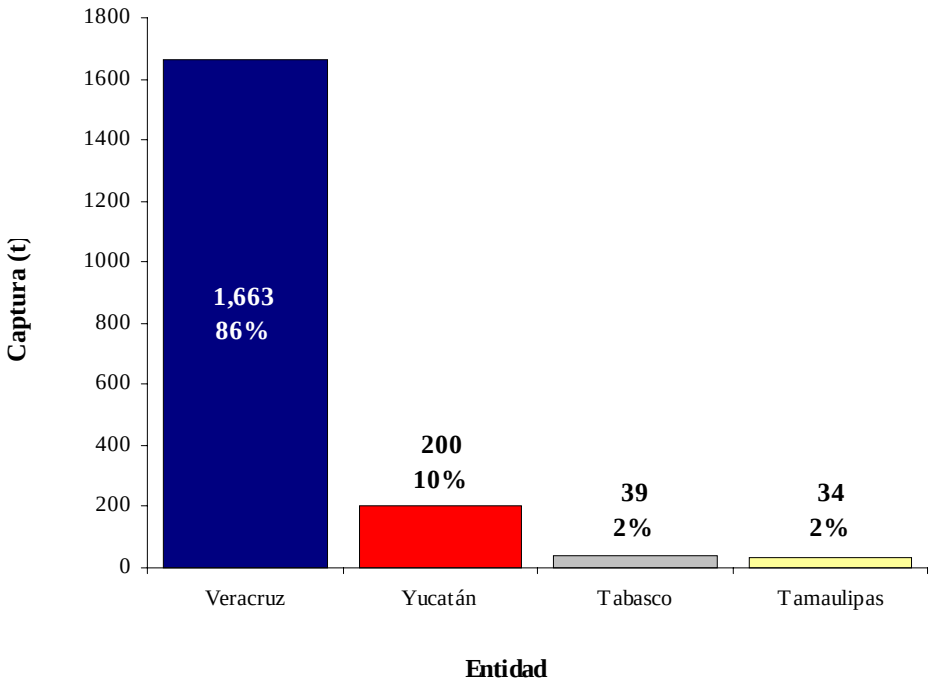


Fig. 2. Participación por estado en las descargas de atún del Golfo de México (1999).

El primer antecedente de investigación pesquera del atún en el Golfo de México son en los cruceros de pesca exploratoria del buque Oregon, auspiciados por la Oficina de Pesquerías (hoy NMFS) de los Estados Unidos, entre 1950 y 1963. Sus resultados mostraron la existencia de concentraciones comerciales de atún aleta amarilla y aleta azul (Iwamoto, 1965).

La pesquería con palangre pelágico es la principal fuente de información sobre los peces oceánicos del Golfo de México

Lo anterior fue comprobado por las tres campañas de pesca exploratoria cubano-soviéticas realizadas a bordo del buque SRTR-9017 entre 1964 y 1965 (Sokolov, 1967), así como en los trabajos previos de Bullis (1955) y Wathne (1959).

Japón fue el precursor de esta pesquería usando palangre a la deriva. Después de desarrollar pesca exploratoria en 1957, la actividad se regularizó en 1963 y continuó hasta 1982

Al igual que en el Océano Pacífico, Japón fue el primer país que desarrolló una pesquería de atún en el Golfo de México, utilizando como arte de pesca el palangre de deriva. Después de una breve pesca exploratoria en octubre de 1957, las operaciones regulares se iniciaron en 1963 y continuaron hasta 1982, aunque con ciertos cambios en cuanto a zona y temporada de pesca a lo largo del periodo (Compean y Yáñez, 1980).

Antes de 1974, las operaciones se realizaron principalmente en la región sur del Golfo de México, con el atún aleta amarilla como especie objetivo. A partir de ese año la flota se desplazó hacia las zonas central y norte y concentró su actividad en los meses de primavera, al comprobar la elevada abundancia estacional del atún aleta azul (Shingu y Hisada, 1977; López *et al*., 1979), cuya presencia en las capturas de atún se incrementó 10 veces, de 1.3% en 1973 a 13% en 1975.

Estados Unidos operó una pequeña pesquería de atún en el Golfo de México a finales de la década de los años cincuenta (Iwamoto, 1965; Compean, 1991). Sin embargo, fue desde 1984 cuando se registraron capturas palangreras de atún aleta amarilla con regularidad. Esta pesquería coexiste e interacciona actualmente con la pesquería mexicana en el Golfo de México (González-Ania *et al*., 1998).

A partir de 1963, Cuba obtuvo capturas palangreras constantes de atún aleta amarilla, pero en volúmenes inferiores en promedio a las 1,000 t anuales en el Mar Caribe y aguas adyacentes al Golfo de México, debido a que la especie objetivo de su pesca ha sido generalmente el pez espada (CICAA, 1992).

En México la referencia más antigua acerca de las posibilidades de la pesca de atún en el Golfo de México la constituye una publicación sobre construcción de palangres de deriva, editada por el Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. (Carranza, 1955).

Las primeras experiencias de pesca fueron realizadas por el técnico de origen japonés radicado en México, A. Izumi, con la embarcación "Amada Alicia", quien inició la pesca de atún aleta amarilla con palangre en 1965 para la empresa Productos Pesqueros de Alvarado (PROPEA), continuando hasta 1967 (Compean, 1991).

Desde 1984, E.U. reportó regularidad en sus capturas de atún con palangre. Esta pesquería inició en México en 1982; sin embargo, debido a causas administrativas en 1988 la flota dejó de operar, a pesar de los buenos rendimientos obtenidos en

Sin embargo, la pesca palangrera de México comenzó su desarrollo de una manera más formal en 1982. En 1980 el INP, a través de sus programas de investigación tecnológica, planeó una serie de cruceros de pesca exploratoria con palangre de deriva en el Golfo de México. Los cruceros se iniciaron en 1981 y las buenas capturas logradas propiciaron la adaptación de varios barcos comerciales en el puerto de Alvarado, Ver., con miras a un aprovechamiento del atún en mayor escala (Grande-Vidal *et al*., 1988).

Una flota de seis barcos pequeños comenzó a pescar en 1982 y en 1984 las

capturas alcanzaron 772 t, con 16 embarcaciones en funcionamiento que sumaban cerca de 800 t de capacidad de bodega. Después las capturas descendieron por razones de tipo administrativo y en 1988 la flota dejó de operar (González-Ania y Zárate, 1991).

En 1989 un grupo de empresarios mexicanos del sector privado, motivados por los resultados de la flota de Alvarado, decidió invertir en la pesca de atún con palangre y puso en funcionamiento una pequeña flota con base en el puerto de Yucalpetén, Yuc. Durante los años siguientes ha continuado el desarrollo de esta actividad con la incorporación de más embarcaciones tanto en ese puerto, como en el de Tuxpan, Ver. Otros puertos con actividad atunera significativa han sido Tampico, Tamps., Alvarado y Veracruz, Ver. Los resultados han sido muy satisfactorios, puesto que en 1999 se registró la captura máxima de esta pesquería, con 1,936 t (SEMARNAP, 2000).

La pesquería internacional de atunes en el Golfo de México se ha dirigido tanto al atún aleta amarilla como al aleta azul, pero en México se ha sustentado principalmente en el aleta amarilla, siendo ocasional la captura del resto de los atunes

Desde el punto de vista histórico, la especie objetivo de la pesca internacional en el Golfo de México ha sido el atún aleta amarilla (Fig. 3), seguido por el atún aleta azul; en forma incidental se ha capturado patudo, atún aleta negra, barrilete, bonito, albacora y peto (“*wahoo”)*. En cuanto a los picudos, las pesquerías palangreras han estado dirigidas al pez espada (Scott *et al*., 1992; Farber, 1992).

Por su parte, la pesquería mexicana en el Golfo de México se ha sustentado principalmente en el atún aleta amarilla y de manera ocasional se capturan las demás especies de escómbridos, así como picudos, tiburones y otros peces. Durante 1997 la composición de la captura estuvo integrada por el 56.37% de atún aleta amarilla, 8.67% de otros atunes, 9.59% de picudos, 3.22% de tiburones y 22.15% de otros peces.

BIOLOGÍA

El atún aleta amarilla pertenece a la familia Scombridae. Es un pez marino epipelágico que habita capas oceánicas relativamente superficiales (de 0 a 300 m) en las aguas tropicales y subtropicales de todos los océanos.

En el Atlántico su zona de mayor abundancia se localiza entre las latitudes 40º N y 15º S. Esta especie efectúa importantes migraciones tróficas y de reproducción durante su ciclo de vida (Cayré *et al*., 1991). El periodo de vida máximo se sitúa entre 10 y 15 años, si bien en las pesquerías del Atlántico sólo se

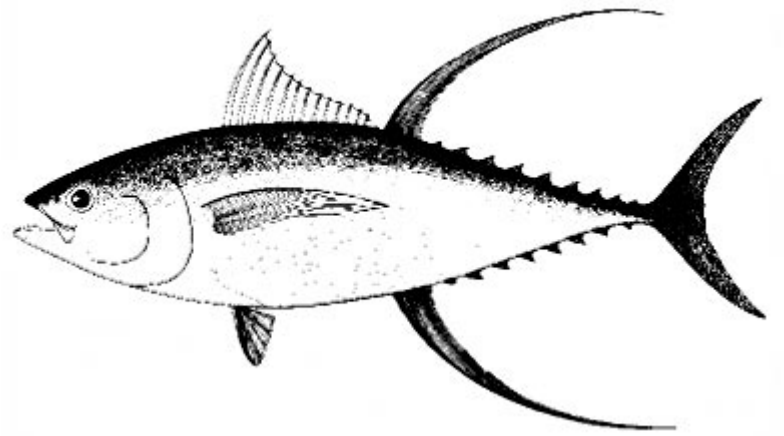


Fig. 3. Atún aleta amarilla, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788).

distinguen con claridad seis clases anuales (0 a 5+). La mortalidad natural (*M*) es elevada y se estima en 0.8 para las clases de edad 0 a 1 y en 0.6 para edades superiores (Fonteneau, 1994). El rango común de talla en las capturas es de 35 a 180 cm de longitud furcal, equivalente en peso a 0.8 y 111 kg.

Aunque la talla usual de captura va de 35 a 180 cm con peso de 0.8 a 111 kg, se registró en el Atlántico un ejemplar de 210 cm y 176 kg en un viaje de pesca deportiva

El mayor ejemplar conocido del Océano Atlántico fue capturado en pesca deportiva con una talla de 210 cm y peso de 176 kg (IGFA, 1984).

La relación talla-peso recomendada por la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico (CICAA), tiene la siguiente expresión (Miyake, 1990):

$$PV = (2.153 \times 10^{-5}) LF^{2.975} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

PV = Peso vivo (kg)
LF = Longitud furcal (cm)

No existen caracteres externos que permitan distinguir los sexos. La fecundación es externa y el desove se realiza en aguas superficiales (0-50 m) con temperatura superior a 25º C, generalmente entre 28 y 30 ºC. El diámetro de los huevos es de 1.0-1.5 mm y después de la fecundación eclosionan rápidamente (24 horas). La fase larvaria planctónica dura unos 15 días.

Las hembras más pequeñas encontradas en estado de madurez sexual (talla mínima de madurez) miden de 50 a 60 cm de LF (2.4-4.2 kg; entre 0.5 y 1.5 años) (Rossignol, 1968); la talla de primera madurez (50% de hembras con capacidad de reproducirse) se ubica entre 97 y 101 cm (17.5-19.8 kg; entre 2.5 y 3.0 años). A partir de 108 cm (24.1 kg; aproximadamente 3.0 años) todas las hembras son sexualmente maduras, lo cual se conoce como talla de madurez completa (Albaret, 1977).

La talla furcal promedio de madurez completa en las hembras es de 108 cm, es decir, a partir de esa talla todas las hembras son sexualmente maduras

Sin embargo, en este aspecto existen diferencias entre los atunes que se capturan en superficie (0-80 m) y los que viven en profundidad, que son capturados con palangre (80-200 m), alcanzando la madurez los primeros en edades más tempranas (Fontana y Fonteneau, 1978).

La fecundidad del atún aleta amarilla varía con la talla del individuo. En términos generales la fecundidad parcial oscila entre uno y seis millones de huevos por puesta. El desove es de tipo heterócrono con cuatro a diez emisiones de huevos al año, por lo que la fecundidad anual va de cuatro a 60 millones de huevos por hembra.

Las zonas y temporadas de desove son muy amplias; existe una zona principal donde el desove ocurre casi todo el año, situada directamente al norte y sur del Ecuador y dos zonas en ambos trópicos, en las cuales el desove se limita a la estación cálida.

Esta estrategia reproductiva es causa de la escasa variabilidad en las tasas de reclutamiento del recurso, que se estiman entre uno y cinco (Fonteneau, 1982).

Las proporciones de sexos muestran variaciones significativas cuando se analizan por talla y profundidad de captura. En general, la mayoría de los peces grandes son machos, mientras que las hembras son un poco más numerosas en tallas intermedias.

Los atunes que se capturan en superficie maduran antes que los capturados a profundidades mayores de 80 m; además, se pescan más machos en superficie, mientras que la captura de profundidad está dominada por hembras

En este caso se encuentra diferencia nuevamente al desglosar las capturas de superficie (cerco y vara) de las palangreras: en la pesca de superficie la proporción favorece a los machos y en la de palangre ocurre lo contrario. El predominio global de las hembras en la captura de palangre se debe a una sobreabundancia de éstas en tallas inferiores a 150 cm de LF; los machos son más abundantes en tallas superiores a 150 cm. Asimismo, el predominio de machos es patente en la captura de superficie a partir de una talla de 140 cm (Capisano y Fonteneau, 1991).

En los atunes grandes este fenómeno puede explicarse de diferentes maneras:

1. Por una tasa de crecimiento distinta entre los adultos de cada sexo y sobre todo, con una talla máxima para las hembras inferior a la de los machos.
2. Por una mayor mortalidad de las hembras.
3. Por una combinación de ambas.

Actualmente no se dispone de elementos que permitan decidir al respecto.

Por otra parte, la divergencia en la proporción de sexos de los individuos pequeños (LF < 150 cm) que se observa entre las capturas de superficie y aquellas de palangre, es importante porque se considera que refleja diferencias en el comportamiento reproductivo de los atunes de superficie y los que viven en aguas profundas. La contribución relativa de cada uno de estos segmentos poblacionales en la reproducción de la especie permanece sin precisar y se debe confirmar la posibilidad de que constituyan stocks diferentes (Cayré *et al.*, 1991).

El modelo migratorio supone un circuito en el que participan todos los organismos en sus diferentes etapas de vida, así como una zona principal de reproducción y crecimiento localizada en el Atlántico Oriental en donde concluye este circuito

Actualmente las evaluaciones del atún aleta amarilla que realiza la CICAA emplean la hipótesis de trabajo de un sólo stock en el Océano Atlántico, sujeto a explotación por flotas internacionales.

Esta decisión fue tomada en 1993 por el Grupo de Trabajo sobre el Atún Aleta Amarilla del Atlántico, basándose principalmente en las recapturas transoceánicas de peces grandes (LF > 100 cm) marcados dentro de un programa que se inició en 1987. A la fecha se han recuperado en el Atlántico oriental 27 ejemplares marcados en el Atlántico noroeste (CICAA, 1996).

Bajo esta hipótesis y de manera simplificada, el modelo migratorio propone una zona principal de reproducción y crecimiento en el Atlántico oriental, donde los atunes juveniles (LF < 65 cm) son más sedentarios y sólo realizan movimientos de corta escala a lo largo de la costa de África.

Los atunes preadultos (65-110 cm) incrementan su movilidad en la misma región y comienzan a migrar hacia el oeste, cruzando el océano hasta el norte de Venezuela y Brasil, que también constituye una zona importante de reproducción; quizá una fracción se traslada más al norte, alcanzando las costas de Norteamérica.

Posteriormente, una proporción de los adultos reproductores (LF > 110 cm) del Atlántico noroeste y Golfo de México realizan una migración transoceánica de mayor extensión, hacia la zona de desove del Atlántico oriental, completando el circuito migratorio (Bard *et al.*, 1991).

A escala regional, el atún aleta amarilla se encuentra presente en el Golfo de México durante todo el año, zona en donde es el objetivo de las pesquerías de palangre de Estados Unidos y México.

Sin embargo, la magnitud e importancia de los procesos de inmigración y emigración entre el Golfo de México, el Mar Caribe y el Atlántico occidental se conocen de manera fragmentaria.

Actualmente el INP investiga los desplazamientos estacionales del recurso dentro del Golfo de México,

con información de observadores científicos a bordo de la flota palangrera. El atún aleta amarilla desova en la ZEE del Golfo de México, como lo han confirmado los estudios de larvas (Ramírez-Estévez y Ornelas, 1984; Olvera *et al.*, 1988; Ramírez-Estévez *et al.*, 1993) y están en proceso de análisis otros aspectos que contribuyan al conocimiento del esquema reproductivo en la región y su aportación relativa al stock del Atlántico.

Captura y esfuerzo

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesca de atún con palangre en el Golfo de México se realiza en aguas oceánicas, pero frecuentemente en áreas cercanas a la plataforma y talud continentales.

La actividad se ha limitado a la ZEE del Golfo de México (Fig. 4), con incursiones esporádicas en la ZEE del Mar Caribe, a fines de los años ochenta y principios de los noventa.

En 1999 la flota atunera del Golfo de México estuvo integrada por 23 embarcaciones, encontrándose entre ellas escameras y algunas camaroneras equipadas con palangre para la captura de atún

La flota palangrera del Golfo de México está integrada por embarcaciones escameras y algunas camaroneras, adaptadas para la pesca con palangre. En promedio registran 22 m de eslora, una capacidad de acarreo de 15 t y autonomía de mar hasta de 30 días. Durante 1999 la flota atunera registrada en el Golfo de México estuvo integrada por 23 barcos palangreros, de los cuales 12 tienen su puerto base en el estado de Veracruz, nueve en Yucatán y dos en Tamaulipas (SEMARNAP, 2000).
El arte de pesca utilizado (Fig. 5) se conoce como “palangre pelágico a la deriva”

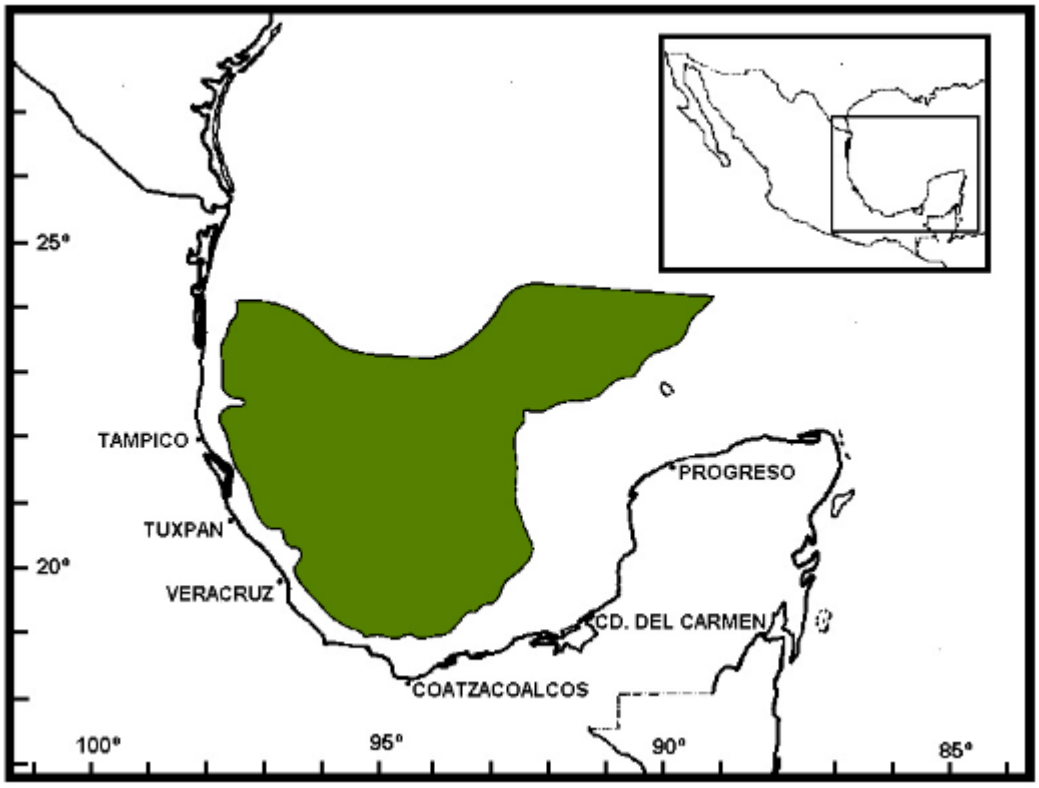


Fig. 4. Área principal de operación de la flota palangrera mexicana, para la pesca de atún aleta amarilla.

(tipo americano). Consiste en una línea principal de monofilamento (línea madre) de nylon (4.0-4.5 mm ∅, 545-614 kg), que está sostenida en sentido horizontal por una serie de flotadores con líneas verticales de monofilamento, llamados orinques (1.8-2.0 mm ∅, 136-183 kg).

A su vez, de la línea madre penden a intervalos regulares otras líneas (reinales) con especificaciones semejantes a las de los orinques, cada una con un anzuelo que en el 95% de los viajes es de tipo "circular" o "garra de águila" (No. 16/0). Ocasionalmente se usa el anzuelo conocido como "noruego" o "recto".

La extensión del palangre y las dimensiones de sus partes son variables dependiendo de la estrategia de pesca, pero típicamente la línea madre cubre una distancia de 55 a 75 km, con un promedio de 900 anzuelos; usualmente se colocan cuatro reinales (a veces cinco) a intervalos de 50 m aproximadamente, entre cada par de flotadores.

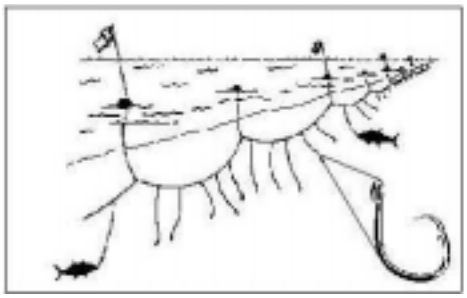


Fig. 5. Palangre atunero a la deriva y detalle de un anzuelo "circular". Esquema no a escala.

La longitud de los orinques suele variar entre 46 y 55 m, la de los reinales de 13 a 27 m. El equipo queda finalmente integrado con accesorios de señalización y localización: radioboyas (dos a cuatro), pantallas reflectoras de radar (siete a 10) y lámparas de luz intermitente (una a tres).

Como carnada frecuentemente se utilizan peces vivos, que suelen ser capturados por las mismas embarcaciones mediante varas y líneas con múltiples anzuelos, usando como señuelos fragmentos de material sintético. La especie preferida es el carángido "ojón" (*Selar crumenophthalmus*).

El calado del palangre dura cerca de 4 horas y el cobrado o virado tiene una duración de 6 a 12 horas. Ambos dependen de diversos factores como el tamaño del palangre y las condiciones climáticas

Una maniobra de pesca típica comienza con la pesca de carnada, que debe realizarse en noches sin luna y con el auxilio de luces a bordo para concentrar los peces alrededor del barco; esta fase tiene una duración de cinco a siete horas, para capturar aproximadamente 4,000 peces (en condiciones favorables). A continuación el barco navega hasta la zona de pesca, donde en las primeras horas de la madrugada comienza la maniobra del lance con el calado o largado de la línea madre y todos los componentes del palangre por la popa; esta etapa dura aproximadamente cuatro horas, variando según el número de anzuelos y el estado del mar. Al terminar, la embarcación se mantiene en las cercanías y se traslada al extremo del inicio del calado, que es el primero en levantarse. El cobrado o virado del palangre se efectúa por una banda y se inicia antes del mediodía; su duración (seis a 12 horas) depende de muchos factores, entre ellos el número y tipo de peces capturados, las condiciones climáticas y del mar o la ocurrencia de averías.

La flota palangrera mexicana es muy homogénea en cuanto a embarcaciones, equipos, artes y maniobras de pesca, por lo que sus operaciones y resultados pueden enmarcarse dentro de una misma categoría.

▼ *Tendencias históricas*

Como ya se mencionó, el atún aleta amarilla del Golfo de México ha sido aprovechado por las pesquerías de Japón, Estados Unidos y México, logrando niveles históricos de capturas sensiblemente distintos (Fig. 6).

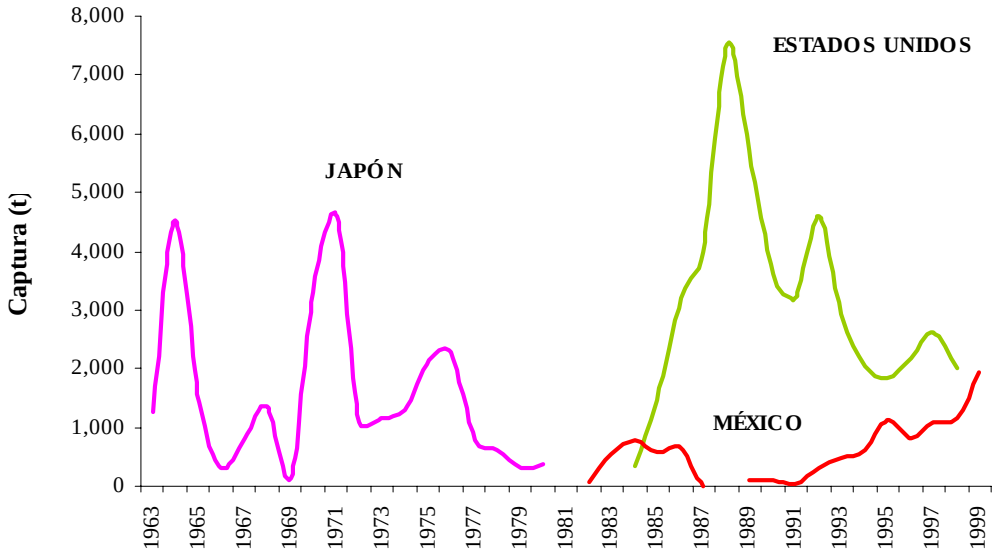


Fig. 6. Capturas históricas de atún aleta amarilla en el Golfo de México, 1963 – 1999.

Las capturas japonesas de atún aleta amarilla fueron muy variables entre 1963 y 1972, con un mínimo en 1969 y máximo en 1971. Posteriormente las capturas se comportaron de manera más estable, descendiendo entre 1976 y 1980.

Durante el periodo completo (1963-1980) Japón obtuvo una captura promedio anual de 1,548 t (31,019 peces), registrándose las mayores capturas de mayo a septiembre y las mínimas entre octubre y enero.

La pesquería de los Estados Unidos se puede dividir en dos etapas en cuanto a captura:

1. Un ascenso, desde el principio de las operaciones (1984) y hasta alcanzar el valor máximo de 7,514 t (150,581 peces) en 1988, cuando su flota contaba con 350-400 barcos (Russell, 1992). Se considera que este crecimiento se debió en parte a la transición hacia el uso de carnada viva (Browder *et al.*, 1990).

2. Posteriormente esta captura ha descendido, al igual que el número de embarcaciones, con un repunte temporal en 1992.

Actualmente la pesquería de atún de los Estados Unidos coexiste e interacciona con la pesquería mexicana en el Golfo de México

La captura promedio anual (1984-1995) equivale a 3,344 t. La mayor actividad de la flota se ha desarrollado entre los meses de junio y agosto.

En la evolución de las capturas de la pesquería mexicana se distinguen tres periodos:

1. El primero entre 1982 y 1984, con una fase de aumento hasta 772 t (18,825 atunes), capturadas por 16 barcos; luego una baja (con leve recuperación en 1986) que obedeció a problemas operativos en la flota de Alvarado, Ver. La captura promedio anual (1982-1987) fue de 437 t. Cabe señalar que en este periodo la pesca se realizó con palangres tipo japonés y carnada muerta. La flota era heterogénea en las dimensiones y potencia de pesca de los barcos. La actividad prácticamente se interrumpió en 1988.

2. En el segundo periodo (1989-1991) la pesquería se reinició modestamente en 1989 con la flota de Yucalpetén-Progreso, Yuc.; se caracterizó por bajos volúmenes de producción, registrando captura

promedio anual de 71 t. Desde entonces se viene utilizando el palangre de monofilamento tipo americano, con carnada viva.

3. El periodo reciente se distingue por un aumento constante en las capturas, con promedio anual (1992-1999) de 942 t, alcanzando un máximo histórico de 1,936 t capturadas en 1999 (SEMARNAP, 2000).

La participación por estado en la descarga de atún entre 1995 y 1999 (SEMARNAP, 1996b, 1997, 1998, 1999 y 2000) estuvo encabezada, de manera consistente, por Veracruz y en segundo lugar por Yucatán (Fig. 7).

La abundancia relativa aparente o "éxito de pesca" de un recurso, puede estimarse a través de la tasa de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresada como el número promedio de peces capturados por 100 anzuelos. Para el atún aleta amarilla esta tasa experimenta variaciones a lo largo del año, con valores altos entre los meses de mayo y agosto, así como en noviembre (Fig. 8).

El comportamiento anual de esta tasa sugiere una tendencia de disminución entre 1993 y 1996, seguida por una recuperación en 1997 (Fig. 9).

De igual modo, la pesquería palangrera de Estados Unidos experimentó una baja constante en la tasa de captura nominal (peces/100 anzuelos) para el atún aleta amarilla del Golfo de México, desde más de 1.5 en 1992 (máximo 1987-1995), hasta menos de uno en 1995.

Sin embargo, los valores de CPUE nominal no suelen proporcionar una medida directa de la abundancia. Son también resultado de cambios en la disponibilidad, vulnerabilidad o capturabilidad de los peces (Bigelow *et al.*, 1999), que se deben a diversos factores como por ejemplo la dispersión espacial del recurso en respuesta a la estructura térmica, profundidad y estado del mar, o la estrategia que adopten los pescadores

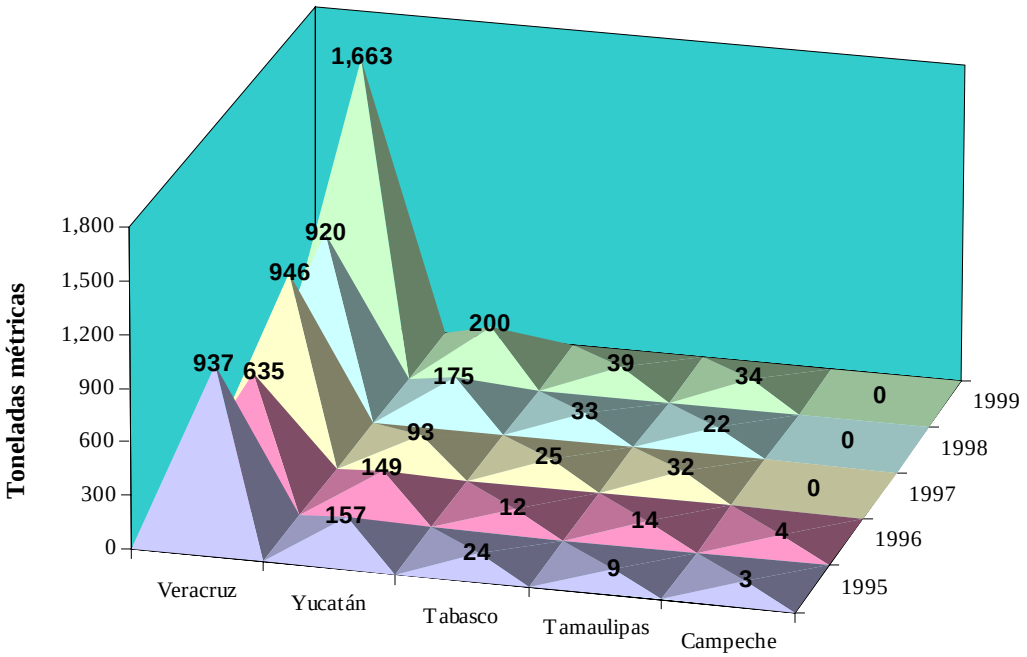
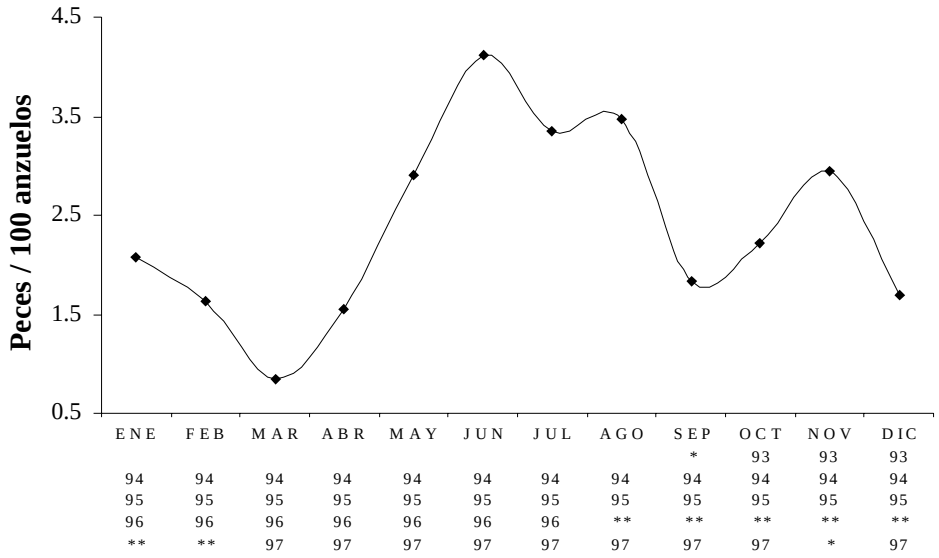
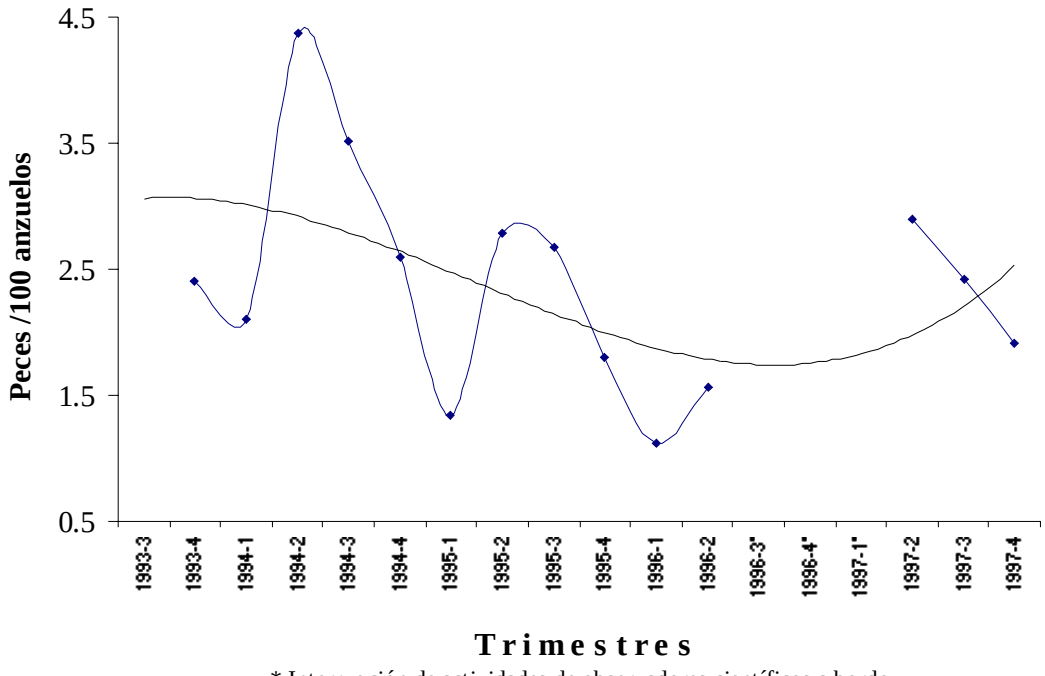


Fig. 7. Participación por estado en la descarga de atún del Golfo de México (1995-1999).



* No incluido en el cálculo por registrar menos de 5 lances.
** Interrupción de actividades de observadores científicos a bordo.

Fig. 8. Estacionalidad de la tasa de captura nominal para el atún aleta amarilla. Se indican los años que intervienen en el cálculo de cada promedio mensual. Flota palangrera mexicana, 1993 - 1997.



* Interrupción de actividades de observadores científicos a bordo.

Fig. 9. Tendencia de la tasa de captura nominal para el atún aleta amarilla. Flota palangrera mexicana.

al decidir la configuración del equipo de pesca, tipo de carnada, zona, época del año y hora en que se efectúan los lances, entre otros.

Con el fin de obtener índices de abundancia estandarizados para el atún aleta amarilla, que puedan emplearse para la evaluación de stocks, el Instituto Nacional de la Pesca y el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) de los Estados Unidos están trabajando en la aplicación de Modelos Lineales Generalizados a series de tasas de captura nominal de las flotas de ambos países, dentro del marco del programa cooperativo MexUs-Golfo.

Los resultados, aún preliminares, muestran un descenso en el índice relativo de abundancia (1992-1996), con posterior estabilización (1997-1999) en valores cercanos al 90% del promedio de la serie (Fig. 10). Entre 1995 y 1999 no se observa tendencia alguna en particular (González-Ania *et al.*, 2000). La abundancia del atún aleta amarilla en el Golfo de México dista de ser homogénea. La *figura 11* muestra que, de acuerdo con los resultados preliminares de la estandarización de las tasas de captura, las mayores abundancias se localizan en la porción sur, en particular frente a las costas de los estados de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco.

Las fluctuaciones de la CPUE responden a desplazamientos cortos del recurso, por motivos tróficos y reproductivos. Su distribución y magnitud espacio-temporal dependen de factores climáticos y oceanográficos

La distribución geográfica de la tasa nominal de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) experimenta fluctuaciones estacionales que reflejan los desplazamientos tróficos y reproductivos del recurso, probablemente en respuesta a la variabilidad de factores climáticos y oceanográficos, en particular la temperatura del mar, las aportaciones de materiales terrígenos por los ríos y los patrones regionales de circulación marina. Los cambios en la distribución y magnitud de la CPUE nominal también son resultado de la estrategia de los pescadores para seguir los movimientos ("corridas") del atún.

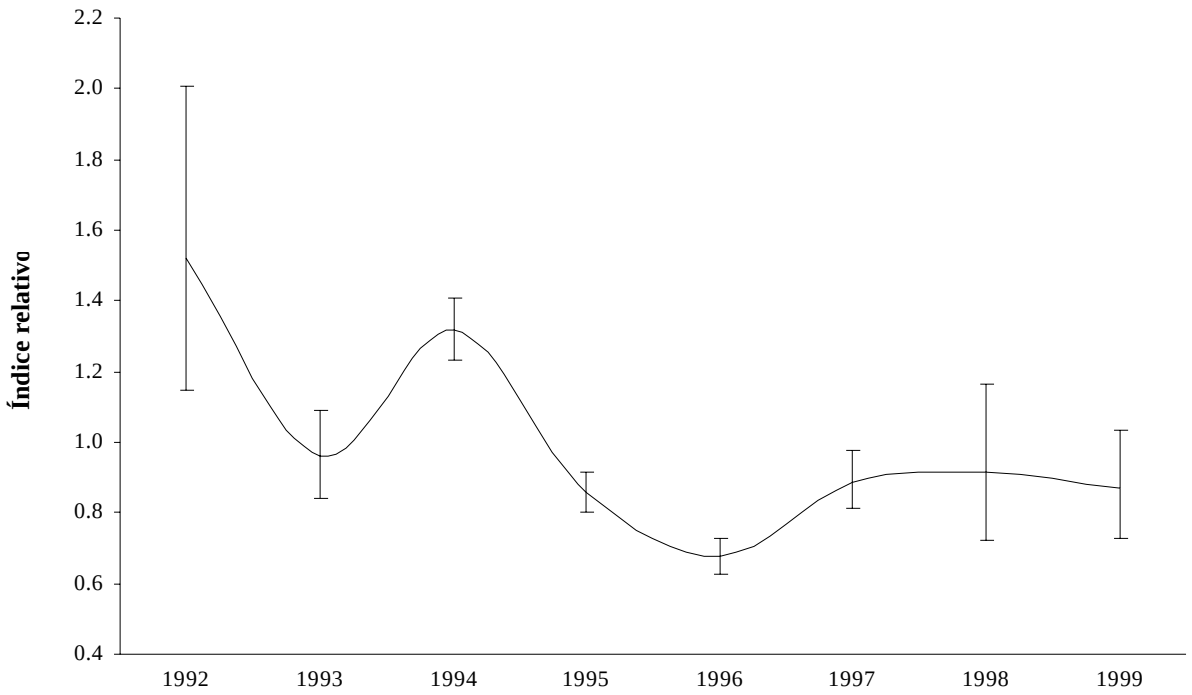


Fig. 10. Tendencia del índice de abundancia estandarizado para el atún aleta amarilla e intervalos de confianza de 95%. Valores relativos al promedio de la serie 1992-1999 (Índice relativo = 1.0). Flota internacional en el Golfo de México. Resultados preliminares.

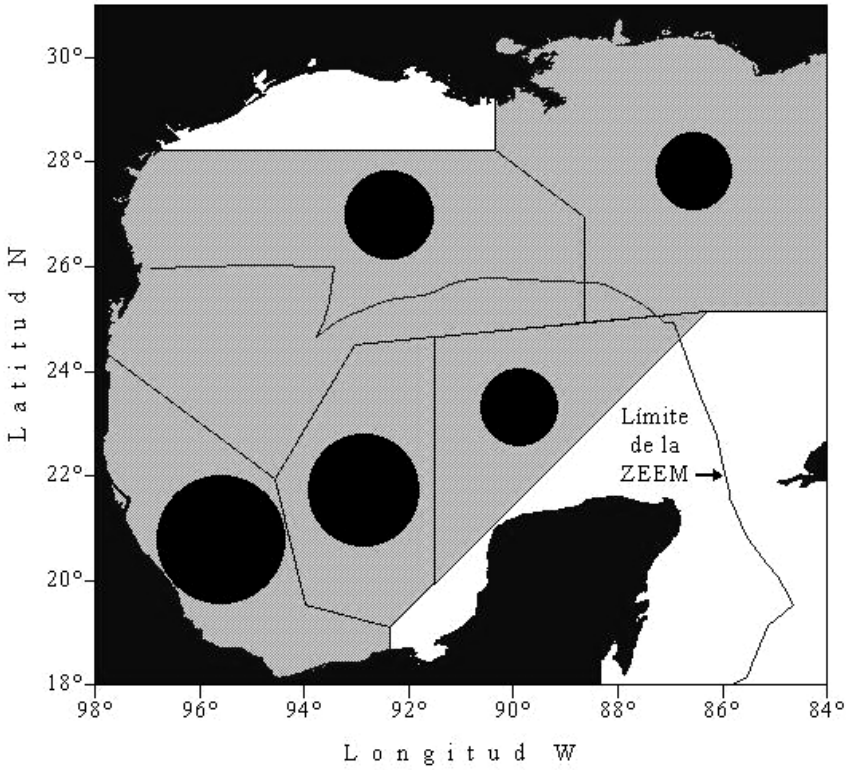


Fig. 11. Abundancia relativa del atún aleta amarilla (círculos) en 5 zonas del Golfo de México, de acuerdo con resultados preliminares de estandarización de tasas de captura. Flota internacional, 1992-1997.

Durante primavera y verano las tasas de captura intermedias y altas se localizan en las porciones central, sur y oeste de la ZEE, donde se concentra la actividad de la flota. En otoño e invierno la zona de pesca se extiende más al norte y al este. En esta temporada los valores más altos de CPUE se registran frente a las costas de Tamaulipas, al norte de Yucatán y cerca del centro de la ZEE, si bien con magnitud bastante inferior a la CPUE de primavera-verano (Fig. 12).

▼*Pesca incidental*

El palangre atunero empleado por la flota palangrera mexicana es un arte de pesca selectivo, con capturas integradas en más de 50% (con respecto al peso o al número) por el atún aleta amarilla.

La captura incidental está constituida por una variedad de peces depredadores de la comunidad pelágica, en proporciones variables. Entre los más representados destacan los picudos, el peto, el dorado y algunos tiburones. Por otra parte, el atún aleta azul, el patudo, el barrilete y otros tiburones son especies infrecuentes.

Durante 1997, la captura de la flota mexicana estuvo integrada por atún aleta amarilla (56.37%), otros atunes (8.67%), peces picudos (9.59%), tiburones (3.22%) y otros peces (22.15%)

Al igual que en el caso de la CPUE, la composición de las capturas también presenta variaciones geográficas a través del año. En primavera y verano la mayor diferencia es latitudinal, con valores más altos de captura incidental al sur de 23° N. En cambio, durante el otoño e invierno se observa un contraste entre las regiones al este y oeste de 94° O, pero con las mínimas proporciones de atún aleta amarilla al sur de 19° N (Fig. 12).

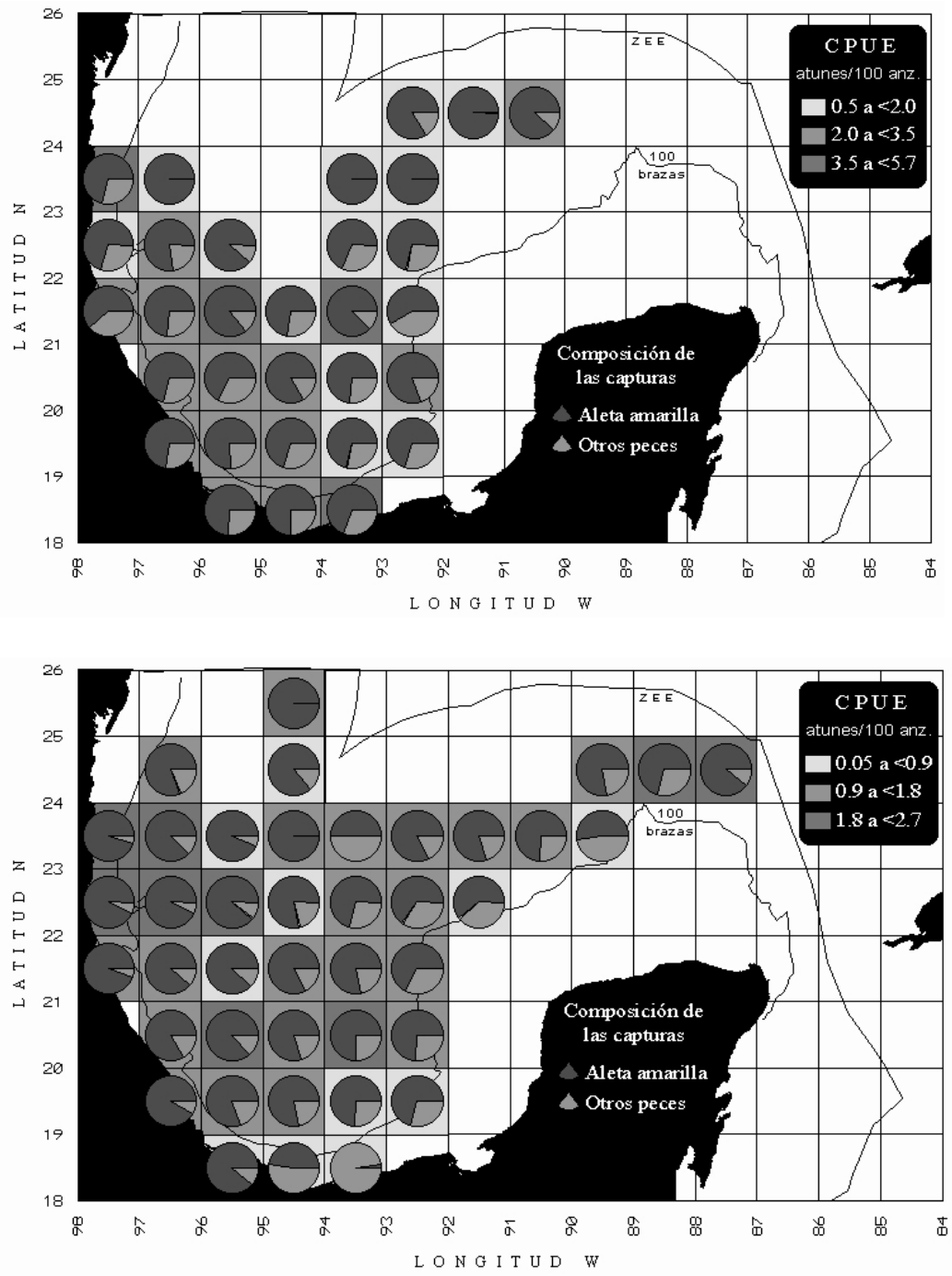


Fig. 12. Distribución geográfica de la CPUE nominal y composición relativa de las capturas de la flota palangrera mexicana, 1995. Panel superior: primavera-verano; panel inferior: otoño-invierno.

Una fracción de los peces capturados de manera fortuita habitualmente se libera en condiciones de sobrevivencia; el pez vela, los marlines, varios tiburones y peces con escaso valor comercial figuran entre las especies con los mayores porcentajes de liberación.

La parte de la captura que se descarta muerta está dominada por especies no aprovechables, junto con individuos que carecen de valor por ser inferiores a la talla comercial o estar maltratados; este es el caso

de una pequeña proporción del atún aleta amarilla, que se libera vivo cuando mide menos de 1.0 m (≅ 20 kg) o se descarta dañado, frecuentemente por mordidas de tiburones o grandes odontocetos (Tabla 1).

Tabla 1. Composición, destino y uso de la captura de la flota palangrera mexicana del Golfo de México, 1997.

NOMBRE		DESTINO				
COMÚN	CIENTÍFICO	% Retenido	% Liberado vivo	% Descartado muerto	USO	Proporción en la captura total (% del número)
CAPTURA TOTAL		**73.30**	**6.51**	**20.19**		**100.00**
ESPECIE OBJETIVO						
Atún aleta amarilla	*Thunnus albacares*	**90.22**	**4.62**	**5.16**	Exportación/consumo local	**56.37**
CAPTURA INCIDENTAL		**51.44**	**8.95**	**39.61**		**43.63**
OTROS ATUNES		**88.53**	**5.44**	**6.03**		**8.67**
Atún aleta negra	*Thunnus atlanticus*	91.42	6.08	2.50	Consumo local/venta	6.57
Barrilete	*Katsuwonus pelamis*	79.89	0.56	19.55	Consumo local/venta	1.83
Atún aleta azul	*Thunnus thynnus thynnus*	61.54	38.46	0.00	Exportación	0.13
Patudo (ojón)	*Thunnus obesus*	92.31	7.69	0.00	Venta/exportación	0.13
PICUDOS		**83.44**	**11.65**	**4.91**		**9.59**
Pez vela	*Istiophorus albicans*	80.57	11.48	7.95	Venta/consumo local	4.64
Pez espada	*Xiphias gladius*	91.86	5.23	2.91	Exportación/venta	1.76
Marlin blanco	*Tetrapturus albidus*	86.17	13.83	0.00	Venta/consumo local	0.96
Marlin azul	*Makaira nigricans*	78.89	20.00	1.11	Venta/consumo local	0.92
Marlin aguja larga	*Tetrapturus pfluegeri*	90.48	7.94	1.59	Venta/consumo local	0.65
Marlines no identificados		80.33	18.03	1.64	Venta/consumo local	0.63
Picudos no identificados		0.00	33.33	66.67	(No embarcados)	0.03
TIBURONES		**81.85**	**14.97**	**3.18**		**3.22**
Tiburón puntas negras	*Carcharhinus falciformis, C. brevipinna, C. limbatus*	97.78	2.22	0.00	Consumo local/venta	0.92
Tiburón mako (alecrín)	*Isurus paucus, I. oxirinchus*	81.82	9.09	9.09	Consumo local/venta	0.34
Tiburón toro (chato)	*Carcharhinus leucas*	93.10	6.90	0.00	Consumo local/venta	0.30
Tiburón puntas blancas	*Carcharhinus longimanus*	14.29	85.71	0.00	Consumo local/venta	0.22
Tiburón zorro (thresher)	*Alopias vulpinus, A. superciliosus*	73.68	15.79	10.53	Consumo local/venta	0.19
Tiburón tigre (tintorera)	*Galeocerdo cuvier*	66.67	22.22	11.11	Consumo local/venta	0.18
Tiburón martillo (cornuda)	*Sphyrna lewini, S. mokarran*	100.00	0.00	0.00	Consumo local/venta	0.07
Tiburones no identificados		81.44	15.46	3.09	Consumo local/venta	0.99
OTROS PECES		**18.65**	**8.28**	**73.07**		**22.15**
Lanceta (perro, suegra)	*Alepisaurus ferox, A. brevirostris*	0.24	4.20	95.56	No se utiliza	12.93
Aceitoso (escolar)	*Lepidocybium flavobrunneum*	0.48	20.58	78.93	No se utiliza	4.23
Peto (wahoo)	*Acanthocybium solandri*	91.35	0.96	7.69	Consumo local/venta	2.13
Dorado	*Coryphaena hippurus, C. equiselis*	89.29	2.98	7.74	Venta/consumo local	1.72
Jurel	(Familia Carangidae)	97.37	2.63	0.00	Venta/consumo local	0.39
Manta	*Manta spp., Mobula spp.*	0.00	95.45	4.55	No se utiliza	0.23
Globo	(Familias Diodontidae y Tetraodontidae)	0.00	60.00	40.00	No se utiliza	0.10
Bonito	*Euthynnus alletteratus, Sarda sarda*	100.00	0.00	0.00	Venta/consumo local	0.07
Barracuda	*Sphyraena barracuda*	100.00	0.00	0.00	No se utiliza	0.06
Mola (pez sol)	*Mola mola, M. lanceolata, Ranzania spp.*	0.00	75.00	25.00	No se utiliza	0.04
Pomfret (mojarrón)	(Familia Bramidae)	0.00	0.00	100.00	No se utiliza	0.02
Peces no identificados		38.10	14.29	47.62	No se utiliza	0.22

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El aprovechamiento de túnidos con embarcaciones palangreras en aguas de jurisdicción federal constituye una pesquería en pleno desarrollo y orientada hacia la pesca del atún aleta amarilla, lo que ha propiciado un crecimiento de la flota, por lo que es necesario mantener un régimen de pesca que garantice el desarrollo ordenado y sostenible de la pesquería dirigida hacia esta especie, así como contribuir a la conservación de las especies que se capturan de manera incidental.

En este sentido, la *Norma Oficial Mexicana que Regula el Aprovechamiento de las Especies de Túnidos con Embarcaciones Palangreras en Aguas de Jurisdicción Federal del Golfo de México y Mar Caribe* (NOM-023-PESC-1996), publicada en el D.O.F. el 4 de agosto de 1997, estipula que sólo se permite realizar la pesca comercial de atún con palangre a embarcaciones con eslora total máxima de 37 m, con un palangre atunero de superficie a la deriva por embarcación.

El número máximo de unidades de esfuerzo pesquero que pueden participar se establece en 45 embarcaciones, cifra que será revisada periódicamente con base en los resultados de la investigación científica y tecnológica sobre el desarrollo de la pesquería.

La NOM-023-PESC-1996 establece regulaciones específicas para las siguientes especies capturadas de manera incidental:

Atún aleta azul o rojo (*Thunnus thynnus*).
Pez espada (*Xiphias gladius*).
Pez vela (*Istiophorus albicans*).
Marlin (Géneros *Makaira* y *Tetrapturus*).
Tiburones

La NOM-023-PESC-1996, estipula las características de las embarcaciones palangreras; un número máximo de 45 unidades de esfuerzo pesquero (variable de acuerdo a estudios científicos y técnicos), así como regulaciones precisas para las especies capturadas incidentalmente

Para cada embarcación, la tasa anual de captura incidental de estas especies (en conjunto) no debe ser mayor del 20% de su captura nominal (total), obtenida durante un año calendario; los peces liberados en condiciones de sobrevivencia no se consideran parte de la captura incidental de la embarcación, para efecto del cálculo. Esto constituye un reconocimiento y un estímulo para el cumplimiento de las disposiciones.

La captura incidental de atún aleta azul o rojo sólo se puede retener si los individuos pesan como mínimo 30 kg (LF ≥ 115 cm); los individuos inferiores a ese peso o talla, así como el marlin, pez vela y pez espada de cualquier talla, se deben liberar en buenas condiciones de sobrevivencia y sólo se podrán retener si se encuentran muertos al traerlos al costado del barco; en lo que respecta a tiburones, deben ser aprovechados íntegramente, quedando expresamente prohibido el aprovechamiento exclusivo de las aletas.

Los pescadores de atún deben participar en los programas de investigación de la pesquería de túnidos y permitir la participación a bordo de observadores científicos autorizados por la SEMARNAP

Los embarques de atún aleta azul o rojo con destino a la exportación deben acompañarse de un “Certificado de Participación en el Programa Estadístico”, que la CICAA ha puesto en funcionamiento para esta especie.

Todo titular de un permiso o concesión tiene la obligación, entre otras, de participar en los programas de investigación de la pesquería de túnidos, de las poblaciones de especies capturadas incidentalmente y de las capturadas para usar como carnada.

Asimismo, debe permitir la participación a bordo de observadores científicos autorizados por la SEMARNAP, apoyándolos y otorgándoles facilidades en todos los sentidos para el desempeño de sus funciones.

Los titulares de los permisos o concesiones, capitanes y técnicos de pesca de las embarcaciones, son corresponsables en el cumplimiento de esta Norma; las sanciones por no acatar las disposiciones de orden técnico que contiene, incluyen la revocación del permiso o concesión.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

Se han realizado pocas evaluaciones cuantitativas para el atún aleta amarilla del Golfo de México (Compean, 1989; Brown *et al.*, 1990).

Prager y Browder (1991) consideraron como hipótesis de trabajo que el aleta amarilla del Golfo de México constituye un stock o subunidad de stock del Océano Atlántico y aplicaron con carácter exploratorio un modelo de dinámica poblacional a los datos disponibles de captura y esfuerzo de las pesquerías de Japón, Estados Unidos y México (1963-1990).

El método utilizado se denomina ASPIC (*A Surplus-Production Model Incorporating Covariates*) y consiste en un modelo dinámico de biomasa de Schaefer que se ajusta a datos de captura y esfuerzo. Partiendo de estos datos facilita estimaciones de la biomasa en el tiempo $t + 1$, mediante la ecuación:

$$B_{t+1} = -\frac{B_t K\left(qf_t - r\right)e^{r-qft}}{B_t re^{r-qft} + r\left(K - B_t\right) - qf_t K} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

B_t = Nivel de la biomasa en el tiempo t
K = Capacidad de carga de la población
r = Tasa intrínseca de crecimiento del stock
q = Constante de proporcionalidad
f_t = Esfuerzo de pesca en el tiempo t

El modelo también permite definir el rendimiento esperado ($\hat{Y}_t$) durante un periodo.

La ecuación que permite calcular este rendimiento en el tiempo t es:

$$\hat{Y}_t = \frac{qf_t K}{r} \ln\left[\frac{B_t re^{r-qft} - qf_t K + Kr - B_t r}{Kr - qf_t K}\right] \quad \text{.....(3)}$$

Además, es posible determinar la producción estimada (P_t) para el stock en el tiempo t:

$$P_t = B_{t+1} - B_t + Y_t \quad \text{.....(4)}$$

El modelo ASPIC permite asumir una condición dinámica (no hay equilibrio) ajustando una serie de ecuaciones directamente a los datos mediante técnicas de optimización estándar; los datos que se requieren son rendimiento (Y) y esfuerzo de pesca (f) para un periodo T (años) en donde t = (1, 2, ... T) y T>4; también se requiere estimar los cuatro parámetros B_1, r, K y q. Éstos los obtiene directamente mediante el algoritmo “polytope”.

La optimización proporciona directamente una estimación de los cuatro parámetros mencionados e indirectamente la estimación de los niveles de biomasa del stock B_2, B_3,.... B_T , así como la producción del stock en cada periodo. Dada una dinámica logística, el rendimiento máximo sostenible (RMS) es $Kr/4$, el cual se alcanza a un tamaño de stock de $K/2$; la tasa instantánea de mortalidad por pesca que genera el RMS es $r/2$ y la correspondiente tasa de esfuerzo por pesca es $r/2q$.

El mejor ajuste para el modelo se obtuvo mediante la minimización de los residuales cuadrados (SsQ) en el rendimiento (Y) en la cual se aplica la restricción para que la biomasa del stock siempre sea menor que la capacidad de carga K:

$$\mathrm{SsQ} = \sum_{t=1}^{r}\left(\frac{Y_t - \hat{Y}_t}{Y_t}\right)^2 + dwB\left(2\frac{\hat{B}_1 - K}{\hat{B}_1 + K}\right)^2 \quad \text{.....(5)}$$

donde:

Y_t = rendimiento obtenido (captura en peso) en el tiempo t

$\hat{Y}_t$ = rendimiento estimado en el tiempo t

B_t = nivel de la biomasa de la población en el tiempo t

Las principales ventajas del modelo ASPIC son: a) se trata de un auténtico modelo dinámico en condiciones de no equilibrio que toma en cuenta las capturas de forma correcta; b) su concepto es sencillo, emplea una función analítica de la ecuación de producción; c) elimina la necesidad de emplear la captura por unidad de esfuerzo como índice de abundancia, práctica que ha sido criticada desde el punto de vista estadístico y d) puede modificarse fácilmente.

La aplicación inicial del modelo produjo un valor de r = 0.52, que en el modelo logístico equivale a:

$$F_{\mathrm{RMS}} = r/2 = 0.26$$

Sin embargo, esta cifra se consideró muy baja para una especie dinámica como el atún, con altas tasas de crecimiento y mortalidad.

Basándose en argumentos biológicos y datos del Atlántico oriental (Fonteneau, 1989), se adoptó como hipótesis de trabajo que el stock de atún aleta amarilla del Golfo de México puede soportar en forma sustentable una tasa de mortalidad por pesca de 0.75 a 1.5 en términos de biomasa al año ($1.5 \leq r \leq 3$). Para efecto de una estimación específica, r = 2.0 es un valor representativo y conservador (Tabla 2).

Dentro del rango de r, el RMS es superior a la máxima captura histórica de la flota de Estados Unidos en 1988 (7,514 t); sin embargo, desde entonces no se ha registrado un rendimiento semejante.

Tabla 2. Resultados de aplicación del modelo ASPIC a datos de captura y esfuerzo de las pesquerías palangreras del Golfo de México, para el rango $1.5 \leq r \leq 3$ y resultados específicos bajo el supuesto de r = 2.0

r	RMS	B_{RMS}	F_{RMS}	$f_{\mathrm{M\ RMS}}$	$f_{\mathrm{E\ RMS}}$	$f_{\mathrm{J\ RMS}}$
1.5	8,969	11,960	0.75	6.965×10^{6}	15.656×10^{6}	12.76×10^{6}
2.0	10,490	10,490	1	8.167×10^{6}	18.64×10^{6}	14.96×10^{6}
2.5	12,040	9,632	1.25	9.394×10^{6}	21.702×10^{6}	17.21×10^{6}
3.0	13,550	9,030	1.5	10.590×10^{6}	24.713×10^{6}	19.40×10^{6}

r	B_{1963}	B_{1990}	K	q_M	q_E	q_J
2.0	25,270	20,000	20,980	1.224×10^{-4}	5.364×10^{-5}	6.684×10^{-5}

Asimismo, la biomasa calculada para 1990 es mayor que la correspondiente al rendimiento máximo sostenible ($B_{1990} \cong 2\ B_{RMS}$); en el caso particular de $r = 2.0$ la biomasa relativa es $B_{1990}/B_{RMS} = 1.91$.

El esfuerzo pesquero óptimo en anzuelos de esfuerzo mexicano ($7.0\text{-}8.2*10^6$ anzuelos anuales) es inferior al de las otras dos flotas, como resultado de la estimación de $q_M > q_E$, q_J, pero está de 3 a 4 veces por encima de los valores ejercidos históricamente por la flota mexicana.

Por otra parte, la CICAA realiza evaluaciones anuales o bianuales del aleta amarilla bajo el supuesto de un stock único en todo el Atlántico, mediante varios modelos:

- PRODFIT. Modelo de producción en situación de equilibrio
- ASPIC. Modelo de producción en situación de no equilibrio
- ADAPT VPA (FADAPT v. 3). Análisis de población virtual (estructura de talla)
- ADAPT VPA (vector F_k). Análisis de rendimiento por recluta

El modelo en equilibrio (aplicado en 1998) estima el RMS en un rango de $1.475*10^5$ a $1.558*10^5$ t. El modelo en no equilibrio (aplicado también en 1998) produce una estimación del RMS de $1.517*10^5$ t, biomasa relativa $B_{1997}/B_{RMS} = 1.17$ (0.92-1.35) y mortalidad por pesca relativa $F_{1997}/F_{RMS} = 0.73$ (CICAA, 1999).

▼*Estado Actual de la Pesquería de Atún Aleta Amarilla*

El análisis exploratorio de las pesquerías de atún aleta amarilla en el Golfo de México representa el primer paso para estimar puntos de referencia biológicos con los cuales cuantificar el nivel de explotación del recurso. Sus resultados, aunque deben considerarse como provisionales, indican la existencia de un potencial de desarrollo que se debe volver a cuantificar con datos actualizados e índices de abundancia estandarizados.

Los resultados de la CICAA reflejan que el stock de aleta amarilla del Atlántico se encuentra en un nivel de aprovechamiento adecuado, si bien la captura en 1997 ($1.308*10^5$ t) se situó un 11.3% debajo del RMS mínimo estimado. Por lo anterior, la CICAA (1999) recomendó mantener el esfuerzo global en sus niveles actuales. Sin embargo, a diferencia de años anteriores, en 1999 la CICAA recomendó además un límite a la captura total del orden de $1.48*10^5$ t (media 1996-98) a $1.56*10^5$ t (la estimación más alta del RMS).

El resultado provisional del análisis exploratorio de las pesquerías de atún aleta amarilla del Golfo de México, indica un potencial de desarrollo. Por su parte, los resultados de la CICAA ubican al recurso del Atlántico en un nivel de aprovechamiento adecuado

Conviene señalar que en 1993 el Comité Permanente de Investigaciones y Estadísticas (SCRS, por sus siglas en inglés) de la CICAA recomendaba ampliar las investigaciones sobre la estructura del stock de atún aleta amarilla para confirmar la identidad de sus distintos componentes y elaborar modelos que tuvieran en cuenta las tasas de mezcla entre ellos; los modelos de este tipo, como el desarrollado por Fonteneau (1991), resultan más adecuados para las evaluaciones de stocks con estructura como la del atún aleta amarilla.

No obstante, el SCRS consideró que las evaluaciones se debían efectuar de manera provisional bajo el supuesto de un sólo stock, ante la ausencia de conocimientos más amplios sobre los procesos de migración y las tasas de mezcla.

Las diversas pesquerías de atún aleta amarilla aprovechan segmentos distintos de las poblaciones y con diferente intensidad, como es el caso de las pesquerías de superficie y profundidad distribuidas en el Océano Atlántico. Las pesquerías con artes de superficie, principalmente cerco y vara, han aumentado su importancia relativa en la producción, pasando de aproximadamente 80% en 1995, a 88% de la captura total de atún aleta amarilla en 1998, con elevada mortalidad por pesca sobre los juveniles.

En 1973, la CICAA determinó como talla mínima de captura del atún aleta amarilla los 3.2 kg, la cual no ha sido observada por dificultades prácticas, sobre todo en los últimos 15 años

En 1973 la CICAA adoptó una regulación (aún vigente) para fijar la talla mínima de captura del aleta amarilla en 3.2 kg (LF ≅ 55 cm), con una tolerancia de 15% en número de peces por desembarque. Sin embargo, dificultades prácticas para su aplicación y otras causas han provocado que esta medida no se haya cumplido hasta el momento, especialmente en los últimos 15 años, cuando las proporciones de juveniles menores de 3.2 kg se han mantenido habitualmente por arriba del 40% y a veces del 60% del número total de atunes aleta amarilla capturados. Así, la CICAA (1999) estima porcentajes de 60.8% en 1996 y 65.7% en 1997, atribuibles exclusivamente a las pesquerías de cerco y vara. Asimismo, de acuerdo con los análisis del SCRS, casi todo el atún aleta amarilla pequeño se captura en aguas del Atlántico este, ya que las tallas intermedias predominan en el Atlántico oeste.

De acuerdo con los resultados del análisis de rendimiento por recluta realizado por la CICAA, un aumento en la edad de primera captura a 1.25 años, correspondiente a la talla mínima de 3.2 kg, redundaría en un incremento aproximado de 10% en la producción por recluta (CICAA, 1996) y también produciría ganancias en la biomasa reproductora por recluta (CICAA, 1999).

En contraste, las pesquerías de palangre que capturan el atún aleta amarilla de profundidad, obtienen actualmente alrededor del 12% del volumen total e inciden fundamentalmente sobre individuos adultos, con peso promedio superior a 40.0 kg (LF ≅ 130 cm, clase de edad 3 años).

En los años recientes se ha dado una disminución del esfuerzo y las capturas de atún aleta amarilla con palangre en el Atlántico, a causa de un cambio de especie objetivo hacia el patudo, pero también por la importante reducción de varias flotas.

Lo anterior ilustra que las evaluaciones apoyadas en el enfoque de stock único producen una imagen global del estado del recurso, que es práctica para fines de gestión, pero desde luego representan mejor a las pesquerías de superficie, dominantes en esfuerzo y captura.

De hecho, las evaluaciones de stock para el atún aleta amarilla que realiza la CICAA, se basan en un índice de CPUE estandarizado con la eficacia de los barcos cerqueros, principalmente del Atlántico oriental.

Recientemente ha disminuido el esfuerzo hacia la captura de aleta amarilla con palangre, debido en parte al cambio hacia la pesquería de patudo, así como por la reducción de las flotas

Los índices de otras pesquerías sólo se toman en cuenta para los análisis de sensibilidad del VPA, el cual también se basa en el índice de los cerqueros.

La importancia relativa de las fluctuaciones en captura y esfuerzo de las pesquerías de palangre debe ponderarse con mejores elementos sobre la estructura de los stocks, la abundancia regional o local, los procesos de mezcla, las posibles interacciones con las pesquerías de superficie y los efectos de la variabilidad ambiental.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Los argumentos y supuestos de los modelos que se han aplicado para las evaluaciones del atún aleta amarilla a escala del Atlántico en general y del Golfo de México en particular, además de las limitantes en la calidad de la información, producen incertidumbre en la interpretación de los resultados.

En consistencia con lo anterior y considerando la evolución reciente de la captura, esfuerzo de pesca y CPUE en ambas escalas geográficas, se ha establecido en colaboración con los sectores productivos un plan de manejo adaptativo que contempla revisiones anuales del esfuerzo permisible, con una primera etapa en que la flota mexicana puede llegar paulatinamente a 45 embarcaciones, con potencia de pesca semejante a las que actualmente se encuentran en operación.

Se estima que esta cifra equivale a un esfuerzo de $2.0*10^6$ anzuelos anuales ($1.4\text{-}2.7*10^6$), que bajo condiciones actuales corresponden a una captura de atún de 1,400 t (950-1,850 t). Esto representa (con el supuesto de $r=2.0$) un 25% del F_{MRMS}, 13% de B_{RMS} = RMS y 7% de B_{1990}.

Para la actualización de estas estimaciones deben tomarse en cuenta los posibles cambios en la eficiencia y poder de pesca de la flota palangrera.

La estrategia de manejo adoptada promueve la dirección del esfuerzo de pesca hacia la especie objetivo. Asimismo, fomenta el aprovechamiento integral de las especies capturadas de manera incidental o bien su liberación en condiciones de sobrevivencia.

La abundancia regional o local del atún, los procesos de mezcla, las interacciones de las pesquerías de profundidad con las de superficie y los factores ambientales deben considerarse para explicar las variaciones de las pesquerías de palangre, así como su importancia relativa en el contexto del océano Atlántico

El esquema planteado en la NOM-023-PESC-1996 le da continuidad a los mecanismos concertados con los sectores productivos para el seguimiento de la pesquería, al formalizar la participación de observadores científicos a bordo de la flota. De igual modo, facilita las labores de inspección y vigilancia con el establecimiento de mecanismos específicos y principios claros para evaluar el desempeño.

Campos de colaboración

México tiene el estatus de Parte Colaboradora del Convenio de la CICAA y se mantiene observante de las recomendaciones que ésta emite. Como ejemplo de ello la NOM-023-PESC-1996 incorpora entre otros, aspectos tales como:

- Desarrollo de programas nacionales de observadores.
- Establecimiento de talla mínima de captura para el atún aleta azul.
- Emisión de Certificados de Participación en el Programa Estadístico para esta especie.
- Reducción de descartes.
- Disminución de captura fortuita.
- Liberación de peces en condiciones de sobrevivencia, principalmente pez vela y marlines.

Esto último representa una oportunidad de colaboración con los programas de marcado de la CICAA.

En el ámbito nacional, desde 1993 el INP ha trabajado en estrecha colaboración con los sectores productivos, quienes han participado de manera decisiva en el Programa de Investigación de la Pesca de Atún con Palangre en el Golfo de México, así como en el proceso de actualización de regulaciones que garanticen un desarrollo ordenado y sostenible de la pesquería.

Por otra parte, se requiere colaborar con instituciones de investigación y con los sectores productivos, para ampliar los conocimientos sobre varios aspectos, entre los que destacan:

1. Estimación de índices estandarizados de abundancia relativa para atunes, picudos y tiburones.
2. Identificación y evaluación de stocks e interacciones con otras pesquerías de atún del Océano Atlántico.
3. Investigación de parámetros oceanográficos en escalas de espacio y tiempo compatibles con las distribuciones del recurso y operaciones de pesca (datos de campo y satélite).

4. Biología del recurso (reproducción y crecimiento, entre otros).
5. Evaluación de las especies que se utilizan como carnada viva.
6. Pesca experimental y exploratoria.

REFERENCIAS

Albaret, J. J. 1977. La réproduction de l'albacora (*Thunnus albacares*) dans le Golfe de Guinee. Cah. ORSTOM Sér. Ocean. 15 (4): 389-419.

Bard, F. X., P. Cayre & T. Diouf. 1991. Migraciones. *En:* Fonteneau, A. & J. Marcille (eds.). Recursos, Pesca y Biología de los Túnidos Tropicales del Atlántico Centro-Oriental. Colección de Documentos Científicos, Madrid.

Bigelow, K. A., C. H. Boggs & X. He. 1999. Environmental effects on swordfish and blue shark catch rates in the U.S. North Pacific longline fishery. Fish. Oceanogr. 8 (3): 178-198.

Browder, J. A., E. B. Brown & M. L. Parrack. 1990. The U.S. longline fishery for yellowfin tuna in perspective. ICCAT Working Document SCRS/89/76 (YYP/89/15).

Brown, B. E., J. A Browder, J. Powers & C. D. Goodyear. 1990. Biomass, yield models, and management strategies for the Gulf of Mexico ecosystem. Proceedings of the Special Session on Biomass Yield Models at the 1990 Meeting of the American Association for the Advancement of Science.

Bullis, H. 1955. Preliminary report on exploratory long-line fishing for tuna in the Gulf of Mexico and the Caribbean sea. Comm. Fish. Rev. 17 (10): 1-20.

Capisano, C. & Fonteneau, A. 1991. Analyse des fréquences de longueur, du sex ratio et des zones de reproduction de l´albacore, *Thunnus albacares* de l´Atlantique. Rec. Doc. Scient. ICCAT 36: 241-279.

Carranza, J. 1955. La pesca del atún y sus posibilidades en el Golfo de México. Ediciones del Inst. Mex. Rec. Nat. Renov., A.C. México.

Cayré, P., J. B. Amon Kothias, T. Diouf & J. M. Stretta. 1991. Biología de los atunes. *En:* Fonteneau, A. & J. Marcille (eds). Recursos, Pesca y Biología de los Túnidos Tropicales del Atlántico Centro-Oriental. Colección de Documentos Científicos, Madrid.

CICAA. 1992. Informe del periodo bienal 1990-1991, parte II. Madrid.

CICAA. 1996. Informe detallado del rabil. Décima Reunión Extraordinaria, 1996. (inédito).

CICAA. 1999. Informe de la Reunión del Comité Permanente de Investigaciones y Estadísticas (SCRS). XVI Reunión Ordinaria de la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, 1999. (inédito).

Compean, G. A. 1989. Evolución de la captura, el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo en la pesca palangrera del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Golfo de México. CICAA Col. Doc. Científicos 30 (1): 28-38.

Compean, G. A. 1991. Evolución de la captura, el esfuerzo y la captura por unidad de esfuerzo en la pesca palangrera del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) del Golfo de México. Mem. VII Cong. Nal. de Ocean. Ensenada, B. C., México, julio 1987: 491-508.

Compean, G. A. & E. Yáñez. 1980. Análisis preliminar de la pesca palangrera en el Golfo de México: Japón de 1963 a 1976. CICAA, Col. Doc. Cient. 9 (1): 69-175.

Farber, M. I. 1992. Report of the bycatch of billfishes based on swordfish logbook data from 1987 through 1990. CICAA, Col. Doc. Cient. 39 (3): 659-667.

Fontana, A. & A. Fonteneau. 1978. Note sur les indices gonado-somatiques des albacores (*Thunnus albacares*) captures a la senne et a la palangre. Recl. Doc. Sci. CICTA 7 (1): 67-72.

Fonteneau, A. 1982. Dynanmique de la population d'albacora (*Thunnus albacares*) de l'ocean Atlantique. Thêse de Doctorat, Université de Paris VI, Paris.

Fonteneau, A. 1989. La surexploitation du stock d'albacore: mythe ou réalité?. ICCAT Working Document YYP/89/8-SCRS/89/49.

Fonteneau, A. 1991. Modelling a single Atlantic yellowfin Atlantic stock with a mixing model. ICCAT Working Document WTYF/91/15.

Fonteneau, A. 1994. Ageing the catch at size for yellowfin tuna. A review Note on ICCAT´S Methods. CICAA, Col. Doc. Cient. 42 (1): 120-123.

González-Ania, L. V., C. A. Brown & E. Cortés. 2000. Standarized catch rates for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the 1992-1999 Gulf of Mexico longline fishery based upon observer programs from Mexico and the United States. ICCAT Working Document SCRS/2000/67.

González-Ania, L. V., P. A. Ulloa-Ramírez, D. W. Lee, C. J. Brown & C. A. Brown. 1998. Description of Gulf of Mexico longline fisheries based upon observer programs from Mexico and the United States. International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, Collective Volume of Scientific Papers 48(3): 308-316.

González-Ania, L. V. & A. Zárate V. 1991. Estudio preliminar de la pesquería de atún en el Golfo de México. Mem. VII Cong. Nal. de Ocean. Ensenada, B.C., México, julio 1987: 593-604.

Grande-Vidal, J. M., C. A. Severino-Hernández & A. J. Valdéz. 1988. Evaluación tecnológica de las posibilidades de explotación comercial de atún en el Golfo de México. Ciencia Pesquera 6: 103-118.

International Game Fish Association (IGFA). 1984. World record game fishes. Florida, USA.

INP. 1996. La pesquería de atún con palangre en el Golfo de México. Elaborado de conformidad con el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para el Proyecto de la NOM-023-PESC-1996. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Iwamoto, T. 1965. Summary of tuna observations in the Gulf of Mexico on cruises of the exploratory fishing vessel Oregon, 1950-63. Comm. Fish. Rev. 27 (1): 7-14.

López, A. M., D. B. McClellan, A. R. Bertolino & M. D. Lange. 1979. The japanese longline fishery in the Gulf of Mexico, 1978. Mar. Fish. Rev. 41 (10): 23-28.

Miyake, M. 1990. Manual de operaciones. CICAA. Madrid.

Olvera, R. M., J. L. Cerecedo & G. A. Compean. 1988. Distribución de larvas de túnidos en el Golfo de México y Mar Caribe. Abundancia y biomasa de tres especies en la ZEE. Ciencia Pesquera 6: 119-140.

Prager, M. H. 1992. Aspic- a surplus-production model incorporating covariates. CICAA. Col. Doc. Cient. 38: 218-229.

Prager, M. H. & J. A. Browder. 1991. An exploratory dynamic surplus-production analysis of the japanese, mexican and U.S. longline fisheries for yellowfin tuna in the Gulf of Mexico. ICCAT Working Document SCRS/91/92.

Ramírez-Estévez, A. E. & M. Ornelas R. 1984. Distribución de larvas de la familia Scombridae en el Golfo de México y Mar Caribe. Tesis Profesional. Fac. Ciencias. UNAM, México.

Ramírez-Estévez, A. E., M. Ornelas R. & R. M. Olvera L. 1993. Distribución y abundancia de larvas de la familia Scombridae en el Golfo de México y Mar Caribe. Ciencia Pesquera 9: 89-112.

Rossignol, M. 1968. Le thon a nageoires jaunes de l'Atlantique (*Thunnus neothunnus albacores* Bonnaterre, 1788). Mem. ORSTOM 25: 1-11.

Russell, S. J. 1992. Shark bycatch in the northern Gulf of Mexico tuna longline fishery, 1988-91, with observations on the nearshore directed shark fishery. NOAA Tech. Rep. NMFS 115: 19-29.

Scott, G. P., V. R. Restrepo & A. Bertolino. 1992. Standardized catch rates for swordfish (*Xiphias gladius*) from the U. S. longline fleet through 1990. CICAA. Col. Doc. Cient. 39 (3): 554-573.

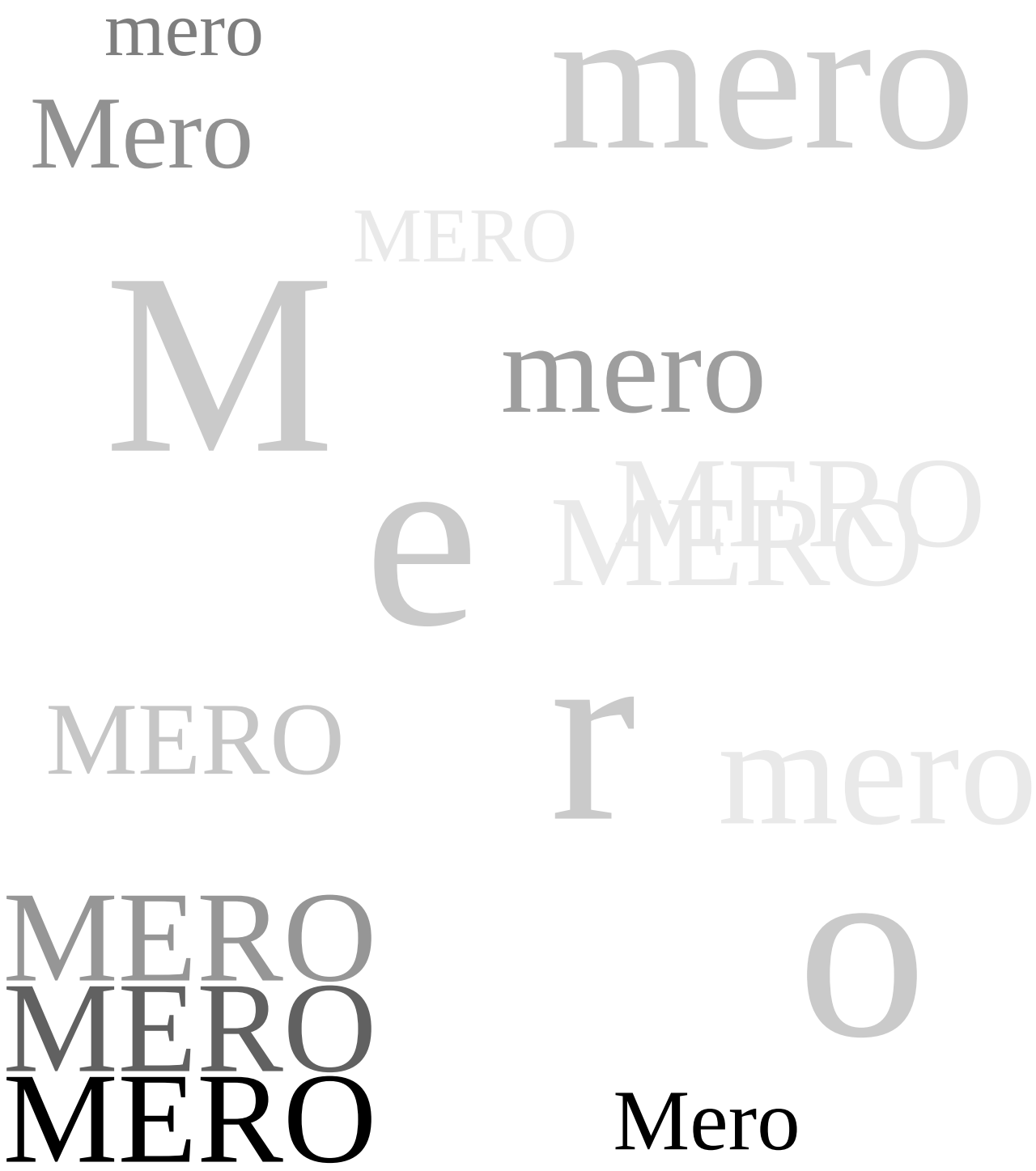
SEMARNAP. 1996a. Análisis de costo-beneficio de la pesquería mexicana de atún con palangre en el Golfo de México. Elaborado de conformidad con el artículo 45 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para el Proyecto de la NOM-023-PESC-1996. (inédito).

SEMARNAP. 1996-2000. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Shingu, C. & S. Hisada. 1977. A review of the japanese Atlantic longline fishery for bluefin tuna and the consideration on the present status of the stock. CICAA. Col. Doc. Cient. 6 (SCRS).

Sokolov, V. A. 1967. Investigaciones atuneras Cubano-Soviéticas. Investigaciones sobre el atún en el Golfo de México y el Mar Caribe. Contribuciones: 23, 24, 25 y 26. INP, Cuba. Oct. 1967, 26: 69-79.

Wathne, F. 1959. Summary report of exploratory long-line fishing for the tuna in the Gulf of Mexico and the Caribbean Sea. 1954-1957. Comm. Fish. Rev. 21 (4): 1-26.


mero
Mero
mero
MERO
M
mero
e
MERO
MERO
MERO
r
mero
MERO
MERO
MERO
o
Mero

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE MERO

ESPECIE: mero (*Epinephelus morio*).

- La pesca se realiza todo el año; la temporada de mayor captura (enero-abril) coincide con la época reproductiva.
- El esfuerzo pesquero disminuye en agosto-noviembre con la desviación de la flota hacia la captura de pulpo; incrementándose de diciembre a marzo, con la reincorporación de las embarcaciones que se dedican a la pesca del pulpo.
- Se estima la biomasa actual en 61,000 t.
- Tres flotas aprovechan el stock de mero: dos mexicanas (menor y mayor) y una cubana (embarcaciones mayores).
- La incorporación del palangre de línea larga con carrete hidráulico como arte de pesca incrementará notablemente el poder de pesca.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 11,692 t: 84% con respecto al máximo histórico (1972).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo estructurado por edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

MEDIDAS DE MANEJO

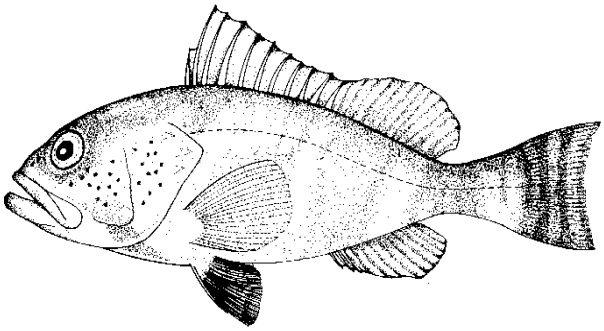
- Control del esfuerzo pesquero por número de permisos; menores cuotas de captura; talla mínima de 30 cm.

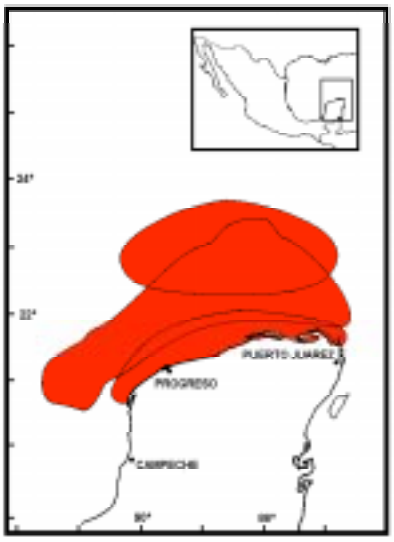
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Recuperar el nivel de la biomasa arriba del Punto de Referencia Límite (PRL) de 72,000 t.

MERO

Epinephelus morio





LA PESQUERÍA

IMPORTANCIA

La pesquería de mero (*Epinephelus morio)* ha sido durante mucho tiempo la más importante en el estado de Yucatán; sólo en los últimos años (1996-1999) el pulpo rebasó su volumen de captura.

En 1999 se registraron 8,300 t de mero, con una derrama económica aproximada de $100 millones de pesos (SEMARNAP, 1999). En el ámbito nacional, esta pesquería ocupó el 14º lugar de importancia con 12,056 t en 1999; Yucatán fue el principal productor, aportando el 69% de la captura en México (SEMARNAP, 1999).

En el estado de Yucatán la pesca genera alrededor de 16,196 empleos directos de los cuales 11,844 son pescadores fijos y 4,352 eventuales (SEMARNAP, 1999). En los procesos de post-captura se generan aproximadamente 2,000 empleos adicionales. La pesquería de mero es una de las bases de la industria pesquera en el estado.

El sector productivo tiene varias formas de organización. La social está representada por las sociedades cooperativas de producción pesquera, las cuales están afiliadas en dos federaciones: la del Centro-Poniente y la de Oriente. También existen Sociedades de Solidaridad, grupos campesinos de la Confederación Nacional Campesina (CNC), grupos indígenas y los llamados pescadores libres. La iniciativa privada del sector productivo pesquero la conforman los industriales o permisionarios, quienes cuentan con permisos de pesca y son dueños de la mayor parte de la flota y de las plantas de procesamiento. Ellos están asociados en la Cámara Nacional de las Industrias Pesquera y Acuícola, CANAIPESCA.

A nivel Internacional, México ocupó el primer lugar en la captura de este recurso (Heemstra y Randall, 1993)

Seguramente la pesquería del mero se inició con la aparición del hombre en la península de Yucatán. En Chichén Itzá se puede apreciar un fresco que muestra el aprovechamiento que los pueblos mayas hacían de los productos del mar. Como pesquería moderna tenemos que en 1947 se instaló la primera congeladora en el puerto de Progreso, Yuc. (Solís, 1969). La exportación a los E.U. se inició a mediados de los años 50's, inicialmente como filete congelado y para 1960 como mero fresco, que hasta la fecha continua siendo el mercado más importante para esta especie generadora de divisas.

La construcción del puerto de abrigo Yucalpetén en Progreso durante 1968, a través de un programa de desarrollo del gobierno federal, fue una acción importante que estimuló un desarrollo acelerado de la infraestructura pesquera para la construcción de barcos, lanchas y el establecimiento de plantas procesadoras de productos pesqueros. Este tipo de desarrollo se ha multiplicado a través de los años a lo largo de toda la costa en el estado.

En 1976, cuando México declaró la Zona Económica Exclusiva (ZEE), se excluyó a la flota estadounidense de la actividad pesquera dentro del Banco de Campeche. La flota cubana comenzó a trabajar en el Banco de Campeche alrededor de los años 30, y a la fecha continúa trabajando bajo un convenio, firmado en 1976.

El arte de pesca no es selectivo en cuanto a la especie; por tal razón, la proporción de mero con respecto a las especies acompañantes varía de acuerdo a la temporada y zona de pesca. En los últimos años el mero representa aproximadamente el 70% del total de las capturas de escama.

El mero se captura en todo el Banco de Campeche, principalmente en la parte que corresponde a la plataforma continental de Yucatán, donde operan las tres flotas (Fig. 1).

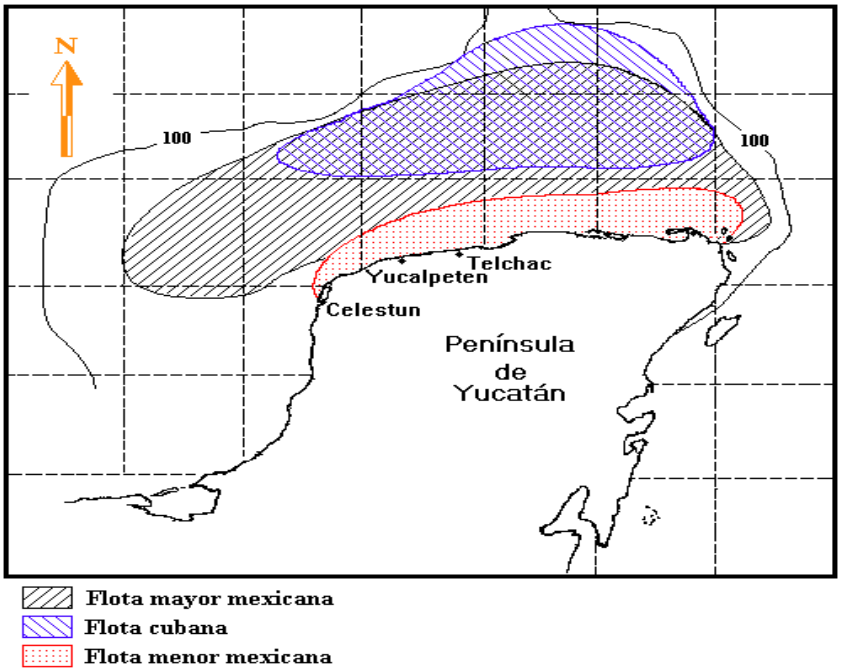


Fig. 1. Zonas de operación de las tres flotas que capturan el mero (*E. morio*) en la península de Yucatán.

BIOLOGÍA

Los huevos de *E. morio* son pelágicos y sus larvas planctónicas. Al alcanzar entre 20 y 25 mm de longitud patrón abandonan la vida planctónica para pasar a la vida bentónica. El marcado de juveniles cerca de la costa y su captura posterior en la pesca a profundidades de 20 brazas indican que las tallas mayores

migran alejándose de la costa. Los juveniles se mantienen en la zona costera hasta alcanzar la madurez sexual entre los tres y cinco años de edad o menos de 500 mm de longitud patrón (Moe, 1969).

Smith (1961) reportó dos zonas de alta densidad de adultos, la costa sur y oeste de Florida, E. U. y el Banco de Campeche en el Golfo de México. Algunos de los factores que determinan la distribución espacio-temporal del mero en el Banco de Campeche durante su ciclo de vida están relacionados con: la dispersión de huevos y larvas, el comportamiento reproductivo, los hábitos alimenticios y la disponibilidad de refugios. Presentan una distribución por tallas, en la que los juveniles se encuentran en aguas someras cercanas a la costa y los individuos de tallas mayores en zonas más profundas a lo largo de la plataforma continental (Valdés y Padrón, 1980; Arreguín-Sánchez, 1992; Hernández, 1995). Con base en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) Hernández (1995) definió un patrón espacio-temporal cíclico del recurso, con movimientos globales de la población en tres períodos claramente definidos de la abundancia del recurso: 1) período de agregación para la reproducción, cuando se presenta la mayor abundancia del recurso en sitios determinados, con CPUE de 260 kg por día efectivo de pesca; 2) período de post-agregación, con valores de abundancia intermedia, con CPUE promedio de 182 kg/día efectivo de pesca y 3) período de dispersión a lo largo y ancho de todo el Banco, con los valores de abundancia más bajos que se presentan en los meses previos a las mayores abundancias, con CPUE promedio de 111 kg por día efectivo de pesca.

El mero tiene la característica de ser hermafrodita protogénico, que consiste en la transformación de hembras a machos conforme crecen. Valdés y Padrón (1980) encontraron hembras inmaduras desde la talla de 250 mm hasta los 500 mm; hembras maduras desde los 400 mm a los 750 mm; individuos en transición entre los 300 y 450 mm y machos maduros de los 400 mm hasta las últimas tallas de 850 mm.

El mero tiene la característica de ser hermafrodita protogénico, que consiste en la transformación de hembras a machos conforme crecen

Moe (1969) determinó una fecundidad promedio de 1,469,200 huevos por hembra, con un intervalo de 196,200 a 5,735,700 huevos. Contreras (1986) reportó una fecundidad promedio de 3,356,000 huevos en ejemplares entre 630 y 940 mm de longitud furcal y de 3.1 a 10.0 kg y que los desoves se llevan a cabo de enero a marzo, en la parte oriental del Banco de Campeche entre las 20 brazas de profundidad. En la zona de desove encontró que la proporción es de 34% de machos por 66% de hembras.

El estudio de edad y crecimiento del mero ha sido abordado por múltiples autores utilizando diversos métodos, como la lectura de estructuras duras y el análisis de frecuencias de tallas, encontrando un amplio intervalo para los parámetros de k y L_∞. Hernández *et al.* (1999), realizaron un análisis de 46 relaciones reportadas en la literatura de los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy. En la *tabla 1* se presentan las relaciones que mejor describen el crecimiento del recurso.

Tabla 1. Parámetros de la ecuación von Bertalanffy reportados en la literatura y que mejor describen el crecimiento para *E. morio*, en el Banco de Campeche.

	Rodríguez (1994)	Arreguín (1988)	Rodríguez (1994)	Rodríguez (1994)	Rodríguez (1994)
Método utilizado	Shepherd	ELEFAN	Otolitos	Otolitos	Powell-Wetherall
L_∞	82.28	85.1	82.7	79.1	83.69
K	0.225	0.194	0.21	0.221	0.24
T_o	-----	-0.413	-0.07	-0.33	-----
ϕ	3.183	3.15	3.157	3.14	3.23

En cuanto a su longevidad, Zupanovic y González (1975), mediante la lectura de huesos urohiales, encontraron que el mero llega a vivir hasta 30 años. Beaumariage y Bullock (1976) coincidieron en reportar esa misma edad, mientras que Rodríguez (1986) con la lectura de otolitos encontró un máximo de 12 años y con el hueso mesopterigoides hasta de 24; Rodríguez también reporta una talla máxima de 94 cm de longitud total y un peso máximo de 16 kg.

La relación peso-longitud que representa el crecimiento en peso de *E. morio* es $W=0.000013L^{3.0528}$, donde W es el peso entero en kg y L es la longitud furcal en cm (Hernández *et al*., 1999).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

En la pesquería de mero, dentro del Banco de Campeche, participan tres diferentes tipos de flotas: una flota artesanal y mayor mexicanas y la flota cubana. La flota mayor mexicana y la flota cubana pescan generalmente a más de las 20 brazas de profundidad, mientras la flota artesanal pesca en aguas más someras (Fig. 1).

En la pesquería de mero, dentro del Banco de Campeche, participan tres diferentes tipos de flotas: una flota artesanal y mayor mexicanas y la flota cubana

La flota mayor yucateca cuenta con 628 embarcaciones; ésta es muy heterogénea en cuanto al tamaño de eslora, manga, material del casco, marca y potencia del motor. Las embarcaciones pueden ser de madera, metal o fibra de vidrio, con motores estacionarios entre 120 Caballos de Fuerza (CF) a 365 CF y entre 10 a 22 m de eslora; están equipadas con instrumentos de navegación y ecodetección. La capacidad de bodega es variable, pero en general es mayor de 10 t de producto enhielado. Estas embarcaciones tienen como base el puerto de abrigo de Yucalpetén en Progreso. Del total, sólo 598 cuentan con permiso vigente para pesca de escama.

La flota artesanal o flota menor esta compuesta de 4,352 lanchas de madera y fibra de vidrio, entre 6.5 a 7.5 m de eslora impulsadas por motores fuera de borda de 40 a 65 CF y estacionarios, y se distribuyen entre todos los puertos del estado. Esta flota cuenta con 177 permisos que amparan 2,231 embarcaciones para la pesca de escama (SEMARNAP, 1999). Aunque el actual programa de seguridad en el mar exige el uso de chalecos, radios, pistolas de señales, etc. en general esto no se cumple. Sin embargo, el uso de dispositivos de posicionamiento por satélite (GPS) que permiten con precisión regresar a las mismas zonas de pesca, son cada día más utilizados.

El convenio de pesca México-Cuba ampara 16 embarcaciones de 22 m de eslora, que son de casco metálico tipo «Lambda». La capacidad de bodega es de 25 t; cada barco lleva seis lanchas auxiliares, equipadas con motor estacionario de 12 CF y capacidad para 500 kg de producto. Estos cuentan con aparatos electrónicos para la navegación.

La flota mayor mexicana pesca en viajes de 15 a 18 días. Utiliza dos métodos de pesca. El primero y más antiguo, es cuando el barco sirve como nodriza de 7 a 10 alijos (embarcaciones de madera de 3 m de eslora sin motor, para un pescador); desde el alijo el pescador usa un palangre corto o de mano. La operación de la captura se inicia con la distribución de los alijos en el área de trabajo. Al término de la jornada, el barco nodriza sube los alijos y la captura es introducida a la bodega preservada en hielo molido. Este método de pesca ocupa, según el tamaño del barco, entre 8 a 12 pescadores, incluyendo al patrón, cocinero, maquinista y pescadores, y todos participan en la faena de la pesca.

Por otro lado en la actualidad el 70% de la flota ha introducido el palangre de línea larga con carrete hidráulico, con una línea madre entre 1,500 a 2,000 anzuelos huachinangueros del número 5 ó 6. La línea

se cala desde la embarcación evitando el uso de alijos. Esto ha disminuido el número de tripulantes a cuatro o cinco y ha aumentado la seguridad de los pescadores.

La flota artesanal hace viajes diarios (de ida y vuelta el mismo día). A pesar de que el palangre de mano es bastante usual en esta flota, el uso de la línea de mano como único arte de pesca es más frecuente, debido a que el palangre requiere de mayor inversión para su construcción y operación. La línea de mano lleva dos anzuelos "rectos", del No. 7 a 9. El palangre se arma con anzuelos tipo huachinanguero del número 6, cuya cantidad varía de 50 a 150.

Las embarcaciones cubanas realizan viajes de 30 días promedio. Los barcos funcionan como nodrizas de las seis lanchas auxiliares y en ellas van dos pescadores. Utilizan un palangre de fondo, con 350 anzuelos rectos del número tres.

▼ *Tendencias históricas*

La tendencia de las capturas de esta pesquería se presentan en la *figura 2*. En 1972 la producción de mero tuvo un máximo de 19,886 t, en donde las flotas mexicanas (mayor y artesanal) contribuyeron con 14,086 t y la flota cubana registró 5,800 t. A principios de los 80's se registraron capturas de 11,500 toneladas, de las cuales las embarcaciones mexicanas registraron alrededor de las 8,000 t y la flota cubana cerca de 3,000 t. Posteriormente en los 90's las capturas han oscilado alrededor de las 12,000 t, donde aproximadamente 10,500 t fueron capturadas por la flota artesanal e industrial mexicana y 1,500 por la flota cubana. En los últimos cuatro años la captura mexicana ha sido alrededor de las 7,600 t de las cuales 5,000 fueron capturadas por la flota mayor y el resto por la flota artesanal. La captura de la flota cubana a disminuido hasta 109 t en 1999.

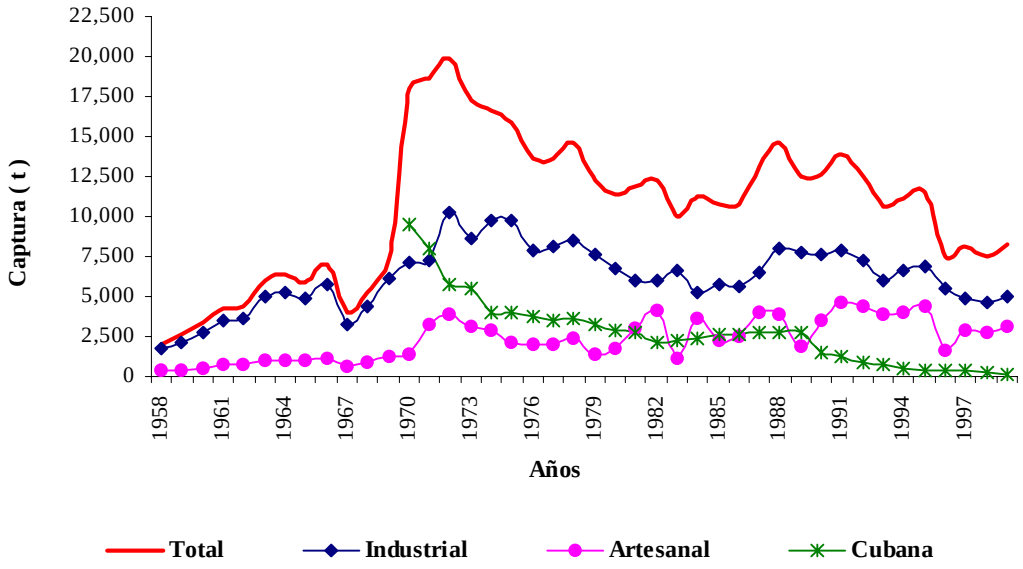


Fig. 2. Comportamiento histórico de las capturas de mero obtenidas por las tres flotas que operan en el Banco de Campeche desde 1958 a 1998 (SEMARNAP, Delegación Federal en Yucatán).

▼ *Pesca incidental*

La pesquería del mero es multiespecífica ya que junto con *E. morio* se capturan una gran cantidad de especies, principalmente Serranidos y Lutjanidos (Tabla 2). En los últimos años, el 70% de la captura total

de una embarcación de la flota mayor, estuvo representada por *E. morio*. Las especies que se capturan en esta pesquería, junto con *E. morio* dependen del tipo de flota, zona y arte de pesca, siendo los huachinangos, pargos, mojarrones y diferentes especies de serranidos las que se capturan con mayor frecuencia. Asimismo, esta flota captura por tipo de fondo: en las hondonadas el negrillo, abadejo y la gallina; en los arrecifes o cayos se encuentran cabrillas y payasos, mientras que en los blanquizales, entre promontorios, se encuentran los huachinangos.

Las embarcaciones de la flota artesanal que pescan en la zona poniente del estado, en Celestún y Sisal, registran entre un 35 a 40% de mero de su captura total de escama. En 1998 la rubia y el canané contribuyeron aproximadamente con el 68% de la captura total en esta zona. En algunos casos, estas dos especies son el objetivo del viaje de pesca, por lo que no se consideran como captura incidental de la pesquería de mero. Sin tomar en cuenta la captura de estas dos especies, el mero sería el 83% de la producción. En los puertos del oriente del estado, la flota artesanal captura entre el 60 y 70% de mero, además del canané y la rubia. Esta flota captura incidentalmente el chacchi, mojarrones y boquinetes (Tabla 2).

Tabla 2. Especies asociadas a la captura de mero (*E. morio*) en el Banco de Campeche.

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN	FAMILIA
Epinephelus flavolimbatus	Mero extraviado	Serranidae
Epinephelus itajara	Cherna	Serranidae
Epinephelus adscencionis	Payaso	Serranidae
Epinephelus drummondhayi	Lenteja	Serranidae
Epinephelus nigritus	Fiat	Serranidae
Mycteroperca bonaci	Negrillo	Serranidae
Mycteroperca microlepis	Abadejo	Serranidae
Mycteroperca venenosa	Guacamayo	Serranidae
Mycteroperca interstitialis	Gallina	Serranidae
Lutjanus campechanus	Huachinango de castilla	Lutjanidae
Lutjanus bucanella	Huachinango aleta negra	Lutjanidae
Lutjanus vivanus	Huachinango ojo amarillo	Lutjanidae
Lutjanus synagris	Rubia	Lutjanidae
Lutjanus analis	Pargo criollo	Lutjanidae
Lutjanus griseus	Pargo mulato	Lutjanidae
Lutjanus jocu	Pargo perro	Lutjanidae
Ocyurus chrysurus	Canané	Lutjanidae
Calamus bajonado	Mojarrón	Sparidae
Calamus sp.	Cachipluma	Sparidae
Haemulon plumieri	Chacchí	Pomadasyidae
Seriola zonata	Coronado	Carangidae
Rhomboplites aurorubens	Besugo	Lutjanidae
Lachnolaimus maximus	Boquinete	Labridae
Lopholatilus chamaeleonticeps	Corvinato	Latilidae

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Como ya se mencionó, el anzuelo huachinanguero utilizado para capturar el mero, huachinango y otras especies similares, es un arte de pesca no selectivo, por lo que durante las actividades de pesca se pueden capturar una gran variedad de especies de escama.

Otro aspecto que es importante mencionar, es que la misma flota se dedica a otras pesquerías como la del pulpo y langosta, ambas con veda como medida regulatoria. Cuando la temporada de pesca de estas especies comienza, parte de la flota deja de pescar mero y dirige su esfuerzo a estas pesquerías. Esto ha sido más notorio en los últimos años, disminuyendo en forma importante la captura de mero (Fig. 3).

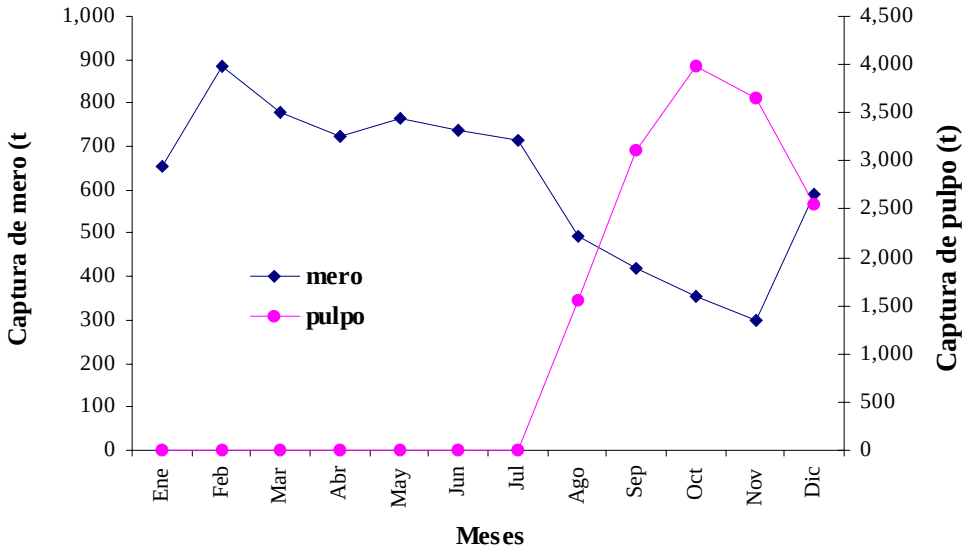


Fig. 3. Comportamiento mensual de la captura promedio de mero y pulpo obtenida por la flota mayor y artesanal mexicana que operan en el Banco de Campeche (1996-1998) (SEMARNAP, Delegación Federal en Yucatán).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Según información oficial de la SEMARNAP (1998), existen en Yucatán 58 plantas de las cuales se considera que 23 sólo realizan procesos de tipo artesanal (centros de recepción en los puertos), mientras que 35 son congeladoras con una capacidad instalada promedio de 40 t/h. La mayor parte de las congeladoras se encuentran en el puerto de Progreso que incluye el puerto de abrigo de Yucalpetén. Se puede considerar que los puertos de Dzilam de Bravo y Celestún son los siguientes en importancia, en cuanto a infraestructura, después de Progreso. En la ciudad de Mérida (a 30 km de Progreso) se encuentra la Atlántida, una de las más importantes y modernas plantas procesadoras de productos del mar en el estado, además de otras de menor importancia.

Las más importantes de las 35 plantas de procesamiento están certificadas por la Norma Oficial Mexicana 128 - SSA-1994, para el aseguramiento de la calidad de los productos de la pesca y acuicultura, lo que les permite exportar productos a EUA, Europa y Asia. En general estos productos se refieren a productos fresco-congelados y filete. Procesamientos más elaborados como enlatados no se llevan a cabo en Yucatán (SEMARNAP, 1997).

En cuanto a la longitud de atraque: Yucalpetén cuenta con 1,720 m para la flota mayor y Celestún con 100 m. En tanto que la disponibilidad de atraque de la flota artesanal es de 2,768 m distribuidos en todos los puertos del estado (SEMARNAP, 1998).

▼*Indicadores económicos*

Actualmente la producción de mero se exporta a los Estados Unidos. A partir de 1995 se han exportado entre tres y cuatro mil toneladas, lo que equivale prácticamente al total de la captura de la flota mayor del estado. El resto de la producción se distribuye en la central de pescados y mariscos "La nueva Viga" del Distrito Federal, en centros turísticos del Caribe mexicano y sólo una mínima parte en Yucatán. Los precios de venta de exportación son variables y están sujetos a la oferta y demanda internacional. Por ejemplo, en los meses de enero a abril, cuando está en veda el huachinango en los EUA, se alcanzan los mejores precios para el mero que se introduce de México. Cuando se abre la temporada de pesca del huachinango el precio para el pescado mexicano baja. Igualmente existe una diferencia del precio por tallas ya que éste es mayor para los peces que pesan más de cinco libras que para los de menor talla. Datos de los EUA muestran que en la década de los años 90, el precio que se pagó por el mero fresco importado de México se ha incrementado de $2.29 USD/kg en 1990 a $3.19 USD/kg para el 1er. semestre de 1999.

En los meses de enero a abril, cuando está en veda el huachinango en los EUA, se alcanzan los mejores precios para el mero que se introduce de México

Al ser la pesca una actividad en la que los pescadores no cuentan con ningún tipo de seguridad social o algún padrón, se convierten en trabajadores que constantemente cambian de un barco a otro y de especie objetivo, se dedican a otras actividades fuera de la pesca, de modo que regresan a ella cíclicamente. Por esto el número de empleos que la pesca genera es bastante incierto. Sin embargo, se considera en un intervalo de 10 a 12 mil empleos fijos, más otros cuatro a siete mil eventuales, como pescadores. Las plantas mantienen otro grupo importante de empleos directos (2,000) y se puede decir que en gran medida la economía de la costa yucateca se basa en la actividad pesquera, por lo que en los puertos diversos servicios tienen conexión con este sector.

En la actividad participan diferentes actores. Los industriales, que son los dueños de las plantas, de la flota mayor y en gran medida de las embarcaciones de la flota artesanal y los que realizan la actividad de comercialización. Las cooperativas, que normalmente mantienen relación con los industriales ya que estos son los compradores del producto para su comercialización, así como otro tipo de asociaciones pesqueras de la CNC, grupos de Solidaridad y pescadores libres.

Una de las formas principales en que se da la interacción entre los diversos actores del sector, es cuando los permisionarios o industriales proporcionan financiamiento en la compra de equipo y en los gastos diarios de la actividad de un pescador. En estos casos, el pescador acude a un industrial con el fin de solicitarle financiamiento para un equipo de pesca. El industrial se lo otorga en un estilo de crédito, mediante el cual el pescador está comprometido a entregarle el producto directamente en el centro de acopio del mismo permisionario y de éste se descuenta una parte para el pago del equipo. Cuando el pescador acaba de pagarlo se le entregan las facturas de la lancha y el motor. Esto ha resultado en una carrera por el producto, ya que los industriales compiten entre ellos para adjudicarse la mayor cantidad y proporcionan cada vez más embarcaciones, generando un incremento en el esfuerzo de pesca. Normalmente los industriales tienen un número de permisos, bajo los cuales las lanchas que sean de ellos, estarán amparadas. Cuando la lancha es pagada, se entrega al pescador sin el permiso, incrementando el número de embarcaciones que carecen de éste en el estado y abriendo un espacio para que se otorgue un nuevo "crédito". Este proceso ha creando el libre acceso a la pesquería y una demanda constante por los permisos de aquellos que ya son dueños de sus lanchas. Esto deja como infractores potenciales a una gran cantidad de pescadores.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Para la explotación comercial de este recurso los pescadores mexicanos deben de contar con un permiso oficial de la SEMARNAP. Por su parte, los pescadores cubanos se deben apegar a la normatividad del Acuerdo de Pesca México-Cuba firmado en 1976 que es revisado bianualmente.

La formación de la SEMARNAP en 1994, como Secretaría encargada de la administración de la pesca, ha impulsado la creación de Comités de Pesca y Recursos Marinos, para que dentro de un marco plural se lleven a cabo un manejo de las pesquerías entre productores, gobierno y otros actores del sector. En Yucatán este foro de pesca se ha unido con el Comité para la Planeación del Desarrollo Estatal (COPLADE), para que el gobierno del estado participe en la administración de los recursos, ya que el Presidente del Comité de Pesca es el Ejecutivo Estatal. Obviamente este tipo de administración es novedosa y se ha topado con la falta de costumbre y de reglas claras de quiénes y cómo deben de participar dentro del Comité. Sin embargo, se han dado discusiones interesantes y muy participativas que han generado acciones como el cambio en la talla mínima para la captura de langosta y el establecimiento de cuotas máximas en la administración del pulpo. Recientemente, en 1999 se han tenido reuniones para presentar los resultados de las evaluaciones de mero y cuales son algunas de las medidas regulatorias que pueden mejorar el estado del recurso, sin que a la fecha las medidas estén decretadas. Estas se dirigen a evitar la sobrepesca de crecimiento por parte de la flota artesanal e industrial (regulando el tamaño del anzuelo, talla mínima y áreas de pesca) y la captura sobre las agregaciones de reproductores. Esta discusión está en una primera etapa ya que hay una gran cantidad de opiniones que consensar para incluirlas en la Norma Oficial Mexicana para escama.

El Convenio de pesca establecido con la República de Cuba, asigna a este país una cuota de captura de escama dentro de la ZEE de México. Esta cuota se actualiza bianualmente como resultado de las investigaciones científicas que realizan en forma conjunta ambos países. La cuota asignada en 1999 fue de 1,500 t para mero, huachinango y especies afines y 350 t para sierra y serrucho.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La pesquería del mero es una de las más estudiadas en Yucatán. La información con la que se cuenta permitió la aplicación de un modelo estructurado por edades. Esta información proviene de las tres flotas que en los últimos 30 años han participado en la explotación del recurso (flota artesanal y mayor mexicanas y flota cubana).

Se cuenta así con series históricas de las capturas por tipo de flota (de 1958 a 1998) y el esfuerzo ejercido por la flota industrial y artesanal mexicana (de 1984 a 1998). También se tienen series históricas de la captura por unidad de esfuerzo de la flota industrial mexicana (1984 -1997), de la captura por unidad de esfuerzo de la flota cubana (1982-1997) y la abundancia relativa del recurso estimada por cruceros de investigación (1986–1998). Asimismo, existe información de frecuencias de longitudes que abarcan un período de 24 temporadas de pesca (de 1972 a 1996).

- **Parámetros de entrada**

Las variables de estado dentro del modelo fueron: la vulnerabilidad por tipo de flota, la proporción de hembras-machos, la madurez sexual y la fecundidad. Las variables de cambio fueron: el número de peces por clase de edad, la captura por flota, el stock desovante, los reclutas, la tasa de explotación y la biomasa

a través del tiempo y la estructura por edades de la captura de la edad 1 a 15+ (esta última clase de edad, se compone de todos los peces de la edad 15 y mayores).

- **Edad y crecimiento**

Debido a que existe un gran número de estimaciones de parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, se realizó un análisis cualitativo y cuantitativo de 46 relaciones propuestas por más de veinte autores y se llegó a los siguientes resultados.

Si bien, es evidente que una curva de crecimiento representa el incremento promedio en peso o longitud de una población, ésta debe ser considerada como una tendencia con variabilidad asociada, que debe tener un comportamiento tal que represente al mayor número de los individuos que la componen. Tomando en cuenta lo anterior se definieron tres criterios básicos, para seleccionar los parámetros que mejor representan el crecimiento de *E. morio* en el Banco de Campeche (Hernández *et al.* 1999). Los cuales fueron:

1. La longitud media de la edad uno debe ser mayor a 11.58 cm y menor a 20 cm
2. La L_{∞} debe ser mayor de 70 cm y menor que 100 cm
3. Considerando que el valor promedio de ϕ de las curvas que cumplieron los criterios anteriores es la mejor representación de la población, se seleccionaron las curvas de crecimiento cuya ϕ es muy próxima a ϕ promedio.

De las 46 relaciones de parámetros reportados en la literatura, 5 cumplieron con los criterios establecidos, de los cuales se seleccionó la relación reportada por Rodríguez (1994) (Fig. 4), cuyo estudio se basa en el análisis de estructuras duras (otolitos), reportando los siguientes valores para los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy: L_{∞} = 82.7 cm, k = 0.21año^{-1}, t_0 = -0.07 años y ϕ = 3.157.

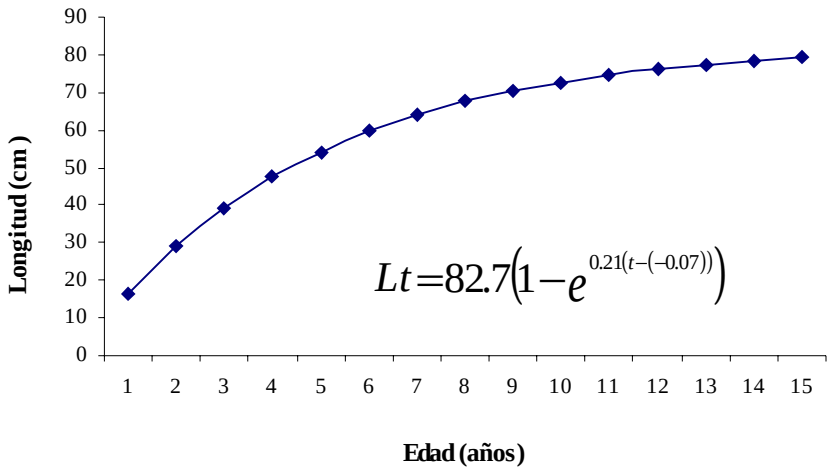


Fig. 4. Curva de crecimiento del mero en el Banco de Campeche, estimada con la ecuación de von Bertalanffy con los parámetros que mejor representaron el crecimiento medio de la población.

- **Peso-Longitud**

Para estimar el peso promedio por clase de edad, se utilizó la relación peso-longitud, la cual se obtuvo de una regresión exponencial de las longitudes y pesos de 250 ejemplares muestreados en las plantas congeladoras de Progreso, Yucatán en 1998 (Fig. 5). La relación obtenida es la siguiente:

$$W = 0.000013\, L^{3.0528} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

W = es el peso entero en Kg
L = es la longitud furcal en cm

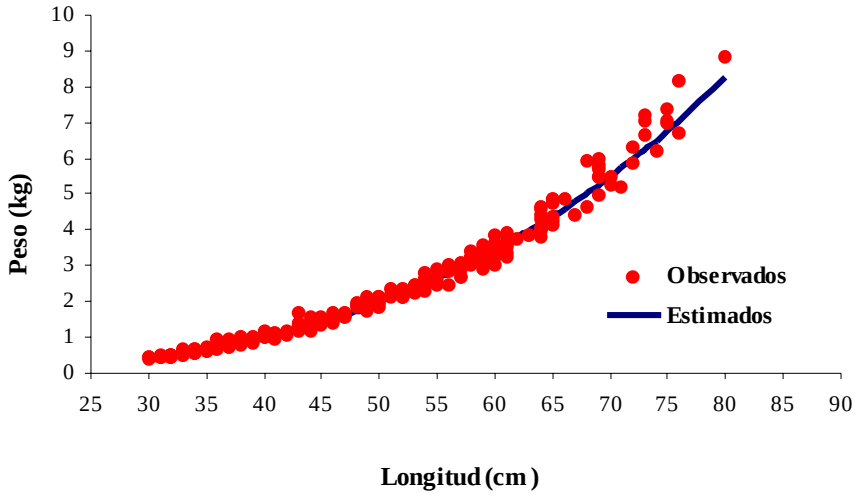


Fig. 5. Relación peso-longitud del mero en el Banco de Campeche.

• Proporción de sexos

Para estimar la proporción de sexos en las diferentes edades, se utilizó la información de los cruceros realizados de 1986 a 1996, analizando 7,322 organismos, de los cuales 6,403 fueron hembras, 750 machos y 169 individuos en transición. Inicialmente se agruparon los 7,322 organismos por clases de edad, éstas estimadas con la ecuación de von Bertalanffy, partiendo de que se conocen los parámetros de crecimiento y la longitud de los organismos. Se despejó "t" para estimar la edad de cada individuo y finalmente obtener la proporción de hembras por cada clase de edad.

En la *tabla 3* se muestran los resultados de la información arrojada por 28 cruceros de investigación respecto a la proporción de hembras por clase de edad en la población.

Tabla 3. Proporción de hembras por clase de edad (años).

Edad	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15+*
Proporción de hembras	0.97	0.93	0.88	0.83	0.78	0.73	0.69	0.64	0.59	0.54	0.50	0.45	0.43	0.40
n	237	2554	1816	999	421	275	215	149	77	77	87	45	41	160

- **Madurez Sexual**

Esta variable de estado se estimó a partir de la información obtenida de 28 cruceros de investigación, realizados durante más de 13 años. A los organismos capturados en estos cruceros se les determinó el sexo, y por apreciación visual de las gónadas, se definió el estadio de madurez sexual de los mismos. Para ello, se utilizó la escala de madurez sexual propuesta por Contreras *et al.* (1987), la cual establece seis estadios de madurez de la especie:

I. Hembras inmaduras (masa gonadal translúcida de color rosado)
II. Hembras a principios de maduración (masa gonadal opaca de color rosado más intenso que en el estadio I)
III. Hembras en proceso de maduración (masa gonadal más grande que en el estadio II, opaca y de color blancuzco, sin poder diferenciar los óvulos)
IV. Hembras completamente maduras (masa gonadal ocupando la mayor parte de la cavidad abdominal, los óvulos se separan fácilmente)
V. Hembras en desove
VI. Hembras en reposo (cuya masa gonadal ha sido expulsada totalmente)

Cada una de estas categorías se aplicaron a los organismos agrupados en sus respectivas edades, las cuales se estimaron como se indica más adelante. Una vez que las hembras fueron agrupadas por su edad correspondiente entre la 1 a la 15+, se aplicó la conversión de categoría cualitativa a porcentaje de madurez.

- Para el estadio 1, se consideró 0 % madura
- Para el estadio 2, se consideró 40 % madura
- Para el estadio 3, se consideró 70 % madura
- Para el estadio 4, se consideró 100 % madura
- Para el estadio 5, se consideró 100 % madura
- Para el estadio 6, se consideró 100 % madura

Para todos los grupos de edad se estimó el porcentaje de hembras que se encontraban en cada estadio de madurez. Finalmente con el porcentaje de hembras que mostraron completa madurez se generó el vector de 100% de madurez sexual a la edad, que fue un insumo para el modelo.

En la *tabla 4* se presentan los resultados del porcentaje de madurez sexual por clase de edad, de la información obtenida en los cruceros de investigación, en los cuales se registraron un total de 6,403 hembras.

Tabla 4. Proporción de hembras correspondientes a cada uno de los estadios de madurez sexual propuestos por Contreras *et al.* (1987), y su porcentaje de madurez para todas las edades (N = 6,403).

Estadio	***% Madurez***	***Grupos de edad (años)***						
		2	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
1	0%	0.88	0.57	0.13	0.03	0.02	0.00	0.02
2	40%	0.10	0.40	0.80	0.86	0.80	0.76	0.60
3	70%	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
4, 5 y 6	100%	0.02	0.02	0.06	0.09	0.16	0.22	0.38
	n =	**237**	**2,410**	**1,662**	**887**	**363**	**242**	**181**

Tabla 4. Cont.

Estadio	% Madurez	Grupos de Edad (años)						
		9	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**+15**
1	0%	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.01
2	40%	0.70	0.52	0.45	0.22	0.12	0.30	0.24
3	70%	0.03	0.02	0.05	0.16	0.12	0.05	0.04
4, 5 y 6	100%	0.27	0.46	0.48	0.60	0.77	0.65	0.71
	n =	**128**	**56**	**58**	**58**	**26**	**20**	**75**

Con los datos de proporción de hembras por grupo de edad que presentaron el 100 % de madurez sexual (Estadios 4, 5 y 6), se generó el vector de madurez por grupo de edad. Lo anterior representa la proporción de hembras completamente maduras en cada edad. El comportamiento de este vector es descrito por una curva de saturación, y se le pudo ajustar un modelo de distribución normal, en el que, una vez alcanzada la madurez total se asumió asintótico (Fig. 6). Se observó que el 50% de hembras están completamente maduras entre 3 y 4 años de edad, y que el 100% de ellas están completamente maduras de cinco años en adelante.

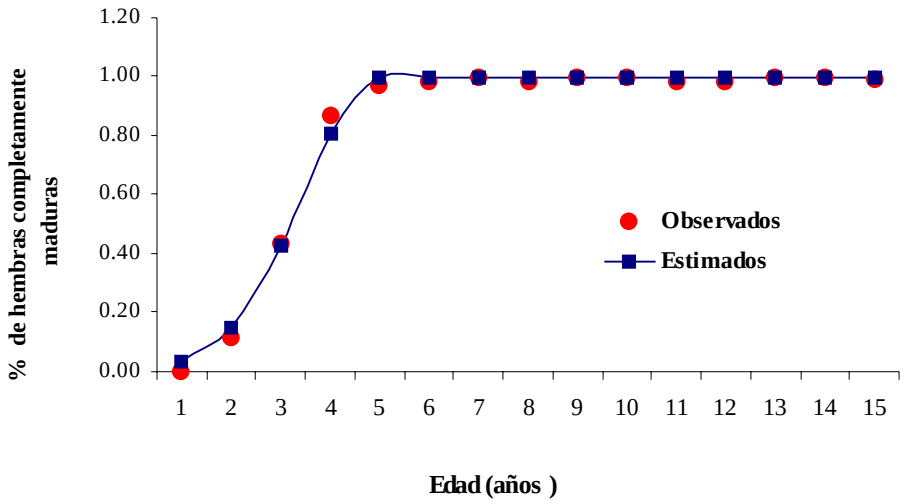


Fig. 6. Curva que describe el porcentaje de hembras que alcanzan completamente la madurez sexual a las diferentes clases de edad.

- **Vulnerabilidad**

La vulnerabilidad de la flota artesanal, se estimó con base en la curva de selectividad con información de los muestreos realizados en 1996 y 1997. En el caso de la flota cubana se consideró que los organismos son completamente vulnerables de la edad cinco en adelante. La vulnerabilidad para la flota mayor mexicana, fue estimada con una función de densidad probabilística, asumiendo normalidad para las edades que no son completamente vulnerables al arte de pesca (menores que a_{full}). A las edades mayores que a_{full} se les consideró completamente vulnerables, con un valor igual a uno, para lo cual se utilizó la siguiente ecuación:

$$v_a = \frac{\exp-\left(a - a_{full}\right)}{2\delta^2} \quad \text{.....(2)}$$

Donde:

δ^2 = desviación estándar de v_a
a_{full} = edad a la que se vuelven completamente vulnerables al arte de pesca

▼ ***Modelo***

Para evaluar el estado actual de la pesquería del mero (*Epinephelus morio)* y simular algunas estrategias de manejo, se modificó un modelo matemático no-lineal, estructurado por edades y discreto, con ecuaciones de diferencia con retraso en el tiempo propuesto por Hilborn y Walters (1992). El modelo se inicia estimando la dinámica de la estructura de la población, considerando los factores que determinan las entradas y salidas de individuos de las diferentes cohortes de la población a través del tiempo como: reclutamiento, crecimiento individual, mortalidad natural y mortalidad por pesca.

- ***Supuestos del Modelo***

El supuesto básico del modelo es que las predicciones con retraso en el tiempo se propagan al conformar la estructura de la población. Además, considera que la mortalidad por pesca está dada por la tasa de explotación en el tiempo y la vulnerabilidad por clase de edad a la que están sujetos los individuos por el arte de pesca. El modelo también asume una mortalidad natural constante y una relación entre el número de huevos que son producidos en un año y el reclutamiento de peces de la edad uno al siguiente año (Hilborn y Walters, 1992).

- **Planteamiento**

El número de individuos de las diferentes cohortes de la población se obtuvo de la siguiente ecuación:

$$N_{a+1,t+1} = S\ (1 - v_a \mu_t) N_{a,t} \quad \text{.....(3)}$$

donde:

$N_{at,\,t+1}$ = número de peces de la edad a +1 en el tiempo t+1
a = edad en años
$N_{a\,t}$ = número de peces de la edad a en el tiempo t
μ_t = tasa de explotación en el tiempo t
v_a = proporción de animales por clase de edad vulnerables al arte de pesca
S = tasa sobrevivencia

Esta ecuación fue aplicada por clase de edad, excepto para la edad máxima (N_n), para la cual se aplicó la siguiente ecuación:

$$N_n = N_{n-1,t} \frac{(1 - \mu v_n) S}{\left[1 - (1 - \mu v_n) S\right]} \quad \text{.....(4)}$$

La tasa de explotación en el tiempo por tipo de flota ($\mu_{m,t}$), se estimó como la proporción de la captura observada a través del tiempo con respecto a la biomasa del stock disponible en el tiempo t, con la siguiente función:

$$\mu_{m,t} = \frac{C_{obs}(t)}{B(t)} \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$\mu_{m,t}$ = tasa de explotación
$C_{obs}(t)$ = captura observada a través del tiempo por tipo de flota
$B(t)$ = biomasa estimada en el tiempo t

La biomasa para cada clase de edad resulta de multiplicar el número de individuos de la edad a en el tiempo t, por su peso promedio, con la siguiente ecuación :

$$B_{at} = N_{at} W_a \nu_a \quad \text{.....(6)}$$

La biomasa total vulnerable al arte de pesca de la población de mero es el resultado de la sumatoria de la biomasa de todas las clases de edad:

$$B_t = \sum_a N_{a,t} W_a \nu_a \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$N_{a,t}$ = El número de individuos de la clase de edad a en el tiempo t
w_a = peso promedio por clase de edad
ν_a = vulnerabilidad al arte de pesca de los individuos de la edad a

La captura por clase de edad generada por tipo de flota (C_{am}) en el tiempo es estimada con la siguiente ecuación:

$$C_{am} = \sum_a N_a W_a \nu_a \mu_a \quad \text{.....(8)}$$

- **Reclutamiento**

El stock desovante y los reclutas fueron estimados de una función parentela - progenie del tipo Beverton-Holt (1957), la cual asume que el reclutamiento se incrementa en forma exponencial con respecto a la biomasa desovante y cuyo valor está limitado por un fenómeno denso-dependiente (Hilborn y Walters, 1992). Esta función es descrita como sigue:

$$R_{t+1} = \frac{\alpha * S_t}{\beta + S_t} \quad \text{.....(9)}$$

$$S_y = \sum_a N_a \, fec_a \text{.....(10)}$$

$$fec_a = Wa * \% fem * \% \ mad \quad \text{….(11)}$$

donde:

R_{t+1} = número de reclutas en el tiempo t
α y β = parámetros de la relación parentela-progenie de Beverton y Holt
S_t = población desovante
fec_a = fecundidad por clase de edad
W_a = peso por clase de edad
% fem = proporción de hembras por clase de edad
% mad = porcentaje de madurez por clase de edad

Para introducir la variabilidad dentro del modelo se consideró el error de proceso en la relación parentela-progenie, el cual permite que la estimación del reclutamiento no sea solo afectada por el stock desovante sino, además, por otras fuentes de variación. El error asociado fue considerado normalmente distribuido $N(0, \delta^2)$. Así, la relación parentela - progenie fue modificada de la siguiente forma:

$$R_{t+1} = \frac{\alpha * S_t}{\beta + S_t} \exp(w) \quad \text{.....(12)}$$

donde:

exp (w) = variabilidad del reclutamiento en el tiempo t (error de proceso)

- **Ajuste del modelo**

Para el ajuste del modelo se utilizó una función objetivo de suma de cuadrados (SSQ) bajo el criterio de minimizar la diferencia entre la estructura de la captura observada y estimada por el modelo entre 1972 a 1996. Posteriormente se añadieron tres fuentes de información adicional como se explica en Deriso *et al.* (1985):

- Captura por unidad de esfuerzo de la flota industrial mexicana (1984-1997) (CPUE)
- Captura por unidad de esfuerzo de la flota cubana (1982 - 1997) ($CPUE_{cuba}$)
- Indice de la abundancia relativa generada por cruceros de investigación (1986-1998) (IA)

Por lo tanto la función objetivo fue la siguiente:

$$SSQ_{total} = ssq_{captura} + \lambda_{survey} ssq_{survey} + \lambda_{cpue,Ind} ssq_{cpue,Ind} + \lambda_{cpue,cub} ssq_{cpue,cub} + w_{wp} ssq_{wp} \quad \text{....(13)}$$

La suma de cuadrados total (SSQ_{total}) es la adición parcial de la suma de cuadrados de la información auxiliar (ssq) y λ es el peso aplicado a cada serie de datos de esta información.

El valor estimado de λ para cada fuente de información auxiliar, fue proporcional al inverso del cuadrado del coeficiente de variación o variación de los residuales (Punt y Hilborn, 1996), con los siguientes valores:

Fuente de información	Coeficiente de Variación	λ
$CPUE_{ind}$	0.16	8.4
$CPUE_{cub}$	0.39	1.4
AI	0.47	1.0

La suma de los cuadrados de cada serie de información auxiliar (ssq), se obtuvo a partir del procedimiento propuesto por Punt y Hilborn (1996), con la siguiente ecuación:

$$ssq_I = \sum_{t=1}^{n}\left[\ln\left(\frac{I_t^{obs}}{I_t^{pre}}\right)\right]^2 \quad \text{.....(14)}$$

donde:

I, puede ser cualquier índice de la abundancia del recurso utilizado como: la captura por unidad de esfuerzo observada de la flota industrial mexicana entre 1984 a 1997 ($CPUE_{ind}$); la captura por unidad de esfuerzo de la flota cubana observada de 1982 a 1997 ($CPUE_{cuba}$) y/o el índice de abundancia relativa generada por los cruceros de investigación (1986-1998) (IA).

$$I_t^{pre} = B_t q_I \quad \text{.....(15)}$$

$$q_I = \exp\left(\frac{1}{n}\sum_t \ln\left(\frac{I_t^{obs}}{B_t}\right)\right) \quad \text{.....(16)}$$

Todo lo anterior hace más robusto el análisis, en cuanto a los parámetros estimados y tendencias encontradas, ya que permiten estimar el sesgo y la desviación estándar (Deriso *et al.* 1985). Para el análisis se contó con 418 datos (375 de captura por clase de edad, 14 CPUE de la flota industrial mexicana, 16 CPUE de la flota cubana y 13 índices de la abundancia relativa "IA").

- **Riesgo e Incertidumbre**

Con las fuentes de información ya mencionadas se logró ajustar el modelo hasta el año de 1998, y a partir de entonces se hicieron proyecciones, analizando el comportamiento de la biomasa del stock ante diferentes escenarios de manejo. Para ello se consideró un intervalo de tiempo de simulación de 14 años (del año 2000 al 2013).

En cada una de las proyecciones, se aplicó un análisis de Monte Carlo, para poder expresar el riesgo en términos probabilísticos y evaluar el comportamiento de la biomasa vulnerable del stock de mero (500 corridas para cada escenario con generación de números aleatorios, normalmente distribuidos con media y desviación estándar conocida). Este análisis incluyó la incertidumbre en la función parentela-progenie con un error de proceso (w). Para lo cual se asumió que la función de densidad probabilística del error de proceso, es una distribución normal con media = 0.068 y d.s. = 0.287. Estos parámetros se estimaron a partir del vector de error de proceso generado con el mejor ajuste del modelo.

La variable de desempeño considerada en el análisis de riesgo fue la biomasa a corto, mediano y largo plazo (años: 2001, 2008 y 2013, respectivamente).

- **Parámetros estimados**

  - α y β , dos parámetros de la relación parentela-progenie de la función Beverton-Holt
  - *w*, veinticinco parámetros de error de proceso implícitos en la relación parentela-progenie
  - σ_v un parámetro de la función de densidad probabilística para estimar la vulnerabilidad de la flota mayor

- **Salidas del modelo**

  - Biomasa inicial (1958)
  - La biomasa a través del tiempo
  - Biomasa en 1998 y su porcentaje respecto a la biomasa inicial

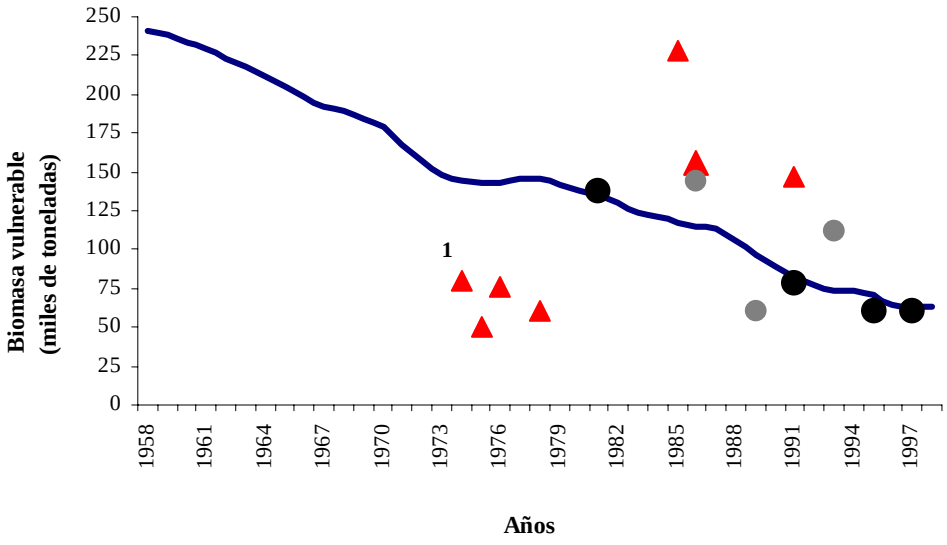


Fig. 7. Tendencia de la biomasa vulnerable del stock de mero estimada por el modelo (1958-1998). Los puntos negros son evaluaciones realizadas por otros autores que caen dentro de las estimaciones de este modelo; los puntos grises se pueden considerar estimaciones cercanas y los triángulos son estimaciones que distan de la evaluación actual. 1) González y Ramis (1974); 2) González y Ramis (1975); 3) Klima (1976); 4) Buesa (1978); 5) Doi *et al*. (1981); 6) Arreguín (1985) 7) Fuentes y Contreras (1986); 8) Seijo (1986); 9) Valdés *et al*. (1989); 10) Zetina *et al*. (1996); 11) Valdés *et al*. (1991); 12) Contreras *et al*. (1993); 13) Moreno *et al*. (1995) y 14) Moreno *et al*. (1997).

▼ ***Estado actual de la pesquería de mero***

Los resultados del modelo indican una tendencia decreciente de la biomasa vulnerable del stock a través del tiempo (Fig. 7). El valor estimado para la biomasa inicial en 1958 fue de 240,000 t y para 1998 de una biomasa alrededor de las 61,000 t. Esto significa que la biomasa ha presentado un decremento del 74%.

Se hizo una comparación de los resultados de la biomasa estimada por el modelo con 14 estimaciones realizadas por otros autores, de las cuales, solo las evaluaciones de Doi *et al.* (1981) y las realizadas en 1991, 1995 y 1997 dentro del convenio internacional México-Cuba caen dentro de la misma tendencia de la presente evaluación (Fig. 7).

El modelo se ajustó con la estructura por clases de edad de la captura y con información adicional de la CPUE de la flota mayor mexicana, de la flota cubana y con el índice obtenido en los 28 cruceros que se llevaron a cabo para medir la abundancia relativa del mero (Fig. 8, 9, 10 y 11). Estos índices de la abundancia del recurso son lo que Deriso *et al.* (1985) llaman información auxiliar dentro de un modelo de captura por edades. Los índices de abundancia indican que la biomasa del stock de mero del Banco de Campeche ha sufrido una caída en los últimos quince años.

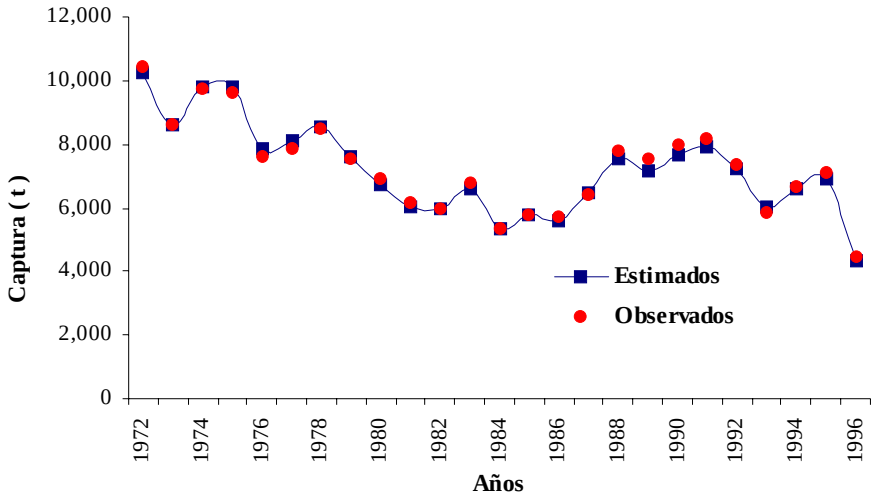


Fig. 8. Ajuste del modelo con la estructura por clases de edad de la captura, observada a partir de los muestreos mensuales realizados de 1972-1996 y estimada por el modelo.

- ***CPUE de la flota mayor mexicana***

La CPUE de la flota mayor mexicana se reporta en kg de mero/viaje de pesca. La tendencia de este índice de la abundancia es a la baja. Durante el período que va de 1984 a 1990 se registró un $CPUE_{ind}$ promedio de 2,221 kg de mero/viaje, mientras que de 1991 a 1998 la $CPUE_{ind}$ promedio fue de 1,505 kg de mero/viaje, esto significa una caída de alrededor del 32% en dicho período. Este índice indica que en el intervalo entre 1986 a 1997 la biomasa del stock ha caído un 38% (Fig. 9).

- ***CPUE de la flota Cubana***

La CPUE de la flota comercial cubana se reporta en kg de mero/100 anzuelos. Este índice muestra una tendencia decreciente mayor que la anterior. En 1982 el valor de la $CPUE_{cuba}$ era de 5.57 kg de mero/100

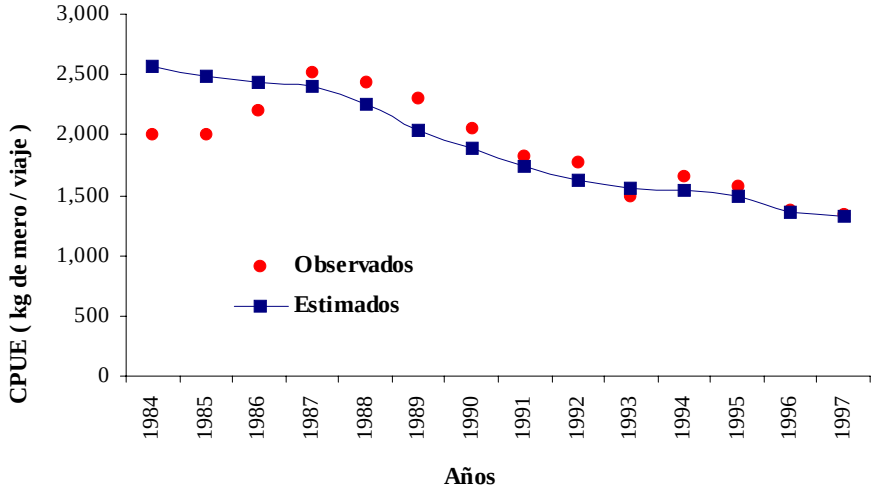


Fig. 9. Ajuste del modelo con la captura por unidad de esfuerzo de la flota mayor mexicana (CPUE flota mayor), observada y estimada por el modelo, durante 14 años (1984 – 1997).

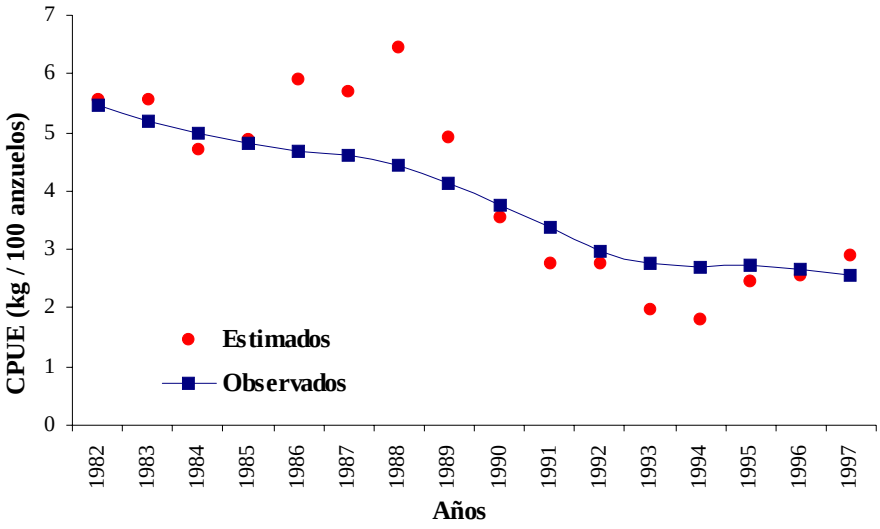


Fig. 10. Ajuste del modelo con la captura por unidad de esfuerzo de la flota cubana (CPUE flota cubana), observada y estimada por el modelo, durante 16 años (1982 – 1997).

anzuelos, mientras que en 1997 el valor fue de 3.01 kg de mero/100 anzuelos. La pendiente decrece un 49% en el mismo intervalo de 1986 a 1997 (Fig. 10).

- ***Indice de la Abundancia de los cruceros de investigación (México-Cuba)***

Este índice es importante tomando en cuenta la precisión con la que se registra. Su comportamiento es similar a los $CPUE_{ind}$ y $CPUE_{cuba}$. El valor de la abundancia registrada a través de 28 cruceros de investigación durante 14 años ha sido hacia la baja, lo cual indica que la biomasa ha decrecido alrededor del 49%, de 3.5 kg de mero/100 anzuelo en 1986 a 1.01 kg de mero/100 anzuelo en 1997 (Fig. 11).

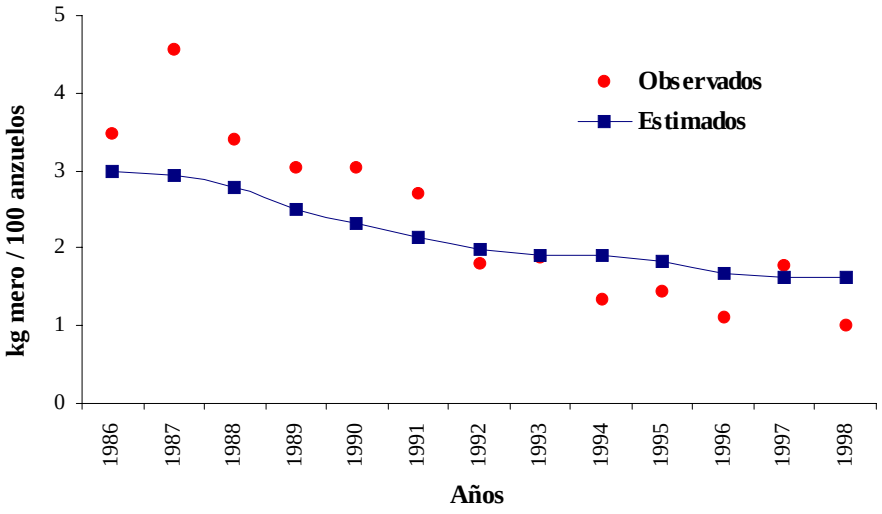


Fig. 11. Ajuste del modelo con los índice de la abundancia (IA**crucero**) observados a través de 28 cruceros de investigación durante 14 años (1986-1998).

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

El presente análisis muestra un decremento en la biomasa disponible del recurso que lo coloca en un nivel por debajo del 30% de la biomasa inicial. Los índices de abundancia de las tres fuentes independientes, muestran decrementos en los últimos 14 años. Esta baja en la abundancia se refleja en una disminución paulatina de las capturas tanto de la flota industrial mexicana como de la flota artesanal. Concomitantemente la baja en la captura de la flota cubana, también se debe a una reducción en el esfuerzo. Sin duda estos indicadores sugieren que la pesquería de mero se encuentra en deterioro o sobrexplotada.

◤Puntos de Referencia

En este trabajo se estableció un Punto de Referencia Limite de tipo biológico, que consiste en contrastar la biomasa actual y futura del stock con la biomasa inicial. Según lo sugieren Caddy y Mahon (1995) la biomasa del stock debe permanecer por arriba de un límite que se permita renovar la población. Utilizando diferentes funciones de la relación parentela progenie para diferentes poblaciones, Myers *et al.* (1994; tomado de Caddy y Mahon, 1995) han sugerido que intervalos de entre 20 y 50% de la biomasa inicial pueden ser tomados como PRL. Un valor que se considera precautorio para este PRL es el 30% de la biomasa inicial. En el caso de la pesquería de mero, la biomasa considerada inicial es la estimada por el modelo en 1958 que es alrededor de 240,000 t por lo que la biomasa actual debería estar por arriba de las 72,000 t. Las 61,000 t actuales están ya por debajo de este PRL, lo que implica la necesidad de algún tipo de manejo que recupere la biomasa a niveles más altos.

Dentro del modelo se simularon tres alternativas de manejo, para estimar la probabilidad de alcanzar el PRL. Estas medidas de regulación estuvieron basadas en proponer tres cuotas de captura proporcionales a la captura promedio registrada en los últimos tres años por cada una de las flotas (flota mayor mexicana 60%, flota artesanal 36% y flota cubana 4%). Como variable de desempeño se consideró la biomasa a corto (dos años), mediano (nueve años) y largo plazo (14 años), los resultados se obtuvieron por medio de un Análisis de Monte Carlo.

- Aplicar una cuota de captura de 7,650 t, de las cuales se asignaron 4,600 t a la flota mayor mexicana, 2,750 t a la artesanal y 300 t a la cubana, siendo equivalente a la captura promedio de los últimos tres años.

- Aplicar una cuota de captura de 9,500 t, de las cuales 5,700 t fueron para la flota mayor mexicana, 3,420 t para la artesanal y 380 t para la cubana.

- Aplicar una cuota de captura de 11,000 t, de las cuales 6,600 t a la flota mayor mexicana, 3,960 t a la artesanal y 440 t a la cubana, equivalente a la captura promedio de los últimos 10 años.

El análisis de riesgo con una cuota de captura de 7,650 t y a corto plazo (2001), indica que existe una probabilidad de 0.48 de que la biomasa se encuentre por arriba del PRL (biomasa **>** 72,000 t). Si se mantiene sostenida esta cuota de captura, existiría una gran probabilidad de alcanzar el PRL en el mediano y largo (con probabilidades de 0.99 y 1.00 de que se encuentre por arriba del PRL, respectivamente) y por supuesto se incrementarían los niveles de biomasa (Fig. 12).

Con la cuota de captura de 9,500 t y a corto plazo los niveles de biomasa indican una baja probabilidad (0.27) de que ésta se encuentre por arriba del PRL. En el mediano plazo dicha probabilidad es de 0.75 y en el largo plazo de 0.85 (Fig. 13).

Con la cuota de captura de 11,000 t y en el corto plazo existe una baja probabilidad de que la biomasa se encuentre por arriba del PRL (con probabilidad de 0.15). La probabilidad de que la biomasa se encuentre por arriba del PRL, en el mediano y largo plazo es de 0.30 y 0.31 respectivamente (Fig. 14). Los resultados muestran claramente, que si se incrementa la cuota de captura disminuye la probabilidad de alcanzar o estar por arriba del PRL (de que la biomasa sea superior a las 72,000 t).

Tomando en cuenta los resultados de las simulaciones se puede establecer que la cuota de 7,650 t (captura actual de la pesquería) permite, a corto plazo, la recuperación de la biomasa por arriba del PRL. Esto es debido al supuesto de retraso en el tiempo del modelo, ya que la salida de la flota cubana y la baja en las capturas de los últimos años, causan dentro del modelo, una baja en la tasa de explotación que provoca un incremento de la biomasa cuando se proyecta hacia años futuros. De este modo, una reducción en la tasa

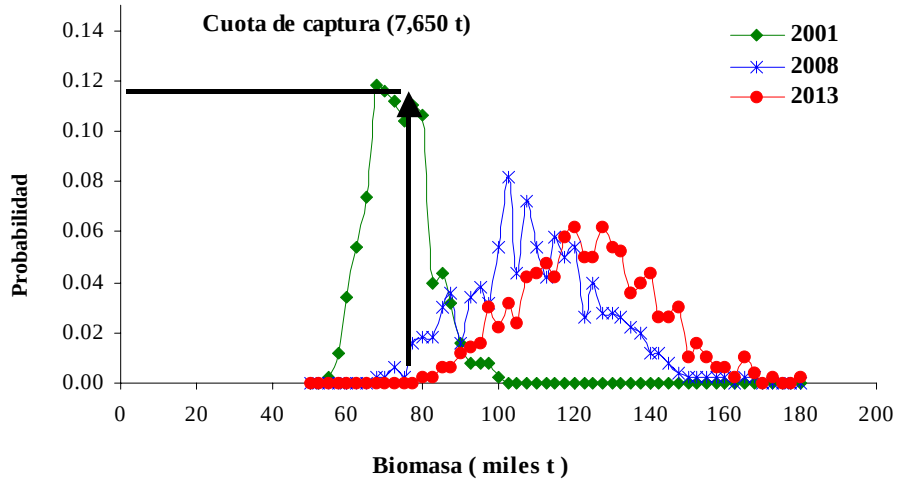


Fig. 12. Análisis de riesgo de la pesquería de mero, como la probabilidad de alcanzar el PRL de tipo biológico de una biomasa superior a las 72,000 t, con una cuota de captura de 7,650 t en el corto plazo (2001), mediano plazo (2008) y largo plazo (2013).

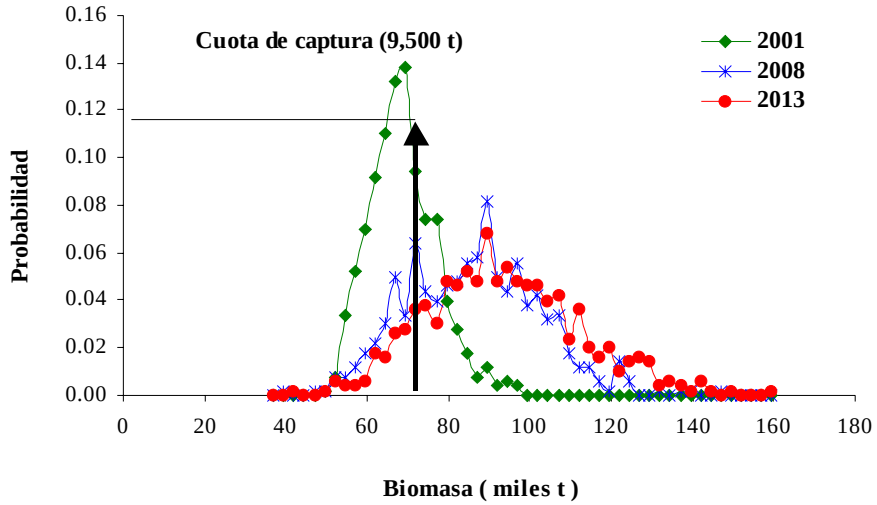


Fig. 13. Análisis de riesgo de la pesquería de mero, como la probabilidad de alcanzar el PRL de tipo biológico de una biomasa superior a las 72,000 t, con una cuota de captura de 9,500 t en el corto plazo (2001), mediano plazo (2008) y largo plazo (2013).

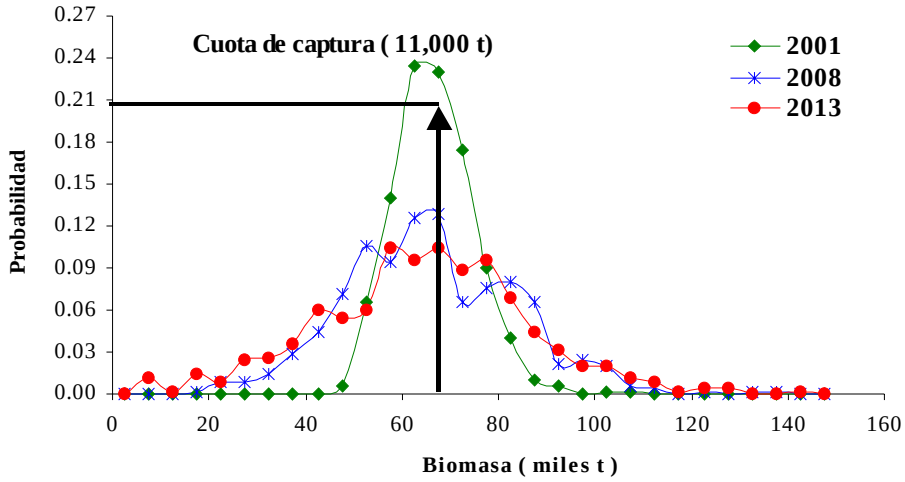


Fig. 14. Análisis de riesgo de la pesquería de mero, como la probabilidad de alcanzar el PRL de tipo biológico de una biomasa superior a de las 72,000 t, con una cuota de captura de 11,000 t en el corto plazo (2001), mediano plazo (2008) y largo plazo (2013).

de explotación significa una disminución de la mortalidad por pesca. Hay que tener claro que aunque existe una probabilidad de 0.48 a corto plazo y de 0.99 a mediano plazo, de estar por arriba del PRL, es necesario mantener esta cuota de captura, para seguir disminuyendo la tasa de explotación y permitir la recuperación de la biomasa. Así, se puede evitar que cuando la biomasa aumente la tasa de explotación se incremente, pudiendo generar mayores capturas en el corto plazo, pero causando que la biomasa otra vez disminuya por abajo del PRL.

Para mantener el nivel de captura de 7,650 t se pueden aplicar diversas medidas de regulación, considerando una o un conjunto de acciones que puedan incrementar la biomasa del stock. Siendo la pesquería de mero

secuencial, estas medidas de regulación tendrían diferentes alcances para cada una de las flotas.

▼ *Implicaciones en el manejo*

Dentro del Comité de Pesca y Recursos Marinos de Yucatán se han propuesto diferentes medidas para mejorar el estado de la pesquería:

- En esta pesquería se pretende evitar la pesca de crecimiento, sobre todo de la flota menor que prácticamente se encuentra en un régimen de acceso abierto. Incrementar el rendimiento por recluta a corto plazo causaría un incremento en la captura (FAO, 1997). En el caso de la flota artesanal, esto se puede alcanzar con diversas medidas de regulación. Se ha propuesto el uso de anzuelos más grandes y el uso de palangres en vez de la línea de mano, que permitan una mayor selectividad en la captura de los organismos. Otra forma es realizar la pesca en zonas mas profundas, donde no se encuentren organismos pequeños. Estas medidas de regulación han sido planteadas a los pescadores artesanales y a los permisionarios. Sin embargo, ellos no han estado de acuerdo ya que este tipo de acciones causaría un aumento en los costos de pesca, debido a que la construcción y el uso del palangre es mas costoso que la línea de mano, tanto por el material como por la cantidad de carnada que se utiliza. Lo mismo es el caso de cierre de zonas cercanas a la costa en donde se tengan que alejar más de sus zonas tradicionales de pesca ya que implica mayor gasto de gasolina.

- El respeto a los permisos de pesca es una regulación ya establecida, y su aplicación causaría una disminución en la tasa de explotación. Sin embargo, es obvio que es una medida que no ha sido viable, tomando en cuenta que la pesquería se encuentra en acceso abierto, en el que cualquier agente se puede dedicar a la pesca de mero con o sin permiso. Esta medida causaría que un gran número de pescadores salieran de la actividad.

- Otra medida de regulación sería implementar una veda, para evitar la pesca sobre las agregaciones de reproductores. Caddy y Mahon (1995) indican que una gran mayoría de pescadores y administradores están de acuerdo en que es un riesgo inaceptable el mantener pesquerías sin control sobre las agregaciones de meros (*groupers*), ya que esto conduciría a su extinción. No es necesario tener un conocimiento exacto del tamaño del stock para suponer el peligro al que está expuesto el recurso al dirigir su esfuerzo hacia estas áreas. En los meses de agregación, es cuando la flota mayor obtiene sus mejores rendimientos (Fig. 3). Además de encontrar en estos meses el mejor precio del producto en el mercado estadounidense. Después de esta época de invierno, en México se presenta la cuaresma, que es cuando existe la mayor demanda de productos marinos.

- El plantear cuotas de captura como medida de regulación, puede presentar algunos problemas, ya que en general los pescadores tienen la perspectiva de capturar todo lo que se pueda. Además de que se entabla una competencia sobre el recurso, pues todos los usuarios quieren obtener la mayor cantidad de la cuota; actualmente ya existe una competencia entre los permisionarios para obtener la mayor parte de la captura. Si por las bajas capturas, existe una probabilidad de que se incremente la biomasa, es muy probable que la actitud de los pescadores sea la de capturar más producto, lo cual causaría un incremento en la tasa de explotación.

Uno de los aspectos con mayor incertidumbre dentro del modelo es la relación parentela progenie, ya que esta función permite alcanzar el nivel máximo de reclutamiento a pesar de que el tamaño del stock este más abajo del PRL (una biomasa < 72,000 t). Por lo que se sugiere realizar estudios biológicos más precisos de la relación parentela progenie, fecundidad y de los agregamientos reproductivos, además de mencionar que el presente estudio se basa únicamente en una variable de desempeño, y sugiere ampliar este análisis a variables sociales y económicas.

Actualmente en el estado de Yucatán se esperan tiempos difíciles para la actividad pesquera, ya que la flota artesanal se encuentra en equilibrio bioeconómico (Monroy, 1998). Con esta situación de la pesquería,

se debe de sugerir una reducción del esfuerzo de pesca para que esta disminución se traduzca en una baja de la mortalidad por pesca, causando un incremento en la biomasa del recurso (según lo observado en el modelo). Sin embargo, el modelo no contempla algunos factores que se presentan en la realidad como son las diferentes formas en que se puede invertir y subsidiar al sector. En los últimos años la pesquería de pulpo ha subsidiado la pesca en general en todo el estado; para 1999 no se espera el mismo caso, ya que no existen mercados internacionales interesados en la compra del pulpo mexicano.

▼ *Conclusión*

Los resultados del modelo, la captura por unidad de esfuerzo de la flota mexicana y cubana, el índice de la abundancia de los cruceros y la captura registradas por las tres flotas, indican que esta pesquería se encuentra en un estado de deterioro. Hay una sobrecapitalización de la flota mayor mexicana y de la flota artesanal, mientras que la flota cubana ha venido saliendo de la pesquería por problemas económicos. La flota artesanal se encuentra en acceso abierto. Los resultados del la simulación del modelo indican que con la cuota de captura de 7,650 t anuales se presenta la mayor probabilidad de alcanzar el PRL de una biomasa mayor de las 72,000 t. La cuota de 11,000 t presenta la menor probabilidad de alcanzar el PRL y por lo tanto no permitiría que exista un crecimiento de la biomasa vulnerable del stock. En gran medida el deterioro de la pesquería tiene su origen en una sobre pesca de crecimiento y posiblemente al esfuerzo de pesca dirigido a las agregaciones de reproductores (Hernádez *et al*., 1999). Las medidas propuestas para evitar esta situación de la pesquería, no son bien recibidas por los pescadores, porque esto supone mayor costo de ejercer la actividad y a corto plazo menores capturas, menores retornos netos y la salida de pescadores de la actividad. Sin embargo, es previsible que si se continua una explotación sin ningún paliativo el deterioro de la población continuará.

REFERENCIAS

Arreguín-Sánchez, F. 1985. Present status of the red grouper fishery in the Campeche Bank. Proc. 38th. Ann. Sess. Gulf and Caribb. Fish. Inst. Martinique.

Arreguín-Sánchez, F. 1988. Dinámica de la población y evaluación de la pesquería de mero (*Epinephelus morio)* del Banco de Campeche, México, basado en datos de composición por longitudes de la captura. CINVESTAV - Unidad Mérida, IPN. México (inédito).

Arreguín-Sánchez, F. 1992. An approach to the study of the catchability coefficient with application to the red grouper (*Epinephelus morio)* fishery from the continental shelf of Yucatán, México. Tesis Doctoral. CINVESTAV-IPN Unidad Mérida, Yucatán, México.

Beaumariage, D. & L. H. Bullock. 1976. Biological research on snappers as related to fishery managements requeriments. Proc. Colloquium on snapper-grouper fishery resources of the Western Central Atlantic Ocean. Texas A&M University Sea Grant College Report 17: 86-94.

Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish Invest. London. Ser. II. 19: 533 p.

Buesa, R. J. 1978. La captura máxima permisible como función de la relación producción/ generaciones anuales. Primer Foro Científico. MIP/CIP Cuba.

Caddy, J. F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347. FAO, Roma.

Contreras, M. G. 1986. Investigaciones biológico-pesqueras de peces demersales (mero) del Golfo de México y Mar Caribe. CRIP Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Contreras, M., R. Reyes, M. Sáenz, F. Mendoza, C. Zetina, S. Nieto & J. Pol. 1987. Informe del crucero de investigaciones en el Banco de Campeche, LAM-87-05, del 20 de octubre al 4 de noviembre de 1987. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA-México, CIP-Cuba (inédito).

Contreras, M., R. Valdés A., V. Moreno G., R. Burgos R., S. Nieto M. & J. Pol P. 1993. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio* Val., 1828) en el Banco de Campeche 1991-1992. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA-México, CIP-Cuba (inédito).

Contreras, M.G., V. Moreno G. & R. Burgos R. 1995. Estado actual de la pesquería del mero (*Epinephelus morio*) en Yucatán. *En*: CD-Multimedia: Atlas Pesquero de México, Pesquerías Relevantes. SEPESCA, INP. Cenedic Univ. de Colima, México.

Deriso, R., T. J. Quinn II & P. R. Neal. 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 815-824.

Doi, T., D. Mendizabal & M. Contreras G. 1981. Análisis preliminar de la población del mero *Epinephelus morio* (Valenciennes) en el Banco de Campeche. Ciencia Pesquera 1 (1): 1-15.

FAO, 1997. Marine Resources Service, Fishery Resources Division. Review of state of world fishery resources: marine fish. FAO Fish. Circ. No. 920. Rome, FAO: 173 p.

Fuentes, D. & M. Contreras. 1986. Situación de la pesquería del mero (*Epinephelus morio)* en Yucatán. Análisis 1985. CRIP Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

González, P. & H. Ramis. 1974. Estudios preliminares sobre el comportamiento y la biología de la cherna americana *E. morio* (Valenciennes) en el Banco de Campeche. CIP La Habana, Cuba (inédito).

González, P. & H. Ramis. 1975. Biología pesquera de la cherna americana *E. morio* (Valenciennes) en el Banco de Campeche. CIP La Habana, Cuba (inédito).

Heemstra, P. C. & J. E. Randall. 1993. FAO Species catalogue. Groupers of the world (Family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and ilustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper, and lyretail species known to date. FAO Fisheries Synopsis 125.

Hernández F., A. 1995. Análisis bioeconómico, espacial y temporal de la pesquería del mero *Epinephelus morio* en la plataforma continental de Yucatán. Tesis de Maestría, CINVESTAV, Unidad Mérida, Yucatán, México. 139 p.

Hernández F., A., C. Monroy, V. Moreno G. & E. Giménez H. 1999. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio*, Val., 1828) en el Banco de Campeche 1997-1998. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEMARNAP-México, CIP-Cuba (inédito).

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman and Hall, New York.

Klima, E. F. 1976. A review of the fishery resources in the western central Atlantic. International Project Development of Fisheries in the Western Central Atlantic. FAO Wecaf Studies No. 3.

Moe, M.A. 1969. Biology of the red grouper *Epinephelus morio* (Valenciennes) from the Eastern Gulf of Mexico, Florida. Bd.Conserv. Mar. Lab. Prof. Pap. Ser. 10: 1-95.

Monroy G., C. 1998. Análisis bioeconómico de la pesquería del mero *Epinephelus morio* en el Banco de Campeche bajo condiciones de riesgo incertidumbre. Tesis de Maestría, CINVESTAV, Unidad Mérida, Yucatán, México. 118 p.

Moreno V., G., M. Contreras, R. Burgos, J. C. Mena, R. Valdés & S. Nieto. 1995. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio* Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1990-1994. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA-México, CIP-Cuba (inédito).

Moreno V., G., A. Hernández F., M. Contreras, R. Burgos J., E. Giménez H. & S. Nieto M. 1997. Informe de investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio* Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1958-1996. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEMARNAP-México, CIP-Cuba (inédito).

Punt, A. E. & R. Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. Use's manual. FAO. Computarized Information Series. Fish. FAO No. 10. Rome, FAO: 62 p.

Rodríguez, H. S. 1986. Determinación de la edad y el crecimiento del mero (*Epinephelus morio* Valenciennes) en el Banco de Campeche utilizando dos estructuras óseas diferentes (otolitos y hueso mesopterigoides). Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Biológicas. Univ. Autónoma de Nuevo León. México.

Rodríguez, H. S. 1994. Determinación de la edad y el crecimiento del mero (*Epinephelus morio* Valenciennes) mediante la lectura de otolitos y cuatro métodos basados en frecuencias de longitudes. Tesis de maestría en Biología Marina. Univ. de La Habana, Cuba .

Seijo, J. C. 1986. Comprehensive simulation model of a tropical demersal fishery red grouper (*Epinephelus morio)* of the Yucatán continental shelf. Ph. D. Thesis. Michigan State University.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

SEMARNAP. 1999. Reunión de trabajo para avanzar en el ordenamiento pesquero de la entidad. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Delegación Yucatán, México (inédito).

Smith, C. L. 1961. Synopsis of biologial data on groupers (*Epinephelus* and allied genera) of the western North Atlantic. Fish. Biol. Synopsis 23: 1-61.

Solís, M. R. 1969. The red grouper fishery of Yucatán Península, Mexico. 37th Annual Meeting. Gulf and Caribean Fisheries Institute. Miami, Fla. U.S.A. pp: 122-129.

Valdés, E. & G. Padrón. 1980. Pesquerías de palangre. Rev. Cub. Inv. Pesq. 5 (2): 38-55.

Valdés, R., D. Fuentes, S. Nieto, M. Contreras, C. Zetina, V. Moreno, R. Burgos, V. Ríos, C. Monroy & F. Mendoza. 1989. Informe de Investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero *Epinephelus morio* (Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1989. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA-México, CIP-Cuba (inédito).

Valdés, R., V. Moreno, S. Nieto, M. E. González, J. Pol, V. Ríos, C. Zetina, R. Burgos & M. Contreras. 1991. Informe de Investigaciones conjuntas México-Cuba sobre el mero (*Epinephelus morio,* Valenciennes, 1828) en el Banco de Campeche, 1991. Convenio de pesca México-Cuba, CRIP Yucalpetén INP, SEPESCA-México, CIP-Cuba (inédito).

Zetina, C., V. Ríos & L. Capurro. 1996. Red grouper (*Epinephelus morio*) population in Campeche Bank, Gulf of Mexico and different management strategies considering the technological interactions of three fishing fleets. Ciencia Pesquera 13: 95-98.

Zupanovic, S. & P. González. 1975. Investigación y pesquería de la cherna en el Banco de Campeche. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

rojo
rojo
pulpo
pulpo
patón
patón
pulpo
pulpo
rojo
rojo
pulpo
rojo
rojo
rojo
pulpo
pulpo
patón
pulpo
pulpo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PULPO

ESPECIE: Pulpo patón (*Octopus maya*) y pulpo común (*O. vulgaris*).

- *O. maya* aporta el mayor volumen de captura.
- La dinámica de la población depende de una clara relación stock-reclutamiento.
- Reclutamiento todo el año con un máximo en diciembre-enero.
- Aparentemente los huracanes tienen un efecto positivo en el reclutamiento de *O. vulgaris.*
- El esfuerzo pesquero se desvía hacia la captura de otras especies.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 16,478 t: 57.7% con respecto al máximo histórico (1996).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO:

- Estructurado por edades.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo permisible.

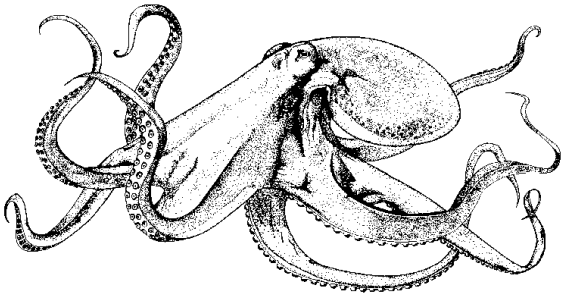
MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo pesquero por número de permisos, veda temporal y cuota de captura (NOM-008-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Maximizar el nivel de captura sostenible entre 10,000 y 12,000 t anuales.

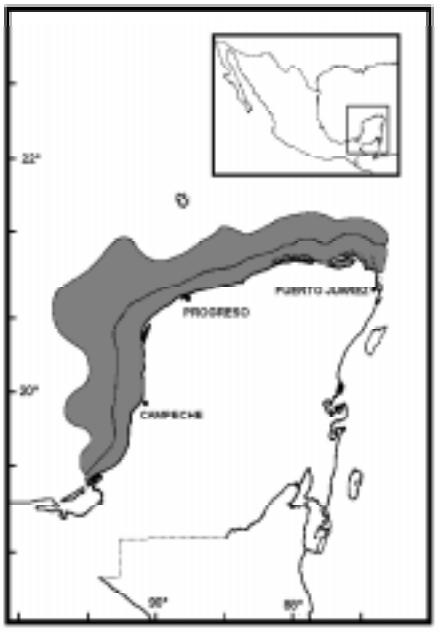
PULPO



Octopus maya

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



En el ámbito nacional el pulpo ocupa el doceavo lugar en cuanto a captura, en tanto que en el litoral del Golfo de México y Caribe es la cuarta pesquería más importante. El 98% de la producción nacional proviene de Yucatán, Campeche y Quintana Roó (SEMARNAP, 1999).

El aumento en el volumen de producción y la demanda internacional han llevado a esta pesquería a ocupar el tercer lugar nacional por su valor comercial, superada sólo por el camarón y el atún.

El aprovechamiento del pulpo en México tiene su origen en aguas adyacentes al puerto de Campeche, Camp., donde en 1949 se registraron 50 t. En los años sesenta, como resultado de la construcción de la carretera que une al sureste con el estado de Veracruz, se extiende la captura a los puertos de Seybaplaya y Champotón; se abren, además, los mercados de Tabasco, Veracruz y México, D.F.

El puerto pesquero piloto de Alvarado, Veracruz, se incorporó como comprador y regulador de precios en Campeche mediante la fijación de un precio único por temporada, evitando con ello las especulaciones habituales del mercado y con lo cual se eleva la captura a 1,321 t en 1965. En 1970, a consecuencia del decremento de la pesca en Campeche, los pescadores incursionan en aguas de Celestún; así se integra Yucatán con una captura de 304 t e inicia la explotación formal de la especie (Solís-Ramírez, 1962; 1967; 1975; 1988; 1991a; 1994).

El 98% de la pesquería de pulpo a escala nacional proviene de los estados de Yucatán y Campeche. En el primero participan la flota artesanal y la industrial, mientras que en Campeche sólo hay pesquería artesanal

Durante 1974-1975 se realizó una campaña de promoción de la captura de pulpo en Yucatán (Solís-Ramírez, 1974a; b; c; 1975), lo que propició años después la generalización de la actividad pesquera en toda el área de distribución del pulpo *Octopus maya,* logrando además reducir el esfuerzo aplicado a la pesca del mero.

De 1949 a la fecha, la captura de pulpo *O. maya* en Campeche se ha realizado sólo con embarcaciones de la flota costera o artesanal. En Yucatán, en cambio, a partir de 1982 las embarcaciones de flota mayor dedicadas tradicionalmente

a la captura de especies de escama, como el mero y huachinango se suman a la pesca de *O. maya* e incorporan una segunda especie, *O. vulgaris*.

La participación de las flotas artesanal y mayor de Yucatán, aunado a factores oceanográficos y de mercado (exterior), han permitido que la captura alcance dos grandes picos de explotación: uno en 1989 con un registro de 10,801 t y otro en 1996; ambos picos se presentaron un año posterior a los huracanes Gilberto y Roxana, respectivamente. Cabe destacar que en 1996 la gran demanda del molusco por parte del mercado internacional, particularmente de Japón, Corea, España e Italia, promovió la explotación, lo que se reflejó en un registro récord superior a las 20,000 t. Como consecuencia de esto, los industriales pesqueros de la entidad contaron con recursos económicos suficientes para cumplir con la regulación de higiene en el procesamiento de productos pesqueros, compromiso nacional dentro del marco del Tratado de Libre Comercio, para la modernización de plantas congeladoras. Asi mismo, se incrementó la inversión en alijos, embarcaciones menores y equipo para conservar el producto a bordo.

La pesquería del pulpo inició en Campeche en 1949. A causa de una disminución de la pesca en este Estado, Yucatán se integra formalmente a la captura del pulpo en 1970, registrando una producción de 304 t, comenzando así el desarrollo de esta pesquería en la entidad

A pesar de la abundancia del recurso en las costas de Yucatán y Campeche, en Quintana Roó el recurso es más escaso. Desde 1980 se registran capturas de pulpo en el Norte de ese estado, desde Isla Holbox hasta Isla Mujeres, utilizando embarcaciones menores de 25 pies de eslora con motores fuera de borda de 60 HP, y hasta 1980, buceo a libre o con compresora. En 1989, los pescadores de esa región introdujeron las "jimbas", al igual que sus homólogos de Campeche y Yucatán, lo cual se reflejó en incrementos sustanciales en los volúmenes de captura. Desde ese entonces y hasta 1994, la captura promedio anual fue de 86 t. En 1995 se alcanzaron 314 t, y en 1996 alcanzó un volumen récord de 342 t, aún cuando declinó en 1997 (213 t) (Medina, com. pers.).

La pesquería recae principalmente en dos especies: *Octopus maya*, llamado pulpo rojo, y *O. vulgaris*, pulpo patón. La primera se captura de agosto a noviembre a lo largo de las costas de Campeche y Yucatán a profundidades entre las 0 y 15 brazas, a bordo de embarcaciones menores de 5.5 a 9.0 m de eslora. La segunda predomina en un 60% de noviembre a diciembre en la captura de la flota mayor del estado de Yucatán (de 12 a 22 m de eslora), la cual se realiza entre las 10 y 30 brazas de profundidad.

La base de operaciones de la flota menor de la pesquería de pulpo se extiende prácticamente a todo el litoral de Campeche y Yucatán, desde Isla Aguada hasta Isla Arenas, y desde Celestún hasta El Cuyo. En Quintana Roó, ésta se restringe a su costa norte (Isla Mujeres, Cancún y Holbox).

Actualmente, la flota que cuenta con permiso en Yucatán está compuesta por 3,804 embarcaciones de las cuales 3,331 corresponden a la flota menor (5,006 alijos y 17,038 jimbas); y 473 a la mayor.

BIOLOGÍA

Octopus maya es una especie endémica, bentónica, que habita en aguas someras de la plataforma continental de Yucatán, a una profundidad máxima de 32 brazas, en praderas de *Thalassia testudinum*, en conchas vacías de moluscos gasterópodos (*Strombus gigas, S. costatus* y *Pleuroploca gigantea*), y cuevas existentes en la loza cársica del fondo o entre rocas coralinas distribuidas en manchones. Su distribución abarca desde las aguas adyacentes a Cd. del Carmen, Camp. hasta Isla Mujeres, Q. Roó (Solís-Ramírez, 1994; 1996; Solís-Ramírez *et al.*, 1962; Van Heukelem, 1977).

Los huevos de *Octopus maya* son grandes (17 mm), piriformes y de color blanco. Su fecundidad fluctúa entre 1,500 y 2,000 huevos. Las crías al eclosionar poseen todas las características anatómicas y conductuales propias de un adulto. La temporada de desove es de noviembre a diciembre; la incubación dura cerca de dos

meses y en el transcurso de este periodo la hembra no se alimenta ni sale de su cueva (Fuentes *et al.*, 1965; Solís-Ramírez, 1967; Seijo *et al.*, 1989; Voss y Solís, 1966).

Solís-Ramírez y Chávez (1986) mencionan una longevidad de 18 meses, en tanto que Van Heukelem (1976,1977) observó una longevidad de un año en condiciones de cautiverio. El reclutamiento pesquero ocurre entre los seis y siete meses de edad.

Octopus vulgaris es una especie cosmopolita ampliamente distribuida. Habita hasta los 150 m de profundidad. Vive en aguas con temperaturas que oscilan entre 6 y 33°C, aunque es mas común que se ubique entre los 10° y 30°C. En el Golfo de México constituye pesquerías en aguas orientales de la península de Yucatán, zonas Arrecifales de Veracruz y Tuxpan, Ver. Su ciclo vital tiene duración de 12 a 24 meses. La fecundidad de la especie oscila entre 100,000 y 500,000 huevos; el desarrollo embrionario es indirecto, pasando por una fase larvaria la cual forma parte del plancton durante cinco a doce semanas antes de adoptar vida bentónica (Hernández-Tabares, 1993; Solís-Ramírez, 1988; 1991a; van Heukelem, 1976).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

Las embarcaciones de la flota menor o artesanal miden entre 5.5 y 9.0 m de eslora y llevan abordo entre uno y dos "alijos" o pangas de 3.0 m de eslora. Su capacidad máxima de almacenaje es de 0.5 t; el número de pescadores abordo oscila entre uno y cuatro.

Las embarcaciones de la flota mayor tienen eslora que varía de los 12.0 a 22.0 m y actúan como nodrizas llevando abordo entre siete y nueve alijos. Su capacidad de almacenaje es de 5.0 a 15.0 t. Abordo viajan entre 10 y 12 personas, tres tripulantes y un pescador por cada alijo.

La temporada de pesca de Octopus maya y O. vulgaris abarca de agosto a diciembre

La temporada de pesca abarca del 1º de agosto al 15 de diciembre. Los viajes, en el caso de la flota menor, tienen una duración de un día, con excepción de algunas embarcaciones de 9.0 m de eslora, cuya autonomía puede ser de tres días; la flota mayor tiene una autonomía de 15 días.

Actualmente la flota menor opera a lo largo del litoral de Yucatán (de 0 a 15 brazas), en 27 comunidades pesqueras, concentrándose las descargas en 19 puertos de los cuales destaca Progreso como la base de operación y de descarga, ya que el grueso de la flota mayor se encuentra en su jurisdicción al igual que un buen número de embarcaciones menores.

La zona oriental de la península (frente a Dzilam de Bravo a Cabo Catoche) registra las mayores tallas en toda la región.

La pesca se realiza exclusivamente durante el día, utilizando el método campechano o "al garete". Este consiste en dejar la embarcación a la deriva, arrastrando las líneas o cordeles con la carnada (jaiba, cangrejo moro o cangrejo araña) en el fondo, atada al extremo libre de la línea pulpera. El otro extremo se ata a uno de los costados de la embarcación y a dos “jimbas” (pértigas de bambú), parte de las cuales se fija a la embarcación y parte pende a proa y popa. Los alijos emplean jimbas de dos a tres metros y de seis a siete lineas, en tanto que las lanchas usan jimbas de cuatro a cinco metros y unas 16 líneas. (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1987; Solís-Ramírez, 1962; 1967; 1991b; 1994).

En Campeche, Yucatán y Quintana Roó se captura pulpo mediante el buceo con gancho, a pulmón y Hooka, método no autorizado en la NOM-008-PESC-1993. Las trampas japonesas sólo fueron implementadas a prueba y aun cuando se obtuvieron resultados que sugerían una buena alternativa de áreas de pesca no aprovechadas con el método al garete, se descontinuó su uso.

Se ha tratado de introducir el sistema de ollas (nunmarellas), tubos dobles de PVC de 15 cm de diámetro; así como "señuelos" de plástico en forma de cangrejo moro como substituto de la carnada natural dada su escasa disponibilidad y alto costo. Sin embargo, el uso de éstosno se ha generalizado.

▼*Tendencias históricas*

En Yucatán las capturas presentaban una tendencia hacia el incremento sostenido hasta el año 1996, cuando se alcanzó una captura récord de 19,000 t (SEMARNAP, Deleg. Federal). En contraste, Campeche presenta una captura sostenida que fluctúa alrededor de las 2,000 t (Fig. 1). Por otra parte, Quintana Roó ha aumentado las capturas de 95 t en 1990 a 307 t en 1996.

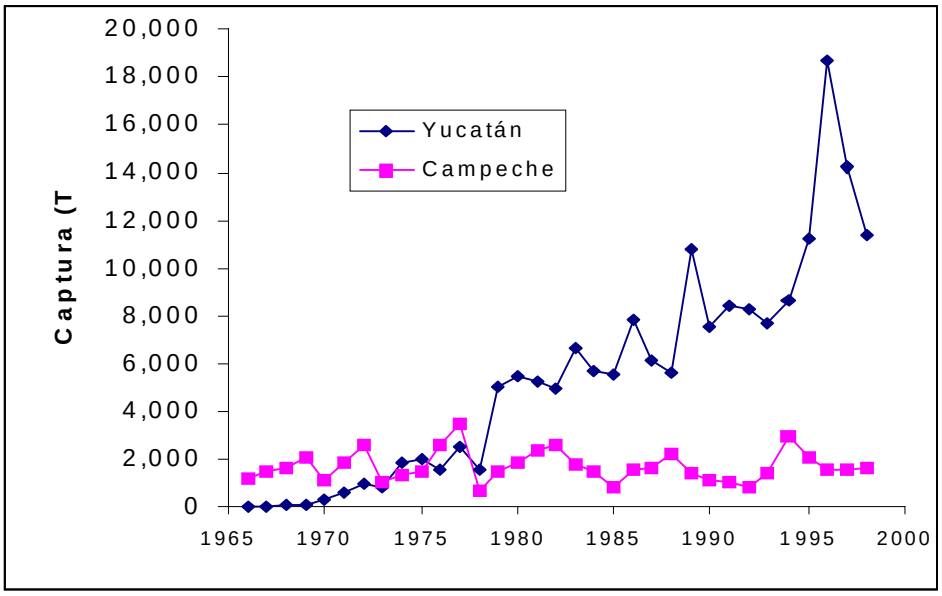


Fig. 1. Tendencia de la captura de pulpo en Yucatán y Campeche.

Como muestra de la influencia de los fenómenos atmosféricos, destaca el efecto de los ciclones sobre la captura. Se ha observado que la producción aumenta el año inmediato posterior a la ocurrencia de uno de estos fenómenos. Un ejemplo lo constituyen los incrementos aislados de captura después del Huracán Gilberto en 1988 y de los huracanes Ópalo y Roxana en 1995.

El rendimiento de la pesquería difiere entre un estado y otro, lo cual se debe a tres factores principales (Arreguín-Sánchez *et al*., 1987; Solís-Ramírez, 1988):

- Las embarcaciones campechanas tradicionalmente no emplean alijos, aunque desde hace cuatro años hay una tendencia a usarlos;
- Al estar menos disponible el recurso en sus campos pesqueros, los pescadores campechanos emigran a Yucatán durante la temporada de captura y registran su pesca en los puertos donde establecen su base de operaciones;
- Campeche no cuenta con una flota mayor considerable.

Los fenómenos atmosféricos tienen marcada influencia en la producción del pulpo. Se ha registrado un incremento en ésta un año posterior a la ocurrencia de ciclones

La serie histórica de datos de esfuerzo (flotas artesanal y mecanizada, Fig. 2) en Yucatán, muestra una marcada tendencia al incremento, excepto en los dos últimos años en los que aparentemente se observa una importante baja. Esto sin embargo, es consecuencia de un proceso de ajuste en el procedimiento de registro del número real de unidades.

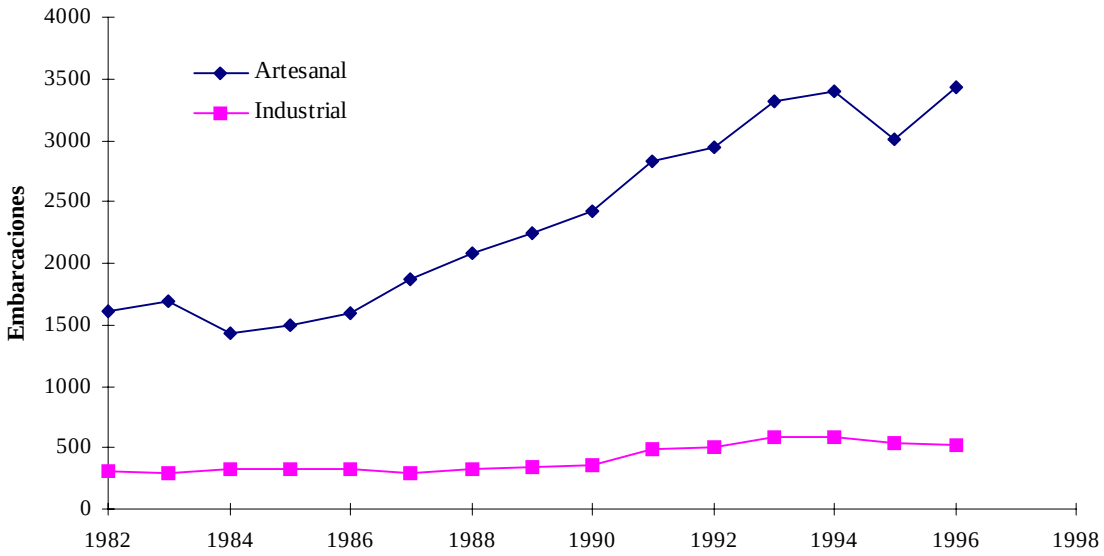


Fig. 2. Evolución del número de embarcaciones dedicadas a la captura de pulpo en Yucatán.

▼*Pesca incidental*

El método de pesca conocido como "gareteo" es prácticamente exclusivo para la captura de pulpo. En un estudio de pesca experimental con trampas japonesas, la supresión del arillo de las bocas o mataderos fue suficiente para que dejara de ser selectiva y así penetraran a los artes en cuestión langosta del Caribe (*Panulirus argus*) y diversas especies de escama, principalmente mero (*Epinephelus morio*).

Los pescadores de pulpo, en ocasiones durante la faena diaria alternan la captura de langosta y mero

▼*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería del pulpo interactúa con la de la langosta del Caribe en la costa y con la del mero tanto en la costa como entre las isobatas de 10 y 20 brazas. En el primer caso, los pescadores además del equipo para pesca de pulpo llevan equipo de buceo para capturar langosta, preferentemente, si las condiciones lo permiten. En el segundo caso, las lanchas se dedican a pescar mero cuando las tallas del pulpo son pequeñas o bien si la disponibilidad del recurso no es redituable.

También es común que pescadores de Champotón, Campeche, desmonten sus jimbas a fines de octubre y se dediquen a capturar con redes agalleras peto o carito (*Scomberomorus cavalla*) y/o sierra (*S. maculatus*), al escasear el recurso pulpo.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

La Península de Yucatán cuenta con una extensa red de carreteras que comunican a los centros de producción pesquera con los centros de abasto del país.

El transporte marítimo equipado con sistemas de congelación facilita la exportación, al igual que el aéreo facilita la de producto fresco (en hielo).

La región cuenta con puertos pesqueros ribereños y de altura, así como terminales pesqueras con los servicios básicos de apoyo, tales como estaciones de combustibles, fábricas de hielo, agua, etc. Yucatán cuenta con muelles con una longitud de atraque de 3,534 m (Solís-Ramírez, 1994) y alrededor de 25 plantas congeladoras. Las comunidades pesqueras existentes de Celestún a El Cuyo cuentan con centros de recepción para productos pesqueros en hielo y por ende de almacenaje temporal.

Para el mercado interno se distribuye en camiones en camas de hielo o en congelación en camiones equipados con thermo king a la ciudad de México, Puebla, Guadalajara, Irapuato (donde se vende cocido) y Mexicali, B.C., entre otros.

El mercado nacional está constituido principalmente por el D.F., Puebla, Guadalajara y Jalisco, mientras que el internacional lo conforman básicamente Corea, Japón y España

▼*Indicadores económicos*

El precio en playa durante 1993-94 fluctuó entre $7.00 y $11.00 M.N. por kilogramo y en 1996 como resultado de la apertura del mercado exterior el precio se incrementó hasta $24.00 M.N. Las exportaciones se realizaron principalmente a Corea, Japón y España.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesca responsable se efectúa en la Península de Yucatán bajo la Norma Oficial Mexicana NOM-008-PESC-1993 (DOF, 1993) y la Carta Nacional Pesquera conforme a los siguientes términos:

- Se aplica a las especies de pulpo (*Octopus maya* y *O. vulgaris*).
- Se establece una talla mínima de 110 mm de longitud del manto para la captura de todas las especies de pulpo, en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y mar Caribe.
- La Secretaría de Pesca (SEMARNAP) establecerá las cuotas de captura por especie y región para cada temporada de pesca, así como los límites permisibles de esfuerzo pesquero.
- La captura de pulpo podrá realizarse mediante la utilización de los equipos y métodos que autorice la Secretaría, excepto el uso de ganchos, fisgas y arpones, los cuales no podrán ser utilizados en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe.

Para el mejor manejo del esfuerzo pesquero del molusco, así como para proteger a esta especie durante la temporada de reproducción biológica y cuidado de crías, se toma como base el Acuerdo publicado en el Diario Oficial de la Federación del 3 de diciembre de 1994, en el cual se establece veda para la pesca de las especies de pulpo (*Octopus* maya) y (*O. vulgaris*) en las aguas de jurisdicción federal de los litorales de los Estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roó, en el período comprendido del 16 de diciembre al 31 de julio de cada año.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Modelo*

De acuerdo a los muestreos biológicos realizados por los investigadores del CRIP Yucalpeten (Hernández *et al.,* 2000), las gónadas de las hembras comienzan a madurar en octubre, proceso que continúa y alcanza su pico en diciembre y enero del siguiente año. Durante esos meses los óvulos son fertilizados por los machos

y el pico de reproducción, es decir la eclosión de los pulpos en su primero estadios de vida libre se presenta precisamente en Enero y Febrero. Tal situación conlleva a que la intensidad de pesca de un año tenga influencia directa sobre la captura del año siguiente. En este caso, entonces, no sólo es importante maximizar la captura de una temporada en particular, sino encontrar los límites de la mortalidad por pesca dentro de los cuales se pueda mantener la pesquería a largo plazo.

Se utilizó un modelo estructurado por edades (Deriso *et al.*, 1985) para describir y evaluar la pesquería de pulpo (*O. maya*) en Yucatán de 1993 a 1999 e incluyó toda la información biológica disponible. Este tipo de modelos ha sido frecuentemente empleado en el Instituto Nacional de la Pesca, para determinar las fechas más convenientes de inicio y terminación de los periodos de veda de varias especies, entre otras cosas.

El crecimiento en longitud de los individuos de las cohortes simuladas se calculó usando la ecuación de von Bertalanffy (Ricker, 1975; Sparre *et al.*, 1989) y se convirtieron a peso, por medio de la relación peso-longitud.

El número total de individuos a la edad *t* se calcula por medio de la fórmula:

$$N_{t+1} = N_t * s * (1 - v\mu_t) \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

N_t = número de individuos a la edad *t*
N_{t+1} = número de individuos a la edad *t+1*;

S = la tasa de sobrevivencia

μ_t = la tasa de explotación al tiempo *t*
v = la vulnerabilidad a la edad

Estas ecuaciones fueron aplicadas a todas las edades excepto a la máxima edad (N_n):

$$N_n = N_{n-1,t} \frac{(1 - \mu v_n)s_n}{[1 - (1 - uv_n)s_n]} \qquad \text{.....(2)}$$

La captura en peso (C) se estimó como:

$$C = \sum_a N_a w_a v_a \mu \qquad \text{.....(3)}$$

donde: $\sum_a N_a w_a v_a$ es la biomasa vulnerable y w_a es el peso a cada edad.

Para la vulnerabilidad se asumió una aproximación de curva logística para todas las edades. En donde la vulnerabilidad a_{full}, representó la edad desde la cual la vulnerabilidad para todas las edades subsiguientes fue total (100%):

$$v_a = \frac{\exp -(a - a_{full})}{2\delta^2} \qquad \text{.....(4)}$$

La desviación estándar de la vulnerabilidad a la edad (δ a) determina qué tan rápidamente la vulnerabilidad declina conforme la edad decrece desde a_{full}.

Las variables de estado del modelo fueron la vulnerabilidad, el peso, la proporción de hembras:machos, la madurez y la fecundidad. Las variables de cambio fueron el número de peces, la captura, la biomasa y las tasas de explotación.

El método utilizado para estimar la biomasa de la población del pulpo maya (*O. maya*) a través del tiempo fue mediante la construcción de un modelo estructurado por edades ajustado con los datos de la captura por edades registrados en los muestreos mensuales desde enero de 1993 hasta diciembre de 1998 (modelo tipo CAGEAN, Deriso *et al.,* 1985). Los parámetros estimados fueron:

- La mortalidad natural (la cual se asumió constante)
- El vector de reclutamiento mensual a la edad 1 de la población (el cual se asumió independiente de la población desovante)
- La edad de plena vulnerabilidad (a_{FULL})

Este ajuste se basa en la estimación de los parámetros mencionados que minimizan la suma de cuadrados de los datos observados de la captura a la edad con los estimados por el modelo construido a partir de la información biológica. Por lo tanto el algoritmo fue:

$$SSQ = \sum_{i=1}^{n} \frac{(\chi_i - \hat{\chi}_i)^2}{n} \qquad \text{.....(5)}$$

Donde X_i es el número de individuos de la edad *a*, observados en la captura en el tiempo *t*, y $\bar{X}_i$ es el número de individuos de la edad *a* estimados por el modelo en el tiempo *t*. Considerando que la edad se determinó en meses, y que en total se registraron 15 edades, de 3 (70 mm de manto) a 18 meses (de 1993 a 1998), para un total de 72 meses, entonces el numero de datos fue n=1,080.

Conforme transcurre la temporada de captura, el tamaño de los organismos capturados es mayor, alcanzando un máximo en los meses de octubre, noviembre y diciembre; sin embargo, en este último mes la captura disminuye drásticamente. El comportamiento de la estructura de la captura por edades es lo que afecta directamente el comportamiento de la biomasa del modelo a través del ajuste, por ello, la dinámica de la población estimada a partir de esta información refleja el comportamiento del crecimiento calculado a través de los muestreos y la captura (Fig. 3).

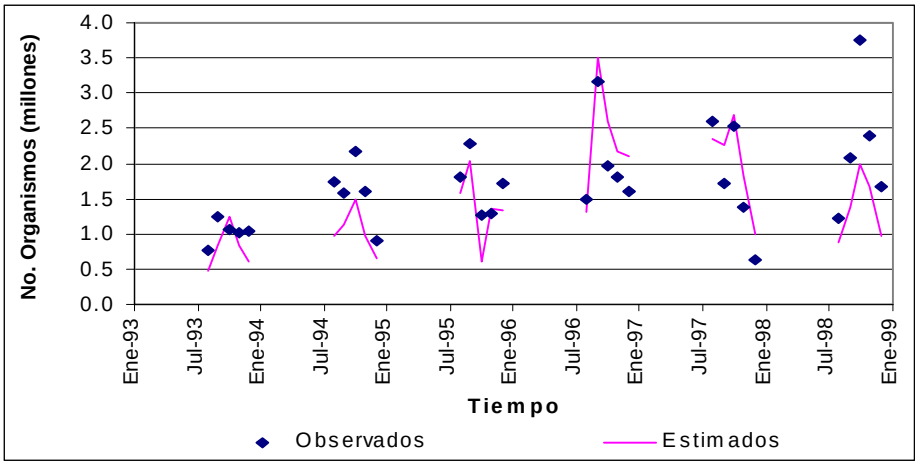


Fig. 3. Ajuste del modelo de simulación de la pesquería de pulpo (*O. maya*) con la información del número de organismos de la captura por edades para cada mes de muestreo durante siete años.

La mortalidad natural estimada fue: M = 0.18/mes y la edad de plena vulnerabilidad o a_{full} fue de 9 meses.

El vector de reclutamiento estimado presenta un comportamiento cíclico bien definido año tras año, cuya tendencia a través del tiempo es sinusoidal, alcanzando el máximo entre diciembre y marzo, y particularmente en enero y febrero (Fig. 4).

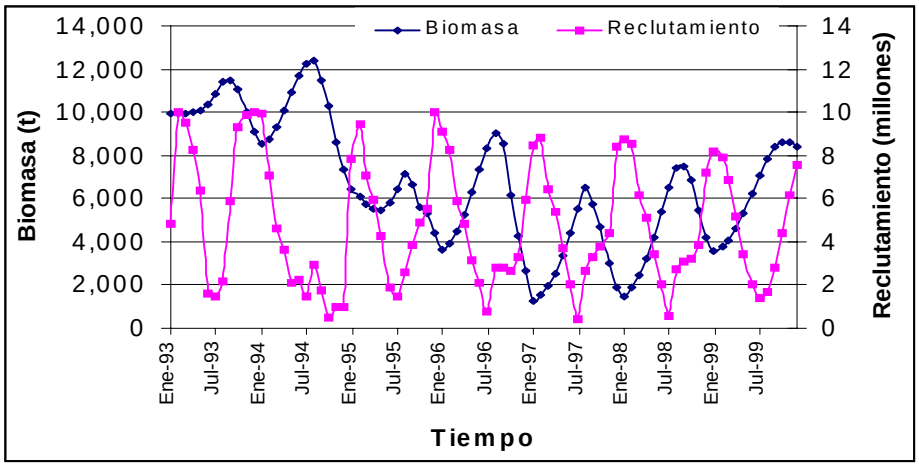


Fig. 4. Tendencia de la biomasa y del reclutamiento, resultado del ajuste del modelo de simulación de la pesquería de pulpo (*O. maya*), para el periodo de 1993 a 1998.

El reclutamiento se refiere a individuos de un mes de edad, por lo que los resultados del reclutamiento estimado demuestran que el pico de reproducción de *O. maya* se presenta durante los meses de diciembre y enero. A pesar de que esto se respalda con los muestreos biológicos mediante los cuales se han registrado hembras con las gónadas completamente maduras en noviembre y diciembre. Ello coincide en parte con lo reportado por otros autores. Arreguín-Sánchez (1992) mencionó que los valores máximos de reproducción y oviposición se presentan de agosto a octubre.

Asi mismo, Arreguín-Sánchez (1992) mencionó dos épocas de reproducción: la primera de febrero a marzo y la segunda aproximadamente en julio.

En relación con lo anterior, cuando se inició la pesquería de pulpo en las costas de Campeche en los años setenta, se estableció una veda que iniciaba el 15 de noviembre y finalizaba el 1 de agosto, para proteger las hembras reproductoras, cuya presencia se había detectado en los meses de octubre y noviembre, principalmente (Solís-Ramírez, 1997). No obstante, cuando se incorporó la flota mayor de Yucatán, se reportó un gran porcentaje de *O. vulgaris* en la captura, por lo que se optó por correr la temporada de veda un mes, estableciéndola del 15 de diciembre al 1 de agosto. El manejo que se estableció en ese entonces es afín con el comportamiento del reclutamiento descrito en el presente trabajo, si bien pueden presentarse otras causas que contribuyen a explicar el comportamiento de la temporada de captura.

El comportamiento de la dinámica de la población durante el tiempo de estudio fue definido por el reclutamiento; por lo tanto, la biomasa mostró un comportamiento sinosoidal, sólo que desfasado algunos meses por el efecto del crecimiento (Fig. 4). En el caso de la biomasa, la caída fue más pronunciada, efecto producido por la captura. Cuando se eliminó la captura del modelo de simulación, la biomasa continuó mostrando un comportamiento oscilatorio, explicado por el reclutamiento y por la alta mortalidad natural.

En un ciclo anual, la máxima biomasa (9,000 t aproximadamente) se presenta generalmente en los meses de agosto a octubre. Coincidentemente, la temporada de pesca se inicia en agosto, alcanzando la máxima captura en los meses de octubre y noviembre.

Como ya se mencionó, el reclutamiento es oscilatorio. No obstante este patrón, no se encontró una clara relación entre el número de reproductores en un tiempo determinado y los reclutas del tiempo siguiente.

Se ha reportado que la fecundidad de *O. maya* llega a ser de 1,500 huevos por hembra. Si los picos de reclutamiento se mantuvieron en el orden de ocho millones, entonces con una estimacion gruesa, promediando la fecundidad para todas las hembras estimadas en la población, la viabilidad promedio desde la eclosión hasta el primer mes de vida debería ser superior al 5% y el número de hembras de 110,000. No obstante, este análisis no es factible, dada la falta de informacion biológica al respecto.

Este tipo de investigación en lo futuro proporcionará las bases para determinar el escape de biomasa (hembras) que aseguraría un reclutamiento umbral para mantener la poblacion en niveles definidos con puntos de referencia biológicos (o incluso económicos) aceptables. Durante todo el periodo de estudio el número de hembras desovantes fue superior a las 533,000.

Actualmente, el establecimiento de una cuota para proteger el reclutamiento requerirá de estudios de biología de la reproducción de la especie. Por lo tanto, es necesario continuar el manejo de la pesquería aplicando vedas basadas en las fechas de reproduccion.

El comportamiento cíclico anual del sistema permite reconocer que uno o dos meses después de finalizada cada temporada de pesca (febrero), la biomasa alcanza sus más bajos valores, como consecuencia de la disminución del reclutamiento, la mortalidad natural y el impacto de la mortalidad por pesca. El más bajo nivel de biomasa registrado durante todo el periodo de estudio se presentó después de la temporada 1996 (enero de 1997), con 1,284 t. Tal situación fue provocada muy probablemente por un incremento en los niveles de captura, registrando en esa temporada una captura récord superior a las 9,000 t de *O. maya*. No obstante esta baja biomasa al final de la temporada, el reclutamiento pico del año siguiente fue superior a los de 8 millones, muy cercano al promedio histórico de los picos (8,700,000).

En esas condiciones, no se recomienda aumentar la mortalidad por pesca.

▼ *Estado actual de la pesquería de pulpo*

La pesquería del pulpo, aunque haya aumentado sus niveles de captura, corre el riesgo de sufrir los efectos de una sobrepesca de reclutamiento al corto plazo, con el consiguiente riesgo de baja en la producción en los años siguientes. La estrategia aplicable, es decir el establecimiento de la talla mínima de manto, el periodo de veda y no permitir el aumento del esfuerzo pesquero, es de mantenimiento para conservar el nivel de captura alrededor de los niveles promedio de los últimos años.

La estrategia de manejo adecuada para la pesquería de pulpo es conservar el nivel de captura promedio de los últimos años

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Si la pesquería se sigue sustentando principalmente en *O. maya*, no es de esperarse que las capturas aumenten; de hacerlo, se corre un riesgo de una caída de la población y, por ende, de la pesquería en el corto plazo. Las capturas totales sólo pueden aumentar si las operaciones de pesca se dirigen en mayor grado a *O. vulgaris*, el cual se encuentra a mayores profundidades.

La protección del reclutamiento al largo plazo de *O. maya* deberá formar parte de la estrategia de manejo de

la pesquería. Sólo así se podrán conservar al largo plazo las capturas de esta especie. No es recomendable aumentar la mortalidad por pesca.

Considerando que en la temporada 1996 se encontraron activas 3,434 embarcaciones menores y 517 mayores, y asumiendo una equivalencia de cinco embarcaciones menores por una mayor, se puede expresar el esfuerzo ejercido en "embarcaciones equivalentes" con 6,019 de esas unidades en 1996. El esfuerzo total de la pesquería, si el patrón de explotación de las dos especies capturadas no se modifica, no debe aumentar arriba de esa cifra.

Con el aumento de la captura de Octopus maya (pulpo rojo), se puede esperar que la población sufra un decaimiento. Debe considerarse orientar las operaciones de captura de la flota industrial hacia O. vulgaris (pulpo patón); alcanzando así un buen nivel de producción de pulpo, sin afectar la población de alguna de las dos especies que sostienen la pesquería

La flota artesanal es la que tiene un efecto más fuerte sobre *Octopus maya* por operar en las áreas someras donde esta especie se concentra para la reproducción. Tanto en la pesquería de Yucatán como en la de Campeche, no debe rebasarse el esfuerzo de pesca actual.

La flota industrial podría aumentar sus capturas si se aumentara la explotación de *Octopus vulgaris* (y no incrementando la captura *de O. maya*) aunque, como no se cuenta a la fecha con información sobre la disponibilidad de esa especie, no se debe incrementar la flota hasta determinar las zonas de ocurrencia y la disponibilidad de *O. vulgaris.* Sin embargo, la tecnología de captura de la flota mayor, que es prácticamente la misma de la menor, requeriría un cambio para tener acceso al área de ocurrencia de esta especie.

La aplicación de cualquier medida de manejo, sin una restricción al esfuerzo pesquero daría como resultado una disminución de la rentabilidad de la pesquería, la captura por embarcación disminuiría al incorporarse nuevas unidades a la pesquería. En lo futuro, en el caso de que sea necesario adoptar una cuota como medidad de manejo, ésta deberá estar acompañada de una reglamentación del esfuerzo pesquero.

En una pesquería con reclutamiento con fluctuaciones irregulares, Caddy (1983) y Caddy y Gulland (1983) resaltan la reglamentación del esfuerzo como menos dependiente de información en tiempo real sobre el estado del recurso que la administración por medio de una cuota.

No se recomienda la aplicación aislada de cuotas de captura sin considerar la reglamentación del esfuerzo pesquero

En toda las zonas de captura de pulpo deben evitarse a toda costa prácticas de pesca como la captura con gancho, a la que son muy vulnerables las hembras encuevadas.

Adicionalmente, los estudios realizados permiten también sugerir la modificación del actual periodo de veda, de manera que abarque del 1° de enero al 31 de agosto, con lo cual se limitaría la captura de juveniles de *O. maya* (Seijo *et al*., 1987).

Campos de colaboración

Las experiencias de modelado aplicado por el INP, como el de otras instituciones (Díaz de León, 1989), sugieren que es necesaria la investigación de campo para contar con más información sobre biología básica de *Octopus maya* y su dinámica poblacional. Evaluaciones de densidad poblacional e importancia de los periodos de reproducción a lo largo del año, entre otras, aportarían nuevos elementos (muy necesarios actualmente) para la administración de la pesquería. En este punto es importante la participación de las instituciones locales y nacionales de investigación.

Para el futuro desarrollo de la pesquería, son necesarias prospecciones de la abundancia y distribución de la población de *Octopus vulgaris* para determinar zonas de pesca y disponibilidad. También será necesario

desarrollar proyectos de biología del crecimiento de la especie, para disminuir la incertidumbre en las estimaciones de edad y crecimiento basadas en frecuencias de longitudes del manto. Esto se podría lograr con bioensayos, en ecosistemas controlados, ya sea en condiciones naturales o en laboratorio.

Como ya se mencionó, los estudios de biología de la reproducción son factibles para proporcionar más elementos de conocimiento para estudiar la población y tratar de modelar el impacto del establecimiento de cuotas para proteger el reclutamiento en niveles sostenibles.

Otro aspecto relevante que requiere atención en la pesqueria del pulpo *O. maya* es el económico. Este tipo de estudios proporcionara elementos necesarios para el manejo y la toma de decisiones, en la asignación de derechos de explotación basados en permisos de pesca.

Asimismo, es necesario alentar estudios sobre tecnologías alternativas de captura para la flota mayor. Ambos estudios requieren la participación activa del sector empresarial.

También es necesaria la participación de los sectores académico y productivo en estudios sobre las condiciones sociales y económicas de la pesquería. El efecto de limitar el esfuerzo de la flota artesanal debe ser sopesado con la captura de otros recursos por esa flota y la importancia del pulpo en su economía general.

REFERENCIAS

Arreguín-Sánchez, F. 1992. Growth and seasonal recruitment of the *Octopus maya* from the Campeche Bank caught by the artisanal fleet. NAGA, Philippines.

Arreguín-Sánchez, F., J. C. Seijo, D. Fuentes & M. J. Solís-Ramírez. 1987. Estado del conocimiento de los recursos pesqueros de la plataforma continental de Yucatán y región adyacente. CRIP Yucalpetén. Contr. Inv. Pesq. INP, México. Doc. Tec. 4:1-41.

Caddy, J. F. 1983. The cephalopods: Factors relevant to their population dynamics and to the assessment and management of stocks. *En*: Advances in assessment of world cephalopod resources. FAO Fish. Tech. Pap. 231:416-452.

Caddy, J. F. & J. Gulland. 1983. Historical Patterns of fish stocks. Mar. Policy 7:267-278.

Deriso, R. B., T. J. Quinn II, and P.R. Neal, 1985. Catch-age analysis with auxiliary information. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:815-824.

Díaz de León C., A. J. 1989. Modelo de optimización no lineal con criterios múltiples aplicado al manejo y control de una pesquería tropical: El caso del pulpo (*Octopus maya*) de la plataforma continental de Yucatán. Tesis de Maestría. CINVESTAV, IPN. Mérida.

DOF, 1993. Diario Oficial de la Federación del 1 de septiembre de 1993. Gobierno de la República, México.

Fuentes, D., M. J. Solís-Ramírez & J. De la Garza. 1965. Algunos aspectos de la reproducción de pulpo (*Octopus vulgaris* Lamarck) de la Sonda de Campeche. Res. II Congr. Nal. de Ocean., Ensenada, B.C., México.

Hernández-Tabares, I. 1993. Los pulpos (Octopodidae) de la pesquería comercial en los arrecifes de Veracruz, México. Oceanología 1:109-119.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Chapman & Hall. Nueva York.

Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations.Bull. Fish. Res. Bd. Can. 191:1-382.

Seijo, J. C., M. J. Solís-Ramírez & G. Morales. 1987. Simulación bioeconómica de la pesquería de pulpo *Octopus maya* de la plataforma continental de Yucatán. Mem. Simp. Invest. Biol.Ocean. Pesq. México. La Paz, B.C.S: 125-138.

Seijo, J. C., M. J. Solís-Ramírez & P. Arceo. 1989. Monte Carlo analysis of fecundity parameters in tropical demersal fisheries. CINVESTAV-IPN, Unidad Mérida & CRIP Yucalpetén, INP (inédito).

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Secretaria del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Gobierno Federal. México.

Solís-Ramírez, M. J. 1962. Contribución al estudio del pulpo (*Octopus vulgaris*, Lamarck) de la Sonda de Campeche. Trab. Divulg. 3(24): 1-36.

Solís-Ramírez, M. J. 1967. Aspectos biológicos del pulpo, *Octopus maya*, Voss y Solís. Publ. I.N.I.B.P. 18:1-90.

Solís-Ramírez, M. J. 1974a. Perspectivas favorables. La captura de pulpo en Yucatán. Diario de Yucatán. Miércoles 24 de julio de 1974.

Solís-Ramírez, M. J. 1974b. La pesquería de pulpo en Yucatán. Su situación en la presente temporada. Diario de Yucatán. Sábado 2 de noviembre de 1974.

Solís-Ramírez, M. J. 1974c. La captura de pulpo en Yucatán. Temporada 1974. Diario de Yucatán. Sábado 21 de diciembre de 1974.

Solís-Ramírez, M. J. 1975. Posibilidades de la pesca del pulpo de la Península de Yucatán. Publ. Inst. Mex. Com. Ext. 347:1-20.

Solís-Ramírez, M. J. 1988. El recurso pulpo del Golfo de México y el Caribe. *En:* Los Recursos Pesqueros del País. Instituto Nacional de la Pesca. pp:463-478.

Solís-Ramírez, M. J. 1991. *Octopus* fisheries in the Mexican waters of the Gulf of Mexico and Caribbean Sea. *En*: Roper, C.F.E., Sweeney, M. & Vecxhione M. Gilbert L (eds.). Bull. Mar. Sci. 49 (1-2):667-668.

Solís-Ramírez, M. J. 1994. La pesquería del pulpo del Golfo de México y Caribe Mexicano. *En*: Atlas Pesquero y Pesquerías Relevantes de México. C.D. Multimedia. Secretaría de Pesca, INP. CENEDIC. Univ. de Colima, México.

Solís-Ramírez, M. J. 1997. The *Octopus maya* fishery of the Yucatan Peninsula. *En*: Lang, Hochberg & Ambrose (eds.). The Fishery and Market Potential of *Octopus* in California, CMSC:1-10.

Solís-Ramírez, M. J. & E. A. Chávez. 1986. Evaluación y régimen óptimo de pesca del pulpo de la península de Yucatán. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., U.N.A.M. 13 (3):1-18.

Solís-Ramírez, M. J., J. C. Espinoza & F. Ramírez. 1996. Pesca exploratoria y experimental de pulpo con trampas japonesas en la plataforma continental de Yucatán. Mem. II Simposium sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. La Paz, B.C.S.

Sparre, P., E. Ursin & S.C. Venema. 1989. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. FAO Fish. Tech. Pap. 306.1-337.

van Heukelem, W. F. 1976. Growth, bioenergetics and life-span of *Octopus cyanea* and *O. maya.* Tesis de Doctorado. Univ. Hawaii, Honolulu; Hawaii, E.U.A.

van Heukelem, W. F. 1977. Laboratory maintenance, breeding and biomedical research potential of the Yucatan Octopus (*Octopus maya*). Lab. Anim. Sci. 27(5):825- 859.

Voss, G. L. & M. J. Solís-Ramírez. 1966. *Octopus maya*, a new species from the Bay of Campeche. Bull. Mar.Sci. 16 (3): 615 -625.

caribe
espinosa
pinta
langosta
espinosa
espinosa
langosta
espinosa
verde
langosta
langosta
langosta
roja
caribe
caribe

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE LANGOSTA EN EL CARIBE

ESPECIE: Langosta espinosa (*Panulirus argus*).

- Es la especie de langosta espinosa mas capturada a nivel mundial.
- Las áreas tradicionales de pesca se encuentran completamente aprovechadas, mientras que otras aún presentan potencial.
- La especie se distribuye en todo el Caribe, por lo que su dinámica se debe analizar desde el punto de vista de metapoblaciones.
- Las larvas migran a través de las aguas territoriales de varios países del Caribe.
- En los últimos dos años esta pesquería ha generado poco más de 8 millones de dólares.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 883.8 t: 50.3% con respecto al máximo histórico (1988).

TIPOS DE MODELOS PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo de decaimiento.
- Análisis de cohortes.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

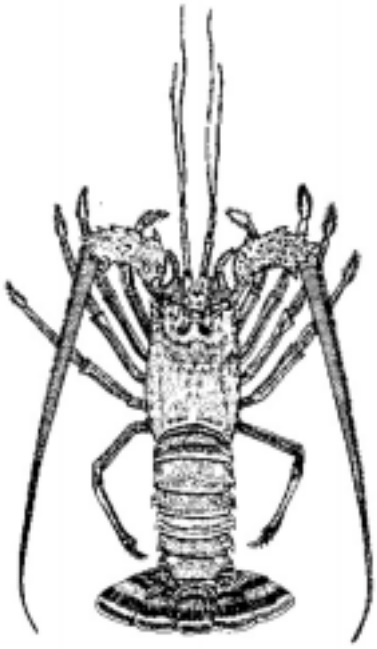
- Aprovechada al máximo permisible.

MEDIDAS DE MANEJO

- Control del esfuerzo por número de concesiones, veda temporal, talla mínima y prohibición de captura de hembras ovígeras (NOM-006-PESC-1993).

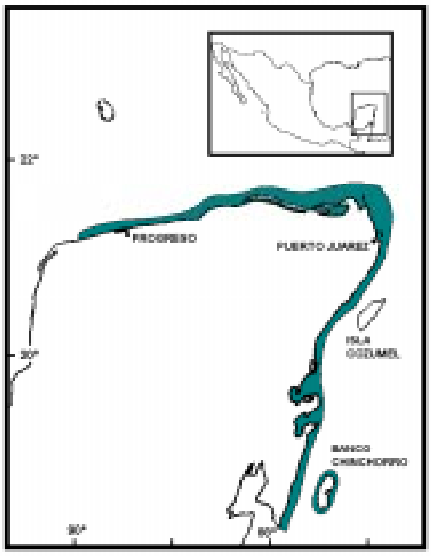
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Mantener al stock reproductor y el reclutamiento a la pesquería en niveles cercanos a la máxima productividad.



LANGOSTA ESPINOSA DEL CARIBE

Panulirus argus



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

México ocupa el séptimo lugar como productor de langosta espinosa a nivel mundial y es considerado el décimo séptimo lugar en la captura mundial de langostas. En el ámbito nacional, la captura registrada en Yucatán y Quintana Roó, contribuye con el 23% de la producción nacional. El resto corresponde a las capturas que se obtienen en el Pacifico mexicano.

La captura de langosta espinosa ubica a México en el séptimo lugar mundial. La captura de la península de Yucatán aporta cerca del 23% del total nacional y genera cerca de ocho millones de dólares anuales

En la península de Yucatán, la captura promedio en el período 1988-1998 reportó 1,1091 t (peso vivo) que generó en los últimos dos años cerca de los 8.3 millones de dólares anuales. Este recurso ocupa a escala nacional el cuarto lugar entre los crustáceos que generaron divisas del extranjero, después del camarón, el langostino y jaiba (SEMARNAP, 1998).

En el Golfo de México y Caribe se han registrado tres especies de langostas espinosas: *Panulirus argus* la langosta del Caribe; *P. guttatus* la langosta pinta y en algunas ocasiones ejemplares de *P. laevicauda* la langosta verde (González-Cano, observación personal). La primera de estas especies contribuye con casi el 100% de la producción registrada en Yucatán y Quintana Roó. Además de estas especies se han identificado a otras como la langosta zapatera, *Scyllarides nodifer,* la cual es poco apreciada por su aspecto exterior, y sólo la consume la población local.

Desarrollo de la pesquería en Quintana Roó

La pesquería en Quintana Roó presenta cinco etapas:

En la primera etapa (1955-1970) se inició el desarrollo de la pesquería. Las capturas fluctuaron en un rango de 9.6 t a 387.5 t/año (peso vivo). Esta etapa se caracteriza por ser poco tecnificada.

La segunda etapa (1970-1981) presentó un rápido desarrollo. Se introdujeron las trampas tipo antillano y las capturas se incrementaron en el rango de 423.93 t a 750.58 t (peso vivo).

En la tercera etapa (1982-1988) se consolida el desarrollo de la pesquería (Figura 1). Se introducen las técnicas de buceo autónomo (SCUBA) y Hookah. En este periodo se obtienen las mayores capturas: 1,227 t en 1982 y 1,181 en 1988.

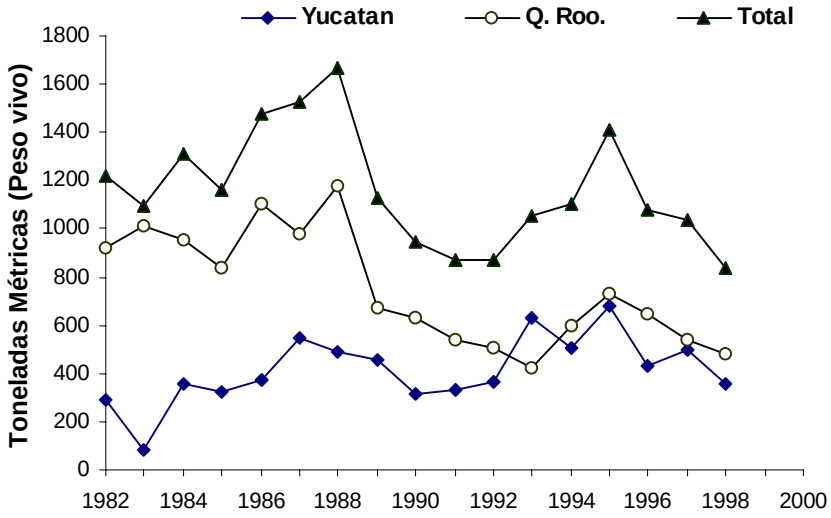


Fig. 1. Capturas de langosta espinosa en la Península de Yucatán, periodo 1982-1998.

La cuarta etapa (1989-1995) se considera de caída y recuperación del stock. La caída se produjo principalmente por los daños que produjo el huracán Gilberto (septiembre de 1988) en los fondos de las áreas de cría y de captura. La recuperación se podría atribuir a un buen nivel de reclutamiento de postlarvas en áreas de crianza a lo largo del estado durante 1992 (Briones y Lozano, 1994).

En la quinta etapa (1996-presente) las capturas muestran un descenso con una producción promedio de 557.6 t, semejante al promedio reportado en la segunda etapa, y equivalente a un 30% menos de la producción promedio durante la tercera etapa. Se considera que se deberán tomar medidas drásticas para restaurar la pesquería y llevar el recurso a niveles más rentables.

En el periodo 1970 a 1998, se observan dos puntos de equilibrio. La caída del primero al segundo después de 1988, se atribuye a condiciones naturales adversas, mientras que el segundo se debe a que no se permitió que el recurso se recuperara completamente y por el efecto de la pesca en zonas importantes de sublegales (áreas de crianza).

Desarrollo de la pesquería en Yucatán

La captura de langosta en Yucatán se inició en el Arrecife Alacranes en los años cincuenta. Aunque la producción no era importante, se comercializaba localmente en Mérida (Cervera *et al*., 1996).

Es hasta los años setenta cuando se inicia el desarrollo de la pesquería, por la influencia de los pescadores del norte de Quintana Roó. Las capturas se inician en la zona oriente del estado (San Felipe, Río Lagartos, etc.) desplazándose hacia el poniente, desde Dzilam de Bravo y Progreso, hasta Sisal y Celestún. Al inicio, la explotación la realizaron pescadores de Quintana Roó dentro de aguas yucatecas, para posteriormente ser desplazados por pescadores organizados de Yucatán. Esto se repitió en la zona poniente, pero esta vez con pescadores del propio estado.

La *figura 1* muestra que la producción aumentó hasta un máximo de 544 t en 1987 para descender en el periodo 1992-1996 y aumentar hasta alcanzar una producción de 676.5 t en 1995. A partir de este año, las capturas han descendido a la mitad de la producción (354 t).

La captura en peso vivo registrada en 1998 fue de 354 t, lo cual equivale al 52% de la captura máxima registrada en 1995 (676.5 t)

En el período 1988-1998 la captura promedio en Yucatán fue de 458.4 t. Las capturas posteriores muestran un descenso y en 1998 se reportaron 354 t (peso vivo), equivalente al 52% respecto a la captura máxima en 1995 de 676.5 t y 21% por abajo del valor promedio.

La pesquería frente a Yucatán es multiespecífica. Se capturan otras especies en forma conjunta como: mero (*Epinephelus morio)*, abadejo (*Mycteroperca bonaci*), boquinete (*Lachnolaimus maximus*) cabrilla (*Epinephelus adscenosionis*), pargo mulato (*Lutjanus griseus*) y pulpo (*Octopus maya*). Estas especies presentan menor precio que la langosta, sin embargo los volúmenes de captura permiten que la pesquería sea rentable.

En la *tabla 1* se presenta el número de Federaciones y Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera registrados hasta octubre de 1999, además del número de socios cooperativados y embarcaciones reportadas a lo largo de la península de Yucatán, hasta junio de 1997. Cabe aclarar que el número de socios aumenta a casi 5,376 debido a que por cada socio se consideran dos asistentes que intervienen en las labores de captura.

Tabla 1. Información sobre la organización de la pesquería de langosta en la península de Yucatán.

Estado	Federaciones	Cooperativas	Socios	Embarcaciones
Yucatán	2	17	1,068	468 menores * 14 mayores (104 alijos)
Quintana Roó	1	18	724	530 menores *
Total	3	35	1,792	998 menores 14 mayores

***** La mayoría IMEMSA de fibra de vidrio.

En este documento se presenta exclusivamente el conocimiento actual de la especie *Panulirus argus* en la península de Yucatán, por ser esta especie la que más se captura en el área. Además, se presentan las características más relevantes de las estrategias de su administración y regulación, con el objeto de que la información sirva de referencia en la definición de los lineamientos y estrategias para el manejo de la pesquería y futuro desarrollo de la investigación.

BIOLOGÍA

La langosta, *Panulirus argus,* posee uno de los rangos de distribución más amplios de todos los palinúridos conocidos. Se distribuye en el Atlántico oeste desde las costas de Carolina del Norte hasta Brasil, incluyendo las Bahamas, Bermuda, Yucatán y el Caribe. Esta especie se encuentra desde zonas sublitorales someras hasta los 100 m de profundidad (Kanciruk, 1980), a temperaturas que fluctúan entre los 16 y los 28 °C (Munro, 1974; Marx y Herrnkind, 1986; Cruz *et al.*, 1987).

La langosta del Caribe (*P. argus*) es una especie longeva. Se han estimado valores de mortalidad natural (*M*) que van de 0.1/año hasta 0.35/año; esta última es comparable a la que se estima en la región del Caribe para la misma especie.

Al igual que el resto de las langostas espinosas, esta especie presenta un ciclo de vida muy complejo, que incluye una fase larvaria meroplanctónica con 11 estadios durante un periodo de 6 a 9 meses

Al igual que el resto de las langostas espinosas, esta especie presenta un ciclo de vida muy complejo, que incluye una fase larvaria meroplanctónica con 11 estadios durante un periodo de 6 a 9 meses. En su última fase larvaria se convierte en postlarva y se asienta en aguas someras en áreas de crianza, iniciando así la fase bentónica. En estos sitios permanece aproximadamente dos años (Lozano *et al.*, 1991; González-Cano, 1991a) y posteriormente se dirige hacia aguas más profundas.

Esta especie presenta dimorfismo sexual externo. Una de las características más evidentes es la presencia de los orificios genitales en los machos, localizados en la base del quinto par de patas, mientras que en hembras se localizan en el tercer par. En los machos el segundo par de patas es más largo y robusto que el resto, mientras que en las hembras; el quinto par presenta una pequeña quela o pinza. Los apéndices abdominales se presentan dobles para las hembras, estas estructuras presentan cerdas alargadas que sirven para retener los huevos cuando las hembras alcanzan la madurez sexual.

Tanto juveniles como adultos son carnívoros que se alimentan de organismos sedentarios o de aquellos que presentan movimientos lentos. Colinas y Briones (1990) reportan predominancia de crustáceos, moluscos y algas coralinas en la alimentación de *P. argus*. Herrera *et al.* (1994a; 1994b) y Herrera e Ibarzábal (1995) reportan como alimento de las langostas algunos moluscos como *Strombus gigas,* almejas, crustáceos (cangrejos), equinodermos (estrellas de mar y erizos) y poliquetos. Estos organismos se alimentan durante la noche y se refugian durante el día.

Los juveniles de *P. argus* son depredados por pulpos (*Octopus* sp) y cangrejos portúnidos (Andrée, 1981). Dentro de refugios artificiales y naturales ubicados en la costa oriente de Yucatán se han encontrado tiburones gata (*Ginglimostoma cirratum*), meros (*Epinephelus morio*), morenas (*Gymnotorax* sp) y pulpos (*Octopus maya*) todos estos organismos han sido reportados como importantes depredadores de langosta (Cruz *et al.*, 1987; Ríos *et al.*, 1995).

En las costas de Yucatán se han observado también peces como el ángel azul (*Holocanthus barbudensis*) y la cochinita (*Balistes capriscus*), devorando langostas después de haber sido sacrificadas por los pescadores (Ríos *et al.*, 19970).

Actualmente en todo el estado de Yucatán y en la mayoría de los sitios en Quintana Roó se desembarcan tanto langostas enteras como colas de langosta, por lo que solamente se puede obtener el peso de la sección abdominal. Para inferir el peso de la langosta en su forma entera, Zetina *et al.* (1996) establecieron una relación de 2.59 entre el peso total y la cola, mientras que González-Cano (1991b) estimó que la relación es muy cercana a 3.0, con datos de la zona noreste del estado de Quintana Roó.

Los machos y hembras se aparean en zonas de arrecife. De acuerdo con Chapa (1964), la época reproductiva de cualquier langosta espinosa puede dividirse en tres etapas:

Apareamiento. El macho adhiere a la hembra un saco espermático en la región inferior del cefalotórax. La hembra que carga el espermatóforo es reconocida por los pescadores como hembra "parchada".

Fecundación. Al madurar las gónadas internas, la hembra rasga el parche y libera los huevos para ser fecundados y para que se adhieran a los filamentos en la sección abdominal.

Desove. Al madurar la masa de huevecillos (periodo durante el cual la masa cambia de color de naranja brillante a café oscuro) eclosiona el primer estadio larvario.

Para la incubación de los huevos, las hembras se desplazan a aguas profundas. Los huevos son retenidos durante aproximadamente un mes en el abdomen hasta que las larvas eclosionan. De esos huevos nacen pequeñas larvas llamadas filosomas, las cuales son muy diferentes de los adultos. Estas larvas flotan en el mar y recorren grandes distancias llevadas por las corrientes; el ciclo larval dura entre 9 y 11 meses e incluye 11 estadios.

En el último estadio larval denominado puerulus, las langostas sufren una metamorfosis y empiezan a nadar activamente, buscando lugares cercanos a la costa donde asentarse.

Aproximadamente 2 a 2.5 años después de su asentamiento, las langostas alcanzan su madurez sexual. La talla al 50% de hembras ovígeras se reporta en 175 mm de longitud abdominal (LA) y la talla más pequeña de una hembra ovígera se registró en 133 mm de LA. Sin embargo, se considera que un mejor estimador de la talla mínima de primera madurez, lo constituye la talla promedio mensual de las hembras ovígeras más pequeñas en el intervalo 142.2<151<159.8 mm de LA. La proporción anual de sexos es 1:1, pero varía a lo largo del año dependiendo del ciclo reproductor y de las tallas o edades que se estén considerando (González-Cano, 1991b). La fecundidad fue estimada en un intervalo de 280,400 a 1,308200 huevecillos, con un promedio de 592,257 para hembras de 75 a 145 mm de longitud cefalotorácica (LC) (Ramírez, 1996).

Resultados obtenidos en la costa noreste de Quintana Roó, muestran que el período reproductivo es estacional; comienza a mediados de febrero y alcanza un máximo en mayo (hasta 70% de hembras grávidas) y finaliza generalmente a principios de agosto (González-Cano, 1991b). En algunas temporadas se ha observado la presencia de un segundo pico reproductivo en septiembre (González-Cano y Aguilar, 1987; Ramírez, 1996).

Salas *et al*. (1991) llevaron a cabo un estudio en el oriente de Yucatán para conocer los patrones de asentamiento y caracterizar los sitios donde se presenta este fenómeno. Ellos encontraron relación entre el asentamiento diferencial de postlarvas y elementos tales como la exposición de larvas a las corrientes, temperatura, salinidad, fase lunar y las características de los fondos donde se colocaron los colectores.

De acuerdo con González-Cano (1991b) *P. argus* migra durante casi todo su ciclo de vida y, por tanto, debe considerarse como una parte integral de su estrategia de vida. No obstante, la principal migración tiene lugar durante la etapa larvaria. Una vez asentada la post-larva ésta crecerá y realizará movimientos migratorios en el gradiente latitudinal y de profundidad.

Durante las migraciones que realizan en la península de Yucatán, juveniles y adultos de langosta son capturados en grandes cantidades

En la península de Yucatán se reportan migraciones de juveniles y adultos por separado, mezclándose en algunas de las áreas en su recorrido.

Este patrón es bien conocido por los pescadores de la parte norte de Quintana Roó. Fuentes (1986) describe este patrón por primera vez y posteriormente González-Cano (1991b) llevó a cabo un estudio de los movimientos de las tallas modales. Este movimiento generalmente ocurre primero frente al estado de Yucatán y posteriormente se dirige hacia el este, al norte de Quintana Roó, frente a Holbox y hacia el sur en aguas someras que rodean a Isla Contoy, así como en la parte del cantil frente a esta isla e Isla Mujeres. En Bahía de la Ascensión existen migraciones de juveniles hacia mar abierto (Lozano *et al.*, 1991). A pesar de los resultados obtenidos en esta área de distribución para esta especie, aún falta mucho por estudiar sobre las migraciones que realiza.

La captura de juveniles en áreas de crianza y juveniles y adultos fuera de éstas, en aguas someras y a profundidades de 45 m, implica que en la península se capturan distintos stocks de *P. argus*. Lo anterior se refleja en las tallas grandes de los individuos en la zona noreste y sur de Quintana Roó y tallas pequeñas en las bahías de la zona centro de este mismo estado; así como tallas medianas en Yucatán, y en el norte y noreste de Quintana Roó.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

Actualmente tanto en Quintana Roó como en Yucatán, se utilizan embarcaciones que no rebasan los 10 m de eslora con motores fuera de borda de hasta 75 CF (caballos de fuerza).

En Yucatán la mayor parte de la captura se obtiene utilizando el buceo libre y la compresora, utilizando en ambos casos el gancho como herramienta para atrapar a los individuos. Sin embargo, en el área de Alacranes recientemente se está experimentado el uso de trampas.

En Quintana Roó se utiliza en la parte norte la compresora; en el noreste el buceo autónomo, compresora, trampas ahogadas, redes y casitas; en la zona centro se emplean las casitas y en la zona sur el buceo libre.

Como se muestra en la *tabla 2*, desde que se comenzó a utilizar el buceo en Isla Mujeres, las capturas generadas a través de trampas no han rebasado el 25% de la producción total de la zona, mientras que el resto de la producción se obtiene con buceo libre pero principalmente con SCUBA y compresora. El porcentaje de la captura de estas dos últimas ha ido variando dependiendo de la distribución de langosta en el gradiente de profundidad.

Tabla 2. Porcentajes de producción por técnica de pesca en los caladeros de Isla Mujeres en el periodo 1982-1988.

Temporada	Trampas %	SCUBA %	Compresora %
1982-83	13.0	87.0	
1983-84	14.9	85.1	
1984-85	19.8	44.2	36.0
1985-86	25.2	20.9	53.9
1986-87	19.3	50.9	29.8
1987-88	18.4	38.2	43.4

Con el reciente desarrollo del mercado de langosta viva, en algunas de las áreas se ha sustituido el gancho por el chinchorro y el jamo. Actualmente las trampas son colocadas sin boyas para su señalamiento; para su búsqueda se utiliza el Loran y GPS.

Con propósitos de comparación y por la diferencia de técnicas y artes de captura, así como de las características ambientales, las áreas de captura se han dividido en tres zonas en Quintana Roó: ***Zona norte***, abarca de Isla Holbox a Puerto Morelos. ***Zona centro,*** de Puerto Morelos a Punta Herrero. ***Zona sur,*** desde Punta Herrero hasta la frontera con Belice.

De acuerdo con las estadísticas de las últimas seis temporadas, la producción en la zona norte corresponde al 55.23%, centro 36.18% y sur 8.6% de la producción total del estado. Con tanta diversidad de técnicas y artes complementarias existe consenso en que es difícil tener una sola unidad de esfuerzo.

▼*Tendencias históricas*

La captura promedio (peso vivo) reportada para toda la península en el periodo 1982-1998 fue de 1,163.21 t. Sin embargo, durante los últimos años se ha capturado menos de este promedio. En 1996 se obtuvo un total de 1,078 t y en 1998 descendió a 839 t.

La captura promedio en peso vivo registrada en Yucatán en el periodo 1982-1998 fue de 412.3 t y 751 t en Quintana Roó, haciendo un total de 1,163.3 t en la península

En Quintana Roó y en Yucatán la producción promedio en el periodo 1982-1998 fue de 751 t y 412.3 t respectivamente. La *figura 1* muestra las capturas totales de langosta en toda la península y para los estados de Yucatán y Quintana Roó por separado.

En Quintana Roó las capturas se habían estabilizado hasta 1988. El descenso de la producción indica que la pesquería ha entrado en un periodo de deterioro, mientras que en Yucatán el efecto de la pesca ha sido menor y la producción ha mantenido el mismo comportamiento. Se considera que la pesquería todavía se encuentra en la etapa de desarrollo y podría esperarse que la producción se mantenga en los niveles actuales.

El esfuerzo en la península se ha incrementado. En el caso particular de Quintana Roó, después del huracán Gilberto en 1988 el esfuerzo descendió, pero en los últimos seis años ha incrementado.

▼*Pesca incidental*

En la mayoría de las áreas de pesca de Quintana Roó y Yucatán las técnicas y artes empleadas para *P. argus* son selectivas.

La pesca incidental en Quintana Roó y Yucatán se compone principalmente de mero (*Epinephelus morio*), boquinete (*Lachnolaimus maximus*), cabrilla *(Serranus cabrilla*), pargos (*Lutjanus* spp)

Existe sin embargo, captura incidental de peces como el mero (*Epinephelus morio*), boquinete (*Lachnolaimus maximus*), cabrilla *(Serranus cabrilla*), pargos (*Lutjanus* spp). En Quintana Roó cuando se usan redes se capturan cangrejos y peces y algunas veces con las trampas y dentro de las casitas se llegan a capturar langostas zapateras.

▼*Interacción con otras pesquerías*

En Quintana Roó la pesca es secuencial, ya que se captura dentro de áreas de crianza, como es el caso de las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo. Por otra parte, a lo largo de la costa de gran parte de la península, la captura se realiza fuera de las áreas de crianza.

En las bahías, la captura de juveniles se debe a que en estas áreas se tiene acceso a la langosta sólo en esta etapa de su vida. Una vez que logran llegar a mar abierto se pierde el acceso a estos organismos. El aspecto secuencial se da por las características del recurso, además del aspecto multiespecífico de la flota en algunas de las áreas de captura.

En Yucatán actualmente se están empezando a usar trampas en la pesquería de langosta en una de las zonas de pesca (inmediaciones del Arrecife Alacranes). Esto significa que ahora se capturan organismos de la población adulta que anteriormente no se capturaba.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En toda la península las instalaciones procesan una gran variedad de especies comerciales, no sólo langosta. En Yucatán ninguna de las 17 cooperativas cuenta con planta procesadora propia. En Quintana Roó sólo la Cooperativa Patria y Progreso cuenta con una.

En la mayoría de los casos las cooperativas poseen cuartos fríos o neveras portátiles de diferente capacidad que utilizan hasta que el producto se transporta a las plantas donde se procesa. En Yucatán la mayor parte de la producción es captada por los empresarios que tienen plantas congeladoras instaladas en el puerto de abrigo de Yucalpetén, Progreso o Mérida. Las salas de procesamiento en las congeladoras tienen en general una capacidad para procesar tres toneladas diarias.

En Quintana Roó existen siete plantas procesadoras para la exportación del producto. En la mayoría de los casos la langosta es transportada a los centros de recepción y de ahí se vende directamente al consumidor (hoteles y restaurantes) o a los intermediarios para su procesamiento y exportación.

▼*Indicadores económicos*

De acuerdo con la *tabla 1*, este recurso genera en la península de Yucatán un total aproximado de 5,376 empleos directos y un número, aún no cuantificado, de empleos indirectos en la cadena procesadora y comercializadora de este producto.

A lo largo de la península y hasta 1995, la langosta se comercializaba como cola de langosta congelada. La mayor parte de la producción se exportaba, pero actualmente existe gran demanda en Cancún, Mérida y Ciudad de México. En algunas áreas de captura de Quintana Roó, la presión por buscar nuevas técnicas de captura y alternativas de comercialización aceleró el proceso para manejar y vender el producto como langosta viva en el mercado asiático, alcanzando precios más altos.

Hasta 1995, la langosta se comercializaba como cola de langosta congelada en toda la península de Yucatán. Actualmente en algunas partes de Q. Roó se comercializa la langosta viva alcanzando precios elevados

Este proceso que comenzó en la zona centro de Quintana Roó, se ha extendido hacia la zona noreste frente a Isla Mujeres y en la bahía del Espíritu Santo. En Yucatán la comercialización de langosta viva aún no se ha desarrollado.

Más del 39% de la producción pesquera total de México se exportó en 1993 (aproximadamente 800 t con un valor de 12 millones de dólares). Sin embargo, porcentajes mayores de exportación fueron registrados en 1989 y 1990 por 53.2% y 55.9%, respectivamente (Smith, 1995). Los principales mercados a los que se exporta son Estados Unidos y Japón, y volúmenes menores a Francia y España.

En el mercado internacional, en el 2000, el precio de la langosta está entre los 28.00 y los 33.00 USD el Kg de cola, dependiendo del tamaño. En Quintana Roó, los precios están sujetos al mercado de exportación y al consumo local, principalmente en Cancún. A finales de la temporada 1998-99 la langosta se pagó (precio de playa) entre 24.00 y 25.00 USD el Kg de cola congelada y entre 10.00 y 11.00 USD el kilogramo de langosta viva.

En Yucatán, el mercado interno inicia en los puertos en donde se desembarca la langosta (Celestún, Sisal, Progreso, Dzilam de Bravo, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo), ya que existe un mercado local (restaurantes) que capta principalmente langosta fuera de talla la cual se paga a un precio muy por abajo del establecido en el mercado; la venta la hace directamente el pescador. La mayor parte de la producción llega a las

cooperativas y estas la envían a la empresa instalada en el puerto de Progreso o en la ciudad de Mérida, la cual lleva a cabo el procesamiento para exportación. Posteriormente se envía por vía terrestre hasta los Estados Unidos (San Diego y Washington). Se puede decir que la producción de langosta tiene un mercado asegurado en los centros turísticos nacionales y en los Estados Unidos y la demanda es mayor que la oferta.

Los mayores niveles de exportación se registraron en 1989 y 1990. Los principales países a los que se exporta son Estados Unidos, Japón; así como Francia y España a menor escala

De acuerdo con Smith (1995) en 1991 existió un consumo *per capita* a nivel nacional de 11.13 g en 1989 y 20.33 g. La langosta se distribuye en el mercado mexicano como cocida-entera-congelada (67%), como colas frescas congeladas (28%) y como pulpa de langosta (5%).

Por tratarse de un alimento de alto valor, sólo es adquirido y consumido en forma regular por la clase media alta y por la de mayor poder adquisitivo.

Un estudio bioeconómico comparativo de los artes de pesca que se usan en la península de Yucatán muestra que de los métodos de pesca que se utilizan, los que reditúan mayores beneficios netos son las trampas y las "casitas", mientras que con el buceo SCUBA y la Hookah se reciben retornos netos menores (Arceo y Seijo, 1991; Seijo *et al.,* 1991). El número de accidentes de buceo que se presenta en Yucatán es muy grande y eso aumenta el costo social que tiene el empleo de éste método de pesca. Actualmente, algunas cooperativas que trabajan en el Arrecife Alacranes están introduciendo trampas para la pesca de langosta.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La Norma Oficial Mexicana NOM-006-PESC-1993 contiene los apartados para el manejo y regulación de la pesca de langosta en el Golfo de México y la península de Yucatán. De acuerdo con esta norma existen tres medidas de regulación. Dos actúan en forma indirecta para controlar el esfuerzo: la talla mínima legal y la prohibición de capturar hembras ovígeras; una medida que actúa en forma directa es la veda.

A partir de 1990, la veda tiene una duración de cuatro meses, del 1 de marzo al 30 de junio. La talla mínima de captura a partir de agosto 11 de 1998 es de 135 mm de Longitud Abdominal (LA), equivalente a 74.6 mm de Longitud Cefalotorácica (LC) y 223 mm de Longitud Total (LT) para el Golfo de México y el Caribe (D.O.F. 11/8/98). Existe también, la prohibición de capturar hembras ovígeras a lo largo de toda la península de Yucatán.

A partir de 1992, la langosta pasó de la categoría de especie reservada para cooperativas a explotación permitida a través de concesiones

Desde sus inicios hasta la fecha, la pesquería de langosta se ha manejado controlando el esfuerzo. Hasta 1992 la langosta era una especie reservada y únicamente podía ser explotada por pescadores cooperativados (Decreto Presidencial 09/09/1936).

Al modificarse la Ley de Pesca y su Reglamento en julio de 1992, se derogó esta exclusividad y el recurso puede ser explotado a través de concesiones. De las 35 Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera en Yucatán y Quintana Roó que capturan langosta, 15 cuentan con concesión y con áreas de operación bien delimitadas. Las demás cooperativas continúan haciéndolo por medio de permisos.

Algunas de las cooperativas, a pesar de contar con la concesión y un área de operación definida, han preferido continuar trabajando en forma mancomunada en las áreas que usualmente venían explotando (por ejemplo: norte, noreste, bahía del Espíritu Santo y Banco Chinchorro). Esto se debe principalmente al carácter migratorio de esta especie y lo limitado de las áreas.

Debido a que este recurso se distribuye en la mayor parte de los países de la región del Caribe, se han establecido convenios bilaterales con Cuba y Jamaica. Además, con el apoyo de instituciones como FAO/ DANIDA y CFRAMP, se han realizando talleres en 1997, 1998 y 2000 para analizar el efecto global de las distintas medidas de regulación en un recurso compartido.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼*Información disponible*

La información con la que se dispone relacionada con *P. argus* en Yucatán y Quintana Roó, se presenta en la *tabla 3*.

Tabla 3. Parámetros de la langosta espinosa.

Estado	Especie	Sexo	Captura y Esfuerzo	Biomasa	Crecimiento			Mortalidad		
					L_∞ (mm)	K	t_o	M	F	q
Yucatán	*P. argus*	machos	Si	No						
		hembras	Si	No						
		ambos	Si	Si						
Quintana Roó.	*P. argus*	machos	1982-1999	No	310	0.26	0.41	0.075-0.1	0.425	0.575
		hembras	1982-1999	No	290	0.22	0.86	0.05-0.1	0.30	0.40
		ambos	1982-1999	No						

Estado	Especie	Sexo	Longitud-Peso		Madurez	Fecundidad		Selectividad
			a	b		a	b	L50
Yucatán	*P. argus*	machos	Si					
		hembras	Si					
		ambos	Si					
Quintana Roó.	*P. argus*	machos	0.03124	3.1876	130 mm LA			180 mm LA
		hembras	0.0448	3.0294	135 mm LA	1.693	1.744	175 mm LA
		ambos						

▼*Modelo*

Debido a que la pesca de langosta se ha desarrollado en forma distinta en Yucatán y Quintana Roó, la evaluación de este recurso se presenta en forma separada.

• **Yucatán**

Se emplearon varios modelos:

Estimación del tamaño de la población de langosta en la costa oriente de Yucatán, utilizando un modelo de decaimiento (MDCO) (Zetina y Ríos, 1997).

Para estimar la biomasa al inicio de la temporada, se simuló el comportamiento de las capturas diarias de las embarcaciones (CPUE) durante los primeros 30 días de cada temporada de los años 1989-1995. Se usó un modelo de captura, de decaimiento de la población y se utilizó una función de máxima verosimilitud.

Para cada año se hicieron 50,000 corridas incluyendo incertidumbre en: a) el tiempo de buceo o de pesca, b) el área recorrida, c) la probabilidad de encuentro de un ejemplar de langosta en el área recorrida, d) el peso medio de los individuos y e) el número de embarcaciones que salieron a pescar.

La captura se estimó con la siguiente ecuación:

$$C_t = q_t N_t f_t \quad \text{.....(1)}$$

donde:

C_t = captura al día *t*
N_t = número de individuos al *día t*
q_t = coeficiente de capturabilidad al día *t*
f_t = esfuerzo de pesca en número de embarcaciones que salieron a pescar el día *t*

$$q_t = \mu\left(\frac{arN_t}{A^2}\right) \quad \text{.....(2)}$$

donde:

μ = probabilidad de que si se encuentra a un individuo este sea capturado.
ar = área recorrida en un día = área recorrida en una hora de pesca (1 a 3.6 Ha) x tiempo de pesca (2 a 6 horas).
A = área de pesca del oriente del estado de Yucatán = 688,960 Ha.

Para la evaluación de la población inicial cada año se tiene:

$$N_{t+1} = N_t - C_t \quad \text{.....(3)}$$

$$B_0 = N_0 pm \quad \text{.....(4)}$$

donde:

B_0 = biomasa al inicio de la temporada.
pm = peso medio de las langostas al inicio de temporada = 100 a 600 g.

La estimación se hizo con la siguiente función de verosimilitud:

$$L(B_0, q, \mu|\theta) = \prod\left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\frac{(CPUE_O - CPUE_C)^2}{2\sigma^2}} \right) \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$CPUE_0$ y $CPUE_c$ son la captura por unidad de esfuerzo observada y calculada, respectivamente.

La *tabla 4* presenta un resumen de las estimaciones de la biomasa inicial en cada temporada de pesca y del número de langostas por Ha.

Tabla 4. Valores de B_o y densidad por temporada (1989 - 1995).

Año	B_o (kg)	Densidad (Número de langostas/Ha)
89	1,079,919	6
90	1,569,433	9
91	1,759,945	10
92	1,502,583	9
93	1,746,544	10
94	1,221,221	7
95	1,914,603	11

La biomasa de la población de langosta en la costa de Yucatán fue también estimada mediante un modelo dinámico en tiempos discretos (MDB) de Punt y Hilborn (1996):

$$B_{y+1} = B_y + g(B_y) - C_y \quad \text{.....(6)}$$

donde:

B_y = biomasa en el año *y*
C_y = captura el año *y*
g(By) = función de crecimiento poblacional que toma la forma

$$rB_y\left(1 - \frac{B_y}{K}\right) \quad \text{.....(7)}$$

r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional
K = capacidad de carga del medio

Para la estimación de los parámetros *r* y *K* se utilizó una serie de capturas (Kg de cola de langosta), reportada desde 1976 a 1996. Como índice de densidad se usó la CPUE (*Iyc*) del primer mes de las temporadas de pesca 1989 a 1996 de las embarcaciones del oriente del estado de Yucatán, obtenidas de bitácoras en las que se registra la captura diaria. En el proceso de estimación se supuso que la población un año antes al inicio de la serie de captura era una proporción de la capacidad de carga, es decir $B = pK$. La CPUE se modeló como $Iyc = qBy$ donde *Iy* es la CPUE. *q* es una constante de proporcionalidad entre la biomasa y CPUE y, *B* es la biomasa al tiempo *y*. En este caso se empleo una función de máxima verosimilitud:

$$L(K,q,r|\theta) = \prod \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\frac{(I_{yO}-I_{yC})^2}{2\sigma^2}} \right) \quad \text{.....(8)}$$

Para construir la serie histórica de las capturas y obtener las predicciones de la biomasa de langosta en la costa de Yucatán, se asumió que la biomasa poblacional puede modelarse con el modelo logístico.

Para ello se reprodujo una población desde el año 1900 hasta el 2020. Se utilizaron las capturas observadas desde 1976 y se aproximaron hacia atrás las capturas desde 1940 hasta 1975 siguiendo la tendencia observada.

El área concesionada actualmente para la captura de langosta es de aproximadamente 2'952,983 Ha; además, se hipotetizaron capacidades de carga definidas por densidades de 1, 3, 5, 7, 9 y 11 individuos/Ha con un peso medio individual de 0.250 Kg de cola, que corresponden a las siguientes biomasas: 738,245; 2'214,737; 3'691,228; 5'167,720; 6'644,211 y 8'120,703 Kg. Para cada valor de *K* se utilizaron valores de *r* de 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.25 y 1.5 asumiendo que en el primer año de la simulación la biomasa poblacional se encontraba al 60% de la capacidad de carga.

Las estimaciones de *K, r, q* y *p* se presentan en la *tabla 5*. La estimación de la capacidad de carga (*K*) es 4'810,745 Kg equivalente a 6.5 individuos/Ha en el área concesionada para el aprovechamiento del recurso langosta.La estimación de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional *r* es de 0.411 y el rendimiento máximo sostenido (RMS) estimado es de 494,815 kg de cola.

Tabla 5. Estimaciones de *K, r, q* y *p*, rendimiento máximo sostenido y estimación de la densidad de langostas por Ha.

Parámetro	Estimación
Capacidad de carga (*K*)	4,810,745 (Kg)
Tasa de crecimiento poblacional (r)	0.4114
Coeficiente de proporcionalidad entre la Biomasa y el índice de abundancia relativa *Iy* (*q*)	1.53E-06
Proporción de la capacidad de carga al inicio de la serie de captura (*p*)	0.89
Máximo Rendimiento Sostenido (Kg)	494,815 (Kg)
Área concesionada a la pesca de langosta en Yucatán	2,952,983 (Ha)
Densidad estimada de langostas	6.5 (Org/Ha)
Peso medio	0.25 (Kg)

En la *tabla 6* se presentan los datos de captura, la predicción de la biomasa de 1976 a 1995 y los índices de abundancia relativa observada y estimada. De acuerdo con estas estimaciones, en los últimos años la tasa de explotación ($F_t = C_t / B_t$) se ha mantenido entre 0.02 y 0.05.

Tabla 6. Series de captura, biomasa estimada, índice de abundancia relativa observado y calculado.

AÑO	Captura (kg)	Biomasa (kg)	*ly* observado (kg/día de pesca)	*ly* estimado (kg/día de pesca)
76	34,363	4,475,332		
77	64,390	4,569,345		
78	104,323	4,599,289		
79	94,937	4,578,140		
80	89,200	4,574,276		
81	84,447	4,577,583		
82	97,810	4,584,415		
83	26,953	4,575,342		
84	118,447	4,640,500		
85	107,507	4,589,617		
86	123,170	4,568,906		
87	181,553	4,540,233		
88	161,797	4,463,717		
89	151,097	4,434,397	6.55	6.77
90	104,181	4,426,026	8.92	6.76
91	111,549	4,467,470	6.37	6.82
92	120,370	4,487,075	5.13	6.85
93	211,035	4,490,911	7.13	6.86
94	169,235	4,402,716	6.37	6.72
95	225,500	4,387,116	7.34	6.70

Se usaron datos de la captura por unidad de esfuerzo promedio observado ($CPUE_0$) para los años 1988 a 1994 (obtenidos de los registros de capturas y muestreos de longitudes) y peso medio individual de los individuos (*wm*) de 1987 a 1995 (estimados de los muestreos de pesos y tallas de embarcaciones y en planta).

• Quintana Roó

Para analizar la situación en este estado, se utilizó el método de análisis de cohortes basado en frecuencias de longitudes (ACFL) de Jones (1984), a fin de estimar el número promedio de individuos que debió haber en el mar y *Ft* en cada intervalo de talla. Asimismo, se calculó el efecto simultáneo de cambios en la talla mínima (con selectividad de filo de navaja) y el control del esfuerzo (o su reducción paulatina), en la biomasa.

El ACFL es una modificación del análisis de población virtual. Se asumen condiciones de equilibrio y que la población es cerrada. Los parámetros y datos que se utilizaron son: capturas por intervalo de talla, $L\infty$, M/*K* y F/Z para el intervalo de talla más grande.

La ecuación general es:

$$N_t = \left(N_{t+1} e^{M/2} + C_t\right) e^{M/2} \quad \text{.....(9)}$$

donde:

C_t se refiere a la captura en el intervalo de tiempo entre t y t + 1.

De esta manera la longitud puede ser sustituida por la edad utilizando la ecuación de von Bertalanffy, para relacionar la talla con la edad:

$$t = t_0 - (1/k)\ln\left(1 - L_t / L\infty\right) \quad \text{.....(10)}$$

De esta última ecuación, la edad de una langosta de longitud Lt puede ser calculada y el tiempo para crecer de la talla L1 a la L2 es:

$$\Delta t = t2 - t1 = 1/k \ln\left[\left(L\infty - L1\right)/\left(L\infty - L2\right)\right] \quad \text{.....(11)}$$

Si N1 y N2 representan el número de langostas con tallas L1 y L2, entonces la ecuación (11) puede ser sustituida en (9) resultando:

$$N1 = \left(N2\,XL + C1{,}2\right)XL \quad \text{.....(12)}$$

donde :

C1,2 es el número de langostas entre las longitudes *L1* y *L2* capturadas durante un año, y:

$$XL = \exp\left[\left(M/2k\right)\ln\left(\frac{L\infty - L1}{L\infty - L2}\right)\right] \quad \text{.....(13)}$$

La ecuación 13 puede resolverse iterativamente para obtener NL, el número de langostas de talla L.

La tasa de sobrevivencia durante el periodo en el cual la langosta crece de *L1* a *L2* está dada por:

$$S\Delta t = e^{-Z\Delta t} = N2 / N1 \quad \text{.....(14)}$$

de la cual se puede obtener la tasa de mortalidad total como:

$$Z\,\Delta\,t = \ln\left(S\,\Delta\,t\right) \quad \text{.....(15)}$$

y la tasa anual de mortalidad total al dividir por Δt:

$$Z = Z\,\Delta\,t / \Delta\,t \quad \text{.....(16)}$$

Las tasas de mortalidad *F* para cada uno de los periodos se calcula entonces como:

$$F\Delta t = (F/Z)\, Z\Delta t \quad \text{.....(17)}$$

y la tasa de explotación como:

$E = F/Z$ = número de individuos capturados/número de individuos que mueren.

En la *figura 2* se muestra que el reclutamiento de machos de *P. argus* de 145 mm de LA en el periodo (1982-1995) decayó de un promedio de aproximadamente 415,000 individuos a casi 80,000 a partir de 1988. La reducción del reclutamiento en un 75% se atribuye al efecto provocado por el paso del huracán *Gilberto* en la dinámica del recurso y en las condiciones de las áreas de crianza y de captura.

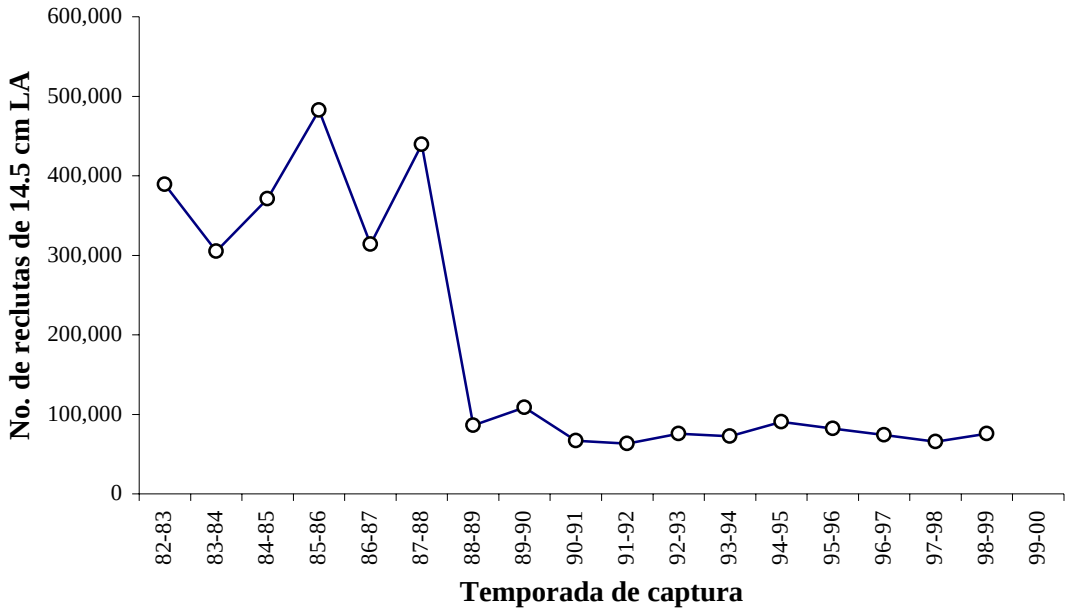


Fig. 2. Comportamiento de reclutas machos de *P. argus* en la zona noreste de Quintana Roó con estimaciones obtenidas con el análisis de cohortes basado en frecuencias de longitudes .

Con relación a los cambios de talla mínima legal, los resultados del análisis simultáneo de la talla mínima y esfuerzo tomando a la temporada 1986/87 como referencia (Fig. 3 y Tabla 7), muestran que una opción de manejo es la combinación de talla mínima de 145 mm de LA y una reducción del esfuerzo en un 25%.

La reducción de la talla a 135 mm de L A en esta zona en particular podría provocar cambios negativos (-0.743%) en la biomasa, a menos que se reduzca el esfuerzo en un 25%.

▼*Estado actual de la pesquería de la langosta espinosa del Caribe*

Un aspecto muy importante es la obtención de indicadores de como se encuentra el stock en explotación y su relación con el punto de referencia donde debería encontrarse (o no encontrarse).

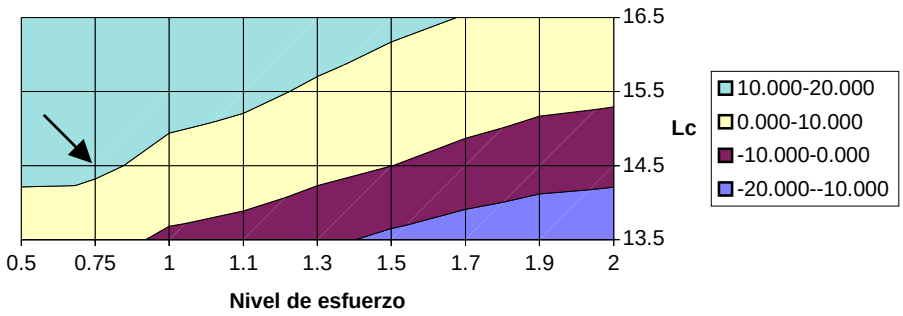


Fig. 3. Esquema del porcentaje de cambio de la biomasa como producto de cambios en la talla mínima o del esfuerzo. La flecha indica la mejor opción en las condiciones presentes (talla mínima 14.5 cm de LA y reducción del esfuerzo en un 25%).

Tabla 7. Porcentaje de cambio simultáneo debido a un aumento o disminución de la talla mínima y del esfuerzo aplicado.

Nivel del esfuerzo	Talla mínima de captura (Long. abdominal en mm) y % de cambio			
	135	145	155	165
0.5	6.240	11.515	14.198	16.177
0.75	3.665	***11.393***	15.460	18.573
1.0	-1.743	7.749	12.859	16.779
1.1	-3.937	6.127	11.588	15.768
1.3	-8.077	2.966	9.048	13.672
1.5	-11.807	0.041	6.659	11.648
1.7	-15.130	-2.613	4.476	9.769
1.9	-18.089	-5.009	2.497	8.046
2.0	-19.447	-6.118	1.580	7.241

Algunos puntos de referencia que se consideran como objetivos de manejo (PRO) son la biomasa correspondiente a la captura máxima sostenible o la mortalidad que resulta en MSY. Otros puntos son considerados como restricciones o límites (PRL) mismos que se recomienda no sobrepasar, en los cuales la pesquería no deberá estar operando (Caddy y Mahon, 1995).

El establecimiento de PRO o de PRL no sólo responde a objetivos biológicos. También deben considerarse los aspectos socioeconómicos. De tal manera que los PRL se establecen generalmente con una idea precautoria, considerando la conservación del stock y el sostenimiento de la pesquería.

Mientras que el aprovechamiento de la langosta en Yucatán se considera el adecuado, en Quintana Roó el esfuerzo se considera sobredimensionado

La pesquería de *P. argus* en la península de Yucatán no ha podido ser evaluada de la misma manera para todas las áreas de captura. No obstante, se tiene un buen conocimiento a escala global que permite llegar a conclusiones.

En la mayoría de las áreas de Quintana Roó, el recurso esta siendo sobreexplotado y deberán tomarse las medidas pertinentes para su restauración a niveles más rentables.

En Quintana Roó, debido a que las áreas de captura ya no se pueden expandir más, el problema que se observa y al que habrá que dar respuesta, es el hecho de que el esfuerzo se ha sobredimensionado (inter-

viene un número mayor de pescadores y la inversión ha sido mayor de la necesaria tomando en consideración condiciones óptimas de operación).

Esto se observa en todas las áreas de captura, pero principalmente en la zona del Caribe mexicano, en donde las áreas están limitadas por grandes profundidades y corrientes y no tienen posibilidades de expansión.

El noreste de Quintana Roó se ha venido capturando en áreas de crianza, lo que ha generado una pesca de tipo secuencial que apenas permite que los individuos se recluten a la pesquería a tallas cada vez menores. De esta manera las capturas han venido descendiendo. En la medida que no se controle este problema las capturas se mantendrán en niveles muy bajos de producción.

El caso de la pesquería en Yucatán el panorama es diferente. Los puntos de referencia que se consideran convenientes para Yucatán son el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la tasa de explotación ($F = C/B < 0.40$) como Puntos de Referencia Límites, así como la mortalidad por pesca ($F_{0.1}$) como punto de referencia objetivo. Los resultados de varios de los modelos indican que lo más probable es que la pesquería se encuentra por debajo de los puntos de referencia.

Estos resultados, sin embargo, toman en cuenta la biomasa de la población y no la distribución del esfuerzo pesquero y la distribución del stock explotado en diferentes áreas.

Desde el punto de vista biológico es posible incrementar el nivel de explotación del recurso en Yucatán; sin embargo, con un enfoque social, su pesquería debe regularse mediante concesiones, limitando el esfuerzo aplicado

Desde el punto de vista biológico es posible incrementar el nivel de explotación; desde la perspectiva social, lo más recomendable es regularizar el esfuerzo de pesca en su totalidad e integrarlo al esquema de manejo actual de permisos y concesiones y limitar el esfuerzo aplicado.

Por otra parte y como ya se ha mencionado, existe una fracción del stock que aún no ha sido explotada en el Banco de Campeche frente a las áreas de concesión de las cooperativas de Yucatán y Quintana Roó. Para su explotación se requiere llevar a cabo estudios que permitan evaluar el potencial de estas áreas sin detrimento de la producción actual en las áreas de operación de las cooperativas. En este sentido, deberán realizarse estudios de prospección por medio de permisos de pesca de fomento.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La pesquería de langosta en la península de Yucatán presenta dos estados distintos. Mientras que en Yucatán se encuentra en la etapa de aprovechamiento adecuado, en Quintana Roó la pesquería se encuentra deteriorada, con niveles menores al 50% de lo que se capturaba en la década de los 1980. En Yucatán se sugiere establecer todas las medidas de regulación que permitan mantener esta estabilidad del recurso y en Quintana Roó urge establecer las medidas que permitan recuperar el recurso a niveles más rentables.

Lo anterior se basa en la estabilidad de las capturas en Yucatán (áreas de operación de las concesiones) y en la caída de las capturas reportadas que muestra Quintana Roó.

A pesar de presentar dos estados diferentes, en ambos casos se deberá proceder tomando en cuenta el manejo adaptativo, para concertar con los diferentes actores las mejores medidas para mantener la pesquería en Yucatán y para recuperar el stock bajo explotación a lo largo de la costa de Quintana Roó. En este

sentido, el proceso de concesionamiento que se ha iniciado y la necesidad de llevar al cabo un Ordenamiento Pesquero, constituyen elementos para el Manejo Adaptativo que se requieren en esta región (Hilborn y Walters, 1992). De tal forma se deberan ir adecuando las medidas administrativas a las condiciones que se dan en la pesquería.

El proceso de concesionamiento que se ha dado es el primer paso dentro de un Manejo Adaptativo (adecuar las medidas administrativas a las condiciones que se dan en la pesquería)

Por otro lado, se requiere reducir el esfuerzo en Quintana Roó. La reducción podrá realizarse en forma paulatina, conforme a los resultados de las investigaciones que se vayan realizando. Sin embargo, en ninguno de los dos estados se deberá aumentar el esfuerzo pesquero para la explotación de este recurso.

Los niveles bajos de CPUE indican que esta medida de control deberá hacerse a la brevedad, de otra forma, se podría caer en un problema de sobrecapitalización.

Para ello el procedimiento a seguir es:

1) La reducción del esfuerzo por etapas, a fin de lograr CPUE´s promedio similares a los de mediados de los años ochenta.

2) El proceso deberá hacerse por etapas y en forma secuencial reduciendo de aproximadamente 3.5 hasta 0.5 sobre el nivel que se tenía en 1980.

3) Condicionar la adquisición de embarcaciones y equipos nuevos, a estudios que evalúen su efecto en las propias áreas de captura.

Lo anterior presenta las siguientes ventajas: incrementar los valores de CPUE, la rentabilidad de la actividad y favorecer que el recurso se recupere más rápidamente en algunas zonas.

En las áreas de captura de Yucatán (áreas de operación de las concesiones) se deberán llevar a cabo estudios, considerando el aspecto multiespecífico, que indiquen los niveles de esfuerzo más adecuados para manejar en forma eficiente la pesquería de langosta.

El establecimiento de un Ordenamiento Pesquero se considera la opción más adecuada para comenzar a restaurar la pesquería en diferentes zonas de pesca.

Otro aspecto importante que debe ser considerado es el efecto en el mediano plazo que las prácticas de scuba y Hookah tienen sobre los pescadores; sobre todo los problemas de descompresión, que muchas veces suelen ser fatales.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

En el ámbito internacional, la SEMARNAP, a través del Instituto Nacional de la Pesca, lleva a cabo convenios de colaboración Bilateral con Cuba y Jamaica. Estos convenios tienen el objetivo de intercambiar experiencias y conocimientos sobre distintos recursos dulceacuícolas y marinos, entre los que se incluye la langosta. En este sentido merece especial mención el “Proyecto sobre la Biología y Pesquería de la Langosta Espinosa” que se lleva con el Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba.

Se está buscando incrementar la red de comunicación con otros países tales como Australia y Estados Unidos. Asimismo, se han realizado estudios en colaboración con CFRAMP, FAO y DANIDA durante los Talleres de Langosta del Caribe, *P. argus,* para toda la región del Caribe. La idea es incrementar el intercambio de información y experiencia con los países que explotan este recurso en la zona de la WECAFC.

En el ámbito nacional, la comunicación entre instituciones que se dedican a estudiar este recurso ha aumentado. Desde 1996 se instaló en Yucatán un Comité Técnico de Apoyo a la Investigación y Vigilancia

de la Langosta, conformado por la Delegación de la SEMARNAP en el estado, las dos Federaciones de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, los empresarios más importantes en la captación de langosta ("Atlántida del Sur" y Ocean Garden Products), la PROFEPA y el CRIP Yucalpetén.

En Yucatán, durante la temporada 1996-1997 a través de este Comité se recibió apoyo económico para investigación, proveniente de las cooperativas.

Por otra parte, el CRIP Yucalpetén participa en las investigaciones sobre langosta en el Parque Nacional Arrecife Alacranes junto con la Cooperativas que explotan ésta y otras especies en el área y está trabajando en un plan de manejo del recurso. Desde 1997 a la fecha se han hecho monitoreos mensuales del recurso en esta área particular, que han permitido hacer evaluaciones permanentes de la población de langosta (Bello *et al.*, 2000; Ríos *et al.*, 2000).

En Quintana Roó se están haciendo arreglos de colaboración entre el INP-CRIP Puerto Morelos y ECOSUR. Con la estación del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (ICMyL) se han realizado prospecciones y siempre ha existido una buena relación de colaboración.

No obstante lo anterior, una forma para poder acelerar aún más estas acciones, será mediante la reinstalación del Comité Técnico Consultivo del Programa Langosta del Golfo de México y del Caribe, considerado como el foro para discutir todos los aspectos relativos al manejo de este recurso en esta área.

REFERENCIAS

Andrée, S. W. 1981. Locomotory y activity patterns and food items of benthic postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*. M. Sc. Thesis, Florida State University, Tallahassee, Fla.

Arceo, B P. & J.C. Seijo. 1991. Fishing effort analysis of the small-scale spiny lobster (*Panulirus argus*) fleet of the Yucatan shelf. FAO. Fish. Rep. 431, Suppl.: 59-74.

Bello P., J., G. V. Ríos L., M. A. Liceaga., C. E. Zetina M., P. Arceo B., K. Cervera C. & H. Hernández N. 2000. Estimación de densidad y distribución de la langosta espinosa *Panulirus argus* en el arrecife Alacranes utilizando sistemas de información geográfica. CRIP-Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. Contrib. Invest. Pesq. Doc. Téc. 8.

Briones, P. & E. Lozano. 1994. The spiny lobster fisheries in Mexico. *En:* Phillips, B. F., J. S. Cobb & J. Kittaka (eds.). Spiny lobster management, Fishing News books. Oxford. pp:144-154.

Caddy, J. F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fishery management. FAO Fish. Tech. Pap. 347:1-82.

Cervera C., K., G. V. Ríos L. & C. Zetina M. 1996. Métodos de captura para la langosta *Panulirus argus* utilizados en las costas del estado de Yucatán en forma experimental. Mem. II Simposio de Oceanografía Biológica en México. Septiembre 1996. La Paz Baja California Sur, México.

Chapa S., H. 1964. Contribución al conocimiento de las langostas del Pacífico mexicano y su pesquería. SIC/Dir. Gral. Pesca Ind. Cxas/INIBP 6:5-68.

Colinas Sánchez F. & P. Briones. 1990. Alimentación de las langostas *P. guttatus* y *P. argus* (Latreille, 1804) en el Caribe mexicano. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 17(1):89-106.

Cruz, R., J. A. Baisre., E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco & C. Carrodegas. 1987. Atlas-biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Inv. Pesq. La Habana, Cuba.

Diario Oficial de la Federación 8 de Noviembre 1998. Resolución por la que se modifica la Norma Oficial Mexicana 006-PESC-1993, para Regular el Aprovechamiento de todas las especies de langosta en aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como del Océano Pacifico incluyendo el Golfo de California.

Fuentes, D. 1986. Síntesis de algunos conocimientos relevantes de la biología y la pesquería de la langosta *Panulirus argus* (Latreille) en el Caribe mexicano. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

González-Cano, J. M. & C. C. Aguilar. 1987. Informe de la temporada de captura de langosta 1986-1987, Quintana Roó, México. CRIP-Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

González-Cano, J. M. 1991a. Evaluación y opciones de manejo para la pesquería de langosta del Caribe mexicano. *En*: Briones Fourzan, P. & R. del Arenal C. (eds.). Memorias Taller Regional sobre Manejo de la Pesquería de la Langosta. UNAM/INP Puerto Morelos, Quintana Roó, México. pp:23-32.

González-Cano, J. M. 1991b. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster *Panulirus argus* in the Mexican Caribbean. Ph. D. Thesis, Imperial College, University of London.

Herrera A., R. Brito, D. Ibarzábal, G González. G. Gotera, E. Díaz, C. Arrinda & J. Espinosa. 1994a. Alimentación natural de la langosta *Panulirus argus* en la región de Los Indios (plataforma sw de Cuba) y su relación con el bentos. Rev. Invest. Mar. 12 (1-3):172-182.

Herrera, A., D. Ibarzábal, J. Espinosa, R. Brito, G González, G. Gotera, & E. Díaz 1994b. Datos sobre el cobo *Strombus gigas* (Mollusca: Gastropoda) en la dieta de la langosta *Panulirus argus*. *En:* Appeldoorn, R.S. & B. Rodríguez (eds.). Queen Conch Biology, Fisheries and mariculture. Fundacion Científica Los Roques.

Herrera, A. & D. Ibarzábal. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. Rev. Invest. Mar. 19(1):59-63.

Hilborn, R. & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice dynamics and uncertainty. Chapman & Hall, New York.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation patterns using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish.Tec. Pap. 256:1-118.

Lozano A., E., P. Briones-Fourzán & B. F. Phillips. 1991. Fishery characteristics, growth and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in bahía de la Ascensión, México. Fish. Bull. 89:79-89.

Marx, J. M. & W. F. Herrnkind. 1986. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (south Florida)-Spiny lobster. U.S. Fish. Wildl. Serv. Biól. Rep 82 (11.61). U. S. Army Corps of Engineers, TR-EL-82-4.

Munro, J. R. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Part V.1. the biology, ecology and bionomic of Caribbean reef fishes- Crustaceans (spiny lobsters and crabs). Univ. West Indies Zool. Dep., Res. Rep. 3:1- 57.

Punt, A. E. & R. Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. FAO Comp. Infor. Ser. Fish. pp:1-62.

Ramírez, E., A. 1996. Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa noreste de Quintana Roó. Tesis Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM, México.

Ríos, L., G. V., C. Zetina M. & K. Cevera C. 1995. Evaluación de «casitas» o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. Rev. Cub. Inv. Pesq. 19(2):50-56.

Ríos, L., G. V., C. Zetina & K. Cervera. 1997. Evaluación de la captura de langosta realizada con el pesquero levable en la costa oriente de Yucatán. Mem. II Taller Binacional México-Cuba de langosta. La langosta de América. Noviembre de 1997. Mazatlán, Sinaloa, México.

Ríos L., G. V., C. E. Zetina M. & P. Arceo B. 2000. Evaluación de la población de la langosta de la costa de Yucatán y análisis del efecto de la reducción de la talla mínima sobre la biomasa y la captura. CRIP-Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. Contrib. Invest. Pesq. Doc. Téc. 8:16-26.

Salas, S., J.C. Seijo, P. Arceo, M. A. Liceaga, D. Aguilar, M. A. Cabrera, M. Arce & M. Cerro. 1991. Reclutamiento de langosta *Panulirus argus* en la costa de Yucatán y sus implicaciones en el aprovechamiento de la pesquería. Informe Técnico (Enero- Julio 1990), CINVESTAV- INP., Unidad Mérida (inédito).

Seijo G. J. C., S. Salas, P. Arceo & D. Fuentes. 1991. Análisis Bioeconómico comparativo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* de la Plataforma Continental de Yucatán. FAO Fish. Rep. Suppl. 431:39-58.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP, México.

Smith, G. G. 1995. The world market for lobster. FAO/GLOBEFISH Research Programme 36:1-91.

Zetina Moguel, C., G. V. Ríos Lara & K. Cervera Cervera. 1996. Relaciones morfométricas de langosta (*Panulirus argus*) de las costas de Yucatán, México. Ciencia Pesquera 12:41-45.

Zetina Moguel, C. & G. V. Ríos. 1997. Estimación del tamaño de la población de langosta en la costa oriente de Yucatán utilizando un modelo de decaimiento. CRIP-Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

sierra del Golfo

Sierra del Golfo

Sierra del Golfo

Sierra del Golfo

Golfo de México

sierra

Sierra del Golfo

sierra

sierra del

Golfo

Sierra

Golfo

Sierra del Golfo

de México

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE SIERRA Y PETO DEL GOLFO DE MEXICO

ESPECIES: Sierra (*Scomberomorus maculatus*) y peto o carito (*S. cavalla*).

- Importante pesquería artesanal y multiesecífica para los pobladores ribereños por su bajo precio.
- Presentan dos migraciones al año y por ello influye notablemente en el precio de otras especies en el merado.
- Representó el 1.01% en volumen y el 0.75& del valor de producción nacional en 1999.
- Representa el 62% del volumen promedio nacional de sierra (1989-1999).
- Es una actividad compleja por las características fisiográficas de la costa, el comportamiento del recurso, las particularidades de las artes de pesca y la influencia socioeconómica y cultural.
- Su pesca se realiza con red agallera, currican o chinchorro playero.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 8,382 t, 76% del máximo histórico (1996).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Rendimiento por Reduta de Beverton y Holt (Gulland, 1971).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo.

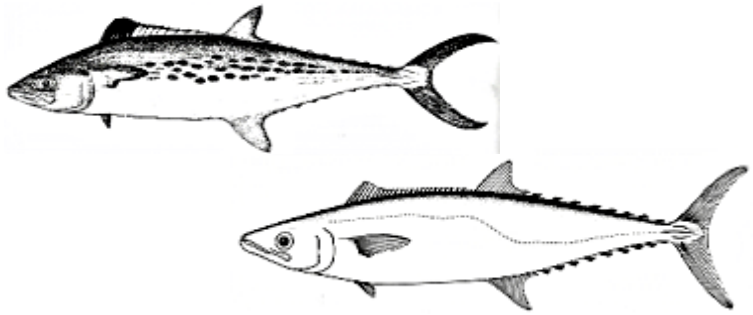
MEDIDAS DE MANEJO

- Permiso de pesca para escama en general. Redes con luz de malla superior a tres pulgadas Se sugiere dar los permisos por especie objetivo y reducir el esfuerzo pesquero sobre este recurso.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Al reducir el esfuerzo se espera un incremento en el número de individuos de la población. El incremento en la luz de malla permitiría aumentar el rendimiento por recluta y mayor número de individuos alcanzar tallas de reproducción.

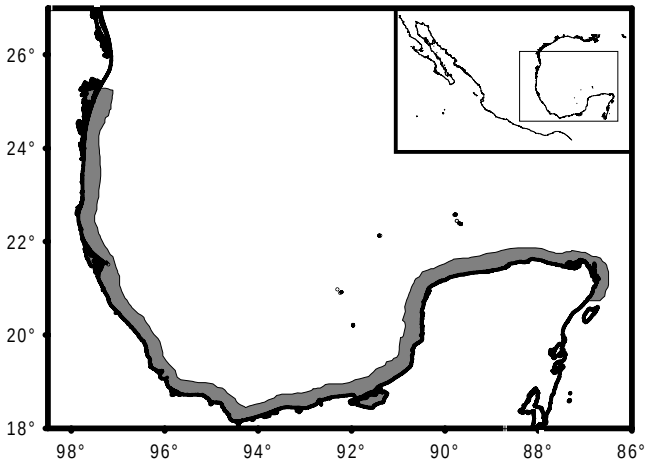
SIERRA Y PETO DEL GOLFO DE MÉXICO



Scomberomorus maculatus
S. cavalla

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



La sierra y el peto soportan una importante pesquería artesanal a lo largo de la costa del Golfo de México, donde son muy populares por su bajo precio. El consumo de la sierra es tradicional en Veracruz desde la época prehispánica.

La disponibilidad de estos recursos en los estados costeros del Golfo de México está ligado a dos movimientos migratorios que realizan a lo largo del año: de sur a norte durante primavera–verano y en sentido inverso en otoño–invierno. Esta variación en su abundancia, tiene una influencia notable en el precio de otras especies en el mercado local (Doi *et al.*, 1978).

En 1999 la captura total de sierra en México fue de 11,259 t (peso desembarcado) con valor de 75.45 millones de pesos (SEMARNAP, 1999). Esto representa el 1.01% en volumen y el 0.75% en valor de la producción nacional de ese mismo año.

En el ámbito mundial, en 1981 las especies del género *Scomberomorus*, al cual pertenecen las sierras, contribuyeron con 252,209 t (Collette y Nauen, 1983). Esto representó un 0.39% del volumen de las descargas totales en ese año.

La sierra y el peto soportan una importante pesquería artesanal a lo largo de la costa del Golfo de México. En 1999 la captura total de sierra en México fue de 11,259 t, con valor de 75.45 millones de pesos

Las dos especies que conforman este recurso, en las costas del Golfo de México, son: la sierra *Scomberomorus maculatus* y el peto *S. cavalla*, este último conocido como “carito” en Yucatán. La abundancia de una y otra especie varía en espacio y tiempo. La primera es muy abundante en Campeche y Veracruz. Estos estados en conjunto aportan el 70% de la producción promedio registrada (1990-1999) de estas especies, mientras que el 52% del peto es aportada por Veracruz.

BIOLOGÍA

Una caracteristica de este recursos son los movimientos migratorios que realizan durante el año

La sierra y el peto son especies pelágicas costeras altamente migratorias, con movimientos estacionales a lo largo del Atlántico y dentro del Golfo de México.

La sierra se distribuye en el oeste del Océano Atlántico, desde el sur de Massachusetts a lo largo de la costa de E.U., penetrando al Golfo de México hasta la Península de Yucatán, México, en donde aparentemente es reemplazado por *S. brasiliensis* (Collette *et al.,* 1978) (también, se reporta en el Caribe la presencia de *S. regalis*). La sierra es abundante en invierno en las costas norteamericanas del sur de Florida. Otra concentración importante se encuentra entre marzo y abril, en el noroeste de Florida (Beaumariage, 1970), y en Texas durante marzo y abril y julio-septiembre (Springer y Pirson, 1958).

El peto es una especie con una amplia distribución, que va de Massachussetts hasta Río de Janeiro, Brasil (Collette y Russo, 1984). Esta distribución varía estacionalmente, de tal suerte que esta especie es abundante en el norte de Carolina durante primavera y otoño (Taylor, 1958, citado por Mc Eachran *et al.*, 1980) y durante el verano en el noreste de Florida y noroeste Texas en el Golfo de México (Wollam, 1970; Beaumariage, 1973).

Dentro del Golfo de México, los movimientos migratorios se realizan a lo largo del año: de sur a norte durante primavera–verano y en sentido inverso en otoño-invierno (Mendoza, 1968). Por las características migratorias de este recurso, su abundancia varía en relación directa con sus movimientos hacia el norte y hacia el sur ocasionando un "corrimiento" a lo largo del litoral. En el caso de la sierra, en el lapso de 1985 a 1990, los dos periodos de mayor captura ocasionados por dichos movimientos migratorios, se presentaron en Tamaulipas en abril y septiembre–octubre; en Veracruz en marzo y octubre; Tabasco en marzo y octubre-noviembre; en Campeche y Yucatán en enero y noviembre; y en Quintana Roó durante enero y noviembre. Las abundancias máximas para el peto se observan en Tamaulipas durante junio y agosto; en Veracruz durante mayo y agosto; en Tabasco en mayo y octubre; en Campeche en enero, febrero y diciembre; en Yucatán durante enero y diciembre y en Quintana Roó en febrero y diciembre

Berrien y Finan (1977) consideran que la temperatura y la salinidad determinan la distribución de los diferentes estadios de las especies del género *Scomberomorus* las cuales son especies costeras, que rara vez habitan aguas profundas de más de 40 brazas (73 m) y prefieren aguas de salinidad media (Munro, 1943, citado por Berrien y Finan, 1977). Este autor indica que en cuanto a temperatura, el rango determinado por la isoterma oceánica en verano de 20° C en ambos hemisferios, es determinante en la distribución y las migraciones anuales. Mientras que las migraciones de desove se llevan a cabo por arriba de estas temperaturas.

Tanto la sierra como el peto son organismos carnívoros que se alimentan principalmente de peces. En análisis de contenido estomacal se han encontrado especies de las familias Engraulidae, Clupeidae, Carangidae y Sciaenidae

En cuanto a sus hábitos alimenticios, tanto la sierra como el peto son organismos carnívoros que se alimentan principalmente de peces. Ambas especies se consideran como oportunistas. En análisis de contenido estomacal se han encontrado especies de las familias Engraulidae, Clupeidae, Carangidae y Sciaenidae (Beaumariage, 1973; Naughton y Saloman, 1981; Saloman y Naughton, 1983 a y b). Finucane y Naughton (1990) reportan una ingesta de invertebrados en larvas y juveniles de sierra, más que en las del peto que tienen una dieta más variada.

Se han observado en *S. maculatus* cambios en su dieta asociados con su desarrollo. Juveniles de 100-400 mm de longitud furcal consumen principalmente anchovetas, mientras que ejemplares más grandes comen principalmente clupéidos y carángidos (Beaumariage, 1973; Naughton y Saloman, 1981). Aun cuando su alimento consiste en un 95.6% de peces, se han llegado a encontrar camarones y calamares en su contenido estomacal (Klima, 1959; Mendoza, 1968), los cuales representan hasta un 5%. Se ha registrado

un alto porcentaje de de peces no identificados en su contenido estomacal, debido posiblemente a una alta tasa de digestión (Beaumariage, 1973; Naughton y Saloman, 1981).

En el peto se encontraron diferencias estacionales en la dieta debidas probablemente a la disponibilidad del alimento y a la abundancia estacional del mismo, ya que muchas de estas especies también realizan migraciones

En el peto se encontraron diferencias estacionales en la dieta (De Vane, 1978), debidas probablemente a la disponibilidad del alimento y a la abundancia estacional del mismo, ya que muchas de estas especies también realizan migraciones; los peces son el grupo más importante (constituyen aproximadamente 85-99% dependiendo de la zona y la estación del año). Entre las principales familias de peces encontradas en los contenidos estomacales de esta especie están Clupeidae, Carangidae, Sciaenidae, Scombridae, Lutjanidae, Engraulidae, además de camarones, cangrejos y calamares. La longitud promedio de la presa varía con relación a la longitud del peto (Saloman y Naughton 1983a).

Tanto la sierra como el peto son presa de delfines y tiburones y sus larvas son parte de la dieta de atunes (SAFMC, 1983).

Los desoves están asociados con la temperatura y con diferentes eventos oceanográficos como masas de agua ciclónicas o anticiclónicas que propician la aparición de microhábitats ricos en nutrientes y alimento.

Para la sierra, Mendoza (1968) sitúa la temporada de reproducción entre julio y septiembre, a temperaturas de 28.6 a 29.5°C, salinidades de 32 ppm y una máxima precipitación de 250-475 mm.

Para el peto, Olvera *et al.* (1991) señalan la región suroccidental del Golfo de México, aledaña al sistema fluviolagunar de la Laguna de Términos, Campeche, como una zona importante de desove en un periodo que se prolonga de enero a octubre, con mayor intensidad en agosto, sobre la plataforma y talud continental.

Ambas especies presentan sexos separados sin diferenciación externa. Mendoza (1968) reporta para la sierra en Veracruz una talla promedio de maduración de 33 cm (LF) y el 100% sexualmente maduro a una edad de dos años; mientras que Beaumariage (1973) encuentra que las hembras del peto alcanzan la madurez a una longitud de 81.9 cm (edad III) y los machos a 71.8 cm (edad II). El desove masivo de las hembras ocurre a la edad IV. Este autor señala, además, que la talla de maduración del peto varía de acuerdo a la latitud. En ambas especies la fertilización es externa.

La proporción de sexos en las capturas en ambas especies varía de acuerdo con el arte de pesca con que se capturan y por lo tanto en relación al tamaño del individuo. Para la sierra en Veracruz, en la captura de chinchorro playero la relación hembra-macho es 1:1

La proporción de sexos en las capturas en ambas especies varía de acuerdo con el arte de pesca con que se capturan y por lo tanto en relación al tamaño del individuo (Trent *et al.*, 1983; SAFMC, 1983). Para la sierra en Veracruz, en la captura de chinchorro playero la relación hembra-macho es 1:1 (Mendoza, 1968). En Florida, Klima (1959) encontró que con redes agalleras las hembras representaron 51% y entre los ejemplares capturados con línea el 80%.

En cuanto al peto, Trent *et al.* (1983) reportan en aguas norteamericanas del Golfo de México que en las capturas comerciales con línea, las hembras representaron entre un 62 a 92.5%. En la costa veracruzana, durante la "corrida" de primavera-verano, en las capturas con curricán la relación hembra-macho ha sido cercana a 1:1; mientras que con red agallera, la proporción es más cercana a 2:1 (com. pers. Bravo Gamboa, 1992). Durante el invierno en Yucatán en la captura de redes agalleras, la proporción de hembras ha sido de cerca de 1.5 :1 (Burns, 1990).

En cuanto a las edades presentes en las capturas, en Veracruz, Mendoza (1968) indica la edad III como la mejor representada, siguiendo la IV en abundancia. Doi y Mendizabal (1979) encuentran que la captura más abundante corresponde a las edades II y III con longitudes promedio de 30.96 y 25.08 cm. Mendizabal (1987), para la misma zona reporta la talla más pequeña 17 cm y la más grande 69 cm. La mayor frecuencia

se da entre los 38 a 46 cm. En información obtenida a través de investigaciones conjuntas Mexico-Estados Unidos en los Reportes MEXUS-Golfo se puede observar que la talla promedio ha sido de 40 cm de longitud furcal; sin embargo, en 1990 se observó una disminución hasta los 32 cm (Burns, 1989,1990, 1991).

La mayoría de los autores estadounidenses coinciden en señalar la edad I como la más abundante en las capturas (Powell, 1975), encontrándose la edad II totalmente reclutada. Las hembras, debido a su crecimiento más acelerado, se incorporan más tempranamente a la pesquería. En México, Doi y Mendizabal (1979) determinan que la edad II es la edad de primera captura.

Rodríguez *et al.* (1995) estimaron los parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy de la sierra como $L\infty$=78 cm LF, coeficiente de crecimiento K=0.41/año, y edad teórica a la longitud nula t_0=-0.570 años. Esto indica que esta especie presenta un crecimiento acelerado con una longevidad aproximada de siete años. Mendizabal (1979), en cambio, obtuvo $L\infty$=58.28, K=0.648 y t_0=0.298.

En cuanto a la relación longitud–peso, se han obtenido estimaciones de sus parámetros a partir de sierras capturadas con agallera y almadraba para diferentes temporadas, como se muestra en la *tabla 1.*

Tabla 1. Longitud y peso promedio, relación longitud-peso de la sierra en el estado de Veracruz . $P = a L^b$

Fecha	Arte de pesca	L. furcal media (cm)	Peso medio (gr)	a	b
Abril 1989	agallera				
Macho		40.647	604.151	0.003	3.337
Hembra		41.504	646.170	0.013	2.801
ambos		41.780	671.333	0.002	3.350
Abril 1991	Agallera y almadraba				
Macho		37.414	464.378	0.008	3.012
Hembra		38.144	514.615	0.005	3.164
ambos		40.618	594.294	0.016	2.833
Octubre 1993	agallera				
Macho		35.304	431.522	0.040	2.585
Hembra		37.703	554.595	0.020	2.788
ambos		36.346	501.682	0.060	2.481

Otras estimaciones de los parámetros de la relación longitud-peso para esta especie en el estado fueron realizados por Mendoza (1968) (ambos sexos, $P= 0.0061*L^{3.002}$) y Mendizabal (1987) ($P= 0.0067*L^{2.974}$) .

En cuanto al peto, Beaumariage (1973) observó un reclutamiento total de hembras y machos entre los 75.0 a 79.9 cm LF que corresponden a edades II en hembras y III en machos, utilizando la línea, y de 80.0 a 84.9 cm (LF) a edades III para hembras y IV ó V para machos, con redes agalleras. En la pesca deportiva el peto está totalmente reclutado antes de la edad I (Trent *et al.,* 1983); el peto es capturado entre los 60 y 89.9 cm en todas las áreas, excepto en Louisiana en donde sus tallas son entre 90 y 109 cm y en el noroeste de Florida entre 50 y 59.9 cm.

Vasconcelos *et al.* (1986) mencionan un reclutamiento de juveniles en Tampico, durante junio a partir de los 34.2 cm y en Veracruz septiembre de 21.9 cm. Aguilar *et al.* (1990) señalan la clase III como la edad en que se encuentran reclutados los petos a la pesquería.

Cabrera (1986) señala organismos de 66.7 cm (LF), que corresponden a una edad V, como la talla en la cual el arte de pesca (red agallera) tiene la probabilidad más alta de captura.

Análisis de petos capturados con curricán en el estado de Veracruz, arrojan estimaciones de los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy de $L\infty$=140.5 cm, K anual=0.341 y t_0=0.528 años, que indican una longevidad de siete años. En la *tabla 2* se dan otros valores obtenidos para esta especie en otras zonas del Golfo de México.

Tabla 2. Estimación de los parámetros del modelo de crecimiento de von Bertalanffy para *S. cavalla*. $L\infty$ (mm), K(año^{-1}), t_0 (año)

Autor	Localidad	Método	Parámetros
Vasconcelos *et al.* (1986).	Veracruz	Indirecto LS	$L\infty$ 1411 K 0.23 t_0 -0.02
Cabrera (1986)	Campeche.	Directo e Indirecto LS	$L\infty$ 1146 K 0.16 t_0 -3.25
Aguilar *et al.* (1990)	Yucatán	Indirecto LS.	$L\infty$ 1243 K 0.23 t_0 -0.26
Aguilar *et al.* (1990)	Q. Roo	Indirecto LS.	$L\infty$ 1278 K 0.23 t_0 -0.25
Arreguín-Sánchez *et al.* (1994)	Campeche	Indirecto	$L\infty$ 140 K .0.19 t_0 -0.54

Beumariage (1973) encontró que a la misma edad las hembras son de mayor talla que los machos, mostrando ambos sexos un crecimiento rápido hasta los tres años.

De Vries *et al.* (1989) señalaron una diferencia en crecimiento entre ambos sexos en la misma región. Johnson *et al.* (1983) observaron una diferencia en la composición por edad, encontrando los mas jóvenes en el noreste de Florida, los más viejos en Louisiana y los de edad intermedia en Texas y Carolina. Sus datos muestran una amplia variación de edad en un rango de longitud, por ejemplo, de 850 a 899 mm se encontraron hembras desde uno hasta ocho años de edad.

Beaumariage (1973), al analizar dos métodos de pesca diferentes empleados en la región (redes agalleras y línea), observó una variación en la distribución de edad-longitud, para cada arte de pesca utilizado, de tal suerte que en la captura con redes agalleras predominaron ejemplares de 650-900 mm LS (88%), y en la pesca con línea o arrastre, entre 60 0 y 85 0 mm LS. Trent *et al.* (1983) encontraron que la composición por tamaño varía entre áreas de un año a otro y de acuerdo al arte de pesca utilizado para la captura, habiendo siempre dominancia de hembras.

Vasconcelos *et al. (*1986) observaron una progresión de tallas en el tiempo y espacio, presentándose las tallas mayores en febrero en Yucatán, en marzo en Veracruz, y en mayo en Tampico. Burns (1991) registra una diferencia en tamaño durante la migración, según la localidad geográfica en que se capture. La incorporación de individuos pequeños a la pesquería se lleva a cabo a fines de otoño y principios de invierno en aguas de Quintana Roó y Yucatán (Tabla 3).

Tabla 3. Variaciones en longitud (LF cm) del peto durante 1990 y 1991, a lo largo del Golfo de México

	Campeche	Veracruz	Yucatán	Q. Roo	Yucatán
Longitud	Ene-Feb 90	Mar-May 90	Nov-Dic 90	Nov-Dic 90	Ene-Mar 91
Media	62.4	69.7	70.9	66.5	66.8
Mínima	14.0	44.0	36.0	49.0	38.0
Máxima	30.0	121.0	100.0	82.0	99.0

Aguilar *et al.* (1990) obtienen para Yucatán y Q. Roó tablas de edad/longitud promedio y/o peso promedio, encontrando una sobreposición de clases de edad con respecto a las tallas. Cabrera (1990) reporta 11 grupos de edad en capturas de Campeche que van de los 21.5 cm (LF) promedio hasta los 99.6 cm.

En cuanto a la relación peso-longitud, los parámetros se obtuvieron para ejemplares capturadas en Veracruz con curricán y agallera en diferentes temporadas como se muestra en la *tabla 4.*

Tabla 4. Longitud y peso promedio y parámetros de la relación longitud-peso del peto en el estado de Veracruz. $P = a L^{b}$

Fecha	Arte de pesca	L. furcal media (cm)	Peso medio (gr)	a	b
Abril 1989	agallera				
Macho		72.277	2841.136	0.019	2.767
Hembra		76.560	3555.106	0.044	2.585
ambos		66.778	2684.304	0.014	2.835
Abril 1991	curricán				
Macho		68.226	2273.500	0.033	2.839
Hembra		75.488	3207.762	0.015	2.833
ambos		72.472	2854.833	0.026	2.596
Octubre 1993	curricán				
Macho		61.478	1848.935	0.161	2.251
Hembra		65.857	2188.452	0.050	2.540
ambos		63.750	2026.318	0.092	2.398

Otras estimaciones para la relación de peso- longitud se presentan en la *tabla 5* para diferentes localidades dentro del Golfo de México.

Tabla 5. Relación peso - longitud del peto en el estado de Veracruz. $P = a L^b$

Fuente	Localidad	Sexo	a	b
Burgos y Rodarte (1978-79)	Campeche	Ambos	0.018	2.840
Vasconcelos *et al.* (1986)	Veracruz	Ambos	1.222*10-5	2.93 LS.
Cabrera (1986)	Campeche	Ambos	1.3125*10-5	2.91 LF.
Aguilar y Martínez (1987)	Q. Roó	Ambos	3.5123*105	2.77 LS.

Beaumariage (1973) presenta la relación longitud furcal-longitud estándar del peto como FL=1.096 SL-17.143 en petos de Florida.

Captura y esfuerzo

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La captura de sierra y peto es una actividad costera, cuya operación se realizan dentro de un radio de acción variable según la zona, en dirección paralela a la costa a profundidades que van desde dos hasta 46 m. La mayor ocurrencia de peto se localiza a 35 m sobre la plataforma continental

La captura de sierra y peto es una actividad costera, cuya operación se realizan dentro de un radio de acción variable según la zona, en dirección paralela a la costa a profundidades que van desde dos hasta 46 m. La mayor ocurrencia de peto se localiza a 35 m de profundidad sobre la plataforma continental.

En la captura intervienen pescadores provenientes de todos los estados costeros del Golfo, desde Tamaulipas hasta Q. Roó. En Tamaulipas las zonas pesqueras de mayor importancia son: Soto La Marina, San Fernando y Matamoros. En Veracruz la pesca de peto y sierra se desarrolla entre Chachalacas y Antón Lizardo, abarcando una pequeña franja de la jurisdicción de Alvarado. En estas localidades se dan condiciones fisiográficas adecuadas para la captura, como extensas y suaves playas, plataforma continental angosta y corrientes rápidas. En Campeche la pesquería de sierra adquiere mayor importancia que la de peto, mientras que en Yucatán la producción de peto es mayor que la de sierra. En Quintana Roó, las áreas de pesca se localizan alrededor de las islas de Holbox y Contoy.

La pesquería ribereña, que es multiespecífica y estacional, tiene como objetivo la captura de varias especies de manera simultánea o secuencial a lo largo del año. Su dinámica es compleja ya que sus características dependen de las características fisiográficas de la costa, el comportamiento del recurso, las particularidades de las artes de pesca empleadas así como de la influencia socioeconómica y cultural (Sánchez *et al.* 1996). La captura del peto y la sierra forman una pequeña parte de las actividades pesqueras durante la época de corrida, cuando migran desde el sur del Golfo de México hacia el norte en primavera-verano y hacia el sur en otoño-invierno (Mendoza, 1968).

La unidad de pesca ribereña consta de una embarcación que opera con tres o cuatro pescadores cuando utilizan la red agallera, curricán y una piragua y entre 15 a 20 pescadores si usan el chinchorro playero.

Las embarcaciones que se utilizan para la pesca ribereña comercial independientemente del arte de pesca empleado, son de fibra de vidrio o casco de madera, miden entre 5.5 a 10 m de eslora, 2 a 2.6 m de manga

y de 1 a 1.3 m de puntal. Tienen capacidad de 3 a 6 t, la propulsión puede ser a remo y/o gasolina, utilizando motores fuera de borda de 25, 40, 48 y hasta 60 caballos de fuerza. Algunas utilizan neveras con 400 kg de capacidad. En 1999 para el Golfo de México y Caribe, se registraron 43,392 embarcaciones (SEMARNAP, 2000). Veracruz es el estado más importante en número de embarcaciones (15,898 unidades) participando con una fuerte aportación del sector privado (permisionarios y pescadores libres), seguido por el sector social o cooperativado (Sánchez, 1996).

Para la captura de estos recursos, se utiliza principalmente la red agallera en todos los Estados costeros. En Veracruz adicionalmente se utiliza el curricán para la captura de peto.

Para la captura de estos recursos, se utilizan diferentes artes de pesca. El más difundido es la red agallera que es utilizada en todos los estados costeros tanto para la sierra como para el peto. En Veracruz además se utilizan el chinchorro playero y el curricán para la captura de peto.

Los chinchorros playeros sólo capturan cardúmenes que pasan muy cerca de la costa, obteniendo rendimientos que dependen de la magnitud de la "corrida" (que depende, a su vez, del periodo del año). Los chinchorros son artes de forma semicircular (ya calados), cuyas dimensiones se encuentran entre 400 y 800 m de longitud. El material (paño) de las alas es de polietileno, y el copo es de nylon tratado. El cabo y los flotadores son de material sintético.

Dado que el chinchorro es un tipo de red de encierre o cerco que se cala frente a la playa, es necesario contar con 15 a 20 pescadores, haciendo el tendido por la mañana muy temprano. El lance puede durar hasta cinco horas dependiendo del número de pescadores y de las condiciones del tiempo. La red se cala con apoyo de una o dos lanchas con remos y/o motor fuera de borda. La faena comienza en la playa, dirigiendo la embarcación hacia el mar, se va calando poco a poco, tomando en cuenta la dirección de la corriente. Al calar aproximadamente la mitad, la embarcación se dirige nuevamente hacia la playa tratando de cercar el cardumen. Una vez que ha llegado se procede a recoger la red, jalando a mano por el cabo de ambos calones. Al finalizar, el copo se saca a la playa y se procede a recoger el producto. La distancia a que se calan los chinchorros varía de acuerdo a su tamaño.

El curricán es una línea con uno o más anzuelos, cebados con carnada o con señuelo. También se le conoce como "cuchara". La dimensión de los cordeles o líneas es variable, los más usuales son de nylon monofilamento. Entre el cordel sintético y el señuelo se puede colocar un alambre acerado, para evitar que éste se enrede se coloca un destorcedor de bronce y al extremo plomos para dar estabilidad al arte (si se considera necesario), y así, operarlo en el ángulo apropiado entre la línea y la superficie del mar.

Con este método se captura principalmente peto sobre todo en el estado de Veracruz. La operación se realiza desde embarcaciones pesqueras con motor fuera de borda; la tripulación es de tres ó cuatro pescadores, cada uno atiende una línea. Una vez localizado el cardumen, se lanzan las líneas siguiendo trayectorias semicirculares. La jornada de trabajo es de 7 a 8 horas, saliendo los pescadores entre las 4 y 8 a.m. Este método ofrece el máximo rendimiento entre 8 a 12 a.m.

Las redes agalleras o de enmalle, también llamadas "tendales", se emplean principalmente en la pesca del peto en Yucatán y para sierra en Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roó.

Las redes agalleras o de enmalle, también llamadas "tendales", se emplean principalmente en la pesca del peto en Yucatán y para sierra en Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roó. Su forma es rectangular y trabajando se mantiene perpendicular a la superficie. Está constituida por dos relingas; el paño tiene una luz de malla diferente para peto y sierra de 8.89 (3.5") y 10.16 cm (4"), respectivamente. Para la captura se controlan los flotadores y plomos para que quede en la superficie, pudiendo ser fijas o a la deriva. En general está compuesta de una serie de 6 piezas (gasas) de paño unidas, de 50 m cada una, haciendo un total de 300 m, con una altura o caída de 7 m En el estado de Q. Roó la abertura de malla es de 7.6 cm y de 300 a 800 m de longitud teniendo en promedio 10 paños por embarcación y una luz de malla de 10 a 11.5 cm con una caída de 60 mallas. En la relinga superior van aproximadamente 300 flotadores de material sintético y en la inferior 250 plomos.

Para la captura de la sierra en Campeche, se utilizan redes de enmalle caladas cerca de la costa en forma perpendicular, interceptando el cardumen que migra paralelo a la costa. Los pescadores a bordo de una embarcación se dirigen mar adentro al anochecer, en función de la corriente, se lanza una boya, un grampín y un calón que sirven de auxiliares (cuando se quiere la red fija) soltando lentamente la red. Esta operación es efectuada por dos pescadores, uno en cada extremo de la embarcación hasta terminar sujetando la parte final con una boya, un grampin y un calón (cuando se utiliza a la deriva va sin el grampín). Las redes se recogen al día siguiente a la salida del sol. Para su operación se emplean de tres a cuatro pescadores, uno controla el motor y los otros trabajan la red. Se cala en 30 a 40 minutos, dejando la red 12 horas o más, para su recuperación se emplea de una a dos horas.

Para la captura de la sierra en Campeche, se utilizan redes de enmalle que son caladas cerca de la costa en forma perpendicular, interceptando el cardumen que migra paralelo a la costa.

Para la captura de sierra en el estado de Veracruz, la red agallera es la más utilizada y la que presenta menor variación en la talla promedio en el periodo de 1986 a 1993 (Tabla 6).

Tabla 6. Longitudes de la sierra capturada con diferentes artes de pesca.

Long (cm)	Agallera	Almadraba	Chinchorro	Chinchorro playero	Curricán
Mín.	18	24	35	28	31
Máx.	71	59	43	59	60
Promedio	38	37	39	37	37
Desv. Estándar	4.01	3.74	3.19	3.92	3.52

El arte de pesca más utilizado para la captura de peto por pescadores en el estado de Veracruz es el curricán, a diferencia de los demás estados costeros donde es la red agallera. La talla capturada tiene en promedio 70 cm para este arte de pesca. Los ejemplares más pequeños son capturados con la red agallera y el chinchorro como se muestra en la *tabla 7.*

Tabla 7. Longitudes del peto capturado con diferentes artes de pesca**.**

Long (cm)	Agallera	Almadraba	Chinchorro	Curricán	Otro
Mín.	28	49	33	28	36
Máx.	121	130	127	128	138
Promedio	59	69	72	70	75
Desv. Estándar	9.29	11.92	9.59	10.07	12.76

Trent *et al.* (1983), encontraron que la composición por tamaño varia entre áreas de un año a otro y de acuerdo al arte de pesca utilizado para la captura, habiendo siempre dominancia de hembras.

▼ *Tendencias históricas*

La producción promedio de sierra en el periodo 1989-1999 fue de 13,722 t en peso vivo; el 62% corresponde al Golfo de México y Caribe y el 38% restante al litoral del Pacífico (SEMARNAP, 1999). Las mayores

capturas ocurrieron en 1996, con 16,791 t de peso vivo. El peto únicamente se captura en el Golfo de México y las mayores capturas se presentaron en 1997 con 5,369 t. Las *figuras 1 y 2* presentan la captura histórica (1970 a 1999) de estas especies y la aportación de cada uno de los estados costeros del Golfo de México.

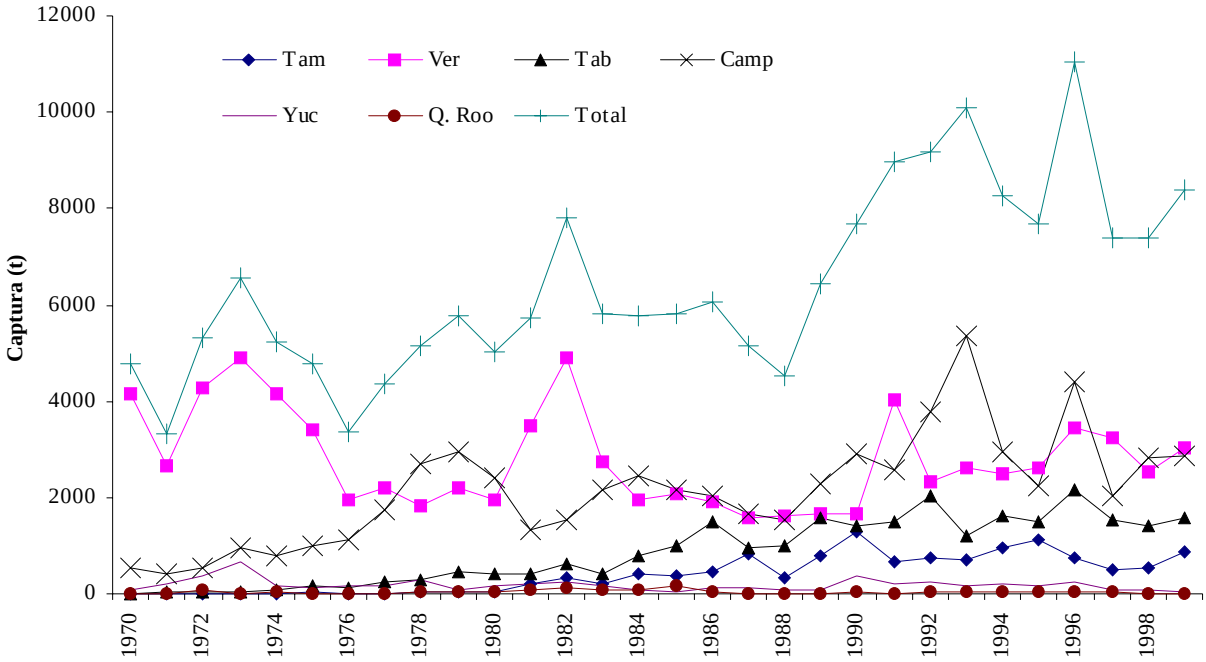


Fig. 1. Capturas históricas de sierra en el Golfo de México por estado (1970 a 1999).

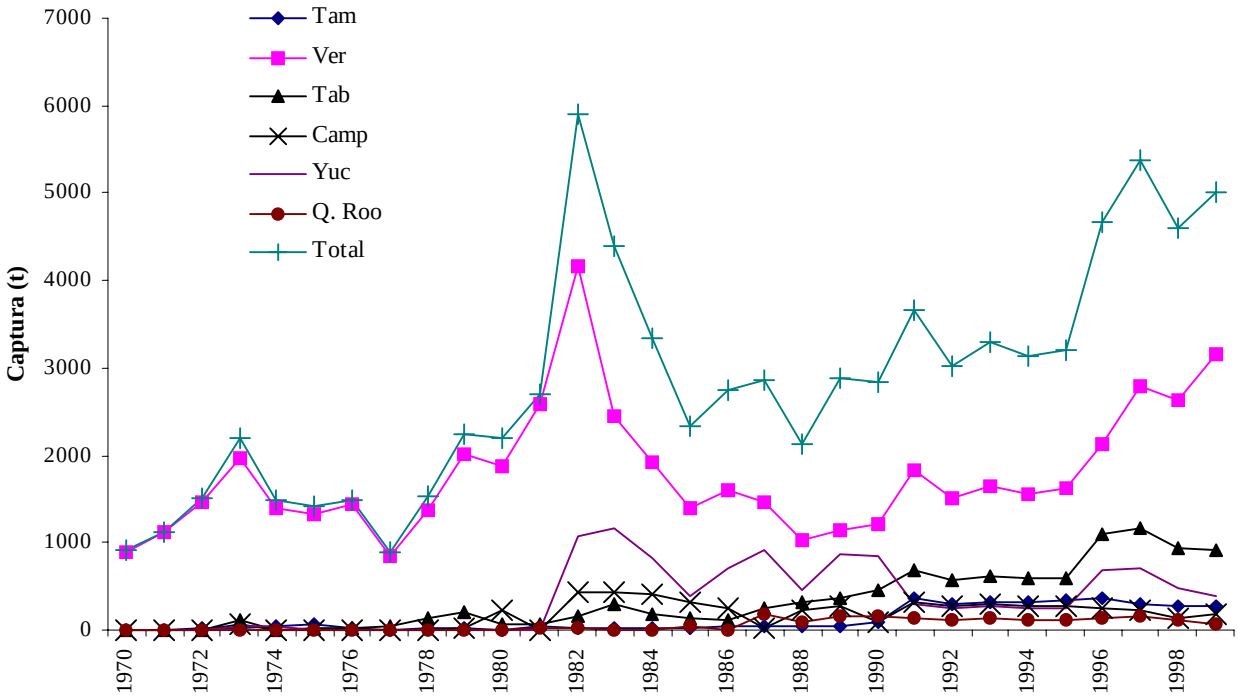


Fig. 2. Capturas históricas de peto en el Golfo de México por estado (1970 a 1999).

La sierra y el peto en el Golfo de México y Mar Caribe, registraron una producción promedio (1989-1999) de 3,787.81 t y 8,408.50 t, respectivamente (SEPESCA, 1999). La captura de estas especies ha registrado fluctuaciones en el tiempo. En 1999 se registró para la sierra 8,382 t y el peto 5,002 t que representó el 2.52 y 1.5%, respectivamente, de la producción pesquera del Golfo de México, de la siguiente manera: Veracruz: sierra 3,038 t y peto 3,159 t; Campeche 2,854 t y 193 t; Tabasco 1, 575 t y 910 t; Tamaulipas 855 t y 278 t; Yucatán 40 t y 385 t y Quintana Roó 20 t y 77 t.

Los estados de mayor producción son Campeche y Veracruz; juntos han aportado durante la última década el 70% de la producción del Golfo

La producción, tanto de la sierra como del peto, entre 1970 y 1999 muestra en términos generales una tendencia positiva con fluctuaciones. Éstas son difíciles de atribuir únicamente a variaciones en el esfuerzo de pesca, lo que hace suponer que factores ambientales influyen tanto en la abundancia del recurso, como en la capturabilidad al arte de pesca. No obstante, estas hipótesis requieren de un esfuerzo de investigación para su comprobación.

Los estados de mayor producción son Campeche y Veracruz, juntos han aportado durante la última década el 70% de la producción del Golfo. En cuanto a Tamaulipas, las capturas son poco significativas, en general inferiores a 1,000 t/año, alcanzando su nivel mas alto (1,279 t) en 1990. Las capturas de Tabasco han aumentado a partir de 1990 (1,396 t) hasta alcanzar un máximo de producción en 1996 con 2 150 t. Las capturas de Yucatán y Quintana Roó, alcanzan en general menos de 300 t/año.

Veracruz aportó el 52% de la captura de peto entre 1990 a 1999, seguido de Tabasco (cuya producción se encuentra alrededor de las 1,000 t). Las capturas de peto en Tamaulipas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roó son inferiores a 1,000 t/año.

Como se mencionó, las capturas de sierra y peto están fuertemente influenciadas por su dinámica migratoria. Para la sierra, de acuerdo con Sutherland (1980), el Atlántico sur, el sudoeste de la Florida y el área de Campeche-Yucatán, son conocidas como zonas de invernación considerando la existencia de dos stocks: el de la costa oeste y el del este en el Golfo. Vasconcelos (1988) describe dos movimientos masivos denominados “corridas”, una que se da de sur a norte (“corrida de cuaresma”) en primavera (marzo, abril y mayo) y otro de norte a sur (“corrida de pampanillo”) a finales del otoño (finales de agosto-noviembre) ambos manifiestos en Veracruz (Mendoza, 1968).

Veracruz aportó el 52% de la captura de peto entre 1990 a 1999, seguido de Tabasco,cuya producción se encuentra alrededor de las 1,000 t. Las capturas en Tamaulipas, Campeche, Yucatán y Quintana Roó, son inferiores a este volúmen

El peto, al igual que la sierra realiza migraciones a lo largo de ambas costas del Golfo de México, hacia el norte en primavera-verano y en sentido inverso en otoño-invierno. (Vasconcelos, 1988; Sutherland y Fable, 1980). Existe evidencia de tres grupos migratorios en esta zona, uno que se mueve de Quintana Roó (donde pasa el invierno) hacia el norte de Tamaulipas y regresa durante el verano a las costas de Yucatán y Quintana Roó. Otro grupo pasa los meses de invierno en Louisiana y se dirige al noroeste del Golfo hasta el norte de Texas desde donde retorna hacia el noroeste de Florida. Un tercer grupo, que se mueve en aguas del sur al noroeste de Florida en primavera, regresa nuevamente para el invierno (Schultz *et al.,* 1991; Sánchez *et al.*,1991). Arreguín-Sánchez *et al.* (1995) plantean la hipótesis de dos stocks en aguas mexicanas separando la zona correspondiente al Banco de Campeche con límite al noroeste del río Grijalva, donde se mezcla con el otro stock. Fable *et al.* (1990) con base en resultados de trabajo de marcado-recaptura de peto en el Golfo de México, concluyen que existen evidencias de un grupo migratorio en el oeste del Golfo que presenta movimientos estacionales entre aguas estadounidenses al norte y mexicanas al sur. Vasconcelos *et al.* (1988) muestran estos movimientos con datos de captura promedio mensual registradas en las oficinas de pesca y agrupados por regiones de los estados del Golfo de México, esta información actualizada a 1990 se muestra en las *tablas 8 y 9.*

Tabla 8. Frecuencia de captura de sierra (1981-1985).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tam												
Ver												
Tab												
Cam												
Yuc												
Q. Roo												

Tabla 9. Frecuencia de captura de peto (1981-1985).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Tam												
Ver												
Tab												
Cam												
Yuc												
Q.Roo												

▼*Pesca incidental*

Dado sus hábitos gregarios y al desfasamiento en el tiempo de sus “corridas”, la captura tanto de la sierra como del peto se considera como pesca dirigida ya sea a una u otra. La faena de pesca presenta muy poca incidencia con otras especies, entre las que se encuentran la cojinuda, el tolete, bonito, jurel negro, ronco, cintilla o yegua, pámpano, palometa, ratón, cazón y sargo

▼*Interacción con otras pesquerías*

La pesquería de sierra y peto tiene una relación, no cuantificada, entre ambas especies y con otras pesquerías ribereñas. La “corrida” de la sierra se efectúa antes que la del peto, de forma tal que el final de la corrida de sierra se traslapa con el inicio de la del peto y esta con la temporada de la cojinuda .

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Las comunidades pesqueras ribereñas dedicadas a esta actividad carecen de instalaciones básicas de infraestructura portuaria, siendo campamentos pesqueros en los que no se dispone de muelle de desembarque (Sánchez *et al., 1*997).

▼*Indicadores económicos*

La recepción del producto es en playa. Los pescadores al arribar lo guardan en cajas de madera, plástico o piletas de concreto y lo cubren con capas de hielo para conservarlo mientras se entrega al intermediario

para su comercialización; este se vende en fresco. La mayoría de los intermediarios, operan como agentes de pescaderías donde se concentra el producto para después distribuirlo a los principales centros de consumo, como el Distrito Federal, Puebla y Guadalajara.

El procesamiento para conservación y transformación de las capturas de estas especies es mínima. La transformación es rudimentaria con escaso valor agregado, orientado a procesos elementales como ahumados y enhielado. El producto fresco se consume regionalmente (Sánchez *et al.,* 1997). En una temporada promedio el precio de la sierra pagado en playa es de $5 kg.

El procesamiento para conservación y transformación de las capturas de estas especies es mínima. La transformación es rudimentaria con escaso valor agregado, orientado a procesos elementales como ahumados y enhielado

El reparto del costo del producto de un lance de chinchorro, generalmente es 50% para el permisionario (que generalmente es el dueño de la lancha y la red) y el otro 50% se reparte entre los pescadores que participan (15 a 25). En la captura con curricán o agallera por lo general es de 50% para el dueño de la embarcación y 50% se reparte entre los pescadores.

El valor económico tanto de la sierra como del peto en el mercado es muy variable, manejándose a través de la oferta y la demanda. En una temporada de pesca se tiene valores diferentes, alcanzando su máximo en los días de cuaresma

El valor económico tanto de la sierra como del peto en el mercado es muy variable, manejándose a través de la oferta y la demanda. En una temporada de pesca se tienen valores diferentes, alcanzando su máximo en los días de cuaresma. De 1988 a 1999 los precios promedio de la sierra en el Distrito Federal han aumentado de $5.6 a $22 kg al mayoreo y de $6.0 a $25.0 al menudeo, mientras que en Veracruz los precios en el mercado local han sido de $3 a $22 kg. El peto en este mismo periodo ha fluctuado de 6 a 26 y de 7.5 a 29 pesos/kg al mayoreo y menudeo, respectivamente, y en el mercado local de $5 a $26.

En esta actividad participan pescadores tanto libres como asociados en cooperativas, y aun cuando no todos los socios capturan la sierra o peto, hay comunidades que en plena corrida se dedican única y exclusivamente a la captura de estas especies.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Para esta pesquería en el Golfo de México se utilizan agalleras con luz de malla superior a tres pulgadas. Sin embargo, no existe una reglamentación al respecto.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ ***Información disponible***

Se cuenta con datos de varios años de frecuencias de tallas en muestras de las capturas de diferentes estados. Un ejemplo se muestra en la *figura 3*, que contiene frecuencias de longitud de organismos de peto capturados en 1988 en diferentes estados del Golfo de México. Las tallas menores (debajo de 650 mm) se obtienen en Campeche a finales del año e inicios del siguiente (señaladas con flechas en la Fig. 3).

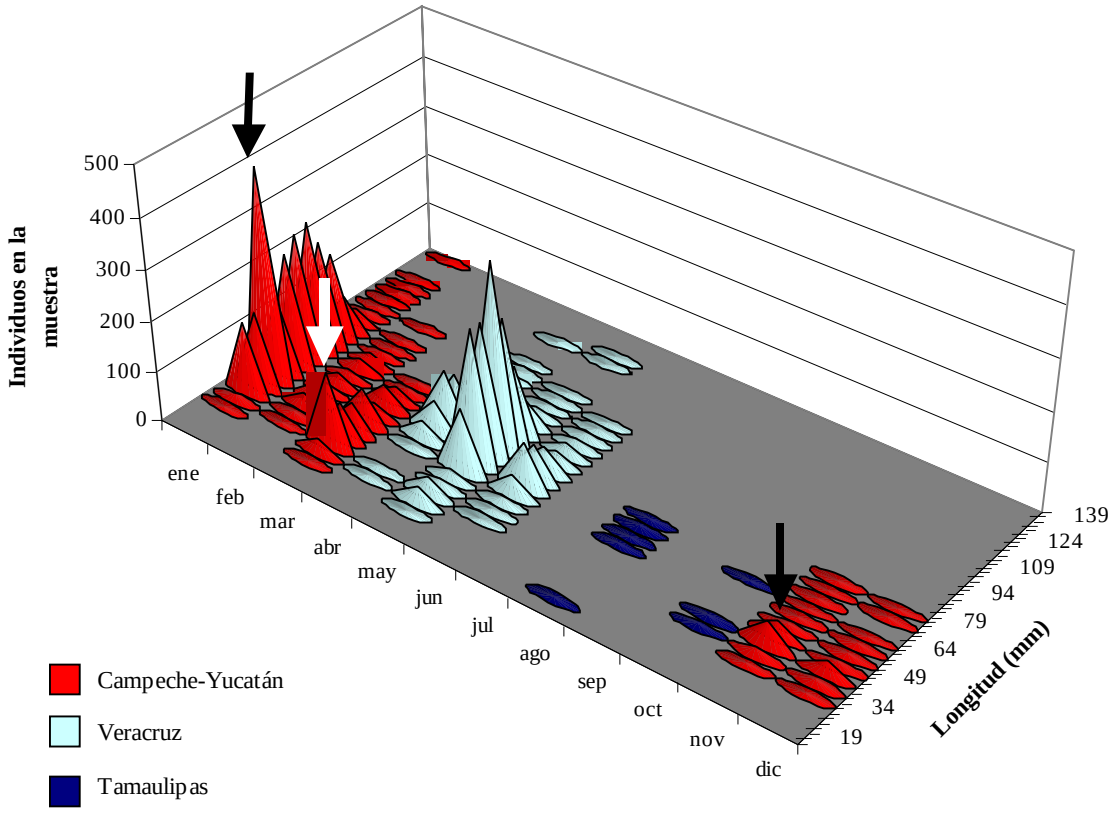


Fig. 3. Ejemplo de muestras mensuales de capturas de peto en 1988, para diferentes Estados del litoral del Golfo de México.

▼ *Modelo*

Se estimó la mortalidad total con ecuación propuesta por Hoenig y Lawing (Pauly, 1984).

$$Z=1/(C1\ (tmax-tc)) \quad \text{.....(1)}$$

donde:

C1 = Constante obtenida de tablas mostradas en Pauly (1984)
Tc = Edad media a la primera captura

Esta ecuación permite estimar la mortalidad total, utilizando la edad máxima obtenida en los muestreos, siempre y cuando se tenga confianza que ésta se cercana a la de la población.

La ventaja de usar esta ecuación es que se puede obtener la desviación estándar de la estimación con la fórmula:

$$se(Z)= (C2 * Z^2)^{1/2} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

C2 = Constante obtenida de tablas mostradas en Pauly (1984)
C1 y C2 dependen del número de organismos en la muestra.

Mortalidad natural por la ecuación empírica de Pauly:

$$\text{Log } M = -0.066-0.279 \text{ Log Lin}+ 0.653 \text{ Log } K+ 0.463 \log T \quad \text{.....(3)}$$

donde:

T = Temperatura media anual

El error estándar de la estimación se obtiene de la distribución de residuales mostrada por Pauly (1980). La mortalidad por pesca se obtiene por la diferencia de la mortalidad total con la natural.

$$F=Z-M \quad \text{.....(4)}$$

Generando valores aleatorios de la mortalidad natural y total, con distribución normal dada por la media y el error estandar de las estimaciones, se construyó la distribución de la mortalidad por pesca y el coeficiente de explotación E.

Tambíen se realizó un análisis de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (Gulland, 1971) y la modificación de la ecuación básica de ese modelo propuesta por Pauly (1984) para estimar la proporción de individuos a partir de la talla de primera captura.

En la *figura 4* se pueden ver las distribuciones de probabilidad de los estimados de M y Z para peto (M=0.42/año, error estándar 0.08, Z=0.97/año, error estándar 0.15) y sierra (M=0.72/año, error estándar 0.08, Z=1.47/año, error estándar 0.23).

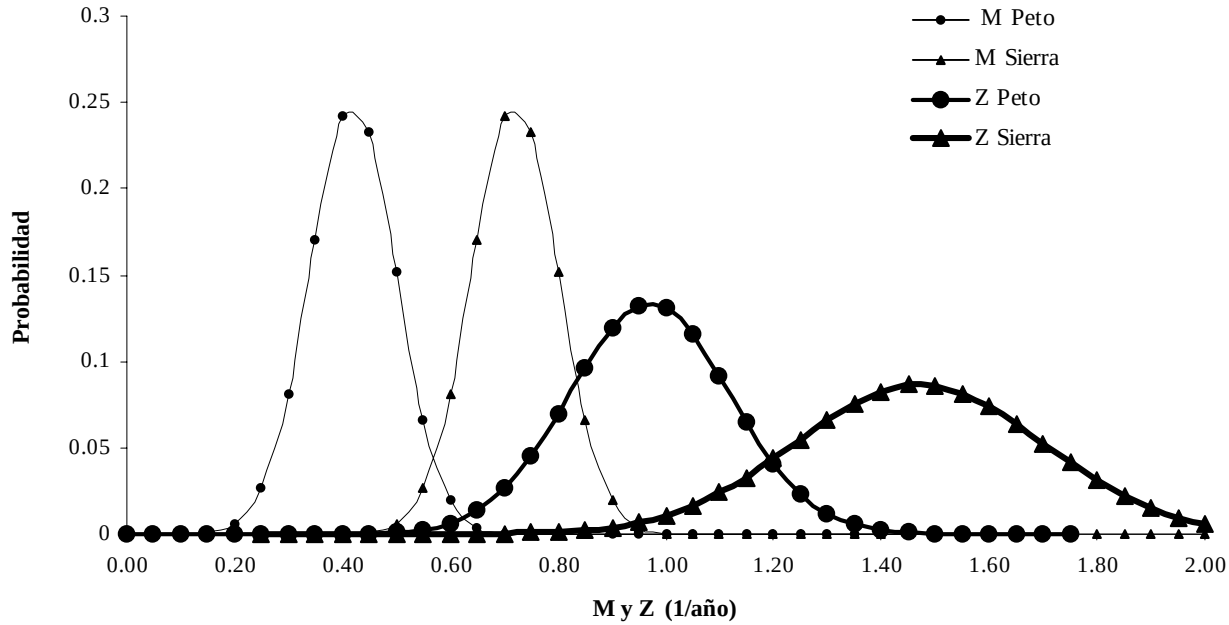


Fig. 4. Distribución de probabilidad de los estimados de M y Z para peto y sierra.

La *figura 5* muestra la distribución aproximada de probabilidad del estimado de la mortalidad por pesca para el peto (con media de 0.55/año y desviación estándar de 0.17) y la sierra (media 0.75, error estándar 0.25).

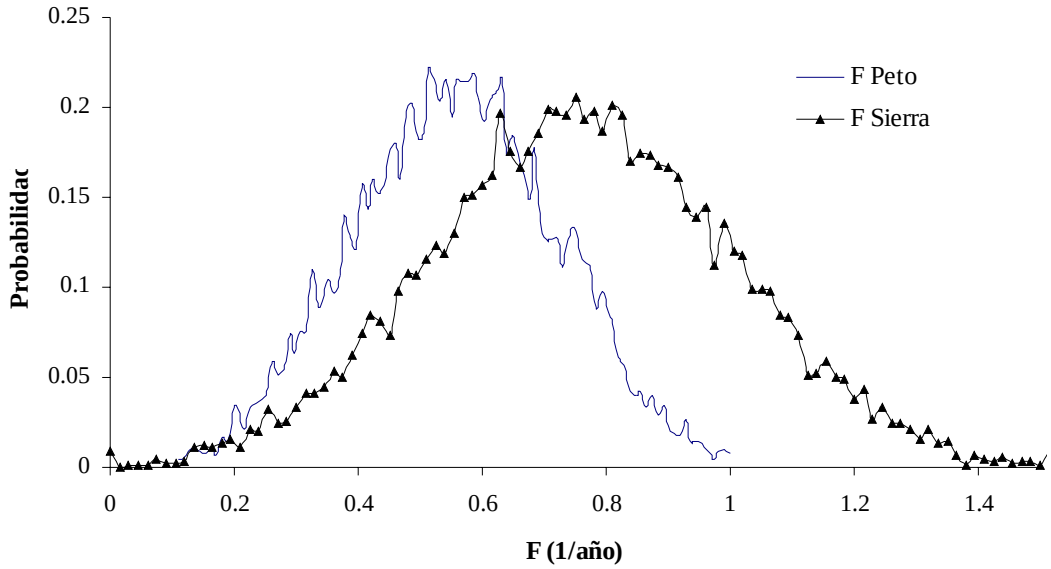


Fig. 5. Distribución de probabilidad aproximada del estimado de F para peto y sierra.

En la *figura 6* se observa la distribución del estimado del coeficiente de explotación E del peto (media 0.56, error estándar 0.11) y la sierra (media 0.5, error estándar 0.1). Si se acepta la convención de que valores del coeficiente de explotación cercanos a 0.5 indican que la pesquería se encuentra alrededor del estado óptimo de explotación (Pauly, 1984), la pesquería de peto y sierra se encontraría cerca de ese punto con la primera especie con un coeficiente de explotación ligeramente más alto.

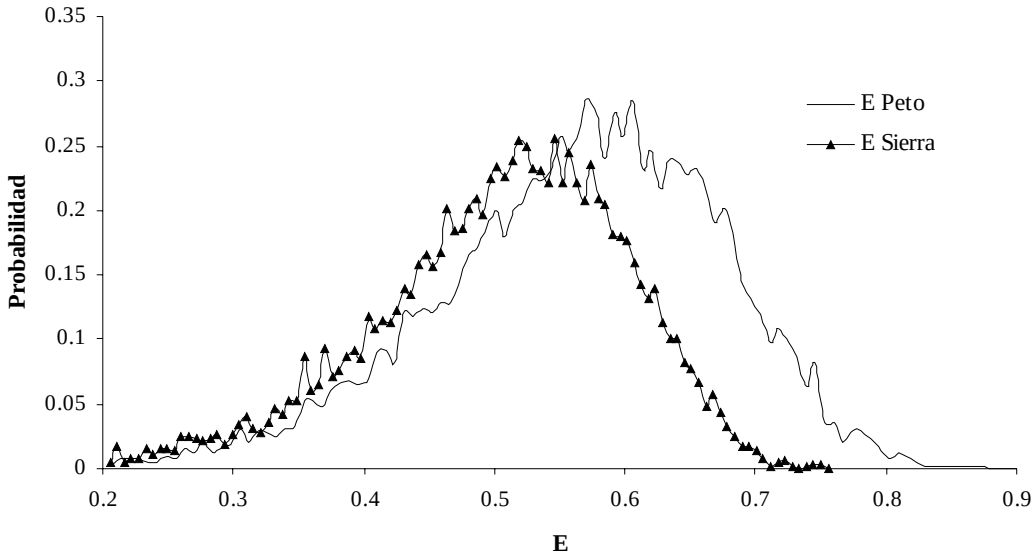


Fig. 6. Distribución de probabilidad aproximada del estimado de F para peto y sierra.

Otras evaluaciones de la pesquería de peto coinciden con este resultado. Arreguín-Sánchez *et al.* (1995) analizando información proveniente del Banco de Campeche a través del modelo de Thompson y Bell concluyen que el stock se explota a niveles cercanos a su máxima producción biológica. Cabrera (1986) con el método de ANPOVIR obtiene una tasa de explotación de E = 0.5 con un rendimiento máximo sostenible de 1,150.4 t y una mortalidad por pesca de F= 0.325.

Sin embargo, otras evaluaciones difieren bastante en sus estimados de mortalidad. Para peto en Veracruz (Rodríguez, 1995) utilizando los parámetros de crecimiento y la ecuación de Pauly (1980) obtuvieron los siguientes resultados M = 0.55; Z = 1.75 (de 2.14 a 1.36); F = 1.20 (de 1.59 a 0.81) E = 0.68 (de 0.74 a 0.59). Utilizando el método de Beverton y Holt (1957), Cabrera (1986) estimó la tasa de explotación para el peto E=0.2249 y calculó el rendimiento óptimo en 1,399 t. La *tabla 10* muestra otras estimaciones.

Tabla 10. Valores de mortalidad y sobrevivencia para *S. cavalla*

Referencia	Localidad	$Z(año^{-1})$	$M(año^{-1})$	$F(año^{-1})$	$S(año^{-1})$
Cabrera (1986)	Yucatán	0.67	0.36	0.31	0.51
Vasconcelos *et al.* (986)	Veracruz	1.05			
Arreguín-Sánchez *et. al.* (1994)	Campeche, Yucatán y Q. Roo	2.16	0.4	0.158	

En cuanto a la sierra, otros estimados de mortalidad y tasa de explotación son M = 0.74/año, Z= 1.66/año (2.09 a 1.23), F= 0.92/año (1.35 a 0.49) y E= 0.55 (0.64 a 0.39) (Rodriguez, 1995). Doi y Mendizabal (1979) para Veracruz, obtuvieron Z= 0.903/año; M=0.693/año, F= 0.210/año y S= 0.40/año.

Las semejanzas en el valor estimado de M se deben a que los autores citados usaron (como en este trabajo) la ecuación empírica de Pauly (1984). Las diferencias en cuanto a las estimaciones de la mortalidad total se deben, muy probablemente, a diferencias en la estructura de las muestras sobre las que se basan las estimaciones, lo que se discutirá más adelante.

▼ *Estado actual de las pesquerías de sierra y peto del Golfo de México*

Es importante señalar de los resultados de este trabajo la incertidumbre de la estimación. Como se puede ver en la *figura 6*, existe una mayor probabilidad (74%) de que el valor de E se encuentre por arriba de 0.5 para el peto, es decir de que la pesquería estuviera sobreexplotada. El valor correspondiente para la pesquería de sierra es de 55.5%.

El resultado del análisis de rendimiento por recluta se muestra en la *figura 7*. El rendimiento máximo por recluta se obtiene cuando la edad de la primera captura del peto (asumiendo el reclutamiento a la pesquería en "filo de cuchillo") se encuentra entre los tres y cuatro años (697 y 842 mm de longitud, respectivamente). El promedio de longitud en la captura de peto en redes agalleras se encuentra cercano a los 590 mm, es decir a 2.5 años de edad.

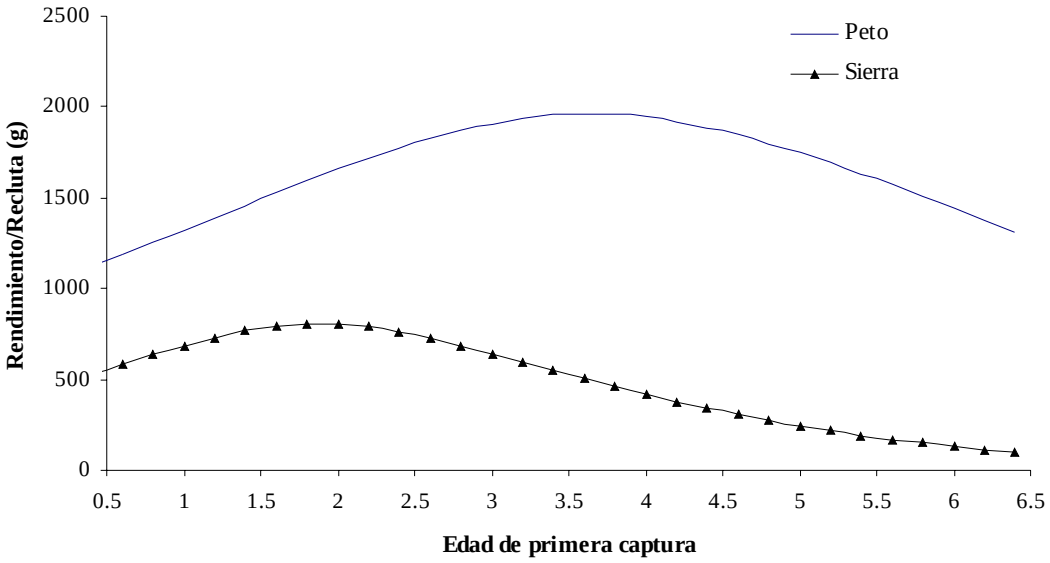


Fig. 7. Resultado del análisis de rendimiento por recluta de peto y sierra.

La *figura 8* muestra las proporciones de los organismos en la captura de peto, predicha por la ecuación de rendimiento por recluta modificada por Pauly (1984). La estructura de la muestra es compatible en términos generales con la predicha usando el valor del estimado de mortalidad total y sus límites del intervalo de confianza del 95%, que muestra una proporción considerable de individuos de menos de tres años de edad (700 mm).

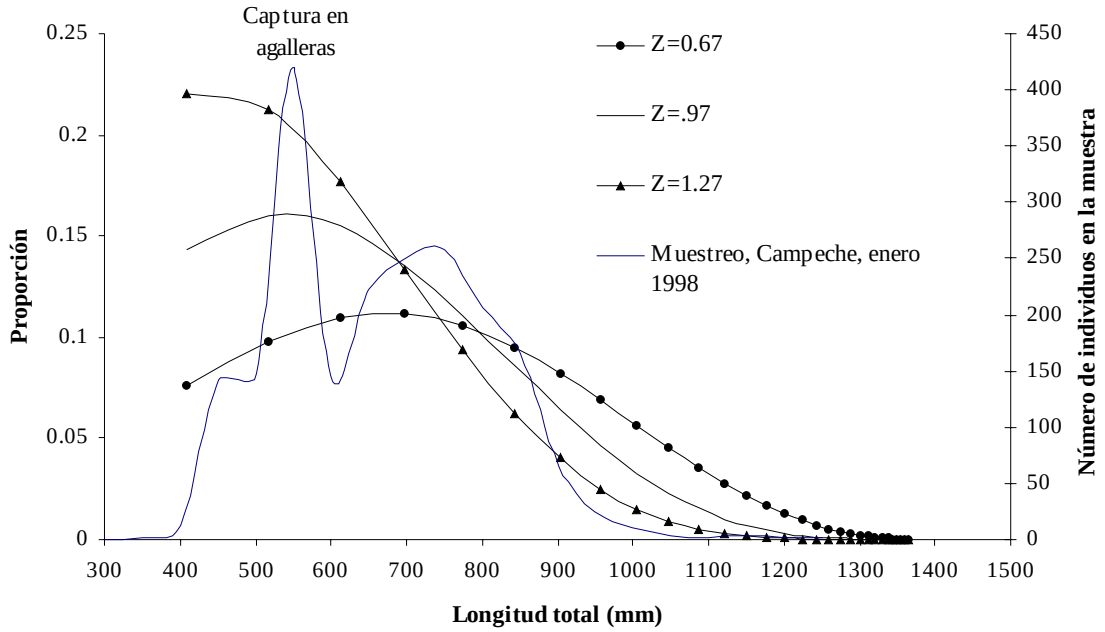


Fig. 8. Proporción de tallas en la captura predichas usando el valor del estimado de mortalidad total y sus límites del intervalo de confianza del 95%.

Lo anterior significa que capturando el peto en longitudes predominantemente menores a 700 mm de longitud total resulta en una disminución notable del rendimiento por recluta. Arreguín-Sánchez *et al.* (1995), usando el modelo de Thompson y Bell, llegaron a conclusiones semejantes, recomendando un incremento en la talla de primera captura de peto en el área de Campeche. La desventaja de capturar individuos de peto de esa talla no sólo reside en el rendimiento, también debe recordarse que tanto machos como hembras de peto alcanzan la madurez a longitudes mayores a los 700 mm.

El análisis indica que el mayor rendimiento por recluta de la sierra se obtiene a los 400 mm de edad de primera captura. Durante los años ochenta, la moda en las capturas se encontraba en esa longitud, con una buena proporción (cercana al 50%) por debajo de esa talla. En las muestras obtenidas en 1994 la proporción de la captura por debajo de 400 mm era de 88% (Fig. 9). Como se mencionó, la talla media de madurez de la sierra es de 330 mm y la talla a la cual se encuentran las hembras totalmente maduras es cercana a los 400 mm.

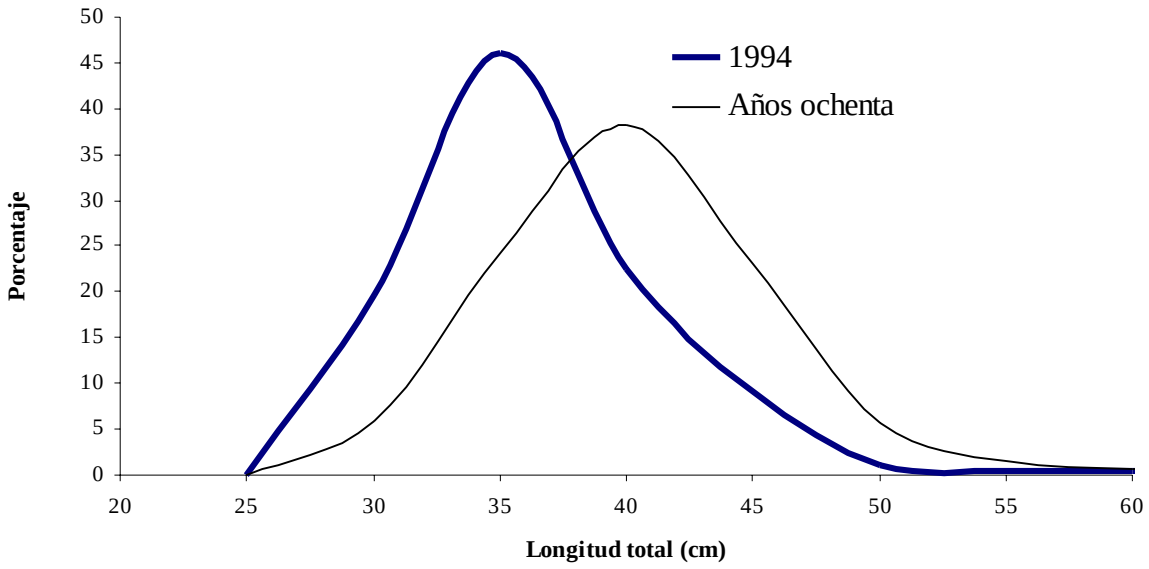


Fig. 9. Frecuencias de longitud en las capturas de sierra de los años ochenta y 1994 en Veracruz.

Es importante señalar las dificultades encontradas al realizar el análisis de mortalidad. Para estimar parámetros de funciones que describan la dinámica de una población con métodos basados en longitud a partir de una muestra de organismos, éstos deben encontrarse en ella en la misma proporción que en la población estudiada. Esto puede no darse, debido a efectos de:

1) Selectividad del arte de pesca (inherente al equipo utilizado)
2) Vulnerabilidad diferente por especie o talla (por ejemplo, cuando algunas especies o tallas no se encuetran en el área de operación del arte de pesca)
3) Aspectos del diseño del muestreo (periodicidad o cobertura espacial)

Si esto no se da, se encuentran dificultades para realizar las estimaciones. Éstas, por lo tanto, tendrán un error de estimación.

Los datos disponibles de los muestreos de capturas de sierra y peto son limitados en cantidad y cobertura y son afectados en proporción desconocida por los tres aspectos enunciados arriba. Entre los factores que determinan la proporción de diferentes tallas de organismos en las muestras están:

1) La diferencia en número de las artes de pesca que afecta la porción de la población estudiada.
2) El número de cada tipo de arte de pesca del que se toman muestras de captura.
3) La diferente selectividad de cada uno de ellos.
4) La diferencia entre su área de operación y, por ende, la diferente vulnerabilidad a ellas de cada fracción de la población.
5) La periodicidad de los muestreos.

Como se ha mencionado en apartados previos, existen diferencias entre los artes de pesca usados en cada estado; la dinámica de su número en años recientes no es conocida. Cada uno de ellos captura tallas diferentes y la vulnerabilidad de las poblaciones de peto y sierra a los mismos varía con sus migraciones.

De esto se deriva que el utilizar métodos de evaluación de la mortalidad que pudieran evitar las dificultades enunciadas en los párrafos precedentes, como los métodos de marcaje-recaptura, pudieran constituir una alternativa digna de tomarse en cuenta.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Tanto la sierra como el peto se consideran como una sola pesquería, ya que taxonómicamente son especies muy cercanas entre sí, son capturadas con las mismas artes de pesca y en las mismas zonas

Tanto la sierra como el peto se consideran como una sola pesquería, ya que taxonómicamente son especies muy cercanas entre sí, son capturadas con las mismas artes de pesca y en las mismas zonas.

El comportamiento de la pesquería es diferente en cada estado costero. En Veracruz, la captura de ambas especies tiende a decrecer; en tanto que en los demás Estados del Golfo, registra una tendencia al crecimiento. Esto se explica porque al tratarse de especies migratorias, lo que se captura en Campeche es parte del cardumen que podría pescarse en Veracruz.

El aumento de producción ha obedecido principalmente a la creciente demanda que estimula incrementos del esfuerzo sobre las poblaciones explotadas. Sin embargo, es difícil diferenciar con precisión el esfuerzo ejercido específicamente, sobre peto y sierra, en la información que ofrecen las fuentes de estadísticos.

El aumento de producción ha obedecido principalmente a la creciente demanda del recurso. Sin embargo, es difícil diferenciar con precisión el esfuerzo ejercido específicamente, sobre peto y sierra

La alteración en las condiciones oceanográficas, derivadas de las actividades humanas, como, cambios en los usos del suelo en zonas costeras, transformación física de ríos y lagunas entre otras, nos pueden hacer suponer que es posible que el recurso se aleje de las zonas pesqueras tradicionales haciéndose inaccesible a las artes de pesca que se emplean.

Es necesario recabar más información para definir una estrategia de manejo para esta pesquería al nivel de todo el litoral del Golfo de México dado que, pese a su importancia, no existe información actualizada ni estudios recientes dirigidos a estas especies.

Es necesario realizar investigaciones para conocer el esfuerzo ejercido en esta pesquería, las existencias del recurso, y las condiciones socioeconómicas en que se realiza la actividad pesquera, así como los diversos grupos sociales involucrados en ella.

Mientras tanto, es recomendable no incrementar el esfuerzo de pesca dado que todos los análisis disponibles sobre los limites de captura permisibles nos indican que la captura actual (cerca de 13, 384 t de sierra

y peto) se encuentra sobre dichos límites. El análisis realizado también permite recomendar un aumento en la talla de primera captura, a 400 mm en la sierra y a 700 mm para peto.

Otras medidas, como el establecimiento de periodos de veda en las zonas y periodos de reproducción, se ven como necesarias para mantener la sustentabilidad de la pesquería.

Otras medidas como el establecimiento de periodos de veda en las zonas y periodos de reproducción, se ven como necesarias para mantener la sustentabilidad de la pesquería

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Como se mencionó, es necesario recabar datos actualizados sobre la pesquería del peto y la sierra. Estudios sobre la magnitud de la mortalidad, por medio de experimentos de marcaje-recaptura pueden constituir un campo de colaboración fructífero.

Estudios de la edad de los animales en las capturas por métodos de lectura de edad en estructuras duras serían útiles para determinar las edades máximas encontradas en ellas.

También estudios sobre la actividad reproductiva constituirían una importante base para la administración del recurso.

REFERENCIAS

Aguilar S., F. & J. D. Martínez, 1987. Informe anual de actividades.Est. de Inv. Pesq. Isla Mujeres, Q. Roó. Instituto Nacional de la Pesca, SEPESCA. México (inédito).

Aguilar S., F., S. Salas M., M. A. Cabrera V. & J. D. Martínez A. 1990. Crecimiento y mortalidad del carito *Scomberomorus cavalla,* en la costa norte de la Península de Yucatán. Ciencia Pesquera 8: 71-87.

Anónimo. SAFMC. 1983. Fishery Management Plan, final environmental impact statement regulatory impact review, Final Regulations for the Coastal Migratory Pelagic Resources (Mackerels). Gulf of Mexico. South Atlantic Fishery Management Council. Tampa, Fl.

Arreguín-Sánchez, F., E. A. Chávez & J. A. Menchaca. 1992. A multispecies stock assessment of a pelagic coastal fishery of the South-West Gulf of Mexico. Aquac. Fish. Manag. 23:103-112.

Arreguín-Sánchez, F., M.A. Cabrera & F.A Aguilar. 1995 Population dynamics of the king mackerel (*Scomberomorus cavalla)* of the Campeche Bank , Mexico. EPOMEX México No 231.

Beaumariage, D. S., 1970. Current status of biological investigations of Florida's mackerel fisheries. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst., 22nd Annual Meeting, 1969. pp:79-86.

Beaumariage, D. S., 1973. Age, growth, and reproduction of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*. Fla. Mar. Res. Publ. 1:1-45.

von Berthalanfy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. 11) Hum. Biol. 19(2):181-213.

Beverton, R. J. H. & S. J. Holt, 1957. On the dynamics exploited fish populations. Fish Invest. Minist. Agric. , Fish. Food (U.K.), Ser. II, 19:1-533.

Burgos, R. & H. M. Rodarte, 1979. Programa de pesca exploratoria para la pesca en Yucatán . CRIP Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Burns, K. 1990. Final Report1990: King and spanish mackerel migrations and stock assessment study in the Southern Gulf of Mexico. Contracts 50-WCNF-6-06014, NA90AA-H-MF 752.

Burns, K. 1991. IV Report (July-September, 1991): King and Spanish mackerel migrations and stock assessment study in the Southern Gulf of Mexico. Contract NA90AA-H-MF 752 (MARFIN).

Cabrera V., M. A. 1986. Contribución al conocimiento de la pesquería del carito (*Scomberomorus cavalla*) Cuvier 1829, en la Península de Yucatán. Tesis Profesional. Univ. Nal. Autón. México. ENEP- Iztacala. México.

Chávez O., E. 1981. Towards a rational management of Western Gulf of Mexico shore fisheries. *En:* Lasker, G.E. (ed.). Pergamon Press. Oxford. pp:2018-2023.

Collette, B. C., J. L. Russo. & L. A. Zavala C. 1978. *Scomberomorus brasiliensis*, a new species of Spanish mackerel from the Western Atlantic. U. S Natl. Mar. Fish. Ser. Fish. Bull. 76(1):273-280.

Collette, B. B. & J. L. Russo. 1984. Morphology, systematics, and biology of the spanish mackerels (*Scomberomorus*: Scombridae). Fish. Bull. 82(4):545-692.

Collette, B.B. & C.E. Nauen. 1983. FAO species catalog. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. FAO Fish. Synop., 125(2):1-1337.

DeVane Jr., J. C. 1978. Food of king mackerel, *Scomberomorus cavalla,* in Onslow Bay, North Carolina. NMFS. Trans. Am. Fish. Soc. 107(4):583-586.

De Vries, A. D., L. Timme & C. B. Grimes. 1989. Ageing of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the U. S. South Atlantic and Gulf of Mexico. 1988. NOAA, NMFS, SEFC, Panama City Laboratory.

Doi, T. & D. Mendizabal. 1979. Evaluación preliminar de la población de sierra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), frente a las costas de Veracruz. En: Nakamura, E.L. & H. R. Bullis Jr. (eds.) Proceedings of the Mackerel Colloquium. Gulf States Marine Fisheries Comm. 4:43-55.

Fable Jr., W. A. 1990. Summary of king mackerel tagging in the Southeastern USA; Mark-recapture techniques and factors influencing tag returns. Amer. Fish. Soc. Symp. 7:161-167.

Finucane, J. H. & S.P. Naughton. 1990. Diets of young king and spanish mackerel of the Southeast United States. Northeast Gulf Science, 11(2):145-153.

Gulland, J. 1971 Manual de Metodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Acribia. España.

Klima, E. F. 1959. Aspects of the biology and the fishery for Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), of Southern Florida. Fla. St. Conserv., Tech. Serv. 27:1-39.

McEachran, J.D., J.H. Finucane & L. S. Hall. 1980. Distribution, seasonality and abundance of larval king and spanish mackerels in the Northwestern Gulf of Mexico (Pisces:Scombridae) N. E. Gulf Sci. 4(1):1-16.

Menchaca H., J.A. 1985, Análisis de una pesquería multiespecífica de la costa de Veracruz, México. Tesis de Maestría. IPN CINVESTAV-Mérida. México.

Mendizabal O., D. 1987. Análisis preliminar del estado de la población de sierra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), del Golfo de México. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Mendoza N, A. 1968. Consideraciones sobre la biología pesquera de la sierra, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill), en el Estado de Veracruz. Bios. 1(2):11-22.

Munro, I. S. R., 1943. Revision of Australian species of *Scomberomorus* Mem. Queensl. Mus. 12:65-95

Naughton, S. P. & C. H. Saloman, l981. Stomach contents of juveniles of king mackerel (*Scomberomorus cavalla*) and spanish mackerel (*S. maculatus*). Northeast Gulf Science 5(1):71-74.

Olvera L., R. M., L. Ruiz, J. A. Borbón, A. Sánchez, J. L. Cerecedo & R. Sánchez. 1991. Áreas de desove del peto *Scomberomorus cavalla* en la Zona Económica Exclusiva Mexicana del Golfo de México. Reporte XV Mexus-Golfo. (inédito).

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contribution No.143.

Saloman, C. H. & S. P. Naughton. 1983a. Food of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, from the Southeastern United States including the Gulf of Mexico, Panama City Laboratory. NMFS, NOAA, U.S. Dept. Comm. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-126.

Saloman, C. H. & S.P. Naughton. 1983b. Food of Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus*, from the Gulf of Mexico and Southeastern seaboard of the United States. Panama City Laboratory, NMFS, NOAA, U. S. Dept. Comm. NOAA, Tech. Mem. NMFS-SEFC-128.

Sánchez G., S., L. Schultz, J. Vasconcelos, R.B. Gamboa, C. Díaz, & A. Iglesias, 1991. Resultado de marca-recaptura de peto, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier), en las costas del Golfo de México. Reporte XV Mexus-Golfo (inédito).

Sánchez G., S. & L. Schultz R. 1997. Descripción de la Pesquería de Sierra y Peto. *En:* Flores Hernández, D., P. Sánchez–Gil, J.C. Seijo & F. Arreguín-Sánchez (eds.). Análisis y Diagnostico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche, EPOMEX. Ser. Cient. 7:227-248.

Schultz R., L., S. Sánchez, J. Vasconcelos, R. B. Gamboa & A. Iglesias. 1991. Evidencia del movimiento estacional del peto, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier), a lo largo de las costas del Golfo de México, analizando la producción de capturas comerciales. Reporte XV Mexus-Golfo (inédito).

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. Dirección General de Informática. México.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. Dirección General de Informática. México.

Springer, V.G.& J. Pirson. 1958. Fluctuations in the relative abundance of sport fishes as indicated by the cath at Port Aransas, Texas, 1952 -1965. Inst. Mar. Sci. Pub. 5:169-185.

Sutherland, D. F. & W. A. Fable Jr. 1980 Results of a king mackerel (*Scomberomorus cavalla* and Atlantic Spanish mackerel *Scomberomorus maculatus*) migration study, 1975-1979. U.S. Dep. Comm., NOAA, Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC-12.

Trent, L., R. O. Williams, R. G. Taylor, C. H. Saloman & C.S. Manooch III. 1983. Size, sex ratio, and recruitment in various fisheries of king mackerel, *Scomberomorus cavalla*, in the southeastern United States. Fish. Bull. 81(4):709-721.

Vasconcelos, J., C. Díaz, L. Schultz, A. Iglesias, K. Smith, P. Castañeda, F. Aguilar & A. Sánchez. 1986. Informe Técnico del Grupo de Peces Pelágico Costeros. Reporte XI Reunión Mexus-Golfo (inédito)

Vasconcelos P., J. 1988. Migración de peces pelágicos costeros en el Golfo de México (la sierra y el peto como ejemplos). *En:* Los Recursos del Mar y la Investigación. Secretaría de Pesca. Inst. Nac. de la Pesca. México. 1:17 - 22.

Wollam, M. B., 1970. Description and distribution of larvae and early juveniles of king mackerel, *Scomberomorus cavalla* (Cuvier), and Spanish mackerel, *Scomberomorus maculatus* (Mitchill) (Pisces: Scombridae) in the Northwestern, Atlantic. Fla. Dep. Nat. Resour., Mar. Res. Lab. Tech. Ser. 61:1-35.

huachinango

huachinango

huachinango

huachinango

de Castilla

huachinango

huachinango

huachinango

huachinango

Golfo de México

huachinango

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE HUACHINANGO DEL GOLFO DE MEXICO

ESPECIE: huachinango del Golfo de México (*Lutjanus campechanus*).

- La pesquería esta compuesta por varias especies conocidas como huachinango pero la mas importante es *L. campechanus*.
- Es una de las pesquería mas importantes que se han desarrollado en el Golfo de México por la entrada de divisas y la generación de empleos.
- Aporta el 53% de la producción de huachinango del país, y Yucatán es el principal estado productor en el Golfo de México.
- En la pesca de este recurso participan la flota mayor de Yucatán, la flota menor de los estados que forman el litoral del Golfo y Caribe, y la flota camaronera. La flota cubana continua trabajando bajo convenio.
- Su captura se realiza por medio de palangre huachinanguero y la cala y es considerada multiespecífica.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 3,116 t, el 60% con respecto al máximo histórico (1992).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Dinámico de biomasa de Schaefer.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Aprovechada al máximo.

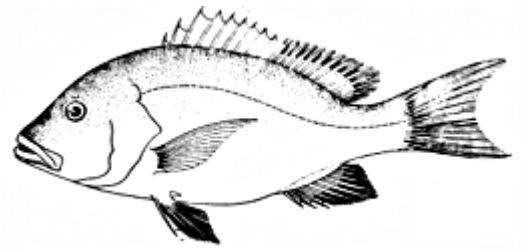
MEDIDAS DE MANEJO

- Permisos para pesca comercial de escama en general. Se sugiere mantener la captura en 1,117 t por año, no incrementar el esfuerzo.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

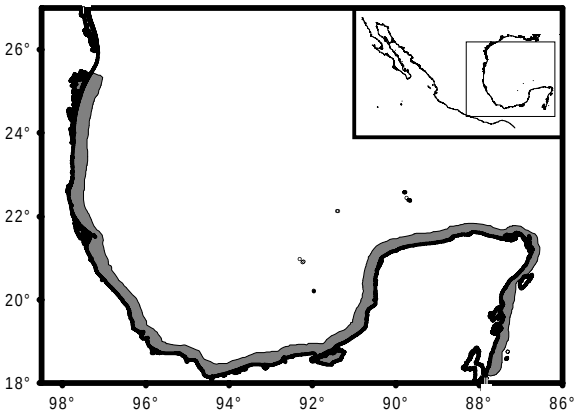
- No sobrepasar el Punto de referencia límite (no bajar la biomasa al 50% de la inicial.

HUACHINANGO DEL GOLFO DE MÉXICO



Lutjanus campechanus

LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

La pesquería de huachinango, *Lutjanus campechanus*, es una de las más importantes que se han desarrollado en el Golfo de México. Una parte de la captura se exporta a Estados Unidos, siendo de gran valor económico ya que genera empleos y una entrada de divisas para el país. En 1999 se registraron 3,445 t de huachinango, cifra que ocupó el 22º lugar nacional, con una derrama económica aproximada de 81 millones de pesos y el 1.36 % del ingreso nacional generado por el sector pesca (SEMARNAP, 2000). El Golfo de México y Mar Caribe aportaron el 53% de la producción pesquera nacional, y de ésta, 39% el estado de Yucatán, 19% Tabasco, 18% Veracruz, 14% Tamaulipas, 9% Campeche y 1% Quintana Roó.

En la Península de Yucatán, *Lutjanus campechanus* ha sido objeto de una intensa pesquería comercial por más de un siglo; han participado las flotas de Estados Unidos, Cuba y México (Camber, 1955; Futch y Bruguer, 1976; Rabalais *et al.*, 1980). En 1976, cuando México declaró la Zona Económica Exclusiva (ZEE), se excluyó a la flota estadounidense de la actividad pesquera dentro del Banco de Campeche y la cubana continuó bajo convenio con México. La construcción del puerto de abrigo Yucalpetén, en Progreso, durante 1968, alentó las inversiones, permitió a los industriales incursionar en la pesca de mediana altura, impulsó un crecimiento acelerado de la flota y la construcción de astilleros y plantas procesadoras de productos pesqueros. Con el puerto de abrigo, además, se sentaron las bases para hacer de Progreso un importante productor y exportador de especies de escama, principalmente mero y huachinango.

Más de la tercera parte del huachinango capturado en el Golfo de México es producto de la pesquería de Yucatán

Actualmente, para la captura de huachinango en el Banco de Campeche interviene la flota mayor de Yucatán, la flota menor de Campeche y la flota camaronera, que captura juveniles de esta especie en forma incidental. Asimismo, la flota cubana continúa trabajando bajo un convenio que regula su captura mediante una cuota anual revisada bianualmente.

Debido a que los estados de Veracruz y Tamaulipas poseen una plataforma continental mucho más estrecha que el Banco de Campeche, la pesquería no ha tenido un desarrollo como en el estado de Yucatán, y se realiza únicamente con embarcaciones menores que operan a lo largo de toda la costa. Aparece también como captura incidental en la flota camaronera, y como especie asociada en la pesquería de tiburón. A pesar de ello, la captura de huachinango en dichos estados es de importancia por su voumen y valor económico.

Esta pesquería está conformada por varias especies conocidas como huachinangos, aunque la más importante *es Lutjanus campechanus* (huachinango del Golfo o de castilla). Además se capturan abadejos (meros y chernas), otros pargos, y otras especies que varían en proporción de acuerdo a la zona y al arte de pesca.

ÁREA DE PESCA

El Banco de Campeche es una de las áreas de mayor abundancia de huachinango. La zona con la mayor captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se encuentra en la parte oeste de la plataforma, entre los 20º - 24º norte y 91º- 93º oeste (Cayo Arenas, los Triángulos y Banco Nuevo). Le sigue la zona localizada en la parte noroeste de la plataforma, entre los 22º - 24º norte y 88º- 91º oeste (Isla Pérez, Arrecife Alacranes y los Bajos del Norte) (Fig. 1).

El Banco de Campeche es una de las áreas de mayor abundancia de huachinango, siendo las principales zonas de captura: Cayo Arenas, los Triángulos y Banco Nuevo

En términos generales, las capturas comerciales de Veracruz y Tamaulipas se realizan en la zona costera, entre los 35 y 180 metros (20 y 100 brazas) sobre fondos rocosos. En Veracruz las zonas de mayor importancia se localizan frente a Tuxpan–Tamiahua, Casitas-Tecolutla, Veracruz-Antón Lizardo y Coatzacoalcos, y en Tamaulipas frente a las costas entre Tampico y Soto la Marina (Fig. 1).

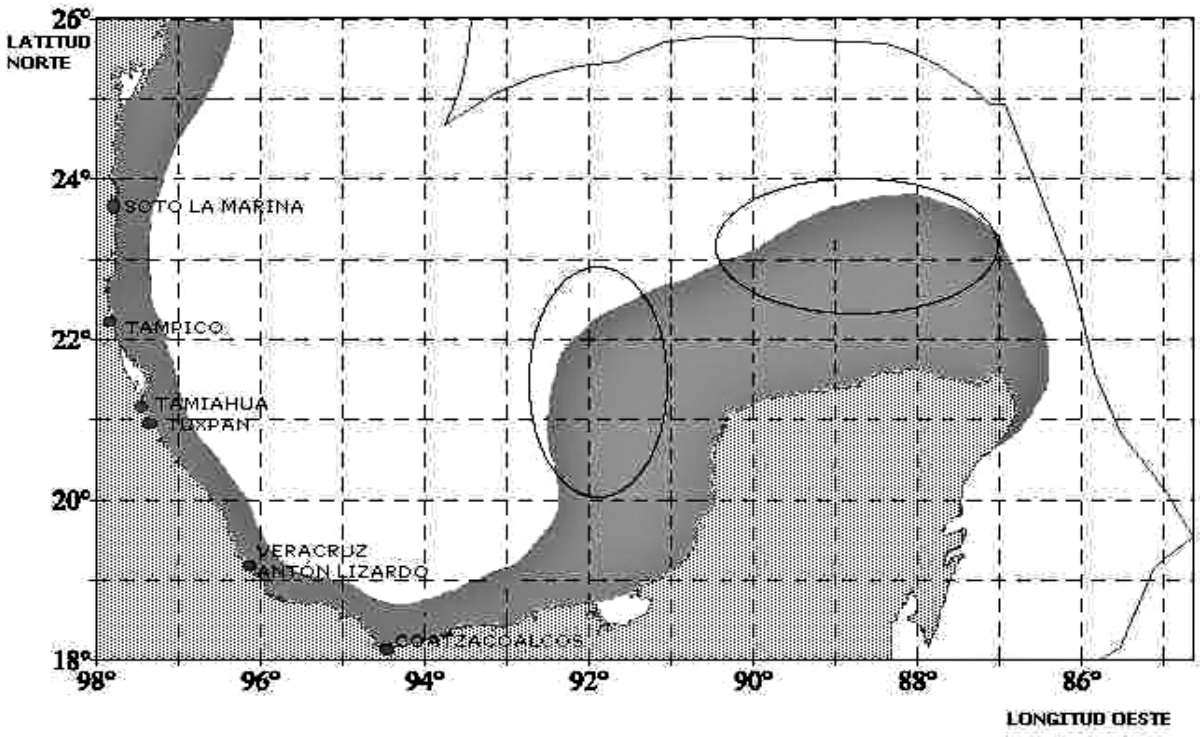


Fig. 1. Distribución del huachinango (*Lutjanus campechanus*) en el Golfo de México y principales zonas de captura.

BIOLOGÍA

La distribución de *L. campechanus* es a lo largo de las costas del Atlántico Occidental, desde Nueva Inglaterra (E.U.A) hasta la península de Yucatán, México. Las áreas de mayor abundancia se localizan al oeste de Florida, frente a las costas de Louisiana y Texas, y al sur del Golfo de México, en el Banco de Campeche (Rivas, 1966; Klima, 1976; González y de la Rosa,1988; Leonce-Valencia, 1995).

Esta especie abunda en áreas con sustrato constituido por restos de concha, y fondos irregulares, cubiertos de coral vivo, aunque también han sido reportados en fondos lodosos

Esta especie abunda en áreas con sustrato constituido por restos de concha, y fondos irregulares, cubiertos de coral vivo, aunque también han sido reportados en fondos lodosos (Klima, 1976). Los juveniles se encuentran principalmente en fondos arenosos y fangosos, lo que los hace más vulnerables a pesquerías con redes de arrastre (Roe, 1976).

L. campechanus es una especie que habita entre los 8 a 200 m de profundidad, con probabilidad de encontrarse hasta los 1200 m (NOOA, 1985). Es más abundante en zonas con temperaturas que varían entre los 19ºC a 24º C (Camber, 1955; Roe, 1976). De acuerdo con la información registrada por la flota huachinanguera de Progreso Yucatán, la profundidad de captura varía entre los 36 a 146 m, registrando el mayor rendimiento entre los 70 a 100 m (Monroy *et al*., 1996). En Tamaulipas y Veracruz, la zona de captura se encuentra entre 35 y 180 m (Hernández-Tabares *et al*., 1999). Diversos trabajos sugieren que los adultos tienden a estar en aguas más profundas que los juveniles (Camber,1955; Moseley, 1966; Bradley y Bryan, 1974)

En el norte del Golfo de México y Banco de Campeche, la madurez sexual se alcanza aproximadamente a los dos años de edad

L. campechanus presenta sexos separados, sin dimorfismo sexual externo. Para el Banco de Campeche, Camber (1955) reportó el desove de julio a septiembre con un máximo entre julio y agosto, período en que se presenta una baja disponibilidad del recurso y una proporción sexual de 1.1:1.0 (González y de la Rosa y Ré Regis, 1995). La madurez sexual se alcanza aproximadamente a los dos años de edad en el norte del Golfo de México y Banco de Campeche (Camber, 1955; Futch y Bruger, 1976; Collins *et al*., 1993).

En Veracruz el desove se presenta de marzo a octubre con máximos en marzo a abril y de septiembre a octubre, con talla mínima de 32 cm de longitud total (LT) en hembras y mayor presencia de hembras maduras en tallas de 38 a 55 cm de LT (Hernández-Tabares, *et al.,* 1999.)

En las costas de Tamaulipas se han registrado individuos con gónadas maduras de abril a junio, y tallas de 25 cm en hembras y 23 cm longitud furcal (LF) en machos, que corresponden a los dos años de edad. El período de reproducción está comprendido entre primavera y verano, iniciando en abril y terminando en agosto, con una proporción sexual anual de 1.3:1.0 (Rodríguez, 1992).

Futch y Bruger (1976) mencionan la dificultad para determinar la edad exacta de maduración de huachinango. Ellos registraron un incremento en la actividad gonádica de los individuos de la edad tres al compararlos con la dos, por lo cual indican que probablemente la maduración se alcance después de la edad dos. Esto coincide con lo reportado por Camber (1955), quien concluye que al parecer la maduración de *L. campechanus* se alcanza entre los 30 y 32 cm de longitud furcal. Moseley (1966) también observó un cambio repentino en el factor de condición entre individuos de 19 a 30 cm de longitud estándar, lo que se ve reflejado al alcanzar su maduración sexual.

Wilson *et al*. (1994), citado por Goodyear (1995), para la parte central y norte del Golfo de México en aguas de los EU, relacionan la fracción madura de la población con la longitud total e indican un rápido incremento en la proporción de maduración de los organismos entre 26 a 35 cm. Collins *et al*. (1996) complementan esta información, empleando un método que relaciona los pulsos en la fecundidad y la frecuencia de desove, y estiman la fecundidad anual entre 11.6 y 59.6 millones de huevos, asumiendo una frecuencia de

desove entre 21 a 35 veces por año, de mayo a octubre. Para el análisis, utilizaron organismos entre 34.9 a 82 cm de longitud total, con un peso total entre 0.60 a 9.10kg y de 3 a 12 años de edad.

L. campechanus es una especie oportunista, eurifaga carnívora, que se alimenta tanto en arrecifes como en zonas abiertas. Es difícil precisar la dieta por su alto porcentaje de eversión al ser extraídos por el arte de pesca, debido al cambio de presión. Los juveniles se alimentan principalmente de camarones, cangrejos, nemátodos, poliquetos y otros organismos (Camber,1955; Moseley, 1966; Bradley y Bryan, 1974; Beaumariage y Bullock, 1976; Futch y Bruger, 1976; Vega-Cendejas *et al*., 1997); los adultos con peces, jaiba azul, y otros crustáceos, así como de tunicados y cefalópodos. La alternancia en las presas está ligada a la disponibilidad de éstas durante el año (Bradley y Bryan, 1974).

L. campechanus es depredado por peces como el pez lagarto (Synodontidae), el dorado (*Coryphaena hipurus*) y otros, que incluyen probablemente también a tiburones, debido a que se observa una disminución de las capturas cuando se incrementa el número de tiburones en el área (Bradley y Bryan, 1974).

▼ *Crecimiento*

Los estudios de edad y crecimiento de *L. campechanus* han sido realizados por diferentes autores, mediante la lectura de estructuras duras y el análisis de frecuencias de tallas. En el Banco de Campeche, para el modelo de von Bertalanffy, se han registrado valores para el parámetro de curvatura (k) entre 0.13/año a 0.18/año, longitud asintótica ($L\infty$) entre 85 a 87 cm de longitud total (83.7 a 90.8 cm de longitud furcal) y t_0 entre –1.30/año a 0.36/año, según la zona y el método de estudio utilizado. Para el Sur de Tamaulipas se reportan valores de k entre 0.10 a 0.16, $L\infty$ de 69 cm a 97cm y t_0 de -0.76 a 3.56/ año (Tabla 1).

L. campechanus es un pez semi-longevo de crecimiento lento. Para la zona del Golfo de México, Nelson *et al.* (1985), mediante la lectura de escamas y otolitos, encontraron una edad máxima de 10 años, con una longitud total de 13.7 cm a la edad 1 y hasta de 26.7 cm a la edad 2, mientras que en el Banco de Campeche González de la Rosa (1988), mediante la lectura de escamas, también obtuvo una edad máxima de 10 años y al utilizar frecuencias de longitudes obtuvo una edad máxima de 15 años, alcanzando alrededor de 14.8 cm de longitud furcal a la edad 1 y hasta 23 cm a la edad 2. Leonce-Valencia (1995), con la lectura de otolitos, obtuvo una edad máxima de 11 años y tallas medias de 15, 22, 36 y 47 cm de longitud

Tabla 1. Parámetros de crecimiento de *L. campechanus* obtenidos para el modelo de von Bertalanffy para diferentes zonas. L_∞ es expresado como longitud total, salvo donde se indica otra cosa.

Referencia	Localidad	Método	K (1/año)	L_∞ (cm)	t_0 (año)
Nelson & Manooch (1982)	Atlántico E.U.A.	Escamas y otolitos	0.16-0.18	94-97	-0.01-0.10
Nelson *et al.* (1985)	Atlántico E.U.A.	Escamas y otolitos	0.14	93	-0.10
Rodríguez (1992)	Tamaulipas	Escamas	0.11-0.14	89-109	0.20-0.44
Rodríguez (1992)	Tamaulipas	Frecuencia de tallas	0.10-0.16	69-96	-0.76-3.56
González y de la Rosa (1988)	Banco de Campeche	Retrocálculo (Escamas)	0.14	90.8*	-0.75
González de la Rosa (1988)	Banco de Campeche	Escamas	0.14	83.7*	-1.30
González de la Rosa (1988)	Banco de Campeche	ELEFAN	0.13	86*	-0.36
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	ELEFAN	0.13	287	-0.19
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	PROJMAT	0.14	104	0.23
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	SLCA	0.14	85	-0.31
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	Otolito	0.13	102	-0.55
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	Retrocálculo	0.16	92	-0.14
Leonce-Valencia (1995)	Banco de Campeche	Retrocálculo (CAST)	0.17	91	0.05

* L_∞ expresada como longitud furcal

total (LT) para las edades de 1 a 4 años respectivamente. Para Tamaulipas, Rodríguez (1992) reporta para las edades 2, 3, 4, 5, 6 tallas de 25, 33, 37, 44 y 51cm de LT respectivamente.

▼ *Relación Peso-Longitud*

La relación peso-longitud que representa el crecimiento en peso de *L. campechanus*, ha sido determinada por distintos autores y para diferentes áreas en que habita esta especie (Tabla 2). En el área del Banco de Campeche González y de la Rosa *et al.* (1992), determinaron la relación peso–longitud en base al peso eviscerado y longitud total de ejemplares de la captura comercial, encontrando valores diferenciales por temporada del año.

Tabla 2. Parámetros de la relación peso-longitud total de *L. campechanus* en el Golfo de México.

Referencia	Localidad	Época del año	Relación Peso-Longitud
González y de la Rosa (1992)	Banco de Campeche	Enero-Diciembre/90	$W = 0.0000394L^{2.887}$
Hernández-Tabares *et al.* (1998)	Veracruz	Enero-Diciembre/97	$W = 0.00002L^{2.9644}$
Rodríguez (1992)	Tamaulipas	Junio/86 – Mayo/87	$W = 0.0000484L^{2.90}$

CAPTURA Y ESFUERZO

En la pesca de huachinango del Golfo participan varios tipos de flotas: en Yucatán, la flota mayor mexicana y la flota cubana; en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Tabasco y Quintana Roó se captura por la flota artesanal

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

En la pesquería de huachinango del Golfo de México participan varios tipos de flotas: en la plataforma de la península de Yucatán, la flota mayor mexicana y la flota cubana; en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Tabasco y Quintana Roó se captura por la flota artesanal. Los juveniles de esta especie son capturados en todo el Golfo por la flota camaronera y por barcos arrastreros de escama (con base en Alvarado, Veracruz), que pescan dentro del Banco de Campeche. Aparece también como especie asociada a la pesquería de tiburón, principalmente en Campeche, Veracruz y Tamaulipas.

Hay 598 embarcaciones con permiso de escama para la flota mayor yucateca, siendo heterogénea en cuanto al tamaño de eslora, manga, material del casco, marca y potencia del motor. Estas embarcaciones pueden ser de madera, metal o fibra de vidrio, con motores estacionarios entre 120 CF (caballos de fuerza) a 365 CF y entre 10 a 22 m de eslora, equipadas con instrumentos de navegación y ecodetección. La capacidad de bodega es variable, pero en general es mayor de 10 t de producto enhielado. Estas embarcaciones tienen como base el puerto de abrigo de Yucalpetén en Progreso; aproximadamente 60 de éstas se dedican al huachinango y el resto se dedican al mero, sin embargo capturan incidentalmente huachinango. Las embarcaciones que tiene como objetivo la captura de huachinango, utilizan como arte de pesca la bicicleta, línea que trabaja a través de un mecanismo manual semejante a una “bicicleta”, del cual penden 4 a 5 anzuelos tipo huachinanguero del número 7 u 8, que se recobra por medio de una polea (Fig. 2a). El número de artes de pesca varían de 2 a 4 bicicletas por embarcación; al mismo tiempo,

algunas de éstas están equipadas con carrete hidráulico para palangre de línea larga. El 83% de las embarcaciones huachinangueras son de madera, el 13% de hierro y el 3% de fibra de vidrio y equivalen al 12% del total de la flota que captura peces demersales en el Golfo de México.

En Campeche, Veracruz y Tamaulipas pesca la flota menor, con embarcaciones de fibra de vidrio de 7.6 a 8.5 m de eslora, con capacidad de 1.5 a 3 t y motor fuera de borda de 55 a 75 CF; en su mayoría con equipos de detección y posicionamiento geográfico. Utilizan líneas de mano, cala (Figura 2b) y palangres huachinangueros de 400 a 500 anzuelos del número 5 a 8 (Figura 2c). En el caso de Veracruz y Tamaulipas alcanzan hasta 800 a 1,000 anzuelos.

Por lo que se refiere a la flota cubana, el convenio de pesca México-Cuba ampara 16 embarcaciones de 22 m de eslora, que son de casco metálico tipo “Lambda”. La capacidad de bodega es de 25 t; cada barco lleva seis lanchas auxiliares, equipadas con motor estacionario de 12 CF y capacidad para 500 kg de producto en bodega. Estos cuentan con aparatos electrónicos para navegación y utilizan un palangre de fondo con 350 anzuelos rectos del número 3.

En la operación de pesca de la flota huachinanguera de Yucatán participan entre tres y cuatro tripulantes: un patrón de pesca, motorista y cocinero; todos intervienen en la captura. La duración de las operaciones diarias depende de la disponibilidad del recurso y de la resistencia física del pescador. Mientras se esté capturando se trabaja de manera contínua, sin descanso; en el caso de que no se capture, el tiempo es

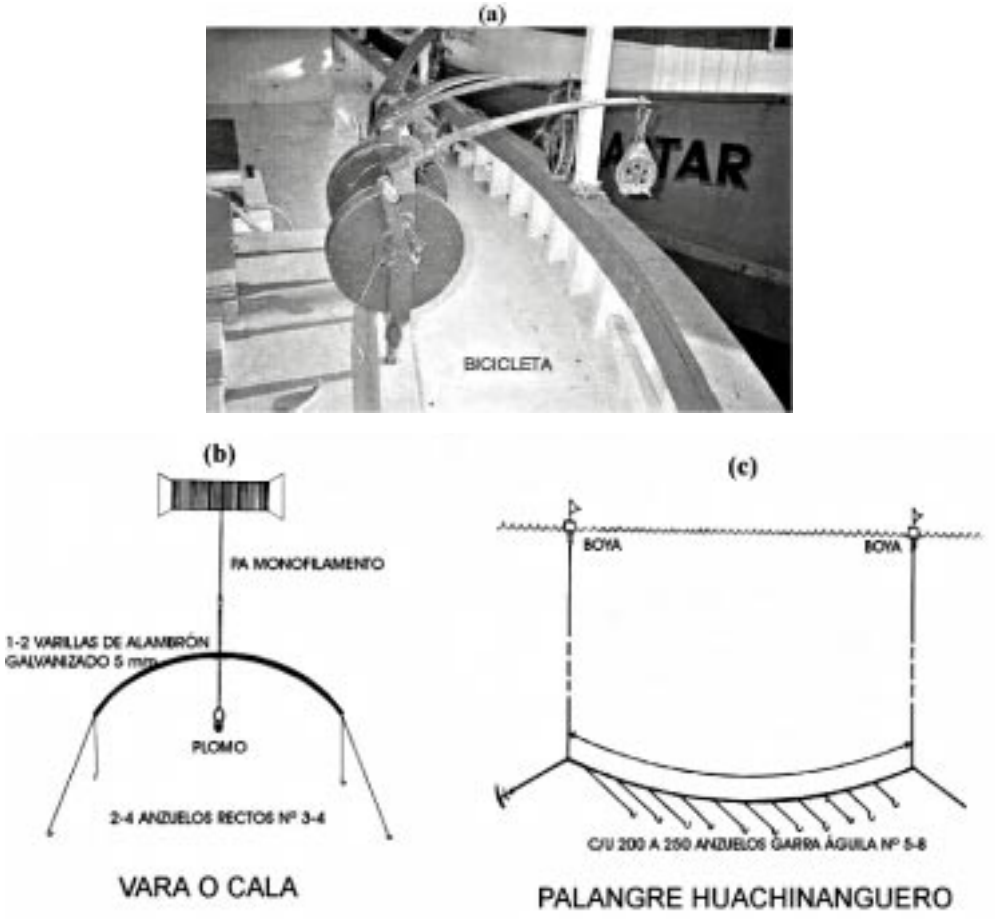


Fig. 2. Artes de pesca utilizados en la captura comercial de huachinango en el Golfo de México. (a) Bicicleta; (b) Vara o Cala y (c) Palangre Huachinanguero (b y c adaptados de Oviedo *et al.*, 1998).

dedicado a la búsqueda o a la captura de carnada. La duración de los viajes es de aproximadamente 17 días. Estas embarcaciones que dirigen su esfuerzo a la captura de huachinango operan sobre el Banco de Campeche, desplazándose a las diferentes zonas de pesca, entre las 20 y 80 brazas de profundidad.

En Campeche, Veracruz y Tamaulipas la tripulación está compuesta de dos a cuatro pescadores, y el tiempo de duración del viaje de pesca depende de la zona; en Campeche varía entre uno y tres días, mientras que en Veracruz y Tamaulipas varía entre ocho y 18 horas.

En cuanto a las embarcaciones cubanas, éstas funcionan como nodrizas de seis lanchas auxiliares y en ellas van dos pescadores: uno encarna el palangre y el otro pesca. La especie objetivo es el mero y su zona de operación la han mantenido en la parte oriental del Banco de Campeche, en profundidades mayores de 15 brazas; su cuota de captura incluye mero y huachinango.

▼ *Tendencias históricas*

La mayor proporción de la captura de huachinango en el Golfo de México es aportada por la flota yucateca. En la década de los setentas, ésta contribuyó aproximadamente con el 55%, Tamaulipas y Veracruz con el 19% cada uno y Campeche un 7%. En la década de los ochentas, Yucatán generó el 35% de la captura, Veracruz el 21%, Tamaulipas el 20%, Campeche el 14% y Tabasco un 10%; en la década de los noventas, Yucatán participó con el 32% de la captura total, Campeche 18%, Tabasco 20% y Veracruz y Tamaulipas con el 15% cada uno.

A partir de 1974 la captura de huachinango, sufrió una disminución hasta 1983; durante estos años se capturaron menos de 2,750 t, con un promedio de 1,874 t. A partir de 1984 y hasta 1999 se incrementó la captura por encima de las 3,400 t; con un promedio de 3,700 t y un máximo de 5,252 t en 1992. Estos cambios se ven reflejados en los diferentes estados. En gran medida, la baja en la captura durante la primera época (1974-1983), se debe a un desplome de ésta en Yucatán. La segunda etapa (1984-1999), se debe a la recuperación de la captura por la flota yucateca. Además, Campeche entre 1985 y 1995 capturó más de 500 t hasta registrar 1,749 t en 1992, siendo que tanto antes como después de este lapso sus capturas registraron menos de 250 t anuales. Las capturas de Veracruz y Tamaulipas presentan el mismo patrón de variación, con sus mayores capturas entre 1982 y 1987, después una baja entre 1988 y 1991, y de nuevo un repunte entre 1992 y 1999 (Figura 3).

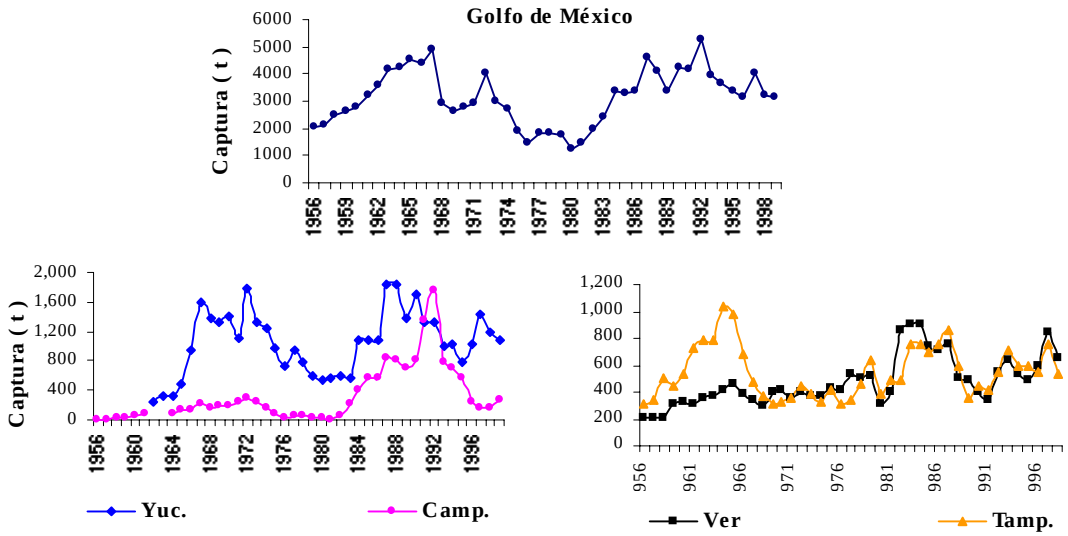


Fig. 3. Comportamiento histórico de las capturas de huachinango obtenidas en el Golfo de México de 1956 a 1999 (SEMARNAP Delegaciones Federales en el Golfo de México).

▼*Pesca incidental*

La pesquería de huachinango es multiespecífica; junto con *L. campechanus* se capturan otras especies: meros, pargos, esmedregales, tiburón-cazón y otros (Tabla 3). La proporción de cada una de ellas en la captura depende de la zona y arte de pesca utilizado. En general, actualmente las líneas capturan alrededor del 50% de huachinango, mientras que los palangres entre el 15 y 20%. Sin embargo, González y de la Rosa (1988) menciona que en el Banco de Campeche el 90% de la captura con línea (bicicleta) correspondía a huachinango, lo que significa que la proporción de la captura ha cambiado a través del tiempo.

Tabla 3. Especies asociadas más abundantes en la captura de huachinango (*Lutjanus campechanus*) en el Golfo de México.

Nombre científico	Nombre común	Familia	Región *
Caranx hippos	Jurel amarillo	Carangidae	V, C, T
Caranx latus	Jurel blanco	Carangidae	V
Seriola dumerili	Esmedregal	Carangidae	V, T
Seriola rivoliana	Esmedregal	Carangidae	V
Seriola zonata	Coronado, esmedregal	Carangidae	V
Carcharhinus brevipinna	Tiburón aleta negra	Carcharhinidae	V, T
Carcharhinus limbatus	Tiburón puntas negras	Carcharhinidae	V, T
Rhizoprionodon terraenovae	Cazón tripa	Carcharhinidae	V, T
Dasyatis americana	Raya	Dasyatidae	V
Haemulon plumieri	Boquilla, chac-chi	Haemulidae	Y, C, V, T
Lutjanus analis	Pargo criollo	Lutjanidae	Y, C, V
Lutjanus bucanella	Huachinango aleta negra	Lutjanidae	Y, C, V, T
Lutjanus cyanopterus	Cubera	Lutjanidae	Y, C, V, T
Lutjanus griseus	Pargo mulato, parguete, prieto	Lutjanidae	Y, C, V, T
Lutjanus jocu	Pargo perro, caballera	Lutjanidae	Y, C, V, T
Lutjanus synagris	Villajaiba, rubia	Lutjanidae	Y, C, V, T
Lutjanus vivanus	Huachinango ojo amarillo	Lutjanidae	Y, C, V, T
Ocyurus chrysurus	Canané, rubia	Lutjanidae	Y, C, V, T
Rhomboplites aurorubens	Besugo	Lutjanidae	C, V, T
Brotula barbata	Lengua, brotula, rótula	Ophidiidae	V,T
Raja texana	Raya	Rajidae	C, V, T
Euthynus alleteratus	Bonito	Scombridae	V, C,T
Thunnus albacares	Atún aleta amarilla	Scombridae	V, T
Epinephelus adscensionis	Cabrilla, payaso	Serranidae	Y, V, T
Epinephelus flavolimbatus	Cherna amarilla, extraviado	Serranidae	Y, V, T
Epinephelus morio	Mero rojo	Serranidae	Y, C, V
Epinephelus nigritus	Fiat, cherna negra	Serranidae	Y, V
Epinephelus niveatus	Cherna pinta	Serranidae	Y, C, V
Mycteroperca bonaci	Negrillo	Serranidae	Y, C, V
Mycteroperca phenax	Negrillo	Serranidae	C, V, T
Calamus bajonado	Mojarron, pluma	Sparidae	Y, C, V
Calamus leucosteus	pluma	Sparidae	V, T
Sphyrna lewini	Cornuda	Sphyrnidae	V
Squalus cubensis	Cázon bagre	Squalidae	V, T
Lagocephalus laevigatus	Conejo blanco	Tetraodontidae	V

* Y= Yucatán; C= Campeche; V= Veracruz; T= Tamaulipas

▼*Interacción con otras pesquerías*

El anzuelo “huachinanguero” que se utiliza en esta pesquería, es un arte de pesca no selectivo, por lo que durante las actividades de pesca se pueden capturar una gran variedad de especies de escama (Tabla 3).

La actividad pesquera basada en la captura de esta especie, se lleva a cabo a lo largo de todo el año. Sin embargo, un aspecto importante es que en Campeche y Yucatán la flota demersal, tanto artesanal como de mediana altura desvía su esfuerzo a la captura de pulpo del 1º de agosto al 15 de diciembre. Esto ha sido más notorio en los últimos años (Figura 4).

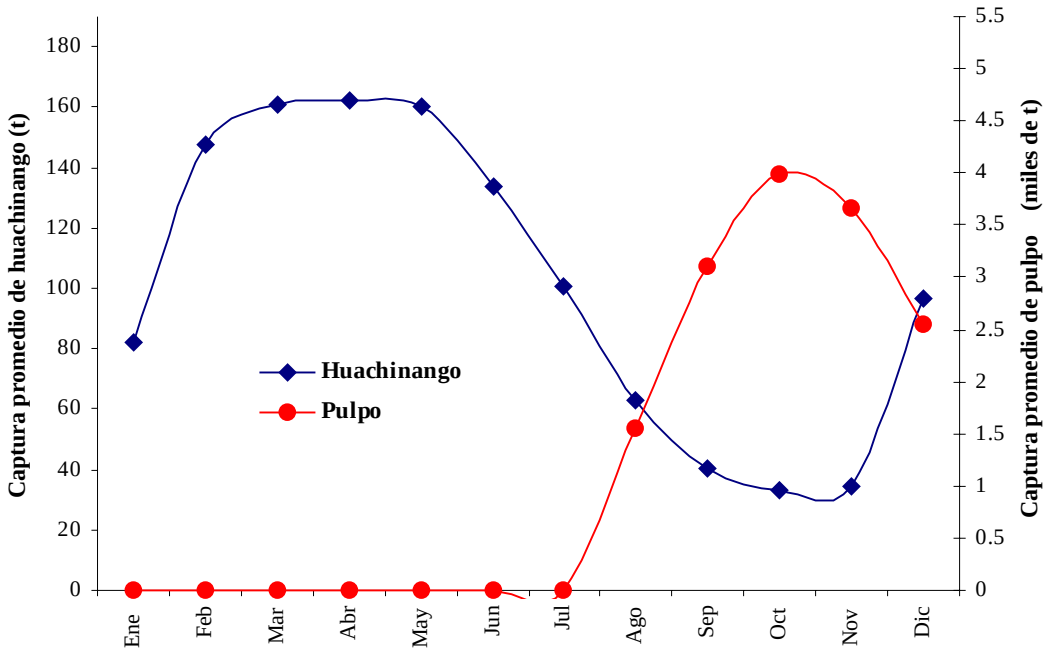


Fig. 4. Comportamiento mensual de la captura promedio de huachinango y pulpo registrada por la flota yucateca que opera en el Banco de Campeche de 1996 a 1998 (SEMARNAP Delegación Federal de Yucatán).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

Existen en Yucatán 58 plantas receptoras y/o procesadoras de productos marinos, de las cuales 23 sólo realizan procesos de tipo artesanal (centros de recepción en los puertos), mientras que 35 son congeladoras con una capacidad instalada promedio de 40 t/h (SEMARNAP, 2000). La mayor parte de las congeladoras se encuentran en el puerto de Progreso, que incluye el puerto de abrigo de Yucalpetén, Mérida y Celestún.

Las más importantes de las 35 plantas de procesamiento están certificadas por la Norma Oficial Mexicana NOM-128-SSA-1994, para el aseguramiento de la calidad de los productos de la pesca y acuicultura, lo que les permite exportar productos a EU, Europa y Asia. En general, estos productos se refieren a productos fresco-congelados y filete. En Veracruz y Tamaulipas no existe un proceso industrial para este recurso,

sólo se tienen centros receptores que cuentan principalmente con cámaras de enhielado, distribuidos en las diversas localidades a lo largo de toda la costa.

▼*Indicadores económicos*

Actualmente en Yucatán la producción total de huachinango se exporta a EU, mientras que en Campeche la mayor parte de la captura se distribuye en el mercado nacional del Distrito Federal, en centros turísticos y en localidades de Campeche y Cd. del Carmen, en donde se comercializa el huachinango de tallas menores. La presentación del producto para su venta es entero o en filete y su distribución en el territorio nacional es por vía terrestre y vía aérea hacia el extranjero. Para el caso de Veracruz y Tamaulipas, parte de la captura se exporta a los EU, y el resto se distribuye en el interior del país y en centros turísticos tanto del Golfo de México como del Pacífico. La presentación del producto para su venta es entero enhielado y su distribución en general es por vía terrestre.

La producción total de huachinango de Yucatán, se exporta a EU, mientras que en Campeche la mayor parte de la captura se comercializa en el Distrito Federal, en centros turísticos y en Campeche y Cd. del Carmen

En todo el Golfo el precio del producto varía de acuerdo a las diferentes tallas, y a la oferta y la demanda. Por ejemplo, en Veracruz a través de 1998 fluctuaron entre los 35 y los 55 pesos por kg (precio de playa). El precio de venta para exportación esta sujeto a la oferta y la demanda internacional. Así, cuando se agota la cuota asignada a la flota de EU, se alcanzan los mejores precios para el huachinango que se introduce de México. A partir de 1996, EU ha incrementado sus importaciones de “snappers” (pargos). México es uno de sus principales proveedores, lo cual incrementó sus exportaciones de 1,200 a 3,000 t. Esto significa que en los últimos años, entre el 74 y 87 % de la producción del Golfo de México se exporta con un precio promedio de 3.3 dólares/lb (Datos del National Marine Fisheries Center).

La relación más frecuente de trabajo y/o de intercambio de servicios entre los diversos actores del sector en la pesquería de huachinango se da cuando un permisionario o industrial le proporciona una embarcación a un patrón de barco o pescador en el caso de embarcaciones menores. Éstos se hacen cargo de los costos fijos (inversión inicial de la embarcación e instalaciones receptoras y/o procesadoras del producto) y variables (avituallamiento y anticipo) del viaje de pesca. El patrón a su vez está comprometido a entregar el producto en el centro de acopio del permisionario. En el pago del producto se le descuentan los gastos de avituallamiento y anticipo. Dentro de la embarcación a cada pescador se le lleva una cuenta de lo que va pescando durante el viaje; a ellos, el patrón les paga un precio por kilo de huachinango y a él se lo pagan a otro, ésta es la ganancia por ser el patrón. Los precios de venta al exterior obviamente son mayores aún, lo que permite a los permisionarios mantener trabajando las embarcaciones y la industria en general.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Para la explotación comercial de este recurso, los pescadores mexicanos deben de contar con un permiso de la SEMARNAP. Por su parte, los pescadores cubanos que operan en la Plataforma de la Península de Yucatán, se deben apegar a la normatividad del Acuerdo de Pesca México-Cuba firmado en 1976 que es revisado bianualmente.

La formación de la SEMARNAP, en 1994, como Secretaría encargada de la administración de la pesca, ha impulsado la creación de Comités de Pesca y Recursos Marinos, para que dentro de un marco plural se lleve a cabo un manejo de las pesquerías entre productores, gobierno y otros actores del sector. En Yucatán este foro de pesca se ha unido con el Comité para la Planeación del Desarrollo Estatal (COPLADE),

para que el Gobierno del Estado participe en la administración de los recursos, ya que el Presidente del Comité de Pesca es el Ejecutivo Estatal. Obviamente, este tipo de administración es novedoso y se ha topado con la falta de costumbre y de reglas claras de quiénes y cómo deben de participar dentro del Comité. Sin embargo, se han dado discusiones interesantes y muy participativas que han generado acciones como por ejemplo, el cambio en la talla mínima para la captura de langosta y el establecimiento de cuotas máximas en la administración del pulpo. En 1999 se tuvieron reuniones para presentar los resultados de las evaluaciones de mero y proponer medidas regulatorias que puedan ayudar a mejorar el estado del recurso. Esta discusión está en una primera etapa ya que hay gran cantidad de opiniones que consensar para incluirlas en la Norma Oficial Mexicana para escama.

La SEMARNAP, ha impulsado la creación de Comités de Pesca y Recursos Marinos, para que dentro de un marco plural se lleve a cabo un manejo de las pesquerías entre productores, gobierno y demás actores del sector

El Convenio de pesca establecido con la República de Cuba, asigna a este país una cuota de captura de escama dentro de la ZEE de México. Esta cuota se actualiza cada dos años como resultado de las investigaciones científicas que realizan en forma conjunta ambos países. La cuota asignada en 1999 fue de 1,500 t para mero, huachinango y especies afines y 350 t para sierra y serrucho.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Tomando en consideración el comportamiento de *Lutjanus campechanus* y su pesquería en el Golfo de México, se hace una separación geográfica, en dos zonas: el Banco de Campeche y Veracruz-Tamaulipas.

Para la zona de Veracruz-Tamaulipas, la información que se tiene es insuficiente para aplicar algún modelo de evaluación, por lo que el análisis cuantitativo corresponde únicamente al Banco de Campeche. La información de Yucatán y Campeche permitió la aplicación de un modelo de biomasa dinámico, de producción excedente. La información proviene del esfuerzo ejercido por estas flotas, que en los últimos 38 años han participado en la explotación del recurso. Además, se cuenta con las series de las capturas de ambas flotas entre 1962 a 1999 y con una serie histórica de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la flota yucateca de 1984 a 1999.

▼ *Modelo*

Para evaluar el estado actual de la pesquería en el Banco de Campeche y simular algunas estrategias de manejo, se utilizó un modelo matemático no-lineal y dinámico, en tiempos discretos, propuesto por Punt y Hilborn (1996).

- **Supuestos del Modelo**

El modelo asume que los cambios en el tamaño de la población son causados por la interacción entre factores, como el crecimiento, el reclutamiento de juveniles que migran a los campos de pesca, además de la mortalidad natural y por pesca. La magnitud de este efecto depende de factores como: la estructura de tallas y por edades de la población, variaciones ambientales, patrones espaciales de densidad a través de los campos de pesca y la biomasa histórica y actual de la población.

El supuesto fundamental del modelo es que los efectos de los factores de crecimiento, mortalidad natural y reproducción, pueden ser incorporados en una sola función y ésta proporciona un sólo valor del tamaño del stock. De esta forma la función de biomasa determina el efecto neto en la combinación de estos

factores a un tamaño particular del stock. Se asume que el cambio en el tamaño de la población de un año a otro es la diferencia entre la biomasa y la captura generada por la pesquería.

- **Planteamiento**

El modelo propuesto por Punt y Hilborn (1996) es de la siguiente forma:

$$B_{t+1} = B_t + g(B_t) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

$$I_t = qB_t e^{\eta t} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

B_t = biomasa explotable al empezar el tiempo t
C_t = captura en el tiempo t
q = coeficiente de capturabilidad
I_t = índice de abundancia relativa en el tiempo t (CPUE)
ηt = error de observación en el tiempo t
$g(B_t)$ = función de la biomasa o del crecimiento poblacional, que en este caso toma la forma del modelo logístico o de Schaefer (1954):

$$g\left(B_t\right) = rB_t * \left(1 - \frac{B_t}{K}\right) \quad \text{.....(3)}$$

donde:

B = biomasa actual
r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional
K = promedio de la biomasa en equilibrio sin explotar (capacidad de carga)

- **Modelo dinámico**

Para el ajuste del modelo, se consideró un estimador de error de observación (Butterworth y Andrew, 1984; Ludwig y Walters, 1985; Walters, 1986), que asume que el modelo de la población es determinístico y que el error ocurre entre la relación de la biomasa del stock y el índice de abundancia. El error en el modelo observacional se considera que es multiplicativo, con una distribución log-normal ($I_t = q\, B_t\, e^{\eta t}$, $\eta \approx N(0;\sigma^2)$).

La serie de tiempo de la biomasa del stock es proyectada a partir de la serie histórica de captura, empezando con una biomasa inicial (Bo). Los parámetros del modelo (Bo, r y K) se obtuvieron minimizando una función de verosimilitud:

$$L\left(Bo,r,K \middle| datos\right) = \Pi \exp\left[-\frac{\hat{\upsilon}_t^2}{2\sigma_\upsilon^2}\right] * \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\upsilon^2}}\right] \quad \text{.....(4)}$$

donde el producto es sobre todos los años para los cuales existan datos disponibles de la CPUE, y

$$\hat{\upsilon}_t = \ln\left(CPUE_{obs}\right)_t - \ln\left(CPUE_{est}\right)_t \quad \text{.....(5)}$$

$$\hat{\sigma}_{\upsilon}^{2} = \sum \frac{\hat{\upsilon}_{t}^{2}}{n} \quad \text{.....(6)}$$

$$CPUE_{est} = \hat{q}\,\hat{B}_{t} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

L = verosimilitud
π = 3.1416
$CPUE$ = captura por unidad de esfuerzo observada y estimada de la flota de Progreso, Yucatán

El coeficiente de capturabilidad q es estimado analíticamente de la siguiente forma:

$$\hat{q} = \exp\left[\frac{1}{n}\sum_{t} \ln \frac{CPUE_{obs,t}}{\hat{B}_{t}}\right] \quad \text{.....(8)}$$

donde:

n = tamaño de la serie de CPUE

- **Incertidumbre en la estimación de parámetros**

  - **Intervalos de confianza**

Para cuantificar la incertidumbre asociada en la estimación de los parámetros (Bo, r y K), se estimaron intervalos de confianza. Para este propósito se utilizó la prueba de la razón de las verosimilitudes mediante perfiles de verosimilitud, (Hilborn y Mangel, 1997), utilizando la mínima verosimilitud negativa para comparar, con la verosimilitud de cada uno de los otros, probables valores del parámetro como sigue:

$$2\left[L\left\{y\middle|p=\tilde{\tilde{p}}\right\} - L\left\{y\middle|p=\hat{p}\right\}\right] \leq x^{2}_{1,1-\alpha} \quad \text{.....(9)}$$

$$L(\ y\,|\,p=\hat{p}\ ) \quad \text{.....(10)}$$

$$L\left(y\middle|p=\tilde{\tilde{p}}\right) \quad \text{.....(11)}$$

$$\chi^{2}_{1,1-\alpha} \quad \text{.....(12)}$$

donde:

- La ecuación 10: es el logaritmo de la verosimilitud negativa que corresponde a la estimación de máxima verosimilitud.

- La ecuación 11: es el posible mínimo valor del logaritmo de la verosimilitud negativa. Cuando es fijado.

$$p \approx \tilde{p}$$

- La ecuación 12: es el valor de la distribución chi-quadrada, con un grado de libertad e intervalo de confianza de 1-α. Esto es, el intervalo de confianza del 95% de p, para los cuales es dos veces la diferencia entre el negativo del logaritmo más probable y el negativo del logaritmo correspondiente a la máxima verosimilitud estimada que es menor a 3.84.

- Análisis de riesgo

De la forma ya mencionada se ajustó el modelo hasta el año de 1999, y a partir de entonces se hicieron proyecciones para analizar el comportamiento de la biomasa del stock ante diferentes estrategias de manejo. Para ello se consideró un intervalo de tiempo de simulación de 12 años a corto, mediano y largo plazo.

Para mostrar el impacto de las medidas de regulación y las consecuencias de tomar decisiones basadas en las estrategias y métodos aquí planteados, se hizo un análisis de Monte Carlo, para expresar el riesgo en términos probabilísticos. Para este análisis sólo fue considerada la biomasa inicial (Bo) como fuente de incertidumbre, con una distribución Normal, con una media de 32,750 t y desviación estándar de 1,803 t. Se realizaron 500 corridas para cada estrategia de manejo.

La variable de desempeño considerada en el análisis de riesgo fue el estimaado de la biomasa y tasa de explotación en el corto, mediano y largo plazo (2002, 2005 y 2011, respectivamente).

▼ *Estado actual de la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche*

- ***Resultados del Modelo***

Se estimaron parámetros de manejo de la pesquería, derivados de los parámetros K, r y q como son el máximo rendimiento sostenible (MRS) y el esfuerzo en el máximo rendimiento sostenible (EMRS) (Tabla 4). Se estimaron intervalos de confianza, para cuantificar la incertidumbre asociada a los parámetros de entrada al modelo.

El modelo se ajustó hasta el año de 1999, con la Captura por Unidad de Esfuerzo (Figura 5). Lal CPUE de la flota yucateca se reporta en kg de huachinango/viaje de pesca. La tendencia de este índice de abundancia relativa de la población, es a la baja. Durante el período de 1984 a 1987 se registró una CPUE promedio de 1,183 kg de huachinango/viaje, mientras que de 1988 a 1999 la CPUE promedio fue de 713 kg de huachinango/viaje. Esto indica que entre 1984 a 1999 la biomasa del stock ha caído aproximadamente el 44% (Fig. 5)

Los resultados del modelo indican una tendencia decreciente de la biomasa a través del tiempo (Fig. 5). El valor estimado para la biomasa inicial (1984) fue de 33,740 t y para 1999 de 17,150 t. Esto significa que en los últimos 16 años la biomasa presentó un decremento alrededor del 49.2%. Hay que mencionar que la

Tabla 4. Estimaciones de los parámetros poblacionales y de manejo y sus intervalos de confianza al 95%.

Parámetro	Valor estimado	Límite inferior	Límite superior
Biomasa inicial (*Bo*)	33,740 t	30,000 t	35,500 t
Capacidad de carga (*K*)	32,258 t	28,500 t	46,000 t
Tasa de crecimiento poblacional (*r*)	0.158	0.078	0.175
Coeficiente de capturabilidad (*q*)	3.6E-05		
Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)	1,271 t / año	850 t / año	1,425 t / año
Esfuerzo en el Máximo Rendimiento Sostenible (EMRS)	2,191 viajes / año		

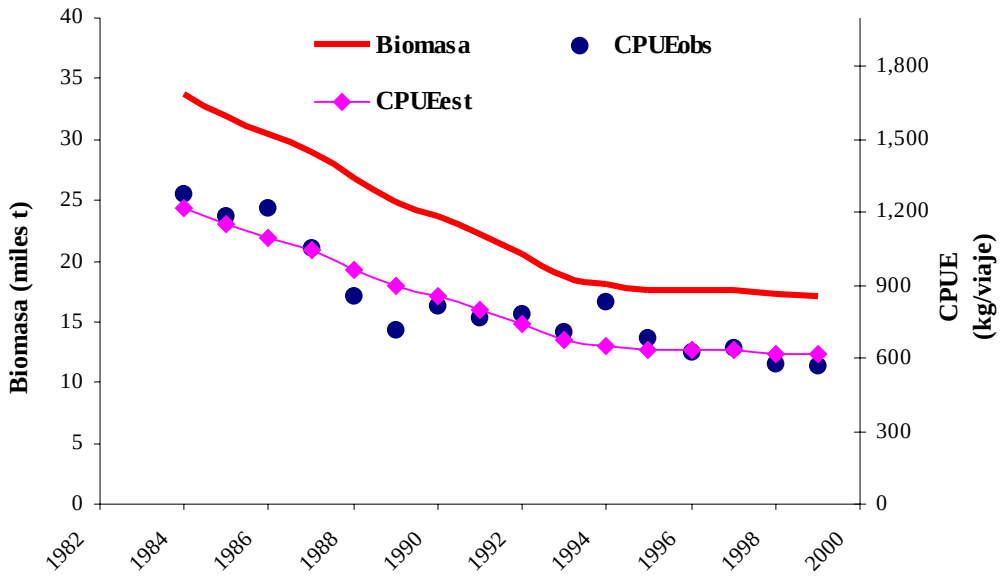


Fig. 5. Comportamiento de la biomasa del stock de huachinango (*Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche e índice de la abundancia relativa (CPUE) observados y estimados por el modelo.

serie histórica de la captura (1984 a 1999) siempre excedió el MRS y por consecuencia la biomasa y la tasa de captura presentan un decremento sobre este período de tiempo.

De acuerdo a las estimaciones del modelo, la tasa de explotación (u) se incrementó de 0.044 hasta 0.150 en 1992, año en que se registró una captura de 3,083 t. De ésta, la flota yucateca capturó 1,334 t y la flota del estado de Campeche 1,749 t. Esto significa que ambas flotas capturaron, en 1992, 1,850 t por arriba del MRS. Para los últimos 5 años se estimó un valor promedio de la tasa de explotación de 0.079, con una captura promedio de 1,384 t y alrededor de 150 t por arriba del MRS.

- **Puntos de Referencia**

Un aspecto importante es proponer indicadores (Puntos de Referencia) que permitan a los administradores tener una medida de cómo se encuentra el stock para adoptar alternativas de manejo, según las preferencias u objetivos que se desean alcanzar.

El establecer puntos de referencia objetivvo (PRO) o puntos de referencia límite (PRL) no sólo responde a objetivos biológicos, también debe considerarse aspectos socioeconómicos. Los PRL se establecen con un enfoque precautorio, de conservación del stock y sustentabilidad de la pesquería. Para proponer las estrategias de manejo de esta pesquería, se establecieron dos Puntos de Referencia Límite: a) contrastar la biomasa actual y futura del stock con la biomasa inicial (riesgo del stock) de manera que la biomasa se mantenga por arriba del nivel de Bo/2, y b) mantener el Máximo Rendimiento Sostenible (riesgo de la pesquería), en donde la tasa de explotación no sea mayor a u_{MRS}.

El criterio biológico para mantener la biomasa del stock considera que ésta debe permanecer por arriba de un límite que permita la renovación de la población. Caddy y Mahon (1995) recomiendan que intervalos entre el 20 y 50% de la biomasa inicial pueden ser tomados como PRL. En esta pesquería, se considera un valor precautorio como PRL, que el stock no baje del 50% de la biomasa inicial. En este caso, la biomasa considerada inicial es la estimada por el modelo en 1984, que es alrededor de 33,740 t por lo que la biomasa actual debería estar por arriba de las 16,870 t en 1999.

Otro de los criterios es que el rendimiento de la pesquería se mantenga en el MRS (1,271t $año^{-1}$). Para ello se propone que la tasa de explotación no sea mayor a 0.079 $año^{-1}$ (u_{MRS}) ya que, como lo mencionan Caddy y Mahon (1995), tasas de mortalidad por pesca significativamente más bajas que F_{MRS} resultan más favorables, tanto económica como ecológicamente para la industria y los recursos pesqueros.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Los resultados de la evaluación indican que la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche se encuentra ligeramente por arriba de su máximo rendimiento sostenible y de continuar pescando en estos niveles, se ocasionará un deterioro de la biomasa, que puede llevar a una sobreexplotación del recurso. Por lo que se sugiere establecer todas las medidas pertinentes para que el stock y la pesquería se mantengan en niveles que no sobrepasen los PRL.

Los resultados de la evaluación indican que la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche se encuentra ligeramente por arriba de su máximo rendimiento sostenible y de continuar pescando en estos niveles, se ocasionará un deterioro de la biomasa

En este caso, es deseable incrementar la biomasa del stock y mantener el rendimiento de la pesquería en el MRS. Para ello se plantearon tres alternativas de manejo, basadas en tres diferentes cuotas de captura.

- Mantener la captura promedio de los últimos cinco años, que equivale a una cuota de captura de 1,384 t/año.
- Disminuir 20% la captura promedio de los últimos cinco años, que equivale a una cuota de captura de 1,117 t/año.
- Incrementar 20% la captura promedio de los últimos cinco años, que equivale a proponer una cuota de captura de 1,661 t/año.

Se proyectó el efecto que tendría el comportamiento dinámico de la biomasa y la tasa de explotación en un intervalo de tiempo de 12 años, al aplicarse cualquiera de estas estrategias de manejo (Figuras 6 y 7).

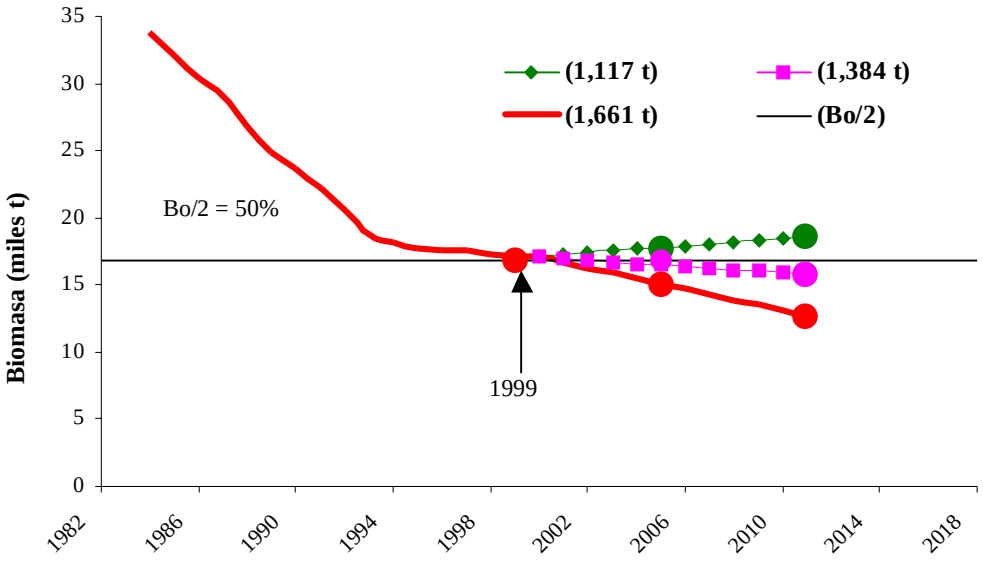


Fig. 6. Comportamiento y proyecciones de la dinámica de la biomasa del stock de huachinango *(Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche, ante diferentes cuotas de captura.

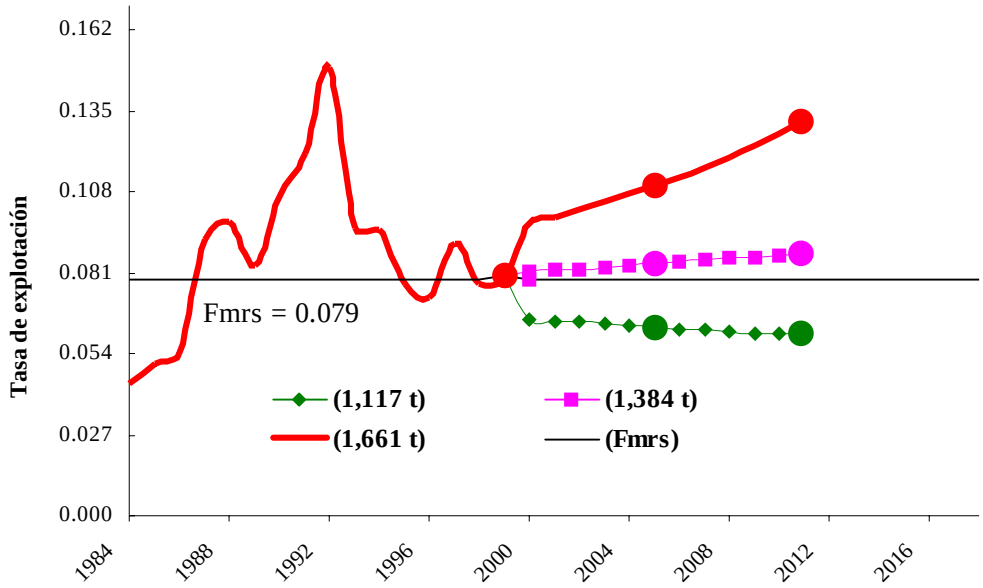


Fig. 7. Comportamiento y proyecciones de la tasa de explotación de la pesqueria de huachinango *(Lutjanus campechanus*), en el Banco de Campeche, ante diferentes cuotas de captura.

Los resultados del análisis de riesgo indican lo siguiente:

La primera propuesta de manejo, de una cuota de captura de 1,117 t, presentó una baja probabilidad de alcanzar el PRL de una biomasa igual o menor a las 16,870 t (riesgo del stock), tanto a mediano como a largo plazo. Las otras estrategias de manejo de una cuota de captura de 1,354 y 1,661 t mostraron mayor riesgo de alcanzar el PRL, con una probabilidad entre 0.68 a 1 y de 0.93 a 1 respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de riesgo de la pesquería de huachinango en el Banco de Campeche como la probabilidad de alcanzar los PRL, ante diferentes medidas de regulación en el corto, mediano y largo plazo (2002, 2005 y 2011).

Estrategias Cuotas de captura	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (16,870 t)	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (16,870 t)	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (16,870 t)
	(2002)	**(2005)**	**(2011)**
1,117	0.36	0.14	0.02
1,384	0.68	0.86	1.00
1,661	0.93	1.00	1.00

Estrategias Cuotas de captura	**Probabilidad PRL ≤** u_{MRS} (0.079)	**Probabilidad PRL ≤** u_{MRS} (0.079)	**Probabilidad PRL ≤** u_{MRS} (0.079)
	(2002)	**(2005)**	**(2011)**
1,117	0.00	0.00	0.00
1,384	0.96	1.00	1.00
1,661	1.00	1.00	1.00

En cuanto a la probabilidad de alcanzar el PRL, de que la tasa de explotación sea mayor a u_{MRS}= 0.079/ año, la cuota de captura de 1,117 t en el corto, mediano y largo plazo, presentó una probabilidad cero de alcanzar este PRL. En cuanto a las cuotas de captura de 1,384 y 1,661 t, existe una probabilidad de 0.96 a 1.00 de estar por arriba del PRL a lo largo del tiempo de simulación (Tabla 5). Esto indica que mantener una tasa de explotación menor de 0.079, es una estrategia precautoria que ayudaría a la pesquería a mantenerse en el máximo rendimiento sostenible.

• Implicaciones en el manejo

La baja en la abundancia de la población se refleja en una caída paulatina en el rendimiento de la pesquería a partir de 1993, tanto de la flotas de Yucatán como de Campeche. La captura de la flota yucateca se realiza en zonas donde se distribuyen los organismos adultos. Actualmente en el estado de Yucatán se esperan tiempos difíciles para la actividad pesquera. La flota mayor, que se mantiene activa por la combinación de la captura de mero, huachinango y otras especies como pargos, coronado, mojarrones, cazones y pulpo, presenta un márgen de ganancias. Sin embargo, es obvio que existe una sobrecapilazación, ya que en 1999 de las 598 embarcaciones con permiso para pesca de escama, se registró un promedio de 308 viajes mensuales, que equivale a que sólo el 52 % de la flota estuvo activa.

La baja en la abundancia de la población se refleja en una caída paulatina en el rendimiento de la pesquería a partir de 1993, tanto de la flotas de Yucatán como de Campeche

Respecto a la captura de las flotas de Campeche, y principalmente a la de la flota camaronera (captura una gran cantidad de juveniles de huachinango), ya que estos se distribuyen en las mismas zonas donde habita el crustáceo, se ha propuesto introducir excluidores de peces que tiene como fin la reducción de la captura de la fauna de acompañamiento. En Estados Unidos, para el manejo de esta especie se han aplicado diferentes estrategias como son: talla mínima, cuotas de captura, vedas y áreas restringidas (Goodyear, 1995).

El esfuerzo de la flota menor se mantiene debido a que por la lejanía de la zona de pesca se requiere de instrumentos de navegación y ecodetección. Sin embargo, existe un nuevo sistema de operación de pesca que incrementa la eficiencia de captura. Consiste en la creación de caladeros artificiales, en donde se agrega el recurso, el cual es rodeado con red de cerco para luego utilizar el arpón para su captura, arte de pesca no autorizado en el Golfo de México. Debe hacerse un seguimiento para determinar el efecto de este método de pesca sobre la población de huachinango, para evitar un daño irreversible.

Aún cuando la captura en Veracruz y Tamaulipas tiende ligeramente al incremento, no se cuenta con elementos suficientes para evaluar el stock. Por lo tanto es importante tomar medidas precautorias y no aumentar el esfuerzo a fin de evitar una posible sobreexplotación del mismo.

Un problema a resolver es la determinación del esfuerzo que se aplica por la flota ribereña sobre este recurso, siendo difícil de cuantificar debido a que los permisos de pesca se dan en general para escama y amparan más de una embarcación y éstas se usan de manera indistinta para las diferentes pesquerías.

En México, y en particular dentro de la Sonda de Campeche, es probable que en la medida que el esfuerzo ejercido por la flota camaronera se contraiga, además de la salida de los barcos arrastreros que trabajaban dentro de la plataforma, se permitirá que los juveniles lleguen a tallas mayores, beneficiándose la flota yucateca a mediano plazo y probablemente se presente una recuperación en la población.

Campos de colaboración

Sería conveniente que el Comité de Pesca y Recursos Marinos se implemente en todos los estados del Golfo de México, para trabajar en forma conjunta y ordenar adecuadamente la pesquería de huachinango, además de otros recursos pesqueros.

REFERENCIAS

Beaumariage & Bullock 1976. Biological research on snappers and groupers as related to fishery management requirements. *En:* Bullis & Jones. (eds). Proceedings: Colloquium on snapper-groupper fishery resources of the Western Central Atlantic Ocean 1976. Florida Sea Grant Prog. Report. 17:86-94.

Bradley, E. & C. E. Bryan. 1974. Life history and Fishery of the red snapper (*Lutjanus campechanus)* in the northwestern Gulf of Mexico: 1970-1974. Proc. 27th Ann. Sess. Gulf and Carib. Fish. Inst., pp. 77-106.

Butterworth, D. S. & P. A. Andrew. 1984. Dynamic catch-effort models for the hake stocks in ICSEAF Divisions 1.3 to 2.2. Colln Scient. Pap. Int. Commn SE. Atl. Fish. 11(1):29-58.

Caddy, J. F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Paper 347. 1-83.

Camber, I. C. 1955. A survey of the red snapper fishery of the Gulf of Mexico, with special reference to the Campeche Bank. Tech. Ser. Fla. St. Bd. Conserv. 12: 1-64.

Collins, A., A.G.Johnson & C.P.Keim. 1996. Spawning and fecundity of the red snapper, *Lutjanus campechanus*, from the Northeastern Gulf of Mèxico. 174-188 pp. *En:* Arreguín-Sánchez F. , J. L. Munro, M.C. Balghos & D. Pauly. (eds). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Con. Proc 48: 174-188.

Futch, B. R. & J. M. Bruger. 1976. Age, growth and reproduction of red snapper in Florida waters. *En:* Bullis & Jones. (eds). Proceedings: Colloquium on snapper-groupper fishery resources of the Western Central Atlantic Ocean 1976. Florida. Sea Grant Prog. Report. 17:165-184.

Goodyear, C.P. 1995. Red snapper in U.S. waters of the Gulf of Mexico. National Marine Fisheries service, Southeast Fisheries Sience Center, Miami Laboratory, Miami MIAC95/96-05.

González y de la Rosa, M. E. 1988. Estudio de la pesquería de Huachinango (*Lutjanus campechanus* Poey) del Banco de Campeche. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida, IPN. México.

González y de la Rosa, M. E., J. Sánchez & C. Leonce Valencia. 1992. Edad y crecimiento del huachinango del Golfo (*Lutjanus campechanus* Poey) del Banco de Campeche. Informe de Investigación SEPESCA. INP. CRIP Yucalpetén-IPN. CINVESTAV-Unidad Mérida. (inédito).

González y de la Rosa, M. E. & C. Ré Regis. 1995. Aspectos reproductivos de *Lutjanus campechanus* Poey. Campeche, México. CRIP Lerma. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

González y de la Rosa, M. E., J. A. Sánchez & G. Mexicano-Cíntora. 1997. Lutjánidos de Importancia Comercial del Golfo y Caribe. *En:* Flores-Hernández D., P. Sánchez-Gil, J. C. Seijo & F. Arreguín-Sánchez. (eds). Análisis y diagnóstico de los recursos pesqueros críticos del Golfo de México. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX Serie Científica 7: 289-305.

Hernández-Tabares, I., C. Quiroga-Brahms, A. Valdez-Guzmán, & N. García-Hernández. 1998. Estudio de las pesquerías de peces ribereños del estado de Veracruz, 1997. CRIP Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Hernández-Tabares, I., A. Valdez-Guzmán, C. Quiroga-Brahms & R.C. Martínez-Portugal, 1999. Estudio de las pesquerías de peces ribereños del estado de Veracruz: Huachinango, 1998. CRIP Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective. Confronting models with data. Princeton University Press. 315 pp.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment and management: choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. New York. 570 pp.

Klima, F.E. 1976. Snapper and grouper resources of the Western Central Atlantic Ocean. Proceedings Colloquium on snapper-groupper fishery resources of the Western Central Atlantic Ocean 1976. Florida. Sea Grant Prog. Report 17:41-76.

Leonce-Valencia, C. 1995. Determinación de la edad y crecimiento del Huachinango de Castilla, *Lutjanus campechanus,* en el Banco de Campeche (México) por métodos directos e indirectos. Tesis de Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida. IPN. México.

Ludwig, D. & C. J. Walters. 1985. Are age-structured models appropriate for catch-effort data? Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1066-1072.

Monroy G. C., R. Burgos, M.E.González y de la Rosa & M.Garduño.1996. Analyses of Catch-per-Effort data for Red Snapper on Campeche Bank in 1992. 350-354 pp. *En*: Arreguín-Sánchez F., J. L. Munro, M.C. Balghos & D. Pauly. (eds). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers. ICLARM Con. Proc 48:350-354.

Moseley, F. N. 1966. Biology of the red snapper, *Lutjanus* aya (Bloch), of the Northwestern Gulf of México. Publ. Inst. Mar. Sc. Univ. Tex. 11:90-101.

Nelson, R.S. & C. S. Manooch III. 1982. Growth and mortality of red snapper in the West-Central Atlantic Ocean And Northern Gulf of Mexico. N.M. F.S. North Carolina. Trans. Amer. Fish. Soc. 111:465-475.

Nelson, R.S., C. S. Manooch III & D. L. Mason. 1985. Ecological effects of energy development on reef fish of the Texas Flower Garden Banks: Reef fish bioprofiles. Draft final report of work unit.

NOAA. 1985. Gulf of Mexico coastal and ocean zones assessment: Data Atlas. US Department of Commerce. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. December, 1985.

Oviedo-Perez, J.L., E. Vargas-Molinar, E. R. Cruz Suarez, C. A. Severino-Hernández & F. Escudero-Gonzalez. 1998. Cátalogo de artes de pesca ribereña de la zona centro del estado de Veracruz. CRIP Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Punt, A. E. & R. Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. User's manual. FAO. Computarized Information Series. Fish. FAO 10:1-62.

Rabalais, N.N., S.C. Rabalais & C.R. Arnold, 1980. Description of eggs an larvae of laboratory reared red snapper (*Lutjanus campechanus*). Copeia, 1980:704-708.

Rivas, L. R. 1966. Review of the *Lutjanus campechanus* complex of red snappers. Quart. J. Fla. Acad. Sci. 29 (2):122.

Roe, B. W. 1976. Distribution of snappers and groupers in the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, as determined from exploratory fishing data. Proceedings Colloquium on snapper and grouper fishery resources of the western central Atlantic Ocean. Florida. Sea Grant Prog. Report 17:129-164.

Rodríguez, C. H. 1992. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del huachinango *Lutjanus campechanus* (Poey, 1960), en las costas del sur de Tamaulipas, México. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Ciudad Victoria Tamaulipas. México.

Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm. 1:27-56.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México.

Vega-Cendejas, M. E., M. Hernández & G. de la Cruz. 1997. Los peces de la reserva de Celestún. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Unidad Mérida del I.P.N. y Pronatura Península de Yucatán, A.C.

Walters, C. J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan, NewYork.

lisa
lisa
lebrancha
lisa
lebrancha
L
lebrancha
i
del Golfo
lebrancha
S
lisa
lisa
a
del Golfo
lisa
de México

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE LISA DEL GOLFO DE MÉXICO

ESPECIES: Lisa *(Mugil cephalus)* y lebrancha *(M. curema).*

- La pesca se realiza utilizando embarcaciones menores y redes agalleras de 2 a 3.75 pulgadas de luz de malla.
- Ocupan un lugar preponderante en la captura de lagunas costeras. En la Laguna Madre es una de las mas importantes después del camarón
- Son especies migratorias que se capturan durante su corrida.
- Su captura se realiza con redes de enmalle con luz de malla de dos a 3.75 pulgadas.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1988 (lisa en Laguna Madre): 5,194 t. (MÁXIMO HISTÓRICO)
- Captura 1998 (lisa en Laguna Madre): En disminución, con 2,250 t. (43% del máximo histórico).
- Captura en 1997 (lisa en Laguna de Tamiahua): 987 t. (MÁXIMO HISTÓRICO)
- Captura 1998 (lisa en Laguna de Tamiahua): En disminución, con 599 t. (60% del máximo histórico).
- **TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO**
- Modelo dinámico de biomasa Schaeffer)

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Deteriorado, se requiere de una estrategia de recuperación.

MEDIDAS DE MANEJO

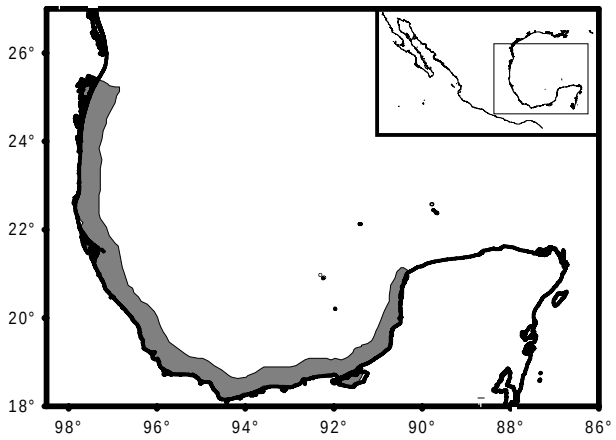
- Talla mínima de captura, luz de malla y veda en Tamaulipas y norte de Veracruz. Ampliar la veda, del 1° de diciembre al 29 de febrero (NOM-0016-PESC-1994). Se sugiere incrementar la talla de primera captura a 33 cm de longitud total. No incrementar el esfuerzo pesquero.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir a los individuos en las capturas alcanzar la talla de primera madurez..

Lisa y lebrancha del Golfo de México

Mugil cephalus
M. curema



La pesquería:

Importancia

La pesquería de lisa, igual que la lebrancha, es una actividad a la cual se han dedicado una gran cantidad de habitantes ribereños en las lagunas, ríos y esteros de una amplia zona de costa de los estados de Tamaulipas y de Veracruz, principalmente por la gran demanda nacional como internacional de su gónada. A nivel nacional el 76% de la captura de lisa proviene de Tamaulipas, el 17% de Veracruz y el 7% de Campeche, mientras que de lebrancha el 94% proviene de Veracruz, el 4% de Tamaulipas y el 2% de Campeche (Fig. 1).

La lisa y lebrancha tienen una gran demanda en el ámbito nacional e internacional por su gónada

Estos recursos han ocupado un lugar preponderante en las capturas de las lagunas costeras, teniendo en los últimos 10 años (90-99) una captura promedio anual de lisa de 3,684 t y de lebrancha de 181 t en Tamaulipas; y en Veracruz 743 t de lisa y 3,467 t de lebrancha.

En la zona norte de Tamaulipas, en la Laguna Madre, se pesca principalmente lisa ya que la captura de lebrancha es mínima y la utilizan sólo como carnada. En el sur del estado y en el norte de Veracruz, se pesca lisa con un 66% y lebrancha con un 34% en la laguna San Andrés, y 15% de lisa y 85% de lebrancha en la laguna de Tamiahua.

Ambas especies presentan morfología, hábitos tróficos y espacios ambientales semejantes. Así mismo, sus movimientos reproductivos son similares, con la variante de una corrida diferente: la lisa en mayor proporción en noviembre y diciembre y la lebrancha en febrero y marzo. En esas migraciones se desplazan en cardúmenes de las lagunas hacia el mar, donde se efectúa el desove. La temporada de reproducción es crítica para ambas especies, por su gónada "hueva" valiosa y porque son muy vulnerables a la pesca.

Ambas especies presentan morfología, hábitos tróficos y espacios ambientales semejantes. Así mismo, sus movimientos reproductivos son similares, con la variante de una corrida diferente

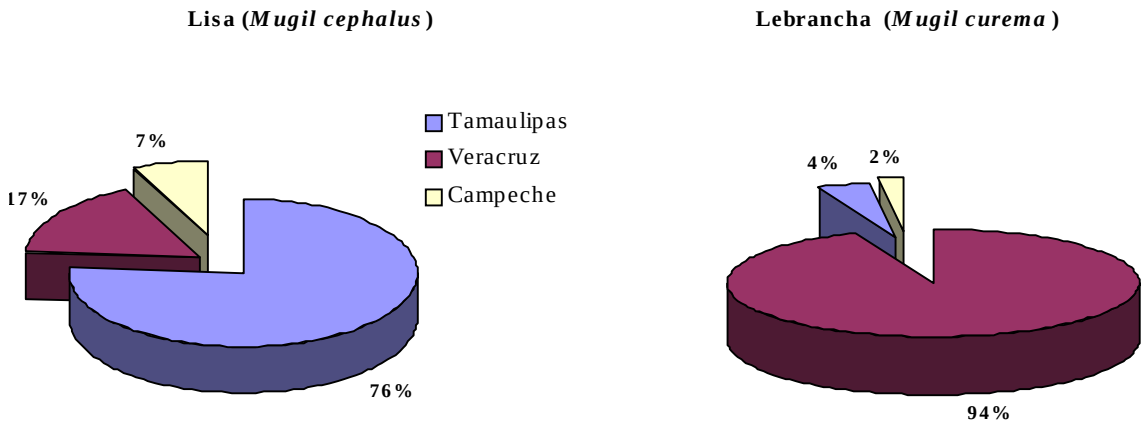


Fig. 1. Proporción promedio de la captura de lisa y lebrancha a nivel nacional, 1990-1999.

Después del camarón, en la Laguna Madre la pesquería de lisa es una de las más importantes, pues su captura (jul-dic) se realiza después que ha pasado la temporada del camarón (mar-jun). Al iniciarse la pesca del camarón aumenta considerablemente el número de pescadores provenientes de Tamaulipas y Veracruz, permaneciendo hasta el mes de julio. Posteriormente algunos regresan a sus localidades, pero se suman otros que llegan para la pesquería de la lisa, de septiembre a diciembre.

Después de la pesquería del camarón en la Laguna Madre, la pesquería de lisa es una de las más importantes, pues su temporalidad de captura (jul-dic) esdespués que ha pasado la del camarón (mar-jun)

BIOLOGÍA

Zárate (1987) propone la siguiente ubicación taxónomica:

PHYLUM	Chordata	
SUBPHYLUM	Vertebrata	
SUPERCLASE	Gnathostomata	
SERIE	Pisces	
CLASE	Teleostomi	
SUBCLASE	Actinopterygii	
INFRACLASE	Teleostei	
SUPERORDEN	Acanthopterygii	
ORDEN	Mugiliformes	
FAMILIA	Mugilidae	
GENERO	Mugil	
ESPECIE	*Mugil cephalus*	(lisa)
	Mugil curema	(lebrancha)

La lebrancha, *Mugil curema,* se diferencia de la lisa *M. cephalus*, porque esta última no presenta escamas diminutas en las aletas anales y segunda dorsal, y por las bandas longitudinales oscuras en el cuerpo y uno o dos radios blandos menos en la aleta anal. La lisa tiene además el cuerpo más alargado (altura 5 veces en la longitud patrón) y más cilíndrico (Alvarez-Lajonchere, 1976).

Son especies cosmopolitas de mares subtropicales y tropicales. Se distribuyen geográficamente en el Pacífico oriental desde California a Chile, y en el Atlántico occidental desde Cabo Cod a Brasil (Castro, 1978). En Tamaulipas, los sistemas lagunarios importantes en la captura de estos recursos son: la Laguna Madre 90% y la laguna San Andrés 10%. En Veracruz, el 88 % de la captura de ambos recursos procede de la laguna de Tamiahua (norte del estado) y el resto de la desembocadura de ríos y pequeñas lagunas costeras.

La lisa y lebrancha son cosmopolitas de mares subtropicales y tropicales. Se distribuyen geográficamente en el Pacífico oriental desde California a Chile y en el Atlántico occidental desde Cabo Cod a Brasil

La Laguna Madre se localiza entre los paralelos 25º29' y 23º53' N y 97º24' y 97º48' O; la laguna San Andrés se localiza entre los 22º32' y 22º47' N y 97º41' y 97º54' O; la laguna de Tamiahua se localiza entre los 21º17' y 22º08' N y 97º52' y 97º22' O (Fig. 2).

Ambas especies pasan la mayor parte de su ciclo biológico en aguas protegidas (estuarios, bahías, lagunas y ríos con mareas) asociando su presencia a fondos lodosos

Ambas especies pasan la mayor parte de su ciclo de vida en aguas protegidas (estuarios, bahías, lagunas y ríos con mareas) (Flores-Cortés, 1982), en fondos lodosos, alimentándose de detritus orgánico, algas filamentosas y ocasionalmente ostrácodos, nemátodos, foraminíferos, microgasterópodos, anélidos, isópodos, fragmentos vegetales y diatomeas bentónicas (Patnaik, 1966; Randall, 1967; Yáñez-Arancibia, 1976; citados por López, 1982).

Cuando se cultivan lisas en estanques, ingieren considerables cantidades de plantas en putrefacción. Al ingerir el alimento también ingieren arena que les sirve para moler entre los dientes faríngeos el alimento; esta arena es expulsada junto con otras partículas alimenticias no digeribles (Thompson, 1963). Durante las migraciones de desove las lisas ingieren poco o nada de alimento (Santiago, 1987).

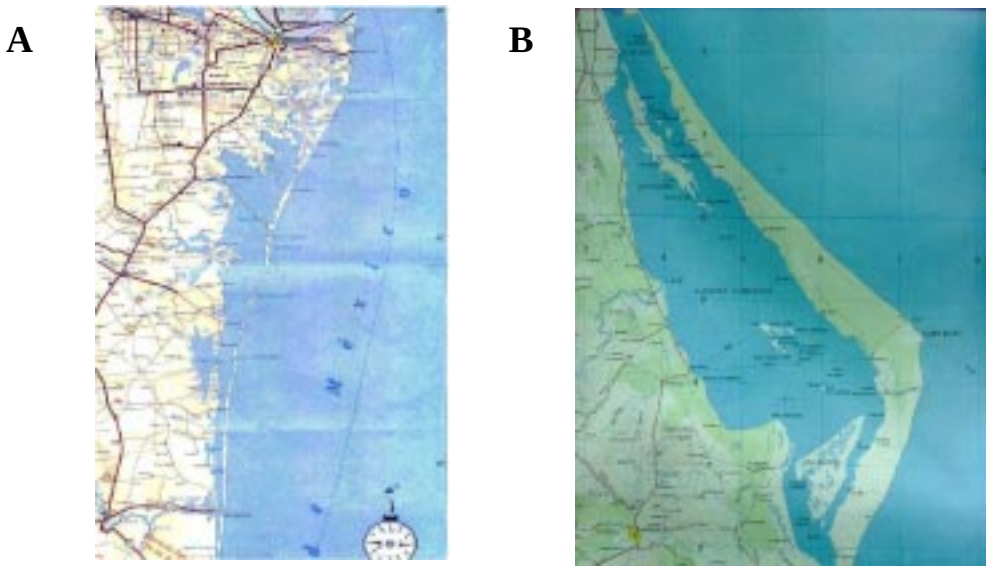


Fig. 2. Localización de las principales áreas de captura de la lisa *Mugil cephalus* y lebrancha *Mugil curema* en Tamaulipas (A) y norte de Veracruz (B).

Ambas especies son eurihalinas y euritermas, encontrándose ejemplares de *M. cephalus* en rangos de temperatura de 4.5 a 37ºC y 0 a 81 o/oo de salinidad, y *M. curema* de 10 a 36 ºC y de 0 a 55 o/oo (Flores, 1982). Debido a esto se las puede encontrar remontando algunos ríos. Castro (1978) menciona que la

Ambas especies son eurihalinas y euritermas, encontrándose ejemplares de M. cephalus en rangos de 4.5 a 3.7 °C de temperatura y 0 a 81 ^{0}/oo de salinidad, y M. curema en rangos de 10 a 36 °C y de 0 a 55 ^{0}/oo

salinidad no es un factor que limite la distribución de los adultos o de los juveniles de lisa, y que posiblemente la temperatura influya de manera más decisiva. En el caso de la lebrancha la especie es completamente eurihalina, sin embargo se encuentran más individuos adultos en el mar que en las zonas estuarinas. Los adultos son más comunes en la zona costera del sur de Florida y el desove en esa misma área ocurre de abril-junio.

Durante el periodo de reproducción (conocida como corrida reproductora), las lisas y lebranchas se congregan en cardúmenes para migrar a la zona nerítica a realizar el desove (García, 1982). Las larvas y los juveniles migran hacia áreas protegidas en donde se lleva a cabo el desarrollo hasta la fase adulta (García, 1982). Los huevos y las larvas se encuentran en mar abierto hasta que las larvas de lisa alcanzan aproximadamente 30 mm de longitud, y es entonces cuando pueden nadar en contra de las corrientes de marea y alcanzar los esteros (Thompson, 1963). El arribo de los prejuveniles de lisa a las lagunas se registra después de 45 a 60 días de ocurrido el desove, y se inicia a principios de la primavera coincidiendo con el aumento de la temperatura en el agua. Los juveniles viven en los estuarios y zonas bajas de agua dulce pudiendo ascender a los ríos, a considerables distancias de las desembocaduras. Los adultos pueden encontrarse tanto en agua dulce como salada, ocupando en esta última las aguas someras, aunque generalmente emigran a aguas más profundas en el mar para desovar (Santiago, 1987). En la reproducción interviene una hembra (más robusta y grande que los machos), y varios machos (Thompson, 1963). La fecundación es externa; los productos sexuales son expulsados una sola vez en la temporada. El tamaño y la edad a la que alcanzan la madurez sexual varía según la zona (Santiago, 1987). La lisa en Florida concluyó que en dicha zona alcanza su madurez sexual a los 3 años de edad (Broadhead, 1958, *f: de* Santiago, 1987).

En la reproducción intervienen una hembra (más robusta y grande que los machos) y varios machos. La fecundación es externa; los productos sexuales son expulsados una sola vez en la temporada

En la Laguna Madre y laguna de Tamiahua, la lisa se reproduce de noviembre, a enero, con máximo entre el 15 de noviembre y el 15 de diciembre. La lebrancha desova en febrero y marzo, con máximo en febrero

En Tamaulipas y norte de Veracruz, la composición porcentual por estadíos de madurez de las capturas comerciales provenientes de la Laguna Madre y laguna de Tamiahua, de 1994-1995, indicaron que la lisa se reproduce de noviembre a enero, con porcentaje máximo entre el 15 de noviembre y el 15 de diciembre. La lebrancha desova en febrero y marzo, con máximo en febrero. La talla de primera madurez de lisa fue de 26 cm en machos y 30 cm en hembras (de 2.5 a 3 años), y en lebrancha de 23 cm en machos y 25 cm en hembras (3 años) El rango de fecundidad de la lisa fue de 510,788 a 1,268,136 huevecillos para hembras entre 320 y 435 mm (Gómez, 1996). La talla máxima de lisa observada en Tamaulipas fue de 47 cm y de lebrancha de 38 cm; en el norte de Veracruz 50 cm para lisa y 37 cm para lebrancha. García (1981), en esas zonas reporta una talla mínima de madurez para hembras de lebrancha de 24 cm.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesquería de escama en la Laguna Madre se realiza en embarcaciones menores de fibra de vidrio, de 20 a 26 pies de eslora, y redes de enmalle ó agalleras de monofilamento, desde 450 a 1,620 m de longitud, con luz de malla de 2 a 3.75”

La pesquería de escama en la Laguna Madre se realiza en embarcaciones menores de fibra de vidrio, de 20 a 26 pies de eslora, y redes de enmalle ó agalleras de monofilamento, desde 450 a 1,620 m de longitud, con luz de malla de 2 a 3.75”. Estas redes en algunas ocasiones se componen de varias secciones con diferente luz de malla. Los artes de pesca que se utilizan para las principales especies son:

Camarón: Trasmallos de 2” y 2.25”, charanga de 1.25” hasta 2”.
Trucha: Redes agalleras de 2.75” hasta 3.5”.
Lisa: Redes agalleras de 2” hasta 3.5”.

En la laguna de Tamiahua, también emplean embarcaciones menores con las mismas características, con redes de enmalle o agalleras que van desde 450 a 1500 m de longitud, con luz de malla desde 2 a 3 pulgadas.

El método empleado para la captura de lisa y lebrancha es el denominado “corraleo”, ó usando el tendido de red

El método empleado en ambas localidades para la captura de lisa y lebrancha es el denominado “corraleo”, ó usando el tendido de red. El primero consiste en la localización del cardumen al detectar el salto del pez sobre la superficie del agua. Posteriormente se tira la red hasta formar un circulo completo, realizando la maniobra en un tiempo aproximado de 3 min dependiendo de la longitud de la red y la potencia del motor. Después se hace el “traqueleo”, el cual consiste en recorrer por dentro del área del circulo golpeando sobre los extremos de la embarcación con la finalidad de que los peces que quedaron acorralados se espanten y al pretender escapar se enmallen. Finalmente entre 2 pescadores recogen la red, uno por la relinga de flotación y otro por la de plomos, retirando al mismo tiempo el producto; esta última maniobra puede durar de 20 minutos a 1 hora, dependiendo de la abundancia del recurso. La jornada puede ser diurna o nocturna. El sistema de tendido es con la red fija o estacionaria, en una jornada nocturna, tendiendo la red al atardecer, para recogerla al amanecer. Normalmente esta actividad es realizada cuando prevalecen condiciones climatológicas desfavorables.

En temporada de hueva (oct-dic) los pescadores se aventuran a pescar aún con nortes y en recaída de éste; no tienen horario ni jornada de trabajo, operan todo el día y todos los días de la semana

La pesca de la lisa al norte de la Laguna Madre la efectúan con malla 3.25” y 3.5” en temporada de hueva con el fin de capturar mas hembras ya que estas son más grandes y tienen mejor precio por la comercialización de la hueva. Al centro de la laguna utilizan la malla 2.75”, 3” y 3.25” capturando ejemplares más jóvenes de primera madurez que salen tardíamente a desovar. En la parte sur, que es la menos vigilada utilizan redes de arrastre y corraleo con mallas desde 2” hasta 3.25”, con muy buenas capturas pero lesivas para las crías de varias especies. En temporada de hueva (oct-dic) los pescadores se aventuran a pescar aún con nortes (25-30 kms/h) y en recaída de éste; no tienen horario ni jornada de trabajo, operan todo el día y todos los días de la semana, al menos de que el tiempo sea definitivamente muy malo o tengan que hacer reparaciones de sus medios de captura.

▼ *Tendencias históricas*

La lisa y lebrancha ocupan un lugar importante en las capturas de las lagunas costeras. En los últimos 10 años en Tamaulipas la captura promedio anual de lisa fue de 3,684 t y de lebrancha de 173 t, y en Veracruz 743 t de lisa y 3,467 t de lebrancha. En la Laguna Madre, la especie predominante es la lisa; la lebrancha sólo se captura en un 34% en el sur del estado (laguna San Andrés), mientras que en la laguna de Tamiahua, actualmente la pesquería predominante es la lebrancha con un 85%.

La Laguna Madre aporta el 90% de la captura de lisa en Tamaulipas con 3,735 t en promedio (periodo 1987-98). En la *figura 3* se presenta la tendencia oscilante de la captura, con un pico máximo de 5,194 t en 1988.

La Laguna Madre aporta el 90% de la captura de lisa en Tamaulipas con 3,735 t como promedio

Tomando en cuenta los últimos 12 años de captura, se observa una tendencia negativa. En este periodo (1987-1998) la captura promedio anual fue de 3,735 t (fig. 3b). Este recurso se captura generalmente todo el año, con máximo en noviembre y diciembre, coincidiendo con sus corridas reproductivas lagunamar.

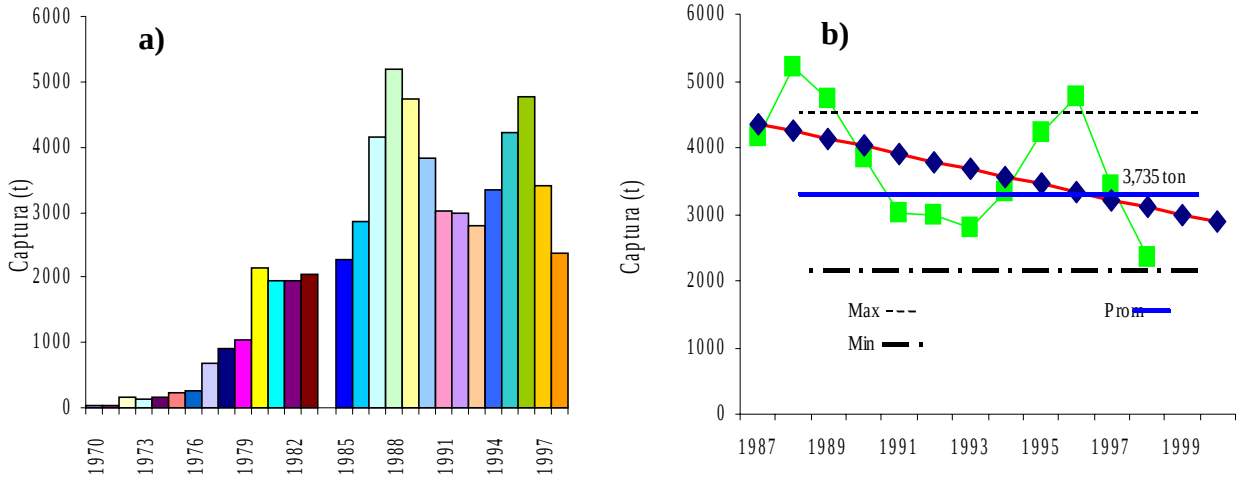


Fig. 3. Captura histórica de *Mugil cephalus* (a) y tendencia en los últimos 12 años (b). Laguna Madre, Tamaulipas.

En la laguna de Tamiahua en la década de los 60's la lisa ocupaba el primer lugar en las capturas por sus movimientos migratorios que la hicieron vulnerable a la pesca Posteriormente, en los 70's, la pesca indiscriminada colocó a la pesquería en nivel de sobreexplotación

En la laguna de Tamiahua, en la década de los 60's la lisa ocupaba el primer lugar en las capturas por sus movimientos migratorios que la hicieron altamente vulnerable a la pesca. En los 70's, la pesca indiscriminada colocó al recurso en sobreexplotación, debido a la captura de juveniles y adultos maduros durante todo el año, principalmente en la época reproductiva para la comercialización de la gónada. En la actualidad la lisa ocupa el 5º lugar en las capturas; la lebrancha fue adquiriendo importancia económica al inicio de los 70's, también por la comercialización de la gónada. Esta laguna actualmente aporta de lisa el 60% al total en el estado, con un promedio anual de 520 t. De acuerdo a la evolución de la captura de lisa (Fig. 4) se observa después de aplicada la veda, una recuperación del recurso en el periodo 92-96.

La lebrancha ocupa actualmente el primer lugar en las capturas, con una clara tendencia positiva a partir de 1992, para estabilizarse a partir de 1996.

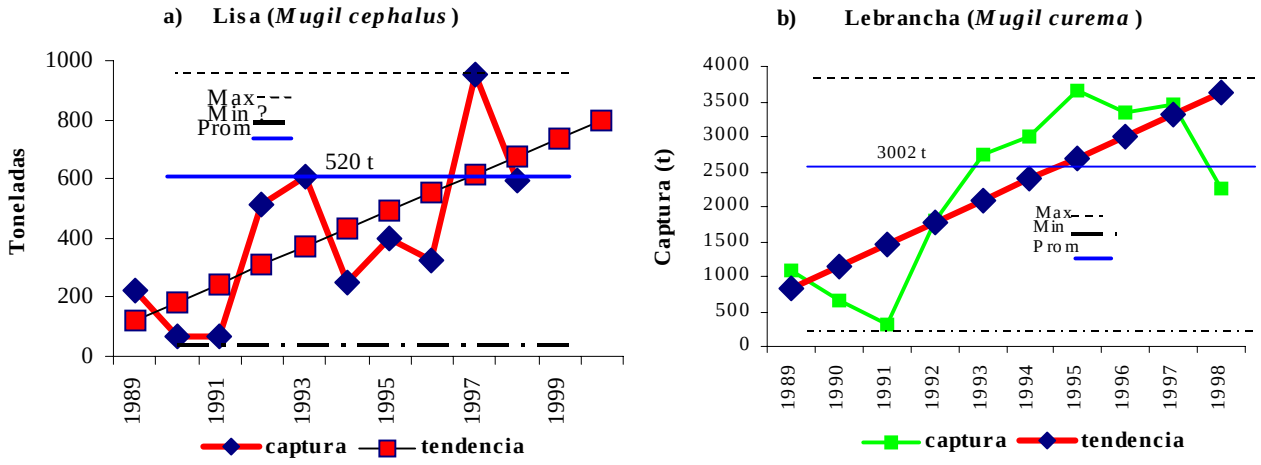


Fig. 4. Tendencia de la captura de lisa *Mugil cephalus* (a) y lebrancha *Mugil curema* (b) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. 1989-1998.

▼ *Pesca incidental*

Las 2 principales pesquerías de escama establecidas en la Laguna Madre la constituyen la lisa *(Mugil cephalus)* con un 68% y la trucha pinta, *Cynoscion nebulosus,* con un 19%. Sin embargo, con estos recursos se captura incidentalmente gurrubata *(Micropogon undulatus)* con un 6%, curvina *(Sciaenops ocellatus)* con un 4%, sargo *(Archosargus probatocephalus)* con un 2% y tambor *(Pogonias cromis)* con un 2% (Fig. 5). La curvina, el sargo y el tambor, aún cuando son recursos de alto valor comercial, son característicos del medio marino, y su captura en la laguna es mínima. Sin embargo, al utilizar redes agalleras con luz de malla no adecuada de 2" a 3.5", para la lisa en esta laguna (malla recomendada es de 4"), se capturan individuos de tallas muy pequeñas que en su mayoría todavía no alcanzan su primera madurez sexual. En el caso de la trucha, se ha venido observando durante el periodo 1993-1997 un aumento en la captura de individuos juveniles al utilizar el mismo arte de pesca que se emplea para la lisa.

En la Laguna Madre la captura incidental es: gurrubata Micropogon undulatus con un 6%, la curvina Sciaenops ocellatus con un 4%, sargo Archosargus probatocephalus con un 2% y el tambor Pogonias cromis con un 2%

En la laguna de Tamiahua las principales pesquerías son de lebrancha *(Mugil curema)* con un 35%, las truchas blanca y pinta, *Cynoscion nebulosus y C. nothus,* respectivamente, con un 23% y en tercer lugar la lisa *(M. cephalus)* con un 9%. El resto de la captura que se considera incidental está compuesta por mojarras blanca y rayada *Eugerres* sp. con un 12%, sargo *(Archosargus probatocephalus)* con un 13%, así como en pocas cantidades gurrubata *(Micropogon undulatus)* con un 4%, tambor *(Pogonias cromis)* con el 2% y curvina *(Sciaenops ocellatus)* con el 1% (fig. 5). En esta laguna ocurre el mismo problema que en la Laguna Madre, ya que se utiliza el mismo arte para la captura de los principales recursos, aún cuando oficialmente esta reglamentado el uso de una red característica para lisa y lebrancha, diferenciable por la luz de malla. También se practica el uso de las redes de arrastre, afectando las poblaciones de la mayor parte de los recursos.

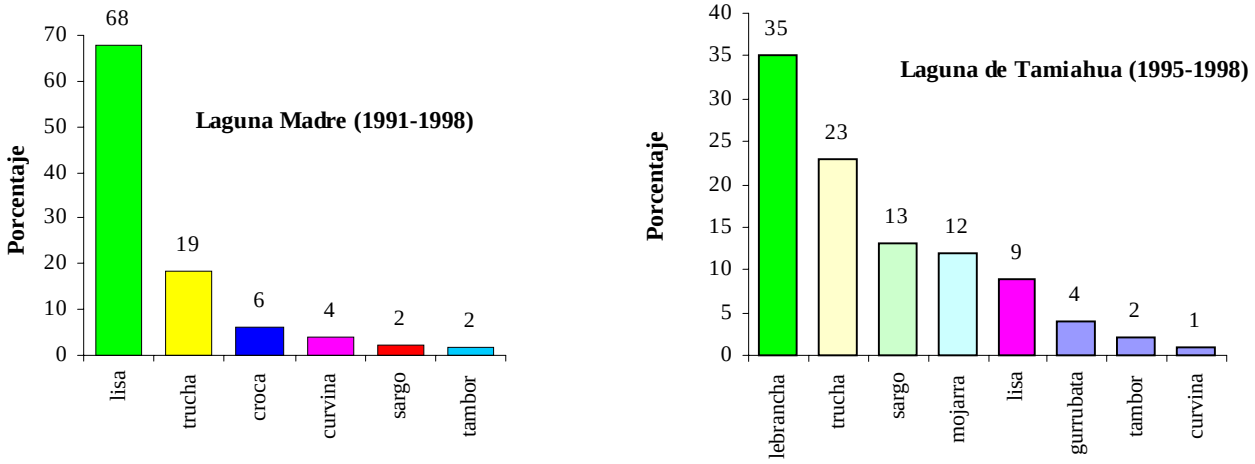


Fig. 5. Proporción de la captura comercial de escama.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Las pesquerías de lisa y lebrancha son secuenciales, ya que la captura comercial tanto de Tamaulipas como de Veracruz proviene de las lagunas costeras y ríos. Sólo en temporada de desove realizan migraciones reproductivas hacia el mar, regresando posteriormente tanto juveniles y adultos a estos cuerpos de agua.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura pesquera*

En la Laguna Madre existen alrededor de 32 centros de recepción de productos pesqueros (pesca ribereña), de los cuales 11 están ubicados en Matamoros, 3 en El Barrancón, 15 en San Fernando y 3 en Enrramadas. Estos centros se caracterizan en algunos casos por ser áreas techadas de aproximadamente 6m x 4 m, con pequeñas áreas cerradasdonde conservan su producto a base de hielo, mientras es comercializado. En estas zonas no existen plantas procesadoras para especies de escama; en algunos lugares cuando el recurso es abundante es necesario conservarlo aplicando el método de seco-salado. No existen muelles específicos de descarga, sólo atracaderos improvisados de acuerdo a las necesidades. La comercialización se realiza a través de intermediarios principalmente.

En estas zonas no existen plantas procesadoras para especies de escama. En algunos lugares, cuando el recurso es abundante es necesario conservarlo aplicando el método de seco-salado

En la laguna de Tamiahua, existen alrededor de 30 centros de recepción de productos pesqueros distribuidos en toda la laguna similares a los existentes en la Laguna Madre. No cuentan con muelles de descarga, solo atracaderos; la comercialización la efectúan a través de intermediarios, siendo el mercado local, nacional e internacional. No existen plantas procesadoras para escama y cuando es necesario aplican el método de seco-salado.

▼*Indicadores económicos*

La comercialización de estos recursos cobra cierta importancia económica principalmente por la hueva con una fuerte demanda en el mercado nacional e internacional. A medida que se ha dado a conocer la calidad de la pulpa, sobre todo en su presentación de filete, y las necesidades de carnada para otras pesquerías, el consumo se orienta también hacia el pescado entero. Actualmente éstas especies ya están siendo integralmente aprovechadas en el siguiente orden de importancia: Hueva, filete, pescado seco-salado, carnada para jaiba y pesca marina (tiburón y huachinango). Incluso la comercialización de las mollejas ha tenido gran aceptación en el mercado nacional e internacional (principalmente de la lisa), así como también la gónada de ejemplares machos.

El recurso está siendo integralmente aprovechada en el siguiente orden de importancia: Hueva, filete, pescado seco salado y carnada para jaiba y pesca marina

En los últimos años, el valor de la hueva de lisa en la Laguna Madre ha tenido un aumento considerable. De $32/kg que se cotizaba en el mercado en el periodo 1993-1994, en 1995 ascendió a $120/kg, y la molleja, de $10/kg en 1994 a $90/kg en 1995 (precio en el mercado). Por lo anterior se ha venido observando un incremento en el esfuerzo de pesca debido al aumento de la demanda de exportación de éstos subproductos y por ende a la gran rentabilidad de ésta pesquería. Por éste mismo motivo los actores de la pesca, organizados en cooperativas y permisionarios, manifiestan su inquietud de continuar incrementando en lo sucesivo el número de equipos pesqueros para la captura de éste recurso. Actualmente la hueva de lisa continúa cotizándose en $120 y la molleja en $80/kg.

El mercado principal de los productos de escama en los últimos años de la Laguna Madre es a nivel nacional y estatal y alrededor de un 4% es para exportación, en sus diferentes presentaciones. En lo que se refiere a la hueva de lisa, el 48% es para el mercado estatal (Tamaulipas), el 24% para el mercado nacional, y el 28% para exportación. Para la lisa en su presentación de seca-salada, el 97% es para el mercado nacional. El destino de la captura en el mercado nacional son D. F., Monterrey, Guadalajara y Aguascalientes, y en el mercado internacional E.U. principalmente. Se tienen reportes que de ese país exporta hacia Japón, Italia, España y Canadá.

En la laguna Madre actualmente operan alrededor de 33 organizaciones sociales entre Cooperativas Pesqueras y de Solidaridad Social, y 11 permisionarios. 20 cooperativas y 3 permisionarios están distribuidas en diferentes localidades del municipio de San Fernando, a 460 km de Tampico; 12 cooperativas y 8 permisionarios en el municipio de Matamoros a 580 km de Tampico y una cooperativa en Soto La Marina, en la localidad Enramadas, a 380 km de Tampico que opera al sur de la laguna. Cada Sociedad Cooperativa y permisionario ampara a un número indefinido de pescadores, los cuales se dedican a la captura de escama marina, escama estuarina, camarón, jaiba y ostión. El esfuerzo de pesca que se ejerce no se ha logrado precisar en virtud de que no existe un registro preciso de pescadores por cooperativas y permisionarios. Es frecuente que una sola cooperativa tenga varios grupos de pescadores distribuidos a lo largo de la laguna (San Fdo. y Matamoros) los cuales reportan sus capturas en la oficina de pesca local correspondiente. También se da el caso de que algunas cooperativas amparan a pescadores libres que a su vez protegen a otros con equipo propio. Otra irregularidad que se presenta es que un miembro o socio de una cooperativa, dependiendo de su capital, puede tener suficiente equipo de pesca (embarcación, artes y motor) como para proporcionárselo a pescadores libres que migran a la laguna solamente en temporalidad de captura de determinada especie (camarón y lisa principalmente). Es difícil cuantificar también las embarcaciones pesqueras que se dedican específicamente a la captura de escama estuarina, y mucho más la identificación por pesquería, ya que es una actividad de pesca múltiple. De acuerdo a los registros que tiene la Delegación de la SEMARNAP en Tampico, en la laguna operan alrededor 1,233 embarcaciones y 1,661 trasmallos.

En la laguna Madre actualmente operan alrededor de 33 organizaciones entre Cooperativas Pesqueras y grupos de Solidaridad Social, y 11 permisionarios

En la laguna de Tamiahua operan alrededor de 13 Cooperativas de Producción Pesquera y 40 permisionarios, que registran en las oficinas de pesca de Pueblo Viejo, La Laja, Naranjos y Tamiahua, Ver. El número real de pescadores, artes de pesca y embarcaciones por cooperativa y permisionarios no esta definido. De acuerdo a los registros de las oficinas de Pesca del norte del estado son 3,111 pescadores para la captura de escama en general y 2,408 embarcaciones menores.

En Tamiahua operan alrededor de 13 Cooperativas Pesqueras y 40 permisionarios

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Después de varios intentos para normar la explotación racional de los recursos lisa y lebrancha en Tamaulipas y norte de Veracruz, desde 1978, fueron modificándose las fechas de veda. fue hasta 1991 cuando se establece una veda definitiva para éstas zonas, que simultáneamente protege a ambas especies todo diciembre y todo febrero, dejando libre enero. Con ello se permite, por un lado, el desove de por lo menos una parte de la población adulta y por otro lado, una fracción poblacional para la comercialización de la gónada de lisa en octubre y noviembre y de lebrancha en enero y marzo. Además de esta medida, se reglamentó el uso de artes de pesca específicas para cada especie: red agallera con luz de malla de 4" para lisa y de 3" para la lebrancha. Así mismo, se establecieron tallas mínimas de captura de 30cm para lisa y de 26 cm para lebrancha (NOM-016-PESC-1994).

Se establece una veda definitiva y conjunta para éstas zonas, todo el mes de diciembre y todo febrero, dejando libre enero se reglamentó también el uso de artes de pesca y la talla, siendo la red agallera con luz de malla de 4" y captura de 30 cm para lisa y de 3" y de 26 cm para lebrancha (NOM-016-PESC-1994)

Aún con las medidas de manejo antes descritas, el rango de tallas que se observa actualmente presenta un corrimiento hacia las tallas menores. Esto es debido a que se continúan empleando artes y métodos de pesca que constituyen problemas

para la conservación de los recursos por su baja selectividad. Además no se respeta en el 100% la veda establecida.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información disponible de lisa, *Mugil cephalus*, en la Laguna Madre, Tamaulipas, que es donde se registra el 90% de la captura en el estado, permitió la aplicación de un modelo de biomasa dinámico conocido como rendimiento excedente. La información consiste en una serie histórica de las capturas (1975-99) y de índices de abundancia (CPUE 1996-98). En el caso de la lebrancha, *Mugil curema,* la información que se tiene es insuficiente para aplicar algún modelo de evaluación, por lo que el análisis cuantitativo corresponde únicamente para la lisa de Tamaulipas.

▼ *Modelo*

Para evaluar el estado actual de la pesquería de lisa en la Laguna Madre y simular algunas estrategias de manejo, se utilizó un modelo matemático no-lineal y dinámico en tiempos discretos, propuesto por Punt y Hilborn (1996).

- **Supuestos del Modelo**

El modelo asume que los cambios en el tamaño de la población son causados por la interacción entre factores, como el crecimiento, el reclutamiento de juveniles que migran a los campos de pesca, además de la mortalidad natural y por pesca. La magnitud de este efecto depende de factores como: la estructura de tallas y por edades de la población, variaciones ambientales, patrones espaciales de densidad a través de los campos de pesca y la biomasa histórica y actual de la población.

El supuesto fundamental del modelo es que los efectos de de crecimiento, mortalidad natural y reproducción, pueden ser incorporados en una sola función y ésta proporciona un sólo valor del tamaño del stock. De esta forma la función de biomasa dinámica determina el efecto neto en la combinación de estos factores a un tamaño particular del stock, en el cual se asume que el cambio en el tamaño de la población de un año a otro es la diferencia entre la biomasa dinámica y la captura generada por la pesquería.

- **Planteamiento**

El modelo propuesto por Punt y Hilborn (1996) es de la siguiente forma:

$$B_{t+1} = B_t + g(B_t) - C_t \quad \text{.....(1)}$$

$$I_t = q\, B_t\, e^{\eta t} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

B_t = biomasa explotable al empezar el tiempo t
C_t = captura en el tiempo t
q = coeficiente de capturabilidad
I_t = índice de abundancia relativa en el tiempo t (CPUE)
ηt = error de observación en el tiempo t
$g(B_t)$ = función de la biomasa dinámica o del crecimiento poblacional, que toma la forma del modelo logístico o de Schaefer (1954)

$$g\left(\begin{matrix}B\\t\end{matrix}\right)=rB^{*}\left(1-\frac{B}{K}\right) \quad \text{.....(3)}$$

donde:

B = biomasa actual
r = tasa intrínseca de crecimiento poblacional
K = promedio de la biomasa en equilibrio sin explotar (capacidad de carga)

• Modelo dinámico

Para el ajuste del modelo, se consideró un estimador de error de observación (Butterworth y Andrew, 1984; Ludwig y Walters, 1985; Walters, 1986), que asume que el crecimiento de la población es determinístico y que el error ocurre entre la relación de la biomasa del stock y el índice de abundancia. El error en el modelo observacional se considera que es multiplicativo, con una distribución log-normal (v.g., $I_t = q\ B_t\ e^{\eta t}$, $\eta \approx N(0;\sigma^2)$).

La serie de tiempo de la biomasa del stock es proyectada a partir de la serie histórica de captura, empezando con una biomasa inicial (*Bo*), con el supuesto que *Bo = K*. La estimación de los parámetros del modelo (*Bo, r* y *K*) se obtuvieron minimizando una función de verosimilitud:

$$L\left(Bo,r,K/dat\ os\right)=\Pi\exp\left[-\frac{\hat{\upsilon}_t^{2}}{2\sigma_{\upsilon}^{2}}\right]*\left[\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\upsilon}^{2}}}\right] \quad \text{.....(4)}$$

Donde el producto es sobre los años, para los cuales existan datos disponibles de la CPUE.

$$\hat{\upsilon}_t=\log\left(CPUE_{obs}\right)_t-\log\left(CPUE_{est}\right)_t \quad \text{.....(5)}$$

$$\hat{\sigma}_{\upsilon}^{2}=\sum\frac{\hat{\upsilon}_t^{2}}{n} \quad \text{.....(6)}$$

$$CPUE_{est}=\hat{q}\,\hat{B}_t \quad \text{.....(7)}$$

donde:

L = verosimilitud
π = 3.1416
CPUE = *captura por unidad de esfuerzo*

El coeficiente de capturabilidad *q* es estimado analíticamente de la siguiente forma:

$$\hat{q}=\exp\left[\frac{1}{n}\sum_t\log\frac{CPUE_{obs,t}}{\hat{B}_t}\right] \quad \text{.....(8)}$$

donde:

n = número de datos de CPUE

- **Análisis de riesgo**

Con las fuentes de información ya mencionada se logró ajustar el modelo hasta el año de 1999, y a partir de entonces se hicieron proyecciones, para analizar el comportamiento de la biomasa del stock ante diferentes estrategias de manejo. Para ello se consideró un intervalo de tiempo de simulación de 10 años a corto, mediano y largo plazo.

Se aplicó un análisis de Monte Carlo, para poder expresar el riesgo en términos probabilísticos y evaluar el comportamiento de las estrategias de manejo de reducir el 10% el MRS, sostener el MRS o mantener la captura promedio anual de los últimos 10 años, como una cuota de captura. Para este análisis solo fue considerada la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (**r**) como fuente de incertidumbre, con una distribución uniforme como función de densidad probabilística, con un valor mínimo de 0.37 y máximo de 0.6. Se realizaron 500 corridas para cada estrategia de manejo.

La variable de desempeño considerada en el análisis de riesgo fue el comportamiento de la biomasa en el corto (2002), mediano (2006) y largo plazo (2010).

- Salidas del Modelo

- Biomasa en 1999 y su porcentaje respecto a la biomasa inicial
- Tasa de explotación a través del tiempo

- Parámetros estimados

- Biomasa inicial *(B*o)
- Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (*r*)
- Capacidad de carga del sistema (*K*)
- Coeficiente de capturabilidad (q)

▼Estado actual de la pesquería de lisa, en la Laguna Madre, Tamaulipas

- **Resultados del Modelo**

En la *tabla 1*, se presentan los parámetros poblacionales estimados por el modelo. El coeficiente de capturabilidad (q) fue estimado analíticamente utilizando la ecuación (8), como lo mencionan Punt y Hilborn (1996). Además, se estimaron parámetros de manejo de la pesquería, derivados de los parámetros K, r y q como son el máximo rendimiento sostenible (MRS) y el esfuerzo en el máximo rendimiento sostenible (EMRS).

El modelo se ajustó hasta el año de 1999, con la Captura por Unidad de Esfuerzo (Fig. 6). La CPUE se reporta en kg de lisa/viaje de pesca. Aún cuando los datos de abundancia son pocos, se observa que la tendencia de este índice es a la baja, registrando un promedio de 100 kg de lisa/viaje, indicando una reducción en la biomasa del 22% (1996-98).

Los resultados del modelo indican una tendencia decreciente de la biomasa a través del tiempo (Fig. 6). El valor estimado para la biomasa inicial (1975) fue de 27,997 t y para 1999 una biomasa alrededor de 11,027 t. Esto significa que en los últimos 25 años la biomasa presentó un decremento alrededor del 61%. Hay que mencionar que la serie histórica de la captura de 1987 a 1991 siempre excedió el MRS y por consecuencia la biomasa presenta un notable decremento.

Tabla 1. Estimaciones de los parámetros poblacionales y de manejo obtenidos con un modelo de biomasa dinámica con la función de Schaefer (1954), para lisa, *Mugil cephalus*, Laguna Madre, Tamaulipas.

Parámetro	Valor estimado
Biomasa inicial (*Bo*)	27,997 (t)
Capacidad de carga (*K*)	27,997 (t)
Tasa de crecimiento poblacional (*r*)	0.431
Coeficiente de proporcionalidad entre la abundancia y el índice de abundancia relativa (CPUE) (*q*)	8.2E-06
Máximo Rendimiento Sostenible (MRS)	3,017 t / año
Esfuerzo en el Máximo Rendimiento Sostenible (EMRS)	26,317 viajes / año

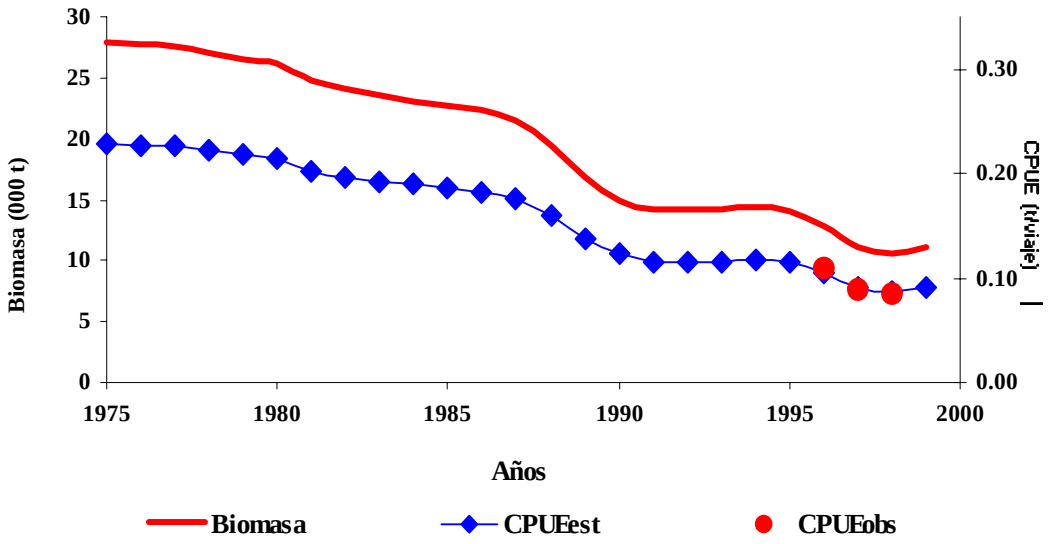


Fig. 6. Dinámica de la biomasa del stock de lisa, *Mugil cephalus*, en la Laguna Madre, Tamaulipas e índice de la abundancia relativa (CPUE) observados y estimados por el modelo.

De acuerdo a las estimaciones del modelo, la tasa de explotación (u) se incrementó de 0.008 hasta alcanzar un valor de 0.37 en 1996, año en que se registró una captura de 4,772 t, lo cual significa que se capturó en ese año 1,755 t por arriba del MRS. Para los últimos 5 años se estimó un valor promedio de la tasa de explotación de 0.31, con una captura promedio de 3,665 t y alrededor de 648 t por arriba del MRS.

- **Puntos de Referencia**

Para proponer las estrategias de manejo de esta pesquería, se estableció como Punto de Referencia Límite (PRL), contrastar la biomasa actual y futura del stock con la biomasa inicial (riesgo del stock) de manera que la biomasa se mantenga por arriba del nivel de Bo/2.

El criterio biológico para mantener la biomasa del stock considera que ésta debe permanecer por arriba de un límite que permita la renovación de la población. Caddy y Mahon (1995) recomiendan que intervalos entre el 20 y 50% de la biomasa inicial pueden ser tomados como PRL. En esta pesquería se considera como un valor precautorio como PRL que el stock no baje del 50% de la biomasa inicial. En este caso, la biomasa considerada inicial es la estimada por el modelo en 1975, que es de 27,997 t por lo que la biomasa actual debería estar alrededor de las 14,000 t en 1999.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Los resultados de la evaluación indican que la pesquería de lisa en la Laguna Madre, Tamaulipas, se encuentra por arriba de su máximo rendimiento sostenible. Se aprecia un deterioro de la biomasa, con una clara sobreexplotación del recurso; por lo que se sugiere establecer todas las medidas pertinentes que permitan que el stock se recupere.

El modelo se ajustó hasta 1999 y a partir de entonces se hicieron proyecciones analizando diferentes estrategias de manejo. En este caso, es deseable incrementar la biomasa del stock hasta un 50%. Para ello, se plantearon tres alternativas de manejo, basadas en tres diferentes cuotas de captura.

- Disminuir 10% la captura en el RMS, que equivale a una cuota de captura de 2,715 t/año.
- Mantener el RMS, que equivale a proponer una cuota de captura de 3,017 t/año.
- Mantener la captura promedio de los últimos 10 años, que equivale a una cuota de captura de 3,500 t/año.

Se proyectó el efecto que tendría el comportamiento dinámico de la biomasa y la tasa de explotación en un intervalo de tiempo de 10 años, al aplicarse cualquiera de estas estrategias de manejo (fig. 7). Se puede observar que al disminuír en un 10% el RMS proponiendo una cuota de captura de 2,715 t/año, los niveles de biomasa tienden a la recuperación.

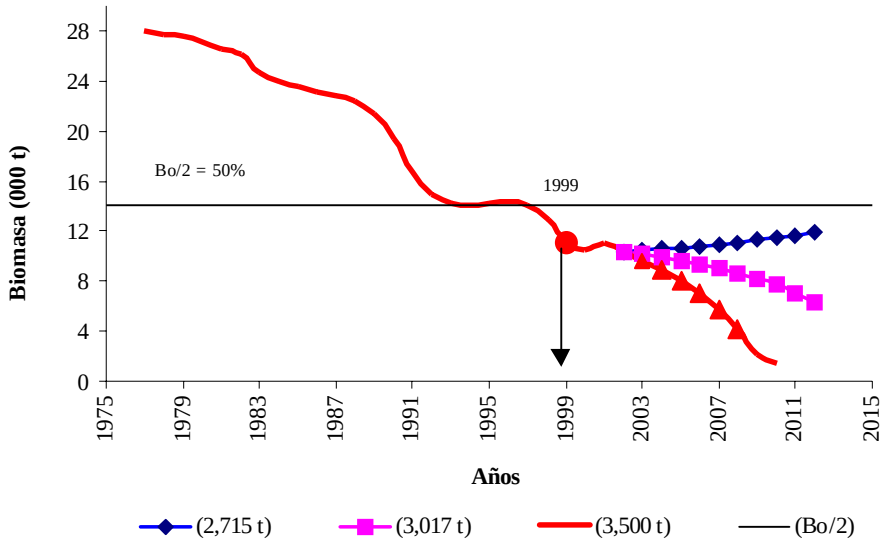


Fig. 7. Comportamiento y proyecciones de la biomasa del stock de lisa, *Mugil cephalus,* en la Laguna Madre, Tamaulipas, ante diferentes cuotas de captura.

Los resultados del análisis de riesgo para estimar la probabilidad de alcanzar los PRL, a corto mediano y largo plazo (2002, 2006 y 2010), ante las diferentes medidas de manejo y asociado a las variables de salida (biomasa y tasa de explotación) indicaron lo siguiente:

- La primera propuesta de manejo, de una cuota de captura de 2,715 t, presentó una baja probabilidad de alcanzar el PRL de una biomasa igual o menor a las 14,000 t (riesgo del stock), tanto a corto, mediano y a largo plazo.

- Las otras estrategias de manejo de una cuota de captura de 3,017 y 3,500 t mostraron mayor probabilidad de alcanzar el PRL, con una probabilidad entre 0.35 a 0.38 y de 0.41 a 0.46 respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de riesgo de la pesquería de lisa, *Mugil cephalus*, en la Laguna Madre, Tamaulipas. Probabilidad de alcanzar los PRL con diferentes medidas de regulación en el corto (2002), mediano (2006) y largo plazo (2010).

Estrategias Cuotas de captura	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (14,000 t)	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (14,000 t)	**Probabilidad PRL ≤** Bo/2 (14,000 t)
	(2002)	**(2006)**	**(2010)**
2,715	0.35	0.29	0.27
3,017	0.38	0.36	0.35
3,500	0.41	0.45	0.46

- **Implicaciones en el manejo**

La pesquería de la lisa y la lebrancha, dentro de los recursos de escama representan un renglón importante en Tamaulipas y norte de Veracruz, en cuanto a su abundancia y los beneficios económicos que brindan. Sin embargo, a pesar de haber sido investigados para determinar su ciclo biológico y por consecuencia establecer una veda para la sustentabilidad del recurso, ésta ha sido poco comprendida. El gran problema que presentan estas pesquerías es que cada vez es mayor el esfuerzo que se aplica al recurso, incluso llegando a ser incontrolado, además de que la pesca se efectúa con artes prohibidas (mallas chicas y redes de arrastre) que causan además del daño ecológico, un gran efecto en otras especies de importancia comercial como las truchas, mojarras, sargos, curvinas, etc., cuya captura ha ido también a la baja.

La temporada de mayor captura antes y después de establecerse oficialmente el periodo de veda se ubica en los meses de noviembre y diciembre, en donde en la Laguna Madre se concentra el 36% de la captura anual, periodo en el cual se intensifica la actividad pesquera para aprovechar el movimiento reproductivo de la especie y comercializar sus gónadas. Actualmente aún cuando existe la veda, se registra en el mes de diciembre una captura del 11 %. La talla promedio observada en 1998 fue de 32 cm estando el 86% de la población entre 28-36 cm; el 55% se encontraron por debajo de los 33 cm (talla recomendada por Gómez *et al.*, 1997). Este rango. comparado con el que se ha venido observando desde 1996, presenta un corrimiento hacia las tallas menores, disminuyendo la talla promedio y aumentando la proporción de organismos con tallas no adecuadas para su explotación (Fig. 8).

Otro aspecto importante que se observa en la laguna es que en enero, en zonas de baja profundidad se capturan ejemplares de primera madurez sexual que migran tardíamente al mar a desovar. En esas fe-

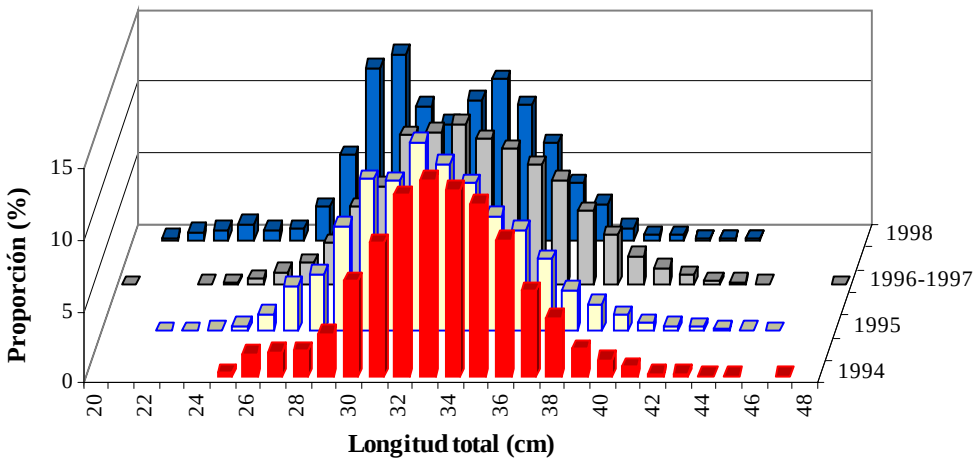


Fig. 8. Distribución de tallas de lisa, *Mugil cephalus,* en la Laguna Madre, Tamaulipas. 1994-1998.

chas los pescadores se preparan con artes de pesca con luz de malla pequeña (2 y 2.5 pulgadas), e inclusive redes de arrastre, dañando además, a las poblaciones de otras especies juveniles, las cuales comercializan como carnada para la captura de jaiba.

El rendimiento por viaje de agosto-noviembre se mantiene alto en relación a los otros meses, tendiendo a disminuír de noviembre a enero al aumentar el esfuerzo (N° de viajes) y al mismo tiempo la captura, ya que es la temporada de máxima explotación del recurso para la comercialización de la gónada. Comparando este rendimiento de agosto-diciembre, entre 1996-1998 ha diminuído un 45%, y en 1997 un incremento del 45% en los meses de enero y febrero.

En la laguna de Tamiahua, la captura de lisa y lebrancha registra notables incrementos una vez aplicada la veda oficial de 1991. Sin embargo, aún cuando las capturas de ambas especies han ido en aumento, se viene observando en los mercados locales tallas pequeñas que corresponden a la de primera captura, las cuales están por debajo de las mínimas recomendadas. En esta zona no se cuenta con elementos suficientes para evaluar el stock, por lo tanto es importante tomar medidas precautorias y no incrementar el esfuerzo.

Un problema a resolver es la determinación del esfuerzo que se aplica por la flota ribereña sobre estos recursos, siendo difícil de cuantificar debido a que los permisos de pesca se dan en general para escama y amparan más de una embarcación y éstas se usan de manera indistinta para las diferentes pesquerías.

▪ Conclusiones

Los resultados del modelo, el índice de abundancia y la captura registrada, indican que la pesquería de lisa en la Laguna Madre se encuentra en un estado de deterioro. Los resultados de la simulación del modelo indicaron que con la cuota de captura de 2,715 t anuales hay una baja probabilidad de alcanzar el PRL de una biomasa igual o menor a las 14,000 t (riesgo del stock), tanto a corto, mediano y a largo plazo. La cuota de 3,500 t anuales, que equivale a la captura promedio anual de los últimos 10 años, presenta menor probabilidad de alcanzar el PRL y por lo tanto no permitiría que exista un crecimiento de la biomasa vulnerable del stock. En gran medida el deterioro de la pesquería tiene su origen en una sobrepesca de reclutamiento y de crecimiento. Si se continúa con una explotación sin un régimen precautorio es previsible que el deterioro de la población continuará.

La explotación de estos recursos se sigue realizando sin orden, se desconocen cuantitativamente tanto los medios de producción como los componentes reales de cada cooperativa. Los permisionarios existentes actualmente operan bajo el amparo de cooperativas. Por lo anterior, la regulación debe de asociarse a un programa de ordenamiento.

Se debe comenzar por hacer efectivos las regulaciones existentes como son: veda, talla mínima de captura, longitud y luz de malla en las redes, áreas de captura y supresión de métodos de pesca que constituyen problemas para la conservación de los recursos por su baja selectividad, entre los que se encuentran la red de arrastre.

Se recomienda, además, que el periodo de veda se amplíe del 1º de diciembre al 29 de febrero, con el fin de proteger en el mes de enero a los ejemplares chicos de lisa de primera madurez que migran tardíamente al mar a desovar. Es conveniente que se incremente la talla mínima de captura de 31 a 33 cm en longitud total, con la cual se protege el primer periodo reproductivo.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Gobierno del estado de Tamaulipas y sector pesquero, mediante convenios para apoyo económico y de colaboración.

REFERENCIAS

Alvarez-Lajonchere L. 1976. Contribución al estudio del ciclo de vida de *Mugil curema* Valenciennes. *En:* Cuvier et Valenciennes, 1836 (Pisces: Mugilidae). Centro de Investigaciones Marinas. Fac. de Ciencias. Universidad de la Habana, Cuba. Serie 8, No. 28. Mayo de 1976.

Butterworth, D. S. & P. A. Andrew. 1984. Dynamic catch-effort models for the hake stocks in ICSEAF Divisions 1.3 to 2.2. Colln Scient. Pap. Int. Commn SE. Atl. Fish. 11(1):29-58.

Caddy, J. F. & R. Mahon. 1995. Reference points for fisheries management. FAO Fish. Tech. Pap. 347. FAO, Roma. 83 pp.

Castro A., J.L. 1978. Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. Dirección General del Instituto Nacional de la Pesca. México. 1-298.

Contreras, F. 1985. Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo. Secretaría de Pesca.

Ehrhardt, N. 1981. Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. Primera parte. Estimaciones de parámetros poblacionales. FAO-1. I.N.P. Mex. D.F.

FAO-DANIDA. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Documento Técnico de Pesca. 306/1 FAO, Roma.

García, S.S. 1977. Informe complementario sobre problemática de la Laguna Madre. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1978. Algunas observaciones sobre la biología y pesquería de Lebrancha, *Mugil curema,* del sur de Tamaulipas, y norte de Veracruz. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto

Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1978. La pesquería de la Lisa, *Mugil cephalus,* en los estados de Veracruz y Tamaulipas. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1980. Contribución al estudio de la pesquería de lisa (*Mugil cephalus* L.) en la laguna de Tamiahua, Veracruz. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1981. Informe técnico sobre evaluación de la Lebrancha *Mugil curema.* CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1982. Evaluación de las capturas de lisa en el NE del Golfo de México. Periodo 1965-1979. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1982. Contribución al conocimiento de la biología pesquera de lisa *(Mugil cephalus* L.*)* del norte de Veracruz y Tamaulipas. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

García, S.S. 1991. Informe técnico sobre normatividad pesquera para el aprovechamiento de los recursos pesqueros lisa *(Mugil cephalus* L*)* y Lebrancha *(Mugil curema* C. y V.) de Tamaulipas y norte de Veracruz. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Gayanilo, F.C., M. Soriano, & D. Pauly 1988. A draft guide Complete ELEFAN. ICLARM software.

Gómez, L. M. 1980. Curso sobre dinámica de poblaciones de recursos pesqueros. Centro de Ciencias del Mar y Limnología U.N.A.M. México, D.F.

Gómez, O.G., F. Robles, & R. Arteaga. 1996. Avance de informe técnico de investigación: Aspectos biológicos pesqueros de lisa y lebrancha en Tamaulipas y norte de Veracruz periodo 1994-95. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Gómez, O.G., F. Robles, & R. Arteaga. 1997. Aportación al estudio de la biología pesquera de lisa, *Mugil cephalus,* en la Laguna Madre, Tamaulipas periodo 1994-95. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Gómez, O.G., F. Robles, & R. Arteaga. 1999. Situación actual de las pesquerías ribereñas de escama en Tamaulipas y norte de Veracruz, periodo 1996-97. CRIP Tampico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Hildebrand, H. 1958. Estudios biológicos preliminares sobre la Laguna Madre, Tamaulipas. Ciencia 17 (7-9): 151-173.

Holden, M.J., & D.F. Raitt 1975. Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2: Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Doc.Tec. FAO.Pesq.

López, C.J. 1982. Descripción de la unidad de pesquería de la lisa, *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758 y de la lebrancha, *Mugil curema* Valenciennes, 1836, del Golfo de México. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias. U.N.A.M. México.

Ludwig, D. & C. J. Walters. 1985. Are age-structured models appropriate for catch-effort data? Can. J. Fish. ulc quat. Sci. 42: 1066-1072.

Márquez, M.J. 1974. Observaciones sobre mortalidad total y crecimiento de longitud de lisa *(Mugil cephalus)* en la laguna de Tamiahua, Ver., Mex. I.N.P. Subsecretaria de Pesca. S.I.C. Serie Científico (3): 1-16.

Punt, A. E. & R. Hilborn. 1996. Biomass dynamic models. User's manual. FAO. Computarized Information Series. Fish. FAO No. 10. Rome, FAO: 62pp.

Rivera B.J. 1981. Contribución al estudio biológico de lebrancha en la laguna de Pueblo Viejo, Veracruz, México. Tesis profesional. Fac. de Ciencias Biológicas. U.A.N.L. México.

Rodríguez de la C., M.C. 1988. Los recursos pesqueros de México y sus pesquerías. SEPESCA, México.

Santiago Z. A. 1987. Determinación de la edad y crecimiento de lisa, *Mugil cephalus* Linnaeus, en el sistema lagunar del Istmo de Tehuantepec, Oax. **Falta revista** México.

Schaefer, M. B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter. Am. Trop. Tuna Comm. 1:27-56.

Thomson, J.M. 1963. Synopsis of biological data on the grey mullet, *Mugil cephalus* Linnaeus 1758. División of Fisheries and Oceanography. Australia, June 1963.

Walters, C. J. 1986. Adaptive management of renewable resources. MacMillan, NewYork 374 pp.

Wong, M., & J. Vasconcelos 1988. Informe técnico para el establecimiento del periodo de veda de la lisa, *Mugil cephalus,* y lebrancha, *Mugil curema,* en ambos litorales de la República Mexicana. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). Dir. de Análisis de pesquerías. México.

Yáñez, A. A. 1975. Observaciones sobre *Mugil curema* Valenciennes en áreas naturales de crianza, alimentación, crecimiento, madurez y relaciones ecológicas. Centro de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. México. 93-124p.

caracol abanico
caracol
caracol
trompillo
Chacpel
Chacpel
Caribe
Caribe
rosado
caracol abanico
reina
caracol
blanco
Caracol
Caracol
Rosado
Rosado
caracol
reina
abanico
abanico
trompillo

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE CARACOL

ESPECIE: Caracol rosado (*Strombus gigas*).

- Es un recurso de gran tradición en Quintana Roó; está representado en el escudo oficial del estado.
- México ocupa el quinto lugar de producción en el Mar Caribe y ésta tuvo un valor de dos millones de pesos durante la temporada 1996-1997.
- Alcanza su madurez sexual a los tres años y su longevidad es de siete; puede llegar a pesar 5.5 kg.
- La pesquería fue cerrada totalmente de 1990 a 1996 en Quintana Roó (excepto el Banco Chinchorro) y en Yucatán está en veda permanente desde 1994.
- La pesca furtiva es un problema serio que requiere de la participación de los usuarios.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 42 t, el 9.27% con respecto al máximo histórico (1979).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Espacial estructurado por edades (YAREA).

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

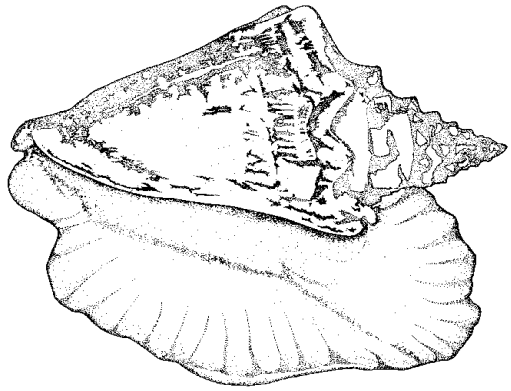
MEDIDAS DE MANEJO

- Talla mínima, cuotas de captura por regiones, veda total espacial y temporal por dos años (NOM-013-PESC-1994).

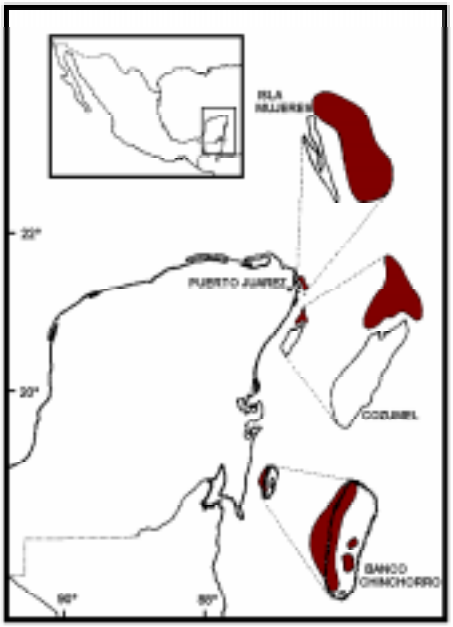
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Recuperación de la biomasa a por lo menos 500 toneladas.

CARACOL DEL CARIBE



Strombus gigas



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

El recurso caracol empezó a ser explotado comercialmente en las costas de la Península de Yucatán, a partir de la década de los cincuenta. Hasta 1986 la captura de caracol en México se componía de caracol rosado (*Strombus gigas*) como de caracol blanco (*S. costatus*), chacpel (*Pleuroploca gigantea*), tomburro (*Turbinella angulatus*) y caracol trompillo (*Busycon contrarium*). En la *figura 1* se presenta la tendencia de la captura en los dos estados productores de caracol: Yucatán y Quintana Roó. En la actualidad este último estado sostiene la pesquería, capturando únicamente caracol rosado en dos bancos de pesca: en Banco Chinchorro y en el de Cozumel (Fig. 2).

En los últimos años México ha ocupado el 5º lugar de los países productores de caracol en el Mar Caribe

El caracol rosado, de abanico o reina *S. gigas*, constituye para lascomunidades ribereñas del Caribe uno de los recursos pesqueros de mayor tradición e importancia. En Quintana Roó es el animal heráldico y se le encuentra representado en el escudo del estado, lo que le confiere además un alto valor social. Es una pesquería de importancia regional cuyo volumen de captura registrado para la temporada 1996-1997 es de 57 t estimándose un ingreso directo de 2 millones de pesos. En los últimos años México ha ocupado el 5º lugar de los países productores de caracol en el Mar Caribe.

BIOLOGIA

Strombus gigas es una especie típica de la fauna caribeña. Es poco frecuente a profundidades mayores de 40 m. Su reproducción se efectúa de mayo a diciembre, la hembra deposita de 300,000 a 500,000 huevecillos

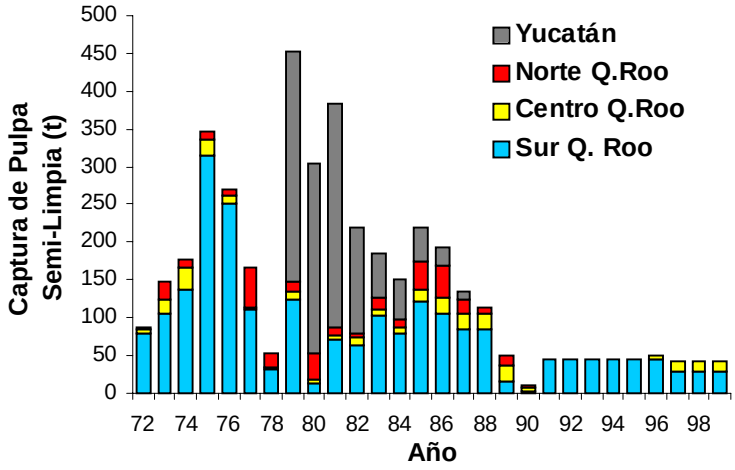


Fig. 1. Producción de caracol en México. Captura en Yucatán (1979-1986) y por zona de pesca en Quintana Roó (1972-1999).

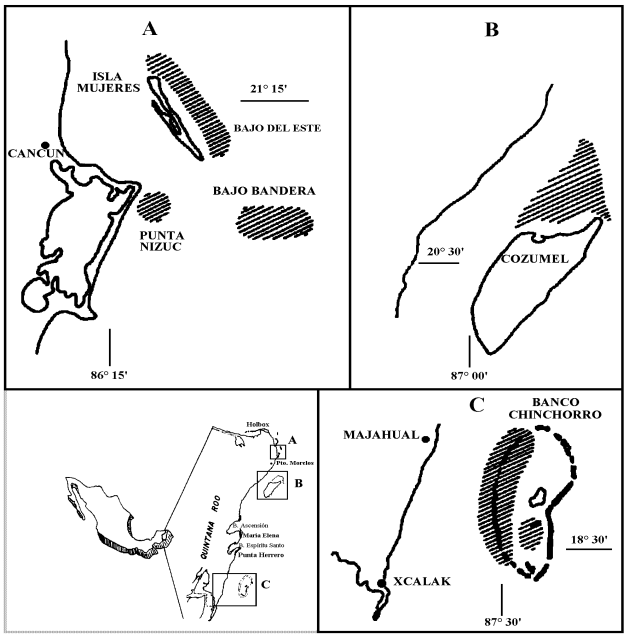


Fig. 2. Distribución de las zonas de pesca de caracol en Quintana Roó. A) Zona Norte; B) Zona Centro; C) Zona Sur.

por puesta. El número de masas de huevos (puestas) que *S. gigas* pone al año no está bien definido, aunque se han reportado tres o cuatro puestas por mes (Weil y Laughlin, 1984). Después de cinco a siete días eclosionan larvas véliger planctónicas. Entre los 20 a 25 días las larvas cambian sus hábitos planctónicos por epibénticos sufriendo una metamorfosis radical (Quijano, 1988), tras la cual los juveniles se mantienen

enterrados en la arena hasta después del primer año de vida. Al alcanzar una talla entre 50 y 70 mm de longitud de la concha, emergen de forma gradual (Stoner *et al.*, 1988). Después del asentamiento larval, los individuos de *S. gigas* permanecen durante toda su vida en el mismo banco, particularmente cuando éste es circundado por zonas profundas como es el caso de Banco Chinchorro y del Banco de Cozumel.

La madurez sexual se presenta a los 3 años de edad o alrededor de los 20 cm de longitud total, y se caracteriza por el desarrollo del abanico de su concha (Appeldoorn, 1988). *S. gigas* tiene una longevidad de 7 años, talla máxima de 29 cm de longitud total de la concha y peso máximo total (con concha) de 5.5 Kg, el cual rinde 400 gr de pulpa semi-limpia.

Es una especie herbívora ramoneadora (Warmke y Abbott, 1961), que se alimenta de algas epífitas adheridas a las rocas y pastos marinos (Randall, 1964), así como la cobertura de algas verde-azules que cubren los granos de arena (Jory, 1989). Se han reconocido dos tipos de movimientos o migraciones en corta escala, unos asociados al proceso reproductivo (Randall, 1964) y otros ontogenéticos (Hesse, 1979; Stoner *et al.,* 1988; Stoner, 1989).

Captura y Esfuerzo

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

Se estima que participan entre 115 y 130 pescadores en la captura de caracol en Banco Chinchorro y de 45 a 55 en Cozumel

Los pescadores de caracol están agrupados en sociedades cooperativas. Para la temporada de pesca 1998-1999, había 94 pescadores en las cooperativas de Banco Chinchorro y 42 en las de Cozumel, aunque este número varía anualmente por salida e ingreso de pescadores, pero no ha rebasado 120 en Banco Chinchorro y 50 en Cozumel. Estos pescadores representan a los socios de la cooperativa y aunque todos ellos tienen permiso de capturar caracol, hay algunos que por decisión propia no lo hacen. Sin embargo, es frecuente la participación de familiares no socios en algunas de las embarcaciones. Se ha estimado que pueden participar entre 115 y 130 pescadores en la captura de caracol en Banco Chinchorro y de 45 a 55 en Cozumel. En la *tabla 1*, se presenta la distribución de los pescadores-socios por unidad productora, así como el número de embarcaciones y el banco de operación.

Las embarcaciones son de fibra de vidrio de 18 a 26 pies de eslora (5.94 m y 8.58 m respectivamente), equipadas con motor fuera de borda de 48 a 55 CF (caballos de fuerza). El número efectivo de embarcaciones destinadas a la pesca de caracol también puede variar; se ha calculado que estas son 38 para Banco Chinchorro y 15 en Cozumel.

Tabla 1. Número de pescadores y embarcaciones por unidad productora.

Unidad Productora	Número de Pescadores	Número de Embarcaciones	Banco de Operación
SCPP “Andrés Quintana Roó”	35	18	Chinchorro
SCPP “Banco Chinchorro”	30	15	Chinchorro
SCPP “Langosteros del Caribe”	29	15	Chinchorro
SCPP “Pescadores de Cozumel”	42	25	Cozumel
Total	**136**	**73**	

El método de pesca depende de la profundidad a la que se captura las poblaciones de caracol. Banco Chinchorro es un atolón con una amplia laguna circundada por un borde arrecifal. *S. gigas* se distribuye dentro de la laguna, y sobre el márgen de sotavento desde la laguna, hasta una terraza de arena localizada a 30 m de profundidad. La pesca en este banco es a través del buceo libre y la captura se realiza a mano, dado que esta se efectúa en la laguna a una profundidad máxima de dos a seis m. La fracción de la población distribuida alrededor de 30 m de profundidad no es accesible a la captura por el método de pesca empleado. En el Banco de Cozumel, ya que las poblaciones se distribuyen entre los 25 y 32 m, se utiliza el buceo con tanque. El uso de la compresora (hooka) es esporádico en ambos bancos, sin embargo, las recomendaciones van dirigidas hacia su prohibición. En cualquiera de los métodos, las operaciones de pesca tienen una duración aproximada de seis a ocho horas. Las embarcaciones van tripuladas por tres o cuatro pescadores, en Banco Chinchorro dos bucean, mientras otro conduce la embarcación. En Cozumel un pescador bucea, otro lo cuida desde la superficie del agua y el otro conduce. Un cuarto tripulante puede ir como buzo o bien ayudando a desconchar el caracol. El puesto de buzo se va rotando entre los tripulantes. Se ha estimado que un buzo pesca por día cuatro horas en Banco Chinchorro (esnórquel) y dos horas en Cozumel (tanques).

La captura está limitada con cuotas, para Banco Chinchorro durante las últimas tres temporadas de pesca la cuota ha sido de 30 t anuales y 12 t para Cozumel. Estas son divididas proporcionalmente en los seis meses que dura la temporada de pesca: noviembre a abril. La Delegación de la SEMARNAP define mensualmente las fechas de apertura de la pesca. Para Banco Chinchorro, durante varios años se permitía la captura de caracol durante dos o tres días al mes (12 a 15 días de pesca al año), para todos los pescadores de las tres cooperativas. Actualmente el número de días para pescar la cuota se ha incrementado; en los últimos años se han requerido de seis días para reunir la cuota mensual (7.5 t). Los pescadores de Cozumel la reunieron en cinco días (2 t).

◤*Tendencias históricas*

En sus inicios la pesquería de caracol era de libre acceso, no fue sino hasta 1987 cuando se establece una cuota de captura publicada en el Diario Oficial de la Federación

La captura de caracol comenzó a ser registrada oficialmente en Quintana Roó en 1972 y hasta 1979 en Yucatán. La mayor producción se alcanzó en Quintana Roó durante 1975 y 1976 con 350 y 270 t, respectivamente (Fig. 1). Frecuentemente se hace mención a la abundancia de caracol que existía en la década de los setentas y a la drástica declinación de las capturas en los años subsecuentes. Sin embargo, una proporción de la captura en 1975 y 76 fue realizada en sus bancos de pesca de Belice y comercializada a través de pescadores mexicanos del sur de Quintana Roó, por lo que dichas cifras récord deben tomarse con cautela a fin de no sobre-dimensionar la población de caracol y su consecuente deterioro.

En Quintana Roó el registro de la captura de los recursos pesqueros tradicionalmente se ha dividido en tres zonas: la zona norte abarca de Holbox a Puerto Morelos; la zona centro las Bahías de la Ascención y Espíritu Santo incluyendo Cozumel; y la zona sur cubre el resto del litoral hacia el sur. Los bancos de caracol en cada una de estas zonas son los siguientes: El Bajo del Este, Bajo Banderas y Punta Nizuc en la zona norte; el Banco de Cozumel en la zona centro y Banco Chinchorro en el sur (Fig. 2). La captura de caracol en la zona norte corresponde a la producción de los tres bancos señalados (Fig.1), pero frecuentemente se hace referencia a la pesquería de caracol en Isla Mujeres por su cercanía con ésta y porque son sus pescadores quienes intervienen en la explotación de estos bancos. La importancia histórica de las zonas norte, centro y sur en la producción estatal se presenta en la *figura 1*. La zona sur (Banco Chinchorro) ha sido la más productiva, seguida por los bancos de la zona norte. Cabe señalar que en la zona costera del litoral de Quintana Roó también se capturaba caracol, pero la mayor parte se extraía de los bancos, lo cual se fue acentuando por el incremento de habitantes en la costa y la subsecuente sobreexplotación del caracol en esta zona. En tiempos recientes sólo las costas de Punta Herrero (Fig. 2), que son las menos pobladas, mantienen densidades de caracol de 0.07 ind/m^2 (Cruz, 1995).

En sus inicios, la pesquería de caracol era de libre acceso. Desde 1976, dio inicio en Quintana Roó, la asignación de cuotas de captura por banco de pesca, aunque estas eran determinadas de forma irregular. En 1981 se permitió el acceso sólo a pescadores agrupados en cooperativas (D. Fuentes, INP, com. pers., 1996). En 1983, se decretó una veda de dos meses y medio y en 1987 entra en vigor una cuota oficial de captura de 77 t de pulpa de caracol, distribuida de la siguiente manera: 23 t para la zona norte, 4 t en el centro y en el sur 50 t. Sin embargo, hasta principios de 1990 la tendencia de las capturas continuaba siendo negativa (Fig. 1), por lo que bajo consenso, gobierno y pescadores, acordaron cerrar por un periodo de tres a cinco años, todas las zonas de pesca, a excepción de Banco Chinchorro, donde se autorizó una cuota de 45 t anuales. Esta se mantuvo hasta 1996, temporada en la que aún el número de viajes de pesca (embarcación/día) era de 450 a 600 al año, con una CPUE entre 75 y 100 kg de pulpa semi-limpia por viaje. Durante los últimos años se ha incrementado la pesca furtiva, tal vez como resultado de una menor intensidad de las actividades de inspección y vigilancia. En la temporada de captura noviembre de 1996-abril de 1997, la CPUE descendió a ±30 Kg/viaje. Esta situación de deterioro propició medidas de manejo más rigurosas rientadas al cierre del Banco a la pesca por un periodo de dos años o disminuir las cuotas de captura. La última opción fue acordada con los usuarios del recurso, recomendando que a partir de 1997 se asignaran cuotas de 30 t anuales de pulpa semi-limpia de caracol por un periodo de cuatro años.

Después de realizar estudios de abundancia poblacional, se autorizó en 1996 la reapertura de la pesquería en Cozumel con 12 t anuales de pulpa de caracol. Punta Nizuc (Fig. 2) actualmente forma parte de un parque marino y la captura de caracol no está permitida. En el Bajo del Este y Bajo Banderas continúa la veda a pesar de observarse adecuadas densidades de caracol para su extracción. Los bancos son pequeños en relación al número de pescadores de Isla Mujeres, por lo que aquí el problema es de asignación de la cuota de captura. Debido a ello aún no se autoriza la captura en esta zona de pesca.

La captura en Yucatán presentó una drástica declinación desde 1979 hasta llegar a 10 t en 1987 (Rodríguez, 1994), cuando se hizo necesario decretar una veda total, hasta la fecha. En 1994 se realizó una evaluación de las poblaciones en los bancos de pesca tradicionales, sin que se determinara factible reanudar la captura (Pérez y Cervera, 1994).

El caracol rosado es capturado actualmente en Banco Chinchorro y en Cozumel; por ello el presente análisis se basa en el estado de las poblaciones y su pesquería en estas zonas.

◤*Pesca incidental y descartes*

La captura de caracol rosado se realiza por medio de buceo y de manera manual, en una pesca totalmente dirigida a la especie, por lo que no hay pesca incidental ni descartes de otras especies.

◤*Interacción con otras pesquerías*

En Quintana Roó, la base de la economía de los pescadores artesanales agrupados en cooperativas es la captura de langosta, y el segundo recurso más importante para las SCPP señaladas en la *tabla 1*, es el caracol. Esto es debido a las ganancias que genera y además, porque representa una fuente alternativa de ingresos durante dos de los cuatro meses de veda de langosta (marzo a junio). De noviembre a febrero, cuando los pescadores capturan tanto langosta como caracol, este último se pesca en Banco Chinchorro sólo dos o tres días al mes (seis días como en la última temporada) y cinco días al mes en Cozumel; los días restantes se dedican a la captura de langosta.

De las 25 lanchas de la SCPP “Pescadores de Cozumel” sólo 15 intervienen en la captura de caracol, el resto realizan la pesca de langosta. Para las cooperativas de Banco Chinchorro, se ha calculado que sólo operan 38. Algunos de los pescadores de la SCPP “Andrés Quintana Roó”, se dedican a la pesca de escama y langosta en la zona costera cercana al poblado de Xcalak, que es donde residen.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

La captura de caracol tiene bajos costos de producción. Hasta 1995, en Banco Chinchorro durante la temporada de captura en 2-2.5 días al mes se reunían 7.5 t de pulpa de caracol. Tripulando 38 lanchas, el gasto de combustible por día de pesca/lancha es de alrededor de 40 l.

Del caracol, solo se comercializa la pulpa, las conchas son devueltas al mar o en ocasiones se venden como "souvenirs" o para la fabricación de artesanías

Del caracol se comercializa sólo su pulpa. Las conchas en su mayoría son devueltas al mar casi en el mismo sitio de la extracción, otras en ocasiones son vendidas como *souvenir* o para la fabricación de artesanías. La captura y comercialización de caracol requiere poca infraestructura pesquera. Cada cooperativa de Banco Chinchorro cuenta con una embarcación nodriza para el transporte de la cuota de captura a los muelles de descarga, el cual puede ser en Majahual o en Chetumal. En Cozumel cada embarcación se encarga de transportar su captura a la playa, en donde se recepciona. La comercialización se efectúa en la Isla de Cozumel. Ninguna transformación se realiza a la pulpa de caracol. Todo el caracol capturado en México es comercializado en el mercado interno en presentación congelada. Una proporción se destina para abastecer la demanda de Quintana Roó y otra parte es consumida en el estado de Veracruz. Cabe señalar que el turismo extranjero que visita Cancún no es un fuerte consumidor de este producto.

MANEJO

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La captura de caracol se rige por la NOM-013-PESC-1994, decretada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de abril de 1995. Esta norma establece una talla mínima de captura de 20 cm de longitud total de la concha, bajo el criterio que la edad de madurez sexual la alcanzan a esa talla. El método de pesca autorizado es el buceo semiautónomo (esnórquel) y autónomo (tanques). Asimismo, establece cuotas para limitar la captura, mismas que se determinan con base en los resultados de las investigaciones científicas y la cantidad de equipos autorizados se asignan en función de las cuotas. Las obligaciones del permisionario decretadas en la norma son: presentar un reporte mensual de sus operaciones de extracción así como participar en los programas de investigación que lleve a cabo la SEMARNAP. Esta norma se complementa con el aviso que da a conocer el establecimiento de épocas y zonas de veda para la pesca de diferentes especies de la fauna acuática, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 16 de marzo de 1994, la cual determina para *S. gigas* una temporada de veda del 1º de mayo al 31 de octubre.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

En Banco Chinchorro, diversas instituciones de investigación como CIQRO (ahora ECOSUR), CINVESTAV, Unidad Mérida y el CRIP Puerto Morelos (INP) han investigado la abundancia, crecimiento, mortalidad y sobrevivencia, así como la estructura de la población, entre otros aspectos (Quijano, 1988; Navarrete, *et al.,* 1994; Chávez y Arreguín, 1994; Cruz, *et al.*, 1994). Esto ha permitido el uso de modelos para determinar la situación actual del recurso y explorar estrategias de manejo. Para las poblaciones de Cozumel e Isla Mujeres, se carece de esta información, por ello el Instituto Nacional de la Pesca, a partir de 1996, ha dirigido investigaciones hacia estas zonas.

• ***Banco Chinchorro***

En esta zona se han realizado estimaciones anuales de densidad desde 1989 y hasta la fecha, que han variado de 0.13 a 0.05 m^2 con pronunciada tendencia hacia la disminución en los últimos dos años. La densidad se ha obtenido mediante conteos de individuos en cuadrantes circulares de 100 m^2. Los caracoles contenidos en el cuadrante son medidos para calcular la biomasa tomando en cuenta la estructura de la población. Durante los primeros años de investigación se determinó, entre otras relaciones morfométricas, la relación peso de pulpa-longitud total, se calculó la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy, mortalidad total, selectividad del arte de pesca al 50 y 75%, área de distribución de la población y se realizaron las primeras estimaciones de reclutamiento. Otros valores calculados fueron el grado de contagio entre los individuos (desviación estándar -DS- de la distribución al centro del parche) y el área barrida por unidad de esfuerzo. Con esta información disponible se integraron los parámetros de entrada al modelo empleado para el análisis y manejo de la población. La mortalidad natural fue seleccionada del análisis de valores reportados en la literatura (Appeldoorn, 1988; Padilla, 1992; Navarrete, *et al.* 1994; Rathier y Battaglya, 1994). En la *tabla 2* se resumen los parámetros de entrada del modelo y el método empleado en la obtención de los parámetros.

Tabla 2. Valor de los parámetros de entrada al modelo Yarea (después del proceso de afinación).

PARÁMETRO	VALOR	MÉTODO
k de la ECvB	0.3 / año	FISAT
t_o de la ECvB	0.002 / año	FISAT
L_α de la ECvB	298 mm	FISAT
W_α	400 gr.	Regresión potencial largo-peso
Longevidad	7 años	FISAT
Mortalidad Natural	0.69 / año	Literatura
Reclutamiento medio	8´000,000	Jones, 1984
DS del reclutamiento	0	
DS distribución del parche	0.10	Vecino más Cercano
Área ocupada por el stock	40 km^2	CAMRIS (SIG)
Área barrida por día	0.049 km^2	Velocidad x tiempo (observación de campo)
Longitud al 50% de selectividad	202 mm	Ojiva de selectividad
Longitud al 75% de selectividad	214 mm	Ojiva de selectividad
Probabilidad de captura	1	Observación de campo
Esfuerzo total anual (No. de lanchas x días efectivos de pesca)	± 500 viajes	Información de los pescadores
B_{max} por unidad de área	± 3.85 t / km^2	Análisis de la distribución y abundancia

EcvB = ecuación de crecimiento de von Bertalanffy; DS = desviación estándar

◤ *Modelo*

Para describir la dinámica de la población de *S. gigas* en Banco Chinchorro, así como su pesquería, se empleó el modelo YAREA del programa SPATIAL (Seijo *et al*., 1993). Este es un modelo de estructura por edades que representa la distribución y dinámica espacial de la biomasa y del esfuerzo de pesca. YAREA considera un campo de pesca dividido en unidades de área geográficamente contiguas (rejilla), sobre la que se distribuye una población sedentaria, sin migración de los individuos entre las unidades. La información espacial sobre las características geográficas de la zona de pesca y de biomasa máxima del recurso (B_{max}), se proporcionan para cada unidad de área.

El modelo supone que un cierto número de reclutas (de edad 1) son adicionados al stock de forma instantánea y al principio de cada año, durante periodos de tiempo anual sucesivos, formando parches o camas distribuidas aleatoriamente sobre el campo de pesca, pudiéndose sobrelapar parches de la misma o de diferente cohorte (Caddy, 1975).

La densidad de los parches está limitada por la B_{max} de cada unidad de área. La densidad va disminuyendo a medida que aumenta la distancia al centro del parche. Esta declinación se simula por medio de una distribución normal bivariada; el programa para generarla requiere la varianza de la distribución como parámetro de entrada (Seijo *et al*., 1993).

$$R_{ij} = \frac{NT}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\left(-x^2/2\sigma^2\right)} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

R_{ij} = es el número de reclutas asignados a la unidad de area ij.
NT = número de reclutas en cada parche antes de limitar la biomasa.
x = distancia de la unidad de área ij al centro del parche.
σ = desviación estándar (DS) de la distribución del parche.

La distancia al centro del parche (x), se estima con la siguiente ecuación:

$$x = \sqrt{(TSG(y-i))^2 + (TTG(z-j))^2} \quad \text{.....(2)}$$

donde:

TSG = longitud de la unidad de área
TTG = amplitud de la unidad de área
i =1,2,3,.....,SG (renglones de la rejilla)
j =1,2,3,.....,TG (columnas de la rejilla)
y = SG/2
z = TG/2

El número anual de reclutas [$R(t)$] se puede especificar de forma determinística o estocástica mediante una función stock-reclutamiento a través del modelo de Beverton y Holt (Seijo *et al*., 1993). Dependiendo de la información disponible de la especie, se podrá ejecutar el programa con reclutamiento constante o variable:

$$R(t) = B(t) + R_{\max} / (TB_{\max} + B(t)) + RN(t) \quad \text{.....(3)}$$

donde:

B(t) = biomasa total en el tiempo (t)
RN(t) = variable aleatoria con distribución normal
TB_{max} = Suma de la biomasa máxima de cada unidad de área
R_{max} = Reclutamiento máximo de la población

La fracción del esfuerzo asignado dentro de cada unidad de área en una zona de pesca, lo determina la biomasa local disponible (asignación de esfuerzo proporcional). La mortalidad natural se asume como constante para todas las edades. La mortalidad por pesca se calcula para cada grupo de edad y para todas las áreas, en función de la capturabilidad, selectividad por edad y esfuerzo de pesca, de donde se estima una población residual (número de sobrevivientes en el tiempo t+1) (Caddy, 1975; Seijo *et al.,* 1993).

$$N_{ij}k(t+Dt) = N_{ij}k(t) + \int_{t}^{t+dt} (S_{ij}k-1(t) * N_{ij}k-1(t) - N_{ij}k(t))dt \quad \text{.....(4)}$$

donde:

$N_{ij}k\ (t+DT)$ = Sobrevivientes por edad *k* por unidad de área *ij* en el tiempo
$S_{ij}k\ (t)$ = Tasa de sobrevivencia de los individuos de edad *k* localizado en el sitio *ij*

$$S_{ij}k\ (t) = 1 - (FR_{ij}k\ (t) + MR) \quad \text{.....(5)}$$

donde:

$FR_{ij}k$ = Mortalidad por pesca específica por edad *k* y en función de la intensidad de pesca asignada al sitio *ij*.
MR = Mortalidad natural.

$$FR_{ij}k\ (t) = q_k * f_{ij}\ (t) \quad \text{.....(6)}$$

donde:

q_k = Selectividad del arte a la edad *k*
$f_{ij}\ (t)$ = Intensidad de pesca en la unidad de area ij en el tiempo *t*

$$f_{ij}(t) = \frac{CPUE_{ij}(t)}{CPUET\ (t)} * FT \quad \text{.....(7)}$$

donde:

FT = Esfuerzo total por año
$CPUE_{ij}\ (t)$ = Captura por unidad de esfuerzo en el sitio *ij* en el tiempo *t*

$$CPUET\ (t) = \sum_{i}^{S}\sum_{j}^{T} CPUEij$$

La distribución de la biomasa en el sistema simulado se representa en la *figura 3.* Esta es la distribución media de cuatro simulaciones con igual conjunto de parámetros. Las áreas de mayor abundancia en el sistema simulado corresponden a las zonas del Banco conocidas como “Isla Ché” y “las Cordilleras”, sin embargo, cabe mencionar que Yarea es un modelo estocástico y en muchas salidas del modelo “Isla Ché” representa a la zona de mayor abundancia, la cual declina en años sucesivos por la aplicación de una mayor intensidad de esfuerzo de pesca.

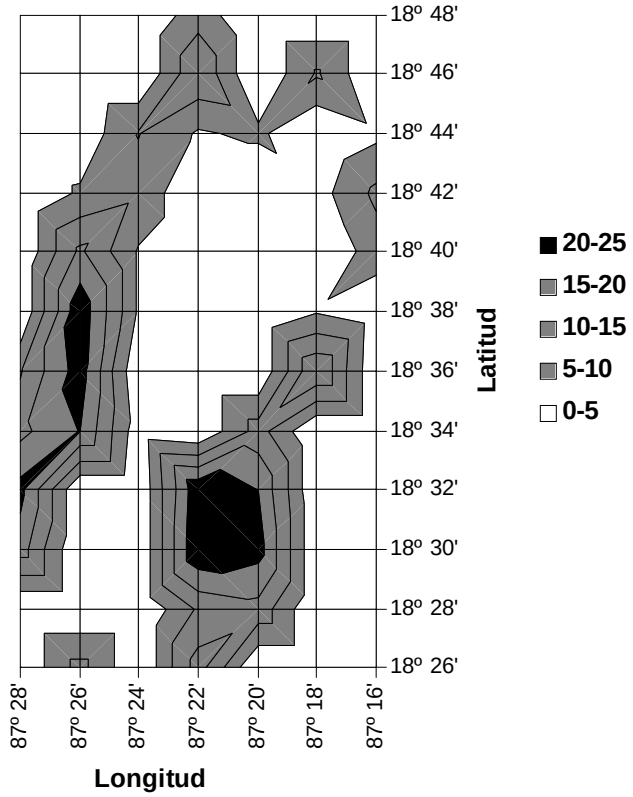


Fig. 3. Distribución de la biomasa de pulpa de caracol (*Strombus gigas*) en el sistema simulado para Banco Chinchorro, Quintana Roó.

Con el modelo de simulación Yarea se representó el escenario de la situación que pudo haber prevalecido en los últimos años en Banco Chinchorro. En la *figura 4*, se observa el comportamiento de la biomasa, captura y CPUE incrementando el nivel de esfuerzo(f) de 500 viajes (es el estimado hasta 1995 en el sistema real), a 1000, 1500 y 1800 viajes, iniciando los primeros 10 años de simulación con f = 500, e introduciendo el cambio en los siguientes 10 años. Nótese que a partir del año 7 el sistema se estabiliza, porque es el tiempo de longevidad de la especie. Para observar el rápido decremento de la abundancia que sufrió la población de caracol en los últimos años, el esfuerzo aplicado en el sistema real debió ser entre 1500 y 1800 viajes al año. En la *figura 4c*, se observa cómo con este esfuerzo se alcanzó en tres años una CPUE de alrededor de 30 kg/viaje, que es la observada en la última temporada de captura. El modelo calcula para una f = 0 una biomasa del orden de 800 a 1000 t y con una f = 500 viajes de 470 t ±15 (Fig. 4a). La biomasa total de la población calculada con el modelo es más realista que la determinada al multiplicar la densidad

A partir del año siete, el sistema se estabiliza, debido a que es el tiempo de longevidad de la especie

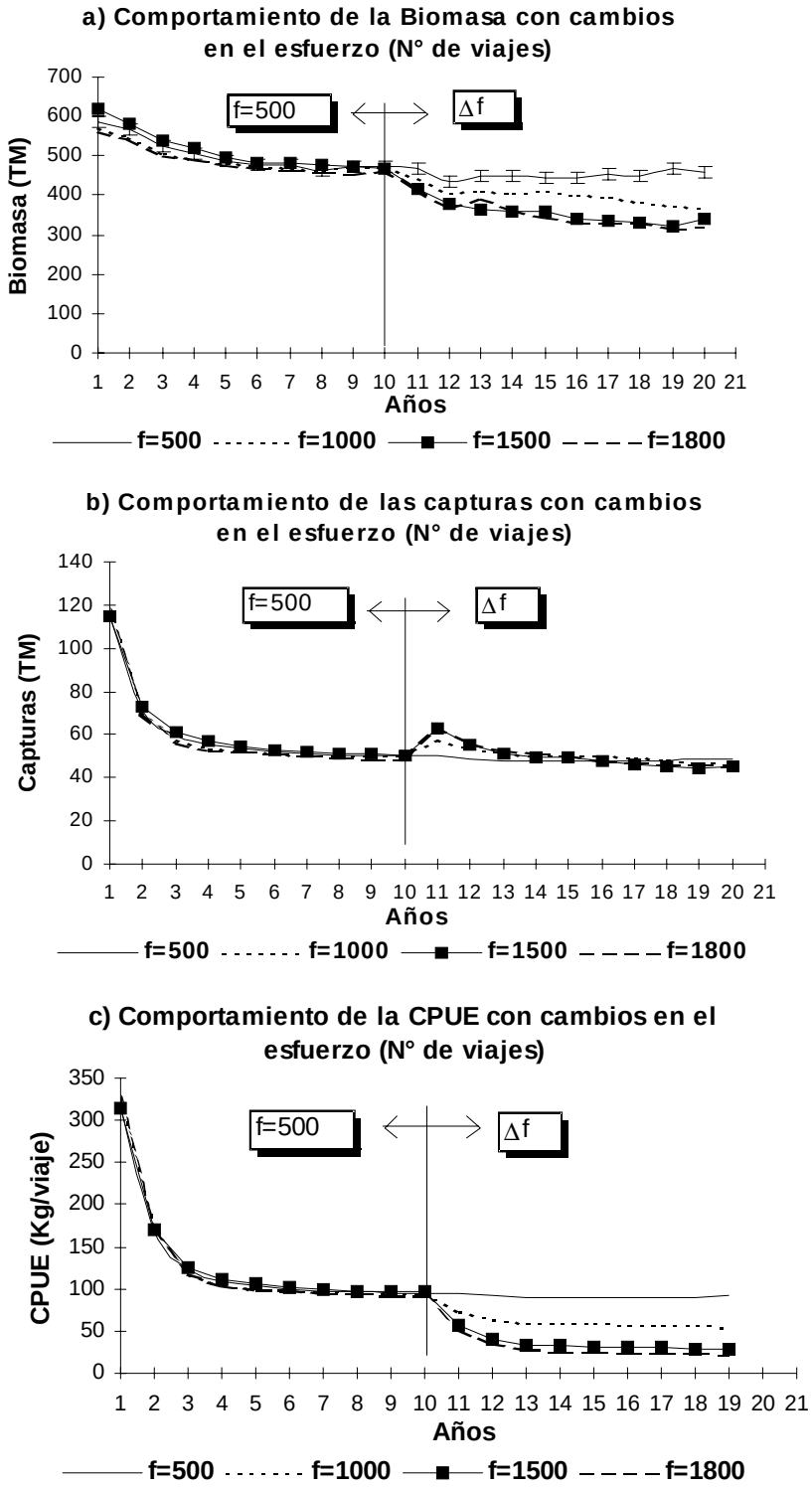


Fig. 4. Comportamiento de la biomasa, esfuerzo y CPUE en el sistema simulado para la pesquería de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro. Los primeros 10 años se ejecutaron con una f = 500, a partir del año 10 se introducen los cambios en el esfuerzo.

por el área de distribución del stock, debido a que frecuentemente se tiende a sobrestimar este último, al estar los individuos distribuidos de forma agregada. Esto último ocurrió para Banco Chinchorro, en donde la biomasa había sido determinada en 2500 t (Cruz *et al.*, 1994). No se tiene suficiente información de las variaciones anuales en el reclutamiento, por ello el modelo se corrió sin variaciones (DS = 0). Sin embargo, al estar presentes en la naturaleza estos cambios, la biomasa con una f = 500 puede tener una oscilación mayor a las 15 t calculadas con los datos actuales. Durante 8 años (1987-1995) la abundancia de caracol se mantuvo estable con un esfuerzo de 500 viajes al año. Con base en el modelo presentado, la biomasa sostenible para ese nivel de esfuerzo casi es de 470 t ±15. Esta se determinó como el Punto de Referencia Objetivo (PRO) para el actual manejo de la pesquería. La CPUE para estos niveles de biomasa es de 70 a 100 kg/viaje, lo cual puede ser observado durante las capturas comerciales.

Con el incremento en el esfuerzo, las capturas aumentaron para posteriormente descender a ±40 t (Fig. 4b), no obstante los bajos niveles de CPUE provocaron una reducción en la renta de la pesquería. Por esto último los pescadores con acceso a la captura solicitaron que se interviniera con una estrategia de recuperación de la población. Dentro de los escenarios analizados en ese momento fue una veda total por un periodo de dos años. Sin embargo, las condiciones económicas de los pescadores y la organización en las estrategias de vigilancia no fueron propicias para implementar dicha medida, y en su lugar se adoptó una reducción en el esfuerzo de pesca disminuyendo la cuota de captura de 45 t a 30 t.

Realizando corridas de simulación con el modelo YAREA y aplicando como estrategia de manejo la reducción de la cuota de captura, se observa que bajo este nivel de explotación la biomasa de la población alcanza el PRO después de cuatro años de implementarse (Fig. 5). Evidentemente en ausencia de pesca furtiva. Una vez alcanzado el PRO, será necesario mantener las medidas de administración vigentes y una cuota de 45 t anuales.

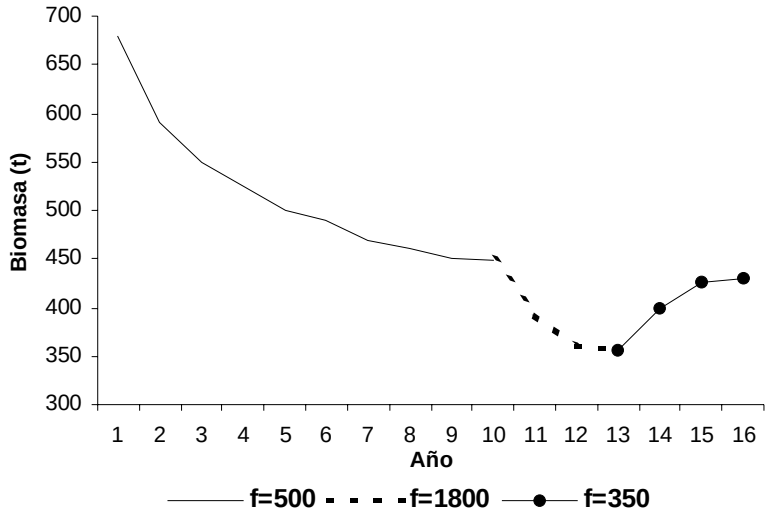


Fig. 5. Escenario para la pesquería de *Strombus gigas* en Banco Chinchorro, representando los cambios en biomasa con un esfuerzo de 500 viajes de pesca (captura = 45 t), un posterior incremento en el esfuerzo a 1800 viajes y una estrategia de restablecimiento de la población con disminución del esfuerzo de pesca a 350 viajes al año (captura = 30 t).

• ***Banco de Cozumel***

En Cozumel se ha evaluado a la población en 1986, 1989, 1994 y 1996, continuando con el monitoreo de la población durante los años 1997-1999. En la *figura 6*, se presenta la tendencia de la densidad. Como ya se mencionó, no hay suficiente información disponible de la población de *S. gigas* en Cozumel para el uso de

un modelo de estructura por edades, ni información precisa del esfuerzo de pesca aplicado y sus capturas. Lo que sí es evidente, es la recuperación que ha mostrado la población durante una veda de seis años (Fig. 6), pese a que hubo pesca clandestina. La población disminuyó a bajos niveles de abundancia (0.0024/m^2) y con diferentes medidas de manejo, algunas de ellas drásticas como la veda total, la población pudo recuperarse hasta alcanzar una densidad de 0.08/m^2. Esta densidad media puede representar el mayor tamaño poblacional que *S. gigas* podrá alcanzar en Cozumel (Basurto *et al.,* 1998). El tamaño máximo de la población representa también al valor de B_o, o biomasa al inicio de la pesquería. En tanto se logra obtener una más completa información de la población (crecimiento, mortalidad, reclutamiento, selectividad, distribución y abundancia, etc.) para fijar un PRO, es posible como medida precautoria determinar un punto de referencia límite (PRL) en una densidad de 0.04/m^2 (B_o/2). Este PRL deberá ser redefinido al contar con más datos. En noviembre de 1996 se abrió nuevamente la pesquería, con una cuota anual de 12 t. En caso de observar a la población próxima a ese PRL, se recomendará evitar expedir los permisos de pesca por ese año o bien explorar una disminución del tamaño de la cuota.

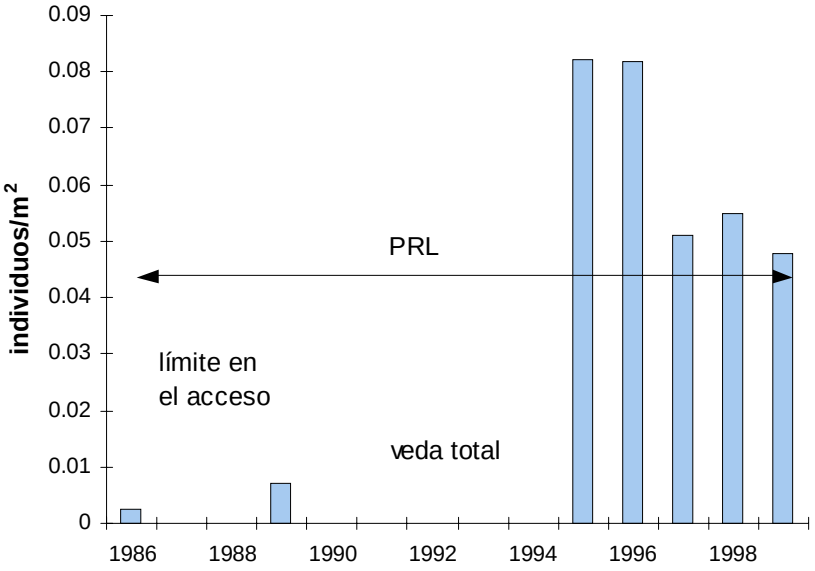


Fig. 6. Densidad media de *Strombus gigas* en el Banco de Cozumel, durante el periodo de 1986 a 1999. Se presentan las principales medidas de regulación que rigieron en algunas etapas. Se señala la ubicación del punto de referencia límite (PRL).

◤ *Estado actual de la pesquería de caracol rosado*

Strombus gigas es una especie muy vulnerable al sistema de pesca, lo cual la hace susceptible a una declinación de sus poblaciones al incrementarse el esfuerzo de pesca. En Banco Chinchorro se pudieron observar en corto tiempo los efectos de una mayor pesca clandestina. Sin embargo, a su favor, la especie ha mostrado poseer una alta capacidad de recuperación en corto plazo. De los dos bancos de caracol explotados en Quintana Roó: Cozumel y Banco Chinchorro, el primero tiene un nivel de aprovechamiento adecuado. El esfuerzo de pesca no debe incrementarse, y debe limitarse la extracción a 12 t anuales de pulpa de caracol. Sin embargo, es necesario continuar llevándolas a cabo para tener la precaución de no rebasar el punto de referencia límite (0.04/m^2). En Banco Chinchorro es conveniente mantener las estrategias de recuperación de la población hasta alcanzar el PRO de 500 t de biomasa y de 70 a 100 kg/viaje de pesca, lo que permitirá una captura de 45 t en 12 a 15 días de pesca al año. Estas estrategias deben ir acompañadas de efectivos programas de vigilancia para garantizar una real disminución de la explotación del recurso.

PERSPECTIVAS:

En el estado actual, la pesquería de *S. gigas* en México no alcanzará los niveles de producción superiores a las 57 t que se alcanzaron en los últimos años. Sin embargo, con la aplicación de las estrategias descritas las poblaciones no estarán en riesgo, al menos en los bancos estudiados. Es posible que en años próximos algunos bancos de caracol en Yucatán puedan reabrirse a la pesca, siempre y cuando se encuentre un mecanismo de control del esfuerzo de pesca. Esto último se aplica para la pesquería de caracol en Isla Mujeres. La pesca clandestina es un fuerte problema por resolver; el presupuesto que el Estado asigna a las labores de inspección y vigilancia siempre se encontrará por debajo de las necesidades. Uno de los más afectados por un mal proceso de vigilancia es el pescador con derecho a ejercer la pesca del recurso, y por ello es conveniente analizar opciones de manejo en donde el pescador pueda pagar los costos de vigilancia o bien reestructurar el sistema de vigilancia con participación de los pescadores regularizados. Explorar y probar otras opciones de manejo con el objetivo de incrementar la productividad de las zonas de pesca, como por ejemplo la rotación de áreas de captura, constituye una probable alternativa para el incremento de la producción.

La pesca clandestina es un grave problema difícil de resolver que se debe afrontar

Programas como repoblar antiguas zonas de pesca de caracol constituye otra opción, pero muchas de las zonas están vinculadas a la costa y ahora estos sitios son ocupados en la industria turística o son potenciales para ese desarrollo. El cultivo o semi-cultivo de la especie ha sido mencionado como una estrategia para incrementar la producción; desafortunadamente los paquetes tecnológicos aún no son económicamente factibles.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

▼*Necesidades de investigación*

Se carece de suficiente información sobre distribución, abundancia y deriva larval de *S. gigas* en las costas mexicanas y en el Caribe, la cual es necesaria para profundizar en el conocimiento sobre la dinámica de las poblaciones y determinar con mayor precisión aspectos de reclutamiento en los diferentes bancos de pesca. Instituciones de Investigación como ECOSUR, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en Puerto Morelos (UNAM) y el CINVESTAV, Unidad Mérida, cuentan con especialistas en el estudio de este tema, cuya contribución puede representar una valiosa aportación al conocimiento del recurso. El uso de otros métodos demográficos como tablas de vida, dependen fundamentalmente de contar con datos confiables de la fecundidad de las diferentes poblaciones. Este es un aspecto que no ha recibido la suficiente atención por parte de la comunidad científica. Uno de los compromisos es mantener el tamaño de las poblaciones dentro de los límites permitidos o señalados anteriormente. Para ello se desarrolla un programa de monitoreo de las poblaciones sujetas a explotación comercial, lo que permite contar con información oportuna para atender las demandas y necesidades del sector pesquero. Por consiguiente estudios de abundancia poblacional y manejo pesquero es la contribución que el Instituto Nacional de la Pesca aporta al conocimiento del recurso. No obstante, es necesario avanzar hacia nuevas fórmulas de manejo basadas en la activa participación de los usuarios del recurso, es decir experimentar en mayor medida en el campo del co-manejo.

Uno de los compromisos del Gobierno Mexicano es mantener el tamaño de las poblaciones dentro de los límites permitidos señalados

REFERENCIAS

Appeldoorn, R.S. 1988. Age determination, growth, mortality, and age of first reproduction in adult queen conch, *Strombus gigas* L., off Puerto Rico. Fish. Res. 6(4):363-378.

Basurto, M., D. Martínez & P. Cadena. 1998. Evaluación de la población de caracol rosado *Strombus gigas* en la plataforma marina de Isla Mujeres y Cozumel, Quintana Roó. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Caddy, J.F. 1975. Spatial models for an exploited shellfish population, and its application to George Bank scallop fishery. J. Fish. Res. Bd. Can. 32:1305-1328.

Chavez, E. & F. Arreguin. 1994. Simulation modeling for conch fishery management. 125-136. *En*: Appeldoorn & Rodríguez (eds.) Biología, pesquería y cultivo del caracol *Strombus gigas*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Ven. 356:125-136.

-Cruz, O. 1995. Evaluación poblacional a los recursos pesqueros almeja blanca (*Codakia orbicularis*) y caracol rosado (*Strombus gigas*) en la Bahía de Punta Herrero de la zona sur de Quintana Roó. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Cruz, O., M. Basurto, D. Martínez, P. Cadena & R. Fanjul. 1994. Informe final de investigación biológica pesquera del caracol rosado (*S. gigas*) en Banco Chinchorro, Quintana Roó. CRIP Puerto Morelos. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Hesse, K.O. 1979. Movement and migration of the queen conch, *Strombus gigas*, in the Turks and Caicos Islands. Bull. Mar. Sci. 29(3):303-311.

Jones, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap. 256.

Jory, D.E. 1989. La sobreexplotación del caracol, *Strombus gigas* impone la conservación y el cultivo. Técnica Pesquera 22 (252):10-15.

Navarrete, A., J. Oliva, A. Pelayo, M. Góngora, A. Medina & M. Domínguez-Viveros. 1994. Desarrollo científico y tecnológico para el cultivo de caracol. Convenio CIQRO/SEPESCA.

Padilla S., C. 1992. Estimación de tamaños poblacionales y patrones de movimiento en poblaciones de *Strombus gigas* en Quintana Roó, México. Tesis de Maestría. Fac. de Ciencias. UNAM. México.

Perez, M. & K. Cervera. 1994. Dictamen técnico para la administración del recurso caracol en la zona concesionada a la SCPP “Pescadores de Dzilam de Bravo” SCL. CRIP Yucalpetén. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Quijano, F.A. 1988. El recurso caracolero en el caribe mexicano. *En:* Los Recursos Pesqueros del País. INP. Mem. XXV Aniversario. SEPESCA. pp: 497-512.

Randall, J.E. 1964. Contributions to the biology of the queen conch, *Strombus gigas*. Bull. Mar. Sci. 14: 246-295.

Rathier, Y., & A. Battaglya. 1994. Assessment of the Martinique queen conch fishery and management perspectives. *En:* Appeldoorn & Rodríguez. (eds.) Biología, pesquería y cultivo del caracol *Strombus gigas*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Ven. 356:29-50.

Rodríguez, L.A. 1994. Análisis de la evolución de la pesquería del caracol en dos estados de la Península de Yucatán, México y en una cooperativa de pescadores. *En*: Appeldoorn & Rodríguez (eds.) Biología, pesquería y cultivo del caracol, *Strombus gigas*. Fundación Científica Los Roques, Caracas, Ven. 356:113-124.

Seijo, J.C., J. Caddy & J. Euan. 1993. Spatial: Space-Time dynamics in marine fisheries, a bio-economic software package for sedentary species, FAO Computerized Information Series (Fisheries). No. 6 Rome. FAO: 116p.

Stoner, A.W., R.N. Lipcius, L.S. Marshall Jr. & A.T. Bardales. 1988. Synchronous emergence and mass migration in juvenile queen conch. Mar. Ecol. Prog. Ser. 49 (1-2):51-55.

Stoner, A.W. 1989. Winter mass migration of juvenile queen conch, *Strombus gigas,* and their influence on the benthic environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 56:99-104.

Warmke, G.L. & R.T. Abbott. 1961. Caribbean Seashells. Dover Publications, Inc.

Weil, E. & R. Laughlin. 1984. Biology, population dynamics and reproduction of the queen conch *Strombus gigas* Linné, in the Archipelago de Los Roques National Park. J. Shellfish Res. 4(1): 45-62.

jaiba
del
Golfo

Jaiba

Golfo
jaiba
del

jaiba

jaiba
del
Golfo

Jaiba del Golfo

Jaiba

Golfo de México

Jaiba del Golfo

Jaiba

Jaiba

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE JAIBA DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

ESPECIE: jaiba azul (*Callinectes sapidus*), *jaiba prieta* (*C. rathbunae*) y pequeña jaiba azul (*C. similis*).

- Las jaibas azul y prieta son las que sustentan la pesquería en el litoral.
- Actividad artesanal de bajo costo: trampas, aros y fisgas.
- El litoral del Golfo de México Representa el 64% de la producción de jaiba a nivel nacional.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 12,550 t: 87% con respecto al máximo histórico en 1997.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Predictivo de Biomasa Dinámica.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Explotada 20% por arriba del Máximo Rendimiento Sostenible (RMS).

MEDIDAS DE MANEJO

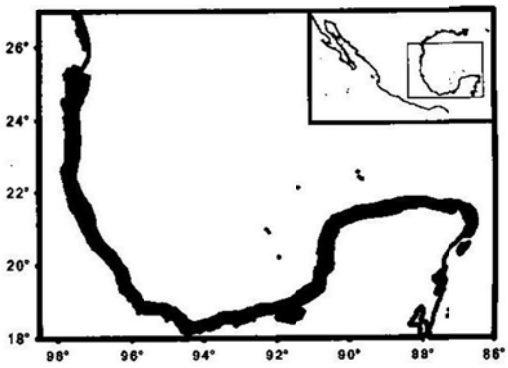
- Establecer una cuota anual del orden del 80% del RMS y limitar la temporada de captura a ocho y medio meses.
- Respetar la talla mínima de captura.
- Establecer como únicos artes de pesca legales los aros y trampas jaiberas.
- No incrementar el esfuerzo pesquero.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Recuperar el nivel de la biomasa, que permitirá mantener una pesquería sana.
- Garantizar la explotación sustentable en el mediano plazo.

JAIBA DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

Callinectes spp



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La pesquería de jaiba es una de las más antiguas de México. Existen vestigios en murales Mayas encontrados en Chichenitzá, en donde se muestra la vida de una población pesquera; en el preclásico tardío, hacia el año 300 A.C., ocurrieron los primeros asentamientos en el sur de Campeche, en las inmediaciones de la Laguna de Términos, de comunidades agrícolas y pesqueras (Anónimo, 1997).

Esta importante pesquería artesanal representa para el país una valiosa fuente de alimento y de empleo, especialmente para las comunidades ribereñas de ambos litorales.

La jaiba tiene demanda nacional e internacional; la mayor parte de las capturas se destinan al consumo humano

La jaiba tiene una demanda nacional e internacional; la mayor parte de las capturas se destinan al consumo humano directo, destacando la comercialización de su carne ("pulpa" de jaiba).

A nivel mundial México se ubica entre los diez primeros países por volumen de jaibas y cangrejos (Fig. 1). Se capturan en nuestro país al menos 18 especies, de las cuales 10 pertenecen al grupo de jaibas del género *Callinectes*.

En la *figura 2* se muestran los volúmenes de captura de la jaiba a nivel nacional, en los litorales del Pacífico, Golfo de México y Caribe. La jaiba es un recurso tradicional en las costas del Golfo de México; en los últimos once años, la producción nacional promedió 16,944 t, de las cuales el 64% correspondió al litoral del Golfo de México y el Caribe (SEMARNAP, 1999).

A nivel mundial, México se ubica entre los diez primeros países, por volumen de jaibas y cangrejos

En la *tabla I* se muestran a nivel mundial los principales países en la captura de jaibas y cangrejos, así como su participación porcentual. Entre éstas especies, las del género *Callinectes* representan el 9% del volumen total mundial, y E. U. aporta la cantidad más importante.

México captura 10 especies de ese género; 3 especies en el litoral del Pacífico y 7 en el Golfo de México y el Caribe (Salas y Reyes, 1993).

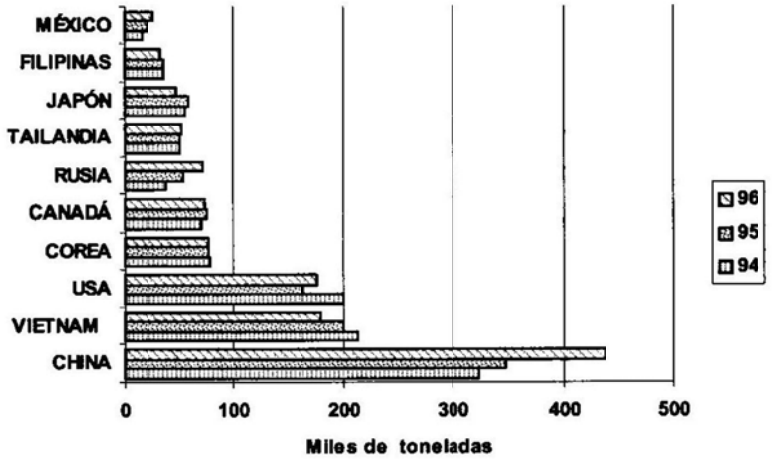


Fig. 1. Posición de México en la captura mundial de cangrejos y jaibas (Fuente: FAO, 1996).

BIOLOGÍA

La posición taxonómica de la jaiba es la siguiente (Millikin y Williams 1984):

PHYLUM	ARTROPODA
CLASE	CRUSTACEA
SUBCLASE	MALACOSTRACA
SUPERORDEN	EUCARIDA
ORDEN	DECAPODA
SECCIÓN	BRACHIURA
SUPERFAMILIA	BRACHYRHYNCHA
FAMILIA	PORTUNIDAE
GENERO	*Callinectes*

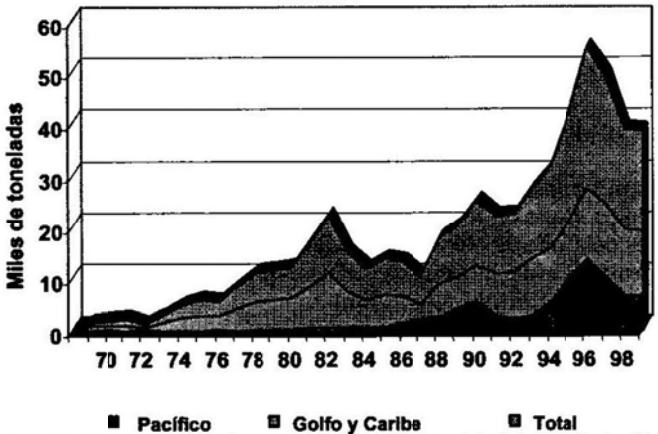


Fig. 2. Captura de jaiba por litoral en peso vivo (Fuente: Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1994; SEMARNAP, 1999).

Tabla 1. Principales especies de jaibas y cangrejos capturados, por país (Fuente: FAO, 1996).

NOMBRE COMÚN	ESPECIE	PAÍS	%
Jaiba gazami	*Fortunus trituberculatus*	China, Corea y Japón	22.0
Jaibas	*Callinectes spp*	E.U., México, Brasil, Cuba	9.0
Cangrejo azul	*Fortunus pelagicus*	Tailandia, Indonesia, Australia	8.3
Cangrejo rey	*Paralithodes spp.*	Rusia, E.U., Japón y Corea	6.1
Cangrejo reina	*Chionoectes opilio*	Canadá	5.0
Cangrejo chino	*Eriocher sinensis*	China, Corea y Japón	4.7
Cangrejo de las nieves	*Chionoectes spp.*	E.U. y Japón	2.6
Buey del Pacífico	*Cancer magister*	Francia, Inglaterra, Irlanda	2.5
Buey de mar	*Cancer pagurus*	Francia, Inglaterra, Irlanda	2.2
Centolla europea	*Maja squinado*	Portugal, España, Francia	0.4
Cangrejo moro	*Menippe mercenaria*	Cuba, México, E.U.	0.3
Cangrejo de mar	*Reptantia spp*	5 Continentes	36.9

La distribución de las especies de jaiba por litoral mexicano se muestran en la *Figura 3.*

Las jaibas son organismos dióicos (con sexos separados) con dimorfismo sexual externo: las hembras en la etapa púber presentan un abdomen en forma triangular que cambia a semicircular cuando alcanza la madurez sexual; los machos siempre presentan un abdomen en forma de **T** invertida (Fig. 4).

En las jaibas se presenta la ecdysis o muda, a través de la cual cambian el exoesqueleto para poder crecer

En las jaibas se presenta la ecdysis o muda, a través de la cual cambian de exoesqueleto para poder crecer (fig. 5). Después de cada muda producen un

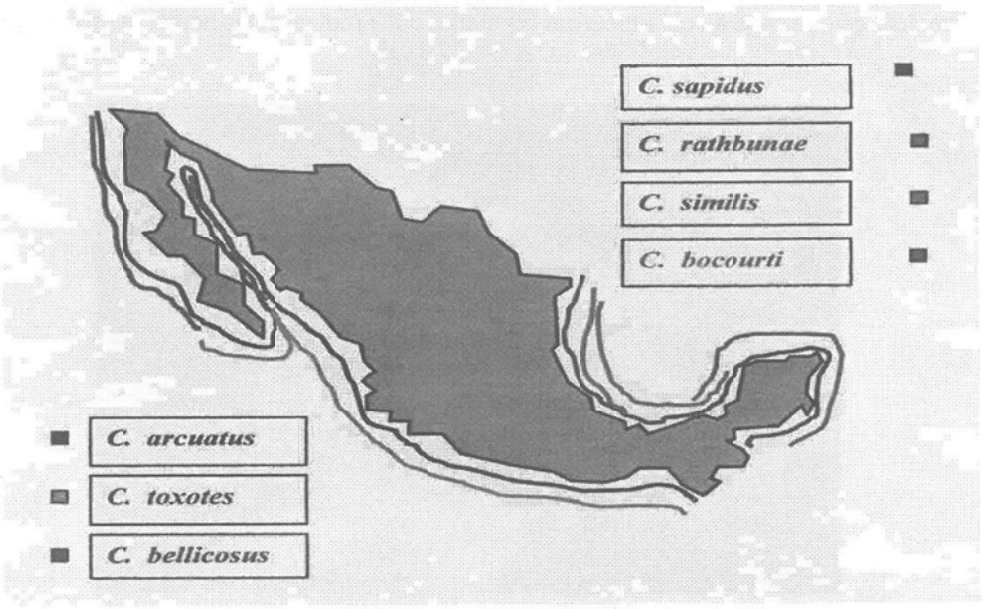


Fig. 3. Distribución de las especies de jaiba en el litoral mexicano.

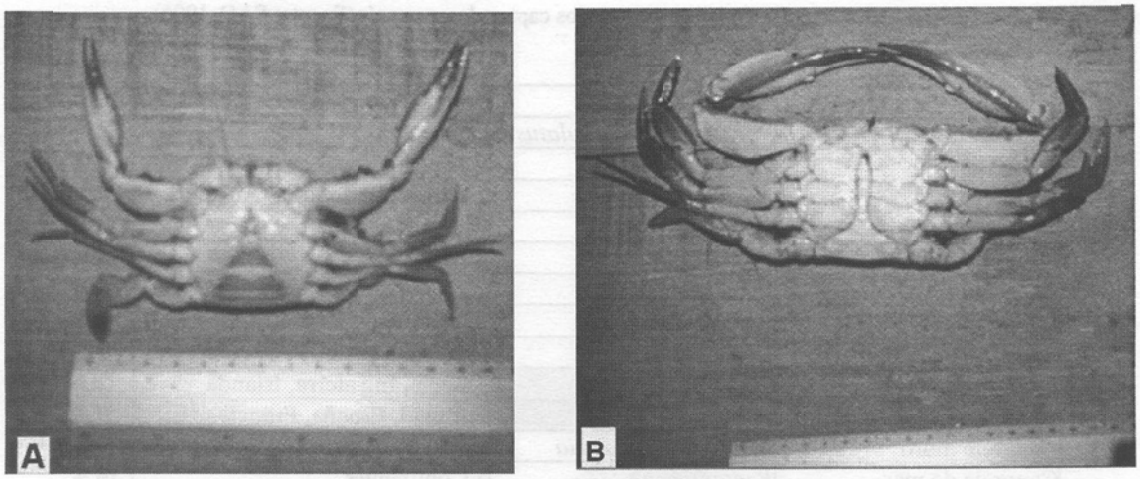


Fig. 4. Diferencias morfológicas sexuales: (A) hembra inmadura; (B) macho.

nuevo caparazón, y cuando el espacio es insuficiente vuelven a mudar. Este proceso se lleva a cabo desde las primeras etapas larvales.

La reproducción de la jaiba presenta características especiales. Las hembras sólo se aparean una vez en su vida, mientras que los machos lo hacen en repetidas ocasiones (Millinkin y Williams, 1984).

Las hembras listas para la muda terminal o de maduración liberan una feromona para atraer al sexo opuesto. Los machos "cargan" a las hembras durante una semana y son liberadas para la muda; inmediatamente después que las hembras han mudado y antes que se endurezca el caparazón, los machos las toman nuevamente. Las copulan por su parte ventral y depositan en la espermateca de la hembra un par de espermatóforos que servirán para fecundar los óvulos que produzcan las hembras (Millikin y Williams,

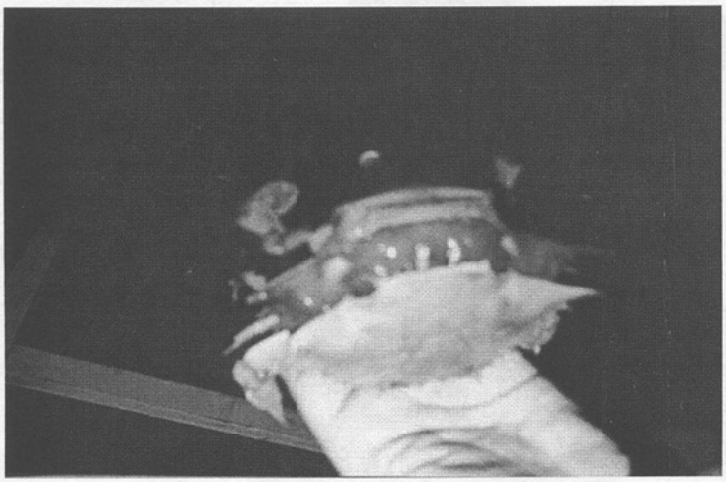


Fig. 5. Jaiba mudando.

Las hembras sólo se aparean una vez en su vida, mientras que los machos lo hacen en repetidas ocasiones

1984). Después de la cópula, las hembras son cargadas por los machos hasta que se endurece su exoesqueleto.

En el espermatóforo, los gametos pueden ser viables hasta por un año posterior a la cópula. Cada hembra tiene un par de ovarios; uno de los ovarios madura completamente dos meses después de la cópula. En esta primera ovulación, los folículos se expanden y los óvulos son fecundados con parte de los gametos del espermatóforo, la gonada tiene una apariencia color naranja (Millirkin y Williams, 1984).

Durante el desove, la hembra, colcca los huevos en el abdomen, para proteger a la cría, formando con ellos una masa, a la que comúnmente se le denomina "esponja". El proceso de desarrollo ontogenético dura aproximadamente 2 semanas (Steele y Perry, 1990). Las hembras regresan a las zonas de alimentación de las lagunas costeras o esteros, donde se realiza la eclosión; una vez recuperadas, maduran el otro ovario para fecundarlo cuando pasan los óvulos por el espermatóforo y repetir el proceso hasta la eclosión de las larvas. Entre cada desove pueden pasar hasta seis meses; la esponja es inicialmente naranja brillante, pasando progresivamente a oscura, debido a que la larva se desarrolla y consume el vitelo. Previo a la eclosión, la esponja es negra. Después de la segunda ovulación, el ovario se reduce y se torna color gris (Millinkin y Williams, 1984).

La fecundidad de las hembras varía de acuerdo a su tamaño; son capaces de producir entre 700 mil y 2 millones de huevos en cada uno de los dos desoves que realizan

La fecundidad de las hembras varía de acuerdo a su tamaño; son capaces de producir entre 700 mil y 2 millones de huevos en cada uno de los dos desoves que realizan (Millinkin y Williams, 1984). Una hembra de un ancho medio de 147 mm puede tener una fecundidad media de 3.2×10^6 huevos en un año, y de 4.0×10^6 huevos en otro. La relación directa de la fecundidad con el tamaño de los ejemplares se describe con el siguiente modelo (Prager *et al.,* 1990):

$$E = -25.5+0.38\ W$$

donde:

E = predicción de fecundidad
W = ancho del caparazón

Las larvas eclosionan (a una temperatura de 18 °C) como larva zoea, la cual pasa por siete estadios

Las larvas eclosionan (a una temperatura de 18 °C) como larva zoea, la cual pasa por siete estadios. Esta etapa larval tiene una duración entre 31 y 49 días. Las larvas son planctónicas, con fototropismo positivo y requieren para su desarrollo de salinidad oceánica (mayor a 28 ‰). En la etapa de zoea VII, las larvas son arrastradas por las corrientes a las zonas estuarinas, donde se lleva a cabo la metamorfosis con la que adquieren el estado de megalopa, forma en la que permanecen de 6 a 20 días. Las megalopas mudan al 1° estadio de jaiba y la primera muda sucede en los siguientes 7 días, cuando tiene el abdomen plegado sobre el cefalotórax, característico de una pequeña jaiba, y un tamaño aproximado de 10 mm (Steele y Perry 1990; Millikin y Williams, 1984). La primera jaiba de 2.9 mm tiene su primera muda a los 3 días en que alcanzan 4.2 mm de ancho, con un incremento promedio de 1.3 mm (Fig. 6).

En la etapa juvenil los machos mudan unas 20 veces y las hembras 18, antes de que alcancen la madurez sexual, cuando tienen aproximadamente un año de edad (Williams, 1974).

Las jaibas alcanzan el tamaño comercial de 120 mm al año de edad en aguas de Florida (Tagatz, 1968), mientras que en Campeche se obtienen resultados semejantes mediante cultivo (Valdéz, comunicación

El primer desove se produce aproximadamente a la edad de dos años, de 2 a 9 meses después del apareamiento. Más tarde, en verano, pueden tener un segundo desove y un tercero a los tres años

personal). El tiempo de desarrollo larvario es de 34 días en promedio, más breve a lo reportado para otras latitudes.

El primer desove se produce aproximadamente a la edad de dos años, dos a nueve meses después del apareamiento (Kaestner, 1980). Más tarde, en verano, pueden tener un segundo desove y un tercero a los tres años (edad máxima de la especie). En la península de Atasta, Camp., se han observado hembras de 75 mm (siete meses) apareándose en el mes de octubre y previo a la muda (Domínguez *et al.*, 1997).

En estas especies se han observado diferencias latitudinales para reproducción. El período de apareamiento es de mayo a octubre en la bahía de Chesapeake, E. U. (Williams, 1974).

Con base en la madurez de las gónadas (Domínguez, 1998), en la Laguna de Términos se han detectado dos períodos importantes de madurez sexual en las hembras, julio y octubre. En las lagunas de Tamaulipas y norte de Veracruz este período es de marzo a septiembre (Arzate, 1987). En Tamiahua y Tampamachoco se encontraron hembras maduras de marzo a octubre (Palacios, 1998), aunque prácticamente todo el año se pueden encontrar hembras maduras sexualmente.

La etapa juvenil de ambos sexos la desarrollan en la zona estuarina, pero cuando alcanzan la madurez sexual, los machos prefieren zonas con salinidad baja, mientras que las hembras buscan la salinidad alta

Durante su vida las jaibas tienen un importante desplazamiento migratorio. La etapa juvenil de ambos sexos la desarrollan en la zona estuarina, pero cuando alcanzan la madurez sexual, los machos prefieren zonas con salinidad baja como los ríos o esteros, mientras que las hembras buscan la salinidad alta que encuentran cerca de las bocas de comunicación marina. Ello se debe a que la regulación osmótica de las hembras es menos eficiente que la de los machos y a que las larvas requieren de una salinidad mínima de 20‰ (Tan y Van Engel, 1966). La reproducción se lleva a cabo en la zona estuarina (Williams, 1974), y las hembras fecundadas se desplazan hacia lugares de salinidad alta para que en la eclosión las larvas tengan la salinidad requerida.

En el litoral campechano se han observado inmigraciones de pequeños juveniles a lo largo del año en pulsos con picos de abundancia de octubre a diciembre y en ocasiones inclusive en enero, coincidiendo con la temporada en que se presentan las mareas vivas (Domínguez *et al.,* 1999). Al norte de Veracruz, las inmigraciones de juveniles son de abril a julio (Real,1975).

Estos crustáceos son omnívoros, detritívoros y carroñeros, con hábitos de alimentación diurnos

Estos crustáceos son omnívoros, detritívoros y carroñeros con hábitos de alimentación diurnos. Presentan un alto grado de variabilidad en su dieta con respecto a la estación del año, la localidad y su estado ontogenético; pueden consumir cada día entre 6 y 10% de su peso corporal (Williams, 1974; Ramírez y Hernández, 1988; Steele y Perry, 1990). En cautiverio llegan a ser caníbales (Palacios-Fest observación personal).

El crecimiento en las jaibas ocurre con cada muda; en este proceso, crecen entre el 20 y 30% de su tamaño inicial, mostrando un crecimiento discontinuo. Cuando son juveniles, la frecuencia de muda es en períodos cortos, 8 a 15 días, y cuando son adultos ocurre cada 5 a 8 semanas

El crecimiento en las jaibas ocurre con cada muda. En este proceso, crecen entre el 20 y 30% de su tamaño inicial y originan un nuevo caparazón, mostrando un crecimiento discontinuo. Cuando son juveniles, la frecuencia de muda es en períodos cortos, 8 a 15 días, y cuando son adultos ocurre menos frecuente, cada 5 a 8 semanas (Steele & Perry, 1990). El incremento de tamaño y peso varía de acuerdo a la especie, por ejemplo en *C. rathbunae* las jaibas alcanza un incremento en tamaño del 22.5% y en peso del 40% (Ramírez y Hernández, 1988), mientras que *C. toxotes* y *C. arcuatus,* lo hacen

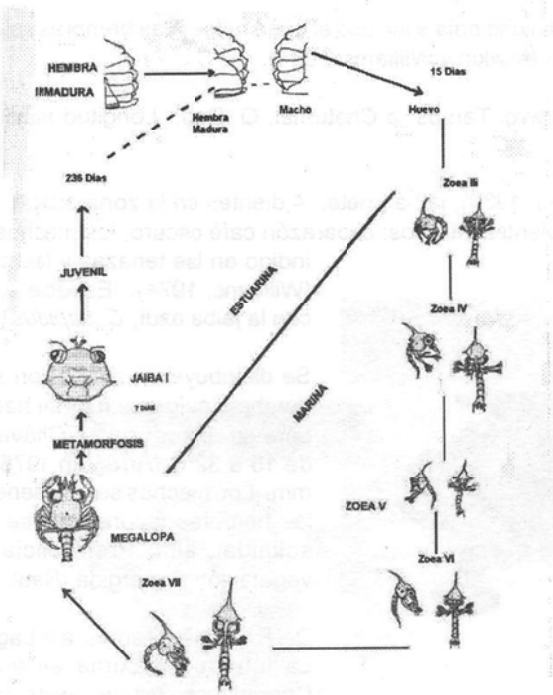


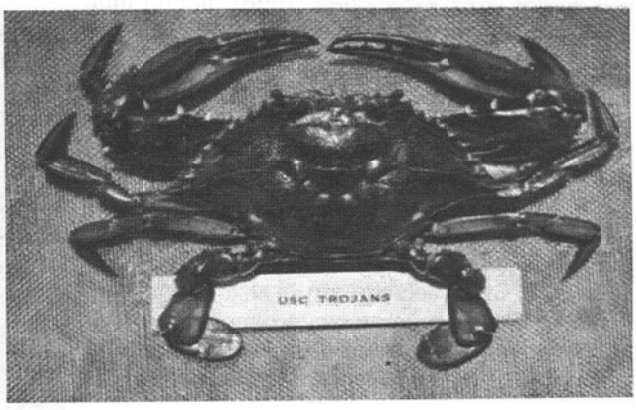
Fig. 6. Ciclo de vida de la jaiba (Fuente: Millikin y Williams, 1984).

del 18 al 20% en cada muda (Reyes, 1994), y del 10 al 50% de su tamaño inicial (López, 2000).

Los principales depredadores de las jaibas son peces como el *sargo (Archosargus probatocephalus*), bandera (*Bagre marinus*), rubia (*Ocyurus chrysurus*), trucha de mar (*Cynoscion nebulosus*), corvina (*Sciaenops ocellata*), tiburón (*Carcharhinus leucas*), cornuda (*Sphyrna tiburo),* cazón *(Rhizoprionodon terraenovae*), por señalar algunos. También llegan a ser presa de reptiles como la tortuga marina, mamíferos como el mapache y algunas especies de aves (Steele y Perry, 1990).

A continuación se presentan las características morfológicas y el hábitat de las principales especies comerciales de jaiba en el Golfo de México.

C. sapidus (Rathbun, 1896), jaiba azul: Dos dientes triangulares entre la zona orbital; caparazón color crema, los machos tienen las tenazas azul claro, las hembras maduras color rojo carmín. Es la especie más conocida de su género, por su importancia comercial.

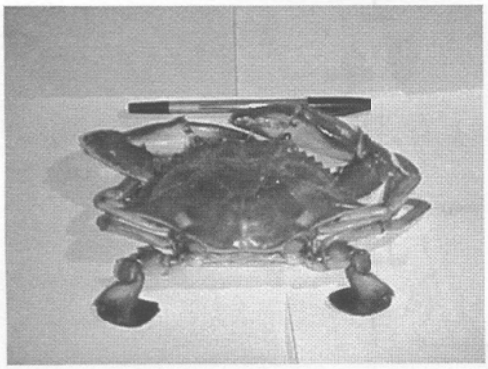


Patrón de distribución muy amplio, muy tolerante a variaciones de salinidad y no se asocian a algún sustrato específico (Raz y Sánchez, 1996). Intervalo de salinidad de 1.9 a 25‰ (Arreguín, 1976); incluso se la encuentra en zonas hiperhalinas como la Laguna Madre de México (Williams 1974). Importante migración por sexos durante su ciclo de vida,

los machos prefieren salinidad baja e incluso el agua dulce y las hembras salinidad alta, cerca de las bocas de comunicación marina (Millikin y Williams, 1984).

Se distribuye del Río Bravo, Tamps. a Chetumal, Q. Roó. Longitud máxima de 210 mm (Rees, 1963; Arzate, 1985).

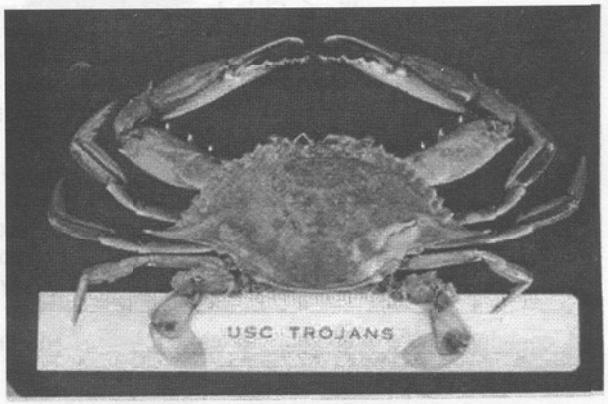
C. rathbunae (Contreras, 1930), jaiba prieta: 4 dientes en la zona orbital, el par lateral tiene una forma más triangular que los dientes internos; caparazón café oscuro, los machos con una franja de color azul índigo en las tenazas y las hembras maduras rojo carmín (Williams, 1974). Especie endémica de México asociada con la jaiba azul, *C. sapidus* (Williams, 1974).



Se distribuye en zonas con salinidad de 3.7 a 38 ‰, las hembras ovígeras migran hacia aguas de mayor salinidad para su reproducción (Chávez *et al.,* 1976), temperaturas de 15 a 32°C (Arreguín,1976). Madurez sexual desde 95 mm. Los machos se mantienen en zonas de salinidad baja, las hembras fecundadas se desplazan hacia lugares de salinidad alta. Preferencia por sustrato fangoso con vegetación sumergida (Real, 1975).

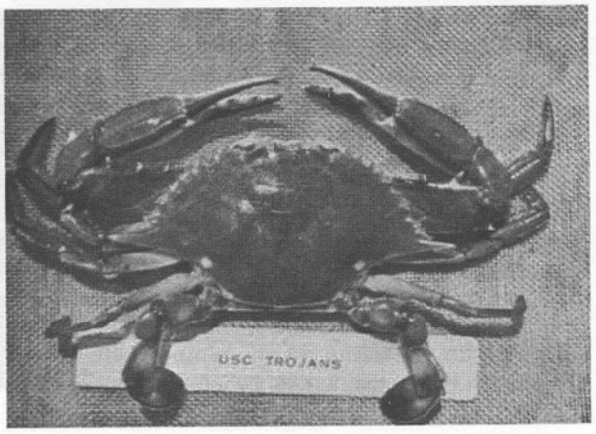
Del Río Bravo, Tamps. a la Laguna de Términos, Campeche. La longitud máxima en adultos es de 180 mm. En Champayan, Tamps. es de 190 mm (Arzate, 1995).

C. similis (Williams, 1966), pequeña jaiba azul: 4 dientes en la zona orbital, el par interior más pequeño pero bien formado. Caparazón liso de color verde dorsalmente, tenazas delgadas con franja azul índigo.



Se han encontrado ejemplares en profundidades de 9 a 92 m, con mayor abundancia a los 37 m, en temperaturas de 13.2 a 29°C y salinidadades de 15 a 37.4 ‰, de preferencia entre 29 y 31.9‰. Su abundancia es mayor en zonas oceánicas, a 40 Km de la costa (Williams, 1974). Se distribuyen a lo largo del litoral en la plataforma continental de Veracruz a Yucatán, en bahías y estuarios y prefieren fondo de lodo y arena (Raz y Sánchez, 1996), tienen una longitud máxima de 95 mm.

C. danae (Smith, 1869): 4 dientes en la zona orbital, el par interior no mide más que la mitad de los dientes laterales. Caparazón verde oliva, en los machos adultos las espiras laterales del caparazón son azul índigo.



En salinidadades de 8 a 35‰, y temperaturas de 21 a 26 °C. Sin segregación de sexos (Arreguín, 1976). Prefieren áreas con sedimento fangoso entre manglares y zonas de cascajo de concha, en playas y zonas oceánicas, hasta los 75 m de

profundidad (Williams, 1974).

Se distribuyen de Veracruz a Yucatán, con una longitud máxima de 130 mm.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

Esta pesquería se realiza principalmente en lagunas costeras, esteros o en las desembocaduras de los ríos.

Se utilizan embarcaciones menores con eslora de 2 a 6 m, de madera o fibra de vidrio, con motor fuera de borda, que varía de 8 a 40 Caballos de Fuerza (C.F.), o simplemente a remo, dependiendo de las características del embalse y del tipo de arte de pesca que se utilice.

Los pescadores de Tamaulipas y Veracruz conservan la tradición de utilizar redes y fisgas para la captura de jaibas, desde la orilla o en cayucos construidos con troncos de árboles. Las principales artes de pesca que se utilizan, son de dos tipos: el aro jaibero o naza jaibera y la trampa jaibera (crab pot).

El arc jaibero, consta de un aro de alambrón galvanizado, con un diámetro promedio de 0.50 m; al que se encabalga una red de monofilamento de nylon del número 60, luz de malla de 8.9 cm (3.5 "), y caída de 0.10 a 0.15 m. Al centro y en forma diametral se encuentra atada una cuerda de polypropileno de 5 mm de grosor, en cuyo centro se localizan dos guías delgadas del mismo material con las que se sujeta el "sebo o carnada" para atraer a la presa. Dispuesto en forma triangular (pata de gallo) a unos 0.40 m de altura se

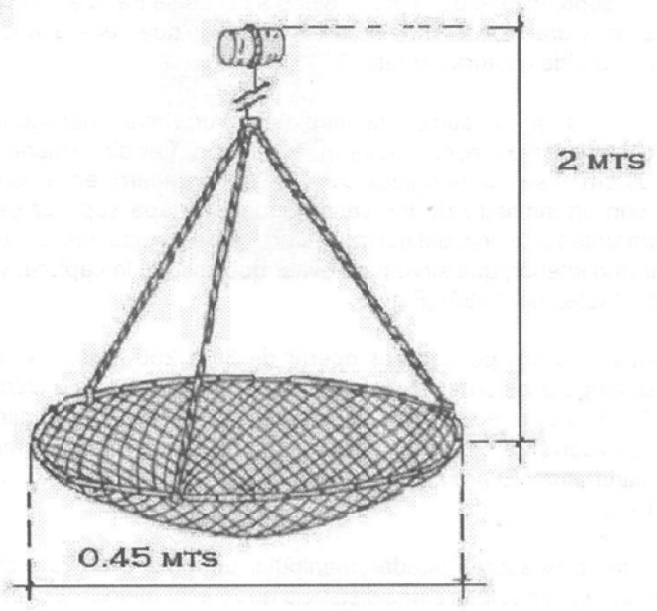


Fig. 7. Aro Jaibero o "Güila".

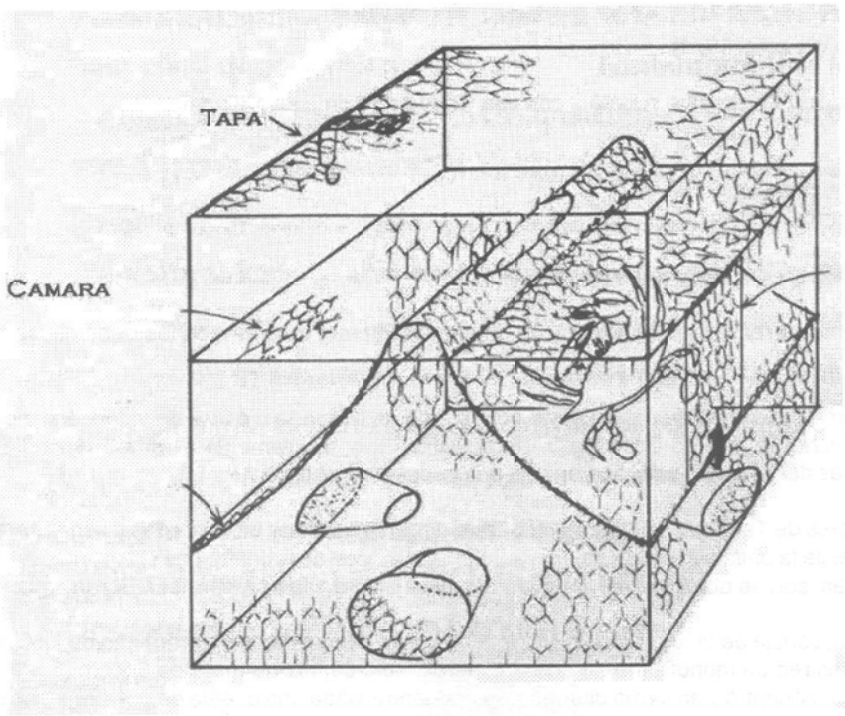


Fig. 8. Trampa jaibera (crab pot).

prolonga de 2 a 5 m (dependiendo de la profundidad a la que se trabaje), un cabo de polypropileno de 4 a 6 mm de grueso, en su extremo distal una botella de plástico que hace la función de boya y/o asidera a la vez, durante la maniobra de captura (Arzate, 1991) (Fig. 7).

La trampa jaibera es una trampa cúbica, construida con una malla hexagonal de alambre galvanizado, alambre con vinyl o alambre flexible, con luz de malla de 5 cm. Las dimensiones de la trampa generalmente son de 60 x 60 x 30 cm, y se les da rigidez con alambre de acero; en la porción inferior se abren 2 ó 4 entradas cónicas con un diámetro de 6.5 centímetros. La tapa superior permite recuperar la captura fácilmente. Interiormente se coloca, del mismo material de la trampa, una estructura con forma de corazón truncado en el extremo inferior, que sirve para evitar que escape la captura, y en uno de los extremos se coloca la carnada (Oesterling, 1984) (Fig. 8).

Por lancha pueden uno o dos pescadores operar de 80 a 250 aros; uno de los pescadores dirige la embarcación y el otro opera los aros. En la zona de pesca, los aros ya encarnados, se tiran uno a uno, a una distancia de 20 a 30 metros entre ellos. Pasados aproximadamente 15 minutos se recupera la captura de cada trampa y se vuelven a colocar. Cada equipo de pesca realiza la faena diaria en 4 ó 7 horas y trabajan 6 días a la semana. El aro tiene una vida útil aproximada de 2 años y un costo promedio de 60 pesos (Palacios, 1998).

Por lancha, uno o dos pescadores pueden manipular un mínimo de 80 y máximo de 150 trampas, ya encarnadas. Cada trampa se coloca a una distancia de 20 a 30 metros. Se recupera la captura unas cinco veces en una jornada. La faena diaria se puede realizar en 3 a 7 horas y trabajan 6 ó 7 días a la semana. La trampa tiene una vida útil de 2 años y un costo promedio de 105 pesos (Palacios, 1999).

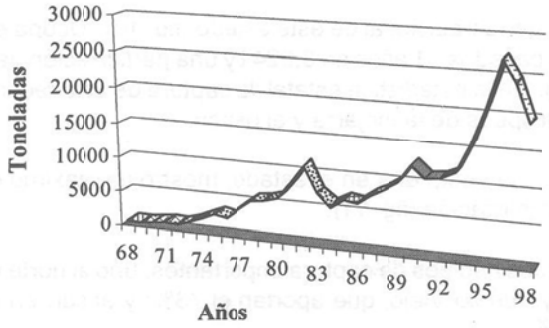


Fig. 9. Producción de jaiba por litoral (Fuente: Rodríguez de la Cruz *et al.*, 1994; SEMARNAP, 1999).

▼ *Tendencias históricas*

En Tamaulipas y Veracruz, esta pesquería es tradicional; en algunas regiones se considera un recurso pesquero alternativo al camarón. Para 1998, este recurso ocupó por volumen el 9° lugar en México, con 19,387 t y un valor de 135.709 millones de pesos, observando un incremento muy rápido para ésta pesquería en los litorales mexicanos (SEMARNAP, 1999).

En el litoral del Gofo de México (Fig. 9) se observan tres etapas históricas en esta pesquería: de 1968 a 1976 los volúmenes fueron entre 719 y 2,916 t, para el año 1976, el incremento total durante este período fue del 263%, provocado por el colapso de ostión en la laguna de Tamiahua, Ver. De 1977 a 1986 se incrementó 83%, con un volumen mínimo de 2,730 y máximo de 10,464 t. Este incremento fue influenciado también por la caída en la extracción de ostión en el mismo embalse. En la tercera etapa, de 1987 a la fecha, las capturas se incrementaron 338% debido al incremento del esfuerzo por el inicio de la industrialización de este recurso en Tamaulipas y Campeche a partir de 1988 y 1990, respectivamente, y la regularización de pescadores libres de jaiba en Veracruz, de los cuales no se tenía control de la captura.

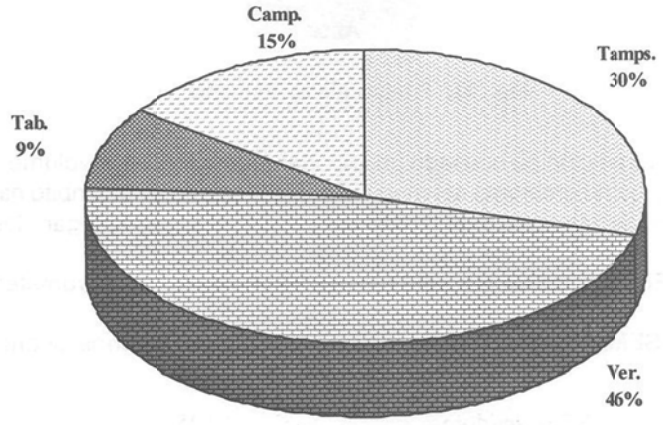


Fig. 10. Producción de jaiba por estado en el litoral del Golfo México (Fuente: SEMARNAP, 1998).

- **Producción por estado**

Veracruz. La jaiba es la pesquería tradicional de este estado (fig. 10). Ocupa el primer lugar desde 1993, con un promedio anual en los pasados 11 años de 3,824 t y una participación del 28.60% del volumen total nacional (SEMARNAP, 1999). En la estadística estatal, la captura de este recurso representa el 3.22% del total y ocupa el tercer lugar después de la mojarra y el ostión.

Durante los últimos 30 años de la pesquería en el estado, mostró un máximo en 1981, y actualmente se observa una tendencia de estabilización (fig. 11).

La captura en el estado tiene dos núcleos de captura importantes, uno al norte en las lagunas costeras de Tamiahua, Tampamachoco y Pueblo Viejo, que aportan el 73%; y al sur, en las lagunas de Alvarado y Mandinga, que aportan el 27%:

	Región norte	Región sur
N° de pescadores	2,963	1,300
N° de lanchas	2,339	1,150
N° de aros jaiberos	50,167	67,352

Los permisionarios registrados son en un 67% privados y el 33% restante del sector social (sociedades cooperativas, sociedades de solidaridad y unidades de producción pesquera).

La estadística de las Oficinas Federales de Pesca en el estado muestra que en Naranjos y La Laja, en la región norte, se registran los volúmenes más significativos en el estado, con 29% y 23%, respectivamente.

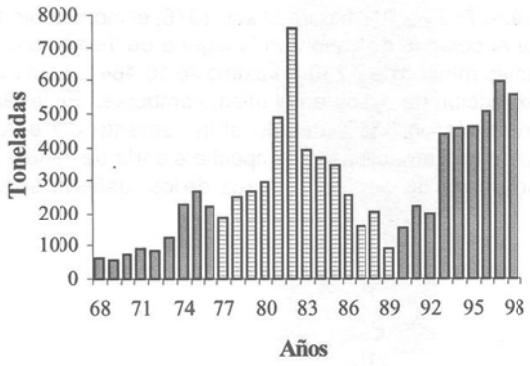


Fig. 11. Producción en Veracruz.

En **Tamaulipas** la jaiba por tradición ha ocupado un importante renglón, en el volumen nacional; la ciudad de Tampico tiene una jaiba como emblema del municipio. Este estado en el ámbito nacional participa con el 15.84%, y aporta el 6.7% del volumen total de captura estatal, el segundo lugar, después del camarón.

La historia de la captura (Fig. 12), indica que este recurso es uno de los más prometedores del momento.

La Delegación Federal de SEMARNAP en el estado, tiene registrados 55 permisionarios con los siguientes equipos:

N° pescadores	3,195
N° lanchas	847
N° aros	17,799
N° trampas	34,782

La captura se realiza en un 93% por permisionarios del sector social.

En la Laguna Madre se registra el 87% de la captura de jaiba del estado, con el mayor volumen en las Oficinas de San Fernando (56%) y de Matamoros (31%).

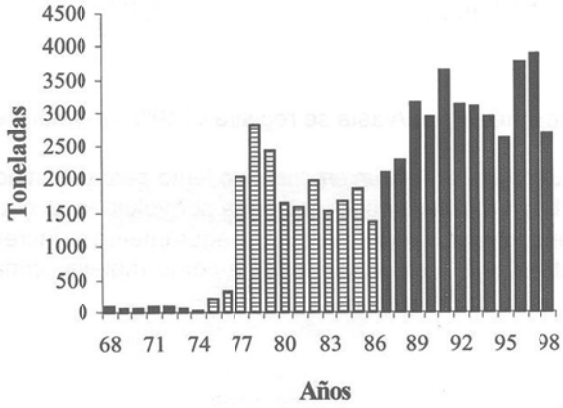


Fig. 12. Producción en Tamaulipas (Fuente: Solorzano, 1979; Sepesca, 1993; Semarnap, 1998).

En **Campeche** la pesquería se desarrolla en el complejo lagunar de Términos.

La tendencia de la pesquería va en aumento, y de acuerdo con la clasificación de pesquerías en desarrollo de libre acceso; sin restricción alguna, en donde es probable que se haya alcanzado su completo desarrollo, las capturas están cerca o ligeramente por arriba del nivel sustentable a largo plazo (Csirke y Sharp, 1984) (Figura 13).

El sector de la población que participa en esta pesquería es muy variable, y depende de las fluctuaciones en abundancia propias del recurso, así como de la demanda del mismo. La demanda se mantiene y se ve incrementada en la temporada de pesca del pulpo, ya que la jaiba es utilizada como carnada en toda la península de Yucatán.

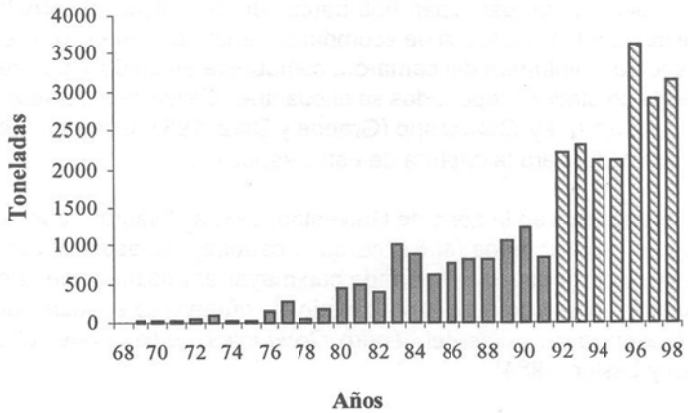


Fig. 13. Producción y tendencia en Campeche.

En la Delegación Federal de SEMARNAP del estado, hasta 1996 se tenían registrados a 67 permisionarios, de los cuales participan principalmente el sector privado:

N° pescadores	1,254
N° lanchas	613
N° aros	32,740
N° trampas	3,350

De acuerdo a los registros pescueros, en Atasta se registra el 40% del volumen en el estado.

En **Tabasco** (Fig. 14) la pesquería presenta un crecimiento lento pero paulatino a partir de 1994, con una captura promedio anual de 1,104 t, ocupando actualmente por volumen, el cuarto lugar en el litoral. Los registros de captura observan una gran variabilidad, pero seguramente se incrementarán en un futuro, por el establecimiento de industrias que aprovechan la jaiba como materia prima en la industrialización y exportación.

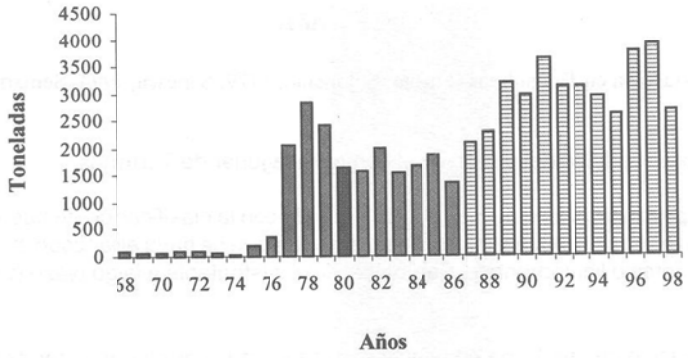


Fig. 14. Producción en Tabasco (Fuente: Sepesca, 1993; Solorzano, 1979; SEMARNAP, 1998).

▼ *Pesca incidental*

En la pesca de arrastre del camarón participan 658 barcos en este litoral (SEMARNAP 1997), con una captura promedio anual de 22,500 t. La fauna de acompañamiento del camarón corresponde en promedio a una relación 1:2.9 respecto al volumen del camarón, compuesta en un 63% por peces y 37% por otros grupos. De las especies de crustáceos reportadas se encuentran *Callinectes sapidus, C. danae* y *Arenaria cribarius* ("jaiba roja"), cangrejo buey *Calapa* spp (Grande y Díaz, 1981; Corripio, 1983). Las referencias no detallan el volumen promedio para la captura de estas especies.

Durante un crucero de exploración en la zona de Galveston, Tex. a Veracruz, Ver., se registraron 74 spp de peces y 38 especies de invertebrados (el 81.5% de la captura), de estos el 93% fueron crustáceos, representados por 29 especies; la especie reportada con mayor abundancia fue la especie de jaiba azul pequeña, *Callinectes similis.* Si se compara el porcentaje del número de especies de camarón (siete) en ese crucero, contra la presencia de jaibas del género *Callinectes*, se tiene que: *C. similis* fue 9.9% y *C. sapidus* 1.13% (Chistian y Lester, 1984).

En cinco cruceros de prospección frente a las costas de Tamaulipas y Veracruz se obtuvo una captura de

38, 077 ejemplares, de los cuales el 22% fue camarón y el 78% fauna de acompañamiento. La composición de esta fauna fue la siguiente: 74% de peces, 20% crustáceos y 6% restante de moluscos, equinodermos y algas. De los crustáceos, la especie *Callinectes danae*, sólo se registró durante el crucero de verano (Palomino *et al.*, 1999).

La captura de camarón en esteros se realiza con el arte de pesca fijo denominado "charanga", con la que se atrapan juveniles de jaiba de los 10 a 50 mm de ancho total (Arzate, Palacios y Domínguez, observación personal). Por lo tanto se debe proyectar una investigación dirigida a este periodo de reclutamiento de la población.

La veda de camarón tiene también un efecto en la captura de jaiba; la captura anual se registraba en promedio el 9% mensual para los meses de marzo a octubre. A partir del establecimiento de la veda del camarón (1994), durante mayo y julio se registra una captura hasta del 12%, lo que muestra como la jaiba es un recurso alternativo para los pescadores ribereños de camarón (Rodríguez de la Cruz *et al.,* 1994).

Aspectos socioeconómicos

▼ *Infraestructura pesquera*

La mayoría de las comunidades pesqueras donde se captura jaiba no cuentan con infraestructura. La extracción de pulpa, se hace en unidades domésticas, interviniendo en el proceso los pescadores y su familia. El producto se vende a los permisionarios o directamente se lleva a los mercados locales o a las casas de las ciudades cercanas.

Campeche es el estado pionero en el establecimiento de plantas industriales para la obtención de pulpa de jaiba, con seleccionado tipo americano. La primera planta inició operaciones en 1985 en Cd. del Carmen, Campeche. Actualmente operan en el estado 3 plantas para pulpa, con una capacidad total de 170 t/mes y dos para la obtención de jaiba suave, con una producción de 5.5 t/mes (Delegación Federal de SEMARNAP en Campeche, 1997).

En Tamaulipas actualmente existen 6 plantas con una capacidad de procesamiento de 370 t/mes (Delegación Federal de la SEMARNAP en Tamaulipas).

La extracción de pulpa, se hace en unidades domésticas, interviniendo en el proceso los pescadores y su familia

En Veracruz, aun cuando la captura es tradicional, el proceso que se aplica para la obtención de la pulpa es artesanal. Sin embargo, es importante señalar que el estado ha incursionado en otro tipo de presentación, la jaiba suave. Actualmente operan 6 plantas, con una producción promedio anual de 67 t (Palacios, observación personal).

Descripción de los procesos:

Jaiba suave

En cuanto a los procesos para la obtención de jaiba suave (soft shell crab), se han diseñado tres sistemas (Perry y Van Engel, 1982; Perry y Malone, 1985; Oesterling, 1984).

Flotadores de madera: Cajas flotantes de madera, de 1.20 x 2.5 x 0.40 m, son colocadas en esteros; se amarra una con otra para formar largas filas. Es el sistema más sencillo y económico, pero su control dificulta la operación, y el índice de mortalidad es muy alto.

Sistema abierto: Tinas de madera, fibra de vidrio o concreto, de las mismas dimensiones que las cajas flotantes, se construyen junto a un estero o embalse. Sistema con más control, se reduce la mortalidad, es el sistema más común tanto en E.U. como en México, por sus bajos costos de operación y rentabilidad. Durante la época de lluvias se han tenido problemas con la sobrevivencia de las jaibas; se recomienda construir un filtro de arena para la retención de materia sólida en suspensión u operar durante los meses de lluvia con sistema cerrado.

Sistema cerrado: Con dimensiones y materiales similares al sistema abierto, se puede instalar retirado de un embalse. Se utiliza un volumen controlado de agua de mar, filtrada a través de un juego de filtros mecánico, biológico y de proteínas. Es el sistema más costoso, pero la mortalidad se reduce hasta al 35% y tiene una atractiva rentabilidad.

El buen éxito de este tipo de plantas está en el suministro de materia prima y del conocimiento que se tenga para identificar las fases de la muda.

Las jaibas presentan tres etapas de premuda, identificadas en función de la franja de la aleta natatoria que cambia de color de acuerdo al estado de premuda: verde, en la fase inicial y puede durar hasta 8 días; rosa en la premuda media, se presenta 5 días previos a la muda; roja en la premuda avanzada, que se manifiesta entre 3 y 1 día antes de la muda y blanca en la etapa de intermuda. De acuerdo a esta clasificación, se puede estimar el volumen promedio de producción en la planta como se detalla en la *tabla 2*.

En la planta, la jaiba es clasificada por sexos y por las etapas de muda, con el objeto de no afectar el proceso de muda, no desencadenar el proceso de reproducción, reducir la mortalidad por canibalismo y mantener en condiciones óptimas el sistema.

Carne de jaiba.

El cocido a vapor es el sistema más recomendado, por conservar mejor las propiedades de la carne y permitir una vida de anaquel más larga, aunque el costo de la instalación y del equipo es más elevado. (Oesterling, 1984). Los operadores de plantas prefieren la cocción por hervido, ya que los rendimientos de carne son más altos y el equipo es más económico (Moody, 1982). El buen éxito de estos procesos depende de la calidad de la materia prima y ésta de la procedencia y la manipulación de las jaibas antes de llegar a la planta (Palacios, obs. Pers.).

En la planta, las jaibas son clasificadas por sexos, y se eliminan las jaibas muertas, para asegurar la calidad de la carne que se va a producir. Después de la cocción el producto es enfriado mediante corrientes de aire, eviscerado, y lavado, se dejan escurrir en un cuarto frío a 10° C, al menos durante 8 horas.

Tabla. 2. Cálculo de producción en una planta de jaiba suave.

SOBREVIVENCIA %	USO DE LA CAPACIDAD INSTALADA %		
	50	70	90
	43 TURNOS DE 7 DIAS LINEA VERDE		
65	27950	39130	50310
75	32250	45150	58050
90	38700	54180	69660
	60 TURNOS DE 5 DIAS LINEA ROSA		
65	39000	54600	70200
75	45000	63000	81000
90	54000	75600	108000
	100 TURNOS DE 3 DIAS LINEA ROJA		
65	65000	91000	117000
75	75000	105000	135000
90	90000	126000	162000

El despicado se realiza en una habitación a una temperatura controlada, no mayor a los 18° C, para evitar bacterias que alteren la calidad de la carne. La pulpa es empacada, pesada, pasteurizada y conservada a 2°C, con el objeto de lograr una vida más larga en el anaquel, y que llegue al consumidor en condiciones óptimas.

En México la calidad de estos productos y las plantas están regidos respectivamente por la NOM-029-SSA1-1993: "Bienes y servicios. Productos de la pesca. Crustáceos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias" y por la NOM-128-SSA1-1994: "Bienes y servicios. Establece la aplicación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca" (SEMARNAP, 1997).

La capacidad de una planta está en función del número de personas que sacan la pulpa de la jaiba. En promedio, cada persona procesa 100 kg de materia prima entera al día. El volumen de producción es considerado a partir de que cada 8 kg de jaiba entera produce uno de pulpa.

▼ *Indicadores económicos*

La población total que interviene en la captura y actividades acuaculturales en Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche es de 78 028 personas (SEMARNAP, 1998). Las Delegaciones Federales de SEMARNAP en esos estados, indican que la pesquería de la jaiba está desarrollada por 7,988 pescadores y 641 empleos de la industria y comercio, lo que significa que el 11.05% de esa población participa en diversas etapas de la pesquería. Las características socio económicas de este recurso, se muestran en la *tabla 3*. Si bien el volumen y el valor de captura no reflejan la importancia económica que esta actividad tiene, para los estados representa un gran desarrollo.

Esta joven industria, genera 443 empleos directos en la obtención de pulpa, más empleos temporales no registrados. En las plantas de jaiba suave se estima que generan 36 empleos directos.

La población dedicada al comercio (empleos directos), es al menos de 531 personas, de las cuales 11 realizan la exportación de productos a E. U. Los empleos indirectos que esta pesquería genera se ubican en fabricas de hielo, transporte de productos pesqueros, fabricas de envases, y bodegas en los mercados de mayoreo.

- **Costo de producción**

En Tamaulipas y Veracruz, el costo promedio de producción de un equipo de pesca que opera con aros, es de $286.83 pesos, con una fluctuación entre $61.00 y $ 681.00; para un equipo que opera con trampas su costo de producción promedio es de $301.00 con una variación entre $ 221.00 y $ 688.00 (Palacios 1998;

Tabla 3. Características socio-económicas de la pesquería.

REGION/EDO.	N° DE EMPLEOS			COSTO	PRECIO PLAYA $		
	CAPTURA	INDUSTRIA	COMERCIO	PROD./KG $	JAIBON	JAIBA	PULPA
TAMAULIPAS							
Laguna Madre	2471	300	35	2.5	2 c/u	5 a 10	
Sur Tamps.		52		4.2	5 c/u	4 a 8	
VERACRUZ							
Norte	2963		63	4.7	3 c/u	7 a 9	60
Sur	1300	12		4.25		6 a 8	
TABASCO							
CAMPECHE	1254	179					

1999). En Campeche, generalmente la captura se realiza con embarcaciones de 1.5 a 5 m de eslora y por la baja profundidad no utilizan motor, por lo que su costo de producción en promedio es de $ 53.00.

Si el precio de playa varía de cuatro a siete, pesos cada equipo debe recuperar una captura mínima de 15 Kg y máxima de 100 Kg para que la operación sea rentable. En lugares donde es poca la captura, procesan la pulpa de forma artesanal para obtener una ganancia promedio de $ 40.00 por jornada.

- **Mercado**

En el mercado internacional, la jaiba se comercializan en tres presentaciones básicas: 1) entera viva, fresca congelada y/o cocida congelada; 2) suave: viva o congelada, entera o eviscerada; 3) pulpa seleccionada: fresca, pasteurizada, congelada o en conserva.

En México, la comercialización tradicional es en dos presentaciones: entera viva enhielada y pulpa fresca. A partir de 1985 se introduce en algunos mercados la jaiba suave y la pulpa seleccionada, pero a precios elevados.

El precio de venta de las jaibas en el mercado nacional ha presentado una tendencia al alza en todas las presentaciones. En julio de 1996, el precio promedio del Kg de jaiba entera fue de $8.50 y el de pulpa de $39.48. En junio de 1997 se incrementó respectivamente a $11.57 y $56.57 lo que representa una variación del 26.35% y 60% para cada presentación.

En los mercados locales el precio presenta fuertes variaciones de acuerdo a la abundancia estacional y la demanda del recurso. En Campeche al inicio de la temporada de pulpo, el precio de playa del Kg de jaiba es hasta de $10.00, ya que es requerida como carnada para esa pesquería, pero al final, la oferta hace caer el precio hasta $4.50.

En una encuesta realizada en Tuxpan, Ver., sobre las preferencias al consumo de jaiba, se encontró que el 67% de la población, prefieren comprarla entera y viva, por la seguridad de la frescura; el 30% prefieren el producto la pulpa fresca y sólo el 3% no la consume por temor a que les afecte la salud (Palacios, 1998) (Fig. 15).

De las 1,280.614 t de jaibas y cangrejos capturadas en 1990, el 72% fue consumido por los países de origen y el 28% restante entró en el comercio internacional: el 15% fue exportado y el 13% se importó. La diferencia del 2% es porque algunos países compran materia prima para procesarla (FAO, 1990).

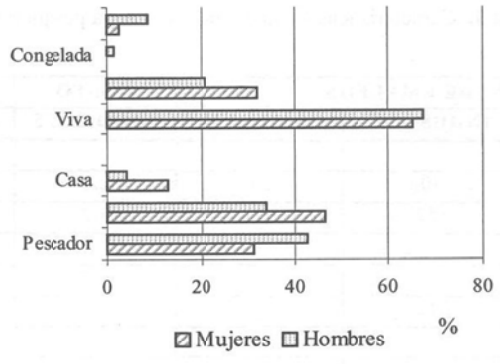


Fig. 15. Consumo de jaiba en Tuxpan, Ver. (Palacios, 1998).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En el Diario Oficial de la Federación del 18 de Abril de 1974, se estableció la medida de 110 mm (tomada de espina a espina del caparazón), como longitud mínima de captura. Este marco legal hasta la fecha rige esta captura en ambos litorales. Aún no se emite una Norma Oficial Mexicana al respecto.

Entre 1996 y 1999 se establecieron los Comités de Pesca y Recursos Marinos, en Campeche, Veracruz y Tamaulipas con el propósito de formular las propuestas para la sana administración de los recursos pesqueros.

En Campeche, en el seno del Comité de Pesca y Recursos Marinos, el Instituto Nacional de la Pesca a través de su Centro de Investigación, ha presentado y consensado con los sectores involucrados propuestas de estrategia para la administración sustentable del recurso.

En E.U. se tienen caracterizadas las longitudes de jaiba según el destino de la captura y la prohibición de retener hembras con "esponja", y en algunos estados de E. U., la prohibición de retener a las hembras mayores de 130 mm.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

El Instituto Nacional de la Pesca, a través de sus CRIP's en Tampico, Veracruz y Cd. del Carmen, ha mantenido estudios consecutivos por más de 20 años. En la *tabla 4* se presenta la información generada y algunos parámetros de crecimiento reportados por investigadores nacionales e internacionales.

Se estimó la mortalidad total Z, a partir de la curva de captura convertida a talla (Sparre y Venema, 1995).

Para la mortalidad natural M se utilizo la formula empírica de Pauly. En tanto que la mortalidad por pesca F se obtuvo de la formula

$$Z = F + M \quad \text{.....(1)}$$

Para obtener la talla L 50% se estimo de la curva de captura acumulada.

▼ *Modelo*

- **Planteamiento**

Modelo predictivo de Biomasa Dinámica

Se utilizó un modelo dinámico para realizar la evaluación

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - B_t / k) - qE_tB_t \quad \text{.....(2)}$$

Tabla 4. Parámetros de crecimiento (diversos autores).

LUGAR	ESPECIE	RESUMEN DE RESULTADOS	AUTOR
Chesapeake, Virginia, E. U.	*C. sapidus*	Machos $P = 0.00026\ \mathbf{L}^{2.67}$; Hembras: $P = 0.00034\ \mathbf{L}^{2.57}$	Newcombe *et al.*, 1949.
Alvarado, Ver.	*C. sapidus*	Una proporción de sexos de 1:1; con Intervalo de longitud de 3.1 a 17.5 cm; Machos: $P= 0.08L^{2.87}$; Hembras : $P= 0.09\mathbf{L}^{2.81}$	Ramírez y Hernández, 1988
	C. rathbunae	Proporción de sexos 1:1, Intervalo de longitud: 3.4 a 13.8 cm; Machos: $P= 0.05\ \mathbf{L}^{3.18}$; Hembras $P= 0.09\ \mathbf{L}^{2.87}$	
Champayan, Tamps.	*C. sapidus*	En la composición de 2000 ejemplares se obtuvieron: El 4% de *C. sapidus*, y el 96% de *C. rathbunae*, en el intervalo de longitudes : 70 a 175 mm; longitud media 124 mm, Peso medio 149 gr. Parámetros de Crecimiento para ambos sexos: $L_\infty = 273.00$ mm $K = -0.006$ $t_0 = 0.84$ $P = 0.000682\mathbf{L}^{2.35}$ $S = 0.75,\ Z = 0.29$	Arzate, 1996
	C. rathbunae		
Tamiahua, Ver.	*C. sapidus*	Intervalo de longitud 65 a 205 mm Longitud media 137.1 mm Peso medio 160.05 gr Ambos sexos $P = 0.0001396\mathbf{L}^{2.819}$	Palacios, 1998
	C. rathbuane	Intervalo de longitudes 70 a 180 mm Longitud media 110.72 mm Peso medio 96.72 gr Ambos sexos $P = 0.00062\mathbf{L}^{2.492}$	
Pacífico Colombiano	*C. arcuatus*	Crecimiento isométrico $P = 0.0156\mathbf{L}^{2.953}$ Parámetros de crecimiento (von Bertalanffy): $L_\infty = 147$ mm; $K = 1.5$; $C = 0.9$ $P_\infty = 0.3$; $tS = 0.8$; $t_0 = 0.067$ (Empírico de Pauly, 83); Mortalidad: $Z = 3.34$; $M = 2.770$; $F = 0.579$; Tasa de explotación: $e = 0.173$	Pineda *et al.*, 1993

donde:

q = coeficiente de capturabilidad
B_t = biomasa del stock,
r = tasa intrínseca de crecimiento
K = biomasa del stock previo a la explotación
E = esfuerzo de pesca
t = tiempo

Con este modelo es posible estimar el rendimiento máximo sostenible (RMS); esfuerzo al que se alcanza el rendimiento máximo sostenible (E_{RMS}) y q.

Los parámetros del modelo fueron obtenidos por el método de máxima verosimilitud.

• Simulación de estrategias de captura

Una vez obtenidos los estimados de rendimiento máximo sostenible, y el esfuerzo al cual se alcanza éste, se procedió a realizar las simulaciones con tres diferentes estrategias de captura:

1. 120% del RMS, que obedece a la condición actual de explotación.
2. RMS obtenido.
3. Reducción de la captura a 80% del RMS.

▼ *Estado actual de la pesquería de jaiba en el Golfo de México*

La evaluación por especie indicó cue las dos principales especies que sustentan la pesquería (*Callinectes sapidus* y *C. rathbunae*) se encuentran sobrexplotadas, en tanto que la tercera especie en importancia se muestra con potencial de desarrollo (Tabla 5).

Al tratar la pesquería como unidad de biomasa, se encontró explotada un 20% por arriba del máximo rendimiento sostenible, tendencia que de mantenerse, mermará la biomasa corriente a niveles que pueden hacer poco rentable la pesquería.

Tabla 5. Tasas de mortalidad y explotación.

ESPECIE / CICLO	Z			M			F			E		
	97	98	99	97	98	99	97	98	99	97	98	99
C. sapidus	3.89	3.48	4.38	1.64	1.50	1.65	2.25	1.98	2.73	**0.58**	**0.57**	**0.62**
C. rathbunae	4.92	5.45	5.08	2.19	2.21	1.72	2.73	3.24	3.36	**0.55**	**0.59**	**0.66**
C. bocourti	1.44		2.20	1.04		1.98	0.1		0.22	**0.06**		**0.10**
C. similis	2.44			1.24			1.2			**0.44**		

Z = Mortalidad total
M = Mortalidad natural
F = Mortalidad por pesca
E = Tasa de explotación

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La primera opción, seguir capturando el recurso 20% por arriba del RMS traería beneficios en el corto plazo, pero reducirá la biomasa y traería el colapso de la pesquería (figura 16).

La segunda estrategia, en la que se adopta una captura del 80% del RMS, podría estabilizar la pesquería en el largo plazo, de no presentarse contingencias, ni incrementos en el esfuerzo pesquero.

La tercera estrategia, de reducir la captura al 80% del RMS, en el corto plazo garantizaría la explotación sustentable en el mediano plazo. También permitirá mantener la pesquería sana, al dar oportunidad a la recuperación de biomasa de la población, lo que traería consigo mantener las capturas por unidad de esfuerzo, con el consiguiente beneficio para los pescadores que pueden mantener su empleo con altos retornos. Permitiría reducir la incertidumbre ante contingencias ambientales.

Debido a que se encuentra sobreexplotado el recurso y que la pesquería se mantiene de libre acceso, con un continuo aumento del esfuerzo pesquero y con la finalidad de recuperar el nivel de biomasa corriente en un 30%, se recomiendan las siguientes estrategias de manejo precautorio:

1. Establecer una cuota anual del orden del 80% del Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) y limitar la temporada de captura a ocho y medio meses.

2. Respetar la talla mínima de captura.

3. Se establezcan como únicos artes de pesca legales los aros y trampas jaiberas.

4. Un reordenamiento de la pesquería con el propósito de conocer quienes y cuantos participan de esta actividad en las diferentes áreas de captura.

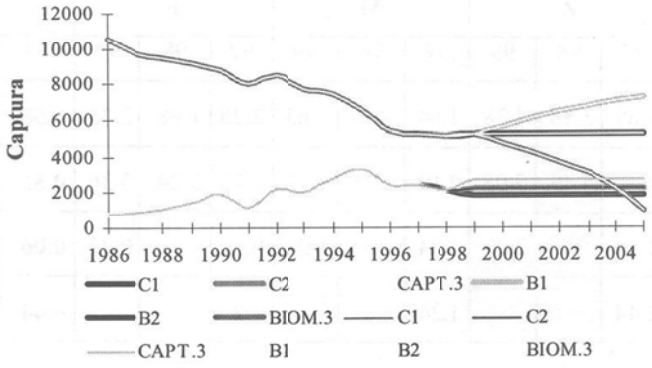


Fig. 16. Comportamiento de la biomasa y la captura ante tres diferentes regímenes de explotación en Campeche.

5. No autorizar el incremento en el número de permisionarios, pescadores y artes de pesca.
6. No autorizar nuevas licencias para la apertura de plantas industriales y para la obtención de jaiba suave.
7. Proporcionar a pescadores, permisionarios, industriales y comerciantes, información biológica, que permita crear conciencia sobre la explotación sustentable.
8. Impulsar la investigación biológica, pesquera y acuacultural.
9. Exigir la liberarción de hembras con esponja y juveniles.
10. Que el procesado artesanal de la pulpa sólo se realice en centros de acopio autorizados, para control de las tallas y registro de capturas.
11. No rebasar el 5% de ejemplares por debajo de la talla mínima legal.
12. Detectar, delimitar y proteger las zonas de reclutamiento.

REFERENCIAS

Anónimo.1997. Historia Mínima de Campeche. Gob. Edo. Campeche SECUD.

Arreguín S., F. 1976. Notas Preliminares sobre las Jaibas (Portunidae, *Callinectes* spp.) en las Lagunas de Madinga, Ver., Mex. Mem. Rec. Pesq. Cost. Mex. INP. México. Veracruz, Ver. 23-25 Nov. 159-171.

Arzate A., E. 1987. Sinopsis Biológico Pesquero de las Jaibas *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae* del golfo de México. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Tampico (inédito).

Arzate A., E. 1991. Situación Actual de la Pesquería de las Jaibas *Callinectes sapidus* y *Callinectes rathbunae* en Tamaulipas, 1987/89. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Tampico (inédito).

Arzate A., E. 1995. Estudio Comparativo de Tres Localidades de la Laguna Madre, Tamps., Mex., basado en Morfometría de la Jaiba Azul *Callinectes sapidus*. Instituto Nacional de la Pesca Centro Reg. de Inv. Pesq. de Tampico (inédito).

Arzate E., A. & J. Martínez O. 1996. Investigación Biológico Pesquera de la jaiba en la laguna de Champayan, Tamps. Instituto Nacional de la Pesca Centro Regional de Investigación Pesquera de Tampico (inédito).

Corripio E., C.1982. Aspectos biotecnolóicos de la fauna de acompañamiento del camarón en la región noreste del golfo de México. Ciencia Pesquera 3:1-8.

Chávez E., B. Anguas, F. Arreguín, & J. Sánchez.1976. Proporción ecológica de las lagunas de Mandinga, Ver. I Reunión Latinoamericana Sobre Ciencia y Tecnología de los Océanos, Sec. Marina. México. 141-163.

Christian R., T. & L. J. Lester. 1984. Abundance and association of epibenthic crustacea in the wester Gulf of México. NOA. Technical Memorandum. NMFS SEFC 137 july 1984.13 pp.

Csirke, J. & G. D. Sarp. 1984. Reports of the expert consultation to examine changes in abundance and species composition of neritic fish resources. FAO Fisheries Report No. 291.

Darnell, R.M. 1959. Studies of the life history of blue clab *Callinectes sapidus* Rathbun, in Lousiana waters. Transactions of the american Fisheries Society 88(4):294-304.

Domínguez T., L., V. Rivera R. & J.L. Rodríguez S.1997. Parámetros Poblacionales de la pesquería de Jaiba *Callinectes* sp.en laguna de Términos Campeche. Inst. Nal. de Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Carmen (inédito).

Domínguez T., L.1998. Jaibas del complejo lagunar Términos. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Carmen. Primer Taller de Pesca Ribereña del golfo de México y Caribe. 8 12/ 03/1998 (inédito).

Domínguez T., L., V. Rivera R. & J.L. Rodríguez S.1999a. Plan de manejo de la pesquería de jaiba en el complejo lagunar de Términos, Carmen, Campeche. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Carmen (inédito).

Domínguez T., L., V. Rivera R. & J.L. Rodríguez S. 1999b. Diagnostico del estado de explotación del recurso jaiba en el complejo lagunar Términos, Campeche. Ciclo 1998 1999. Inst. Nal. de la Pesca Centro Reg. Inv. Pesq. Carmen (inédito).

F.A.O. (Food and Agriculture Organization). 1990. Anuario Estadísticas de Productos de la Pesca. FAO. Roma, Italia Vol. 80.

F.A.O. (Food and Agriculture Organization). 1996. Anuario Estadísticas de Pesca. Capturas. FAO. Roma, Italia Vol. 82.

Grande V., J. & Díaz López. 1981. Situación actual y perspectivas de utilización de la fauna de acompañamiento del camarón en México. Ciencia Pesquera. I(2):43-55.

Hilborn, R. & C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty. Chapman & Hall. Nueva York.

Kaestner A., 1980. Invetebrate zoology. Crustacea. 3:346-347.

López del Angel. 2000. Patrones de comportamiento relativo al proceso de madurez sexual de la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) Rathbun, 1896, en un sistema cerrado. Tesis. Universidad Veracruzana Fac. Ciencias Biológicas y Agropecuarias. México. Mayo 2000.

Loran N., A. Valdéz & F. Escudero. 1993. Algunos aspectos poblacionales de las jaibas, *Callinectes* spp., en la Laguna de Alvarado, Veracruz. Cienc. Pesq. 10(93):15-31.

Millikin M.R. & A.B. Williams. 1984. Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. FAO Fish. Synopsis N° 138.

Newcombe, Eckstine. 1949. A study of the form and growth of the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Growth 13(2):71-96.

Oesterling M. 1984. Manual for handling and shedding blue crabs (*Callinectes sapidus*) Glocester Point, VA. Virginia Inst. of Mar. Sci. Col. William & Mary. 271:1-94

Ortega A., A. & H. Reyes B. 1994. Biotecnologías para el cultivo de la jaiba. SEPESCA-UNAM. México 1-95.

Palacios F., M. R. 1998. Informe Final POA 95-97. Investigación biológico pesquera del recurso jaiba en el norte de Veracruz. Instituto Nacional de la Pesca Centro Regional de Investigación Pesquera de Tampico México (inédito).

Palacios F., M. R. & Gómez, V. A. 1999. Opinión Técnica para la captura de jaiba en 3 cooperativas de la Laguna Madre, Tamps. Instituto Nacional de la Pesca Centro Regional de Investigación Pesquera de Tampico México (inédito).

Palomino R., O. I., Castro, M. R. G., Fernández, M. & R. González. 1999. Composición estacional de la fauna de acompañamiento del camarón en el noreste del Golfo de México. Inst. Nal de la Pesca;Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Tampico México (inédito).

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contribution No. 143.

Perry, H. & R. Malone. 1985. National symposium on the soft shelled blue crab fishery. Gulf Coast Resch. Lab. Ocean. Spring, MS. Feb. 12-13 1985:1-128.

Perry, H. & W. A. Van Engel. 1982. Proceeding of the blue crab colloquium. 16-18 October, 1979. 30th Annual Fall Meeting, Biloxi, MS 7:1-235.

Pineda H., R., N. Madrid & F. H. Pineda P. 1993. Contribución al conocimiento de la dinámica poblaciones de la jaiba, *Callinectes arcuatus* Ordway, en el Pacifico colombiano. Mem. VIII Sem. Com. Col. Ocean. Colombia.

Prager M. H., J .L. McConaugha, C. M. Jones & P.J. Geer. 1990. Fecundity of blue crab, *Callinectes sapidus*, in Chesapeake Bay: Biologycal statical and mannagement contiderations. Bull. Mar. Sci. 46:170-179.

Ramírez G J., & I. Hernández T. 1988. Investigación bilógico pesquera para la obtención de jaiba suave, *Callinectes* spp., en Alvarado, Ver. Mex. Tesis Profesional. UNAM ENEP IZTACALA. Iztacala, Ed. Mex.

Raz G., A. & A. J. Sánchez. 1996. Catálogo ilustrado de cangrejos braquiuros (Crustacea) de la laguna de Tamiahua, Veracruz, México. UNAM Inst. Biol., México. Cuaderno N° 31, 52p.

Real Q., N. D. 1975. Estudio preliminar acerca de los movimientos y distribución de la jaiba prieta (*Callinectes rathbunae* Contreras 1939), en la Laguna de Tamiahua, Veracruz, México. Tesis profesional. Fac. Cienc. Esc. Biol. Univ. Veracruzana.

Rees G., H. 1963. Edible crabs of the United States. U.S. Fish. Wild. Serv. Fish. Leaf. 550:1-18.

Rodríguez de la Cruz, C., M. R. Palacios F., R. Cruz S & C. I. Díaz P. 1994. Atlas Pesquero de México. SEPESCA INP. México. pp 134-135.

SEMARNAP. 1997. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP. MEXICO.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP. MEXICO.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca. SEMARNAP. MEXICO.

SEPESCA. 1993. Anuario Estadístico de Pesca. SEPESCA. MÉXICO.

Shaefer., M.B. 1984. Scme aspectsof the dynamics of population important to the management of comercial marine fisheries. Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. 1:27-56

SIC.1997. Sistema Nacional de Investigación de Mercados. Sec. Ind. y Comer. Mex. Reporte Mensual. Agosto.

Solorzano, P.A. 1979. Análisis de la captura pesquera, por estado, año, mes para los años 1968 a 1979. Sepesca, Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Sparre, P. & S.C. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO. Doc. Téc 306.

Steele, P. & H. Perry. 1990. The blue crab fishery of the gulf of México, United States: a Regional Managment Plan. Gulf States Marine Fish. Comm. USA. N° 21th April, 1990.

Tagatz, M. E. 1968 Growth of the juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Jones River, Florida. Fish. Bull. 67: 281-288.

Tan, E.C. & W.Van Engel.1966. Osmoregulation in the adult blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. Science 7(1):30-35.

Walters C. & R. Hilborn. 1976. Adaptative control of fishing system. J. Fish. Res. Bd. Can. 33:145-159.

Walters C. & D. Ludwig. 1994. Calculation of Bayes posterior probability distributions for bek population paramelers. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51(3):713-722.

William, A.B. 1974. The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda:Portunidae). Fish. Bull. 72(3):685-798.

paleta
blanco
R
prieto
o
robalo
b
del Golfo
chucumite
a
l
Golfo
o
Robalo
del Golfo
blanco
de México

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE ROBALO DEL GOLFO DE MÉXICO

ESPECIES:

- *Centropomus undecimalis* (robalo blanco) es la especie más importante de las seis que habitan en el Golfo de México.
- El robalo blanco sostiene la pesquería artesanal y ribereña de mayor tradición a lo largo del Golfo.
- Forma parte de la "escama fina" y ocupa el 5° lugar en producción de la escama.
- El 82% de la producción de robalo en el país procede del Golfo de México.
- Unos días antes y después de la luna llena, durante junio, julio y agosto, se presentan las mayores "arribazones".
- Se reproduce en el mar, en áreas someras situadas frente a desembocaduras de ríos, y realizan varios desplazamientos cortos mar-laguna-ríos durante su crecimiento.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Los volúmenes de producción indican una notable disminución a nivel nacional, con máximos de más de 5,000 t y mínimos de 2,000 t.
- En Tamaulipas, las capturas se mantienen en 300 en promedio, Veracruz hasta 1,500 t, Campeche,en 900 t, y en Tabasco, presenta variaciones amplias, pero en promedio es de 800 t.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Distribución de probabilidades, Estimación de mortalidad natural y Simulación de Montecarlo.
- Estimación de distribución de probabilidad del coeficiente de explotación.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Se encuentra en deterioro y requiere de una estrategia de recuperación por regiones.

MEDIDAS DE MANEJO

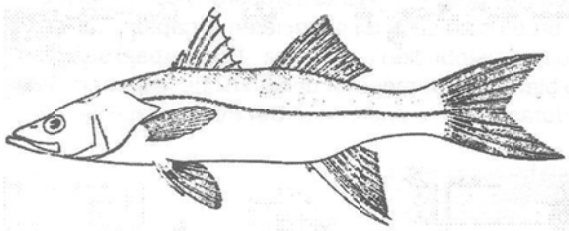
- Limitar las capturas de preadultos en el interior de sistemas lagunares estuarinos y ríos, y mantener el acuerdo de veda establecido regionalmente.

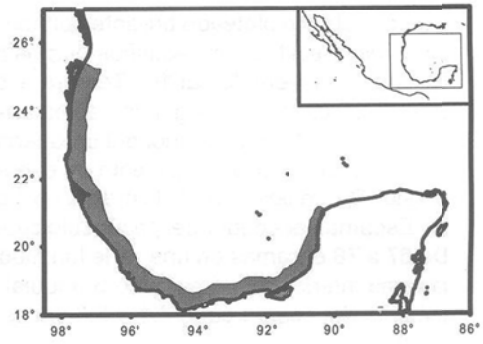
OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Veda por zonas.
- Frenar el deterioro de la pesquería de robalo blanco e impulsar un plan de recuperación.

ROBALO DEL GOLFO DE MÉXICO

Centropomus undecimalis





LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

El robalo constituye una de las pesquerías artesanales de mayor tradición e importancia en el Golfo de México, debido a sus propiedades alimenticias, calidad y sabor, a la facilidad de acceso para las comunidades pesqueras ribereñas, por la distribución estacional del recurso en la franja costera, sistemas estuarino – lagunares y parte baja de los ríos. Dentro de la "escama fina", el robalo blanco es una especie que alcanza más de un metro de longitud y se cotiza a un precio alto en el mercado nacional, resultando poco accesible para la mayoría de la población.

El robalo constituye una de las pesquerías artesanales de mayor tradición e importancia en el Golfo de México

En nuestro país existen doce especies del género *Centropomus* de distribución anfiamericana con hábitos diadrómicos y características de ambientes mixohalinos, (Castro, Espinosa y Schmitter, 1999). En el Golfo de México se distribuyen *Centropomus parallelus,* chucumite, *C. poeyi*, robalo prieto, *C. undecimalis*, robalo blanco, *C. ensiferus,* robalo del Golfo, *C. mexicanus,* robalo de río, y *C. pectinatus,* constantino. En el Pacífico, C. *medius*, robalo paleta, *C. nigrescens,* robalo prieto, *C. viridis,* robalo blanco, *C. unionensis,* robalo del pacífico, *C. armatus*, robalo espina larga *y C. robalito,* robalito ó robalo de aleta amarilla.

En 1999, el 82% de la producción nacional de robalo procede del Golfo de México y Caribe, particularmente de Veracruz, Tabasco y Campeche, que en conjunto aportan entre el 94% de la región. Veracruz ocupa el primer lugar con 45% de la producción, seguido de Tabasco con 25% y Campeche con 23%; Quintana Roó, Yucatán y Tamaulipas aportan el 7% restante (SEMARNAP, 1999).

En Campeche, el robalo ocupa el quinto lugar de importancia por los volúmenes que se capturan dentro de las especies de escama y el primer lugar por el valor al que se cotiza. Debido al valor comercial de esta especie se puede comparar en importancia con otros recursos como el camarón siete barbas, cangrejo, jaiba y ostión (Cuenta anual, SEMARNAP, 1997).

El robalo blanco, Centropomus undecimalis, es la especie que destaca por los grandes volúmenes que se capturan en el Golfo de México y particularmente, en la región del suroeste

El robalo blanco, *Centropomus undecimalis,* es la especie que destaca por los grandes volúmenes que se capturan en el Golfo de México y particularmente, en la región del suroeste. Esta especie sostiene una pesquería tropical artesanal que opera de acuerdo a las abundancias estacionales; representa en la región una valiosa fuente de alimento y empleo para las comunidades ribereñas. En el Golfo de México, se capturan otras tres especies, el "robalo prieto", *C. poeyi*, el chucumite, *C. parallellus* y el constantino, *C. pectinatus,* cuya producción es poco importante comparada con la del robalo blanco; sin embargo, la proporcion de cada especie en la captura varían localmente dependiendo de su distribución geográfica. Este trabajo se enfoca principalmente al robalo blanco de Campeche, debido a que la primera autora ha dado seguimiento al proyecto de este recurso, durante varios años, en el Centro Regional de Investigación Pesquera del Carmen, Campeche.

BIOLOGÍA

Cuerpo robusto plateado brillante con tonos azul grisáceo en el dorso y costados oscurecidos por pequeños puntos negros. Línea lateral negra, recta. Radios de la aleta dorsal 10. Tercera espina dorsal más alta que la cuarta, cuando se extiende. Segunda espina anal no alcanza la vertical de la base de la caudal. Angulo exterior del preopérculo suavemente aserrado. Orificio anal se encuentra, verticalmente en el extremo posterior de la primera aleta dorsal. Borde posterior de la maxila no alcanza el borde posterior de la pupila. Escamas alrededor del pedúnculo caudal 22 – 28, generalmente 24 – 27. De 67 a 78 escamas en una serie longitudinal. De 8 a 10 branquiespinas en la rama inferior del primer arco branquial, sin contar los rudimentos. Altura máxima del cuerpo cabe 4.1 a 5.6 veces en la longitud cefálica (Mendoza, 2000).

Cuerpo robusto, plateado brillante con tonos azul grisáceo en el dorso y costados oscurecidos por pequeños puntos negros

Existen diferencias en las características físicas de las especies de robalos: además de la coloración obscura, los robalos prietos son más robustos y de tallas más pequeñas, alcanzan longitudes hasta de 90 cm y 9 K. de peso. Los chucumites son mucho más pequeños, llegan a alcanzar tallas de 60 cm de longitud total, su cabeza es más ancha y deprimida y tienen una coloración amarilla.

C. undecimalis se distribuye en mares tropicales desde Carolina del Norte hasta Río de Janeiro. Se encuentra en todo el Golfo, siendo más abundante en Veracruz y Tabasco

Centropomus undecimalis se distribuye en mares tropicales desde Carolina del Norte hasta Río de Janeiro. Se encuentra en todo el Golfo desde Tamaulipas hasta la Laguna de Términos y Mar Caribe, siendo particularmente más abundante en Veracruz y Tabasco. *C. pectinatus* se distribuye de Tamaulipas a Tabasco; *C. poeyi* es común en Veracruz y Tabasco, con mayor abundancia en la Cuenca baja del Papaloapan y en el sistema lagunar de Alvarado. Esta especie es la única que se ha reportado para aguas mexicanas. *C. parallelus* se captura de Tamaulipas a Tabasco y es abundante en la boca del río Pánuco y Támesis.

Todos los robalos son especies demersales, que habitan fondos blandos, arenosos y fundamentalmente fangosos de aguas no muy profundas. En etapas tempranas de crecimiento, se asocian a comunidades de manglares, de lirio acuático o pastos marinos. De acuerdo a su ciclo biológico, alternan su permanencia en aguas marinas costeras, esteros, ríos y lagunas, mostrando así su amplia tolerancia a la concentración de sales. No se conocen con exactitud los límites de su rango de tolerancia a los cambios de temperatura. Sin embrago, el hecho de habitar aguas poco profundas sugiere que soportan fluctuaciones térmicas considerables; diver-

Todos los robalos son especies demersales, que habitan fondos blandos, arenosos y fundamentalmente fangosos de aguas no muy proiundas

sos autores han reportado que las bajas temperaturas afectan su fisiología, tornando lentos sus movimientos y aún matándolos cuando son muy bajas; mientras que entre los últimos días de primavera y los primeros de otoño (abril a octubre), cuando la temperatura es elevada, los robalos se reúnen para la reproducción y el desove (Quiroga *et al.,* 1996).

Son consumidores terciarios, los adultos son carnívoros muy voraces, se alimentan de numerosas especies juveniles de peces, tales como: anchoveta, mojarra, ronco, bagre, guavina, corvina, lebrancha, lenguado, mojarra blanca y pinta, y sardinas entre otros; de crustáceos como camarones y jaibas; moluscos como: caracoles y almejas. En etapa juvenil se alimentan de zooplancton (Quiroga *et al.,* 1996).

Son consumidores terciarios, los adultos son carnívoros muy voraces, se alimentan de numerosas especies juveniles de peces

Marshall (1959), menciona que en Florida, *C. undecimalis*, se alimenta principalmente de otros peces y camarones, estando en segundo orden los cangrejos y otros crustáceos. Según Hernández (1987), *Centropomus undecimalis* parece mostrar preferencia hacia peces como la arenga *Dorosoma anale*, mojarras *Cichlasoma* spp, sardinas *Astyanax* spp *y* agujón *Hyporhamphus mexicanus*, que constituyen el 81.1% del alimento de los machos y 68.8% de las hembras. Los cangrejos siguen en importancia a las píguas o langostinos representando ambos el 6.6%. Los vegetales ocupan el 1.11% atribuido a ingestión incidental y otros como conchas de almejas y gusanos ocupan el 33%. El tamaño del alimento debe ser relativamente grande y de alto contenido energético, su eficiencia digestiva es alta e invierte mucho tiempo en la búsqueda del alimento. Estos resultados evidencian la presencia del robalo blanco en ambientes oligohalinos o limnéticos, ya que el contenido estomacal se compone por especies dulceacuícolas y confirma la utilización de estos ambientes como área de alimentación.

Se considera que la reproducción se inicia en primavera y finaliza a principios del otoño. El máximo desove se presenta en junio, julio y agosto

En términos generales se considera que la reproducción se inicia en primavera y finaliza a principios del otoño. El máximo desove se presenta en junio, julio y agosto (Chávez, 1961). Según Marshall (1959), el grueso de la reproducción para *C. undecimalis* en Florida, ocurre entre mayo y junio prolongándose hasta principios de noviembre. Los datos de madurez obtenidos de robalo blanco, de marzo de 1994 a marzo de 1997 indican que se reproduce en la región de abril a octubre. El periodo de mayor abundancia de organismos maduros ocurre de mayo a agosto, con excepción de 1996, año en el que se presentó una mayor abundancia de organismos maduros en septiembre y no en agosto (Fig. 1).

Marshall (1958), Volpe (1959) y Chávez (1961) reportan que la zona de reproducción de *C. undecimalis,* se localiza en el mar, en sitios poco profundos no retirados de la costa, y frente o cerca de la desembocadura de los ríos. Datos obtenidos sobre las áreas de reproducción en el sur de Campeche indican que las áreas adyacentes a las plataformas de petróleos y cerca de la desembocadura de la Laguna de Términos son muy importantes para la reproducción de esta especie.

la zona de reproducción de C. undecimalis, se localiza en el mar, en sitios poco profundos no retirados de la costa, y frente o cerca de la desembocadura de los ríos

El robalo blanco pasa gran parte de su vida en pastizales, lagunas y ríos, realiza continuos desplazamientos entre el mar y las lagunas, para alimentarse y regresa a la zona costera frente a las bocas de los ríos o lagunas para desovar. Estudios de Caballero, et al (1997,1998) en el sur del Golfo muestran que las zonas de reclutamiento de animales maduros se encuentran frente a "los mechones" entre las isobatas de las 10 y 12 brazas, frente a "la Colonia" 14 brazas, frente a "la Comisión" entre las isobatas de los 4 y 8 brazas; estas localidades se asocian con presencia de parches de piedras grandes; en la Laguna de Términos en mayo y agosto, un área importante es el sitio denominado Boca Chica, a 2 y 3 brazas de profundidad. En esta misma área juveniles y preadultos se encuentran en enero, agosto, septiembre y octubre; otras áreas de importancia para el reclutamiento de juveniles y preadultos son Chacahito, Boca de Atasta, el Callo, Isla Pájaros, Bahamita y el estero de Sabancuy (fig. 2).

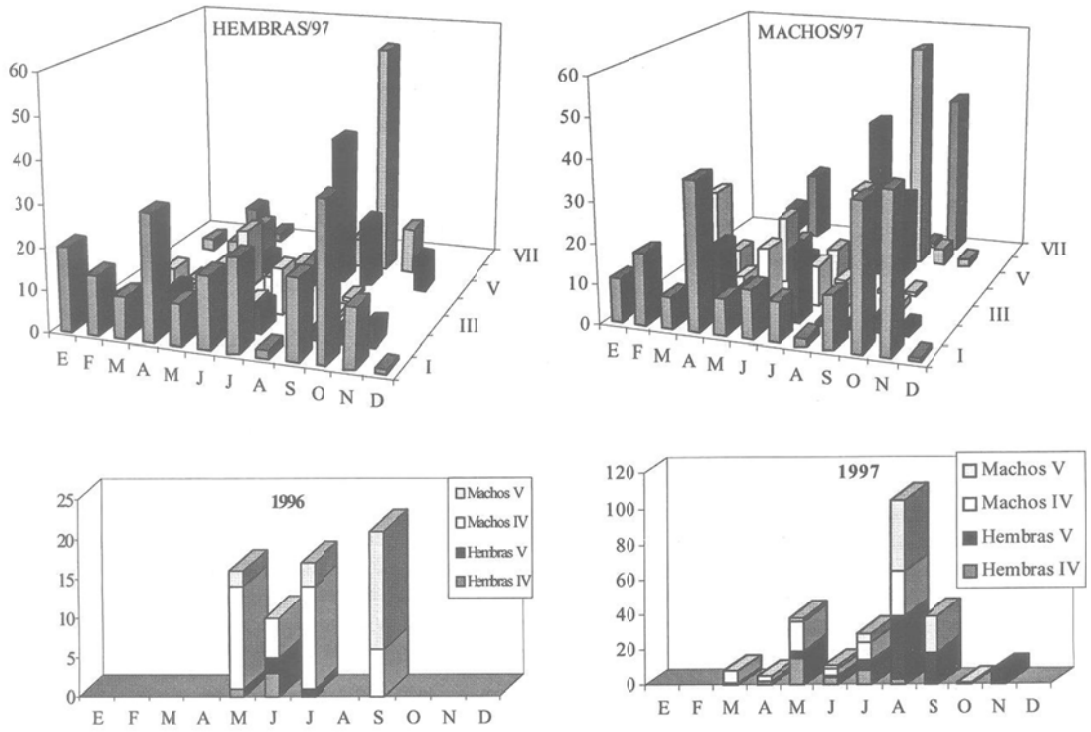


Fig. 1. Madurez gonadal de robalo blanco en Campeche y Tabasco (1996-1997).

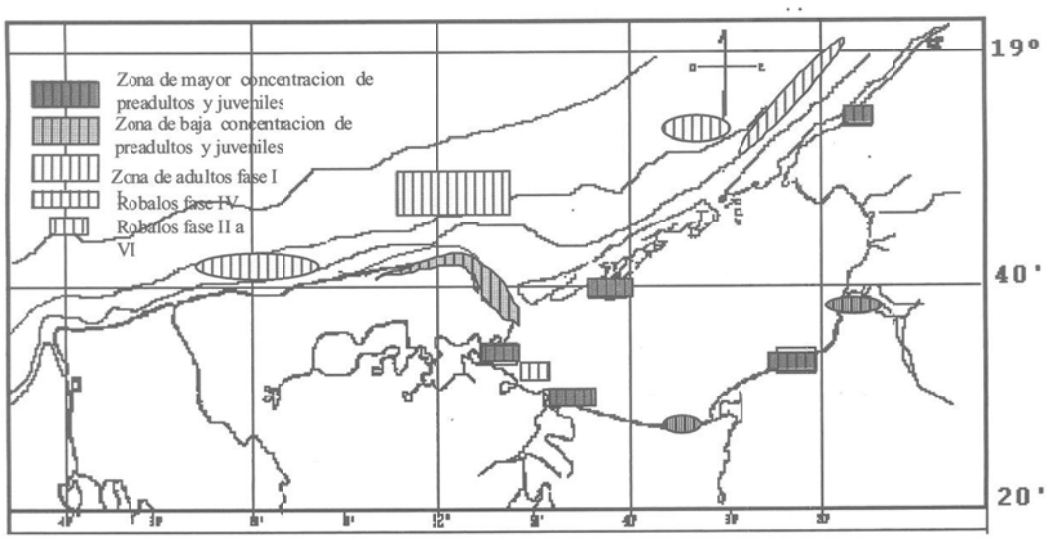


Fig. 2 Principales zonas de captura de robalo blanco

Todas las especies de robalo presentan una alta fecundidad. Volpe (1959) por medio del método volumétrico contó aproximadamente 1'440,000 huevos en una hembra de 58.4 cm; Chávez (1963), encontró aproximadamente 2'678,000 huevos en una hembra de 110 cm de largo y 12 Kg de peso, Cervigón (1966) indicó que el número total de óvulos del robalo blanco, *Centropomus undecimalis*, varía entre 1'440,000 y 1'650,000. Osorio y González, (1986) mencionan que el número de óvulos promedio es de 1,205.87 por gramo de peso (Mulhia *et al.,* 1994).

Todas las especies de robalo presentan un alto índice de fecundidad. Algunos autores mencionan que el número de óvulos promedio es de 1,205.87 por gramo de peso

La talla mínima de madurez sexual se alcanza a los 38.8 cm en hembras y 34.3 cm para machos

Marshall (1958), menciona que la madurez sexual de esta especie en Florida, se alcanza entre los 33.7 cm y 48.6 cm de longitud furcal (L.F.) en hembras, los machos entre 33.8 y 57.8 cm. Chávez, (1963) reporta que la talla mínima de madurez sexual se alcanza a los 38.8 cm en hembras y 34.3 cm para machos.

En datos obtenidos de 1994 a 1997 se observa que el 25% de la muestra se encuentra madura a una L.F. de 80 y 78 cm, para hembras y machos respectivamente; el 50% de la muestra se encontró madura a los 86 cm en hembras y 83 cm en machos (fig. 3). Las longitudes más pequeñas de individuos maduros fueron de 75 cm L.F. para hembras y de 71 cm para machos durante 1994 – 1995 y de 54 cm para las hembras y 53 cm para los machos en 1996 y 1997.

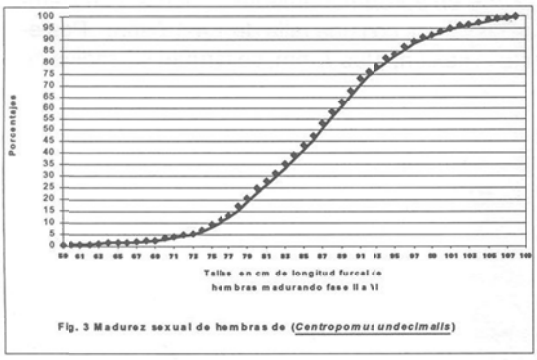


Fig. 3 Madurez sexual de hembras de (*Centropomus undecimalis*)

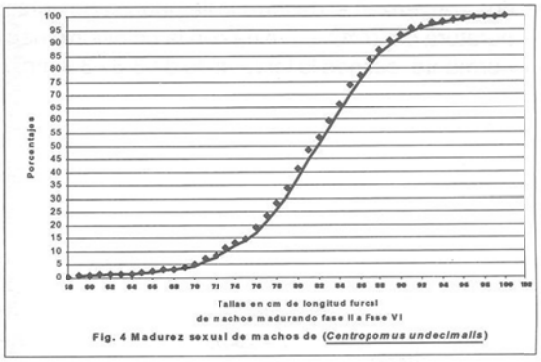


Fig. 4 Madurez sexual de machos de (*Centropomus undecimalis*)

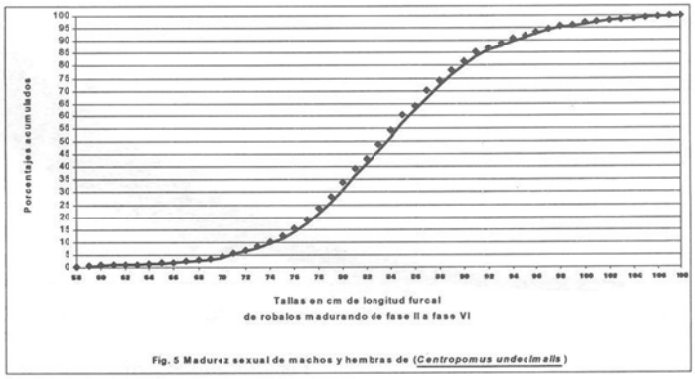


Fig. 5 Madurez sexual de machos y hembras de (*Centropomus undecimalis*)

Fig. 3. Madurez de hembras y machos de robalo blanco.

Para Alvarado, Veracruz (Chávez, 1963) reporta que la longitud máxima fue de 110 cm y la talla comercial más frecuente fue de 75 cm. Existen reportes de individuos más grandes, Tringali et al (1999), mencionan un registro de 139.5 cm y 35 Kg, en la costa de Florida, E.U.

En la *figura 4*, se observa la curva que presenta la relación peso-longitud del robalo blanco. El coeficiente de regresión o constante de proporcionalidad "a" que representa el grado de robustez del pez fue de 0.0093 en 1997, el dato obtenido del coeficiente b fue de 3.0 en 1996 y de 2.97 en 1997, con una R^2 en ambos casos de 99% indicando que el crecimiento en esta especie es isométrico.

El crecimiento en esta especie es isométrico, y la tasa de crecimiento es menor en machos que en las hembras

Volpe (1959), obtuvo que la tasa de crecimiento es alta hasta el segundo año, luego es totalmente uniforme hasta el quinto año y después declina ligeramente. La tasa de crecimiento es menor en machos que en hembras.

El análisis de frecuencia de longitudes con ELEFAN I indica que es una especie de crecimiento lento, el valor de K = 0.144, to = -0.044, L_∞ = 145.8 cm de L.F. Utilizando datos de edad (provenientes de la lectura de otolitos) y talla, la estimación de los parámetros fue de L_∞ = 129.5 K=.14 y to = 0.04905. En la *tabla 1*, se comparan los valores obtenidos en diferentes estudios para los principales parámetros poblacionales.

Ciclo de vida

La hembra madura acude a depositar sus huevos en la cercanía de la costa, los huevos son esféricos, con un diámetro de 0.400 a 0.690 mm, flotan libremente en el mar, cerca de la superficie. Los huevos fecundados comienzan el desarrollo llamado segmentación que ocurre en aproximadamente 17 horas a una temperatura de 27 °C, culmina con la eclosión o nacimiento de las larvas con una talla de 1.4-1.5 mm. Posteriormente, cuando la larva mide de 3.6 - 3.8 mm se presenta la flexión; a los 7 mm, se forman los radios de

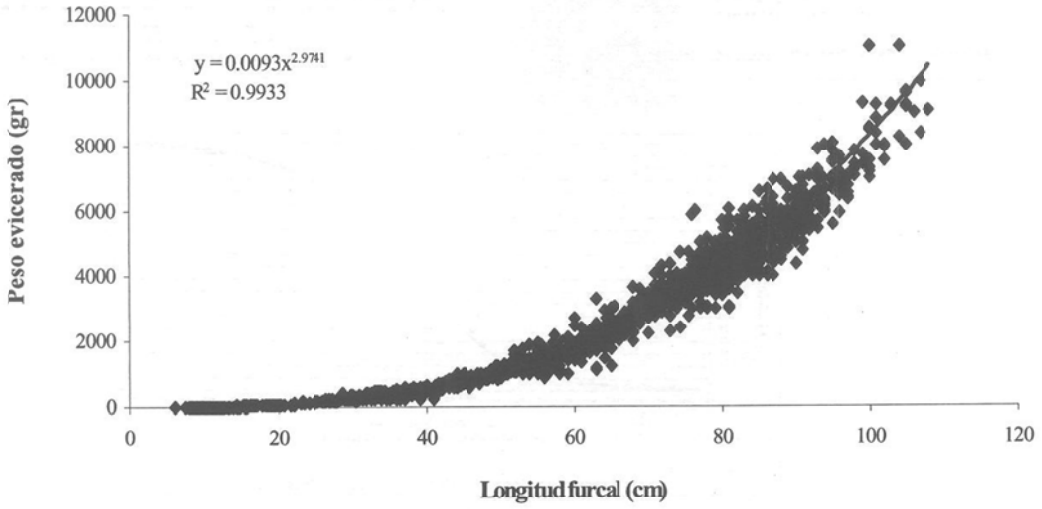


Fig. 4. Relación peso - longitud del robalo blanco.

Tabla 1. Comparación de parámetros poblacionales para robalo blanco.

Robalo blanco	Caballero (1997-98)	Chávez (1963)	Hernández (1987)
Peso-Longitud			
A	0.00093		0.0609 0.0254
B	2.973		3.05 2.72
Crecimiento			
L∞	129.5		126.98
W∞	14218.83 gr		
K	0.14		0.20
to	0.049		-0.245
Mortalidad			
M	0.42		-0.36
F	0.57		1.69
Datos de madurez			
Talla de primera madurez	83 cm de L.F.	38.8 cm hembras 34.3 cm machos	

la aleta dorsal y anal. A los 14 mm aparecen las primeras escamas. A los tres meses de ocurrido el desove ya han alcanzado una talla de 45 mm, entonces se les considera juveniles (Lau y Chafland, 1982).

En la etapa de larva y prejuveniles comienzan a emigrar hacia las lagunas costeras y esteros aprovechando la lengua salina que penetra con la marea (Green, 1993). A partir del mes de julio ya es posible encontrar a los juveniles en las lagunas costeras o ríos, en donde crecen hasta alcanzar la madurez sexual. En el período próximo al desove efectúan de nuevo una migración reproductora hacia la desembocadura de las lagunas costeras hasta alcanzar la franja litoral para desovar. La distribución de tallas en robalo blanco (fig. 5), muestra que de mayo a septiembre se presenta la mayor frecuencia de tallas grandes, mientras que en los meses de octubre a diciembre se observa el ingreso de nuevos individuos.

La distribución de tallas muestra que de mayo a septiembre se presenta la mayor frecuencia de tallas grandes, mientras que en los meses de octubre a diciembre se observa el ingreso de nuevos individuos

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

En el litoral Atlántico las principales áreas de pesca abarcan las costas de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche como zonas de mayor captura; en cuanto a sistemas lagunares estuarinos, sobresalen Tamiahua y Pueblo Viejo, y la desembocadura de algunos ríos como el Papaloapan, Pánuco, Támesis, Tuxpan, Coatzacoalcos, Grijalva y Usumacinta.

Para su captura se utilizan embarcaciones de fibra de vidrio que van de 23 a 27 pies de eslora en aguas costeras y lagunas; cayucos con motor y sin motor, el caballaje del motor va de 35 a 75 Caballos de Fuerza

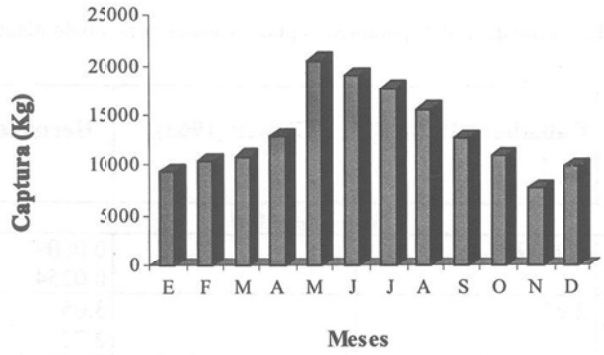


Fig. 5. temporada de captura de robalo blanco en la zona de Cd. del Carmen, Camp.

(C.F.), y redes agalleras de monofilamento (seda). El tamaño de la malla, el alto de la red, el largo o número de gasas, el número del hilo, el tipo y el color varía dependiendo del pescador. Las mallas van de 2.5" a 7", el alto normalmente tiene entre 50 y 100 mallas de caída, pueden traer entre 6 y 10 gasas, el hilo va de 0.7 y 0.95.

Para la pesca de robalo se emplean varios tipos de redes tales como agalleras o tendales, trasmallos, chinchorros playeros, atarrayas, espineles (tipo de palangre), y líneas de mano, pero indudablemente las primeras son las artes de mayor importancia.

Para la pesca de robalo se emplean varios tipos de redes tales como agalleras o tendales, trasmallos, chinchorros playeros, atarrayas, espineles (tipo de palangre), y líneas de mano

La captura mar afuera se realiza cerca del área de plataformas, entre las 10 y 16 brazas de profundidad, a 30 Km de la costa, normalmente con lanchas de fibra de vidrio de 25 y 27 pies de eslora con mallas de 5" a 7", con motores de 55 a 75 C.F.; las salidas son entre una y dos de la tarde, para regresar al día siguiente por la mañana entre las cinco y siete de la mañana. Se atraviesan las gasas de red agallera y se dejan a la deriva, posteriormente se levanta la red cada dos o cuatro horas, si se obtiene pesca se dejan en el mismo lugar, sino se cambian a otro sitio.

Para la captura de robalo en la laguna se utilizan redes agalleras de 2.5" a 5", lanchas de fibra de vidrio que van de 23 a 25 pies de eslora, con motores de 35 a 65 C.F., y el tiempo de la pesca dura hasta por dos o tres días según sea la abundancia del recurso. En esteros y ríos se utilizan otro tipo de artes como el cordel, el arpón y la fisga.

En la región se captura todo el año, los mayores registros de captura se dan en mayo, junio y julio en Cd. del Carmen, Campeche, esto coincide con los meses de desove (Fig. 5).

▼ *Tendencias históricas*

La producción nacional de robalo de 1950 a 1989 ha oscilado entre las dos y cinco mil toneladas. En la década de los cincuenta las capturas variaban entre 2,600 y 2,500 t, por año; durante la siguiente década las capturas aumentaron entre 2,600 y 3,700 t; en los setenta se presentaron los valores en promedio más bajos y hacia la segunda mitad de la década se obtuvo un descenso de entre 2,055 y 2,625 t; durante los años ochenta se produjo un incremento notable en el número de embarcaciones menores. En Veracruz, el aumento fue de 6,742 a 15,236 unidades entre 1980 y 1989. Esto corresponde a un incremento del 126% (Quiroga *et al.*, 1996). Para Tabasco, se sumaron en esos mismos años más de 5,000 unidades de un número inicial cercano a 1,000; en Campeche, el número registrado pasó de 750 a casi 3,000. En consecuencia, la producción de robalo fluctuó entre 3,800 y 5,482 t, con este último valor máximo para

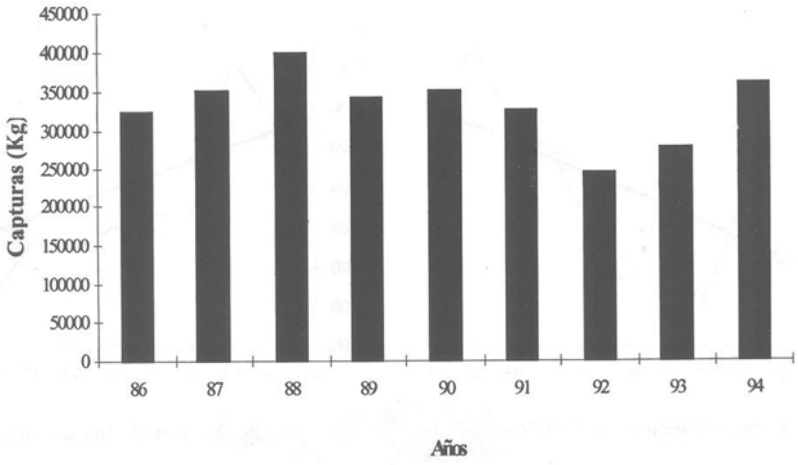


Fig. 6. Tendencia de las capturas de robalo blanco en la zona sucroeste de Campeche.

1982. Durante los noventa se mantuvo un incremento gradual de 2,874 a 4,532 t, Veracruz duplicó en 1994 la captura promedio del período 1990 – 1992, alcanzando las 1,900 toneladas anuales y los últimos cinco años han oscilado alrededor de las 2,000 t Tabasco y Campeche han registrado capturas similares, entre las 800 y 1,000 t, anuales que se han mantenido a lo largo de los últimos diez años. Tamaulipas presenta un descenso general de la producción de robalo, con reducción del 75% de las capturas máximas obtenidas entre 1994 y 1996.

Existe una clara tendencia a incrementar el esfuerzo de pesca. Durante 1986 existió un aumento fuerte, tanto en el número de embarcaciones, como en el de artes de pesca, con excepción del período 1987 a 1991 cuando se redujo el esfuerzo debido a que, se otorgaron permisos a cooperativas ribereñas para la explotación de camarón blanco y siete barbas. Posteriormente debido a la baja del crustáceo y reglamentación de esta pesquería, estos pescadores volvieron a dirigir su esfuerzo hacia la captura del robalo blanco.

Existe durante todo el año la captura de organismos jóvenes que no rebasan los 60 cm de longitud total y que en promedio están entre los 25 y 40 cm y de organismos maduros cuando se acercan a la costa a desovar, lo que impacta las principales etapas de la población: a los jóvenes que no llegan a reproducirse y a los adultos que no procrean, por lo que se impide el término de su ciclo biológico y que se mantenga la producción a largo plazo.

Todo el año, existe una tendencia hacia la captura de organismos jóvenes que no rebasan los 60 cm de longitud total y que en promedio están entre los 25 y 40 cm y de organismos maduros cuando se acercan a la costa a desovar

Esto lleva a una sobrepesca segura de la especie lo que se manifiesta en la captura y la CPUE que presentan una tendencia negativa (Fig. 6).

Las capturas de robalo a nivel nacional presentan una ligera tendencia positiva; en Campeche y Tabasco se observa una acentuada tendencia negativa y en Ciudad del Carmen está totalmente a la baja (Fig. 7, 8 y 9).

▼ *Pesca incidental*

Con la pesca del robalo en la costa del Golfo de México caen de manera incidental otras especies como cazones, *Carcharhinus* spp, rayas, *Dasyatis americana*, *Myliobatis* sp, corvinas, *Cynoscion* spp, pargos, *Lutjanus* spp, mero, *Epinephelus* spp, y esmedregal, *Seriola* sp; cuando la captura se realiza en las lagunas se capturan muchas especies entre ellas corvinas, pargos, mojarras, jaibas, etc., por lo que se consi-

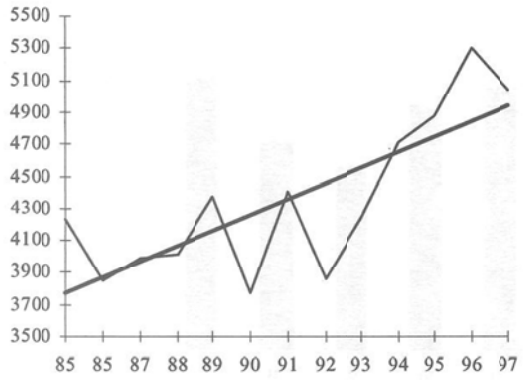


Fig. 7. Robalo blanco a nivel nacional.

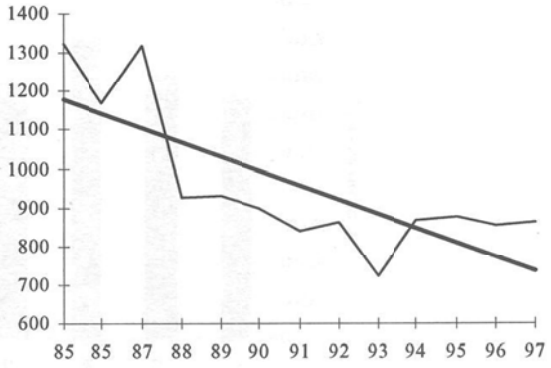


Fig. 8. Robalo blanco en Campeche.

dera como una pesquería multiespecífica.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Cuando la pesca se realiza en las lagunas, empleando artes de pesca de luz de malla de más de 6", eventualmente se capturan sábalos, especie exclusiva para la pesca deportiva. Una actividad que ejerce un efecto negativo hacia la pesquería de robalo es la captura del camarón blanco y de siete barbas, debido a que con el arte de pesca de arrastre empleado capturan muchos juveniles de robalo y otras especies. El chinchorro playero es una red activa que se cala en aguas costeras en semicírculo y que opera con apoyo de una embarcación con motor, además de que la maniobra requiere de 15 a 25 pescadores para la recuperación. Aunque no es la red principal para robalo, se les captura con frecuencia en el conjunto de especies asociadas con las que comparten el hábitat (D.O.F./ SEMARNAP/ 2000).

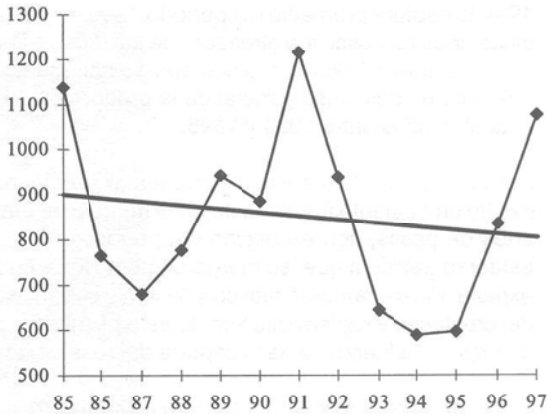


Fig. 9. Robalo blanco en Tabasco.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

En la pesquería del robalo blanco al igual que en la pesquería de especies de escama en la región no existen instalaciones especiales para la recepción del producto. Las zonas de desembarque consisten en una área de playa con pilotes y madera que les sirven para amarrar sus lanchas. Esta pesquería es operada por la flota menor en su totalidad y por lo tanto, las embarcaciones pueden arribar en cualquier localidad. Sin embargo, los desembarques se efectúan con más frecuencia en puertos cercanos a las áreas de pesca, y obtener de esta forma mejores condiciones para la venta del producto. Los

Una actividad que ejerce una interacción negativa hacia la pesquería de robalo es la captura del camarón blanco y de siete barbas, debido a que con el arte de pesca de arrastre empleado capturan muchos juveniles de robalo y otras especies

puertos más importantes en el golfo de México son: Tampico, Tamaulipas, Villa Cuauhtémoc, Tamiahua, Tuxpan y Alvarado, Veracruz; Puerto Ceiba, Frontera e Isla Aguada, Tabasco y Cd. del Carmen, Campeche.

Las zonas de desembarque consisten en una área de playa con pilotes y madera que les sirven para amarrar sus lanchas

Normalmente los grupos, cooperativas o permisionarios cuentan con bodegas rústicas que funcionan como almacén de equipo y artes de pesca, (redes, motores, aceite, gasolina, y materiales que utilizan para su operación), como cuartos fríos de material recubiertos con material de aluminio y con separadores de madera para ir almacenando el producto de la pesca; estas áreas también funcionan como oficina. La mayoría de ellos cuentan con luz eléctrica y agua. Existen algunas fábricas de hielo y gasolineras en las localidades grandes, en las pequeñas como Atasta, Isla Aguada, Nuevo Campechito, etc. no cuentan con gasolineras y las fábricas de hielo son pocas lo cual encarece los gastos de operación.

▼ *Indicadores económicos*

A nivel nacional, en 1997 se desembarcaron en el país 5,042 t, de robalo, 655 t, capturadas en el Pacífico, 4,339 t, en el Golfo y Mar Caribe y 48 en lagunas interiores. Campeche contribuyó con 864 t, (SEMARNAP, 1997). En la región se captura todo el año, la mayor abundancia se observa de mayo a agosto en Cd. del Carmen, Campeche, según los registros de avisos de arribo, en Sabancuy y Atasta la producción máxima se presenta en octubre y en Isla Aguada en diciembre. Durante 1997 las capturas reportadas en avisos de arribo fueron de 1,097.7 t, en el estado, lo que representó en términos económicos un importe de $17'762,235.56 (Cuenta anual, 1997, SEMARNAP).

Durante 1997 las capturas reportadas en avisos de arribo fueron de 1,097.7 t, en Campeche, lo que representó en términos económicos un importe de $17'762,235

La mayor parte de sus capturas se comercializan en: fresco entero y enhielado, ó congelado. Se vende entero al público cuando mide entre 30 y 40 cm. Los pescados grandes son adquiridos por restaurantes y familias numerosas. Se presenta también rebanado en rodajas o postas, y en filete, Muhlia, et al (1994). El precio playa del producto fresco entero sin vísceras varía según la temporada de pesca, de septiembre a mayo varía de $30.00 a $40.00 el kilo y de junio a agosto va de $ 22.00 a $ 25.00, en filete va de $ 50.00 a $ 75.00. Para su distribución en mercados al público el precio de venta fluctúa entre los $ 38.00 y $ 45.00 por kilogramo.

El destino de las capturas de robalo es de consumo local, regional y nacional, normalmente son enviadas para su distribución y venta a distintas plazas del país como Villahermosa, Tab., Cancún, Q. Roó, Veracruz, Ver., Puebla, Pue., Tlaxcala, Tlax., Toluca, Edo. de México, México, D.F., y Monterrey, N. L.

Los aspectos financieros que involucran la pesca con red de enmalle, incluyen los activos fijos: embarcación, motor y redes, los costos son variables e implican fundamentalmente el gasto de combustible y lubricante, así como el hielo para la conservación del producto. Los consumos dependen de la necesidad de desplazamiento para localizar las especies objetivo.

El número de pescadores que dirigen su esfuerzo a la captura del robalo blanco no se conoce bien, ya que por una parte, los permisos se dan para escama en general y por otra, muchos pescadores no se encuentran registrados

De los pescadores de robalo, algunos están agrupados en cooperativas y otros permanecen libres con sus propios equipos, entregando el producto de su pesca a permisionarios o en ocasiones a cooperativas. El número de pescadores que dirigen su esfuerzo a la captura del robalo blanco no se conoce bien, ya que por una parte, los permisos se dan para escama en general y por otra, muchos pescadores no se encuentran registrados.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La pesquería del robalo en el Golfo de México está sujeta a reglamentación desde 1934, cuando se estableció una veda del 5 de mayo al 30 de junio para el robalo prieto y blanco, en la zona comprendida de Soto la Marina, Tamaulipas a Barra de Chachalacas, Ver., y del 1° de julio al 15 de agosto de éste último punto a Barra de Tonalá, en el mismo estado (frontera con Tabasco) (Quiroga *et al.,* 1996).

Las medidas administrativas aplicadas a esta especie son inadecuadas, sobre todo porque las capturas mayores se logran siempre durante los meses de su reproducción, y también se capturan organismos de tallas pequeñas que no han llegado a su primera madurez (Caballero, *et al.,* 995). La región no cuenta con ninguna Normatividad Oficial para esta especie, solo existe una veda regional implementada por la subdelegación, que va de junio a agosto durante 10 días de cada mes, cinco días antes y cinco días después de la luna llena, y una talla mínima de captura de 50 cm de longitud total.

Las medidas administrativas aplicadas a esta especie son inadecuadas, sobre todo porque las capturas mayores se logran siempre durante los meses de su reproducción, se capturan organismos de tallas pequeñas que no han llegado a su primera madurez

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Modelo*

El análisis se basa en la distribución de tallas en los muestreos. Las *figuras 10 y 11* muestran la distribución de frecuencias por tallas y edad. Las proporciones de individuos por edad en la muestra se presenta en la *tabla 2*. Se calculó la edad a cada longitud con la ecuación (Pauly, 1984):

$$t = to - 1/K \quad Ln\,(1 - Lt / L\infty) \quad \ldots\ldots\ldots\

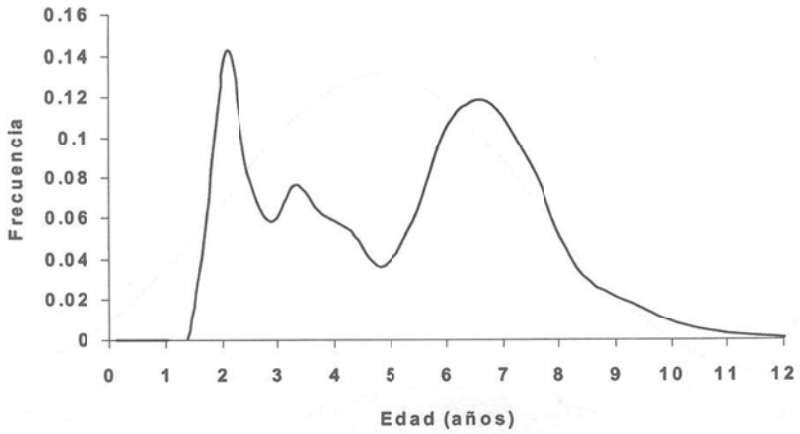


Fig. 11. Distribución de frecuencia por edad de individuos en la muestra empleada en la evaluación.

Se aplicó el método de la curva de captura transformada a longitud a los datos presentados en la tabla anterior, partir de los 7.4 años de edad, para obtener un estimado de la mortalidad total. Se asumió que a partir de esa edad los organismos se encuentran plenamente representados en la muestra. Para estimar la mortalidad natural se utilizó la ecuación empírica de Pauly (Pauly, 1984).

$$\text{Log } M = -0.0066 - 0.279 \log L_\infty + 0.6543 \log K + 0.463\, T_{med} \quad \ldots\ldots(2)$$

donde:

T med = Temperatura media anual del agua en el lugar donde habita la especie.

La mortalidad por pesca (F) se estimó como la diferencia entre la mortalidad total y la natural. Se calculó el coeficiente de explotación (E):

$$E = F/(F+M) \quad \ldots\ldots(3)$$

Tabla 2. Proporción de individuos capturados por edad de robalo.

Edad	Proporción
1.72	0.059
2.09	0.143
2.48	0.082
2.89	0.058
3.33	0.076
3.79	0.062
4.29	0.054
4.82	0.036
5.40	0.058
6.02	0.106
6.71	0.118
7.47	0.087
8.32	0.036
9.29	0.018
10.41	0.006
11.73	0.002
13.36	0.001

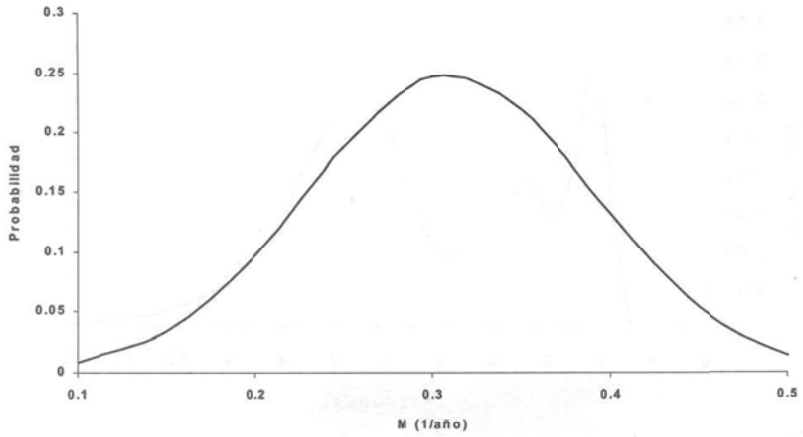


Fig. 12. Distribución de probabilidad del estimado de mortalidad natural (M).

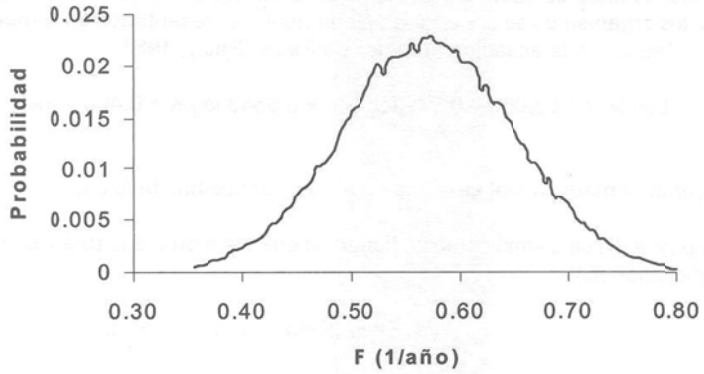


Fig. 13. Distribución de probabilidad del estimado de mortalidad por pesca (F).

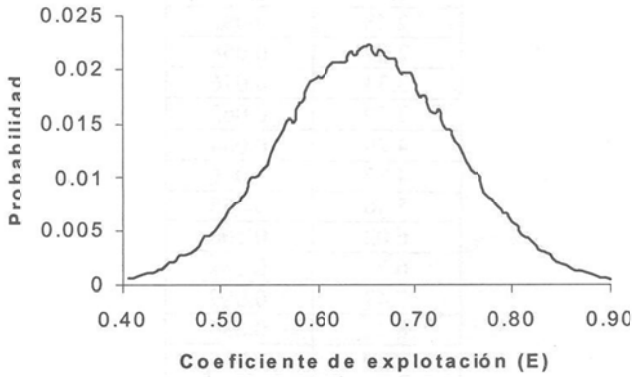


Fig. 14. Distribución de probabilidad del coeficiente de explotación (E).

Utilizando la distribución de probabilidad de la estimación de mortalidad natural, se realizó una simulación de Montecarlo (Evans y Olson, 1998) para obtener la distribución aproximada de probabilidad de los estimados de la mortalidad por pesca y el coeficiente de explotación.

Las estimaciones de la mortalidad natural y por pesca son 0.31/año y 0.57/año, con error estándar de 0.08. El valor medio del coeficiente de explotación es 0.65, con un error estándar de 0.092.

Las *figuras 12, 13* y *14* muestran las distribuciones de probabilidad de los estimados de la mortalidad natural y por pesca y del coeficiente de explotación.

Se debe hacer notar que, debido a que los muestreos se han realizado en las zonas de desove y crianza donde se lleva a cabo la captura, los individuos de edades de 6 a 10 años se encuentran sobrerepresentados, en una proporción mayor (cerca de 40%) que en la población. Como se mencionó, se asumió que a partir de los 7.4 años, a partir de la cual la curva de frecuencia de longitudes desciende uniformemente hacia la derecha, los organismos se encuentran plenamente representados en la muestra. Eso quiere decir que la evaluación no abarca una parte muy importante de la población, los individuos menores de esa edad que forman 60% de la muestra.

Ya que esos individuos no permanecen en las áreas de crianza y migran a las zonas donde pasan su etapa de subadultos, el resultado de aplicar la misma metodología con esa parte de la muestra incluiría no solo el efecto de la mortalidad sino también el de la migración. Esto constituiría un factor de confusión en el análisis, por lo que éste no se llevó a cabo.

Sin embargo, es evidente que la captura incluye una fracción importante de individuos inmaduros lo que es un factor en contra de la sustentabilidad de la pesquería.

▼ *Estado actual de la pesquería de robalo blanco*

Dada la antigüedad de las reglamentaciones que se aplican para proteger el recurso, el período que cubre y la zonación de veda debe ser revisada, puesto que estas medidas son poco efectivas ante el impacto actual de sobredimensionamiento del esfuerzo pesquero.

Los volúmenes de producción indican una clara disminución del robalo en todo el país, a pesar de que a nivel local existen capturas elevadas pero de corta duración

La producción actual de robalo es insuficiente para satisfacer la demanda de esta especie en el mercado nacional. Los volúmenes de producción indican una clara disminución del robalo en todo el país, a pesar de que a nivel local existen capturas elevadas pero de corta duración, de modo que provocan en apariencia un efecto contrario a la tendencia general. Desde 1972 el descenso de la captura comercial de los robalos blanco y prieto en el litoral del Golfo ha planteado la interrogante sobre la efectividad de las medidas de protección que hasta ahora se han venido aplicando a estas especies; como en el caso de la zona suroeste de Campeche donde se veda cinco días antes y cinco días después de la luna llena durante junio, julio y agosto.

De acuerdo con la distribución de probabilidad del coeficiente de explotación, si se toman los valores mayores de 0.5 de ese coeficiente como indicadores de sobreexplotación (Pauly, 1984), se tiene un 95% de probabilidad de que la mortalidad por pesca del robalo de Campeche se encuentre por encima de los valores que permitirían una explotación sustentable. Esto coincide con la notable disminución de las capturas, 60% de 1986 a 1997.

La pesquería se encuentra en deterioro y requiere de una estrategia de recuperación.

La pesquería se encuentra en deterioro y requiere de una estrategia de recuperación

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Es necesario recabar más información para definir una estrategia de manejo para esta pesquería a nivel de todo el litoral del Golfo de México considerando que, pese a su importancia, no existe información actualizada ni estudios recientes dirigidos a esta especie. Es necesario continuar con las investigaciones pesqueras para conocer el esfuerzo ejercido en esta pesquería, las existencias del recurso, y las condiciones socioeconómicas en que se realiza la actividad pesquera. Esa falta de información es señalada también por Muhlia et al. (1994).

Medidas como el establecimiento de periodos de veda en las zonas y periodos de reproducción, se consideran necesarias para mantener la sustentabilidad de la pesquería

Mientras tanto es recomendable no incrementar el esfuerzo de pesca. Medidas como el establecimiento de periodos de veda en las zonas y periodos de reproducción, se consideran necesarias para mantener la sustentabilidad de la pesquería.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Es necesario recabar sistemáticamente datos sobre esta pesquería. Estudios sobre la magnitud de la mortalidad, por medio de experimentos de marcaje-recaptura, puede constituir un campo de colaboración fructífero con instituciones de investigación y de educación superior, a todo lo largo del litoral del Golfo de México.

Estudios sobre la actividad reproductiva de la especie en tiempo y espacio constituirían una importante base para la administración del recurso. Es necesario impulsar una campaña de identificación de las especies de *Centropomus* en las formas preadultas, que frecuentemente son comercializadas indistintamente y poner atención en la identidad específica para hacer efectiva la veda en la etapa reproductiva.

REFERENCIAS

Caballero, Ch. V., L. Peña D., J. Echavarría V., O. Jiménez M., J. Zamora. 1994. Análisis preliminar de la situación pesquera en la zona suroeste del estado de Campeche 1986 a 1992. CRIP Cd. del Carmen. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Caballero Ch., V., J. Peña D., O. Echavarria V., J. Jiménez M., R. Zamora., C. Re. 1995. Contribución al conocimiento de las épocas de reproducción del robalo blanco *Centropomus undecimalis* (Bloch), en la zona suroeste del estado de Campeche 1994-1995. CRIP Cd. del Carmen. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Caballero Ch., V. 1996. Biología reproductiva del robalo Blanco *Centropomus undecimalis* en la zona suroeste del estado de Campeche. CRIP Cd. del Carmen. Informe Técnico del Instituto Nacional ce la Pesca (inédito).

Carvajal R., J. 1975. Contribución al conocimiento de la biología de las lagunas y ríos de Campoma y Buena Vista (Venezuela), especialmente del robalo *Centropomus parallelus* Poey, Inst Ocean. U. de Oriente. 20, 21.

Carvajal R., J. 1975. Contribución al conocimiento de la biología de los robalos *Centropomus undecimalis* y *C. poeyi* en la Laguna de Términos, Campeche, México. Inst Ocean. U. de Oriente. 56, 58-62.

Castro-Aguirre, J. L., H. Espinosa-Pérez, J. J. Schmitter-Soto. 1999. Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México. Colección textos politécnicos. Serie biotecnológicas. Ed. Noriega/Limusa. 711.

Chávez, H. 1961. Estudio de una nueva especie de robalo del golfo de México y redescripción de *Centropomus undecimalis* (Bloch) (Pisces: Centropomidae). Ciencia XXI (2): 177 – 199.

Chávez, H. 1963. Contribución al conocimiento de la biología de los robalos, chucumite y constantino *Centropomus spp,* del estado de Veracruz. Revista Ciencia, Contr. 3 de la Estación de Biología Marina del Inst. Tecnól. de Veracruz. México.

Diario Oficial de la Federación del 28 de agosto del 2000. Carta Nacional Pesquera. SEMARNAP/ INP.

Evans, J. R. & D. L. Olsen.1998. Introduction to simulation and risk analysis. Prentice Hall. New Jersey.

Green, Y.A. 1993. Ictioplancton del canal de agua dulce, estero Huizache – Caimanero, Sin. Tesis Maestría. CICIMAR/IPN. 68.

Hernández, S. A. 1987. Biología y pesquería de robalo blanco *Centropomus undecimalis*, (Bloch) en el río San Pedro, Tabasco. Tesis Profesional. ITMar. Boca del Río, Ver. México.

Lau, S. R. y P. L. Shafland. 1982. Larval development of snook, *Centropomus undecimalis* (Pisces: Centropomidae). Copeia 1982 (3): 618-627.

Mendoza V. E. 2000. Sistemática del género *Centropomus* (PISCES: CENTROPOMIDAE). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. Méx., 97.

Marshall, A. R. 1958. A survey of the snook fishery of Florida, with studies of the biology of the principal species, *Centropomus undecimalis* (Bloch). Fla. State Bd. Conser. Tech. Ser. No. 22: 5-37.

Muhlia, A., J. A. Martínez, J. Rodríguez, D. Guerrero, F. Gutiérrez & A. Muhlia. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del cultivo de robalo. Secretaria de Pesca. México. 65.

Osorio J. & L.. González. 1986. Aspectos reproductivos de robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Pisces: Centropomidae) de la Isla de Margarita, Venezuela. Centro de Inv. Cient U. de Oriente 7-32.

Pauly, D. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM. Contr.No.143. Manila, Phillipines.

Quiroga B. C., C. F. Solís C. & J. Estrada G. 1996. La pesquería de robalo en México. Pesquerías Relevantes de México. XXX Aniversario del INP. SEMARNAP/INP. (II): 559 – 578.

Tringali M., D., T M. Beter, S. Seyoum, E. Berminigham & D. Bartolacci. 1999. Molecular Phylogenetics and ecological diversification of the transisthmian fish genos centropomus (Perciformis: Centropomidae). Vol. 13 No. 1 Oct 193-207.

SECRETARIA DE PESCA. 1986. Catálogo de especies acuáticas de importancia comercial en el estado de Tabasco artes y métodos de captura. Publicaciones del Gobierno del Estado de Tabasco.

SECRETARIA DE PESCA. 1986 – 1994. Anuario estadístico de Pesca. SEPESCA.

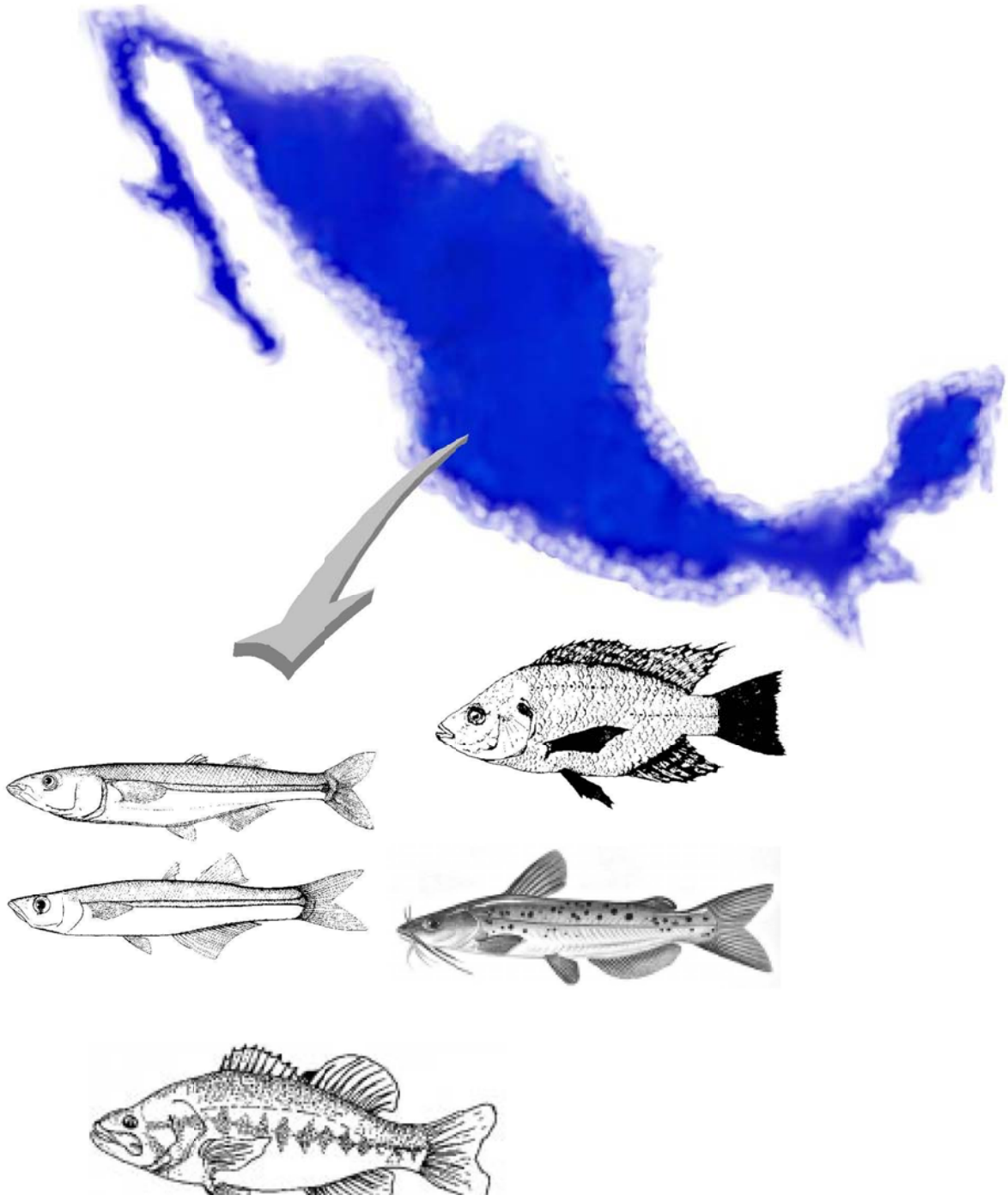
SEMARNAP. 1996. Aspectos generales sobre la biología y cultivo del robalo blanco (*Centropomus undecimalis*). Dpto. de acuicultura. SEMARNAP

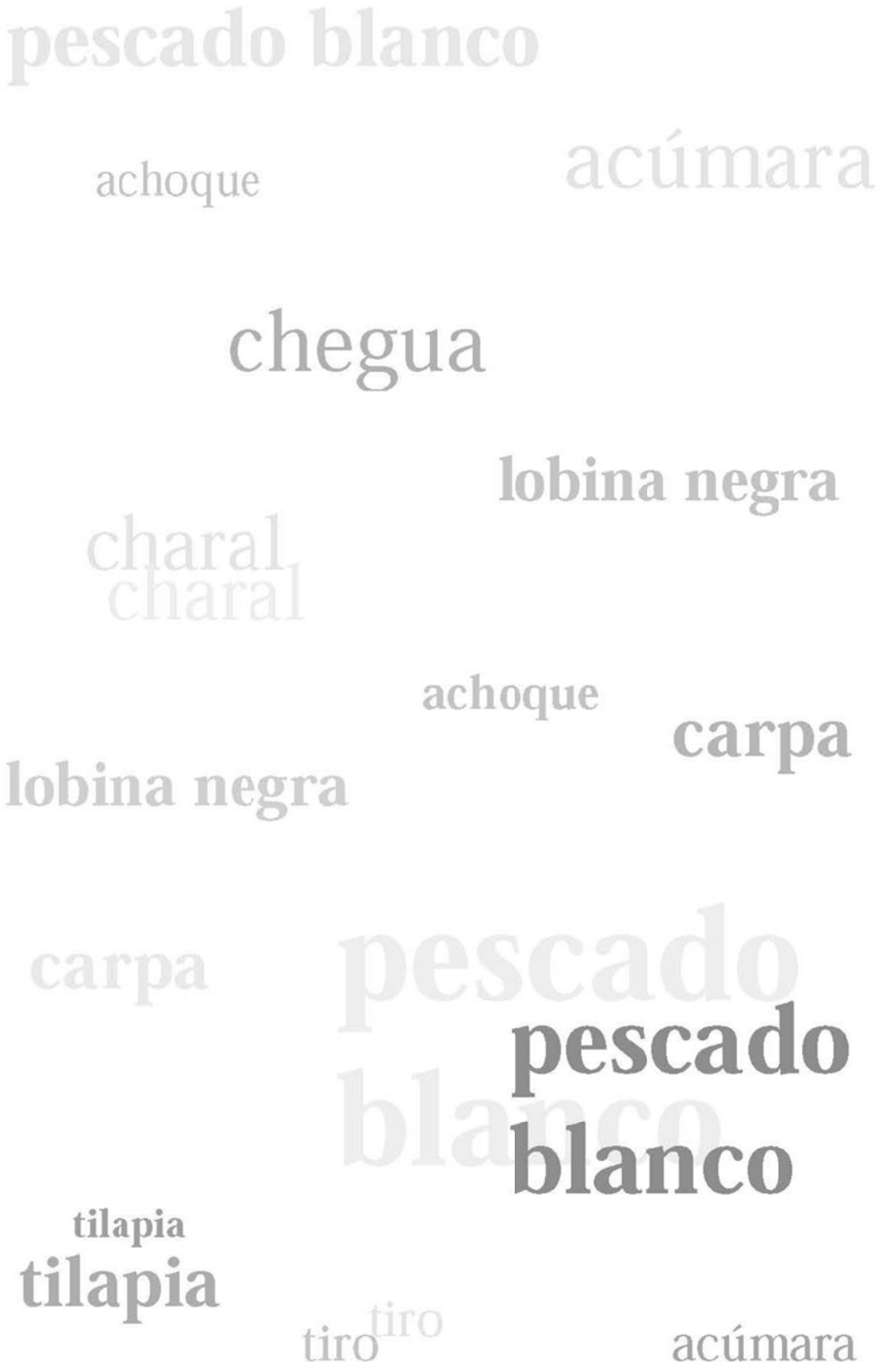
SEMARNAP. 1997. Cuenta mensual de avisos de arribo, Carmen, Isla Aguada y Sabancuy, Mpio. del Carmen, Camp.

SEMARNAP. 1995 - 1999. Anuarios estadísticos de Pesca. SEMARNAP México.

Volpe, E.A.V. 1959. Aspects of the biology of the common snook Centropomus undecimalis (Bloch), of southwest Florida. Fla State Bd. Conser. Tech. Ser., 31. USA. 7-36.

Pesquerías de aguas continentales




pescado blanco
achoque
acúmara
chegua
lobina negra
charal
charal
achoque
carpa
lobina negra
carpa
pescado
pescado
blanco
blanco
tilapia
tilapia
tiro
tiro
acúmara

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DEL LAGO DE PÁTZCUARO

ESPECIES: Pescado blanco (*Chirostoma estor*, *Ch. lucius*, *Ch. humboldtianum*), charal blanco (*Ch. grandocule*), charal prieto (*Ch. attenuatum*), acúmara (*Algansea lacustris*), lobina negra (*Micropterus salmoides*), tilapia (*Oreochromis aureus*), carpa común *(Cyprinus carpio*).

- Pesquería multiespecífica artesanal basada en la pesca de ocho especies endémicas y cinco introducidas.
- La pesca con chinchorro afecta una alta proporción de los estadios juveniles.
- Carencia de series históricas confiables de esfuerzo pesquero y captura por especie.
- Se desarrolla en un sistema cerrado altamente susceptible a problemas de contaminación y eutroficación del lago.
- La pesquería es de gran importancia para los purépechas, el grupo indígena de la región.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 169.4 t el 6.7% con respecto al máximo histórico (1988).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Análisis para series de tiempo (ARIMA) y modelo dinámico bioeconómico.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

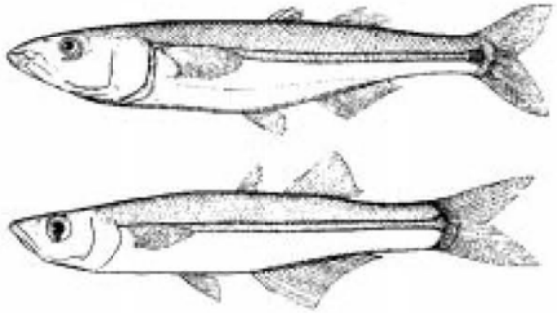
MEDIDAS DE MANEJO

- Veda total de marzo a mayo; tallas mínimas; erradicación del chinchorro; no aumentar el número de agalleras; saneamiento integral (multi-institucional) del lago (NOM-009-PESC-1993).

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir la reproducción de las especies para recuperar niveles de las poblaciones.
- Permitir que las comunidades locales incorporen sus conocimientos tradicionales para ser corresponsables de la explotación y manejo de los recursos pesqueros.

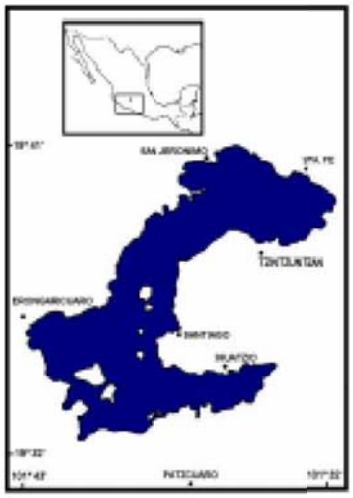
LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN



Algansea lacustris
Cyprinus carpio
Chirostoma estor
Ch. grandocule
Ch. patzcuaro
Ch. attenuatum
Ch. humboldtianum
Ch. lucius
Alloophorus robustus
Neoophorus diazi
Micropterus salmoides
Oreochromis aureus
Goodea atripinnis
Ambystoma dumerilli

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



El lago de Pátzcuaro es una de las regiones más notables de México debido a su importancia biológica, ecológica, cultural, histórica, escénica y arquitectónica (Toledo, 1992). Forma parte del sistema Lerma-Santiago, localizado entre los 19° 41' y 19° 32' de latitud N y los 101° 32' y 101° 43' de ongitud O, y tiene una superficie de 92.21 km^2.

Es un lago endorreico, lo que significa que el agua proviene de la precipitación pluvial (1,000 millones de m^3), las escorrentias superficiales y los manantiales que afloran en su interior; las pérdidas de agua son debidas a la evaporación, transpiración de las plantas y a las extracciones que se realizan (700 millones de m^3). Almacena un volumen de 555 millones de m^3 de agua (Barrera-Bassols, 1992).

El Lago de Pátzcuaro es el ultimo relicto de la cultura lacustre mesoamericana (Toledo y Argueta, 1992). Albergaen sus aguas una fauna ictiológica con importancia biogeográfica, cultural y económica para las comunidades ribereñas

El lago alberga en sus aguas una importante fauna ictiológica desde el punto de vista biogeográfico, cultural y económico para las comunidades ribereñas. El origen de esta comunidad está asociado a una serie de eventos tectónicos y volcánicos que se presentaron en la Mesa Central de México al final del Terciario y principios del Pleistoceno. Se generaron comunidades naturales caracterizadas por un gran número de especies endémicas de grupos como petromizóntidos, ciprínidos, ictalúridos, pecílidos, godeidos y aterínidos (De Buen, 1947; Barbour, 1973a, 1973b; Barbour y Miller, 1976).

Rosas (1982) señala que antes de la Conquista el área lacustre influyó en el establecimiento de pueblos ribereños cuya actividad primordial era la pesca; posteriormente Vasco de Quiroga les enseñó la construcción de artes de pesca más efectivas (redes agalleras, chinchorros, redes mariposa) haciendo que la actividad pesquera se incrementara.

Ocho de las especies de peces que habitan en el lago son nativas y cuatro son introducidas. La pesquería en este lago es multiespecífica

El desarrollo de la actividad pesquera en el lago ha seguido la trayectoria de la propia cultura tarasca, que heredó a las generaciones de nuestra época conocimientos y tradiciones pesqueras que actualmente caracterizan al lago y a sus pescadores (Anónimo, 1990).

La pesquería del lago de Pátzcuaro se caracteriza por ser multiespecífica. En él habitan doce especies de peces -ocho nativas y cuatro introducidas- y un anfibio. Con el paso de los años la estructura original se ha modificado debido a la introducción de especies como la lobina (*Micropterus salmoides*) en 1929-1930 (Solórzano, 1955), carpas de origen asiático y mojarras de origen africano a mediados de la década de los años setenta (Rosas, 1976b). Sin embargo, existen registros que indican que la introducción de carpa herbívora no fue exitosa (Rojas, 1992), ya que actualmente no se captura en el lago, situación similar a lo que sucede con dos especies de la familia Goodeidae. De las especies nativas, los aterínidos son considerados como las especies dulceacuícolas de mayor valor comercial en el país.

La pesca en el lago se realiza en 26 áreas distintas, cuenta con la participación de unos 816 pescadores organizados en una cooperativa y 26 uniones, quienes operan alrededor de 8,369 artes de pesca (Carta Nacional Pesquera, D.O.F. 28/08/00).

BIOLOGÍA

▼ *Charales*

Estos peces están incluidos en la familia Atherinidae, con las especies *Chirostoma attenuatum* "charal prieto', *Ch. patzcuaro* "charal pinto" y *Ch. grandocule* "charal blanco", las tres endémicas del lago de Pátzcuaro (Espinosa *et al.*, 1993).

Estas especies alcanzan diferentes tallas, en general menores a 17 cm. La reproducción se realiza durante todo el año, pero se acentúa de enero a mayo (De Buen, 1944a; Solórzano, 1963); la madurez sexual se alcanza desde los 5.5 a los 9.0 cm. De acuerdo a Rosas (1976b), las hembras depositan de 400 a 1,200 huevos, según la especie y el peso de la hembra. Son carnívoras que se alimentan de zooplancton en las primeras etapas de su vida y posteriormente de insectos, crustáceos y pequeños peces (García, 1994).

Se considera a los aterínidos como las especies nativas dulceacuícolas con mayor valor comercial en México

Rosas (1982) señala que *Ch. grandocule* es zooplanctófaga desde larva hasta adulta, presenta una longitud máxima de 14 cm, una hembra de 10 g desova alrededor de 600 huevos, y el desove ocurre en la primavera hacia las orillas del lago, en zonas con oleaje ligero y con presencia de algas filamentosas. Para la misma especie, Rojas *et al.* (1993b) indican una marcada época de desove que inicia en febrero y finaliza en julio, con un máximo en abril; además suponen una segunda época de menor intensidad para los meses de diciembre y enero.

La dieta de *Ch. attenuatum* se basa en crustáceos, insectos, restos de peces, algas y rotíferos (Solórzano, 1961; Gutiérrez-Hernández, 1999). Esta especie se reproduce de enero a mayo, pero en febrero es más abundante (Solórzano, 1961).

▼ *Pescado blanco*

En el CRIP-Pátzcuaro se han realizado esfuerzos encaminados a obtener la biotecnología de cultivo del pescado blanco y de la acúmara

En el grupo se incluye a *Chirostoma estor*, tradicionalmente conocida como "pescado blanco"; además Alaye (1993) menciona a *Ch. lucius* y Rojas *et al.* (1993a, 1995) a *Ch. humboldtianum* como parte de los aterínidos actualmente presentes en el lago. La primera especie se distribuye naturalmente en el lago de Chapala (de donde probablemente se transplantó) y en el río Grande de Santiago, mientras la segunda especie se distribuye en los lagos del Valle de México, en el río Lerma y en otros ríos de los estados de Michoacán, Jalisco y Nayarit (Espinosa *et al.*, 1993).

Los organismos de *Ch. estor* pueden alcanzar tallas de hasta 37 cm, aunque éstos son ahora escasos debido a la sobrepesca (Orbe y Acevedo, 1992). Al igual que los charales se reproduce todo el año pero esta actividad se acentúa de enero a agosto (De Buen, 1944a; Solórzano, 1963) y alcanzan su madurez sexual a los 15.5 cm. Las hembras en cautiverio liberan de 800 a 1,500 huevos (Rosas, 1982).

En cuanto al desarrollo de una tecnología de cultivo de estas especies, en el CRIP-Pátzcuaro se han realizado diversos esfuerzos que han permitido contar con información valiosa al respecto (Mares, 1987, 1990; Mares y Morales, 1993; Morales y Mares, 1991; Rojas, 1986, 1988, 2000; Rojas *et al.*, 1992)

▼ *Tiros y cheguas*

En el lago se presenta un grupo de pequeños peces incluidos en la familia Goodeidae, exclusivamente mexicana. Las especies distribuidas en este embalse son *Goodea atripinnis (= G. luitpoldi)* (Webb, 1998), *Neoophorus diazi (= Allotoca diazi)* (Smith y Miller, 1987), *Alloophorus robustus*, *Skiffia lermae* y *Allotoca vivipara*. Debido a que las dos últimas no se han capturado recientemente, Berlanga *et al.* (1997a) las consideran extintas en el lago; *S. lermae* está incluida en la NOM-059-ECOL-1994 como una especie amenazada.

Las especies de esta familia presentan un marcado dimorfismo sexual, cortejo nupcial y viviparidad, con una serie de adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas propias del grupo (Díaz-Pardo y Ortíz-Jiménez, 1986).

El "tiro" (*Goodea atripinnis*) es un pez omnívoro, con preferencia por los vegetales en las primeras fases de desarrollo, la cual cambia en tallas mayores cuando consume crustáceos, tambien consume en menor proporción algas, insectos y rotíferos, entre otros (Duarte, 1981, *En*: Barragán y Magallón, 1994). La "chegua" (*Alloophorus robustus*) es una especie carnívora, cuya alimentación está compuesta de crustáceos, larvas de insectos y pequeños peces (Rosas, 1976a).

Estas especies realizan su reproducción de febrero a julio y las tallas en las cuales se realiza esta actividad van de 7.0 a 13.0 cm. El número de embriones por hembra varia según la especie, en promedio 39.9 para *Neoophorus diazi*, 23.7 para *Alloophorus robustus* y 19.1 para *Goodea atripinnis* (Mendoza, 1962).

Las tallas de captura de estas dos especies en el lago, van de 6.0 a 16.0 cm (Orbe y Acevedo, 1996).

▼ *Acúmara*

La acúmara es una especie endémica del lago, que ha sido transplantada a otros embalses del estado de Michoacán. Se pesca por las comunidades purépechas de la región

Algansea lacustris es un ciprínido, originalmente endémico del lago, que se pesca tradicionalmente por las comunidades purépechas de la región (Chacón *et al.*, 1996). Actualmente se distribuye en otros embalses del estado, debido a que la Delegación Federal de la SEMARNAP ha realizado siembras. Ha repre-

sentado hasta un 25% de la producción pesquera total del lago (Orbe y Acevedo, 1996). Es un pez omnívoro con inclinación por las algas filamentosas donde habitan moluscos, cladóceros, anfípodos, isópodos que son consumidos junto con éstas (Rivera y Orbe, 1990).

El desove ocurre cuando aumenta la temperatura, entre los meses de noviembre a junio, con un maximo entre febrero y abril, lo que coincide con los meses de mayor captura en el año (febrero a mayo) (Rivera y Orbe, 1990; Chacón *et al.*, 1996). En esa época, grandes cantidades de huevos fecundados son extraídos junto con los artes de pesca usados durante la captura, los que son aplastados por el peso de éstas o bien, sacados por el oleaje a las orillas, donde mueren (Rivera y Orbe, 1990). La talla de primera madurez se ha reportado entre 15.5 a 19.1 cm y las tallas de captura se encuentran entre 8.0 y 28.0 cm; sin embargo, la mayor frecuencia de tallas va de 12.0 a 18.0 cm (Orbe y Acevedo, 1992).

Es importante mencionar que a partir de 1980 en el lago se ha llevado a cabo un programa de repoblación de especies nativas, entre cuyas actividades se encuentra la producción de crías y posterior liberación para su repoblación. Asimismo, como ya se mencionó en el caso de los charales, en el CRIP-Pátzcuaro se realizaron esfuerzos para el desarrollo de una tecnología de cultivo de acúmara (Rivera y Orbe, 1990).

▼ *Carpas*

A mediados de la década de los años setenta, en el lago se introdujeron carpas exóticas, incluidas en la familia Cyprinidae, las especies fueron *Cyprinus carpio* "carpa común" y *Ctenopharyngodon idella* "carpa herbívora", sin embargo la introducción de la segunda especie no tuvo éxito, ya que las evidencias señalan que no se ha reproducido naturalmente en el lago, por lo cual no hay registros de su captura. Rojas (1992) señala que esta especie sólo se reproduce en los centros acuícolas mediante inducción hormonal y en los ríos que desembocan en la Presa Infiernillo, Michoacán.

Las introducciones de carpa herbívora no han prosperado en el lago, debido a que únicamente se reproduce en los centros acuícolas mediante inducción hormonal y en los ríos que desembocan a la presa Infiernillo

La "carpa común", *Cyprinus carpio*, es una especie poco apreciada debido a su bajo valor en el mercado, sin embargo forma parte importante en la pesquería del lago. Es un pez omnívoro y detritófago, cuyo periodo de reproducción es de marzo a julio, el desove lo realiza sobre vegetación acuática. Una hembra de aproximadamente un kilogramo llega a ovopositar hasta 100,000 huevos. Las tallas a las que se pesca varían de 15 a 50 cm.

▼ *Lobina negra*

Micropterus salmoides se encuentra incluida en la familia Centrarchidae y es llamada por los pescadores "trucha". Solórzano (1955) indica que esta especie fue introducida en el lago hacia 1929-1930, prosperó en tal forma que su predominio en la fauna fue muy marcado, especialmente entre 1941-1945, cuando se registraron volumenes de captura muy elevados.

Es una especie carnívora, sus hábitos alimenticios son diferenciales de acuerdo a la talla, los organismos pequeños se alimentan de insectos y crustáceos, los mayores de 20 cm además consumen peces (Toledo, 1988). Su reproducción se registra de diciembre a abril y la talla de primera madurez es a partir de los 24 cm.

La lobina se introdujo al lago en 1929-1930, las mayores capturas se registraron entre 1941-1945; a partir de 1991 su proporción en las capturas ha disminuido, hasta llegar a ser del 1.0%

Una lobina de 30 cm de longitud patrón puede tener de 16,000 a 25,000 óvulos inmaduros (García de León, 1984, 1985). La captura de la especie se realiza con mayor incidencia sobre tallas de 14 a 20 cm. Rosas (1982) reporta lobinas con longitud máxima de 55 cm y un peso máximo de 4.5 kg.

▼ *Tilapia*

La tilapia (*Oreochromis aureus*) se introdujo al lago en 1974, y se distribuye en lugares someros con vegetación acuática (Rosas, 1982). Su éxito adaptativo se debe a que es omnívora y a que se reproduce varias veces durante el año, sobre todo entre marzo y junio en zonas someras y fangosas. La madurez es alcanzada a los 12 cm y las tallas de captura se sitúan entre los 12 y 16 cm (Orbe y Acevedo, 1992). Es una especie que forma parte importante de la pesquería del lago.

▼ *Achoque*

Ambystoma dumerilli es un anfibio nativo del lago, que a nivel regional se consume ampliamente; tiene importancia en la medicina tradicional ya que se considera posee propiedades curativas.

Se han realizado descripciones histológicas del aparato reproductor masculino (Gómez-Ríos, 1989) y del femenino (López, 1990), indicando que la reproducción de esta especie inicia en otoño, pudiendo prolongarse hasta los primeros meses del año siguiente. Por su parte, García-Ureña (1996) describe el desarrollo embrionario, el tiempo de eclosión y el crecimiento desde las primeras etapas hasta los seis meses.

Se le incluye en la NOM-059-ECOL-1994 como una especie rara, que indica que es una población biológicamente viable, pero muy escasa de manera natural. La Carta Nacional Pesquera señala que está sujeta a protección especial, por lo que se prohibe su captura (D.O.F. 28/08/00).

CAPTURA Y ESFUERZO

En el lago los pescadores se encuentran agrupados en 26 uniones y una sociedad cooperativa de producción pesquera, distribuidas en 23 comunidades ribereñas e isleñas del lago, de las que 11 realizan exclusivamente su actividad con redes agalleras y 16 las combinan con chinchorros; todos ellos conformados en los Municipios de Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan y Erongarícuaro (Orbe y Acevedo, 1996).

Los pescadores se agrupan en 26 uniones y una sociedad cooperativa. El número de pescadores organizados es de 816, se estima que alrededor del 70% realizan la actividad de forma permanente

El número total de pescadores organizados en el lago es de 816. Se estima que alrededor del 70% realizan su actividad permanentemente y el resto de manera temporal, de diciembre a junio. Cabe destacar que el número de pescadores organizados en 1993 era de 1,024, para 1996 se registraron 815 y desde 1998 se registran 816. Hay entre 160 y 200 pescadores libres (Coordinación Regional Pátzcuaro 2000, comunicación personal), de los cuales no se sabe con certeza si ejercen la pesca en forma temporal o permanente.

Rojas (1992) menciona que del total de pescadores en el lago, sólo una fracción se dedica exclusivamente a la pesca, pero que la mayoría alterna la pesca con otra actividad productiva. Sin embargo no existe algún estudio que tipifique a los productores y los cuantifique por ramas de actividad, por lo cual se desconoce para cuántos de ellos la única fuente de ingresos es la pesca y para cuántos representa un ingreso complementario. Además hay que considerar que existe una población flotante (la que emigra temporalmente a Estados Unidos), que se incorpora a la pesca y ejerce una presión aún no estimada sobre los recursos del lago.

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

De las 26 áreas de pesca del lago, las que registran la mayor abundancia son las aledañas a las Islas de Janitzio y Urandén y a Jarácuaro. Estas localidades se encuentran en la parte sur del lago (Anónimo, 1990).

En general, las embarcaciones son cayucos de madera impulsados por remos; sus dimensiones son 4.0 m de largo, 0.80 m de ancho y 0.40 m de altura. En 1981 había 699 embarcaciones, durante 1989 se registraron 1,246 y en 1996 únicamente 791 de acuerdo con el Registro Nacional de Pesca (Orbe y Acevedo, 1996). En la actualidad se registran 777 embarcaciones (D.O.F. 28/08/00).

El uso de redes (chinchorros y agalleras) por los habitantes indígenas de la región, fue introducido por los colonizadores y asimilado en la cultura purépecha, a tal grado que "puede afirmarse que la pesca -en el Lago de Pázcuaro- es una forma económica indígena" (Mendieta y Núñez, 1940, *En:* Solorzano, 1955).

En años recientes el uso del chinchorro ha disminuido debido al establecimiento de vedas y muy probablemente al bajo rendimiento que actualmente produce este arte de pesca

En años recientes, el uso del chinchorro ha disminuido debido al establecimiento de las vedas, al aumento de vigilancia y muy probablemente al bajo rendimiento que ya produce este arte de pesca.

Para 1950, Solórzano (1955) indica la existencia de 171 chinchorros; en 1989 existían 122; en 1996 habían descendido a 85 y actualmente se encuentran operando aproximadamente 50 chinchorros (Coordinación Regional de Pátzcuaro, 2000, comunicación personal) de los 72 que hasta 1997 contaron con permiso. A partir de entonces y dada la no autorización para su utilización, su uso se irá extinguiendo.

Es interesante mencionar que en 1989, a propósito de la problemática planteada por la prohibición del uso del chinchorro (Art. 116 del Reglamento de la Ley de Pesca, D.O.F. 7/01/1988), se generó un movimiento social que condujo a la conformación de dos organizaciones de pescadores de segundo nivel: la Unión Regional de Pescadores del lago de Pátzcuaro y la Unión de Uniones de Pescadores del Lago de Pátzcuaro, las que incluían a todas las uniones locales, ribereñas e isleñas del lago. Esto constituyó una situación coyuntural para conducir a la administración de los recursos conjuntamente con los productores y propiciar así su correcta apropiación (Rojas, 1992). Sin embargo, esto no se visualizó de esta forma en su momento y el convenio firmado no se llevó a la practica. Posteriormente y ante la reducción evidente de la producción pesquera en el lago, se realizaron reuniones de trabajo entre representantes de la SEMARNAP, de Ayuntamientos, del Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro y de pescadores del lago, a efecto de acordar el retiro definitivo del chinchorro. Sin embargo, aún existe resistencia para el abandono de este arte de pesca debido a la falta de actividades alternativas no relacionadas con la pesca.

Orbe *et al.* (1988) señalan que los chinchorros que se han usado en el lago tienen una longitud entre 70 y 300 m y una caída de 2.5 m, la luz de malla es de 2.5 a 4.5 cm en las alas y de 0.5 a 2.0 cm en la bolsa. Son de hilo de algodón y normalmente se utilizan de cuatro a cinco días en la semana. La operación se realiza con cinco pescadores, quienes efectúan diariamente un promedio de seis a nueve lances por chinchorro con una captura total máxima de 27 kg.

Las redes agalleras se confeccionan con hilo de algodón o de nylon, con longitudes de 10 a 15 m y 0.80 m de caída, las aberturas de malla oscilan entre uno y 20 cm. Orbe y Acevedo (1996) señalan que durante temporadas de pesca altas se llegó a contar entre 10,000 y 12,000 de este tipo de red, por lo cual son las mas abundantes en el lago.

Las redes mariposa son artes de pesca con abertura de malla de 1.3 a 3.8 cm, también de hilo de algodón y son utilizadas por los pescadores de la Isla Janitzio principalmente. Su uso es limitado, temporal y tradicional, se considera una actividad de subsistencia (D.O.F. 28/08/00). El número de estas redes ha disminuido con el tiempo y sólo se utiliza como atracción turistica.

La Carta Nacional Pesquera (D.O.F. 28/08/00) indica la existencia de 8,369 artes de pesca, entre agalleras y mariposas.

La Carta Nacional Pesquera indica la existencia de 8,369 artes de pesca, entre agalleras y mariposas

▼ *Tendencias históricas*

La producción pesquera en el lago ha cambiado significativamente, en 1988 se registró el máximo histórico con 2,523.2 t. En 1999 se registraron únicamente 169.4 t, es decir una disminución de al menos 14.9 veces con respecto a 1988

Desde 1981, la producción pesquera en el lago ha cambiado significativamente. En 1981 se registraron 737.3 t, en 1988 el ascenso fue notable llegando a 2,523.2 t. Sin embargo, a partir de 1989 se inicia un descenso paulatino en las capturas, ya que en 1995 se registraron un poco mas de 500 t, hasta llegar a las 169.4 t registradas durante 1999. Las capturas en 1999 presentan una disminución de al menos 14.9 veces con respecto al máximo registrado en 1988.

La captura por especie ha mostrado cambios notables en el periodo de 1981 a 1999: el pescado blanco en 1981 registró 136 t y en 1999 únicamente se registraron 4.0 t. Los charales de 522 t en 1985 descendieron a 41.5 t en 1999; la acúmara de 660 t en 1988 descendió a 41.1 t en 1999; la chehua de 7 t en 1981 aumentó a 258 t en 1989, pero para 1999 la producción bajó a 13.5 t. De manera similar la carpa, de 56 t en 1981, se incrementó a 636 t en 1988 para registrar únicamente 34.6 t en 1999. La lobina negra de 198 t en 1981 aumentó a 434 t en 1989, para descender a 400 kg en 1999. La mojarra tilapia con 16 t en 1981, se incrementa a 243 t en 1988 y desciende a 34 t en 1999 (Fig. 1).

La proporción de cada una de las especies en las capturas ha variado a través del periodo que se analiza. Entre 1981 y 1986, las proporciones más altas se registraron para lobina, acúmara, carpa y charal; entre 1987 y 1991 la acúmara, la carpa y el charal representaron mas del 55% de las capturas; y de 1992 a 1997,

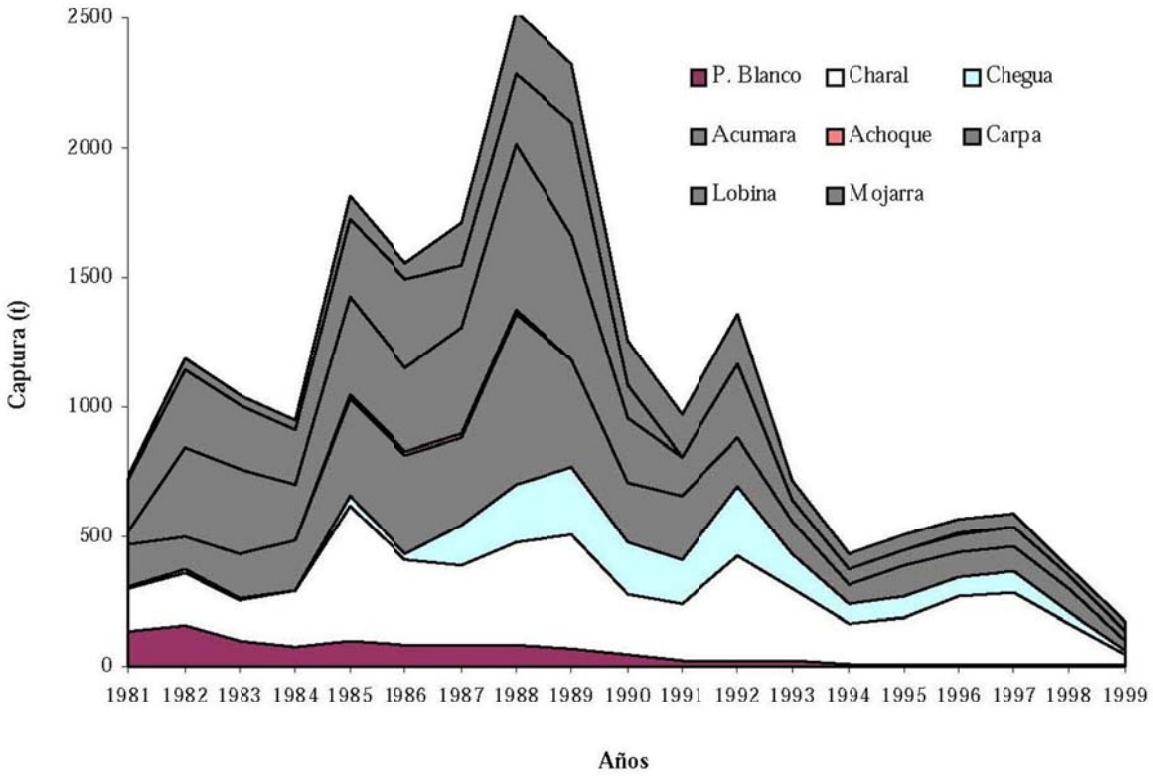


Fig. 1. Producción pesquera anual en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

el charal, la chegua y la acúmara suman mas del 70% de las capturas. Para los dos ultimos años presentados en la serie, la proporción de casi el 70% fue para charal, acúmara y carpa (Fig. 2).

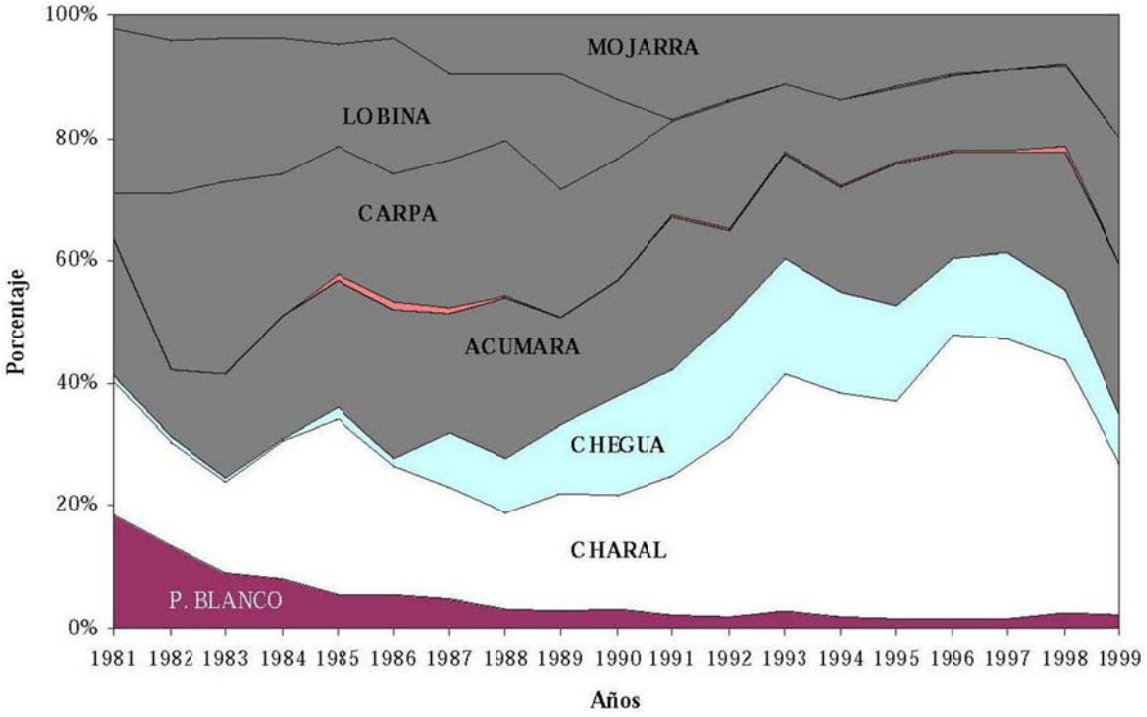


Fig. 2. Proporción de las especies capturadas en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán.

Se observa que especies como la lobina, que en los primeros años de la serie analizada representaba más del 20% de las capturas, en la actualidad representa menos del 1.0%, o especies como la chegua que en los primeros años representaba menos del 1.0% en las capturas, actualmente presenta proporciones mayores al 10.0%. Otra especie que ha aumentado la proporción en las capturas es la mojarra-tilapia, la que durante 1999 representó el 20.1% en las capturas.

La proporción de cada una de las especies en las capturas ha cambiado, inicialmente la lobina representaba mas del 20%, actualmente es el 1.0%; la chegua representaba menos del 1.0%, y actualmente es el 10%; la proporción de tilapia ha aumentado hasta alcanzar el 20.1% en 1999

Asimismo, la captura de pescado blanco durante el periodo analizado resultó ser menor que la registrada para el charal. Esto probablemente ocurre debido a que los juveniles del pescado blanco se confunden con los adultos del charal en una parte de sus ciclos de vida. Además, el pescado blanco es la especie más cotizada y la que más tarda en alcanzar la talla comercial.

La captura anual promedio por pescador en 1987 fue de 1.53 t, ésta disminuyó a 0.65t en 1991 y en 1996 era de 0.56 t. La tendencia a la baja se ha mantenido, a pesar de haber descendido el número de pescadores registrados, de 1,375 en 1993 a 816 en 1999.

En cuanto a los rendimientos por hectárea, Rosas (1982), señala que para 1974 fue de 30.5 kg, cuando ya se había introducido la lobina. Sin embargo, no ha sido posible realizar una comparación debido a que no existe la misma información para antes de su introducción. En años posteriores, los rendimientos por

hectárea aumentaron; Rojas (1992) registra rendimientos promedio por año entre 78 y 239 t/Ha, durante un periodo de 1982 a 1990, probablemente porque al introducirse otras especies como la tilapia y la carpa ocuparon nichos que estaban parcial o temporalmente vacios.

De acuerdo a Rojas (1992), uno de los problemas fundamentales que se encuentran al evaluar los rendimientos del lago es que no existe un registro real del esfuerzo pesquero. Se desconoce el número exacto de unidades de pesca de cada tipo que operan regularmente. Tampoco se cuenta con información sistematizada sobre el tiempo de captura por unidad de esfuerzo.

Debido a que no existe un registro real del esfuerzo pesquero, no ha sido posible evaluar los rendimientos del lago. Se desconoce el número exacto de unidades de pesca que operan regularmente, así como el tiempo de captura por unidad de esfuerzo

Por otro lado, en lo que se refiere a introducciones y repoblaciones de especies en este lago, Rosas (1976b) señaló que fue en los años treinta cuando se inició la introducción de especies exóticas. Sin embargo, no se ha llevado un registro sistemático de las operaciones realizadas y del impacto derivado de las mismas (Anónimo, 1990). La información disponible destaca que casi todas las introducciones resultaron exitosas en cuanto a que lograron establecer una nueva población en el lago, a pesar de que al parecer, éstas se realizaron sin un sustento técnico, lo que propició nuevas presiones para las especies nativas del lago. Las repoblaciones de especies nativas, como acúmara y pescado blanco, han sido realizadas a través del Programa de Reservas.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

Hasta los años ochenta, en el lago operaba una planta procesadora de la empresa Productos Pesqueros Mexicanos (PROPEMEX). Después de un periodo de inactividad esta planta ha sido rehabilitada, y actualmente se encuentra en funcionamiento parcial administrada con capital privado. Sin embargo, esta planta procesa productos pesqueros de otros embalses del estado y no del Lago de Pátzcuaro.

No existe un conocimiento claro acerca de los centros de acopio existentes en el lago, ni de los canales de comercialización. Sin embargo, L. González (Delegación Federal SEMARNAP en Michoacán, 1996, comunicación personal), indica que los centros de acopio se formaron en 1989 a través del Programa de Desarrollo Regional del Instituto Nacional Indigenista y que se incluyen en el Convenio de Desarrollo Social del mismo organismo. Los centros eran tres y se ubicaron en San Jerónimo, Ojo de Agua y Uricho, contando cada uno de ellos con un local, refrigeradores, básculas y una camioneta. Actualmente, por la baja en las capturas registradas en el lago, los representantes de las Uniones son los receptores en sus domicilios, en donde se encuentran las básculas y los refrigeradores.

Las esposas de los pescadores juegan un papel muy importante en la comercialización de las capturas.
En el lago existe una planta procesadora de PROPEMEX que opera con capital privado. Sin embargo, en ella se procesan productos de otros embalses del estado y no del Lago de Pátzcuaro

En cuanto a la comercialización, el destino de las capturas satisface la demanda del mercado local, influenciado en forma importante por las actividades turísticas y de igual forma, el consumo de los residentes de esta zona absorbe parte de la captura diaria realizada en el lago. De ahí que la penetración a otros mercados aledaños no sea significativa, previéndose que en el corto plazo seguirá la misma tendencia (Anónimo, 1990). Cabe mencionar que las mujeres, generalmente las esposas de los pescadores, juegan un papel muy importante en la comercialización de las capturas.

▼Indicadores económicos

Toledo *et al.* (1980), indican que la pesca ha sido y es parte medular del desarrollo histórico, cultural y económico del pueblo purépecha que habita en las riberas del lago de Pátzcuaro; ya que es la única actividad en las comunidades de las Islas Tecuena, Yunuén y Pacanda. En Espíritu, Tarerio, Ichupio y Urandenes es la actividad más importante, y en otras ocho la pesca es de carácter fundamental.

La pesca ha sido y es parte medular del desarrollo histórico, cultural y económico del pueblo purépecha que habita en las riberas del lago. La comunidad indígena durante siglos ha sido la unidad social de apropiación de los recursos naturales

La importancia económica de la pesquería del lago de Pátzcuaro tiende hacia la disminución frente a otras actividades; no obstante, dado que la mayor parte de la población pesquera es indígena, la pesca en el lago tiene un importante componente cultural.

Del número total de afiliados en las organizaciones pesqueras del lago, el 82% habla purépecha como lengua materna, el 25% es analfabeta, alrededor de 40% tiene estudios de primaria y sólo el 8% de secundaria. El 97% es nativo de las riberas del lago. La población indígena de la cuenca se ha mantenido aproximadamente en 20,000 habitantes (16%), lo que indica una tendencia a su disminución respecto al total de la población de la cuenca, que ha aumentado (SEMARNAP, 1977); sin embargo, la comunidad indígena de esta región ha sido, durante siglos, la unidad social de apropiación de los recursos naturales de la cuenca. Solamente una parte del total de pescadores se dedica exclusivamente a la pesca, el 37.9% tiene ingresos derivados de otras actividades y el 24% se dedica también a la agricultura (Anónimo, 1990; Rojas, 1992).

De 1997 a 1999 la captura ha disminuido en un 71%, mientras que el número de artes de pesca registrado se ha reducido en un 30% y el total de pescadores organizados ha permanecido igual en el mismo periodo

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

De acuerdo a Rojas (1992) uno de los puntos medulares de la pesquería del lago es el esfuerzo pesquero, representado por dos artes de pesca antagónicos (chinchorros y redes agalleras), de los cuales no han sido evaluados sus efectos. Además, al parecer existe una situación de sobre aprovechamiento de los principales recursos, lo cual dió lugar al desarrollo de la pesquería de otras especies de menor valor económico. Actualmente la situación de sobre-explotación es muy evidente.

De 1997 a 1999 la captura ha disminuido un 71%, durante el mismo periodo las artes de pesca se han reducido en 30%, mientras que el numero de pescadores se ha mantenido igual. Es evidente la situación de sobre-explotación de los recursos que existe en el lago

Ante esto, en el primer semestre de 1998, la SEMARNAP instrumentó la aplicación de una veda temporal para la captura de todas las especies del Lago de Pátzcuaro. Con anterioridad se venía aplicando una veda para pescado blanco del 15 de marzo al 30 de abril y para el charal del 1° de marzo al 31 de mayo, sin la debida observancia, ya que durante la veda los pescadores podían pescar tres días a la semana, por acuerdo con la Delegación Federal de la SEMARNAP en el estado (Orbe y Acevedo, 1996).

Así fue como el 30 de abril de 1998 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Aviso de Veda temporal para la captura de todas las especies de peces y anfibios existentes en las aguas de jurisdicción federal del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, durante el periodo comprendido del 1° de marzo al 31 de mayo de cada año. La veda de esta forma se aplicó durante 1998 y 1999.

Posteriormente, el 25 de febrero del 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación una modificación al periodo de veda temporal, conformándose en dos periodos, lo que permitió que la pesca se realizara durante la semana santa y la anterior, dada la importancia tradicional de esa festividad en la entidad:

a) Del 1° de marzo al 8 de abril del año 2000 y
b) Del 25 de abril al 31 de mayo del año 2000.

En los últimos tres años, de marzo a mayo, se ha aplicado una veda para la captura de todas las especies. Durante el 2000, se permitió la pesca durante la semana santa y la anterior, dada la importancia de ésta festividad en la entidad

De acuerdo con información de la Delegación Federal de la SEMARNAP en Michoacán, en el primer año de aplicación de esta veda, a pesar de la premura fue posible contener en un alto grado el esfuerzo pesquero durante el mes de mayo, periodo de mayor intensidad reproductiva de las especies, ya que un 80% de las organizaciones acataron la disposición. Paralelamente como apoyo a las organizaciones que suspendieron la actividad pesquera el FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido) y la Comisión de Pesca del Gobierno del Estado canalizaron recursos económicos para acciones del Programa de Empleo Temporal, dadas las condiciones socioeconómicas prevalecientes en la zona. Sin embargo, en tanto no se generen alternativas ocupacionales permanentes, el éxito de las vedas en los años subsecuentes está determinado por la programación y liberación oportuna de los recursos económicos para esta finalidad.

Análisis Cuantitativo

▼ *Información disponible*

Diversos trabajos se han realizado sobre la biología pesquera de las especies del lago de Pátzcuaro; entre éstos: Arreguín-Sánchez y Orbe (1987), Berlanga *et al.* (1997a, 1997b), García de León (1984, 1985), García de León y Pérez (1996), Jiménez (1992), Lizárraga (1981), Lizárraga y Tamayo (1990), Morelos (1987), Pérez y García de León (1985), Rauda (1987), Rojas (1993a, 1993b, 1995) y Rojas *et al.* (1993a, 1993b, 1995).

▼ *Modelo*

La captura en el lago de Pátzcuaro está influenciada por múltiples factores ambientales, de intensidad y modalidad de explotación y de interacción entre especies que no están claros del todo; asimismo no se sabe cuál es su peso específico en la determinación de las tendencias de captura.

Para analizar la tendencia de las capturas se empleó un análisis de series de tiempo del tipo Autoregresivo Integrado de Promedio Móvil (ARIMA) que permite hacer pronósticos a corto plazo, sin utilizar las posibles relaciones de los diferentes factores

El uso de la metodología ARIMA es apropiado si se cumple el supuesto que las observaciones de una serie de tiempo son estadísticamente dependientes o están correlacionadas. En el caso de una serie de datos de capturas, este requisito se cumple pues la captura obtenida en un año dado es dependiente no sólo de las condiciones de ese año (como biomasa, esfuerzo, estado trófico del lago) sino de las que imperaban en el periodo arterior. Lo mismo se puede señalar sobre la dependencia de las condiciones futuras con respecto a las presentes.

La captura en el lago está influenciada por múltiples factores, entre ambientales, de intensidad y modalidad de explotación y de interacción entre especies

El método no asume subjetivamente ningún patrón en los datos históricos *a priori*; sus pronósticos se basan en:

a) Un análisis de las tendencias suavizadas de la serie de datos
b) Las desviaciones de los datos reales respecto del modelo ajustado (Hanke y Reitsch, 1995).

Para analizar la tendencia en las capturas se utilizó un ARIMA, que permite hacer pronósticos a corto plazo, sin utilizar las posibles relaciones entre los distintos factores

El procedimiento hace una separación de los elementos *determinísticos* (la tendencia general de la serie), *estocásticos* (dependencia serial de un dato respecto al dato anterior) y *aleatorios* (variación al azar, con forma de "ruido blanco") de la serie de datos, determinando su importancia relativa e incorporándolos por separado al hacer una predicción.

En general, el método incluye los siguientes pasos, los que han sido descritos de manera más detallada por Ato y López (1994) y Hanke y Reitsch (1995):

1. Postular una clase general de modelos a utilizar e identificar un modelo para ser usado tentativamente.

Este paso incluye el calcular el Coeficiente de Autocorrelación, *CAC*, que expresa el grado de la relación entre el valor de una variable al tiempo t y el valor de la misma en un tiempo t-k:

$$CAC_k = \sum_{t=1}^{n-k} (Y_t - \overline{Y})(Y_{t-k} - \overline{Y}) \Big/ \sum_{t=1}^{n} (Y_t - \overline{Y})^2 \quad \ldots\ldots(1)$$

donde:

CAC_k es el Coeficiente de Auto-correlación para un retraso de k periodos
$\overline{Y}$ es la Media de los valores de la serie
Y_t es la Observación al periodo t
Y_{t-k} es la Observación al periodo t-k

También se calcula el Coeficiente de Autocorrelación Parcial -CACP- que mide el grado de relación entre el valor de una variable a un tiempo dado y los valores previos de la misma, manteniendo constantes los efectos de otras variables (como el retraso k) (Ato y López ,1994).

Una vez estimados dichos coeficientes, se compara el patrón de los mismos con los postulados para los modelos generales ARIMA más comunes (que se pueden encontrar, por ejemplo en Hanke y Reitsch, 1995) y se elige el más semejante al patrón observado, asignando el modelo general correspondiente.

Por ejemplo, si el patrón de los coeficientes de Autocorrelación y Autocorrelación Parcial nos lleva a escoger un modelo ARIMA de orden 1, entonces tomará la forma:

$$Y_t = f_1 Y_{t-1} - w_1 e_{t-1} \quad \ldots\ldots(2)$$

donde:

Y_t es el Valor de la variable Y al tiempo t
Y_{t-1} es el Valor de la variable Y al tiempo t-1
f_1 es el Coeficiente que determina el efecto de Y_{t-1} sobre Y_t
w_1 es el Coeficiente que determina el efecto del error e_{t-1} sobre Y_t

2. Estimar los parámetros del modelo

Los parámetros del modelo elegido se estiman por mínimos cuadrados. Este paso, en contraste con los demás, que involucran el uso del juicio del analista y cierto grado de subjetividad, es bastante mecánico y muchos programas estadísticos lo calculan de manera automática.

3. Validar los supuestos del modelo

Si el modelo describe el comportamiento de los datos y un análisis de residuos entre la predicción de éste y las observaciones, indica que los errores son pequeños, aleatoriamente distribuidos e independientes, entonces, se determina que el modelo es adecuado. Para poder hacer esto, usualmente es necesario examinar varios modelos alternativos.

4. Realizar los pronósticos

Si los supuestos son validados, se usa el modelo, si no lo son, se regresa al paso dos (estimación de los parámetros del modelo). La predicción incluye, aparte de un valor puntual, los límites del intervalo de confianza de la misma lo que permite la posibilidad de hacer aseveraciones sobre la probabilidad de ocurrencia de un intervalo de valores de la variable de interés, en este caso la captura.

▼ *Estado Actual de la pesquería del Lago de Pátzcuaro*

En el modelo de series de tiempo se analizaron las tendencias de la captura registrada por especie por separado y se obtuvieron las probabilidades de que el pronóstico descendiera por debajo del *Punto de Referencia* elegido, en este caso el valor de la captura para cada especie en 1996.

En la *tabla 1* se muestran los resultados del análisis. Aunque el pronóstico para el lago en su conjunto es de un aumento en la captura de 5.8%, la probabilidad de que la captura para 1997 fuera menor a la de 1996 fue de 45.72%.

Las capturas en 1998 y 1999 disminuyeron más allá de las predicciones más pesimistas. Este descenso en las capturas indica que existe un cambio en las condiciones del lago

Tabla 1. Resultado de los pronósticos de capturas por especie y total.

	Pescado Blanco	Charal	Chegua	Acúmara	Carpa	Lobina	Mojarra	Total
1996 (t)	8.62	263.2	71.4	98.04	68.9	1.76	53.7	564.6
Pronóstico 1997	7.32	273.36	92.3	95.45	68.18	1.3	59.89	597.8
IC 95% sup[1]	13.58	603.4	1056.7	226.89	295	20.59	189.44	2405.
IC 95%inf[2]	3.94	123.8	8.0	40.12	15.76	0.082	18.93	210.6
P(Pr<1996)[3]	60.38	46.27	37.60	50.99	50.16	51.24	42.44	45.72

[1] Captura máxima proyectada con un 95% de confianza

[2] Captura mínima proyectada con un 95% de confianza

[3] Probabilidad de que la captura proyectada para 1997 sea menor que en 1996.

Lo mismo ocurre para cada especie en particular. En todos los casos la probabilidad de que las capturas disminuyeran, según el pronóstico para 1997, era alta (Fig. 3). Por ejemplo, el aumento más alto pronosticado era 29% para charal pero con 46% de probabilidad de que la captura real fuera menor a la del año anterior. Las capturas en 1998 y 1999 disminuyeron más alla de las predicciones más pesimistas.

El lago ha seguido deteriorándose, por lo que es necesario y de manera urgente aplicar estrategias efectivas para su recuperación

De acuerdo a los datos de producción pesquera, proporcionados por la Coordinación Regional en Pátzcuaro de la Subdelegación de Pesca de la SEMARNAP, la captura en 1997 fue cercana a los valores predichos (597.8 t). Sin embargo, en 1998 y 1999 las capturas reales han sido menores a las pronosticadas. Aunque en 1998 la producción pesquera obtenida estuvo dentro del intervalo de una desviación estándar del pronóstico, en 1999 las capturas se encontraron fuera de él. Esto se debe a que las predicciones están basadas en la información hasta 1996 y la influencia del comportamiento de las capturas hasta ese año tienen un peso determinante en el pronóstico. El que el descenso de las capturas sea mucho más fuerte que lo predicho indica que hay un cambio en las condiciones del lago respecto a las que existían en los años previos a los pronósticos. Es un hecho que los niveles tróficos más altos (carnívoros como el pescado blanco y la lobina) han sido severamente afectados, lo que puede causar un serio daño al ecosistema ya que propicia cambios en las dominancias de las especies (Sladek Nowlis & Roberts, 1999), lo que posiblemente pasó con los ciprínidos. En este sentido, Rojas (1993a) aplicó un análisis de contingencia (Rahel, 1990) al ensamble formado por las especies del género *Chirostoma* del lago, llegando a la conclusión que es inestable a escala absoluta de abundancias, atribuye la inestabilidad a las interacciones bióticas y a la variabilidad ambiental. Esto ratifica que el deterioro de las condiciones del lago se está acelerando y que se requiere urgentemente de la aplicación de estrategias efectivas para su recuperación.

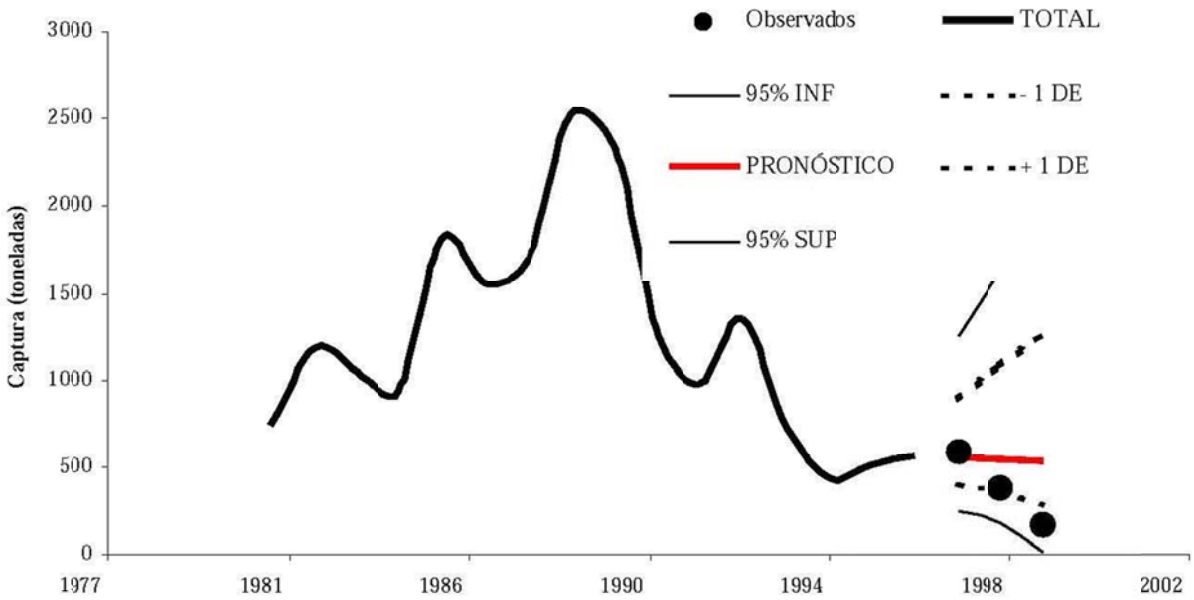


Fig. 3. Producción pesquera total anual y predicción hasta 1999 en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, comparada con las producciones reales de 1997, 1998 y 1999.

PERSPECTIVAS:

La notable disminución en las capturas del lago de Pátzcuaro puede atribuirse principalmente al deterioro del embalse y a la sobrepesca.

En cuanto al primer punto, los procesos de eutroficación y "envejecimiento" del lago se han acelerado debido a la erosión con el consecuente azolve resultantes de la deforestación de la cuenca (85,000 m^3/año, SEMARNAP, 1997), al vertido de desagües domésticos y de industrias locales, como las de curtiduría, así como a la extracción de agua para usos doméstico y agrícola y a la entrada de agroquímicos (Toledo, 1988; Morales, 1992).

La eutroficación tiene como consecuencia cambios en la composición y en la producción de la ictiofauna

De Buen (1944b, 1944c), señaló un grado de sedimentación notable y la disminución del nivel de agua, y también registró la presencia frecuente de diatómeas del género *Melosira* indicadora de ambientes eutroficados (Mason, 1984). Chacón (1992) señala la presencia de florecimientos de cianofíceas como *Merismopedia elegans*, *Anabaena* sp, *Oscillatoria* sp y *Coelosphaerium kuetzingianum*, presentes en zonas ricas en matería organica, especies que de acuerdo a Mason (1984) y Hillbricht-Illkowska y Kajak (1986) son indicadoras de eutroficación.

La transparencia del agua ha disminuido notablemente desde los estudios de Matsui y Yamashita en 1936 (*En:* De Buen, 1944b), donde se reportaban de 2.0 a 2.40 m de profundidad del disco de Sechii, pasando por 0.27 a 1.2 m reportados por Mazar (1981) y 0.35 a 0.68 encontrados por Chacón (1989) y Chacón *et al.* (1991) hasta los 0.1-0.65 m en la actualidad (Bernal-Brooks, 1997).

Bernal-Brooks (1997), indica que la transparencia y biomasa algal observadas son resultado de una contaminación generalizada, originada en el creciente vertido de aguas residuales y la resuspensión de sedimento por el viento, facilitada por la baja en el nivel del agua.

La eutroficación tiene como consecuencia cambios en la composición y en la producción de la ictiofauna. Generalmente, los carnívoros son los primeros afectados negativamente y la proporción de ciprínidos (carpas) tiende a aumentar al avanzar ésta. Eventualmente, la producción de peces tiende a disminuir fuertemente en lagos altamente eutroficados (Mason, 1984; Szczerbowski, 1985). Aunque no está cuantificada la importancia relativa de los factores ambientales como causa de la baja en las capturas, su influencia ha sido determinante en el lago de Pátzcuaro.

Es difícil separar los efectos arriba mencionados de los provocados por las actividades pesqueras. Existen algunos problemas en cuanto a la información disponible respecto a la captura y el esfuerzo. Aunque existen registros de captura de las especies de importancia comercial, una proporción considerable de algunas especies, como el tiro que se destina al autoconsumo, no se registra en las estadísticas pesqueras.

Desde muchos años atrás se señaló que el esquema de explotación pesquera no era el adecuado. Las agalleras se colocaban en áreas y periodos de reproducción del charal, capturándose organismos maduros y no desovados

Sin embargo, los estudios sobre biología pesquera que se han realizado en el lago, señalaron frecuentemente y desde hace bastante tiempo, el hecho de que el esquema de explotación pesquera no era el adecuado. Solórzano (1961) menciona que se colocaban agalleras en las áreas y periodos de reproducción del charal, capturando entre 15 y 30 kg de organismos por red al día (la mayoría maduros y no desovados).

De Buen (1944c) describe que la captura de charal con chinchorros se componía en buena parte (66%) de animales entre 2.0 y 5.0 cm y Jiménez y Gracia (1995) señalan que la talla media (al 50%) de selección en la captura de charales en Pátzcuaro es de 4.67 cm, mientras que la talla de primera madurez de *Chirostoma attenuatum* (charal prieto) es de 6.3 cm (Rojas *et al.* 1993a).

La captura de lobina en su mayor parte (82%) se componía de organismos menores a la talla de primera madurez (Lizárraga y Tamayo, 1990); en la *figura 3* de este trabajo se observa que a partir de 1991 la proporción de lobina en las capturas ha sido menor al 1.0%, cuando diez años atras constituía la cuarta parte de éstas. Por su parte, para esta especie, Toledo (1988) encuentra una disminución en la talla de primera madurez, por efecto de la sobrepesca.

En 1981 y 1982 se alcanzó el RMS para el pescado blanco, charal, lobina y carpa (Arreguín-Sánchez & Orbe, 1987)

Arreguín-Sánchez y Orbe (1987), a partir de Modelos de Rendimiento y con datos de seis años, calculan el RMS de cuatro especies del lago, obteniendo para el pescado blanco un RMS de 95.3 t que se alcanzó en 1981, para lobina negra 218.4t alcanzado en 1982, para carpa 312.4 t registrado en 1982, y para charal 151 t alcanzado en 1981, cuando las capturas reales eran 50% por arriba de su RMS. Pocos años después, en 1986, se llegó al máximo de la captura histórica seguido del descenso en la producción pesquera que continúa hasta hoy.

Cifras similares de Rendimiento Máximo Sostenible (1,200 t/año) se obtuvieron utilizando un modelo bioeconómico (INP, 2000).

En el documento ejecutivo titulado *Pátzcuaro, el Lago que Queremos* (Anónimo 1997) y en el que participan diversas instituciones, entre ellas PNUD, SEMARNAP, el Gobierno del estado de Michoacán y ONG's, se señala que los principales fenómenos de degradación ecológica detectados en la región son:

1) La tierra desnuda por la sobreexplotación de los bosques.
2) Los azolves en el lago por arrastre de los materiales erosionados.
3) La apertura de áreas agrícolas y pecuarias en terrenos con fuerte pendiente.
4) Un incremento desmedido de la actividad pesquera.
5) El flujo excesivo de aguas negras y de desechos agroquímicos que se vierten al lago.
6) El crecimiento no planeado de los asentamientos urbanos.
7) La mala disposición de sus desechos.

Además, en particular para el Lago se señalan, la mala calidad del agua, la pérdida de volúmen de agua, pérdida de biodiversidad acuática, contaminación por desechos sólidos, contaminación por tóxicos y azolve. A pesar de que Barrera-Bassols (1986) señala que en esas fechas la cuenca mantenía aún una relativa estabilidad, actualmente (año 2000) la realidad es dramática por la inminente desaparición de una de las más importantes pesquerías de las aguas continentales de México, el Lago de Pátzcuaro, considerado por Toledo y Argueta (1992) como el "ultimo relicto de la cultura lacustre mesoamericana"

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Dado lo anterior, se hace evidente que el lago de Pátzcuaro se encuentra en un estado de franco deterioro debido a la degradación de toda su cuenca, haciéndose necesario y urgente la implementación de un programa de ordenamiento ecológico. Éste debe de incluir tanto en su planeación como en su ejecución acciones encaminadas hacia el desarrollo sustentable con un enfoque de comanejo (Ortega y Cisneros, 1999). Este último se define como el manejo de bienes comunes en donde las comunidades locales incorporan sus conocimientos tradicionales para ser co-responsables de la explotación y manejo de sus propios recursos. Las decisiones son tomadas por comités en donde participan tanto los lugareños como las autoridades gubernamentales.

Para la recuperación del Lago de Pátzcuaro se requiere de la implementación de un programa de ordenamiento ecológico, con un enfoque hacia el comanejo

El programa de ordenamiento ecológico deberá incluir entre otras acciones la reforestación de las zonas desnudas; la rehabilitación de las zonas erosionadas; la ubicación de áreas agrícolas y pecuarias alternativas; la instalación de plantas de tratamiento de aguas residuales; la recuperación, reciclado y tratamiento de desechos domésticos, agrícolas y artesanales y la recuperación de agua de lluvia.

En particular, en cuanto a los recursos pesqueros, si la explotación se sigue ejerciendo en forma desordenada, en muy pocos años la pesca desaparecerá como actividad productiva de la zona. Es urgente que se lleven a cabo sobre

todo acciones de protección y recuperación entre las que incluyen:

- Realizar estudios biológico pesqueros con enfoque multiespecífico a fin de establecer las bases científicas para el manejo de dichos recursos.

- Regularizar el esfuerzo pesquero. A pesar de que el uso del chinchorro no está autorizado, aún se utiliza en la zona, por lo que debe eliminarse por completo. Además se debe reglamentar el número y tipo de redes agalleras, así como respetar las tallas mínimas de captura, a fin de evitar la captura de organismos inmaduros. Orbe y Acevedo (1996) proponen las siguientes aberturas de malla por especie:

charal	0.5 pulgadas
pescado blanco	1.5 pulgadas
acúmara	2.5 pulgadas
mojarra (tilapia)	3.5 pulgadas
lobina	3.5 pulgadas
carpa	6.0 pulgadas

Asimismo sugieren las siguiertes tallas mínimas de captura:

charales	7.0 cm
pescado blanco	20.0 cm
acúmara	20.0 cm
mojarra (tilapia)	20.0 cm
lobina	26.0 cm

Si se continua con la explotación de los recursos pesqueros en forma desordenada, en muy pocos años la pesca desaparecerá como una actividad productiva de la zona

- Establecer áreas de reserva, en las zonas de reproducción y crianza de las especies nativas.
- Fomentar el respeto, aceptación y cumplimiento de las vedas establecidas en concertación con los pescadores.
- Proponer la concesión de las zonas de pesca, a fin de que las comunidades vecinas adquieran la responsabilidad de su uso y protección.
- Continuar con el desarrollo de proyectos de acuacultura a fin de obtener la biotecnología para el cultivo de las especies nativas.
- Aplicar un plan de asistencia técnica y legal para los pescadores.
- Implementar un programa de capacitación para el desarrollo sustentable.
- Llevar a cabo acciones de control y vigilancia de acuerdo a la normatividad y con el reconocimiento legal de los comités.
- Conocer la dinámica de mercado de los productos pesqueros, los factores que la controlan y sus canales de comercialización.
- Realizar estudios socioeconómicos de la comunidad ribereña e isleña para conocer su estrategia de sobrevivencia (Rojas, 1992), para así poder establecer un programa de mejoramiento de la calidad de vida. Este vinculará a los pescadores con otros sectores productivos, salud y educación para que cuenten con otras alternativas de empleo y servicios que se traduzcan en una mejor calidad de vida.

Las comunidades aledañas al lago deberán responsabilizarse del buen uso y protección de las zonas de pesca

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Los proyectos de desarrollo que se han realizado en el Lago de Pátzcuaro fueron concebidos como la solución a los problemas desde un punto de vista meramente técnico. Por esta razón se desconocen sus efectos sobre la totalidad de la vida social y ecológica del sistema que forma la cuenca del lago.

En respuesta a la situación crítica que existe en la actividad pesquera del Lago de Pátzcuaro, las autoridades rectoras del sector se han venido reuniendo con dirigentes de organizaciones y autoridades municipales

para "establecer un programa de administración de las pesquerías del lago" (SEMARNAP, 1996). Como resultado de esas consultas se generó un convenio para ordenar las actividades pesqueras en el lago y un Programa de Ordenamiento Pesquero para el Lago de Pátzcuaro.

A partir de 1997, la SEMARNAP y el Gobierno del estado de Michoacán fomentaron la constitución del Comité Técnico de Pátzcuaro, para el diagnóstico de la problemática y definición de las líneas de acción de 41 instituciones y organizaciones en la cuenca.

En 1998 éste Comité formuló y consensó la propuesta de lineamientos del Programa de Desarrollo Regional Sustentable.

Está en proceso la integración del expediente para la emisión de la Norma Oficial Mexicana para el Ordenamiento Pesquero del Lago de Pátzcuaro y se ha constituído el Subcomité de Pesca del Lago de Pátzcuaro.

Esta en proceso la integración del expediente para la emisión de la NOM para el ordenamiento pesquero del Lago de Pátzcuaro y se ha constituido el Subcomité de Pesca del Lago de Pátzcuaro

A finales de 1999 se firmó un acuerdo de concertación entre el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) y la SEMARNAP, para frenar el deterioro de la Cuenca de Pátzcuaro y ejecutar los siguientes programas:

1. Conservación y restauración comunitaria de suelos
2. Saneamiento ambiental
3. Registro de generadores de residuos peligrosos y bioinfecciosos
4. Dragado
5. Conservación y manejo de la vida silvestre
6. Ordenamiento pesquero
7. Sanidad forestal
8. Prevención y combate de incendios forestales
9. Ordenamiento de la industria forestal
10. Dendroenergía
11. Ordenamiento ecológico territorial
12. Subprograma de difusión y promoción

El Lago de Pátzcuaro constituye el nivel base de la cuenca, por lo que es el receptor de los efectos de su alteración y manejo. El necesario enfoque integral, a través de la Coordinación Interinstitucional para la solución de la problemática de la cuenca, repercutirá eventualmente en el mejoramiento de las condiciones ambientales del embalse y por consiguiente de su pesquería. Sin embargo, es evidente que la pesca es de las más afectadas por efecto de la multiplicidad de actividades desordenadas que se dan en la cuenca.

Por lo tanto, es urgente la ejecución de los programas que cuanto antes lleven, tanto a los recursos como a los habitantes ribereños e isleños del Lago de Pátzcuaro, a un desarrollo sustentable.

REFERENCIAS

Alaye Rahy, N. 1993. Hematología de aterínidos de agua dulce: género *Chirostoma* spp del lago de Pátzcuaro, Mich. Ciencia Pesquera 10: 97-109.

Anónimo. 1990. Determinación del potencial acuícola de los embalses epicontinentales mayores de 10,000 hectáreas y nivel de aprovechamiento: Lago de Pátzcuaro, Informe Final SEPESCA-Biotecs XXI. (inédito).

Anónimo. 1997. Pátzcuaro, el Lago que Queremos. Informe sobre el estado de avance hacia el desarrollo sostenible en la región de la cuenca de Pátzcuaro. (inédito).

Arreguín-Sánchez, F. & A. Orbe. 1987. Sobre el estado actual de la explotación de los recursos pesqueros del Lago de Pátzcuaro y la Presa Adolfo López Mateos. *En:* Investigaciones para el manejo y administración racional pesquerías tropicales. Primer Informe parcial. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Mérida. (inédito).

Ato, M. & J. J. López. 1994. Fundamentos de Estadística con SYSTAT. Addison-Wesley. New York.

Barbour, C.D. 1973a. A biogecgraphical history of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): a species flock from Mexican plateu Copeia 3: 533-356.

Barbour, C.D. 1973b. The systematics and evolution of genus *Chirostoma* Swainson (Pisces: Atherinidae). Tulane Stud. Zool. Bot. 18:97-141.

Barbour, C.D. & R. R. Miller. 1976. A revision of the Mexican Cyprinid fish genus *Algansea*. Misc. Publ. Mus. Zool. Univ. Michigan 155:1-72.

Barragán, J. & S. Magallón Barajas. 1994. Peces dulceacuícolas mexicanos X. *Goodea atripinnis*. (Cyprinodontiformes: Goodeidae). Zoología Informa 28: 27-36.

Barrera-Bassols, N. 1986. La cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán: aproximación al análisis de una región natural. Tesis Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. U.N.A.M.

Barrera-Bassols, N. 1992. Ecogeografía. *En:* Toledo, V.M., P. Alvarez-Icaza & P. Avila. (eds). Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Fundación Friedrich Ebert Stiftung. México. pp: 11-36.

Berlanga Robles, C., M. R. Nepita Villanueva & A. Ruiz Luna. 1997a. Evaluación preliminar de la edad y crecimiento del tiro *Goodea atripinnis luitpoldi* (Jordan, 1879) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Res. V Congreso Nacional de Ictiología. Mazatlán, Sin., 3 al 5 de febrero de 1997.

Berlanga Robles, C., A. Ruiz Luna, M. R. Nepita Villanueva & J. Madrid Vera. 1997b. Estabilidad y diversidad de la composición de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Rev. Biol. Trop. 45(4): 1553-1558.

Bernal-Brooks, F. 1997. El lago de Pátzcuaro: Distribución de las poblaciones ícticas en relación a variables físicas, químicas y biológicas del medio acuático. Reporte de Avances. Facultad Ciencias, Programa de Doctorado (Biología) UNAM, México. (inédito).

Chacón T., A. 1989. A limnological study of lake Pátzcuaro, Mexico, with a consideration of the application of remote sensing techniques. Ph. D. Thesis, University of Stirling, U.K.

Chacón T., A. 1992. El Ecosistema Lacustre. *En:* Toledo, V.M., P. Alvarez-Icaza & P. Avila. (eds). Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Fundación Friedrich Ebert Stiftung. México. pp: 37-70.

Chacón T., A., R. Pérez & E. Muzquiz. 1991. Síntesis Limnológica del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México.

Chacón Torres, A., C. Rosas Monge & L. L. Ríos Frías. 1996. Aspectos reproductivos de la acúmara (*Algansea lacustris* Steindachner, 1895, Pisces: Cyprinidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Zoología Informa 34: 27-47.

De Buen, F. 1944a. La fauna del lago de Pátzcuaro y el medio en que vive. Rev. México Forestal 22: 1-23.

De Buen, F. 1944b. Los lagos michoacanos. II. Pátzcuaro. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 5 (1-2): 99-125.

De Buen, F. 1944c. Limnobiología de Pátzcuaro. An. Inst. Biol. Mex. 15 (1): 261-312.

De Buen, F. 1947. Investigaciones sobre ictiología mexicana I: Catálogo de peces de la región Neártica en suelo mexicano. An. Inst. Biol. Mex. 18:257-348.

Díaz-Pardo, E. & D. Ortíz-Jiménez. 1986. Reproducción y ontogenia de *Girardinichtys viviparus* (Pisces: Goodeidae). An. Esc. Nac. Cienc. Biol. 30: 45-66.

Espinosa Pérez, H., M. T. Gaspar-Dillanes & P. Fuentes Mata. 1993. Listados Faunísticos de México III: Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología, UNAM, México.

García de León, F. J. 1984. Ecología pesquera, alimentación y ciclo gonádico de *Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacépède, en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Nuevo León, México.

García de León, F. J. 1985. Relaciones alimenticias y reproductivas entre *Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacépède, en el lago de Pátzcuaro, Mich., Méx. Bol. Coord. Inv. Cient., Univ. Mich. San Nicolás de Hidalgo 8: 8-15.

García de León, F. J. & V. H. Pérez. 1996. Aspectos poblacionales de *Chirostoma estor* Jordan (pescado blanco) y *Micropterus salmoides* Lacépède (lobina negra) en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Cuad. Mex. Zool. 2 (1): 31-39.

García Ortega, R., 1994. Relaciones alimenticias entre cuatro especies simpátricas de peces de la familia Atherinidae, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Res. IV Congreso Nacional de Ictiología. Morelia, Mich.

García-Ureña, G. 1996. Desarrollo embrionario del achoque (*Ambystoma dumerili*) del Lago de Pátzcuaro. CRIP-Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Gómez-Ríos, J.G. 1989. Estudio histológico del aparato reproductor masculino del "Achoque" (*Ambystoma dumerili* Dugés) urodelo del Lago de Pátzcuaro. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Gutiérrez-Hernández, A. 1999. Peces dulceacuícolas mexicanos XVII: *Chirostoma attenuatum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). Zoología Informa 41:29-38.

Hanke, J.E. & A. G. Reitsch. 1995. Business Forecasting. Prentice Hall, New Jersey.

Hillbricht-Illkowska, A. & Z. Kajak. 1986. Parametry i wkaazniki przidatne do kontroli zmian funkcjonalnych i structuralnych w ekosystemach jeziornich ulegajacych procesowi eutrofizacji. *En:* Monitoring Ekosystemów Jeziornych. Ossolineum, Varsovia.

INP. 2000. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Evaluación y Manejo 1997-1998. SEMARNAP. pp:615-650.

Jiménez Badillo, M. L. 1992. Estimación de los parámetros de crecimiento del charal pinto *Chirostoma patzcuaro* (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro. Res. III Congreso Nacional Ictiología. Oaxtepec, Mor.

Jiménez Badillo, M.L. & A. Gracia. 1995. Evaluación de la pesquería multiespecífica de charales (*Chirostoma* spp) (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich. An. Inst. Biol. Ser. Zool. 66(2): 205-231.

Kajak, Z. 1986. Biologia wód sródladowich. Narodowe Widawnictwo, Rolmicze i lesme, Varsovia.

Lara, A. 1980. Introducción de nuevas especies al lago de Pátzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas. Mem. II Simposio Latinoamericano de Acuacultura. I: 491-524.

Lizárraga de Tamayo, E. Y. 1981. Composición de tallas, pesos, sexos y relaciones biométricas de pescado blanco (*Chirostoma estor* Jordan 1879), a partir de la captura comercial en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis Biólogo Marino. CICIMAR, IPN, La Paz, B.C.S. México.

Lizárraga, E. Y. & P. Tamayo. 1990. Relaciones biométricas de lobina negra (*Micropterus salmoides*, Lacépède), en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. Compendio de Estudios de Investigación del lago de Pátzcuaro, Michoacán. INP, SEPESCA, México.

López Arriaga-Saavedra, C. I. 1990. Estudio histológico del aparato reproductor femenino del "achoque" (*Ambystoma dumerili* Dugés) urodelo del Lago de Pátzcuaro. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Mares B., L. G. 1987. Incubación de pescado blanco en jaulas en el Lago de Pátzcuaro, Mich. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Mares B., L.G. 1990. Densidad óptima de incubación de pescado blanco *Chirostoma estor* del Lago de Pátzcuaro, Mich. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Mares B., L. G. & J. J. Morales P. 1993. Cultivo de crías de pescado blanco *Chirostoma estor* en el Lago de Pátzcuaro. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Mason, C. F. 1984. Biología de la contaminación del agua dulce. Alhambra, Madrid, España.

Mazari Hiriart, M. 1981. Evaluación de la calidad del agua desde el punto de vista bacteriológico y fisicoquímico en el lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Mendoza, E. 1962. The reproductive cycles of three viviparous teleosts, *Alloophorus robustus*, *Goodea luitpoldii* and *Neoophorus diazi*. Biol. Bull. 123(2): 351-365.

Morales, J.J. 1992. Caracterización de algunos aspectos ecológicos vinculados con la productividad pesquera en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Morales P., J.J. & L.G. Mares E. 1991. Crecimiento y sobrevivencia del pez blanco en etapa larval con dos tipos de alimento. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Morelos, M. 1987. Contribución al conocimiento de la biología del "charal prieto", *Chirostoma attenuatum* Meek (1902) del lago de Pátzcuaro, Mich. Tesis Profesional Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. México.

Orbe, A. & J. Acevedo. 1992. Análisis de la selectividad de las artes de pesca y el esfuerzo pesquero en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Orbe, A. & J. Acevedo. 1996. Ordenamiento Pesquero del lago de Pátzcuaro, Mich. México. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Orbe, A., J. M. Grande Vidal & A. Rodríguez Casillas. 1988. Evaluación de la selectividad del chinchorro en el lago de Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Ortega, D. & M.A. Cisneros Mata. 1999. Propuesta metodológica para el ordenamiento pesquero. Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Pérez, V. H. & F. García de León. 1985. Edad y crecimiento de *Chirostoma estor* Jordan (pescado blanco) y *Micropterus salmoides* Lacépède (lobina negra), en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Biológicas 1: 23-48.

Rahel, F. J. 1990. The hierarchical nature of community persistence: a problem of scale. Amer. Nat. 136(3): 328-344.

Rauda, J. 1987. Contribución al conocimiento de la biología pesquera del charal pinto *Chirostoma patzcuaro* Meek 1902 (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro. Tesis Profesional. Escuela de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. México.

Rivera López, H. & A. Orbe Mendoza. 1990. Contribución al conocimiento de la biología, cultivo y pesquería de la acúmara (*Algansea lacustris*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *En:* De la Lanza-Espino, G. & J. L. Arredondo Figueroa. (comps). La Acuicultura en México: de los Conceptos a la Producción. Instituto de Biología, UNAM. México. pp: 41-54.

Rojas, P. 1986. Experiencias preliminares de incubación de *Chirostoma estor* en un sistema cerrado de recirculación de agua. Mem. Primer Simposio Nacional de Acuacultura. Pachuca, Hgo.

Rojas, P. 1988. Cultivo de pescado blanco *Chirostoma estor*. *En*: Informe de Labores 1986-1988. CRIP Pátzcuaro. pp:8-18. (inédito).

Rojas, P. 1992. La producción pesquera. *En:* Toledo, V.M., P. Alvarez-Icaza & P. Avila. (eds). Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Fundación Friedrich Ebert Stiftung. México. pp: 135-158.

Rojas, P. 1993a. Determinación de los ciclos de madurez gonádica de las especies de charal del lago de Pátzcuaro. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico (1er. Semestre) del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Rojas, P. 1993b. Determinación de los ciclos de madurez gonádica de las especies de charal del lago de Pátzcuaro. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico (2° semestre) del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Rojas, P. 1995. Determinación de los parámetros de crecimiento, mortalidad, reclutamiento y rendimiento del charal prieto *Chirostoma attenuatum* Meek (1902) del lago de Pátzcuaro. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Rojas, P., 2000. Desarrollo y crecimiento de larvas de pescado blanco *Chirostoma estor* Jordan. Informe final CONACYT. No. Ref. 1185P-B9507. (inédito).

Rojas, P., J. Sánchez R. & J. F. Barba T. 1992. Determinación de la temperatura óptima de incubación del pescado blanco *Chirostoma estor*. Res. III Congreso Nacional de Ictiología. Oaxtepec, Mor.

Rojas, P., G. Mares & M. L. Jiménez. 1993a. Estudio de algunos aspectos biológicos del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro como base para su administración y cultivo. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico Final del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Rojas, P., L. Jiménez, P. Toledo & G. Mares. 1993b. Estimación de parámetros de crecimiento y ciclo de madurez gonádica del charal blanco, *Ch. grandocule* Steindachner, 1894 (Pisces, Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Ciencia Pesquera 10: 69-77.

Rojas, P., L. G. Mares Baez & M. P. Toledo Díaz. 1995. Abundancia relativa, estructura de tallas y proporción sexual de las especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro. Res. XIII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Mich.

Rosas, M. 1976a. Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de sus especies. Mem. Simposio Pesquerías de Aguas Continentales. Tuxtla Gutiérrez, Chis. México. pp: 299-366.

Rosas, M. 1976b. Peces dulceacuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Secretaría de Industria y Comercio. INP/SEPESCA. México.

Rosas, M. 1982. Biología Acuática y Piscicultura en México. Secretaría de Educación Publica, Serie de Materiales Didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar. México.

SEMARNAP. 1996. La pesca en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. Oficina Regional en Pátzcuaro. (inédito).

SEMARNAP. 1997. La cuenca del Lago de Pátzcuaro, Situación y Perspectivas. (inédito).

Sladek Nowlis, J. & C. M. Roberts. 1999. Fisheries benefits and optimal design of marine reserves. Fish. Bull. 97: 604-616.

Smith, M.L. & R.R. Miller. 1987. *Allotoca goslinei*, a new species of goodeid fish from Jalisco, Mexico. Copeia 1987(3):610-616.

Solórzano, A. 1955. La pesca en el lago de Pátzcuaro, Michoacán y su importancia económica regional. Dirección General de Pesca. Secretaría de Marina, México. (inédito).

Solórzano, A. 1961. Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del lago de Pátzcuaro (*Chirostoma bartoni*, Jordan & Evermann, 1896). Tesis Biólogo. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. México.

Solórzano, A. 1963. Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro. Dirección General de Pesca. Secretaría de Marina, México. (inédito).

Szczerbowski, J. 1985. Rybactwo jeziorowe i rzeczne. Panstwowe Widawnictw Rolnicze i Lesne. Varsovia.

Toledo, M. P. 1988. Foraging by largemouth bass (*Micropterus salmoides*) on atherinids (*Chirostoma* spp) in lake Pátzcuaro , Michoacán, México. Master of Science Thesis, School of Natural Resources, Fisheries. University of Michigan. Ann Arbor, Michigan.

Toledo, V. M. 1992. Investigación multidisciplinaria para el desarrollo sostenido. *En*: Toledo, V.M., P. Alvarez-Icaza & P. Avila. (eds). Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Fundación Friedrich Ebert Stiftung. México. pp: 5-9.

Toledo, V. M. & A. Argueta. 1992. Cultura indígena y ecología. *En*: Toledo, V.M., P. Alvarez-Icaza & P. Avila. (eds). Plan Pátzcuaro 2000. Investigación Multidisciplinaria para el Desarrollo Sostenido. Fundación Friedrich Ebert Stiftung. México. pp:219-238.

Toledo, V.M., J. Caballero, C. Mapes, A. Argueta, N. Barrera & M.A. Nuñez. 1980. Los purépechas de Pátzcuaro: una aproximación ecológica. América Indígena 40: 17-37.

Webb, C.A. 1998. A phylogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes). Ph. D. Thesis. University of Michigan. Ann Arbor, Michigan.

pescado blanco

charal

Charales

bagre

Carpa dorada

Carpa

Bagre de canal

carpa

Tilapia

carpa

Lago de Chapala

tilapia

tilapia

charal

bagre

bagre

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DEL LAGO DE CHAPALA

ESPECIES: Charal (*Chirostoma arge, C. labarcae, C. jordani, C. chapalae* y *C. consocium*), pescado blanco ojón (*C. lucius*), pescado blanco dientón (*C. sphyraena*), pescado blanco pico negro (*C. promelas*), bagre (*Ictalurus dugesi, I. ochoterenai*), bagre de canal (*I. punctatus*), tilapia (*Oreochromis aureus*), carpa común (*Cyprinus carpio communis*), carpa de Israel o espejo (*C. c. specularis*), carpa barrigona (*C. c. rubrofuscus*) y carpa dorada (*Carassius auratus*).

- Pesquería multiespecífica artesanal basada en la pesca de nueve especies nativas y cuatro introducidas.
- La actividad pesquera se practica en todo el lago y durante todo el año, ha llegado a representar el 50% de las capturas de aguas dulces en Jalisco.
- Debido a la diversidad de especies comerciales, se tiene gran variedad de artes y métodos de pesca. Las redes agalleras capturan el 25% de la producción, las nasas charaleras 21% y las redes mangueadoras el 17%.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 3,800 t el 21.5% con respecto al máximo histórico (1981).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelo Lineal de Schaefer y Modelo Exponencial de Fox.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

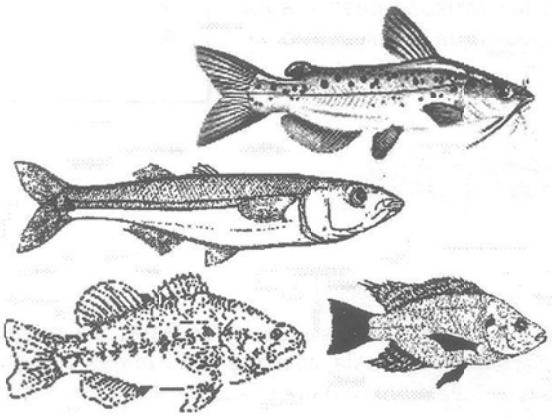
MEDIDAS DE MANEJO

- Se propone establecer tallas mínimas de captura en función de la talla de primera madurez y la de redutamiento a la pesquería; se propone establecer vedas en función del máximo pico de reproducción, del comportamiento reproductivo de las especies y de las temporadas de pesca.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir la reproducción de las especies para recuperar niveles de las poblaciones.

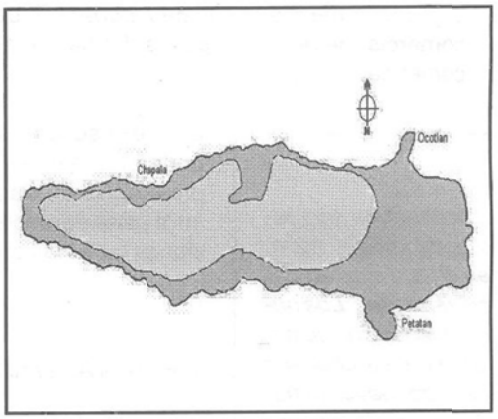
LAGO DE CHAPALA



Ictalurus dugesi
I. ochoterenai
I. punctatus
Chirostoma arge
C. jordani
C. labarcae
C. chapalae
C. consocium
C. lucius
C. sphyraena
C. promelas
Oreochromis aureus
Cyprinus carpio
Carassius auratus

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA



El lago de Chapala es uno de los principales cuerpos de agua en el territorio nacional, la cuenca en donde se asienta presenta múltiples usos, lo cual permite desarrollar un amplio espectro de actividades económicas con una derrama económica importante a escala nacional. La agricultura y la pesca se manifestaron como las primeras actividades que propiciaron los asentamientos humanos en ésta región. En particular, la actividad pesquera se ha desarrollado de manera acelerada, por lo que actualmente los recursos pesqueros se encuentran en niveles de sobreexplotación, e incluso algunos presentan síntomas de colapso o extinción dentro del embalse. La producción anual del lago en 1998 representó el 23% de la producción estatal, respecto a la captura de organismos de agua dulce (SEMARNAP, 1999).

El lago presenta una dirección este-oeste, se localiza en los límites de los estados de Jalisco y Michoacán entre los 20°07' y los 20°21' Latitud Norte y entre los 102° 41' y los 103° 25' Longitud Oeste. En la parte oriental recibe aguas de los ríos Lerma y Duero, en la parte sur de los ríos Jiquilpan, Sahuayo y de la Pasión y al norte del río Zula, también tiene en la parte noreste el río Santiago como su principal afluente. Presenta una superficie de 1,100 km^2, es decir 110,000 Ha, con una longitud máxima de 77.8 km., un ancho máximo de 22.5 km., a una altitud de 1,523 m.s.n.m. (Matsui, 1937). La profundidad varía de 8 m.

El lago aloja a una gran diversidad de especies acuáticas, los primeros estudios que se realizaron en el Lago de Chapala se enfocaron a realizar colectas de peces con fines taxonómicos, las listas de la fauna

registran entre 42 y 37 especies agrupadas en 10 familias (Cuesta Terrón, 1925; De Buen, 1946; Alvarez y Cortez, 1962; Chávez, 1973). Morelos y Guzmán (1995) reportan una lista taxonómica en donde agrupa 37 especies en 9 familias que habitan el lago, de las cuales 16 son de importancia comercial.

El lago aloja a una gran diversidad de especies acuáticas, lo que ha obligado a los usuarios, en el tiempo a crear, adoptar, implementar e innovar diversos artes y métodos de pesca.

La alta diversidad de especies ha obligado a los usuarios en el tiempo a crear, adoptar, implementar e innovar diversos artes y métodos de pesca. Esta diversificación clasifica a la pesquería del lago de Chapala como multiespecífica, con interferencias tecnológicas y biológicas que dificulta la evaluación pesquera y la estimación de parámetros biológicos para cada especie, que permitan establecer un manejo de la pesquería.

BIOLOGÍA

▼ Familia Ictaluridae

En el lago se encuentran dos especies nativas y una introducida, las dos especies de bagre de Chapala son endémicas de México, *I. ochoterenai* es exclusiva del lago de Chapala, mientras que *I. dugesi* se ha reportado en una zona más extensa de Jalisco. Son peces de talla media a grande, sus hábitos alimenticios son similares en las tres especies, son peces omnívoros bentófagos de hábitos nocturnos.

El bagre de duges *Ictalurus dugesi* alcanza una longitud total observada 1.250m., es la especie más abundante, aunque en épocas actuales ha disminuido en las capturas. El bagre de ochoterna *Ictalurus ochoterenai* presenta una longitud máxima observada 0.55m., se comercializa muy poco dada su pobre abundancia, la captura se mezcla con la de *I. dugesi*. El bagre de canal *Ictalurus punctatus* representa un gran potencial comercial dentro de la pesca del bagre, pero es muy baja su abundancia y proporción en las capturas comerciales.

Los charales son peces de media agua, en el lago existen cinco especies. Los peces blanco son semejantes a los charales pero de mayor tamaño, se registran tres especies.

Las tres especies de bagre presentan un comportamiento similar, son organismos preferentemente de fondo. Se le encuentra en todo el lago y a lo largo del año, de preferencia en las zonas donde el litoral es rocoso o con formaciones de tepetate, en la parte noroeste y sur del lago. Durante la época de reproducción realiza migraciones hacia las zonas rocosas, donde busca cuevas para hacer sus nidos.

▼ Familia Atherinidae

Presentan un cuerpo translucido y como característica típica de la familia presentan una banda lateral plateada brillante que se origina en las aletas pectorales y llega hasta la base de la caudal. Se encuentran cinco especies, el charal *Chirostoma arge* presenta una longitud de 6.5 cm, *C. labarcae* alcanza los 8.5 cm, *C. jordani* registra una longitud de 9.1 cm, *C. chapalae* tiene una longitud de 8.7 cm, y *C. consocium* alcanza una longitud de 12.5 cm, esta especie es la más abundante en el lago de Chapala, ocupa con frecuencia el primer o segundo lugar en la captura comercial del lago.

Son peces preferentemente de media agua. Se distribuyen en todo el lago, durante todo el año. En la época de reproducción migran hacia las zonas de desove, donde encuentran los substratos necesarios para realizarlo, como piedras y raíces de plantas. Estas migraciones son muy notorias en las islas (Mezcala y Alacranes) y las zonas de playas rocosas. Este comportamiento ha motivado la formación y operación de los "ranchos charaleros".

Los peces blancos son semejantes a los charales pero de mayor tamaño, se tienen registradas tres especies, el pescado blanco "ojón" *C. lucius* alcanza una longitud máxima observada de 30 cm, el pescado blanco "dienton" *C. sphyraena* tiene un cuerpo alargado y delgado, alcanza una longitud máxima de 20.3 cm y el pescado blanco "pico negro" *C. promelas* que se caracteriza por presentar en el hocico una pigmentación negra alcanza una longitud máxima de 16 cm.

Las tres especies de pescado blanco son endémicas. Se capturan con redes agalleras; presentan migraciones reproductivas y alimenticias.

Las tres especies de pez blanco reportadas en el lago son exclusivas, aun cuando *C. lucius* tiene un reporte para Pátzcuaro (Toledo, 1988). Las especies de pescado blanco al igual que las de charal son endémicas del centro de México. Son un grupo de media agua, se captura con redes agalleras y su comportamiento es muy parecido al del charal. Presentan migraciones reproductivas y alimenticias, forman cardúmenes, que siguen al de los charales.

▼ Familia Cichlidae

La tilapia *Oreochromis aureus* presenta un cuerpo alto y comprimido lateralmente, se ha registrado una longitud máxima observada de 37 cm. Ocupa los primeros lugares en la captura comercial, compitiendo con el charal. Se le encuentra a lo largo de la columna de agua; se le captura en toda la altura de las redes agalleras. Desova en los fondos arenosos de playa (Guzmán y Galaviz, 1988). En invierno disminuye considerablemente su captura.

En el lago se han introducido a la tilapia, carpa común, carpa Istael, carpa barrigona y carpa dorada, con la finalidad de incrementar las capturas y ofrecer mayor diversidad de especies.

▼ Familia Cyprinidae

El grupo de carpas, al igual que la tilapia, fueron introducidas para incrementar las capturas y ofrecer mayor diversidad de especies, se registran dos especies, *Cyprinus carpio* y *Carassius auratus.* La carpa incluye tres subespecies: carpa común *C. c. communis* que alcanza una longitud máxima de 1.2 m, es ampliamente aceptada en la región, representa el tercer lugar en orden de importancia dentro de las capturas comerciales; junto con la carpa Israel o espejo *C. c. specularis,* son las dominantes, actualmente la carpa barrigona *C. c. rubrofuscus* no se registra en las capturas por su baja abundancia. La carpa dorada *Caracius auratus* alcanza una longitud máxima de 25.4 cm, es una especie que por su poca abundancia e importancia comercial en el lago se aprovecha especialmente para el consumo del huevo, en zonas como Chapala y Ocotlán. En ocasiones se consume seca o frita.

Las carpas se encuentran distribuidas ampliamente en el lago de Chapala, son de hábitos demersales, y siempre cerca del fondo, y solo en ocasiones a media agua; prefiere los ambientes someros, de aguas tranquilas y fondo limoso.

Captura y esfuerzo

La actividad pesquera en el lago de Chapala ha sido una de las más importantes para el sector en el estado de Jalisco, la producción ha representado en algunos años hasta el 50% de las capturas de agua dulce en esa entidad.

El esfuerzo ejercido en número de pescadores por tipo de organización se resume en la *tabla 1* (SEMARNAP, 1997).

Tabla 1. Número de Organizaciones Pesqueras en el lago de Chapala (SEMARNAP, 1998)

Organizaciones	Número de organizaciones	Número de socios
Uniones de Pescadores	60	1,663
Cooperativas	8	378
Total	68	2,041

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

La actividad pesquera se practica en todo el lago y durante todo el año; es decir, que el esfuerzo pesquero se distribuye ampliamente en todo el lago. Debido a que el recurso se comparte por dos entidades, convencionalmente los pescadores de cada estado captura en la porción que les corresponde; aunque actualmente, el área inundada de la parte de Michoacán se ha perdido completamente, los pescadores operan en las zonas de Jalisco.

La pesca se practica todo el año, distribuyendo el esfuerzo pesquero en todo el lago. El recurso ha sido compartido por Jalisco y Michoacán.

La pesca en Chapala es totalmente artesanal, los pescadores utilizan embarcaciones de fibra de vidrio con motor fuera de borda, la capacidad de las lanchas y el motor es muy variable, se encuentran desde embarcaciones de madera de 5 a 8 metros de eslora impulsadas por remo, hasta embarcaciones de fibra de vidrio de 7 a 10 m de eslora con motores de 25 a 45 CF.

Debido a la alta diversidad de especies comerciales, se han adoptado una gran variedad de artes y métodos de pesca. En la actualidad se operan los siguientes artes:

Red Agallera.
La red agallera o tumbo se caracteriza por ser un arte altamente selectivo, en el lago se encuentran redes que miden entre 60 a 150 m de largo por 1.5 a 2 m de alto, para operar están se tienden en el agua y se fijan de forma que esta se extendida lo suficiente para que logren atravesar los organismos y se enmallen los peces en ella, la luz de malla varía dependiendo la especies que se capturen, y se utilizan desde las 2" hasta las 7", el 63% son de 3.5 a 7". Este arte de pesca se encuentra distribuido en casi toda el lago.

Línea de anzuelos.
Las líneas de anzuelos o rosarios tienen una longitud variable así como en el numero de anzuelos, llegan a medir hasta 500 m de largo y contener de 200 a 1,000 anzuelos. Los cuales son colocados en forma individual con una pequeña cuerda guía a la línea madre, son cebadas con sangre de res cocida, tortilla o masa, de acuerdo a la especie que se capture. La selectividad depende del numero de anzuelo que se utilice. El anzuelo es muy poco frecuente, se utiliza principalmente en las zonas más profundas del lago.

La pesca es totalmente artesanal y debido a la diversidad de especies comerciales se han adoptado una gran variedad de artes y métodos de pesca.

Nasas para charal.
Las nasas son trampas de materiales variables, son más frecuentes las que se utilizan para capturar charales aunque también existen para la captura de carpas y bagres. Las nasas charaleras se colocan en hilera colgándolas verticalmente en un soporte, estas nasas tienen de tres a siete entradas dependiendo del tamaño para permitir el acceso de los charales, en algunos lados se construye de varilla y malla galvanizada de 1.0 cm de ancho, en otros lugares se utilizan materiales más frágiles y tela de mosquitero. Este tipo de artes de pesca es

altamente selectivo, además permite un manejo adecuado de las tallas causando bajas proporciones de mortalidad.

En el lago se utilizan siete artes y métodos de pesca, entre estos, la red mangueadora, principalmente se utiliza en la zona noreste del lago.

Red mangueadora.
Es un arte de pesca que se utiliza en profundidades medias de 4.0 a 7.0 m; fondeándose como si fuese una red agallera, quedando hasta cierto punto en tensión. La red se coloca en un extremo de la embarcación y se inicia la maniobra de revisión pasando la red por encima del bote para posteriormente irse tirando para juntar los peces en la parte central de la red. La red mangueadora se utiliza principalmente en la zona noreste del lago, aunque también se utiliza en algunas partes de la zona sur, estas redes miden entre 90 a 140 m de longitud por 5.0 a 6.0 m de caída, la abertura de malla cambia con respecto a la red, en los extremos es de 1.5 cm y en el centro es de 0.5 cm.

Atarrayas.
Es una red circular manual e individual, proyectable a mano, que captura los peces embolsándolos gracias a una serie de plomos que tiene en su circunferencia y a un cabo en el centro que conserva el pescador en su mano. Al abrir su diámetro es el doble de su altura. Este arte de pesca es la mayor de las veces construido a mano con material de nylon multifilamento de color blanco cuyo hilo es de calibre tres a nueve. La luz de malla varía según la especie a capturar ya sea charal, tilapia o mojarra; de modo que va desde 1.0 a 8.0 cm de luz de malla. Este arte opera principalmente en donde se localizan los ranchos charaleros.

Avío charalero.
Es una red de arrastre que mide entre 200 y 350 m de longitud, con una altura de 2.0 a 3.0 m y una abertura de malla de 0.5 cm. Se opera entre cuatro y seis personas, el arte se utiliza para la captura de charal en la zona noroeste, en los poblados de Ajijic y Jamay.

La captura estimada por cada tipo de arte se muestra en la *figura 1* donde se observa que las redes agalleras son capturan el 25% de la producción, las nasas charaleras tienen el segundo lugar en captura con un 21% de la producción y las redes mangueadoras presentaron una captura del 17%.

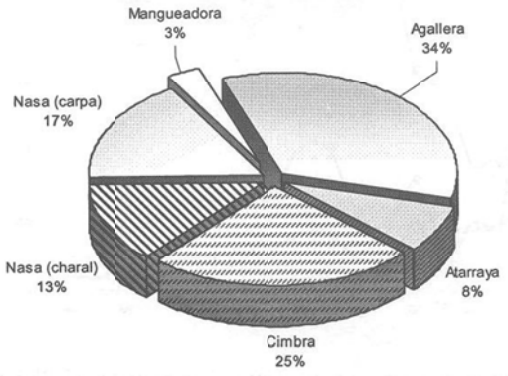


Fig. 1. Porcentaje de la captura total por arte de pesca para el Lago de Chapala.

▼ *Tendencias históricas*

Los registros de captura datan desde 1938, año en el que se obtuvieron aproximadamente 690 t anuales, para 1981 se registró la mayor producción que fue de 17,702.5 t la cual ha disminuido, capturando 6,800 t anuales en 1995. En 1998 se registró 3,800 t aproximadamente (Fig. 2); En este año se tuvo una producción de 678 t de tilapia, en tanto que el charal registro una producción de 243.2 t, la carpa es la especie que presenta la mayor producción con 1,137 t. La captura de 1998 indica que el 55.1% esta compuesta por carpa, el 32.9% por tilapia y el 11.80% por charal.

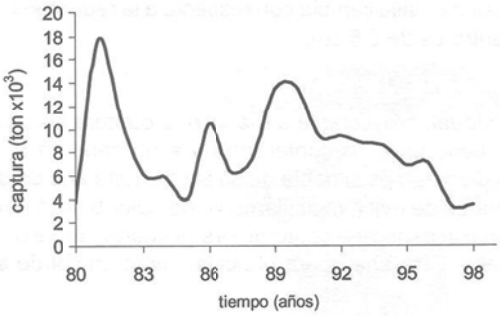


Fig. 2. Captura anual del lago de Chapala.

El análisis de la captura por unidad de esfuerzo indica que existen síntomas de sobreexplotación debido principalmente al excesivo esfuerzo aplicado (Fig. 3).

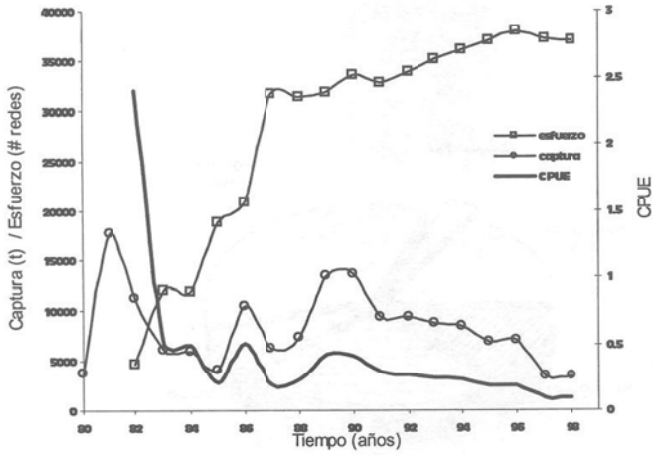


Fig. 3. Captura, esfuerzo y Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de la pesquería del lago de Chapala.

La explotación pesquera se basa en 16 especies: 10 especies nativas y seis introducidas (Tabla 2) (SEPESCA,1987).

Tabla 2. Especies de la captura comercial.

Especies		Origen
Nombre común	Nombre científico	
Pescado blanco	*Chirostoma promelas* *C. sphyraena* *C. lucius*	Nativa
Charal	*C. consocium* *C. jordani* *C. arge* *C. chapalae* *C. labarcae*	Nativa
Bagre de duges	*Ictalurus dugesi*	Nativa
Bagre de ochoterena	*I. ochoterenai*	Nativa
Bagre de canal	*I. punctatus*	Introducida
Carpa común	*Cyprinus carpio comunnis*	Introducida
Carpa barrigona	*C. carpio rubrofuscus*	Introducida
Carpa dorada	*Carassius auratus*	Introducida
Carpa espejo	*Cyprinus carpio specularis*	Introducida
Tilapia áurea	*Oreochromis aureus*	Introducida

La composición de las capturas en el tiempo ha variado, regularmente domina la tilapia y el charal, debido a su abundancia en el embalse (Fig. 4). La carpa representa el 30% de la captura, y solo en algunos años llego a predominar en las capturas.

La captura de pescado blanco disminuyó a tal grado que la producción dejó de registrarse, efecto provocado principalmente por el elevado índice de esfuerzo aplicado, ya que cada pescador opera de 30 a 40 redes/viaje de pesca durante todo el año sin ninguna restricción, así como el alto grado de contaminación (Guzmán, 1995).

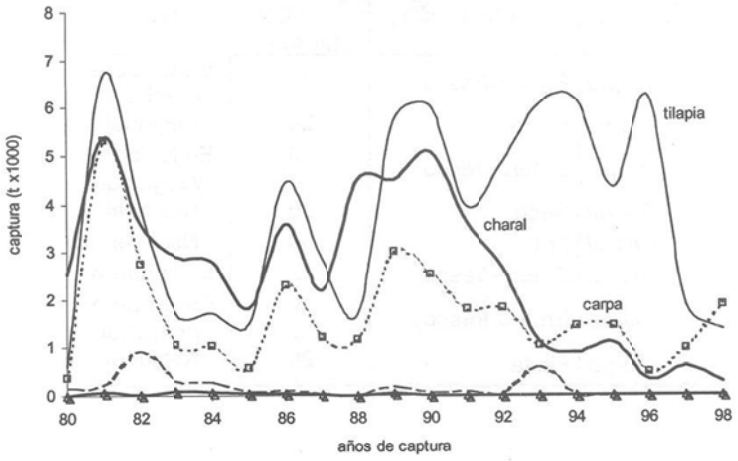


Fig. 4. Captura por especie del lago de Chapala.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura pesquera*

La comunidades pesqueras cuentan con una pequeña red de infraestructura en donde se registran nueve obras, entre centros comunitarios pesqueros, plantas procesadoras de charal, fabrica de hielo, y neveras modulares de cinco toneladas de capacidad. Son obras pequeñas para la recepción de productos pesqueros dentro de las comunidades. Estas obras se construyeron durante el período de 1981 a 1991, para el fomento del procesamiento, conservación y presentación de los productos pesqueros. Se estima que el 50% de estas obras están desaprovechadas o destruidas, en gran medida por el desinterés de los usuarios.

En el lago se cuenta con una sencilla infraestructura, que incluye centros comunitarios pesqueros, plantas procesadoras de charal, fabrica de hielo y neveras modulares.

En el lago de Chapala se cuenta con un puerto, situado en el municipio de Chapala, el cual esta en servicio para las lanchas turísticas. Las demás comunidades ribereñas fueron dotadas de muelles flotantes para facilitar el acceso de las lanchas.

▼ *Indicadores económicos*

Se ha estimado que el 40% de la producción es consumida en la ribera del lago, en el caso de la tilapia, carpa y bagre, el 60% restante se comercializa en los mercados de la ciudad de Guadalajara y los municipios aledaños. El caso del charal solo un 10% se consume fresco alrededor de la ribera, y el 90% se procesa como seco, seco-salado y frito empanizado. Estos productos son enviados a los estado de Nuevo León y Tijuana y a la Ciudad de México. El precio varía de acuerdo a la especie y a su presentación (Tabla 3), así como a la temporada debido a la oferta y demanda del producto.

Tabla 3. Precio del producto pesquero y sus presentaciones en el mercado.

Especie	Presentación	Valor del producto (pesos)	Mercado
Tilapia	Entero-fresco	8	En la ribera y regional
Tilapia	Filete	20	Regional
Bagre	Entero-fresco	30	En la ribera y regional
Charal	Seco	30	Nacional
Charal	Frito	60	Nacional
Charal	Entero-fresco	3	En la ribera
Carpa	Entero-fresco	8	En la ribera y regional
Carpa	Filete	20	Regional

El esfuerzo ejercido en número de pescadores y el total de artes utilizadas ha ido en constante crecimiento, en 1982 se registraron 4,600 redes operando en el lago, mientras que en 1998 se estimó que operan aproximadamente 37,000 artes de pesca. Este factor ha provocado que la tasa de captura vaya en disminución, pues ya se rebaso el rendimiento óptimo que se puede obtener de este lago.

En el lago se encuentran operando actualmente 2,041 pescadores aproximadamente entre las dos entidades, el 100% está organizado en diferentes figuras asociativas. El 88% cuenta con permisos de pesca comercial para la captura de escama de agua dulce.

Se han realizado diversas estimaciones por parte de las autoridades estatales sobre el numero de pescadores furtivos no organizados, conocidos como pescadores libres. Los cuales además de no cumplir con los requisitos para entrar a pescar de manera legal, introducen artes de pesca no autorizados, desalentando el trabajo de los productores y provocando malestar en las organizaciones pesqueras. De a cuerdo a la temporada de pesca entran al laço entre 300 y 600 pescadores libres.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Se cuenta con tres vedas oficiales para las especies nativas de mayor importancia del lago, el charal, pez blanco y bagre.

Para el pez blanco existe un período de veda que comienza el 1 de febrero, para finalizar el 31 de marzo. Para el charal la veda comienza el 1 de marzo y termina el 30 de abril y para el bagre existe una veda del 1 de mayo al 30 de agosto (D.O.F., 1994).

Por otro lado, en los permisos de pesca solo están autorizados como artes de pesca la atarraya, la red agallera con una abertura de malla de 3.5 como mínima, la línea de anzuelos, las nasas y la red mangueadora.

Para charal, pez blanco y bagre. especies nativas con importancia comercial, se cuenta con vedas. Los artes de pesca autorizados son: atarraya, aguallera de 3.5 pulgadas, linea de anzuelos, nasas y red mangueadora.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información técnica sobre dinámica poblacional y biología de las especies se encuentran descritas en la literatura

▼ *Modelo*

Para expresar el rendimiento global de la pesquería en función del esfuerzo aplicado se utilizó el modelo lineal de Schaefer (1954) y el modelo exponencial de Fox (1970).

Los dos modelos expresan el rendimiento en función del esfuerzo, ambos concuerdan con el supuesto que la CPUE declina a medida que aumenta el esfuerzo, solo difieren en que el modelo de Schaefer predice la extinción del recurso, mientras que el modelo de Fox es más cauto en su predicción.

Para la aplicación de los modelos en la pesquería del lago de Chapala se utilizó una serie de tiempo de 1980 a 1998, período en el cual se obtuvieron los mejores rendimientos.

Para calibrar el modelo se comprobó previamente el supuesto de equilibrio para esta pesquería, graficando el logaritmo de la CPUE contra el esfuerzo (Fig. 5); en este caso la unidad de esfuerzo considerada es un arte de pesca.

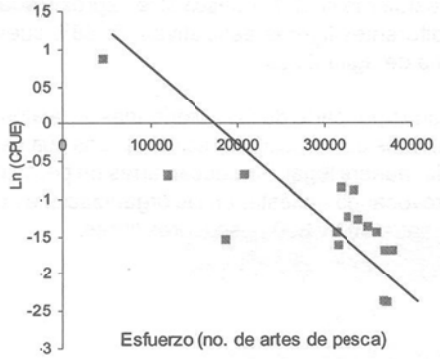


Fig. 5. Esfuerzo pesquero (artes de pesca) vs. Ln CPUE del lago de Chapala, México.

Los dos modelos suponen una situación de equilibrio entre la producción de biomasa y la tasa de remoción por pesca (Sparre y Venema, 1992).

Por otro lado, se supone una condición de proporcionalidad entre la mortalidad por pesca y el esfuerzo, es decir que la capturabilidad (q) debe ser constante en el tiempo, más aun cuando se utilizan series datos amplias (Gulland, 1983).

El problema se complica cuando el esfuerzo no se encuentra desagregado y se trata de una pesquería multiespecífica como la del lago de Chapala.

La aplicación de estos modelos para obtener una aproximación combina diversas interacciones complejas que el modelo no alcanza a explicar. Por lo que la interpretación de los modelos de producción a este tipo de pesquerías no es tan directa. No obstante estos modelos pueden extenderse de tal manera que las diversas interacciones (como las biológicas, tecnológicas y económicas) se tomen en cuenta en los modelos (Sparre y Venema, 1992).

La pesquería del lago de Chapala esta en deterioro, se ha rebasado el rendimiento máximo, además de problemas relacionados con la contaminación y reducción del espejo de agua.

▼ *Estado Actual de la pesquería del Lago de Chapala*

Como se menciono anteriormente, la pesquería del lago de Chapala se encuentra en un franco deterioro. Causado por los problemas que acompañan a la sobreexplotación del recurso, aunque también se consideran factores limitantes del desarrollo pesquero la contaminación excesiva y la reducción del espejo de agua.

Los modelos de producción excedente utilizados muestran claramente que se ha rebasado el rendimiento máximo que se puede obtener de este embalse, cabe mencionar que los resultados se deben tomar de manera preliminar, ya que los modelos utilizados no cumplen con algunos supuestos (Fig. 6).

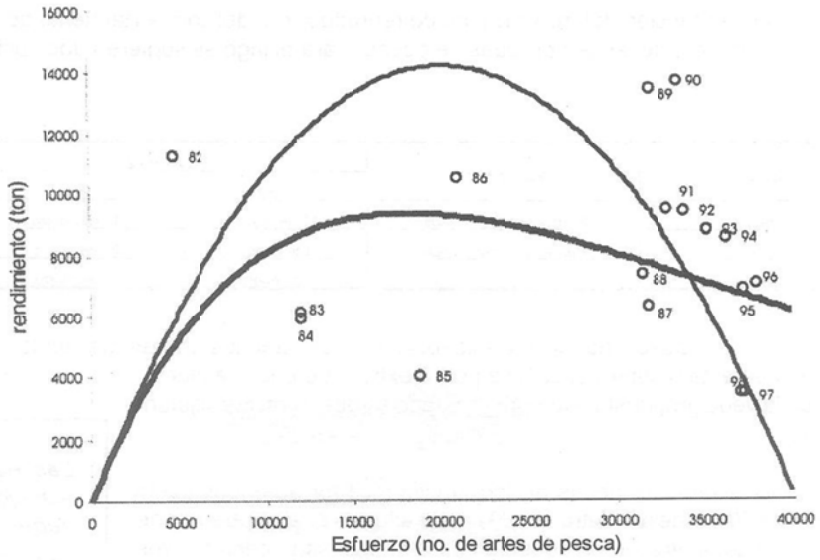


Fig. 6. Rendimiento Máximo Sostenible calculado por medio de los modelos de producción excedente (Schaefer, 1954; Fox, 1970) para la pesquería del lago de Chapala.

El modelo de Schaefer indica que el RMS (14,245 t) se obtuvieron con un esfuerzo óptimo E_{opt}= 20,007 artes de pesca (r^2= 0.5040). Mientras que el modelo de Fox calculó un RMS= 9,343 t con un esfuerzo óptimo de E_{opt}= 18,010 artes de pesca (r^2=0.6146).

Los resultados de cada modelo son próximos, las estimaciones de cada uno no explica en gran medida la variación, si se toma en cuenta los coeficientes de regresión de cada modelo. Esto es razonable debido a que se esta incluyendo a la captura de todas las especies y a todos los artes de pesca utilizados en el lago, esta variación se podría reducir si se discriminara por especie y por arte de pesca, pero los datos no lo permiten.

PERSPECTIVAS

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Se establecen tallas mínimas de captura en función de la talla de primera madurez y de la talla de reclutamiento a la pesquería.

Especie	Talla mínima (cm) LP
Charal	7
Bagre	30
Tilapia	19
Carpa	19

Se establecen vedas en función del máximo pico de reproducción, del comportamiento del recurso en sus hábitos reproductivos y de las temporadas de pesca. Para el lago se sugieren dos opciones para el bagre y pez blanco.

Especie	Escenario 1	Escenario 2	
		Inicio	Fin
Bagre	Permanente por 2 años	15 de mayo	15 de agosto
Pez blanco	Permanente por 2 años	1de enero	31 de marzo
Charal		1 de enero	31 de marzo

En la veda de charal se puede hacer una excepción en los ranchos charaleros, en los que existe el cuidado y manejo de este recurso, el cual se podrá extraer de enero a marzo, que coincide con la veda propuesta, siempre y cuando se observen las siguientes condiciones:

Las estrategias de manejo para el lago deben incluir: tallas mínimas de captura, implementación de vedas, reglamentación del uso de artes de pesca, y el repoblamiento de las especies nativas.

a) Se utilicen exclusivamente nasas de forma cilíndrica forradas con malla galvanizada de 50 cm de diámetro por 60 cm de alto, las cuales además de ser un arte de pesca ofrecen un substrato para el depósito de los huevos de charal.

b) Para asegurar la viabilidad de los huevos y su eclosión será necesario contar con corrales de red multifilamento, con una abertura de malla de 1.5 cm, con el fin de que estén protegidos contra predación y desecación. De manera que las nasas que están llenas de huevo se depositen dentro de los corrales durante ocho días, que es el tiempo promedio de eclosión de los huevos. Evitando en este lapso de tiempo sacudir, cepillar u otra acción que provoque el desprendimiento de los mismos. Después de la eclosión (8 días) se podrán extraer las nasas del corral para volverse a utilizar.

c) En el caso del uso de atarraya se podrán utilizar exclusivamente en los ranchos charaleros siempre y cuando se respete la abertura de malla de 2.5 cm.

Artes de pesca. El arte de pesca se elige de acuerdo a la selectividad, operación y afectación en los recursos pesqueros. Por lo cual se recomienda que se autoricen los siguientes artes de pesca:

Arte de pesca	Características específicas	Recurso
Red agallera	Abertura de malla 3½ pulgadas o mayor, con una longitud máxima de 40 m y una caída de 1 a 2 m.	Tilapia y carpa
Red mangueadora	Abertura de malla en las alas 2.5 centímetros, y en el batidero de la red de 1.5 centímetros, longitud máxima de 100 m por 4 m de altura, sin copo.	Charal
Anzuelo	Línea de mano hasta de 200 m con 100 anzuelos.	Bagre
Nasa para charal	Forradas red multifilamento con abertura de malla de 1.5 centímetros.	Charal
Nasa o trampa para carpa y bagre	Para la construcción del cuerpo de la nasa se puede utilizar cualquier material, siempre y cuando se descarten los organismos que no alcancen la talla mínima.	Carpa y bagre

Es conveniente promover el mayor uso de las nasas o trampas y de las líneas de anzuelo para carpa y bagre, debido a su potencial para seleccionar la talla del organismo permitiendo descartar a los que no alcanzan la talla mínima.

Se debe evitar la autorización de cualquier tipo de arte que su operación sea de arrastre de acuerdo al artículo de la Ley de Pesca, así como cualquier tipo de redes de cuchara.

Límite de esfuerzo pesquero. Se establece en función de la tasa de captura y del rendimiento máximo sostenible del ecosistema. En este caso se determinó que la pesquería del lago soporta hasta 18,000 artes de pesca. Su distribución se puede establecer de la siguiente manera:

Arte de pesca	%
Redes agalleras	80
Redes mangueadoras	1
Anzuelos	5
Nasas charaleras	9
Nasas o trampas para carpa o bagre	5

Este porcentaje está en función a la proporción de artes de pesca en existencia (1998) ya que los usuarios tienen diferentes preferencias en el tiempo, específicamente en lo que se refiere a la asignación diferencial del esfuerzo, y diferentes especies objetivo.

Repoblamiento. Esta actividad, en donde el estado es el que se debe encargar de su implementación y promoción ante el sector, es indispensable para tratar de restablecer las poblaciones pesqueras que están en peligro de colapso, o extinción, en este caso el lago requiere de una repoblación de las especies de pez blanco (*C. promelas, C. sphyraena y C. lucius*), y de bagres (*I. dugesi* e *I. ochoterenai*), todas ellas especies nativas que presentan índices de abundancia y biomasa muy bajos, en donde la biomasa reproductora está a menos del 10% de su biomasa total.

En el caso del charal el repoblamiento se esta considerando en las actividades de los ranchos charaleros de manera empírica, ya que no se realizan estimaciones de reclutamiento y de repoblación. Si se siguen las recomendaciones propuestas se estima que se podrá mantener una cantidad considerable de biomasa para la siguiente temporada de pesca. Ya que con estas medidas se puede incrementar la sobrevivencia de las larvas.

Por otro lado, también podría ser productivo mantener más tiempo (más de 3 meses) en cautiverio a estos organismos, con el fin de realizar una actividad acuícola semintensiva.

REFERENCIAS

Álvarez del Villar, J. & M. T. Cortez. 1962. Ictiología Michoacana I. Claves y catálogos de las especies conocidas. An. Esc. Cien. Biol. 11 (1-4) 85-142.

De Buen, F. 1946. Investigaciones sobre ictiología mexicana III. La ictiofauna del lago de Chapala. Con la descripción de una nueva especie (*Austro ochoteranai*). An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. 17(1-2):87-138.

Cuesta-Terron, C. 1925. La fauna ictiológica y malacológica comestible del lago de Chapala, Jal. y su pesca. Rev. Soc. Hist. Nat. 34:125-146.

Chávez, E. A. 1973. Datos hidrológicos del lago de Chapala, Jal. Rev. Soc. Hist. Nat. 34:125-146.

Espinosa Pérez, H., M.T. Gaspar Dillanes y P. Fuentes Mata. 1993. Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. Instituto de Biología, U.N.A.M. México. 99 p.

Fox, W.W. 1970. An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. Tran. Am. Fish. Soc. 99:80-88.

Gulland, J.A. 1983. Fish stock assessment. A manual of basic methods. J. Wiley & Sons. New York.

Guzmán Arroyo, M. 1995. La pesca en el lago de Chapala: hacia su ordenamiento y explotación racional. (comp.). Universidad de Guadalajara. Comisión Nacional del Agua. México.

Guzmán Arroyo, M. & S. Galaviz. 1988. Patrones de anidación de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en el lago de Chapala. Informe del Instituto de Limnología, Univ. de G. (inédito).

Matsui, Y. 1937. Informe de la exploración realizada en el lago de Chapala. Bol. Dpto. Forestal, Caza y Pesca. México (2):151-164.

Morelos M., G. & M. Guzmán Arroyo. 1995. Ictiofauna del lago. *En:* Guzmán Arroyo, M. (comp.). La pesca en el lago de Chapala: hacia su Ordenamiento y explotación racional. Univ. de Guad. Com. Nal. Agua. México.

Schaefer, M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Bull. Inter-Amer. Trop. Tunna Comm. 1:27-56.

SEMARNAP. 1997. Anuario estadístico de pesca 1996. México.

SEMARNAP. 1998. Anuario Estadístico de Pesca 1997. México.

SEMARNAP. 1999. Anuario Estadístico de Pesca 1998. México.

SEPESCA. 1987. Esquema de regulación propuesto para la administración de las pesquerías locales de especies de escama en el norte del país. Comisión Nal. Cónsul. Pesca. México (inédito).

SEPESCA. 1990. Lago de Chapala. Determinación del potencial acuícola de los embalses epicontinentales mayores a 10,000 Ha y nivel de aprovechamiento. Biotecs/Secretaria de Pesca (inédito).

Sparre, P. & S. C. Venema. 1991. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual. FAO. Doc. Tec. Pesca, 306(1):1-495.

Toledo M. P. 1988. Foragin by largemouth bass (*Micropterus salmoides*) on atherinids (*Chirostoma* spp.) in lake Patzcuaro, Michoacán, México. M. Sci. Thesis. School of Natural Resources, Fisheries. University of Michigan. Ann Arbor Michigan.

mojarra nativa
mojarra nativa
lobina
tilapia
bagre
tilapia
carpa
lobina
bagre
tilapia
bagre
tilapia
carpa
bagre
Mojarra nativa
lobina

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE AGUAMILPA

ESPECIES: tilapia (*Orecchromis mossambicus*, *O. aureus*). Además en la Presa habitan mojarra nativa (*Cichlasoma beani*), lobina (*Micropterus salmoides*), bagre (*Ictalurus punctatus*), y carpa (*Cyprinus carpio*).

- Es una pesquería reciente, por lo cual las diferentes especies localizadas en la presa aún no figuran en los registros pesqueros. La especie dominante en las capturas es la tilapia.
- La producción de tilapia representa alrededor del 90% en la presa. La estructura de la población en un 94% esta constituida por organismos menores de año y medio de edad, con tallas menores a 260 mm.
- En Aguamilpa existen 3,946 redes agalleras, 922 pescadores y 571 embarcaciones.
- El rendimiento de la presa es de 53.3 kg/Ha/año.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1998: 329 t: 35.4% con respecto al máximo histórico (1994).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelos estructurado por edades..

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- La tilapia esta en los límites de explotación optima. La lobina, carpa y bagre estan en desarrollo.

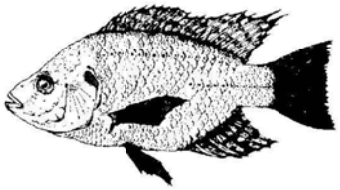
MEDIDAS DE MANEJO

- Mantener el esfuerzo de pesca, no aumentando el numero de redes ni de pescadores.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Permitir que el ingreso de los pescadores sea equitativo, además de evitar la disminución de la producción.

PRESA AGUAMILPA, NAYARIT



Oreochromis aureus
O. mossambicus
Cichlasoma beani
Micropterus salmoides
Ictalurus punctatus
Cyprinus carpio

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

En la parte central del estado de Nayarit se encuentra la presa de Aguamilpa. Éste es el embalse más grande del estado con una superficie total de 11,000 ha. La presa fue construida en 1993 con la finalidad de generar energía eléctrica, así como aprovechar el río Santiago para riego y para prevenir inundaciones (CFE, 1989).

La presa Aguamilpa se localiza, en los municipios del Nayar, la Yesca, Santa María el Oro y Tepic; recibe el agua principalmente de los ríos Santiago y Huaynamota, es de forma alargada siguiendo el cauce del Río Santiago. La presa está situada entre los meridianos 104° 25' y 104° 46' O y los paralelos 21° 23' y 21° 53' N (CFE, 1989; 1991).

La actividad pesquera como en la mayoría de los embalses epicontinentales del país, se caracteriza por ser artesanal.

Por ser una pesquería reciente, las poblaciones de las diferentes especies de peces que se encuentran en la presa aún no figuran en los registros pesqueros, siendo la especie dominante en las capturas la tilapia *Oreochromis aureus*.

La presa de Aguamilpa, es el embalse más grande del estado de Nayarit y la especie pesquera predominante en las captura es la tilapia

La pesca en esta presa se ha desarrollado como una actividad económica y productora de alimentos importante para los pobladores de la región y del estado, ya que a partir de su construcción la producción estatal de especies de agua dulce se incrementó de 422 t en 1993 a 1,455 t en 1994.

El rendimiento de la presa es de 53.3 Kg/Ha/año, el cual se considera bajo, en comparación con otras presas como la del Infiernillo, que es de 450 Kg/Ha/año (Orbe *et al.*, 1999). Sin embargo, es posible que estos valores sean bajos debido a la falta de registros de la captura.

BIOLOGÍA

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en 1993 llevó a cabo siembras de tilapia (*Oreochromis aureus*), lobina (*Micropterus salmoides*), bagre (*Ictalurus punctatus*) y carpa (*Cyprinus carpio*) en la presa con el objeto de incrementar la actividad pesquera (Guzmán, 1995; Orbe-Mendoza *et al.*, 1998).

Familia Cichlidae

El recurso de tilapia se compone de tres especies principales: *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus* y la mojarra nativa, *Cichlasoma beani*. Las tilapias representan el recurso más importante; entre éstas destaca *O. aureus* con el 81% en la captura comercial. Orbe y Hernández (1999) determinaron que *O. aureus* presenta una fecundidad elevada con una época de reproducción amplia, los periodos reproductivos más importantes se encuentran en los meses de marzo a mayo.

Los organismos de tilapia se capturan entre los 16 y 35 cm de longitud patrón. Se calculó que la tilapia se recluta al arte de pesca a los 2.5 años. La tasa de explotación $E = 0.47$ y el rendimiento por recluta $Y/R = 280$ g/r indican que la pesquería se encuentra en niveles adecuados de explotación (Orbe-Mendoza *et al.*, 1998).

Familia Centrarchidae

La especie representante de esta familia es la lobina negra, *Micropterus salmoides*, la cual se captura incidentalmente, ya que su abundancia en la población es baja.

Orbe y Hernández (1999) describieron el período de reproducción de esta especie en el embalse, mencionando que la época de mayor intensidad reproductiva se lleva a cabo durante los meses de marzo a mayo. La captura de esta especie se realiza con mayor incidencia sobre tallas de 30 a 37 cm.

Familia Ictaluridae

La población de bagre, *Ictalurus punctatus* presenta muy poca abundancia en el embalse. Su captura es esporádica, de manera incidental en las redes agalleras (Guzmán, 1995; Orbe-Mendoza *et al.*, 1998), por lo que no se realizaron análisis poblacionales de esta especie.

Familia Cyprinidae

La carpa, *Cyprinus carpio*, representa el 2% de la captura total, se extrae entre los 29.5 y 34 cm de longitud patrón (Orbe-Mendoza *et al.*, 1998).

CAPTURA Y ESFUERZO

La pesca comercial se inició en 1994, originando otra fuente de ingresos y alimento a los pobladores de la región que se dedicaban principalmente a la agricultura.

En la presa Aguamilpa se encuentran registradas 44 uniones de pescadores y 10 permisionarios, que en total integran a 922 usuarios, de los que 851 (92%) son indígenas y 71 son pescadores no indígenas (8%).

Los pescadores indígenas cuentan únicamente con 2,346 redes, es decir, 2.75

La pesca en la presa es realizada por 44 uniones de pescadores y 10 permisionarios, con un total de 922 pescadores; de los cuales el 92% son indígenas

redes por pescador, mientras que los pescadores no indígenas tienen 1,600 redes que corresponden a 22.53 redes para cada uno.

El esfuerzo se encuentra distribuido prácticamente en todo el embalse. Cada unión de pescadores pertenece a una comunidad, la cual captura solo en su zona de pesca.

▼Operaciones, equipos y artes de pesca

En esta pesquería las embarcaciones que utilizan son canoas de madera de 3 m de eslora impulsadas por remos, y algunas uniones de pescadores utilizan embarcaciones de fibra de vidrio con motor fuera de borda. En total se tienen 571 embarcaciones registradas.

Debido a que la pesca no era una actividad tradicional de los lugareños, el armado de las redes es empírico, lo que regularmente provoca una baja eficiencia del equipo, y por lo tanto una baja captura.

En el embalse existen 3,946 redes agalleras, las cuales son construidas de nylon monofilamento con aberturas de malla de 4 a 4.5 pulgadas, siendo más frecuentes las de 4.5 pulgadas. La mayoría de las redes (86%) se encuentran armadas entre el 60 y 70% de encabalgado, de 15 a 100 m de longitud por 5 m de ancho. La captura promedio es de 0.16 t/red/año. Esto nos indica que la captura por unidad de esfuerzo es baja, y que las artes tienen un bajo poder de pesca.

A partir de la construcción de la presa, la producción pesquera estatal de especies de agua dulce (tilapia, lobina negra, carpa y bagre) se incrementó de 422 t en 1993 a 1,455 t en 1994

El tiempo que los pescadores se dedican a pescar es distinto: el 88% pesca 10 meses al año, el 8% 6 meses y el 4% restante 7 meses; la jornada de trabajo es en promedio de 6 días a la semana.

▼Tendencias históricas

Las capturas de especies de agua dulce en el estado de Nayarit se incrementaron en 1994 a partir de que comenzó a registrarse la producción pesquera de la presa de Aguamilpa. Las capturas en la presa, de acuerdo a los registros oficiales, se presentan en la *tabla 1*.

▼Interacción con otras pesquerías

Existe una pesquería deportiva, la cual no se ha incrementado. Sólo es representativa cuando se realizan actividades recreativas, regularmente los fines de semana y días festivos o cuando se efectúan torneos nacionales o internacionales (Guzmán 1995,

En la presa se realiza la pesca deportiva de la lobina negra, regularmente los fines de semana y días festivos o cuando se organizan torneos nacionales o internacionales

Tabla 1. Producción anual de la presa Aguamilpa.

Año	Captura (t)
1994	929.1
1995	663.4
1996	607.4
1997	327.1
1998	329.0

Fuente: Delegación Federal SEMARNAP Nayarit

Orbe-Mendoza *et al.* 1998), la interacción con la pesca comercial es mínima ya que existen acuerdos entre las dos flotas en donde la SEMARNAP interviene para que no existan conflictos.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Las poblaciones ribereñas de la presa Aguamilpa son 20, localizadas en los municipios del Nayar, Samao y Tepic. El número de habitantes estimados para 1996 fue de 5,087.

Los pescadores de 44 uniones indígenas se encuentran agrupados en la Unión Campesina de Ejidatarios Independientes (UCEI).

Los pescadores, en general son jefes de familia que tienen entre 5 y 8 dependientes económicos. Respecto a la educación, en general no existe analfabetismo, ya que el 100% sabe leer y escribir, el 54% cuenta con estudios hasta cuarto grado y el 45% terminó la escuela primaria.

La pesca es una actividad económica alterna, ya que los pobladores de la zona se dedican primordialmente a la agricultura en su terreno, que denominan "cuamil" y a otras actividades como la albañilería, o empleándose como jornaleros.

Los pescadores no indígenas tienen una mayor capacidad de pesca (número de redes por pescador) por lo que pueden obtener mayor volumen de captura. La distribución del recurso no es equitativa, por lo que es recomendable que el número de artes de pesca por pescador se homogenice, con el fin de evitar conflictos sociales, a largo plazo, así como una disminución de la producción pesquera por un exceso de esfuerzo (en número de redes).

▼*Infraestructura pesquera*

La pesquería no cuenta con infraestructura para el procesamiento pesquero, sólo se limita a la recolección por medio de los intermediarios, quienes distribuyen el producto a los mercados regionales.

Para la comercialización, que es fundamentalmente de tilapia, los compradores recogen el producto en cada campo pesquero diariamente y lo transportan en lanchas con motor fuera de borda hasta los centros de recepción, que se ubican en la cortina de la presa y Aguapan. Hasta 1998, la captura de lobina y el bagre no era representativa; el precio de estas especies es igual al de la tilapia (Orbe-Mendoza *et al.*, 1998).

Los compradores recogen el producto en cada campo pesquero diariamente. El precio que pagan

▼*Indicadores económicos*

El precio que le pagan a los pescadores por la tilapia es de 7 pesos por kilogramo; sin embargo, el ingreso es mayor para los no indígenas. Mensualmente obtienen en promedio $2,523.94 cada uno, mientras que los indígenas perciben $308.62 mensuales. El 90% de los pescadores recibe aproximadamente $3,086.25 y el 8% obtiene $25,239.43 por año (Orbe-Mendoza *et al.*, 1998).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El 9 de febrero del 2000, se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-026-PESC-99 en el Diario Oficial de la Federación El aviso de veda para proteger el recurso en época reproductiva se publicó el 25 de febrero de 2000; las medidas administrativas se resumen en la *tabla 2*.

La NOM-026-PESC-99 se publicó en el D.O.F. el 9 de febrero de 2000, en la cual se dan a conocer las medidas administrativas para el aprovechamiento optimo de los recursos pesqueros de la presa

Tabla 2. Medidas administrativas (NOM-026-PESC-99) para el aprovechamiento óptimo de los recursos pesqueros de la presa Aguamilpa, Nayarit.

Medida de administración	Especificaciones
Especies de captura comercial	Tilapia (*O. aureus)*, carpa (*C. carpio)*, bagre (*I. Punctatus)*.
Especies de pesca deportiva y cuotas de captura	Lobina (*M. salmoides)* reteniendo máximo 5 ejemplares con longitud total mínima de 55 cm, por medio del método captura-libera.
Horario de pesca	Desde las 0:00 horas del lunes hasta las 8:00 horas del sábado.
Tipo de arte de pesca	Red de enmalle de máximo 100 m de longitud y 2.5 de caída, luz de malla 4.5" con un encabalgado de 30 al 60%.
Límite de esfuerzo pesquero	Se autorizó un máximo de 5 redes por embarcación, con un límite de 3950 redes de enmalle en toda la presa.
Períodos de veda	Para todas las especies, del 1° de marzo al 31 de mayo.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

De la ictiofauna de la presa, la tilapia *Oreochromis aureus*, es el pez que ha alcanzado la mayor abundancia, por lo que la pesquería se basa principalmente en esta especie (*tabla 3*), para las otras especies no existe información disponible.

La tilapia es el pez que ha alcanzado mayor abundancia en la presa

Tabla 3. Parámetros biológicos de la tilapia de la presa Aguamilpa, Nayarit.

Parámetro poblacional	
Longitud máxima (cm)	42
Tasa de crecimiento ($año^{-1}$)	0.42
Edad de primera captura (años)	2.5
Edad de reclutamiento (años)	1.8
Fecundidad promedio (No. huevos)	10,907
Mortalidad natural (^{1}/año)	0.25
Peso asintótico (gr)	1,870
Parámetro de selectividad L_{50}% (cm)	25.1
Parámetro de selectividad L_{75}% (cm)	28.1
Reclutamiento promedio (No. org.)	2'500,000
Capturabilidad	0.00098
Tasa de explotación	0.47
Rendimiento por recluta (gr)	280

Fuente: Orbe-Mendoza *et al.,* (1998, 1999).

▼ *Modelo*

Planteamiento

Se construyó un modelo estructurado por edades utilizando los principios básicos de las tablas de vida, en donde la entrada y salida de individuos a cada cohorte de la población es dinámica. El número de organismos de cada edad se obtiene por la adición del número de individuos que sobreviven de la edad anterior, menos la tasa de mortalidad total de la cohorte, menos el número de organismos que sobreviven y se incorporan a la siguiente edad, lo cual se puede calcular por medio de la siguiente ecuación (Seijo *et al.*, 1997):

$$N_j(t+\Delta t)=N_j(t)+\Delta t\left[S_{j-1}N_{j-1}(t)-N\right] \quad \text{.....(1)}$$

donde

S_j es la sobrevivencia, de los organismos de la clase de edad j
N_j es el tamaño de la población a la edad j

La biomasa total resulta de la sumatoria de todas las clases de edad:

$$B(t)=\sum B_j(t+\Delta t) \quad \text{.....(2)}$$

Este modelo considera que los factores que afectan la producción de biomasa, como el crecimiento y mortalidad de la población, se encuentran distribuidos homogéneamente en el espacio y en el tiempo.

La captura (C_j) y la mortalidad por pesca (F_j) por clase de edad se definen por las siguientes ecuaciones (Beverton y Holt, 1957):

$$F_j(t) = \frac{C_j(t)}{B_j(t)} = q_j f(t) \quad \text{.....(3)}$$

$$C_j(t) = q_j B_j(t) f(t) \quad \text{.....(4)}$$

Supuestos y limitaciones del modelo

- El reclutamiento a la pesquería es constante e independiente del tamaño del stock. Se calculó el límite inferior y superior de fecundidad en función del número de huevos por edad y el efecto de los niveles de agua de la capacidad total del embalse, en términos de sobrevivencia de los organismos. El modelo genera números aleatorios dentro del límite de variación proporcionado.
- Todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser capturados.
- La tasa de explotación es constante.
- La mortalidad natural es invariante con la edad.

▼ *Estado actual de la pesquería de la presa Aguamilpa*

La simulación del modelo utilizado indica que la pesquería de tilapia se encuentra en los límites de explotación óptima. La salida del modelo en ausencia de explotación (F = 0) muestra que el embalse soporta un límite de biomasa de aproximadamente 7,000 t (fig. 2), debido a la capacidad de carga del embalse y a los límites de reclutamiento, lo cual indica que el recurso está limitado, al menos que existan programas permanentes de siembra que incrementen o mantengan los niveles de biomasa estables.

La pesquería de la tilapia se encuentra en los límites de explotación óptima

La aplicación simulada de esfuerzo en el tiempo sin restricción, muestra que la pesquería puede soportar hasta 10,000 artes de pesca, presentando retornos económicos con valores negativos (fig. 3), situación que se alcanzaría en 25 años.

Respecto a las poblaciones de lobina, carpa y bagre, se considera que son pesquerías que aún están en desarrollo Resulta necesario realizar monitoreos constantes de estas poblaciones para extraer la información necesaria para implementarla en los esquemas de manejo.

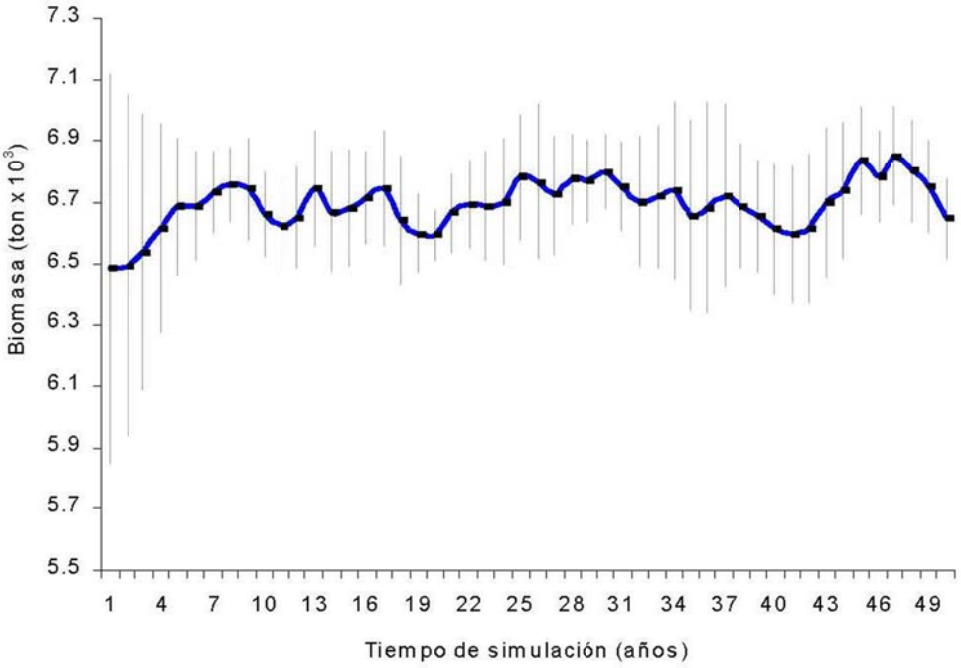


Fig. 2. Simulación de la biomasa (con intervalo de 95% de confianza) de la población de tilapia en la presa Aguamilpa, Nayarit.

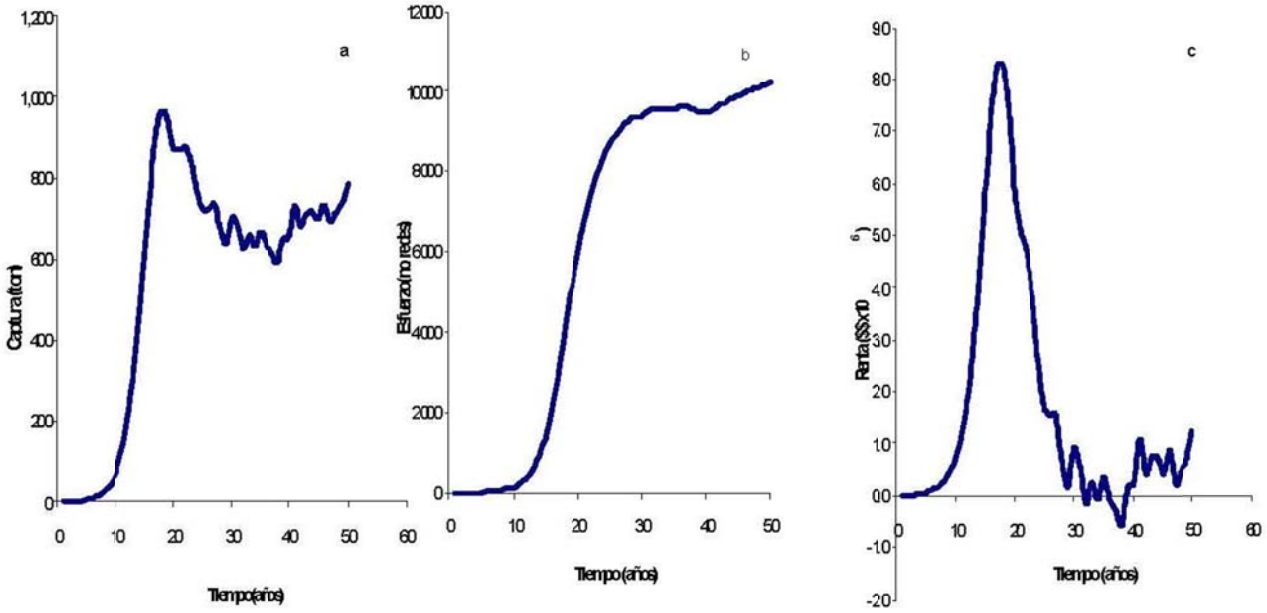


Fig. 3. Esfuerzo (a), captura (b) y renta (c) de la pesquería de la presa Aguamilpa, Nayarit.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La captura al rendimiento máximo sostenible (RMS) calculada para este embalse es de 990 t, con un esfuerzo de 2,130 artes de pesca Utilizando este valor como punto de referencia, y debido a que la pesquería es reciente, se realizaron 5 corridas de simulación limitando el esfuerzo a diferentes niveles (Lic1 = 1,500, Lic2 = 2,000, Lic3 = 4,000, Lic4 = 6,000 y Lic5 = 9,000 artes de pesca) los resultados se muestran en la *figura 4*.

Las variables de desempeño de la pesquería generadas por el modelo muestran que al aplicar un esfuerzo de 9,000 artes de pesca la biomasa disminuye drásticamente, manteniendo niveles de captura constantes en comparación con las otras intensidades de esfuerzo.

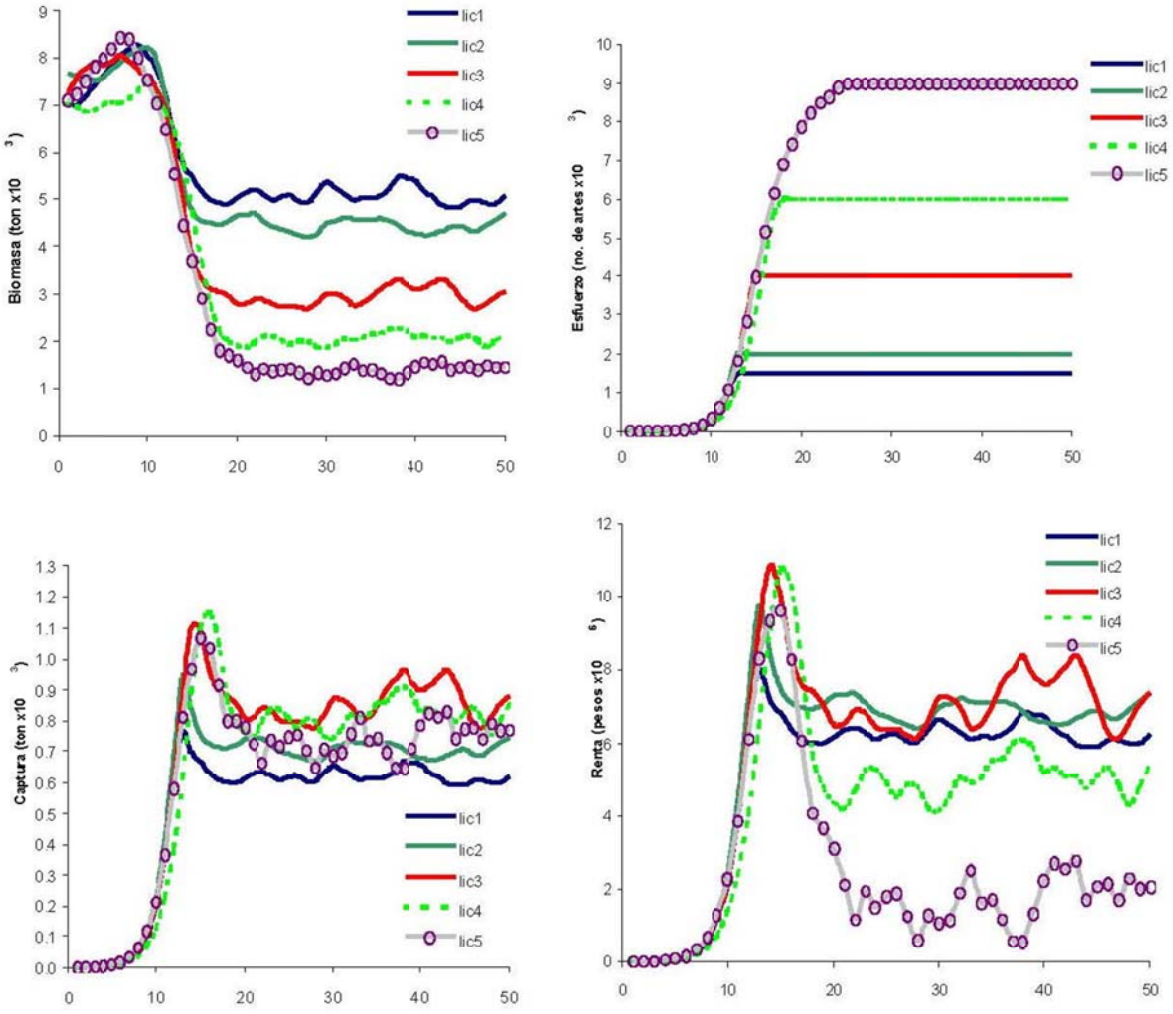


Fig. 4. Simulación con diferentes niveles de esfuerzo aplicado a la pesquería de la presa Aguamilpa, Nayarit.

Por otro lado, la rentabilidad también disminuye en proporción con las diferentes intensidades de esfuerzo, sin llegar a presentar pérdidas económicas; esto se debe principalmente a que los costos de operación son muy bajos.

Para elegir el nivel de esfuerzo óptimo que genere una ganancia permanente en el tiempo se elaboraron tablas de decisión de acuerdo a los criterios Minimax, Maximin y Maximax comparando el Valor Presente Neto (VPN) de la pesquería. Se tomaron en consideración 2 estados de la naturaleza respecto al nivel del reclutamiento.

En la *tabla 4* se presenta el desempeño de la pesquería estimando el VPN (en pesos mexicanos) Las tablas de decisión señalan que tomando una actitud cauta es más recomendable el emplear la estrategia 2, pero si se toma una actitud ampliamente optimista se puede elegir la estrategia 3.

Tabla 4. Criterios de decisión para elegir la estrategia de manejo de la pesquería de la presa Aguamilpa, Nayarit (VPN x10^6).

Criterio de decisión *Maximin*			
Estrategia	Estado de la naturaleza		*Minimum*
	Rec 1	*Rec 2*	
D1	254.7	106.7	106.7
D2	276.8	118.4	**118.4**
D3	280	93.3	93.3
D4	230.1	41.4	41.4
D5	130.9	12.4	12.4

Matriz de lamentos			
Estrategia	Estado de la naturaleza		*Máximo lamento*
	Rec 1	*Rec 2*	
D1	25.2	11.6	25.2
D2	3.1	0	**3.1**
D3	0	25	25
D4	49.8	77	77
D5	149	106	149

Criterio de decisión *Maximax*			
Estrategia	Estado de la naturaleza		*Minimum*
	Rec 1	*Rec 2*	
D1	254.7	106.7	254.7
D2	276.8	118.4	276.8
D3	280	93.3	**280**
D4	230.1	41.4	230.1
D5	130.9	12.4	130.9

Como se mencionó anteriormente la pesquería se encuentra en niveles óptimos de explotación por lo que se sugiere mantener el esfuerzo de pesca, es decir, no aumentar el número de redes y pescadores.

Con relación a las redes agalleras que se utilizan, se recomienda además de mantener el número que actualmente existe, que la longitud sea de 100 m, con boyas de señalamiento y se evite unir dos o más redes. La abertura de malla debe estandarizarse a 4.5", con un tiempo de operación de 16 horas.

Es necesario capacitar a los pescadores en métodos y artes de pesca, con el objeto de que sus capturas sean más eficientes y que utilicen además de las redes agalleras otros tipos de artes de pesca que sean selectivos.

En el caso de la captura de bagre y carpa se recomienda que se utilicen nasas, con los mismos tiempos de operación establecidos para la tilapia, ya que este tipo de arte de pesca permite seleccionar a los organismos, sin provocar la muerte de los individuos jóvenes.

Por otra parte, se propone regular el esfuerzo pesquero, el cual es conveniente que sea de 5 redes de enmalle por pescador. Esta medida permitirá que los ingresos de los pescadores sean más equitativos, además de que se evitarán problemas sociales posteriores, así como la disminución de la producción pesquera por un exceso de esfuerzo.

Para la captura de la población de lobina, es conveniente que se establezca una talla mínima de 32 cm de longitud patrón para su captura y respetar el periodo de veda de marzo a mayo.

Se requiere establecer un ordenamiento del espacio físico tomando en cuenta diferentes aspectos como: Que la pesca se realice a un kilómetro de distancia de la cortina de la presa (como lo estipula la Comisión Federal de Electricidad) y establecer rutas de navegación de las embarcaciones de transporte y turísticas para proteger las redes que se encuentren en operación.

Un factor positivo es el establecimiento de áreas de pesca por comunidad. Esto es importante para el ordenamiento de la pesca, ya que sería posible oficializar las áreas con derechos de usufructo, para lograr un mejor registro del esfuerzo pesquero, además de involucrar a los pescadores en el cuidado de sus recursos.

REFERENCIAS

Beverton, R.J.H & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest. London. Ser. II 19. 1-533.

CFE (Comisión Federal de Electricidad). 1989. Manifestación del impacto ambiental modalidad intermedia. Com. Fed. Elect. Gerencia del Proyecto Hidroeléctrico, P. H. Aguamilpa, Nayarit. México (inédito).

CFE (Comisión Federal de Electricidad). 1991. Gasto hidráulico del río Santiago. Com. Fed. de Elect. Gerencia del Proyecto Hidroeléctrico, P. H. Aguamilpa, Nayarit. México (inédito).

Guzmán Arroyo, M. 1995. El Impacto ambiental de los proyectos hidráulicos. Un estudio de caso: El P. H. Aguamilpa, Nayarit. Universidad de Guadalajara. México. 30 p (inédito).

Orbe-Mendoza A., J. Acevedo & D. Hernández. 1998. La pesquería de la presa Aguamilpa, Nayarit. Informe técnico. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Orbe-Mendoza A., A.C. Romero & J. Acevedo. 1999. Producción y rendimiento pesquero en la presa Lic. Adolfo López Mateos (El Infiernillo) Michoacán-Guerrero, México. Hidrobiológica 9(1): 1-8

Orbe-Mendoza A. & D. Hernández. 1999. Evaluación del período de reproducción de los peces de la presa de Aguamilpa, Nayarit. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Seijo, J. C., O. Defeo & S. Salas. 1997. Bioeconomía pesquera. Teoría modelación y manejo. FAO Documento Técnico de Pesca. 368 Roma. 176 p.

mojarra nativa
mojarra nativa
bagre
Tilapia mosámbica
bagre
Ti
Carpa común
la
tilapia
bagre
carpa
pia
tilapia
mosámbica
bagre
carpa
Mojarra nativa

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE INFIERNILLO

ESPECIES: tilapia (*Oreochromis mossambicus*, *O. aureus*, *Tilapia rendalli*). Además en la Presa habitan mojarra nativa (*Cichlasoma istlanum*), tres especies de carpas (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophtalmichthys molitrix*), una de bagre (*Ictalurus balsanus*), un poecílido (*Poeciliopsis balsas*) y el charal (*Atherinella balsana*).

- La producción de tilapia representa alrededor del 90% en la presa. La estructura de la población en un 94% esta constituida por organismos menores de año y medio de edad, con tallas menores a 260 mm.
- En Infiernillo se registran 1,861 pescadores, 25,460 redes y 19,27 embarcaciones. Se estima que la biomasa actual en 61,000 t.
- El rendimiento de tilapia por hectárea en 1987 fue de 0.81kg/m^2/año, en 1999 fue de 0.17 kg/m^2/año.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en 1999: 4,770 t: 25% con respecto al máximo histórico (1987).

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Modelos dinámicos de biomasa; Rendimiento por recluta; Análisis de cohortes.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

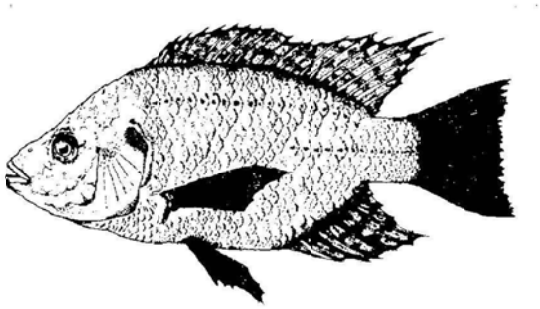
MEDIDAS DE MANEJO

- Disminuir el esfuerzo pesquero e incrementar la abertura de malla, a fin de capturar organismos mayores a 210 mm.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger el potencial reproductivo de la tilapia y contribuir a su recuperación, y así garantizar la permanencia de la pesquería.

PRESA ADOLFO LÓPEZ MATEOS, "INFIERNILLO"

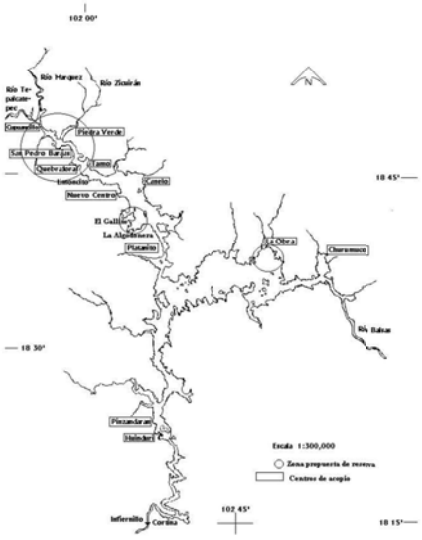


Oreochromis aureus
O. mossambicus
Tilapia rendalli
Cichlasoma istlanum
Cyprinus carpio
Ctenopharyngodon idella
Hypophtalmichthys molitrix
Ictalurus balsanus
Poeciliopsis balsas
Atherinella balsana

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La presa Adolfo López Mateos, "Infiernillo", se ubica en el límite de los estados de Michoacán y Guerrero (18º 52' al 18º 15' Norte y 101º 54' al 102º 55' Oeste) (Fig. 1). Tiene una longitud máxima de 120 km y capacidad máxima de 11,860 millones de m^3, lo que representa una superficie inundada de 40 000 Ha y un embalsamiento mínimo de 2,250 millones de m^3, que corresponde a 14,100 Ha. Los ríos tributarios son: el Tepalcatepec (que recibe las aguas de los ríos Cupatitzio y Marqués) y los arroyos Churumuco y Pinzandarán en Michoacán, y por el estado de Guerrero, el río Balsas (que recibe las aguas de los ríos Huetamo, Tacámbaro, Cutzamala y San Antonio), además de varios arroyos (Juárez, 1989).



La presa Infiernillo se construyó a principios de los años sesenta. En 1987 fue considerada la más productiva de América Latina al producir 18,953 t de tilapia.

La presa fue construida de 1962 a 1963 para la generación de energía eléctrica e inició su funcionamiento un año más tarde. Cuenta con una capacidad instalada de 1,000 megawatts con una generación media anual de 3065.4 GWH (Juárez, 1995). Además, es de especial interés para México, puesto que produce importantes volúmenes de tilapia a nivel nacional. En 1987 fue considerada la más productiva en América Latina, al producir 18,953 t (Juárez, 1989); sin embargo, en 1999 produjo sólo 4,770 t (SEMARNAP, 2000). De su producción dependen 44,467 habitantes de las zonas aledañas a la presa (SEMARNAP, 1998), además de proporcionar empleo a pescadores y otras personas que dependen indirectamente de la pesca.

Las tilapias, peces nativos de África, han contribuido notablemente al desarrollo regional de diversas comunidades alrededor del mundo en donde son explotadas, por su alto potencial de producción y porque aportan alimento con alto contenido proteico a bajo costo.

Desde que fueron introducidas a México en 1964, procedentes de Alabama, E.U., y en cuanto se tuvo noticia de su gran capacidad reproductiva, resistencia a enfermedades, aceptación de una amplia gama de alimentos, tolerancia a aguas tanto dulces como salobres e incluso marinas, fueron diseminadas en diversas presas y embalses de la República Mexicana. Entre estas destacan las presas: Presidente Miguel Alemán en Oaxaca, La Angostura en Chiapas, Adolfo López Mateos ("Infiernillo") en Michoacán-Guerrero, Miguel Hidalgo en Sinaloa, Vicente Guerrero en Tamaulipas, Ing. Carlos Ramírez Ulloa ("El Caracol") en Guerrero, y los Lagos de: Chapala en Jalisco, Catemaco en Veracruz y Pátzcuaro en Michoacán.

La tilapia fue introducida a Infiernillo en 1969, y la pesquería inició en 1970. Pese a los beneficios socioeconómicos que esta especie ha brindado, ha causado efectos adversos sobre los peces nativos

Sin embargo, esta diseminación se realizó a partir de un reducido número de progenitores, sin un adecuado seguimiento y control en la reproducción entre las diferentes especies, y sin previsión respecto de la capacidad de las tilapias para producir híbridos fértiles. Actualmente se tiene una amplia variedad de especies e híbridos cuya determinación taxonómica es difícil.

En 1969 fueron introducidas a la presa Infiernillo 3,685 crías de las especies *Oreochromis mossambicus*, *O. aureus* y *Tilapia rendalli*, procedentes de la presa de Tacámbaro, Michoacán. La pesquería inició en 1970, con la explotación de *O. aureus* que es la especie más abundante en la región (Rosas, 1976).

Pese a los enormes beneficios socioeconómicos que ha brindado la tilapia, sobre todo a poblaciones rurales, su presencia ha causado efectos adversos sobre las comunidades de peces nativos que se han visto desplazados, al competir por espacios de crianza y alimento, modificando la estructura trófica de los embalses donde ha sido introducida (Rosas, 1976; Welcomme, 1988; Sugunan, 1995). El daño tuvo impacto socioeconómico pues especies de mayor valor económico, como el bagre y la carpa, fueron desplazadas por la tilapia, y dejaron de constituir una pesquería importante.

El bagre y la carpa, con mayor valor económico dejaron de ser importantes para la pesca, debido a que fueron desplazadas por la tilapia

BIOLOGÍA

La especie *O. aureus*, que representa entre el 90 y 99% en las capturas de tilapia en Infiernillo, presenta un perfil convexo, coloración del cuerpo gris plateada, con matices violeta en los flancos, bordes de aletas dorsal y pectoral rojizas. En los juveniles se presentan bandas transversales oscuras sobre el cuerpo. Tiene un número de branquiespinas que fluctúa entre 21 y 31. Su hueso faríngeo es en forma de corazón, con los lóbulos bien pronunciados, el área dentada poco cubierta, con dientes finos bicúspides, la longitud del tallo corto, igual que la del área dentada. A diferencia la especie *O. mossambicus*, presenta un menor número de branquiespinas (entre 12 y 14) y su hueso faríngeo es ligeramente en forma de corazón, con los lóbulos pronunciados, el área dentada densamente cubierta por dientes bicúspides y la longitud del tallo mayor que la del área dentada (Trewavas, 1983; Arredondo y Tejeda, 1989; Jiménez, 1999).

La especie *T. rendalli*, que por lo general constituye 1% en las capturas de Infiernillo, presenta una coloración notablemente más oscura y puede ser separada fácilmente de las otras dos especies, al igual que la tilapia nativa *Cichlasoma istlanum*, por la forma de su cuerpo un tanto alargado, su coloración verde olivo y dentadura típica de un organismo carnívoro.

La tilapia, *O. aureus*, se distribuye en toda la presa; no obstante, dado que las condiciones hidrológicas hacia las zonas norte y este son más favorables para la obtención de alimento, su crecimiento es mayor en éstas regiones. El 67% de las capturas, que de alguna manera son un indicador de la abundancia de la

especie, se presentan hacia la zona norte de la presa, el 30% hacia el este y sólo un 3% hacia el sur. En una escala temporal, los mayores volúmenes se registran de enero a febrero y de julio a septiembre (Jiménez, 1999).

O. aureus es una especie asincrónica, que puede desovar durante todo el año, aunque en Infiernillo presenta dos períodos importantes de desove: de mayo a septiembre y de octubre a enero. Cada ejemplar es capaz de reproducirse de 6 a 8 veces al año y su fecundidad puede variar desde 625 óvulos para una hembra de 139 mm de longitud patrón, hasta 10,983 en una hembra de 280 mm. En promedio se registra una fecundidad de 2,123 óvulos para una hembra de 192 mm. La proporción hembras:machos se mantiene alrededor de 1:1 de marzo a agosto y de 1:2 de septiembre a enero. La talla de primera madurez, que coincide con la talla de primera captura, para hembras es de 175 mm de longitud patrón y de 172 mm para machos, esto es, 11 meses de edad, pese a que se pueden encontrar escasos organismos maduros desde los 105 y 135 mm. Hay dos períodos de reclutamiento al año, de julio a enero y de febrero a mayo (Jiménez *et al.*, 1997).

La tilapia presenta dos periodos de desove importantes y puede reproducirse de 6 a 8 veces al año. La talla de primera madurez es 175 mm en machos y 172 en hembras, coincidiendo con la talla de primera captura

Las zonas de anidamiento de la tilapia, de acuerdo a Rosas (1976) y Jiménez (1999), se ubican en las localidades denominadas: La Algodonera, El Gallito, Cupuancillo, Limoncito, Churumuco y La Obra (Fig. 1).

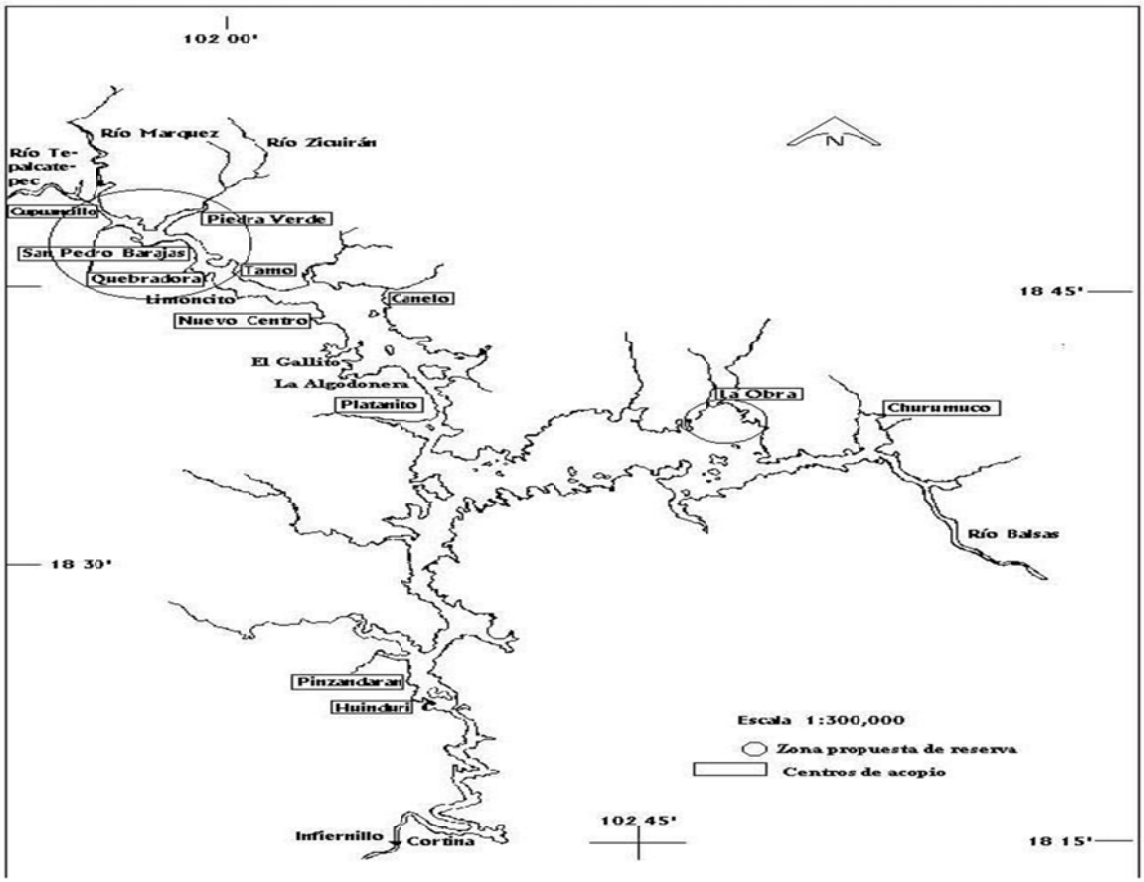


Fig. 1. Localización de la presa Adolfo López Mateos ("Infiernillo"), centros de acopio y zonas propuestas de reserva.

En cuanto a sus hábitos alimentarics, es una especie omnívora que incluye en su dieta preferentemente detritus y restos de plantas vasculares. De manera secundaria consume algas unicelulares y ocasionalmente algas filamentosas, semillas de gramíneas, insectos, restos de peces, cladóceros, ostrácodos, rotíferos y copépodos, dependiendo de la disponibilidad de recursos (Jiménez y Nepita, 2000).

Además de las tres especies de tilapia introducidas, también habitan en la presa: la mojarra nativa *C. istlanum*, tres especies de carpas (*Cyprinus carpio*, *Ctenopharyngodon idella*, *Hypophtalmichthys molitrix*), una de bagre *(Ictalurus balsanus)*, un poecílido (*Poeciliopsis balsas*) y el charal *(Atherinella balsana)*, especies que por ser poco abundantes o de escaso interés comercial, no constituyen una pesquería. De éstas especies, puede existir sobreposición de dietas en la carpa común y la tilapia mosambica, que se alimentan de plancton, macrófitas, bentos y detritus. No puede hablarse de competencia por alimento dada su amplia disponibilidad (Jiménez, 1999). En este sentido, *O. aureus* encuentra en Infiernillo condiciones adecuadas para su desarrollo. No obstante, la carpa común si puede ser considerada depredadora de la tilapia ya que llega a comerse sus huevos. También algunos mamíferos y aves han sido señalados depredadores de los peces del embalse (Juárez, 1995).

En la presa también habitan una mojarra nativa, tres especies de carpa, una de bagre, un guppy y un charal, especies que no constituyen una pesquería, por ser poco abundantes y de escaso valor comercial

La estructura de la población de tilapia en Infiernillo, estimada con base en una muestra de 7,231 individuos, está constituida en un 94% por organismos menores de año y medio de edad, con tallas menores a 260 mm, pocos individuos de dos años, con tallas promedio de 293 mm, y unos cuantos de cuatro años de talla promedio 404 mm (Jiménez, 1999).

El mayor crecimiento corporal de *O. aureus* se presenta en el primer año, cuando alcanza 184 mm de longitud patrón y un peso de 241.7 g; en el segundo año de vida tienen en promedio 293 mm y un peso de 877.7 g; a los tres años de edad incrementa su talla a 361 mm y su peso a 1, 587.2 g. A partir de aquí el crecimiento es reducido, de manera que a los 4 años la talla promedio es de 404 mm con un peso de 2,182.6 g. La longitud asintótica de 478 mm se alcanza alrededor de los ocho años (Jiménez, 1999).

Considerando que esta especie puede llegar a vivir hasta ocho años y que se está capturando a la edad en que comienza a tener sus primeros desoves (11 meses), es probable que no se este permitiendo el crecimiento de la población (Jiménez y Csuna, 1998).

En virtud de que la actividad principal de la presa, que es la generación de energía eléctrica, implica una continua fluctuación en su nivel de llenado, la población de tilapia en Infiernillo se ve obligada a migrar continuamente hacia la cortina de la presa que es la zona más profunda. El vaciado del embalse inicia a principios de enero y el descenso del nivel alcanza un mínimo en junio. A partir de entonces comienza el llenado, con la época de lluvias, recuperando su nivel inicial durante noviembre y diciembre.

Se ha registrado un descenso máximo en el nivel de alrededor de 22 m. Ya que la máxima profundidad de la presa hacia el sur es de 60 m, esto representa una reducción del 37% de su volumen aproximadamente. Las zonas de Churumuco y Nuevo Centro (Fig. 1), donde las profundidades máximas son de 22 y 12 m, respectivamente, al descender el nivel de la presa quedan descubiertas, y en la zona de Platanito, donde se tienen alrededor de 40 m de profundidad, esto representa una reducción del 67%.

El efecto más evidente se presenta en un sentido horizontal, ya que durante la etapa de vaciado de la presa llegan a quedar al descubierto de 10 a 15 km de orilla, que son aprovechados para la siembra durante este tiempo. Además, desaparecen temporalmente algunos centros de acopio y quedan al descubierto algunas zonas de anidación de la tilapia. Esto obliga a los organismos a desplazarse hacia la zona de Pinzandarán.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

La pesca de tilapia se realiza en toda la presa, con redes agalleras tendidas por la noche y revisadas por la mañana del día siguiente. La dimensión de las redes varía de 12 a 35 m de largo, con calado de 1.75, 3.0 o 3.5 m. Se utilizan seis diferentes aberturas de malla: 7.9, 8.3, 8.9, 10.2, 10.8 y 11.4 cm, siendo las más frecuentes 8.3 y 10.8 cm. La captura es separada en dos categorías: tilapia chica y grande. La primera incluye organismos entre 110 y 220 mm de longitud patrón, capturados con redes de abertura de malla entre 7.9 y 8.9 cm; la segunda, que representa tan sólo el 12% de las capturas, incluye tilapias entre 160 a 280 mm, capturadas con redes entre 10.2 y 11.4 cm (Jiménez, 1999).

En Infiernillo se registran: 1,861 pescadores, 25,460 redes, 1,927 embarcaciones

En 1999, SEMARNAP (2000) registró en Infiernillo 1,861 pescadores, 25,460 redes agalleras, 1,927 embarcaciones. El 54% de los pescadores disponen de lancha de fibra de vidrio con motor fuera de borda y el resto utilizan embarcaciones de madera movidas a base de remos (Jiménez, 1993).

El número de redes por pescador es muy variable, fluctúa entre 3 y 50, con mayor frecuencia son entre 10, 15 y 20 redes por pescador. La captura por unidad de esfuerzo, estimada a partir del registro diario de captura por pescador, proporcionado por los acaparadores, a través de un año, fluctúa entre 16.9 y 27.7 kg/pescador/día de tilapia chica y entre 6.7 y 13.8 kg/pescador/día de tilapia grande (Jiménez, 1999).

La presión de pesca se ejerce básicamente sobre organismos entre 150 y 200 mm, muchos de los cuales apenas comienzan su etapa reproductiva (Jiménez, 1999). Esta situación, junto con el uso de atarrayas con luz de malla reducida (6.3 cm), el motoreo y la mezcla de diferentes aberturas de malla en una misma red son algunos de los factores que han conducido a una pesca inadecuada y por consiguiente a la reducción de la población.

Esta situación está forzando a los organismos a reproducirse a edades cada vez más tempranas, comportamiento habitual en las especies de *Oreochromis*, que produce enanismo y maduración dentro del primer año de vida (Dudley, 1972). Chervinski (1966), señala que *T. aurea* habitualmente se reproduce durante su segundo año de vida; en el presente caso, se están reproduciendo a los 11 meses de edad e incluso algunas hembras desde los ocho meses.

Por otra parte, también existe una fuerte presión de pesca sobre los reproductores cuando las zonas de anidamiento se cubren de agua altas y los pescadores pescan en esa zona.

▼*Tendencias históricas*

La tendencia de la pesquería de tilapia en la mayoría de los embalses de la República Mexicana, es generalizada. En las presas Presidente Miguel Alemán (Oaxaca), La Angostura (Chiapas), Vicente Guerrero (Tamaulipas) e Infiernillo (Michoacán-Guerrero), se inició como una actividad incipiente, que atrajo la atención de los ribereños quienes abandonaron la agricultura para dedicarse a la pesca alentados por los altos rendimientos obtenidos en poco tiempo. La producción aumentó hasta alcanzar un máximo, tras el cual la tendencia ha sido decreciente e incluso en algunos casos, como en Pátzcuaro y Chapala, casi a desaparecer. También ha sido notable una continua reducción en la talla de los organismos a través de los años.

La pesquería de tilapia en la mayoría de los embalses mexicanos inició como una actividad incipiente, seguida de una alta producción, para después decrecer o desaparecer

Lo que parecía en un principio ser una excelente alternativa en la generación de alimento a bajo costo, se ha convertido en un problema, al generar una pesquería poco exitosa que no logra satisfacer la demanda, al menos de las

comunidades ribereñas que dependen de ella, por la continua caída en su producción y la disminución o incluso desaparición en algunos embalses de las pesquerías de carpa y bagre que representan los recursos de mayor valor económico.

En el caso particular de Infiernillo, la serie histórica de producción global (1981-1999) ha fluctuado alrededor de las 3,000 y 22,000 t anuales (Tabla 1). El auge se presentó en 1987 cuando se alcanzó 18,953 t de tilapia, y a partir de entonces la tendencia ha sido a descender cada año hasta llegar en 1999 a un 25% de los niveles de mayor producción. En 1995, se presentó un repunte que es el reflejo de un acuerdo tomado en 1994 por los pescadores, de dejar de pescar sábados y domingos, ya que anteriormente se pescaba todos los días del año (Acuerdo de Asamblea General de Cooperativistas y Uniones de pescadores). Esta medida aún está vigente.

Tabla 1. Producción anual y esfuerzo ejercido sobre la tilapia en la presa Infiernillo, durante la serie de tiempo 1981 a 1999.

	Producción (t)			Esfuerzo	
Año	Tilapia	%	Global *	No. redes	No. pescadores
1981	7,837	89.2	8,784	4,487	1,216
1982	10,492	91.3	11,492	2,430	1,558
1983	8,658	91.5	9,460	6,075	2,068
1984	11,947	89.3	13,376	9,045	2,668
1985	11,631	90.5	12,857	12,150	3,181
1986	11,763	85.2	13,814	16,150	3,486
1987	18,953	85.8	22,078	16,150	
1988	15,076	87.8	17,163	28,422	
1989	16,528	89.5	18,466	28,422	2,631
1990	13,339	87.2	15,301		
1991	12,118	93.0	13,036		
1992	11,621	94.6	12,290	32,750	2,343
1993	5,708	93.9	6,078	18,435	1,229
1994	2,987	85.5	3,495		
1995	6,215	89.7	6,925		
1996	8,782	91.5	9,601		
1997	6,537	91.4	7,152	26,148	2,200
1998	5,413	90.5	5,982		
1999	4,770	91.7	5,198	25,460	1,861

Fuentes: Oficina Federal de Pesca en Nueva Italia, Michoacán * Incluye tilapia, carpa y bagre SEMARNAP, 2000.

De los 0.33 kg/m^2/año que registró Bernal (1984) para 1980, a los 0.81 kg/m^2/año en 1987 cuando Infiernillo alcanzó su máximo rendimiento y los 0.51 kg/m^2/año registrados en 1989, el rendimiento llegó a descender a 0.29 kg/m^2/año en 1993 y 0.17 kg/m^2/año en 1999. Estos datos fueron estimados por Jiménez (1999), con base a los registros oficiales de pesca, considerando una superficie inundada promedio de 27,300 ha.

Aspectos socioeconómicos

▼*Infraestructura pesquera*

Al constituir la tilapia una pesquería artesanal, no dispone de una infraestructura pesquera sofisticada. El único proceso que recibe una parte de la producción, es el de fileteado, lo que representa un valor agregado al producto, no obstante que por cada 3 kilos de tilapia entera, se obtiene un kilo de filete. Para ello existen 7 fileteadoras rústicas que se ubican en las localidades de Churumuco, El Capiri, Platanito, Puerto San Simón, Ciriancitos y Nuevo Centro.

El producto se transporta hasta su destino final en vehículos que no disponen de refrigeración, por lo que se enhiela en condiciones poco higiénicas. Como no se dispone de fábricas de hielo cercanas a la presa, los acaparadores lo adquieren en la ciudad de Nueva Italia, aproximadamente a 50 km de distancia, lo que incrementa los costos de transportación.

▼*Indicadores económicos*

Los pescadores se agrupan en 13 Sociedades Cooperativas y 13 Uniones de Pescadores

Los pescadores se encuentran agrupados en 13 Sociedades Cooperativas y 13 Uniones de Pescadores. El producto de la pesca es recabado en 12 centros de acopio (Fig. 1), por 28 acaparadores, quienes son los responsables de su distribución a nivel local (Nueva Italia, Apatzingán, Zamora, Pátzcuaro, Uruapan) y regional (Distrito Federal, Morelia, Guadalajara y Toluca). Algunos pescadores funcionan como intermediarios al trasladar la captura de centros de acopio lejanos hacia centros de acopio más grandes, cercanos a la ruta de transporte. Gran parte de los pescadores que pertenecen y pescan en Guerrero, entregan sus capturas a los acaparadores de Michoacán. La mayor parte del producto es enviado a la Central de Abastos de la Nueva Viga en la Ciudad de México, de donde se distribuye a mercados y centros comerciales (Jiménez, 1999).

Los centros de acopio que recaban la mayor cantidad de tilapia chica son Platanito, Nuevo Centro, Churumuco y La Obra. La tilapia grande se recaba principalmente en Cupuancillo, Quebradora, Piedra Verde y Nuevo Centro (Fig. 1) (Jiménez, 1999).

El precio que se paga a pie de playa por kilogramo de tilapia chica es de $5.00 y de tilapia grande $ 10.00 y se venden a $14.00 y $18.00 por kilogramo al mayoreo, respectivamente. Mientras que el filete se paga a pie de playa a $15.00/kg y se vende al mayoreo a $ 18.00 y al menudeo $ 25.00 (SECOFI, 2000; SEMARNAP, 2000).

MANEJO:

Medidas administrativas

Como medida de regulación se estableció desde 1978 el uso de redes agalleras con una abertura de malla de 8.1 cm (SEMARNAP, 1998). No obstante, Jiménez (1999), en un estudio de selectividad realizado sobre las seis diferentes aberturas de malla de redes agalleras que se emplean en Infiernillo, demostró que esta abertura de malla es inadecuada, en virtud de que retiene organismos con una edad mínima de 0.70 años (136 mm) y en mayor proporción organismos de 0.95 años, con una talla de 176 mm de longitud patrón, que coincide con la talla de primera madurez. Por ello que se propone el uso de una abertura de malla de 10.8 cm, cuya talla de primera captura es de 231 mm, longitud a la cual los organismos ya desovaron al menos una vez.

La Norma Oficial Mexicana NOM-027-PESC-99, que está próxima a ser publicada será en adelante el marco legal en el cual se sustente el manejo y aprovechamiento de la pesquería en Infiernillo, considera dicha recomendación, así como el límite en el número de redes por embarcación (5), que no deberán exceder las 20,000 redes y los 3,000 pescadores en total. Otras medidas administrativas incluyen un horario de pesca de lunes a viernes de 6:00 a 15:00 hrs. la obligación de revisar las artes de pesca por lo menos cada 12 hrs. y no operar en forma consecutiva por períodos mayores a 24 hrs. Además considera la propuesta de las zonas de reserva.

La NOM-027-PESC-99 será el marco legal en el cual se sustente el manejo y aprovechamiento pesquero en Infiernillo. Incluirá el uso de abertura de malla de 10.8 cm, así como un límite en el numero de redes por embarcación

El proyecto de Norma fue sometido a consulta pública previo a su publicación, por lo que al haber consenso entre las partes interesadas, se espera que dichas medidas sean acatadas estrictamente.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Los parámetros biológicos y pesqueros de la tilapia *O. aureus*, estimados por Jiménez (1999), que sirvieron de base a los modelos que permitieron realizar las recomendaciones de manejo de la pesquería, se presentan en la *tabla 2*.

Tabla 2. Parámetros biológicos y pesqueros de la tilapia, *O. aureus*, de la Presa Infiernillo

	Parámetro	Valor
L_∞	Longitud máxima	478.5 mm
W_∞	Peso máximo	3446 g
K	Tasa de crecimiento	0.46 año^{-1}
t_o	Edad inicial	-0.05 años
a	Coeficiente de condición	0.052
b	Coeficiente de alometría	2.87
L_c	Talla de primera captura	176 mm
t_c	Edad de primera captura	0.95 años
L_m	Talla de primera madurez	175 mm
t_m	Edad de primera madurez	0.95 años
L_r	Talla de reclutamiento	136 mm
t_r	Edad de reclutamiento	0.70 años
Z	Tasa de Mortalidad Total	3.58
F	Tasa de Mortalidad por Pesca	2.1
M	Tasa de Mortalidad Natural	1.48
E	Tasa de Explotación	0.58
A	Tasa Anual de Mortalidad	0.97
S	Tasa de Sobrevivencia Anual	0.03

Fuente: Jiménez (1999).

▼ ***Modelo***

Para analizar la situación de la pesquería de tilapia en Infiernillo, se emplearon modelos holísticos y analíticos. Con algunos de ellos basados en series históricas de las capturas y esfuerzo, se evaluó la situación de la pesquería en el pasado, mientras que otros de índole predictivo, basados en la estructura poblacional y en los resultados de los primeros, permitieron a través de simulación, evaluar acciones para el manejo.

Los modelos holísticos de Schaefer (1954) y Fox (1970), consideran al stock como una unidad de biomasa, toman en cuenta el esfuerzo de pesca y el rendimiento. El objetivo con estos modelos es determinar el nivel de esfuerzo (F_{RMS}) que produce el máximo rendimiento sostenible (RMS).

Los modelos analíticos empleados (Beverton y Holt, 1957); Análisis de Cohortes de Jones (1984); Thompson y Bell (1934)) permitieron obtener evaluaciones basadas en el análisis de la estructura de edades y/o tallas de la población.

El modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt (1957), basado en el análisis captura comercial y parámetros de crecimiento y mortalidad de la tilapia constituye una estimación relativa al reclutamiento puesto que se expresa como rendimiento máximo sostenible por recluta (RMS/R) y esfuerzo óptimo ($F_{RMS/R}$). Su análisis de simulación variando la talla de primera captura y el patrón de pesca permitió analizar alternativas respecto de la abertura de malla de la red.

El Análisis de Cohortes de Jones (1984) analiza el efecto de la pesca en una clase anual del stock. La idea con este modelo es calcular la población que debió existir para producir esa captura. Una vez que se conoce el comportamiento de la pesquería, es posible predecir las capturas futuras. Los resultados obtenidos de este análisis fueron estimaciones del tamaño absoluto del stock (N), mortalidad por pesca y total para cada grupo de talla (F(L), Z(L)), biomasa media ($\overline{B}$) y rendimiento (Y).

Estos resultados se utilizaron para predecir el efecto futuro de la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo pesquero sobre la biomasa del stocky los niveles de rendimiento, a través de simulación con el modelo de Thompson y Bell (1934). Al incorporar el valor económico de las capturas de tilapia, fue posible además obtener una estimación del Rendimiento Máximo Económico (RME), que constituye un punto crítico más que permite sustentar una recomendación.

A continuación se presenta la descripción matemática de cada uno de éstos modelos:

• Modelo de Schaefer (1954):

$$Y(i)/f(i) = a + b * f(i) \quad \text{.....(1)}$$

$$RMS = -0.25 * a^2 / b \quad \text{.....(2)}$$

$$F_{RMS} = -0.5 * a / b \quad \text{.....(3)}$$

• Modelo de Fox (1970):

$$\ln\left[Y(i)/f(i)\right] = a + b * f(i) \quad \text{.....(4)}$$

$$RMS = -(1/b) * \exp(a - 1) \quad \text{.....(5)}$$

$$F_{RMS} = -1/b \quad \text{.....(6)}$$

donde:

Y(i) / f(i) es la captura por unidad de esfuerzo en el año i
f(i) es el esfuerzo aplicado en el año i
a y b son constantes
RMS es el Rendimiento máximo sostenible
F_{msy} es el Esfuerzo óptimo

• Modelo de Beverton y Holt (1957):

$$Y / R = F * \exp\left[-M * (t_c - t_r)\right] * W_\infty * \left[\frac{1}{Z} - \frac{3S}{Z+K} + \frac{3S^2}{Z+2K} - \frac{S^3}{Z+3K}\right] \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$$S = \exp\left[-K * (t_c - t_o)\right]$$

Y/R = Rendimiento por recluta
K = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
t_o = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
t_c = Edad de primera captura
t_r = Edad de reclutamiento
W = Peso asintótico
F = Mortalidad por pesca
M = Mortalidad natural
Z = Mortalidad total = F + M

• Análisis de Cohortes de Jones (1984):

$$H(L_1, L_2) = \left[\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}\right]^{M/2K} \quad \text{.....(8)}$$

$$N(L_1) = \left[N(L_2) * H(L_1, L_2) + C(L_1, L_2)\right] * H(L_1, L_2) \quad \text{.....(9)}$$

$$F / Z = \frac{C(L_1, L_2)}{\left[N(L_1) - N(L_2)\right]} \quad \text{.....(10)}$$

$$F = \frac{M * (F / Z)}{(1 - F / Z)} \quad \text{.....(11)}$$

$$Z = F + M \quad \text{.....(12)}$$

$$\overline{W}(L_1, L_2) = a * \left[\frac{(L_1 + L_2)}{2} \right]^b \quad \text{.....(13)}$$

$$\overline{N}(L_1, L_2) * \Delta t = \frac{[N(L_1) - N(L_2)]}{Z} \quad \text{.....(14)}$$

$$\overline{B} * \Delta t = \overline{W}(L_1, L_2) * \frac{[N(L_1) - N(L_2)]}{Z} \quad \text{.....(15)}$$

$$Y(L_1, L_2) = \overline{W}(L_1, L_2) * C(L_1, L_2) \quad \text{.....(16)}$$

donde:

H = Fracción de la población que sobrevive a la muerte natural en el período de tiempo 1-2
L_1 = Longitud del pez al tiempo 1
L_2 = Longitud del pez al tiempo 2
$L\infty$ = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
K = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
a = Coeficiente de condición
b = Coeficiente de alometría
F = Mortalidad por pesca
M = Mortalidad natural
Z = Mortalidad total
F/Z = Tasa de explotación
$N(L_1)$ = Número de peces que alcanzan la longitud L_1
$N(L_2)$ = Número de peces que alcanzan la longitud L_2
$C(L_1, L_2)$ = Número de peces entre las longitudes L_1 - L_2 que son capturados
$\overline{N}(L_1, L_2)$ = Número medio de peces con longitudes entre L_1 - L_2
$\overline{W}(L_1, L_2)$ = Peso medio de organismos con longitudes entre L_1 - L_2
$Y(L_1, L_2)$ = Rendimiento por grupo de talla
Δt = Incremento de tiempo $(t_2 - t_1)$
$\overline{B}$ = Biomasa media por grupo de talla

- Modelo de Thompson y Bell (1934):

$$Z_i = M + X * F_i \quad \text{.....(17)}$$

$$N(L_{i+1}) = N(L_i) * \frac{\frac{1}{H_i} - X * \frac{F_i}{Z_i}}{H_i - X * \frac{F_i}{Z_i}} \quad \text{.....(18)}$$

$$H_i = \left[\frac{L_\infty - L_i}{L_\infty - L_{i+1}} \right]^{M/2K} \quad \text{.....(19)}$$

$$C_i = \left[N(L_i) - N(L_{i+1}) \right] * X * \frac{F_i}{Z_i} \quad \text{.....(20)}$$

$$\overline{W}i = q * \left[\frac{\left(L_i + L_{i+1} \right)}{2} \right]^b \quad \text{.....(21)}$$

$$Y_i = C_i * \overline{W}i \quad \text{.....(22)}$$

$$V_i = Y_i * \overline{V}i \quad \text{.....(23)}$$

$$\overline{N}i * \Delta t_i = \frac{\left[N(L_i) - N(L_{i+1}) \right]}{Z_i} \quad \text{.....(24)}$$

$$\overline{B}i * \Delta t_i = \overline{N}i * \Delta t_i * \overline{W}i \quad \text{.....(25)}$$

donde:

F_i = Mortalidad por pesca por grupo de talla
Z_i = Mortalidad total por grupo de talla
M = Mortalidad natural
H_i = Factor de mortalidad natural por grupo de talla
X = Factor de F
$N(L_i)$ = Número de peces sobrevivientes a la longitud L_i
$N(L_{i+1})$ = Número de peces sobrevivientes a la longitud L_{i+1}
L_i = Límite inferior del grupo de talla
L_{i+1} = Límite superior del grupo de talla
L_∞ = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
K = Parámetro de crecimiento de von Bertalanffy
C_i = Captura por grupo de talla
$\overline{W}_i$ = Peso medio por grupo de talla
q = Coeficiente de condición
b = Coeficiente de alometría
Y_i = Rendimiento por grupo de talla
V_i = Precio de los peces por grupo de talla
$\overline{V}i$ = Precio promedio por kg de los peces entre las tallas L_i - L_{i+1}
$\overline{N}_i$ = Numero medio de sobrevivientes por grupo de talla
Δt_i = Lapso de tiempo que toma a la cohorte crecer de L_i a L_{i+1}
$\overline{B}_i$ = Biomasa media por grupo de talla

Los modelos de Schaefer y Fox se basan en el supuesto de que la biomasa de peces es proporcional a la captura por unidad de esfuerzo. Ambos modelos concuerdan con el supuesto de que Y/f disminuye a medida que aumenta el esfuerzo, pero difieren en el sentido de que el modelo de Schaefer implica un cierto nivel de esfuerzo para el cual Y/f es igual a cero, es decir, f = -a/b, mientras que en el modelo de Fox, Y/f es mayor que 0 para cualquier valor de f. Por tanto, el modelo de Schaefer solo se aplica a valores de f inferiores a -a/b.

Los modelos se utilizaron para predecir el efecto de la aplicación de diferentes niveles de esfuerzo pesquero sobre la biomasa del stock y los niveles de rendimiento

En el modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt, se considera que F es proporcional al esfuerzo y t_c está en función de la selectividad de los artes de pesca. Por ello, las recomendaciones derivadas de este modelo se enfocan a la regulación del esfuerzo pesquero. Para obtener una estimación confiable se requiere que F se haya mantenido constante al menos durante el período de evaluación. Si M es relativamente alta, es difícil estimar F_{RMS} por medio de éste método.

El Análisis de Cohortes parte del supuesto de que la composición de tallas de los peces refleja el comportamiento de una cohorte a través de toda su vida o bien el de todas las cohortes a través de un año, asumiendo en este último caso una situación de equilibrio, donde las tasas de reclutamiento y mortalidad natural son constantes. De esta manera, el número de organismos capturados puede ser empleado para calcular la remoción anual debida a mortalidad natural o por pesca por grupo de tallas, considerando que la pesquería extrae una parte importante de la población. Para simular una condición de equilibrio es esencial que los datos abarquen un período de tiempo relativamente largo, preferentemente varios años, y que se disponga de información sobre la captura total, a fin de minimizar las fluctuaciones en las clases anuales y las tasas de mortalidad.

En general, los modelos que se basan en estructura de tallas o edades, consideran que la tasa de mortalidad natural es constante para todas las tallas/edades, lo que en la realidad no siempre sucede. Todo modelo lleva implícito riesgo si no se cumplen los supuestos en que se basan. Es por ello conveniente evaluar la incertidumbre de las estimaciones derivadas.

Un punto crítico en el Análisis de Cohortes, es el establecimiento de un adecuado valor terminal de F. En el presente caso, para obtener el valor óptimo de F terminal, se utilizó la optimización de Gavaris, que consiste en realizar iteraciones, empleando valores diferentes de F. El valor de F terminal óptimo se obtuvo cuando la diferencia entre la captura por unidad de esfuerzo observada (CPUEobs) y la esperada (CPUEesp) se hizo cero. La CPUEobs es el registro de los acaparadores, que constituye la fuente más fidedigna de la captura total, y la CPUEesp se estimó como la tasa de mortalidad por la biomasa entre el esfuerzo.

La simulación de escenarios de pesca consistentes, por un lado, en incrementar la presión de 20 a 200%, y por otro lado, disminuirla entre 20 y 80%, evaluando su efecto sobre el rendimiento, la biomasa y el valor económico, permitió establecer recomendaciones para la pesquería.

▼ *Estado actual de la pesquería de la Presa Infiernillo*

El análisis de la serie de tiempo de capturas y esfuerzo aplicado en Infiernillo de 1981 a 1993 proporcionó las curvas de rendimiento que se presentan en la *figura 2*, con sus correspondientes niveles de RMS y F_{RMS}. De acuerdo con ambos modelos, el nivel de esfuerzo óptimo fue sobrepasado en 1988, cuando se tenían en operación 28,422 redes. Un año antes, en 1987, cuando se tenían 16,150 redes, se alcanzaron los niveles de producción más altos registrados en la historia de la presa (18,953 t), posiblemente esta situación estimuló el ingreso de un 76% más de redes al año siguiente, con el consecuente descenso en la producción a 15,076 t. La falta de control, llevó a que dicho incremento continuara registrándose hasta alcanzar las 32,750 redes en 1992.

En 1987 se alcanzó el nivel más alto de producción (18,953 t) con un esfuerzo de 16,150 redes. Un año después el esfuerzo óptimo fue rebasado (28,422 redes) y la producción bajo a 15,076 t.

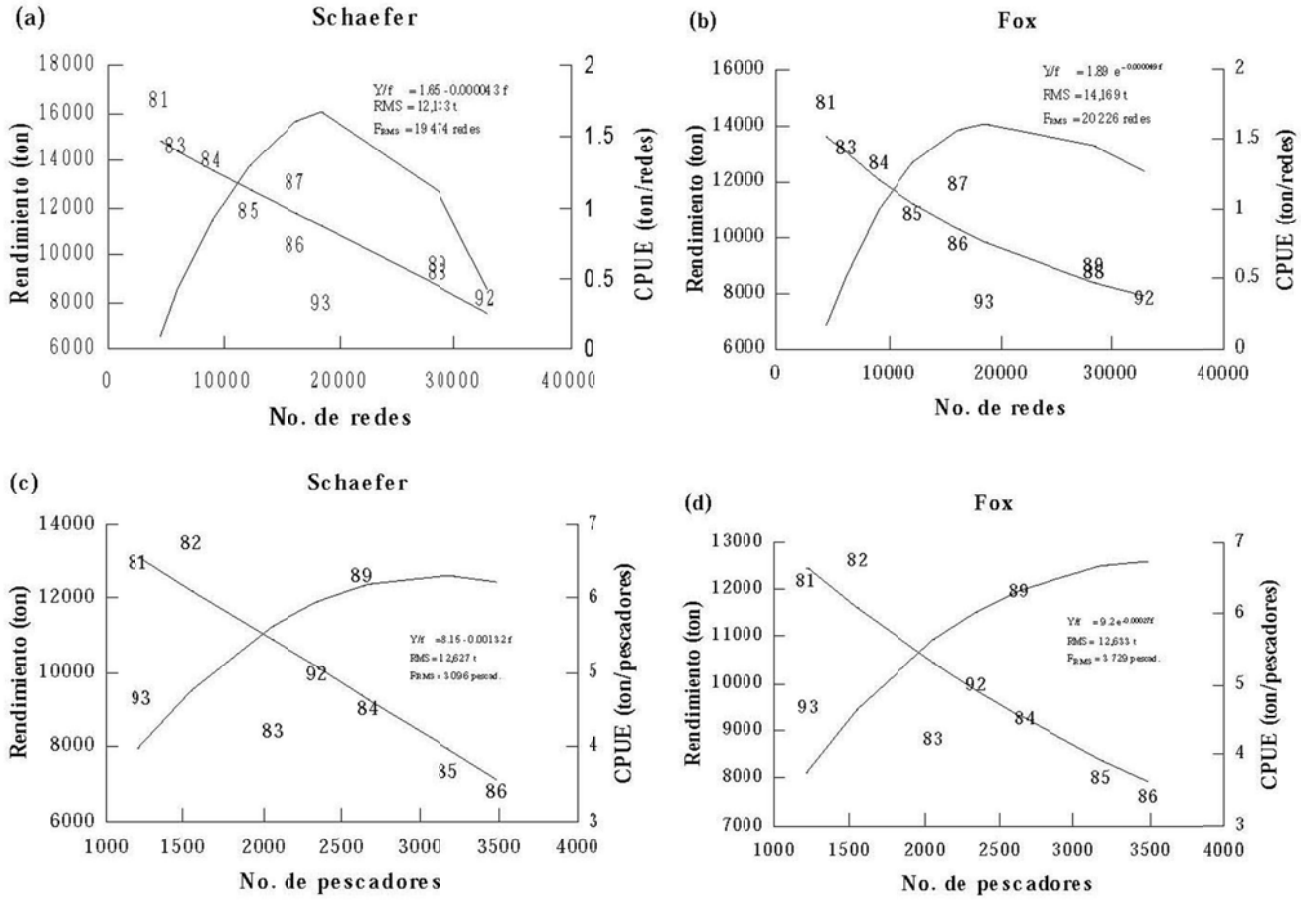


Fig. 2 Rendimiento y esfuerzo óptimos para la pesquería de tilapia en la presa Infiernillo, de acuerdo al modelo y unidad de esfuerzo señalados; con base en la serie de tiempo 1981 a 1993: a) Schaefer, No. de redes; b) Fox, No. de redes; c) Schaefer, No. de pescadores; d) Fox, No. de pescadores.

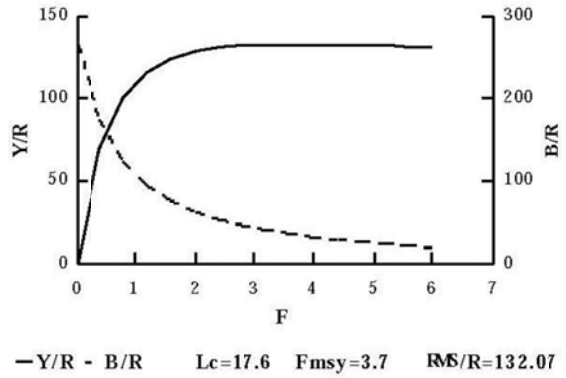


Fig. 3. Rendimiento y biomasa por recluta de *Oreochromis aureus* en función de la tasa de mortalidad por pesca.

En relación con el número de pescadores activos, para 1986 se registraron en 3,486, para 1992 2,343 y 1,229 para 1993, posiblemente como reflejo de la migración hacia E.U. por la baja remuneración de la actividad pesquera. Este aparente descenso en el esfuerzo pesquero, encubre el real paso de menos de cinco redes en promedio por pescador que se tenía hasta 1987 a 14 y 15 para los últimos años, indicativo de incremento en el esfuerzo pesquero con la consecuente disminución en las capturas.

En Infiernillo las tilapias entre 150 y 200 mm de Lp son sometidas a fuerte explotación y en menor medida aquellas mayores a 200 mm.

En la *figura 3* se observa que bajo las condiciones de explotación existentes en 1993, el rendimiento era de 127.7 g/recluta, esto es, se guardaba una posición cercana al nuevo punto de equilibrio (132 g/recluta) y ya había sido rebasado el nivel de $F_{0.1}$ de 1.2.

El nivel de $F_{0.1}$ se refiere al nivel en que los cambios en rendimiento por recluta con respecto a los cambios en la tasa de mortalidad por pesca, es un décimo de la tasa inicial de incremento con F para la pesquería a partir de la población virgen. Es un punto de referencia útil ya que está cerca del nivel económico óptimo.

En términos de rendimiento absoluto, de acuerdo al modelo de Thompson y Bell (Tabla 3) el Rendimiento Máximo Sostenible se ubicó en las 8,698 t y el Máximo Rendimiento Económico en $ 13,584,600. Para

Tabla 3. Resultados del análisis de simulación de Thompson y Bell, aplicado a *O. aureus* utilizando diferentes escenarios de pesca. Se presenta el rendimiento máximo sostenible (RMS), rendimiento máximo económico (RME) y sus respectivas biomasas (B_{RMS}, B_{RME}), así como las tasas de mortalidad por pesca optimas para ambos casos (F).

F	Rendimiento (t)	Biomasa media (t)	Valor ($ * 10^3)
0.0	0,000.00	18,945.58	0000.00
0.4	3,122.57	13,933.96	5,546.49
0.8	5,183.54	10,421.43	9,008.68
1.2	6,533.55	7,947.93	11,122.27
1.6	7,407.86	6,197.27	12,369.86
* 2.0	7,964.52	4,951.26	13,067.32
2.4	8,309.83	4,058.77	13,420.56
2.8	8,515.24	3,414.80	13,563.03
3.2	8,628.75	2,946.13	13,580.49
3.6	8,682.53	2,601.57	13,527.41
4.0	8,698.07	2,345.22	13,437.83
4.4	8,689.67	2,151.85	13,332.50
4.8	8,666.78	2,003.68	13,223.66
5.2	8,635.57	1,888.13	13,118.16
5.6	8,600.05	1,796.28	13,019.44
6.0	8,562.76	1,721.80	12,928.93
RMS = 8,698.09		F = 4	
B_{RMS} = 2,307.42			
RME = 13,584.60		F = 3	
B_{RME} = 3,082.72			

* Escenario en 1993

Tabla 4. Resultados del Análisis de Cohortes de *Oreochromis aureus* en la presa Infiernillo. Se incluyen la estimación del tamaño de la población, el coeficiente de explotación (F/Z), las tasas de mortalidad por pesca (F) y total (Z) por clase de talla, el número promedio de individuos (Nm) y la biomasa media anual por clase de talla, el rendimiento y la población removida por muerte natural y por pesca.

Grupo de Talla	Captura (No. de indiv.)	H	Población (No. de indiv.)	F(L)/Z(L)	F(L)	Z(L)	Nm (No. de indiv.)	Peso (g)	Biomasa promedio	Ren to
130 - 140	797,726	1.048	75,900,275	0.11	0.17	1.65	4,561,059	91.2	416,032.210	7
140 - 150	2,326,245	1.049	68,352,181	0.27	0.56	2.04	4,173,630	112.0	467,351.355	26
150 - 160	5,681,577	1.051	59,848,964	0.51	1.56	3.04	3,642,353	135.6	493,898.070	77
160 - 170	11,773,100	1.053	48,776,705	0.74	4.18	5.66	2,816,894	162.3	457,038.558	1,91
170 - 180	9,823,324	1.054	32,834,601	0.78	5.20	6.68	1,889,020	192.1	362,876.645	1,8
180 - 190	5,999,338	1.056	20,215,529	0.77	4.99	6.47	1,202,091	225.3	270,846.810	1,3
190 - 200	2,257,433	1.058	12,437,096	0.65	2.76	4.24	817,504	262.1	214,236.096	59
200 - 210	1,125,021	1.061	8,969,757	0.55	1.79	3.27	629,267	302.5	190,358.189	34
210 - 220	640,109	1.063	6,913,422	0.46	1.25	2.73	511,363	346.8	177,350.035	22
220 - 230	409,315	1.066	5,516,495	0.39	0.96	2.44	427,329	395.2	168,860.950	16
230 - 240	272,890	1.068	4,474,733	0.34	0.75	2.23	362,486	447.7	162,277.947	12
240 - 250	179,373	1.071	3,665,364	0.28	0.58	2.06	310,759	504.6	156,795.328	9
250 - 260	142,383	1.075	3,026,069	0.26	0.53	2.01	267,492	565.9	151,385.406	8
260 - 270	56,899	1.078	2,487,798	0.14	0.24	1.72	232,400	632.0	146,877.404	3
270 - 280	45,215	1.082	2,086,947	0.13	0.22	1.70	203,926	702.9	143,337.689	3
280 - 290	36,486	1.087	1,739,922	0.12	0.20	1.68	178,158	778.8	138,743.710	2
290 - 300	10,598		1,439,762	0.01	0.01	1.49				
			358,685,618				22,225,731		4,118,266.402	7,9

$C_{obs.}$ = 7,957,672.317
$CPUE_{obs.}$ = 17.98

F_m = 2.1
$F_{terminal}$ = 0.011

$C_{esp.}$ = 7,9
$CPUE_{esp.}$ = 17.

1993, se tenía un rendimiento de 7,964 t y un valor económico de $ 13,067,320 lo que confirma que en ese año se estaba alcanzando el nuevo estado de equilibrio.

El Análisis de Cohortes proporcionó un rendimiento similar de 7.957 t y estimó que debió haber existido una población de alrededor de 358 millones de individuos para proporcionar la captura registrada en ese año. Por otra parte, la estimación de F por clase de talla permitió establecer el patrón de pesca en Infiernillo que denota la fuerte explotación a que son sometidos los organismos con tallas entre 150 a 200 mm y en menor medida aquéllos mayores a 200 mm de longitud patrón (Tabla 4).

Desde que inició la pesquería en 1970, la única regulación han sido vedas esporádicas y el uso de redes agalleras con una abertura de malla de 8.3 cm que seleccionan a los organismos justo en el momento en que comienzan a madurar, por lo que en lugar de proteger al recurso se ha estado afectando su potencial reproductivo.

El hecho de que se mantenga aún la población, pese a lo inadecuado de su explotación, puede obedecer al éxito reproductivo de la especie que hasta el momento ha logrado suplir las extracciones, pero cada vez con mayor dificultad, como lo demuestra la tendencia en las capturas que año tras año decrecen notablemente. Actualmente se puede considerar que la pesquería se encuentra en un estado de deterioro.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

En los modelos de simulación en que se varió la talla de primera captura y la tasa de mortalidad por pesca (Fig. 4), se hace evidente que con una talla de primera captura de 210 mm se obtendría un mayor rendimiento por recluta si se mantiene la tasa de mortalidad por pesca entre 3.2 y 4. Si se considera el factor de seguridad de $F_{0.1}$, la recomendación sería incrementar la talla de primera captura entre 195 y 205 mm y disminuir el esfuerzo entre 1.3 y 1.4. Sin embargo, esta medida tiene la desventaja de que la protección hacia el potencial reproductivo es reducida.

Los modelos utilizados hacen evidente que con una talla de primera captura de 210 mm se obtendría mayor rendimiento por recluta, manteniendo la tasa de mortalidad por pesca entre 3.2 y 4.0

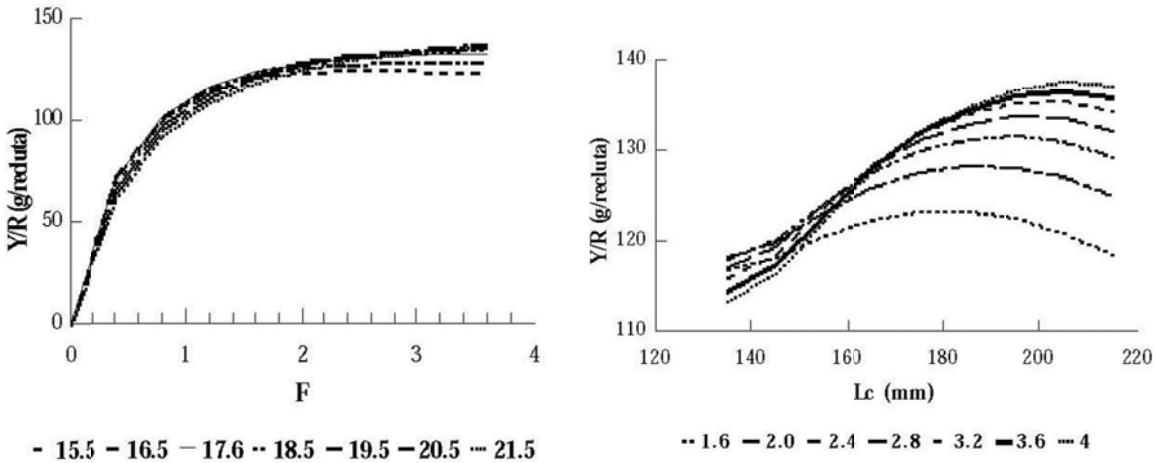


Fig. 4 Resultados de la simulación con modelo de rendimiento por recluta de Beverton y Holt, variando la talla de primera captura y la tasa de mortalidad por pesca.

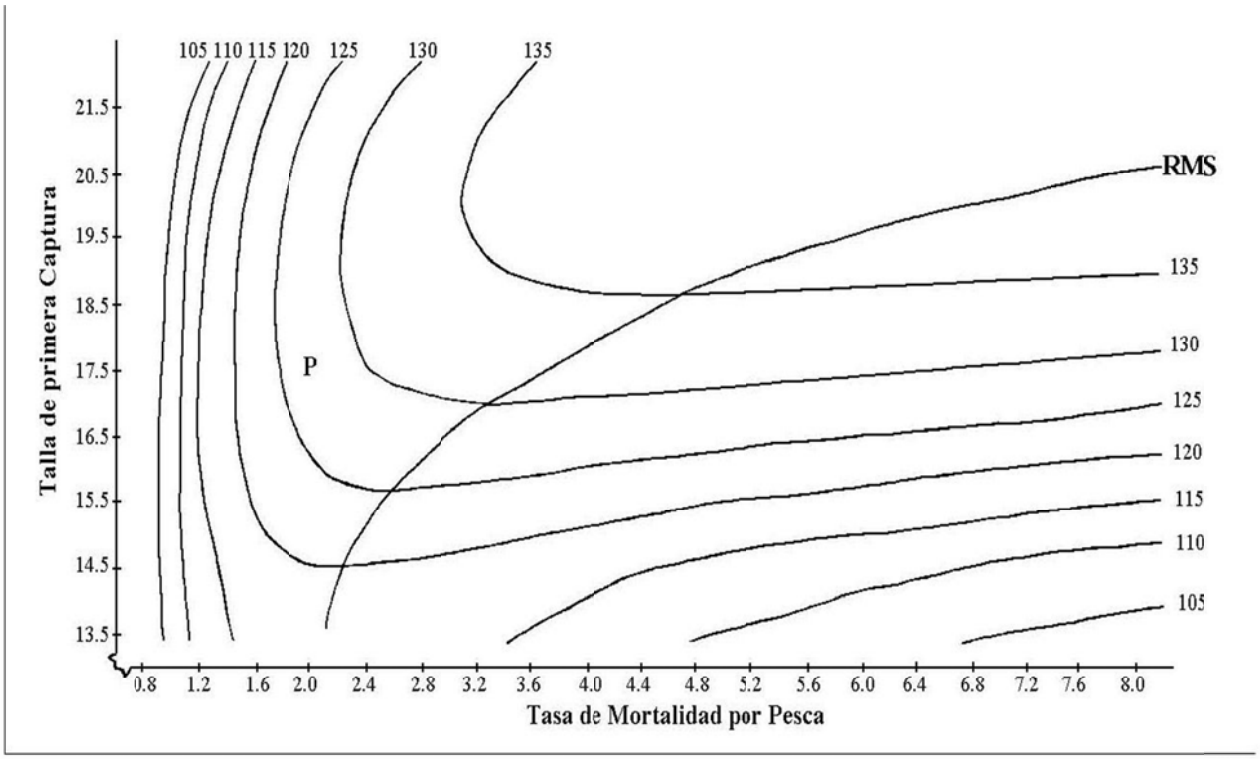


Fig. 5 Isopletas de rendimiento para *Oreochromis aureus* en la presa Infiernillo P = posición de la pesquería en 1993.

Considerando que desde que fueron realizadas estas evaluaciones la actividad pesquera en Infiernillo se sigue realizando de manera inadecuada, es probable que el riesgo de rebasar el nuevo estado de equilibrio está aún latente, si no ha sido rebasado. Por tanto, es necesario disminuir el esfuerzo pesquero o no permitir su incremento, reducir el número de redes a cinco por pescador, incrementar la abertura de malla a 4 pulgadas o 10.2 cm, a fin de capturar organismos mayores de 210 mm para proteger el potencial reproductivo de la tilapia y contribuir a su recuperación. Además de esto es recomendable establecer programas de repoblación controlados cuidando la pureza y condición de los organismos introducidos y crear zonas de protección en los lugares que se señalan en la *figura 1*, que corresponden a zonas de anidamiento detectadas. Aunque estas medidas implican sacrificar un poco la ganancia económica, éstas son necesarias a fin de garantizar la permanencia de la pesquería.

Si no es posible disminuir el esfuerzo, esto es, eliminar pescadores y redes, y no se desea sacrificar la ganancia económica, otra alternativa sería mantener la tasa de mortalidad por pesca en un valor cercano a tres y no exceder ese valor, además de incrementar la abertura de malla de las redes a 4 pulgadas, con lo que se tendría un rendimiento de alrededor de 132 g/recluta y un rendimiento económico de $13,584,600. Sin embargo, esta opción es de mayor riesgo ya que se está a punto de entrar en la parte descendente de la curva de rendimiento en donde un pequeño incremento en el esfuerzo conducirá a un importante descenso en el rendimiento. Esto implicaría mayor énfasis en la repoblación y el cuidado del potencial reproductivo para evitar el colapso de la pesquería.

Para garantizar la permanencia de la pesquería de tilapia, es necesario disminuir el esfuerzo pesquero, e incrementar la abertura de malla a fin de proteger el potencial reproductivo

Se prevé la dificultad de establecer la completa prohibición de pesca en las zonas de protección, en virtud de que los pescadores de cada localidad tienen asignada una región de la presa para pescar y el número de pescadores que se vería afectado con esta medida sería considerable. A éstos pescadores no les sería redituable el desplazarse varios kilómetros en busca del producto en otra zona y esto generaría conflictos con otros pescadores por competencia por el recurso. Por tanto, se recomienda evitar la utilización de cualquier arte de pesca (atarraya o agallera), en la parte somera de éstas regiones, desde la orilla hasta los 3 m de profundidad, permitiendo la pesca en las partes centrales y más profundas de éstas zonas.

Se recomienda no utilizar cualquier arte de pesca en zonas someras del embalse; la pesca se permitirá en las áreas centrales y más profundas

Por otra parte, frente a la localidad de La Obra, existe una ensenada inundada la mayor parte del año y que por su profundidad, tipo de sedimento, vegetación circundante y calidad fisicoquímica, se considera propicia para establecer una especie de encierro (cercando con una red), en donde sería posible establecer un cultivo semi-intensivo de tilapia. Esto tendría la finalidad de controlar las líneas genéticas de tilapia introducidas a la presa, así como la producción de organismos que pueden garantizar la continua disponibilidad de tilapias para repoblación, evitando la introducción de stocks inconvenientes.

Es necesario el monitoreo continuo de la población para verificar el efecto producido por cualquier régimen de pesca elegido, ya que la población puede sufrir cambios importantes en biomasa, estructura, velocidad de crecimiento ó capacidad de reproducción. El monitoreo continuo permitirá modificar el régimen de pesca si las medidas adoptadas no están produciendo el efecto deseado. De igual forma los factores ambientales deberán ser evaluados continuamente.

La diseminación de tilapia en México es tan extensa, que más que erradicarla es conveniente un adecuado manejo científico

Considerando que la pesquería de tilapia en Infiernillo se generó a partir de un reducido número de progenitores, es muy probable que en 25 años el grado de consanguinidad esté acentuado. Si a esto se agrega el efecto de la pesca sobre la población de tilapia y las adaptaciones que ésta ha realizado, es muy probable que el problema en Infiernillo sobrepase el ámbito pesquero. De ahí la urgencia de investigaciones en el ámbito genético, lo que permitirá contar con bases sólidas para establecer un mejor control en la explotación del recurso.

Es evidente la importancia de la tilapia, pese a la falta de previsión en su introducción a diversos embalses. Su diseminación es tan extensa en México, que más que su erradicación es conveniente su manejo científico adecuado.

Una abertura de malla a 10 cm, una tasa de mortalidad por pesca por debajo de tres, o preferentemente el esfuerzo pesquero por debajo de 20,000 redes y 3,100 pescadores, la eliminación de atarrayas y "motoreo", aunado a la protección de las zonas de anidamiento, podrán contribuir a la rehabilitación del stock de tilapia. La máxima producción sustentable se ubica en 8,698 t.

REFERENCIAS

Arredondo Figueroa, J.L. & S.M. Tejeda. 1989. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae), introducidas en México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., UNAM, 16(1): 59-68.

Bernal, B. F. 1984. Análisis de los factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la Presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), Mich.-Gro. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM.

Beverton, R. J. & S. J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *En:* Erzini, K. & M. Castro. 1989. Microcomputer application in fisheries. Inst. Tec. y de Est. Sup. de Monterrey Campus Guaymas. México (inédito).

Chervinsky, J. 1966. Growth of *Tilapia aurea* in brackish water ponds. Bamidgeh 18:81-83.

Dudley, R.G. 1972. Biology of Tilapia on the Kafue floodplain, Zambia: predicted effects of the Kafue George Dam. Ph. D. Thesis, University of Idaho, Moscow, USA.

Fox, W.W. 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. Trans. Am. Fish. Soc. 99:80-88.

Jiménez B., L. 1999. Análisis de la pesquería de tilapia, *Creochromis* spp. (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM. México.

Jiménez B., L. & C. Osuna P. 1993. Informe de avance de Investigación del proyecto: Análisis de la Pesquería de tilapia en Infiernillo. CRIP Pátzcuaro. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Jiménez B., L., P. Trujillo & C. Ramírez. 1997. Aspectos reproductivos de *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) de la presa Infiernillo, Mich.-Gro. México. Mem. V Congreso Nacional de Ictiología. Mazatlán, Sinaloa.

Jiménez B., L. & C. Osuna P. 1998. Estimación de los parámetros de crecimiento de tilapia, *Oreochromis aureus*, de la presa Infiernillo, Mich.-Gro. México. Mem. V Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología del Mar. Boca del Río, Veracruz.

Jiménez B., L. & V.R. Nepita. 2000. Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae), en la presa Infiernillo, Mich.-Gro. México. Rev. Biol. Trop. 48(2). (En prensa).

Jones, R. 1984. Assessing the effects of changes in exploitation pattern using length composition data (with notes on VPA and cohort analysis). FAO Fish. Tech. Pap. 256:1-118.

Juárez P., R. 1989. Presa Adolfo López Mateos El Infiernillo Caracterización. Informe preliminar. SEPESCA (inédito).

Juárez P., R. 1995. Presa Infiernillo Adolfo López Mateos. *En:* De la Lanza E., G. & J.L. García Calderón. (Comp.). Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo. México.

Rosas M., M. 1976. Sobre la existencia de un nemátodo parásito de tilapia nilotica (*Goezia* spp. Goeziidae). Mem. Simp. sobre pesquerías en aguas continentales. INP/SIC. México. II:239-270.

Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bull. I-ATTC/Bol. CIAT 1(2):27-56.

SECOFI. 2000. Reporte mensual del mercado de la Nueva Viga, D.F. Sistema Informativo de Mercados de Pescados y Mariscos. Servicio Nacional de Información e Integración de Mercados. Boletín Julio del 2000.

SEMARNAP. 1998. Diagnóstico Socieconómico Pesquero de la presa Lic. Adolfo López Mateos, Infiernillo, para la elaboración de la propuesta de la Norma Oficial Mexicana. Oficina Regional Francisco J. Mugica. SEMARNAP (inédito).

SEMARNAP. 2000. Reporte ce Producción Anual de la Presa Lic. Adolfo López Mateos de 1981-1999. SEMARNAP Delegación Federal en el estado de Michoacán. Subdelegación de Pesca. Área de Informática y Estadística.

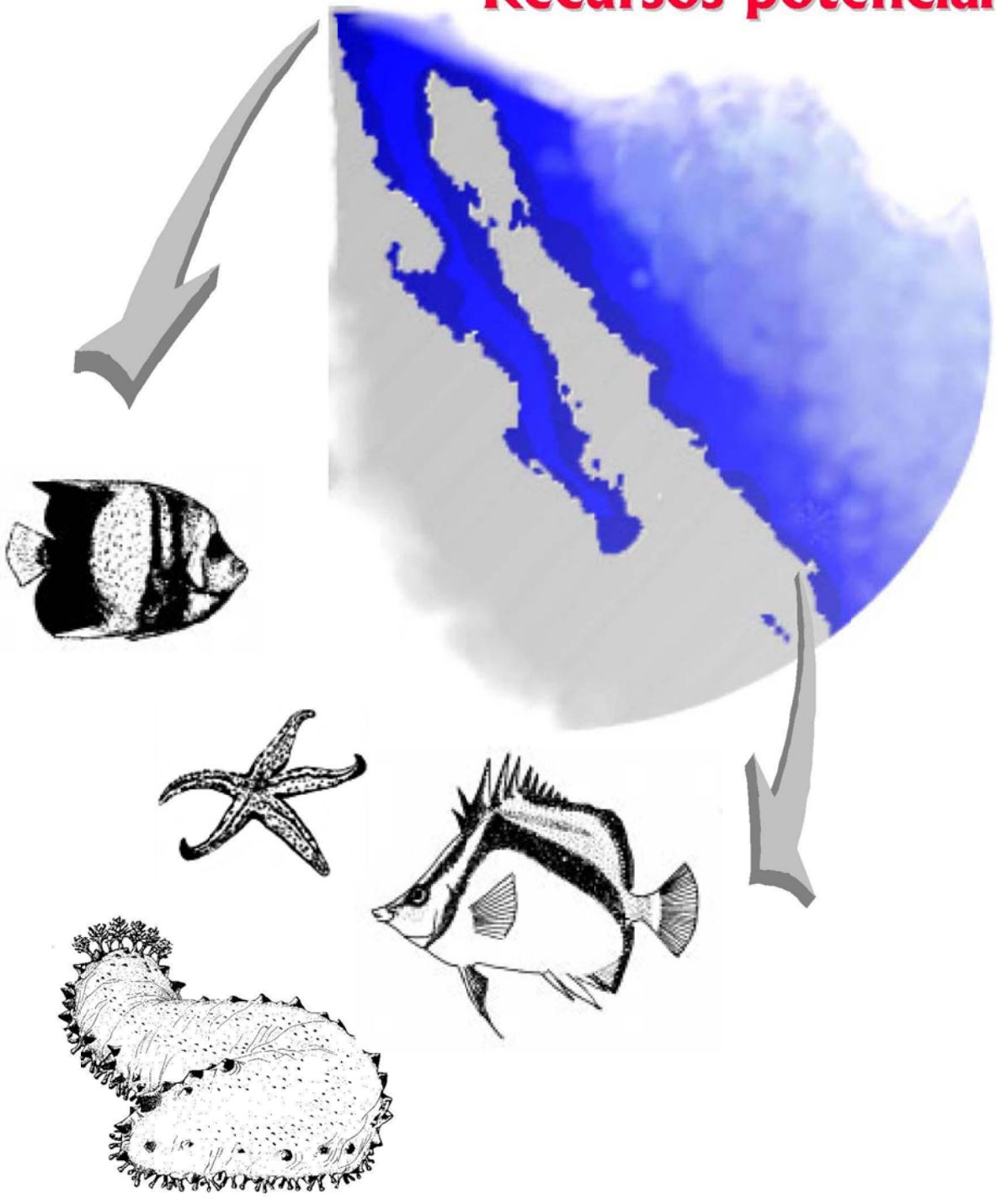
Sugunan, V.V. 1995. Reservoir fisheries of India. FAO Fish. Tech. Pap. 345:1-423.

Thompson, W. F. & F.H. Bell. 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2. Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm. 8:1-49.

Trewavas, E. 1983. A review of the tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Creochromis* and *Danakilia*. Comstack Publishing Associates a Division of Cornell University Press Ithaca, New York.

Welcomme, R.L. (comp.) 1988 International introductions of inland aquatic species. FAO Fish. Tech. Pap. 294:1-318.

Recursos potenciales



morena
Pez trompeta
Erizo rosa
Estrella de mar
pez ángel
coral
Cangrejo de patas azules
Especies marinas de Ornato
Pez trompeta
Estrella de mar
Pepino de roca
Abanico marino
Tiburón cornudo
Raya eléctrica
Morena
Pez escorpión

BREVIARIO DE ESPECIES MARINAS DE ORNATO DEL GOLFO DE CALIFORNIA

ESPECIES: Hidrocoral cuernos de venado *(Janaria mirabilis*), pólipo naranja (*Tubastrea coccinea*), caracol burgado o turbo (*Turbo fluctuosus*), cangrejo cuerno de venado (*Manucomplanus (Pylopagurus) varians*), estrella choco-chip (*Nidorellia armata*) y erizo rosa (*Toxopneustes roseus*). Con respecto a los peces, el ángel rey, de cortés y clarión (*Holacanthus passer*, *Pomacanthus zonipectus* y *H. clarionensis*), mariposa de tres bandas y la barbero (*Chaetodon humeralis* y *Johnrandallia (Heniochus) nigrirostris*), morena cebra (*Gymnomuraena (Echidna) zebra*), cardenal rojo (*Apogon retrosella*) y gobio de punto azul (*Opistognathus rosenblatti*).

- Se capturan aproximadamente 320 especies diferentes, de las cuales 150 son invertebrados y 170 son peces.
- Aproximadamente el 80% de los peces que son capturados para la industria del acuarismo, se extraen también para consumo humano.
- Las capturas se realizan mediante el empleo de buceo libre, buceo semiautónomo (con compresor o Hooka) y/o buceo autónomo (tipo SCUBA). Las actividades de captura generalmente son diurnas.
- Se emplean artes de pesca no destructivas como son: redes de mano o de cuchara, redes de barrera, Chinchorros, anzuelos y líneas, red de cerco, pistola de succión y en ciertos casos quinaldina diluida.
- México, a diferencia de otros países, no posee actualmente un registro histórico ni continuo de las capturas de especies marinas para surtir al mercado del acuarismo.
- Se han otorgado permisos de pesca de fomento para conocer el estado actual de las poblaciones involucradas en la pesquería.
- Los estudios recientes sobre poblaciones de especies arrecifales indican que existen algunas especies con potencial de aprovechamiento.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Captura en el periodo 1999-2000: 14,130 individuos.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Con potencial de desarrollo.

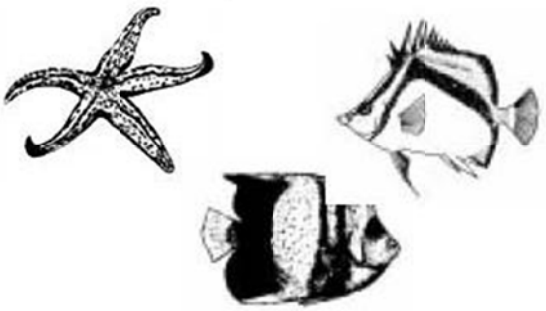
MEDIDAS DE MANEJO

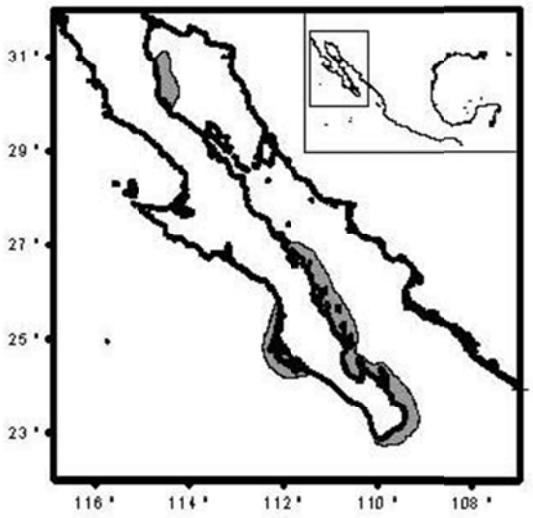
- Otorgar permisos de pesca de fomento, establecer cuotas y sitios de captura, promover la rotación de las áreas de captura. Posible veda para determinadas especies y zonas. Integrar al sector académico en la toma de decisiones.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger a las especies clave, vulnerables y endémicas, así como las zonas de reproducción y reclutamiento. Realizar la toma de decisiones con bases científicas y técnicas sólidas.

ESPECIES MARINAS DE ORNATO DEL GOLFO DE CALIFORNIA





EL RECURSO:

IMPORTANCIA

Las especies marinas de importancia ornamental son aquellas que se capturan para mantenerse vivas en acuarios o estanques; su valor y uso está dirigido a la belleza escénica que sus formas y vivos colores producen. La extracción en aguas mexicanas de estas especies se realiza en regiones tropicales, subtropicales y templadas; y se caracteriza por ser multiespecífica y el volumen de las capturas depende de la abundancia estacional (Piña, 1994; 2000). El aprovechamiento de las especies con fines ornamentales representa una valiosa fuente de empleos para algunas comunidades ribereñas del país y para la industria relacionada con la venta de equipos y accesorios para acuarios. Gran parte de las capturas está destinada a la comercialización de los organismos vivos para mantenerlos en estanques como mascotas y un porcentaje más pequeño son empleados para su exhibición en acuarios públicos y educativos.

A mediados de los setenta se registraron en México las primeras capturas "formales" de especies marinas para su comercialización en la industria de la acuariofilia. El destino final fue primordialmente el mercado de E.U. (com. pers. Permisionario Arturo Valdéz).

Las especies marinas de ornato son aquellas que se capturan para mantenerse vivas en acuarios o estanques; su valor y uso se debe a la belleza de sus formas y vivos colores

Hasta 1993, la extracción de especies marinas ornamentales en México no era considerada de gran relevancia y por tal motivo no se llevaba a cabo un registro formal y continuo. Esto trajo como consecuencia que en la actualidad no se posea la información relacionada con la producción nacional, ni el lugar que ocupa México en la producción mundial.

El número de especies que se aprovechan en el Golfo de California con fines ornamertales asciende a más de 320, de las cuales aproximadamente 150 son invertebrados y 170 peces.

Con respecto a los invertebrados, México es uno de los países cuyos mares presentan mayor diversidad, aunque muy pocos especialistas de nuestro país están dedicados al estudio de estos organismos marinos (Solís-Marín, 1999).

El número de especies que se aprovechan en el Golfo de California con fines ornamentales asciende a más de 320, de las cuales aproximadamente 150 son invertebrados y 170 peces

De hecho, los inventarios faunísticos y la información existente distan mucho de ser completos. En general existe muy poca información del grupo de los invertebrados tanto en las zonas someras como en las profundas de las costas mexicanas; la Península de Baja California es la zona más estudiada, aunque principalmente por científicos extranjeros. La información recopilada por parte del Programa Nacional Especies Marinas de Ornato ha sido escasa para algunos phyla.

Los invertebrados de ornato se agrupan principalmente en las siguientes categorías: esponjas (phylum Porifera); hidroides, anémonas, corales y gorgonios del phylum Cnidaria, gusanos planos y gusanos segmentados de los phyla Platyhelmintes *y* Annelida; almejas, caracoles, nudibranquios y pulpos del phylum Mollusca; camarones, langostas y cangrejos del phylum Arthropoda y por último las estrellas de mar, estrellas frágiles, pepinos y erizos de mar, integrantes del phylum Echinodermata (Brusca, 1980). En la *tabla 1* se presentan las 30 especies de invertebrados con mayor demanda de captura para la industria del acuarismo, de las cuales siete son endémicas, es decir su distribución geográfica se encuentra restringida al Golfo de California. Dado que en México no se acostumbra el uso de nombres comunes, la información correspondiente a esta columna, se obtuvo a partir de las listas presentadas por los titulares de permisos para el aprovechamiento de estas especies. Por tal motivo, pueden no ser los empleados por la comunidad académica ni por los propios pescadores. A diferencia de los nombres comunes en inglés, en cuyo caso se obtuvieron a partir de diversas fuentes bibliográficas (Keen, 1971; Tucker, 1974; Zeiller, 1974; Morris, 1980; Brusca, 1980; Kerstitch, 1989 Gotshall, 1994; Hendler, 1995 y Gosliner, 1996).

Las 170 especies de peces se encuentran ubicadas taxonómicamente dentro de las 55 familias que se mencionan en la *tabla 2*. Algunas de estas familias se conocen comúnmente como: tiburones, rayas eléctricas, morenas, anguilas de jardín, peces sapo, peces ardilla, cabrillas y meros, peces candil, jureles, pargos, mojarras, burros, peces chivo, peces mariposa, peces ángel, peces castañuela, peces halcón, señoritas o viejas, pericos, boca grande, blenios, gobios, peces cirujano, ídolo moro, peces puerco o ballesta, botetes y por último peces globo (Allen *et al.*, 1994).

La mayor parte de las especies de peces arrecifales que se distribuyen dentro del Golfo de California y son capturadas para acuarios tanto educativos como comerciales, se caracterizan por su patrón de coloración, forma o comportamiento. La tercera parte de las especies se capturan en estados juveniles, dado que es en este periodo en el que sus colores son más brillantes, otra tercera parte se captura en estados juveniles y adultos y un tercio más, únicamente en estado adulto. Por otra parte, aproximadamente el 80% de los peces que son capturados para la industria del acuarismo, se extraen también para consumo humano. Del total de especies extraídas con fines de ornato, las 38 que se muestran en la *tabla 3* son las que presentan una mayor demanda para la industria (Piña, 1998).

BIOLOGÍA

La mayor parte de las especies de peces arrecifales que se distribuyen dentro del Golfo de California son capturadas para acuarios, tanto educativos como comerciales

La extracción de especies marinas con fines de ornato, como se mencionó anteriormente, es multiespecífica por involucrar a más de 300 especies tanto de invertebrados como de peces que se distribuyen dentro del Golfo de California y del Pacífico norte, centro y sur. Considerando que éste número es demasiado elevado y el describir la biología de todas y cada una de ellas sería demasiado extenso, a continuación se hace una descripción de la biología correspondiente a los grandes grupos en donde se encuentran ubicadas taxonómicamente las especies en cuestión. De tal forma se presenta la biología de los siguientes phyla para el caso de invertebrados: Porifera, Cnidaria, Platyhelmintes, Nemertea, Annelida, Mollusca, Artrhopoda y Echinodermata. Estos phyla integran la totalidad de las especies de invertebrados de importancia ornamental. No así en el

Tabla 1. Lista de invertebrados marinos con mayor demanda ornamental.

	Clase	Nombre científico	Nombres comunes en español	Nombres comunes en inglés
1	Hydrozoa	*Janaria mirabilis (*)*	Hidrocoral cuernos de venado	Staghorn hydrocoral
2	Anthozoa	*Eugorgia ampla (*)*	Gorgonia amarilla	Yellow gorgonian
3	Anthozoa	*Eugorgia aurantica (*)*	Abanico marino	Bunpi orange gorgonian
4	Anthozoa	*Muricea fructicosa*	Abanico, Gorgonio	Brown gorgonian
5	Anthozoa	*Muricea* sp	Abanico, Gorgonio	Robust gorgonian
6	Anthozoa	*Pacifigorgia* spp	Abanico	Panamic sea fan
7	Anthozoa	*Palythoa ignota (*)*	Pólipo	Green zooanthid
8	Anthozoa	*Tubastrea coccinea*	Pólipo naranja	Orange cup coral
9	Gastropoda	*Hypselodoris californiensis*	Nudibranquio	California dorid
10	Gastropoda	*Turbo fluctuosus (*)*	Caracol burgado o turbo	Chevron turban snail
11	Crustacea	*Aniculus elegans*	Cangrejo pelo rojo	Hairy red hermit
12	Crustacea	*Calcinus californica*	Cangrejo San Sebastián	Redleg hermit crab
13	Crustacea	*Clibanarius digueti*	Cangrejo patas azules	Blue spotted hermit crab
14	Crustacea	*Gnathophyllum panamense*	Camarón barril	Cortez barrel shrimp
15	Crustacea	*Manucomplanus (Pylopagurus) varians (*)*	Cangrejo cuerno de venado	Staghorn hermit crab
16	Crustacea	*Paguristes sanguinimanus*	Cangrejo ojo azul	Blue eyed hermit
17	Crustacea	*Stenorhynchus debilis*	Cangrejo flecha	Panamic arrowcrab
18	Asteroidea	*Amphiaster insignis*	Estrella pico rojo	Spiny sea star
19	Asteroidea	*Echinaster (Othilia) tenuispina (*)*	Estrellita anaranjada de espinas pequeñas	Orange star
20	Asteroidea	*Nidorellia armata*	Estrella choco-chip	Chocolate chip sea star
21	Asteroidea	*Pentaceraster cumingi*	Estrella colorada	Gulf star
22	Asteroidea	*Pharia pyramidata*	Estrella amarilla de pecas	Pyramid starfish
23	Asteroidea	*Phataria unifacialis*	Estrella azul	Tan starfish
24	Ophiuroidea	*Astrocaneum spinosum*	Estrella canasta	Basket sea star
25	Echinoidea	*Centrostephanus coronatus*	Erizo venenoso	Crowned urchin
26	Echinoidea	*Eucidaris thouarsii*	Erizo punta de lápiz	Slate pencil urchin
27	Echinoidea	*Leiaster teres*	Estrella uva o guinda	Smooth sea starfish
28	Echinoidea	*Toxopneustes roseus*	Erizo rosa	Flower urchin
29	Holothuroidea	*Euapta godeffroyi*	Pepino víbora	Cucumber
30	Holothuroidea	*Holothuria (Selenkothuria) lubrica*	Pepino verde de roca	Sulphur cucumber

(*)= Endémico

caso de los peces, en donde las familias involucradas son más de 50, y por tal motivo, se da un panorama muy general de la biología del grupo Pisces.

- **Invertebrados**

Los invertebrados marinos que se capturan en el Golfo de California para proveer a la industria del acuarismo son habitantes de una gran variedad de ecosistemas; se les puede encontrar adheridos a rocas, sobre corales blandos o duros, en parches de arena y en algunos casos nadando libremente en la columna de agua.

Tabla 2. Lista taxonómica de familias a las que pertenecen los peces de mayor demanda ornamental

	Familia	Nombre común en español e inglés		Familia	Nombre común en español e inglés
1	Heterodontidae	Tiburones cornudos. Horn sharks.	29	Haemulidae, Pomadasyidae o Pristopomatidae	Burros. Grunts.
2	Carcharhinidae	Tiburones. Sandbar sharks.	30	Sciaenidae	Roncadores. Croakers.
3	Rhinobatidae	Guitarras. Guitarfishes.	31	Sparidae	Chopas, sargos y mojarrones. Porgies.
4	Narcinidae	Rayas eléctricas. Electric rays.	32	Mullidae	Chivos o salmonetes. Goatfishes.
5	Dasyatidae	Rayas látigo. Stingray.	33	Kyphosidae	Chopas. Nibblers, sea chubs o halfmoons.
6	Urolophidae	Rayas. Stingray.	34	Ephippidae o Girellidae.	Peluqueros. Barberos. Spadefishes.
7	Muraenidae	Morenas. Moray eels.	35	Chaetodontidae	Mariposas. Butterflyfishes.
8	Ophichthidae	Anguilas culebra. Snake eels.	36	Pomacanthidae	Peces ángel. Angelfishes.
9	Congridae	Anguilas congrio y anguilas de jardín. Conger y garden eels.	37	Pomacentridae	Castañuelas. Damselfishes.
10	Clupeidae	Sardinas. Herrings.	38	Cirrhitidae	Halcones. Hawkfishes.
11	Antennariidae	Peces pescadores. Frogfishes.	39	Mugilidae	Lisas. Mullets.
12	Ogcocephalidae	Peces murciélago. Batfishes.	40	Sphyraenidae	Barracudas. Barracudas.
13	Holocentridae	Peces ardillla. Squirrelfishes.	41	Labridae	Señoritas o viejas. Wrasses.
14	Fistulariidae	Peces corneta. Cornetfishes.	42	Scaridae	Peces loro o pericos. Parrot fishes.
15	Aulostomidae	Peces trompeta. Trumpetfishes.	43	Opistognathidae	Bocas grandes. Jawfishes.
16	Syngnathidae	Peces pipa y caballitos de mar. Pipefishes y seahorses.	44	Labrisomidae	Trambollos. Weed blennies.
17	Scorpaenidae	Peces escorpión. Scorpionfishes, rockfishes.	45	Chaenopsidae	Trambollos alargados. Tube blennies.
18	Triglidae	Soldaditos. Gurnards.	46	Blenniidae	Trambollitos. Combtooth blennies.
19	Serranidae	Cabrillas y meros. Sea basses.	47	Gobiidae	Gobios. Gobies.
20	Grammistidae	Jaboneros. Soapfishes.	48	Acanthuridae	Peces cirujanos, lanceros. Surgeonfishes.
21	Priacanthidae	Semáforos. Bigeyes.	49	Zanclidae	Idolo moro. Moorish idol.
22	Apogonidae	Cardenales. Cardinalfishes	50	Achiridae	Lenguados. New world soles.

Tabla 2. continuación...

23	Malacanthidae	Piernas. Tilefishes.	51	Balistidae	Peces puerco. Triggerfishes o filefishes.
24	Carangidae	Macarelas o jureles. Jacks.	52	Monacanthidae	Lijas. Filefishes.
25	Nematistiidae	Pejegallos. Roosterfish.	53	Ostraciidae	Botetes.Cowfish. boxfishes.
26	Coryphaenidae	Dorados. Dolphinfishes.	54	Tetraodontidae	Peces puerco y botetes. Porcupinedfishes y trunkfishes.
27	Lutjanidae	Pargos. Snappers.	55	Diodontidae	Peces erizo. Porcupinefishes.
28	Gerreidae	Mojarras. Striped mojarra.			

La gran variedad de ecosistemas marinos y la alta biodiversidad que presenta el Golfo de California favorece la captura de un número elevado de especies de invertebrados. Se sabe que existen más de 150 especies que se capturan con fines de ornato. Estas especies se agrupan de acuerdo a su movilidad, en aquellas que carecen de movimiento y las que presentan algún tipo de movimiento. Al primer grupo se le conoce también como organismos sésiles y son todas aquellas especies que proveen la cobertura viviente básica de los arrecifes como los corales, hidroides, gorgonáceos, anémonas, esponjas, briozoarios y ascidias. El espacio disponible en el sustrato es de gran importancia para su supervivencia. El segundo grupo se conoce como especies sedentarias e incluye almejas, caracoles, erizos, cangrejos, estrellas y pepinos de mar. Algunas se desplazan a distancias muy cortas y otras pueden trasladarse grandes distancias hacia diferentes tipos de hábitat, por su locomoción estos organismos se caracterizan por caminar, deslizarse, nadar y en ocasiones saltar.

En su conjunto, el grupo de invertebrados presenta una amplia gama de estrategias alimenticias que va desde los alimentadores pasivos por suspensión, es decir los que capturan las partículas suspendidas en el agua, hasta los carnívoros estrictos, quienes ingieren una gran variedad de organismos como moluscos, crustáceos y equinodermos. También hay organismos que se alimentan de la materia orgánica del fondo, mejor conocidos como detritívoros. Muchas de las especies pueden utilizar una o varias formas de alimentación, dependiendo de las restricciones del medio y/o la disposición de alimento.

Los invertebrados marinos se pueden encontrar adheridos a rocas, sobre corales blandos o duros, en parches de arena y en algunos casos nadando libremente en la columna de agua

Con respecto a las asociaciones que presentan algunas especies de invertebrados se puede mencionar la que existe entre el coral cuernos de venado, *Janaria mirabilis*, y el cangrejo ermitaño, *Manucomplanus (Pylopagurus) varians*.

A continuación se describen brevemente algunas características biológicas (Barnes, 1986), de cada uno de los grupos de invertebrados, las cuales pueden ser de importancia para el manejo:

- Esponjas (phylum Porifera)

La mayor parte de las esponjas se reproducen asexualmente; por lo general producen óvulos y espermatozoides en diferentes épocas del año, pero también existen especies hermafroditas y dioicas. Algunas esponjas marinas sólo viven un año; otras viven mucho más. Las de regiones templadas suelen entrar en latencia durante el invierno, pero al subir la temperatura del agua la esponja vuelve a desarrollar el estado funcional adulto. Es un phylum que no tiene gran demanda como organismos ornamentales, ya que sólo se captura una especie en la región del Golfo de California (*Pseudosuberites pseudos*).

Tabla 3. Lista de peces marinos con mayor demanda ornamental

	Familia	Nombre científico	Nombres comunes en español	Nombres comunes en inglés
1	Muraenidae	*Gymnomuraena (Echidna) zebra*	Morena cebra.	Zebra moray.
2	Muraenidae	*Gymnothorax castaneus*	Morena verde.	Panamic moray eel.
3	Congridae	*Heteroconger (Taeniconger) digueti*	Anguila de jardín.	Cortez garden eel.
4	Holocentridae	*Myripristis leiognathus*	Candil soldado; pez soldado.	Squirrelfish.
5	Holocentridae	*Sargocentron (Adioryx) suborbitalis*	Candil; sol; pez ardilla; candil soldado.	Tinsel squirrelfish; squirrelfish; broosy squirrelfish.
6	Serranidae	*Alphestes (Epinephelus) afer*	Aceituna; Cherna; guaseta; ojo rojo; Cabrilla morena.	Mutton hamlet; small grouper.
7	Serranidae	*Paranthias colonus*	Rabirrubia de lo alto; serrano indio; pez criollo; cardenal Pacífico.	Creolefish; Pacific creolefish.
8	Serranidae	*Serranus fasciatus*	Serrano; serrano rayado.	Barred serrano.
9	Apogonidae	*Apogon retrosella**	Cardenal; cardenal rojo.	Cardinalfish; barspot cardinalfish.
10	Carangidae	*Selene brevoortii*	Hacha del Pacífico; chabelita; jorobado.	
11	Carangidae	*Trachinotus rhodopus*	Pampanito; palometa; pámpano amarillo.	Gafftopsail.
12	Lutjanidae	*Hoplopagrus güntheri*	Pargo rayado; coconaco; parguito bandeado; pargo raicero.	Barred pargo; mexican barred snapper.
13	Lutjanidae	*Lutjanus viridis*	Huachinango; huachinango oro-azul; pargo rayado.	Blue and gold snapper; Bluelined snapper.
14	Sciaenidae	*Pareques (Equetus) viola*	Roncador de las rocas; pez sombrerero alto; tamborillo; pez dragón.	Gungo; rock croaker.
15	Mullidae	*Mulloidichtys dentatus*	Salmonete; chivito; pez chiva; chivito línea dorada.	Mexican goatfish.
16	Chaetodontidae	*Chaetodon humeralis*	Muñeca; mariposa de tres bandas; mariposa banda negra; mariposa bandeada.	Threebanded; butterflyfish; East Pacific banded butterflyfish.
17	Chaetodontidae	*Johnrandallia (Heniochus) nigrirostris*	Barbero; mariposa; mariposa barbero.	Barberfish.
18	Pomacanthidae	*Holacanthus passer*	Ángel real; ángel rey; angelito passer.	King angelfish; passer angelfish.
19	Pomacanthidae	*Holacanthus clarionensis**	Ángel clarión.	Clarion angelfish.
20	Pomacanthidae	*Pomacanthus zonipectus*	Angel de Cortés; mojarra piedrera; gallina negra; zopilote.	Cortes angel fish.

21	Pomacentridae	*Microspathodon dorsalis*	Castañuela; castañuela gigante; castañeta; jollita; azulito punto azul.	Midnigth damselfish; Gian damselfish.
22	Pomacentridae	*Stegastes (Eupomacentrus) flavilatus*	Pez de dos colores; azulito dos colores; dama bicolor; bello gregorio.	Beaubrummel.
23	Pomacentridae	*Stegastes Eupomacentrus rectifraenum**	Pez azul de Cortés; pez azul de dos colores; azul de Cortés; damisela común.	Cortez damselfish; Cortez chromis.
24	Cirrhitidae	*Cirrhitichthys oxycephalus*	Halcón de coral; halcón pecoso.	Coral hawkfish; Pixy hawkfish.
25	Labridae	*Bodianus diplotaenia*	Vieja; gallo; perrito mexicano.	Hogfish; Mexican hogfish.
26	Labridae	*Halichoeres chierchiae*	Señorita herida; cocinero hembra.	Pounded wrasse.
27	Labridae	*Halichoeres dispilus*	Señorita; señorita bicolor; lábrido bicolor; cocinero rojo.	Chameleon wrasse.
28	Labridae	*Thalassoma lucasanum*	Cocinero, lábrido arcoiris; caramelo; cocinero cabeza azul.	Cortez rainbow wrasse.
29	Labridae	*Thalassoma lutescens*	Viejita; señorita amanecer; cocinero verde; lábrido atardecer.	Sunset wrasse; yellow wrasse.
30	Scaridae	*Scarus ghobban*	Perico; pez loro; loco guacamayo; perico arcoiris.	Rainbow parrotfish; green parrotfish; bluebarred parrotfish.
31	Scaridae	*Scarus rubroviolaceus*	Perico; perico bicolor; Bicolor.	Parrotfish; ember parrotfis
32	Opistognathidae	*Opistognathus rosenblatti**	Boca grande de puntos azules; gobio punto azul.	Blue-spotted jawfish.
33	Acanthuridae	*Acanthurus triostegus*	Cirujano; cirujano reo; cirujano convicto; lancero.	Convict surgeonfish; Convict tang.
34	Acanthuridae	*Prionurus punctatus*	Cochinito; cirujano cochinito; bota cola amarilla.	Yellowtail surgeonfish.
35	Zanclidae	*Zanclus canescens (Zanclus cornutus)*	Idolo moro; pez cirujano.	Moorish idol.
36	Tetraodontidae	*Arothron meleagris*	Botete negro o dorado; Pez globo; tambor; tamborín.	Guineafowl puffers; golde puffer; spotted puffer.
37	Tetraodontidae	*Canthigaster punctatissima*	Botete bonito; botetito; botete pinto; pez globo; tambor; tamborín.	Sharpnosed puffer; spotted sharpnosed puffer.
38	Diodontidae	*Diodon holocanthus*	Pez erizo; pez puerco; puercoespín; tamborillo.	Porcupine puffer; balloonfish; freckled porcuspinefish.

*** Endémico**

Fuentes: Torres-Orozco, 1979; Gotshall, 1987; Goodson, 1988; Piña, 1995; Thompson, 1991; de la Cruz-Agüero *et al.*, 1997.

- Medusas, anémonas, corales y gorgonios (phylum Cnidaria)

Las *medusas* se reproducen sexualmente y la mayoría son dioicas. La fecundación puede ser interna o externa. El tiempo de vida de las medusas va de unos cuantos días a varios meses.

Las *anémonas* en cambio, se reproducen por división o fisión asexual longitudinal y algunas especies lo hacen por fisión transversal. Pueden ser hermafroditas o dioicas; las especies hermafroditas son protándricas, es decir forman espermatozoides antes de formar óvulos.

En los *corales y gorgonios*, la reproducción sexual es análoga a la observada en las anémonas y hay especies tanto dioicas como hermafroditas. El pólipo único, originado por reproducción sexual, se fija y después, por gemación asexual, se convierte en el progenitor de los restantes miembros de la colonia.

El phylum Cnidaria (junto con Mollusca y Echinodermata) es uno de los tres phyla que posee mayor importancia para el comercio de la acuariofilia, pues se capturan aproximadamente 40 especies diferentes.

- Gusanos planos (phylum Platyhelmintes) y Gusanos de cinta (Phylum Nemertea)

Las especies pertenecientes al grupo de los gusanos planos son bentónicas, es decir que se les puede encontrar sobre la arena, lodo, bajo piedras o conchas. Son depredadores y carroñeros; se caracterizan por ser hermafroditas simultáneos, con aparatos reproductores adaptados a la fecundación interna y ovoposición; el desarrollo puede ser mediante una larva libre nadadora o directo.

La demanda que presentan ambos grupos es reducida pues únicamente se captura una especie de cada uno de ellos.

- Gusanos poliquetos (phylum Annelida)

Algunos de estos gusanos se reproducen asexualmente; este fenómeno tiene lugar por gemación o división del cuerpo en dos o más fragmentos, sin embargo, la mayoría de las especies se reproduce sexualmente y son dioicas. La longevidad que presentan casi todas las especies es de dos años. Su demanda como especies de ornato es baja pues sólo se capturan tres especies.

- Almejas, caracoles, nudibranquios y pulpos (phylum Mollusca)

La mayor parte de las *almejas o bivalvos* son dioicos y otros son hermafroditas; la fecundación es externa, es decir que tiene lugar en el agua circundante. El desarrollo es planctónico, con larva trocófora y velíger. Como ocurre en los gasterópodos, la tasa de crecimiento y longevidad de los bivalvos varían desmesuradamente. Las especies de importancia alimenticia son las más estudiadas y se conoce más acerca de su biología.

Por su parte, muchos *caracoles o gasterópodos* son dioicos, otros son hermafrodritas protándricos o simultáneos. En todos los casos se realiza cópula, presentando así fecundación interna. Son ovíparos. En su mayoría alcanzan el tamaño adulto y la madurez sexual entre los 6 meses y 2 años de edad. Los individuos que conforman este phylum son los que poseen mayor interés ornamental, pues se capturan 41 especies diferentes.

- Camarones, langostas y cangrejos (phylum Arthropoda)

La mayoría de estos organismos se caracteriza por presentar una clara diferenciación sexual, pero también puede haber hermafroditas. Un gran porcentaje de los crustáceos copula, siendo muy común la incubación de los huevos. Se capturan 28 especies diferentes.

- Estrellas de mar, estrellas frágiles, pepinos y erizos (phylum Echinodermata)

Salvo unas pocas excepciones, las *estrellas de mar* son dioicas y poseen diez gónadas, dos en cada brazo. En la mayoría, los huevos y espermatozoides son depositados libremente en el agua del mar, donde se produce la fecundación. La tasa de crecimiento y longevidad son variables; algunos viven 10 años y otros 34.

La mayor parte de los *pepinos* son dioicos, pero existen también hermafroditas protándricos. El desarrollo se produce externamente en el agua de mar y el embrión es planctónico. En la pesquería mexicana son 39 las especies que se explotan de este phylum.

- **Peces**

En relación a los peces marinos se han desarrollado diversos escritos que aunque no son suficientes, conforman un marco científico base para el conocimiento de las especies ornamentales. Dentro de los estudios que se han realizado se pueden citar los siguientes:

- comportamiento reproductivo: Petersen, 1987; Foster, 1989; Hoezler, 1990, Gushima, 1991; Prappas *et al.*, 1991 y Arellano, 1997;

- hábitos alimenticios: Bermúdez *et al.*, 1985; Estrada, 1986; Foster, 1987; Colín *et al.*, 1988; Duarte *et al.*, 1988; Guzmán, 1989; Hartney, 1989; Hourigan, 1989; Guzmán *et al.*, 1991 y Pérez-España, 1994;

- dinámica poblacional: Behrents, 1987; Buesa, 1987; Victor, 1987; Auster, 1988; Coronado-Molina, 1988; Doherty, 1988; Garratt, 1988; Guzmán, 1988; Warner *et al.*, 1988; Adrim, 1989; Cavariviere, 1990; Clavijo, 1990; Fowler, 1990; Jeffrey *et al.*, 1990 y Parker, 1990;

- comportamiento en general: Johnson *et al.*, 1988; Strand, 1988 y Schober *et al.*, 1992;

- biología y taxonomía: Bernacseck, 1987 y Mohan *et al.*, 1988;

- estadios larvales: Richards, 1986; Leis *et al.*, 1987; Martínez-Pecero *et al.*, 1990; Wellington *et al.*, 1992 y Watson *et al.*, 1992;

- reproducción: Donaldson, 1989; Hastings, 1989 y Cole *et al.*, 1990;

- distribución y abundancia: Abitia-Cárdenas *et al.*, 1994; Rodríguez-Romero *et al.*, 1994; Balart, 1995; Rodríguez-Romero *et al.*, 1996; Castro-Aguirre *et al.*, 1997 y Ortíz-Sánchez *et al.*, 1997;

- otros temas específicos: Hildebrand *et al.*, 1964; Albaladejo *et al.*, 1981; Garratt, 1988; Sikkel, 1990; Matus-Nivón *et al.*, 1990; Bernadsky *et al.*, 1991 y Anaya, 1993.

Los peces marinos de importancia ornamental del Golfo de California habitan principalmente ecosistemas arrecifales de tipo rocoso y en menor grado en parches de arena, pastos marinos y ecosistemas mixtos (la combinación de dos o más de los anteriores). Los hay de hábitos diurnos y también nocturnos y pueden

existir solos, en parejas o formando grandes cardúmenes. Se les encuentra desde la superficie hasta profundidades mayores a 50 m, moviéndose libremente en la columna de agua, asociados al sustrato y a las cabezas de coral o descansando dentro de grietas y hoquedades.

Al igual que en el caso de los invertebrados, la gran biodiversidad del Golfo genera el interés de nacionales y extranjeros por capturar organismos de más de 170 especies de peces, cuya distribución espacio-temporal se ve ampliamente influenciada por la profundidad del agua. Se han definido tres categorías principales de profundidad: poco profundo o somero (0-4 m), intermedio (5-19 m) y profundo (a partir de 20 m (Allen, 1994). Los límites de profundidad de estas zonas pueden variar localmente dependiendo de la cantidad de refugios existentes y de las condiciones de mar. El ambiente poco profundo o somero se caracteriza por la presencia de olas. En las áreas altamente protegidas como las bahías, las olas pueden ejercer influencia sólo a unos cuantos centímetros; sin embargo, el efecto de éstas puede extenderse algunas veces hasta 10 m de profundidad en los arrecifes expuestos a oleajes oceánicos fuertes. La zona de profundidad intermedia posee generalmente la mayor abundancia de peces y de corales vivos. Aquí la acción de las olas es mínima a pesar de que las corrientes generalmente son fuertes.

Los peces marinos de importancia ornamental habitan principalmente ecosistemas arrecifales de tipo rocoso y en menor grado en parches de arena, pastos marinos y ecosistemas mixtos

Dentro del grupo de los peces se puede observar la presencia de una gran variedad de tipos de alimentación, desde los zooplanctófagos, los herbívoros, omnívoros, carnívoros y piscívoros.

Es difícil describir las asociaciones entre las especies de importancia ornamental; a continuación se resaltan dos de las más conocidas. Los organismos de la familia Chaenopsidae o blenios de tubo, viven en áreas limitadas por la presencia de ciertos tipos de conchas de balanos o tubos de gusanos poliquetos vacíos utilizados como refugio o para depositar sus huevos (Allen, 1994). Otra asociación singular es y la que se presenta entre la tijereta (*Chromis atrilobata*) y el ángel rey (*Holacanthus passer*), quien se alimenta en gran medida de las heces fecales de la primera (Aburto-Oropeza, 1999).

Con relación a los hábitos reproductivos y estrategias de vida, en su mayoría las especies arrecifales son ovíparas con fertilización externa. Un porcentaje más bajo de especies es vivíparo, es decir, la descendencia nace viva y posee la capacidad de defenderse ella misma a partir de su nacimiento, como los tiburones y las rayas.

Dentro de la categoría de los ovíparos se pueden presentar dos estrategias diferentes de fertilización de huevos:

a) Fertilización pelágica. Cuando las hembras liberan un gran número de huevos pequeños de flotación positiva en la columna de agua, quedando a merced de las corrientes, donde son fertilizados. Los desoves están precedidos por cortejos nupciales y cambios temporales de coloración. Este comportamiento generalmente se concentra en periodos cortos, a menudo al atardecer o poco tiempo después. Los grupos de peces que presentan este tipo de comportamiento son los peces ángel, viejas, pericos y botetes.

Los huevos fertilizados flotan cerca de la superficie y son dispersados por las olas, el viento y las corrientes. La eclosión ocurre pocos días después y la larva queda a merced de los elementos. Investigaciones realizadas sobre anillos de crecimiento de los otolitos indican que los estadíos larvales varían de una a ocho semanas dependiendo de la especie (Allen, 1994)

b) Fertilización bentónica. En especies que ponen sus huevos en el fondo del océano, frecuentemente en las cuevas que se forman entre las rocas, conchas vacías, depresiones de la arena o en la superficie de diversos invertebrados como esponjas, corales, o gorgonios. Algunas especies de este grupo son las damiselas, gobios, blenios y peces puerco. Antes de que los huevos sean depositados, estos peces preparan la superficie eliminando el detrito y las algas adheridos a ella. Estos organismos también exhiben

elaborados rituales de cortejo. Una vez que los huevos son depositados, uno de los dos padres protege el nido en mayor o menor grado según la especie, en el cual los huevos son mantenidos libres de desechos y resguardados de otros peces que se alimentan de huevos (como las viejas y los peces mariposa).

Ejemplos de cuidados paternos muy especializados los presentan los peces cardenal, en los cuales el macho incuba la masa de huevos dentro de su boca, y los peces pipa y caballitos de mar, en una región altamente vascularizada del vientre o debajo de la cola.

En general los huevos que son depositados en nidos bentónicos son menos numerosos, más grandes, con períodos de incubación prolongados, y cuando las larvas eclosionan presentan un grado de desarrollo muy avanzado, comparadas con los huevos y larvas de los peces de desoves pelágicos.

COLECTA

▼ *Sistemas de captura*

La captura en el Golfo de California se realiza generalmente cerca de la plataforma continental, alrededor de las islas del Golfo, y en ocasiones en regiones oceánicas

La colecta de especies de ornato en el Golfo de California se realiza por lo general cerca de la plataforma continental, junto a las islas dentro del Golfo y en menor grado en regiones oceánicas (Fig. 1). Los invertebrados y peces se capturan principalmente entre cero y 40 m de profundidad.

Esta actividad involucra embarcaciones menores de 22 pies de eslora en promedio, con motor fuera de borda de 55 CF. Se hace por buceo libre, buceo semiautónomo (con compresor o "Hooka") y/o buceo autónomo (tipo SCUBA). Las actividades de captura generalmente son diurnas.

Al inicio de la actividad -en 1975- la captura era realizada mediante le empleo de un anestésico denominado quinaldina. En la actualidad, el uso de esta sustancia ha disminuido considerablemente, dando paso a la utilización de redes de diferentes tipos, tamaños y aberturas de malla, consideradas como artes no destructivas.

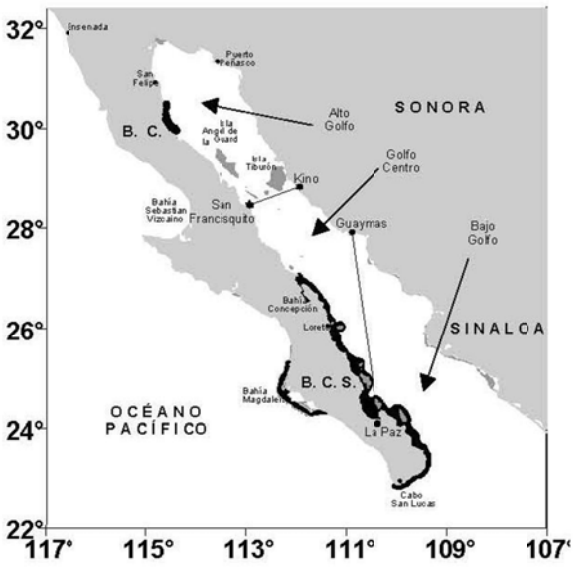


Fig. 1. Zonas de captura de especies marinas de ornato en el Golfo de California y Pacífico norte.

Una particularidad de esta actividad es que los ejemplares deben ser capturados y mantenidos vivos, con el menor daño físico, y con artes de pesca selectivas. En la actualidad se emplean los siguientes equipos de captura: redes de mano o de cuchara, redes de barrera y de cerco, chinchorros, anzuelos, líneas y pistolas de succión.

Los ejemplares deben ser capturados y mantenidos vivos con el menor daño físico, lo que implica que las artes de pesca usadas tienen que ser selectivas

• Redes de mano o Redes de cuchara. Se emplean principalmente para peces de hábitos solitarios o que forman agregaciones poco numerosas y no son muy rápidos en sus movimientos. Están construidas por un marco de forma circular o rectangular; tienen un mango alargado para maniobrar dentro del agua y la longitud de éste varía según el tamaño. Tanto la estructura como el mango pueden estar construidos de plástico, madera o acero inoxidable. Las dimensiones comunes son de 0.50 x 0.30 m en el caso de que sea rectangular y de 0.50 m de diámetro en el caso de ser circular. La red va unida a la estructura y tiene forma de cuchara; puede tener diferentes dimensiones y aberturas de malla dependiendo de la especie a capturar, pudiendo medir hasta 0.60 m de largo. El material con el que se construye la red puede ser plástico, monofilamento o tela. Este arte de pesca es sumamente selectivo.

• Redes de barrera. Empleada para capturar peces que nadan en cardúmenes cercanos a la costa. Estas redes pueden medir de 1.0 a 2.5 m de longitud, pero pueden emplearse de 3 a 13 metros de largo, por uno a dos metros de ancho. Están hechas de monofilamento de nylon, con pesas de plomo en la parte inferior y flotadores atados a la línea superior. Cuando se coloca forma una especie de pared vertical en la cual quedan atrapados los peces cuando son asustados por los buzos. La selectividad de las redes de barrera es muy baja.

• Chinchorros. Este arte de pesca consiste en una red equipada con una serie de plomos a lo largo de la base, los cuales hacen que la red se hunda. Puede medir 5 m de largo por 2 m de alto, con malla de ½ pulgada de luz. Es utilizado para rocear organismos como mariposas, pargos, cabrillas amarillas y cocineras. Una vez que son capturados por este método, son extraídos con una red de mano. La selectividad del chinchorro es baja.

• Anzuelos y líneas. Se emplean para capturar especies de la manera convencional de pesca deportiva. Las especies que se colectan de esta forma son los boca grande y los meritos vela, que se caracterizan por vivir enterrados en la arena o metidos en tubos de gusanos poliquetos, en donde mantienen las tres cuartas partes de su cuerpo. La captura de estas especies se realiza con pequeños anzuelos de puntas recortadas y diminutas, que causan relativamente poco daño a la boca del pez. Se emplea hilo de nylon. Las medidas de los anzuelos, así como el calibre del hilo varían de acuerdo al tamaño del pez a capturar. El arte requiere de un peso para hundirse hasta la profundidad de calado y necesita cebarse. El tipo de cebo puede ser pescado, camarón o algún otro tipo de carne. La selectividad es de media a alta.

• Red de cerco. El tipo y tamaño de la red que se emplea dependen del pez a capturar. Las hay desde ½ mm de luz de malla y 10 cm de boca hasta las de 2 cm de luz con 60 cm de boca.

• Pistola de succión. Dispositivo individual que se emplea para capturar peces, mediante la succión de agua de mar. El organismo queda atrapado dentro de una cámara.

Sustancias químicas y otros accesorios empleados durante la captura:

• Quinaldina diluida. Esta es una sustancia química que se emplea para la captura de especies de hábitos nocturnos o especies crípticas, es decir aquellas que habitan en grietas, cuevas o dentro de las cabezas de coral, como las morenas, anguilas de jardín, peces cardenal, peces ardilla y halcones de coral. La manera de usarse es empleando botellas aspersoras de plástico, que contienen el anestésico diluido; éste se inyecta en las oquedades y dentro de las cabezas de coral y después de un momento se captura al pez semi-dormido mediante redes de mano.

• Varillas de aluminio o de cobre. Es una tira delgada de aluminio o cobre que mide entre 50 y 60 cm de largo. Esta vara, al igual que la sustancia descrita anteriormente, se emplea con las especies crípticas y se introduce dentro de las grietas, oquedades o ramificaciones del coral para espantar a los peces; una vez fuera de su escondite, son atrapados con redes de mano.

▼ *Tendencias históricas*

México, a diferencia de otros países, no posee actualmente un registro histórico ni continuo de las capturas de especies marinas para surtir al mercado del acuarismo. Tampoco cuenta con información económica derivada de esta actividad. En diversas regiones del mundo, los aficionados al acuarismo invierten millones de dólares en la compra, cuidado y mantenimiento de estas especies (Tabla 4).

México no posee actualmente un registro histórico ni continuo de las capturas de especies marinas para surtir al mercado del acuarismo

Los precios a los que se cotizan a escala mundial las especies marinas que se comercializan con fines de ornato son muy elevados, comparados con los precios de especies capturadas para consumo humano.

Tabla 4. Gastos de inversión en la pesquería de especies marinas de ornato a escala mundial.

País	Año	Inversión en pesos
Estados Unidos de América		38,000,000,000
Queensland, Australia		6,216,000
Filipinas	1979	4,073,591
Maldivas	1989	1,049,630

Fuentes: Conroy, 1995; Couchman *et al.*, 1992; Albaladejo *et al.*, 1981; Alasdair *et al.*, 1992.

En la *tabla 5* se muestra una breve comparación del costo ecológico y económico entre la industria pesquera alimenticia y la pesquería de especies marinas ornamentales (Dawes, 1998).

Tabla 5. Comparación de la industria alimenticia pesquera con la pesquería de especies marinas ornamentales.

Industria pesquera alimenticia	Especies marinas ornamentales
A escala mundial se capturan aproximadamente 100 millones de toneladas anuales de peces marinos (muchas capturas se desarrollan en arrecifes).	• La captura mundial se encuentra entre 70 y 100 toneladas al año. • Representan entre 0.00007 y 0.0001% de la producción pesquera alimenticia anual.
• La captura incidental asciende a 17 millones de toneladas anuales.	• Representa entre el 0.0004 y 0.0006% de la pesca incidental.
• Valor aproximado de una tonelada de producción: USD $ 14,500.00-16,500.00	• Valor aproximado al menudeo: USD $ 1,800,000.00 por tonelada.

Fuente: Dawes, 1998.

En el Golfo de California, las capturas de invertebrados y de peces marinos para surtir a la industria acuarística iniciaron a mediados de los años 70. Las personas dedicadas al aprovechamiento de estas especies trabajan bajo permisos de pesca comercial, otorgados por las Delegaciones de Pesca de cada uno de los estados. Al inicio y durante los años 80, el volumen de las capturas autorizadas se estableció, al igual que en otras pesquerías, en kilogramos. Hacia los 90, se determinó la cuota de captura por número de organismos.

No se cuenta con información sobre las capturas en el Golfo de California durante 1975–1993. En 1975, la Secretaría de Pesca de manera conjunta con la entonces Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), considerando que estas especies habitan ecosistemas sumamente frágiles, decidieron no otorgar ni renovar permisos de pesca comercial a escala nacional. El argumento fue la falta de información para establecer cuotas de captura sin impactar a las poblaciones.

A partir de 1995, la SEMARNAP estableció como estrategia de manejo, otorgar permisos de pesca de fomento, que tiene como propósito el estudio e investigación científica y especifica que el permiso podrá comprender la comercialización de las capturas que se obtengan. El compromiso de los titulares fue financiar la investigación, orientada a generar conocimiento sobre las especies de importancia ornamental, desarrollada por instituciones nacionales o por profesionistas capacitados. La investigación inició en 1998 y un año después los resultados proporcionaron en 1999 las bases para establecer cuotas específicas para el aprovechamiento del recurso. Dichas cuotas están sujetas a modificación, con base en los resultados y el conocimientto que se vaya generando.

A partir de 1995, la Secretaría de Pesca estableció como estrategia de manejo, otorgar permisos de pesca de fomento, cuyo propósito es propiciar la investigación científica

Los permisos de pesca de fomento que se han otorgado son de dos categorías: aquellos cuyas capturas tienen como destino final los acuarios educativos, y las que se van a comercializar en el mercado de la acuariofilia. En el primer caso, el número de organismos por especie a capturar anualmente oscila entre 8,000 y 9,000 incluyendo invertebrados y peces, y en el segundo, el número mensual de organismos varía entre 5,000 y 10,000.

En el periodo 1994-1999, se otorgaron a acuarios educativos, tres permisos para el Golfo de California: dos para acuarios extranjeros y uno para acuario nacional. Para el mercado de la acuariofilia, también se otorgaron tres permisos de 1996 a 2000.

▼*Pesca incidental*

Algunas especies marinas de importancia para la pesquería de ornato se capturan como fauna incidental con las redes de arrastre de los barcos camaroneros.

Del total de las especies de peces (170), se ha reportado como fauna incidental a las siguientes: *Sphyrna lewini*, *Heterodontus mexicanus*, *Mustelus henlei*, *Squatina californica*, *Rhinobatos productus*, *Zapterix exasperata*, *Diplobatis ommata*, *Dasyatis brevis*, *Narcine entemedor*, *Urolopus (Urobatis) halleri*, *U. maculatus* y *U. concentricus*, *Epinephelus analogus*, *Epinephelus niveatus*, *Paralabrax maculatofasciatus*, *Caranx hippos* y *C. caballus*, *Selene brevoortii*, *Serranus psittacinus* (sin. *S. fasciatus*), *Rypticus bicolor*, *Caranx hippos*, *Alectis ciliaris*, *Lutjanus guttatus* y *L. colorado*, *Hoplopagrus güentheri*, *Hippocampus ingens*, *Mulloidichtys dentatus*, *Antennarius avalonis*, *Zalieutes elater*, *Chaetodipterus zonatus*, *Chaetodon humeralis*, *Trachinotus rhodopus*, *Nematistius pectoralis*, *Pomacanthus zonipectus*, *Mugil curema*, *Balistes (Pseudobalistes) polylepis* y *Alutera scripta*. La abundancia en la captura incidental para cada una de estas especies, depende de su propia abundancia y distribución en las zonas de captura por barcos camaroneros (Amezcua, 1985).

Por su parte, del total de invertebrados de importancia para la industria acuarística (150), algunas especies se capturan como pesca incidertal en las redes de arrastre para camarón, como son: *Antipathes galapaguensis*, *Janaria mirabilis*, *Callapa convexa*, *Manucomplanus (Pylopagurus) varians*, *Callinectes bellicosus*, *Argopecten circularis*, *Strombus gracilior* y *Murex (Hexaplex) erythrostomus* (Amezcua, 1985; Sánchez-Ortíz *et al.*, 1997).

La pesca incidental de estas especies podría provocar problemas ecológicos por dos razones. La primera es que las redes de arrastre destruyen el ecosistema y la segunda es que no hay un control en la cantidad de organismos que se extraen, un ejemplo es el caso del caballito de mar (*Hippocampus ingens*), que por

lo general se encuentran adheridos a corales u otro sustrato duro, de manera que es común que sean capturados por la red de arrastre.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Varias especies de peces arrecifales (más del 60%) que se capturan en etapas juveniles para ornato, son explotados en su estado adulto por la pesca artesanal o ribereña, además de grandes cantidades de invertebrados.

La pesca incidental de estas especies podría llegar a dañar sus poblaciones ya que la cantidad de organismos que se extrae es incontrolada

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Comercialización*

Las operaciones de extracción de especies ornamentales en el Golfo de California duran varios días, y comprenden la captura, el transporte a la estación de acopio, el empaque y el envío a su destino final.

Para la captura se emplean además de las artes de pesca específicas, viveros de plástico y equipo para las inmersiones. Una vez que la embarcación se encuentra localizada en el área de extracción, los buzos se introducen en el agua con sus redes y viveros de plástico atados a la cintura.

Los ejemplares se colocan dentro de contenedores de plástico, evitando mezclar individuos agresivos, ni grandes con pequeños. Cuando el buzo tiene un determinado número de organismos los traslada a la embarcación, en donde se colocan en contenedores con agua de mar, oxigenados constantemente.

Los peces que se obtienen de profundidades mayores a 10 metros, se someten a descompresión, mediante dos técnicas alternativas: la primera consiste en subir lentamente y a intervalos determinados de tiempo los viveros con los ejemplares capturados, permitiéndole regular los gases dentro de su organismo. La otra técnica consiste en sacar los gases que se acumulan en la vejiga natatoria mediante una aguja hipodérmica introducida en el orificio anal.

Al finalizar la jornada, los especímenes se introducen en contenedores que varían en diseño y material, pudiendo ser estanques bien construidos con sistemas cerrados de filtración o corrales flotantes en el mar cerca de la costa.

El empaque se utiliza para transportar los organismos hacia su destino final. Algunas veces esta actividad se lleva a cabo por las noches. Para el empaque se utiliza una gran variedad de equipo y material, desde bolsas de polietileno de diferentes tamaños (entre 6" y 18"), hasta ligas, periódico, agua de mar, tanques de oxígeno y cajas de unicel.

Para llevar a cabo el empaque se prepararan previamente las bolsas de plástico en las que se introducirán a los organismos. Las bolsas se colocan una dentro de otra, con papel periódico intermedio para evitar fugas de agua o de oxígeno. El número de organismos por bolsa dependen de su tamaño y su agresividad. Una vez dentro, se le inyecta oxigeno a las bolsas, se atan con una liga y se acomodan en cajas de cartón o de unicel en las cuales serán transportadas.

El embarcue se transporta vía aérea o terrestre hasta su destino final. En un 90% las especies de acuario son exportadas al extranjero, todos los embarques son revisados por personal de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, con la finalidad de que confirmar que las especies y el número a exportar coincidan con las autorizadas en el permiso correspondiente.

▼*Indicadores económicos*

El destino final de un gran porcentaje de las especies capturadas son empresas estadounidenses, las cuales a su vez las exportan a diversas partes del mundo. Los precios en playa no se conocen con certeza, pero en general son muy bajos en comparación con el costo final. La *tabla 6* muestra el precio al cual se venden los organismos de ornato en el mercado internacional (de Joung Marinelife, 1994).

Tabla 6. Precios en el mercado de algunas especies ornamentales (USD).

Nombres comunes	Precio unitario en el mercado
Pólipos	3.50 a 25.00
Esponjas	14.00 a 20.00
Estrellas, erizos y almejas	4.75 a 75.00
Ángel rey (*Holacanthus passer*)	30.00 a 75.00
Ángel cortes (*Pomacanthus zonipectus*)	25.00 a 40.00
Ángel clarión (*Holacanthus clarionensis*)	300.00 o más
Mariposas (*Chaetodon* spp)	13.00 a 100.00
Ídolo moro (*Zanclus canescens*)	23.00 a 35.00
Rayas y tiburones	27.00 a 200.00

En general, el beneficio económico-social de esta pesquería es reducido. Cada permisionario emplea entre dos y seis pescadores libres con experiencia en buceo. El número de personas contratados depende de la cuota mensual autorizada. . Desde el punto de vista económico, la industria del acuarismo ha tenido poca importancia en México, pues no contribuye en gran medida al valor total de exportación de la producción marina, aunque es una actividad con gran potencial. Sri Lanka, con sus áreas arrecifales pequeñas y sus problemas de sobre-explotación y degradación del ecosistema, obtiene un ingreso anual de US $ 486,000.00, correspondiente a la industria del acuarismo (Lubbock *et al.*, 1975).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las especies consideradas en alguna norma nacional o internacional para la protección de sus poblaciones son reducidas, pudiéndose mencionar las siguientes: la mayoría de los corales pétreos, la almeja mano de león, el pepino de mar y las especies endémicas (CITES, 1992; NOM-059-ECOL-1994).

El Reglamento de la Ley de Pesca (1999), en su capítulo III, menciona los requisitos para obtener un permiso de pesca de fomento para especies de ornato. Estipula que se podrá comercializar la captura, con los límites y condiciones que se establezcan en el propio permiso, siempre que se cumplan los objetivos de los programas y se aplique el cinco por ciento del producto de las ventas a la investigación pesquera y a la experimentación de equipos y métodos para esta actividad.

En general, el beneficio económico-social de esta actividad es reducido, pues integra por permisionario de dos a seis pescadores, dependiendo de la cuota de captura autorizada

Desde sus inicios se han manejado cuotas de captura. Al principio los permisos eran de tipo comercial, pero en 1993, la Secretaría de Desarrollo Social y la

entonces Secretaría de Pesca, decidieron tener un mayor control sobre los permisos existentes y las actividades de extracción. Entonces se tomó la decisión de que los permisos debían involucrar el desarrollo de un proyecto de investigación financiado en su totalidad por el permisionario, orientado a generar información sobre la dinámica y el estado actual de las poblaciones.

En ese mismo año, la Dirección General de Administración de Pesquerías (DGAP), informó que partir de esa fecha, toda solicitud para el aprovechamiento de especies de agua dulce y marinas con fines de ornato serían atendidas en la Ciudad de México por ésta.

En 1994 surgió el Programa Nacional Especies Marinas de Ornato del Instituto Nacional de la Pesca, cuyo objetivo particular es proponer estrategias de manejo para el aprovechamiento sustentable del recurso.

Algunas estrategias de manejo para asegurar la sustentabilidad son:

- Establecer un número determinado de permisos por región (Océano Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe).
- Definir cuotas de captura específicas.
- Promover la rotación de las áreas de captura.
- Integrar al sector académico en la toma de decisiones.

Hasta el momento no se han establecido vedas para las especies involucradas en esta actividad.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible y modelo*

La pesquería de especies marinas de ornato es una actividad relativamente nueva en nuestro país, por lo cual se carece de información histórica necesaria para la evaluación matemática.

Información sobre los parámetros biológicos de algunas especies de peces de importancia ornamental, se encuentra disponible en la página de internet de la base de datos científica Fish Base (Froese *et al.*, 1994). Esta base incluye el hábitat en el que se encuentran, hábitos alimenticios y comportamiento de más de 5,000 especies de peces de agua dulce y marinos de todo el mundo. Además presenta datos sobre la dinámica de las poblaciones como son: longitud máxima (Lmax), longitud infinita de la ecuación de von Bertalanffy (Linf), talla de primera madurez (Lm), mortalidad natural (M) y longitud primera de reproducción (Lr).

En la *tabla 7* se encuentran los valores registrados en la Fish Base para 34 de las especies de peces con mayor demanda comercial.

A pesar de que en las últimas dos décadas se ha desarrollado un mayor número de investigaciones relacionadas con las especies marinas, tanto a escala nacional como internacional, la mayor parte de éstas están enfocadas al grupo de los peces. La información bibliográfica que existe para algunas especies está orientada principalmente a los siguientes temas: distribución geográfica y ecológica, tipo de hábitat, profundidad, tipo de agregación, distribución espacio-temporal, así como aspectos generales de la biología de las especies, como tipo de alimentación, reproducción, desarrollo larval, morfología, fisiología y en algunos casos, sobre la dinámica de sus poblaciones (abundancia, distribución espacio temporal, tasa intrínseca de crecimiento, talla máxima, relación peso-longitud, mortandad natural, longitud infinita, entre otras).

Tabla 7. Información biológica de los peces de mayor demanda ornamental

Familia	Nombre común	Nombre científico	Escala de abundancia	Zona geográfica y Observaciones
Muraenidae	Morena cebra	*Gymnomuraena (Echidn)a zebra*	1 y 2	I y II
Muraenidae	Morena verde	Gymnothorax castaneus	2 y 1	I II
Congridae	Anguila de jardín	*Heteroconger (Taeniconger) digueti*	4	I y II. Hábitat restringido y con grandes poblaciones.
Holocentridae	Candil soldado	Myripristis leiognathus	3	I y II. Hábitat restringido, dentro de cuevas en el día.
Holocentridae	Pez ardilla	*Sargocentron (Adiorix) suborbitalis*	3	I y II. Hábitat restringido, dentro de cuevas en el día.
Serranidae	Cabrilla morena	*Alphestes (Epinephelus) afer*	1	Amplia distribución. Especie que cada vez es más escasa.
Serranidae	Pez criollo	*Paranthias colonus*	2	I y II
Serranidae	Serrano rayado	*Serranus fasciatus*	1	I y II
Apogonidae	Cardenal	*Apogon retrosella*	2 y1	I y II. Las estimaciones son imprecisas porque el pez es pequeño.
Lutjanidae	Pargo rayado	*Hoplopagrus güntheri*	2	I y II. Especie comercial para consumo humano
Sciaenidae	Roncador de las rocas	*Pareques (Equetus) viola*	1 y 2	I y II
Mullidae	Chivito	*Mulloidichthys dentatus*	2	I y II. Los cardúmenes pueden incrementar las estimaciones.
Chaetodontidae	Pez mariposa	*Chaetodon humeralis*	1 y 2	I y II.
Chaetodontidae	Mariposa barbero	*Johnrandallia (Heniochus) nigrirostis*	1 y 2	I y II. La población se ha ido incrementando en los últimos años.
Pomacanthidae	Ángel rey	*Holacanthus passer*	3	I y II.
Pomacanthidae	Ángel de Cortés	*Pomacanthus zonipectus*	2	I y II.
Pomacentridae	Castañuela gigante	*Microspathodon dorsalis*	2	I y II. Las poblaciones han disminuido.
Pomacentridae	Azulito de dos colores	*Stegastes (Eupomacentrus) flavilatus*	2	I y II.
Pomacentridae	Pez azul de Cortés	*Stegastes rectifraenum*	4 y 2	I y II. Las diferencias en las densidades poblacionales entre sitios son marcadas.

Tabla 7 continuación...

Cirrhitidae	Halcón de coral	*Cirrithychthys oxycephalus*	2	I y II. Restringido a zonas coralinas.
Labridae	Vieja	*Bodianus diplotaenia*	2	I y II.
Labridae	Lábrido camaleón	*Halichoeres dispilus*	2 y 1	I y II.
Labridae	Cocinero arcoiris	*Thalassoma lucasanum*	4	Distribución amplia. Es muy abundante.
Labridae	Señorita amanecer	*Thalassoma lutescens*	2 y 4	I y II
Opistognathidae	Boca grande de puntos azules	*Opistognathus rosenblatti*	2	I y II. Difícil de censar, estimaciones dudosas.
Acanthuridae	Cirujano convicto	*Acanthurus triostegus*	2	I y II.
Acanthuridae	Cirujano cochinito	*Prionurus punctatus*	3	I y II. Especie comercial para consumo humano.
Zanclidae	Ídolo moro	*Zanclus canescens (Zanclus cornutus)*	2	I y II. La población parece ir aumentando en el sur.
Tetraodontidae	Botete negro	*Arothron meleagris*	2	I y II. La abundancia va en aumento.
Tetraodontidae	Botete pinto	*Canthigaster punctatissima*	2 y 3	I y II.
Diodontidae	Pez erizo	*Diodon holacanthus*	2	I y II.

Fuentes: Villarreal *et al.*, 1996 y Sánchez *et al.*, 1998.

▼ *Estado actual de la pesquería de especies de ornato del Golfo de California*

Dado que la información relacionada con la abundancia de todas y cada una de las especies involucradas en la pesquería de especies marinas de ornato no es muy amplia aún, es difícil conocer cómo se encuentran actualmente las poblaciones en su medio natural.

Como parte del Programa Nacional Especies Marinas de Ornato se realizó la regionalización del Golfo de California y del Pacífico norte, centro y sur (Ortuño-Manzanares *et al.*, 2000). Esta tiene como finalidad integrar los resultados de investigaciones que se desarrollen como parte de los permisos de pesca de fomento y por instituciones nacionales y extranjeras.

En la *tabla 8* se presenta la distribución geográfica de 37 especies de peces con mayor demanda ornamental (Ortuño-Manzanares *et al.*, 2000). Dicha distribución se obtuvo principalmente a partir de los siguientes documentos: Thomson *et al.* (2000) Rodríguez-Romero *et al.* (1992), Abitia-Cárdenas *et al.* (1994), Pérez-España *et al.* (1996) y Arreola-Robles (1998). No se incluye a *Holacanthus clarionensis*, dado que su distribución se encuentra restringida prácticamente a las Islas Revillagigedo, aunque en los últimos años se han realizado observaciones de estos individuos en las costas del Golfo de California (com. pers. Santiago Jiménez Gutiérrez).

Uno de los resultados que se han generado como parte del Programa Nacional Especies Marinas de Ornato es la regionalización del Golfo de California y del Pacífico norte, centro y sur

En el alto Golfo se ubican 17 especies de peces en San Francisquito. En la zona centro Golfo se localizan 36 de las 37 especies, desde la Bahía San Francisco hasta La Paz. Finalmente en el bajo Golfo se encuentran también 36 especies de peces entre Bahía San Ignacio y Cabo San Lucas; de estas 36 especies, 18 se encuentran también en la región 2.3.18 (Tabla 8, Fig. 2).

Tabla 8. Distribución geográfica en el Golfo de California de los peces marinos de ornato de mayor demanda.

	Peces/Lugar	2.1.10	2.2.1	2.2.6	2.2.7	2.2.8	2.2.9	2.3.6	2.3.7	2.3.10	2.3.13	2.3.18
1	*Gymnomuraena (Echidna) zebra*							x	x	x		x
2	*Gymnothorax castaneus*		x	x	x	x	x	x			x	x
3	*Heteroconger (Taeniconger) digueti*	x	x		x		x	x				x
4	*Myripristis leiognathus*		x		x	x	x	x	x			x
5	*Sargocentron (Adioryx) suborbitalis*		x	x	x		x	x	x			
6	*Alphestes (Alpestes, Epinephelus) afer*			x	x			x			x	x
7	*Paranthias colonus*	x	x	x	x	x		x	x		x	
8	*Serranus fasciatus Sin. Cien. Serranua psittacinus.*			x	x	x	x	x		x		x
9	*Apogon retrosella*				x		x	x	x	x		x
10	*Selene brevoortii*						x					
11	*Trachinotus rhodopus*			x		x	x	x	x	x		x
12	*Hoplopagrus güntheri*		x	x	x			x			x	
13	*Lutjanus viridis*				x		x	x	x			
14	*Pareques (Equetus)viola*			x				x				
15	*Mulloidichtys deniatus*	x	x	x	x	x		x			x	
16	*Chaetodon humeralis*	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
17	*Johnrandallia (Heniochus) nigrirostris*	x	x	x	x	x		x	x			x
18	*Holacanthus passer*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
19	*Pomacanthus zonipectus*		x	x	x	x		x	x		x	
20	*Microspathodon dorsalis*	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
21	*Stegastes (Eupomacentrus) flavilatus*	x	x	x	x	x		x			x	
22	*Stegastes (Eupomacentrus) rectifraenum.*			x	x	x		x				
23	*Cirrhitichthys oxycephalus*	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
24	*Bodianus diplotaenia*	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
25	*Halichoeres chierchiae*	x	x	x	x	x		x	x			
26	*Halichoeres dispilus*	x	x	x	x	x	x	x			x	
27	*Thalassoma lucasanum*	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x
28	*Thalassoma lutescens*		x	x	x	x		x	x	x	x	x
29	*Scarus ghobban*	x	x	x	x		x	x	x		x	
30	*Scarus rubroviolaceus*	x	x	x	x		x	x				
31	*Opistognathus rosenblatti*				x	x		x				
32	*Acanthurus triostegus*				x		x		x	x		
33	*Prionurus punctatus*	x	x	x	x	x		x	x		x	
34	*Zanclus canescens , Z. cornutus*				x	x	x	x	x	x	x	x
35	*Arothron meleagris*			x	x	x		x			x	
36	*Canthigaster punctatissima*	x	x	x	x	x		x	x		x	
37	*Diodon holocanthus*		x	x	x	x		x	x			x
Total		17	24	28	33	25	18	35	23	13	18	18

En el Golfo de California se han desarrollado un gran número de investigaciones encaminadas a conocer la abundancia relativa de las especies arrecifales. Los datos correspondientes a algunos de los invertebrados y peces de mayor demanda se muestran en las *tablas 9* y *10*. Estos resultados se obtuvieron empleando el método de censos estacionarios cilíndricos de 7.5 m de radio, descritos por Bohnsack (1986) para los peces, y transectos de banda de 1 x 50 m para los invertebrados, realizados en Bahía de La Paz, Cabo Pulmo y Ensenada de Muertos en B.C.S., durante el periodo de 1996 a 1999. Esta información proporciona un panorama muy general de la abundancia de las especies de ornato en regiones geográficas muy puntuales.

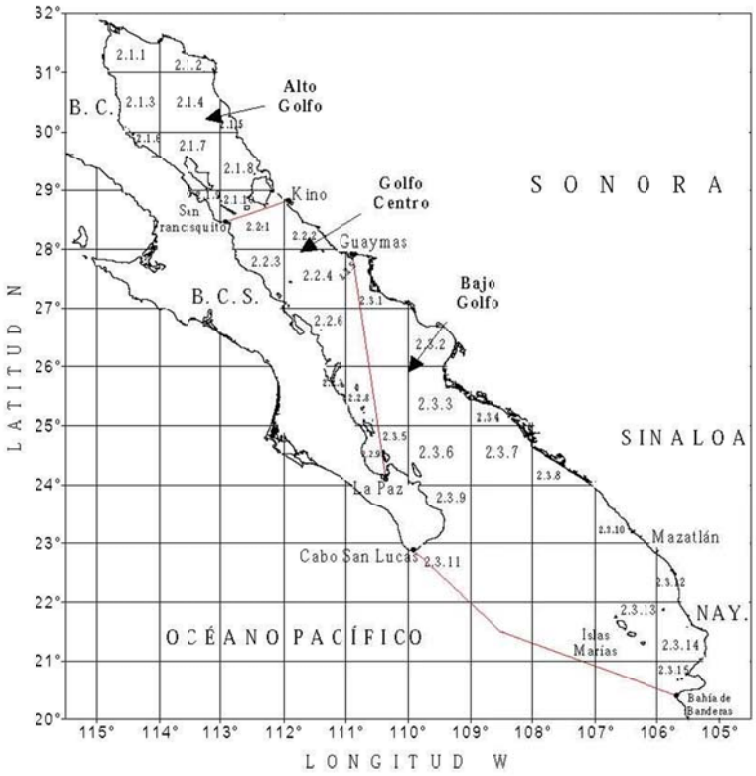


Fig. 2. Diversidad de especies de peces marinos de ornato, con base en la regionalización del Golfo de California.

Los datos de abundancia relativa que se presentan en las *tablas 9* y *10* están agrupados de acuerdo con el número de individuos calculados por hectárea, en las siguientes categorías: 1) 20 ind/ha, 2) 50 ind/ha, 3) 100 ind/ha y 4) 200 o más ind/ha.

Basándose en la experiencia de otras regiones como Australia, Sri Lanka, Hawaii, Filipinas, donde se ha llevado a cabo la explotación y comercialización de este recurso desde hace más de 25 años, la única evidencia de deterioro de las poblaciones es por el uso de cianuro de sodio (NaCn) en Filipinas (Robinson, 1984; Rubec, 1986, 1998). Se puede decir que en México, la pesquería de especies marinas de ornato es una actividad con potencial de desarrollo.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Dado que esta pesquería tiene potencial de explotación, es necesario desarrollar estrategias de manejo que permitan sul aprovechamiento sustentable

- **Permisos de pesca de fomento**

Dado que no se cuenta con un historial de la extracción de especies marinas de ornato, como se mencionó anteriormente, el aprovechamiento debe continuar bajo el esquema de permisos de pesca de fomento. Los permisos otorgados deben ser limitados a no más de cinco para el Golfo de California y el Pacífico

Tabla 9. Abundancia relativa de invertebrados marinos ornamentales en Bahía de La Paz (Zona I), Cabo Pulmo (Zona II) y Ensenada de Muertos (Zona III) en B.C.S.

Phylum	Familia	Nombre común	Nombre científico	Escala de abundancia	Zona geográfica y observaciones
Cnidaria [1]	Dendrophylliidae	Pólipo naranja	*Tubastraea coccinea*	4	I y II. De aguas someras hasta 20 m y en zonas rocosas.
	Gorgonidae	Abanico amarillo	*Eugorgia aurantiaca*	3	II
Mollusca[2]	Chromodorididae	Nudibranquio	*Hypselodoris californiensis*	1	II y III
	Turbinidae	Caracol burgado	*Turbo fluctuosus*	3 y 1	I y II. En agua somera y sustrato rocoso.
Arthropoda[2]	Diogenidae	Cangrejo pelo rojo	*Aniculus elegans*	4	II. Especie que ocasionalmente se alimenta de coral *Pocillopora.*
	Majidae	Cangrejo flecha	*Stenorhynchus debilis*	4	II. Muy común en cabezas de coral. Se alimenta ocasionalmente del coral *Pocillopora.*
Echinodermata[2] Clase Echinoidea	Cidaridae	Erizo lapicero	*Eucidaris thouarsii*	2	I y II. Las poblaciones han decrecido significativamente desde 1987. No se conoce el factor causal.
	Diadematidae	Erizo venenoso	*Centrostephanus coronatus*	2	I y II. Las poblaciones han decrecido considerablemente.
	Toxopneustidae	Erizo rosa	*Toxopneustes roseus*	3 y 2	I y II. Hábitat ligeramente restringido, prefiere sitios de arena gruesa o de pedacería coralina.
Clase Asteroidea	Asterodiscididae	Estrella pico rojo	*Amphiaster insignis*	1 y 2	I y II.
	Ophidlasteridae	Estrella azul	*Phataria unifascialis*	4	I y II. Especie muy abundante.
	"	Estrella guinda	*Leiaster teres*	1	I y II. Muy rara y difícil de identificar a simple vista.
	"	Estrella amarilla de pecas	*Pharia piramidata*	3	I y II. La abundancia ha ido disminuyendo.
	Oreasteridae	Estrella colorada	*Pentaceraster cumingi*	2	I y II.
	"	Estrella choco-chip	*Nidorellia armata*	2	I y II.
Clase Holothuroidea	Holothuriidae	Pepino verde de roca	*Holothuria (Selenkothuria)*	4	Muy abundante, pero con hábitat restringido a zonas

Tabla 10. Abundancia relativa de peces marinos ornamentales en Bahía de La Paz (Zona I), Cabo Pulmo (Zona II) y Ensenada de Muertos (Zona III) en B.C.S.

Familia	Nombre común	Nombre científico	Escala de abundancia	Zona geográfica y Observaciones
Muraenidae	Morena cebra	*Gymnomuraena (Echidna) zebra*	1 y 2	I y II
Muraenidae	Morena verde	*Gymnothorax castaneus*	2 y 1	I II
Congridae	Anguila de jardín	*Heteroconger (Taeniconger) digueti*	4	I y II. Hábitat restringido y con grandes poblaciones.
Holocentridae	Candil soldado	*Myliprístis leiognathus*	3	I y II. Hábitat restringido, dentro de cuevas en el día.
Holocentridae	Pez ardilla	*Sargocentron (Adiorix) suborbitalis*	3	I y II. Hábitat restringido, dentro de cuevas en el día.
Serranidae	Cabrilla morena	*Alphestes (Epinephelus) afer*	1	Amplia distribución. Especie cada vez más escasa.
Serranidae	Pez criollo	*Paranthias colonus*	2	I y II
Serranidae	Serrano rayado	*Serranus fasciatus*	1	I y II
Apogonidae	Cardenal	*Apoqon retrosella*	2 y1	I y II. Las estimaciones son imprecisas. El pez es muy pequeño.
Lutjanidae	Pargo rayado	*Hoplopagrus güntheri*	2	I y II. Especie comercial para consumo humano
Sciaenidae	Roncador de las rocas	*Pareques (Equetus) viola*	1 y 2	I y II
Mullidae	Chivito	*Mulloidichthys dentatus*	2	I y II. Los cardúmenes pueden dificultar las estimaciones.
Chaetodontidae	Pez mariposa	*Chaetodon humeralis*	1 y 2	I y II.
Chaetodontidae	Mariposa barbero	*Johnrandallia (Heniochus) nigrirostis*	1 y 2	I y II. La población ha ido incrementando en los últimos años.
Pomacanthidae	Ángel rey	*Holacanthus passer*	3	I y II.
Pomacanthidae	Ángel de Cortés	*Pomacanthus zonipectus*	2	I y II.
Pomacentridae	Castañuela gigante	*Microspathodon dorsalis*	2	I y II. Las poblaciones han disminuido.
Pomacentridae	Azulito de dos colores	*Stegastes (Eupomacentrus) flavilatus*	2	I y II.
Pomacentridae	Pez azul de Cortés	*Stegastes rectifraenum*	4 y 2	I y II. Las diferencias en las densidades poblacionales entre sitios son marcadas.
Cirrhitidae	Halcón de coral	*Cirrithychthys oxycephalus*	2	I y II. Restringido a zonas coralinas.
Labridae	Vieja	*Bodianus diplotaenia*	2	I y II.
Labridae	Lábrido camaleón	*Halichoeres dispilus*	2 y 1	I y II.
Labridae	Cocinero arcoiris	*Thalassoma lucasanum*	4	Distribución amplia. Es muy abundante.
Labridae	Señorita amanecer	*Thalassoma lutescens*	2 y 4	I y II
Opistognathidae	Boca grande de puntos azules	*Opistognathus rosenblatti*	2	I y II. Difícil de censar, estimaciones dudosas.
Acanthuridae	Cirujano convicto	*Acanthurus triostegus*	2	I y II.
Acanthuridae	Cirujano cochinito	*Prionurus punctatus*	3	I y II. Especie comercial para consumo humano.

Fuentes: Villarreal *et al.*, 1996 y Sánchez *et al.*, 1998.

norte (Piña, 1996).

A fin de que la estrategia de manejo permita el aprovechamiento sustentable del recurso y de darle un mejor seguimiento a los permisos de pesca de fomento es recomendable lo siguiente:

- La vigencia del permiso deberá ser de doce meses a fin de permitir que el esfuerzo y la tasa de captura sean revisadas anualmente.

- El titular del permiso debe llevar un registro de todas las ventas (especies, número de organismos, fecha de la venta y comprador) y tenerlo disponible para inspección.

- Cada tres meses debe entregar los formatos de registro de captura, al Programa Nacional Especies Marinas de Ornato del INP, aún en el caso de que no se hallan realizado capturas.

- Toda embarcación debe llevar visible a ambos lados del casco un cuadro de color que lo identifique como permisionario de especies marinas de ornato.

• Evaluación de la actividad

La captura de especies marinas de ornato muestra signos característicos de una pesquería en desarrollo: ésta se desarrolla más rápidamente que la capacidad de manejo (FAO, 1995b).

De acuerdo con Perry *et al.* (1997) la evaluación tradicional de pesquerías se basa en la información de las capturas históricas. Sin embargo, esto requiere que las series de tiempo sean lo suficientemente largas y que exista contraste en captura y esfuerzo para áreas definidas, por lo que el esfuerzo debe ser controlado desde el inicio de la pesquería. Dado que las especies marinas de ornato forman parte de una pesquería incipiente, se proponen tres actividades generales:

Fase 0: obtención de información existente.
Fase 1: obtención de información independiente de la pesca (muestreos biológicos).
Fase 2: obtención de información proveniente de la pesca comercial (CPUE).

La información que se genere debe ser confiable, a fin de que las decisiones de manejo sean tomadas de la manera más responsable posible (FAO, 1995b).

A fin de conocer cómo afecta la pesca a un recurso pesquero marino (Perry *et al.*, 1997) se podría elaborar un diseño experimental. La idea es conocer el comportamiento de la población bajo una tasa de aprovechamiento conocida. Para esto es necesario definir una o varias zonas para dejarlas libres de la pesca y que sirvan como grupo testigo. Se deberán establecer zonas con diferentes cuotas de explotación para contar con resultados más robustos. Es necesario evaluar sistemáticamente por medio de muestreos biológicos independientes de la pesca, todas las regiones de referencia (con y sin pesca).

• Áreas de captura y áreas restringidas

Para ayudar al sostenimiento se precisa del establecimiento de áreas marinas de reserva, con base en el conocimiento que se tenga acerca de el desove y el reclutamiento de las especies, sobre todo de las especies clave.

Es necesario para ello contar con la colaboración de los pescadores. También se requiere establecer programas de monitoreo y adecuar las medidas de manejo a las respuestas de las poblaciones bajo aprovechamiento, esto es, practicar el Manejo Adaptativo (Walters, 1986).

- **Esfuerzo pesquero**

Se requiere que los permisionarios entreguen trimestralmente los informes de captura elaborados por el Instituto Nacional de la Pesca (Piña, 1995). Esta información es confidencial y sólo será facilitada a las autoridades de los Parques Marinos. Sin embargo, los datos resumidos de la industria estarán disponibles para fines de información, evaluación y manejo de poblaciones.

- **Cuotas de captura**

Como medida complementaria es necesario establecer cuotas de captura mensuales o anuales para que aquellas especies cuyas abundancias sean bajas, posean ciclos reproductivos largos, lento crecimiento, su descendencia sea baja o sean endémicas. Asimismo, el aprovechamiento de las especies se deberá realizar de manera rotativa en las áreas autorizadas, para permitir la recuperación de las mismas.

Estas cuotas podrían calcularse empleando la ecuación (Gulland, 1971; Alasdair, 1992):

$$PY = M \times 0.5 \times Bv$$

donde: PY = Rendimiento potencial
M = Mortalidad natural
Bv = Biomasa número virgen de individuos

Suponiendo que la tasa instantánea de mortalidad natural (M) para las especies grandes es de 0.2, es decir, cerca del 18% de la población arrecifal muere anualmente y para las especies pequeñas es de 0.5 (aproximadamente el 50% de la población muere al año). Este supuesto es conservacionista, ya que los valores de M para las especies arrecifales se encuentran entre 1.5 y 2.5 de acuerdo con Pauly (1980).

Las cuotas que se establezcan a partir de esta fórmula para las especies arrecifales clave, permitirán realizar el aprovechamiento sustentable del recurso especies marinas de ornato.

- Participación de los sectores involucrados

La industria acuariófila debe participar de manera activa en el desarrollo y manejo de esta pesquería. Para lograrlo es necesario mantener una estrecha comunicación entre las autoridades gubernamentales encargadas del manejo de la pesquería, la autoridad de los Parques Marinos, el INP y los usuarios.

La toma de decisiones deberá hacerse de manera conjunta entre autoridades, investigadores, funcionarios de los Parques Marinos, la industria y ser guiada por los principios del Enfoque Precautorio (FAO, 1995b). La comunicación estrecha se deberá mantener mediante reuniones periódicas a fin de revisar y discutir los cambios en las estrategias de manejo.

- Instrumentos de apoyo para el desarrollo de una pesca sustentable

Así como existe el Código de Conducta para la Pesca Responsable (FAO, 1995), el Instituto Nacional de la Pesca ha generado el Código de Conducta para la Pesca Responsable de Especies Marinas de Ornato (Piña, 2000), al cual deberán apegarse todas aquellas personas interesadas en esta pesquería. El objetivo principal de este documento es asegurar que la captura sea mediante el empleo de técnicas no destructivas y que el proceso desde la extracción hasta su comercialización o exhibición siga las mejores prácticas de manejo y dañe lo menos posible a las poblaciones y su entorno.

El Marine Aquarium Council (MAC), organización no gubernamental de E.U. está desarrollando, entre otras cosas, un plan de acción internacional para la certificación de la calidad y la sustentabilidad en la captura, cultivo y comercio de especies marinas de ornato (MAC News 1st Quarter 2000). El INP está realizando acciones para tomar parte en dicha certificación.

- **Pesca ilegal**

A pesar de los intentos que realizan actualmente las diversas dependencias de gobierno, existe la pesca y el comercio ilegal de estas especies en el Golfo de California. Dicha problemática se podría enfrentar desde el punto de vista económico, desalentando la actividad ilegal mediante un aumento en los costos de transgresión. Es decir, que las multas o sanciones impliquen un costo muy elevado en cuanto a tiempo, dinero y esfuerzo (Milliman, 1985) o incrementando la vigilancia del recurso (Furlong, 1991).

El Código de Conducta para la Pesca Responsable de Especies Marinas de Ornato, pretende asegurar que los procesos de extracción y comercialización dañen lo menos posible a las poblaciones y su entorno

Los litorales nacionales son muy extensos y el personal que labora en las dependencias de gobierno encargadas de la vigilancia es reducido. Este problema hace inminente la participación conjunta de los usuarios, para distribuir los gastos de operación y promover la vigilancia continua por parte de la misma sociedad. Su tarea sería asegurar el cumplimiento de la legislación que rige esta pesquería (Cintrón *et al.*, 1994).

Una opción de control sería la existencia de una o dos empresas encargadas de la comercialización del producto (Cunningham *et al.*, 1995). Estas empresas tendrían además el compromiso de proporcionar diversos beneficios a las comunidades.

Otra opción es asignar derechos territoriales o concesiones a empresas, cooperativas o personas particulares. De esta forma el problema del libre acceso se reduciría. Estos a su vez asumirían los costos de vigilancia para prevenir la pesca ilegal y cuidarían los stocks pues representan la materia prima de sus ingresos. Para aplicar esta medida se debe tener en cuenta las condiciones locales y la propia naturaleza de la pesquería.

Las estrategias que se plantean en los párrafos anteriores podrán incluir el cultivo como una alternativa para lograr un balance entre los intereses de explotación comercial y la permanencia ecológica del recurso. Desdichadamente el conocimiento de biotecnologías para cultivo es aún escaso y la investigación desarrollada ha puesto de manifiesto la complejidad en la producción de especies en cautiverio. Tucker (1998) ha logrado reproducir algunas especies marinas de importancia ornamental, mediante la acuacultura.

La problemática mayor a la que se enfrenta el manejo de esta pesquería es la falta de información y de recursos económicos para generarla. Por tal motivo se debe considerar la creación de un fideicomiso nacional para especies marinas de ornato, encargado de administrar los recursos financieros erogados por los permisionarios encaminado a cubrir los costos de las medidas de manejo y la investigación que se desarrolla.

▼ *Implicaciones en el manejo*

Estudios para evaluar la actividad

Desarrollar en la medida de lo posible, estudios relacionados, entre otros, con los siguientes tópicos (Perry, 1997):

- Biología básica:
  - Tamaño de la población: Actual y virgen
  - Estructura comunitaria (grupos tróficos).

- Asociaciones.
- Distribución: a) Espacial: Extensión geográfica.
  Tipo de agregación: en parches o en bancos.
  b) Temporal: Migraciones y cambios en disponibilidad y lugar.
- Hábitats de preferencia.
- Estructura poblacional: Una población ampliamente distribuida, varias aisladas o subpoblaciones semi-aisladas (meta-población).
- Características reproductivas: a) época y talla de primera reproducción
  b) proporción de sexos.
  c) fecundidad.
  d) duración de las etapas larvarias.

La pesca y el comercio ilegal en el Golfo de California se podría enfrentar mediante un aumento en los costos de transgresión, incrementando la vigilancia o asignando derechos territoriales

- Técnicas para pesca potencial.

- Procesos socioeconòmicos.

- Cultivos marinos.

A fin de alcanzar este propósito, el Instituto Nacional de la Pesca a través de su Programa Nacional Especies Marinas de Ornato está promoviendo la creación de una Red Nacional de Especies Arrecifales, con el apoyo de la Sociedad Mexicana de Arrecifes de Coral, recientemente creada.

Del total de las especies involucradas en la pesquería de especies marinas de ornato (320), es necesario orientar e incrementar los estudios a las siguientes especies de invertebrados: coral negro (*Antipathes galapagensis*), hidrocoral cuernos de venado (*Janaria mirabilis*), coral colonial (*Palythoa ignota*), cangrejo ermitaño del hidrocoral cuernos de venado (*Manucomplanus (Polypagurus) varians*), cangrejos ermitaños (*Clibanarius digueti y Calcinus californiensis*), al camarón limpiador (*Odontozona rubra*). Así como a los corales blandos o abanicos de mar (*Eugoria aurantiaca*, *E. ampla*, *E. multifida*, *Leptogorgia alba*, *Pacifigorgia agassizii*, *Muricea fruticosa miser y M. apressa*), así como las anémonas *Phialoba steinbecki*, *Bunodosoma californica* y *Antiparactis sp.* Con lo que respecta a los moluscos y equinodermos, se puede mencionar a los nudibranquios *Roboastra tigris* y *Chromodoris marislae* y a la estrella de mar *Echinaster (Othilia) tenuispina*.

Los peces que requieren de mayor investigación son los que se mencionan a continuación: ángel clarión (*Holacanthus clarionensis*), ángel de Cortés (*Pomacanthus zonipectus*), gobio punto azul *Opistognathus rossenblatti*, el mero arcoiris (*Liopropoma fasciatum*), la mariposa guadaña (*Chaetodon falcifer*), la damisela azul y amarillo (*Chromis limbaughi*), los cochitos *Balistes polylepis*, *Sufflamen verres*, *Pseudobalistes naufragium*, *Melychthys niger*, y *Xanthichthys mento*, las brotulas (*Ogilbia* sp.), el pez azul de Cortés (*Stegastes (Eupomacentrus) rectifraenum*), el burrito (*Anisotremus taeniatus*), la mariposa narigona (*Forcipiger flavissimus*), el halcón narigón (*Oxycirrhites typus*), la señorita atardecer (*Thalassoma grammaticum*), los cirujanos (*Acanthurus achilles*, *Acanthurus xanthopterus* sinónimo científico de *Zebrasoma xanthurum y de Hepatus crestonis*), el ídolo moro (*Zanclus cornutus*), la lija de rayas azules (*Aluterus scriptus*), lija vagabunda (*Cantherhinus dumerilii*), el pez cofre (*Ostracion meleagris*) y por último los botetes pinto y verde (*Arothron meleagris* y *A. hispidus*).

Estas especies poseen mayor importancia que las otras, debido a la elevada demanda y a que son endémicas, raras, de abundancias poblacionales reducidas, o a que la captura incide principalmente en las etapas juveniles (Sánchez-Ortíz 1997).

Programas educativos

Tomando la experiencia de otros países, es necesario desarrollar manuales para el estudio de peces e invertebrados arrecifales (Cintrón *et al.*, 1994), e implementar programas educativos para todos los sectores

(incluyendo a los aficionados), en donde se cree conciencia de la importancia de cuidar los ecosistemas arrecifales y de cómo la industria del acuarismo puede ser un modelo del manejo sostenible del recurso, proporcionando beneficios económicos. Se recomienda establecer un programa de capacitación para la identificación y conteo de especies arrecifales en México mediante cursos de buceo científico y además seguir el modelo establecido por la Reef Environmental Education Foundation (REEF).

Para incrementar el conocimiento relacionado con la abundancia relativa de las especies de interés ornamental distribuidas en el Golfo de California y Pacífico, en 1999 se puso en marcha el Programa Piloto de Censos Visuales en el Golfo de California. Este programa se desarrolla de manera coordinada entre el INP y el REEF. Este programa forma parte del Reef Fish Survey Project desarrollado dentro del REEF, el cual consiste en otorgar cursos de capacitación a voluntarios que practican actividades subacuáticas de manera cotidiana. En estos cursos, personal técnico del REEF proporciona entrenamiento estandarizado para la identificación *in situ* de peces marinos empleando censos visuales. Como parte del material que se les proporciona a este tipo de personas se encuentran guías fotográficas con el nombre común y científico de las especies.

Durante el curso se les enseña a identificar especies y a llevar a cabo el registro de información relacionada con el nombre de la(s) especie(s) identificadas, la abundancia, profundidad, zona en donde se hizo el registro, las coordenadas geográficas, corriente y visibilidad.

La información se registrará en una base de datos, la cual estará a disposición del Instituto Nacional de la Pesca, para realizar una administración adecuada del recurso.

La metodología establecida por el REEF Fish Survey Project ha sido adoptada por un gran número de regiones geográficas y los resultados han sido empleados para los planes de manejo de diversas áreas marinas protegidas en E.U. (Pattengill-Semmens, 1999).

Instrumentos legales

Es necesario difundir el código de conducta para la pesca responsable de especies marinas de ornato y un manual de procedimientos, en donde se le explique al público en general lo relacionado con esta pesquería.

Manejo y vigilancia del recurso

Es necesario involucrar en la toma de decisiones a la comunidad científica y de manera conjunta con los Comités Consultivos Regionales realizar consultas periódicas con todos los sectores a fin de involucrarlos y hacerlos corresponsables en toma de decisiones (Couchman *et al.*, 1992).

Para que la dependencia encargada de la vigilancia pueda desempeñar de una manera más eficiente su trabajo, es necesario que el Instituto Nacional de la Pesca genere guías para la identificación de especies marinas de ornato.

Calidad del producto y acuacultura

La industria acuariófila requiere especies de buena calidad, en óptimas condiciones de salud. Esto se podrá lograr si se fomenta el buen trato a los organismos y se implementa como medida profiláctica la cuarentena de los ejemplares antes de ser empacados.

Es conveniente impulsar y fomentar en instituciones educativas y centros de investigación de México, el desarrollo de la acuacultura, con énfasis especial en aquellas especies endémicas o con abundancia poblacional baja.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Las instituciones y grupos que se mencionan a continuación deben ser convocadas a realizar proyectos de investigación cuyos resultados permitan un ordenamiento adecuado de la captura de especies marinas de ornato.

- Dependencias Gubernamentales (SEMARNAP, SEP, SECTUR)
- Instituciones Educativas y Centros de Investigación (IPN, UNAM, UABCS, UABC, ITMAR, CETMAR, CICIMAR, CIBNOR, CICESE).
- Organizaciones no Gubernamentales (TNC, REEF,WWF, WCU, WB).

REFERENCIAS

Abitia-Cárdenas, L. A., J. Rodríguez Romero, F. Galván-Magaña, J. de La Cruz-Agüero & H. Chávez-Ramos. 1994. Lista sistemática de la Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas 20(2): 159-181.

Aburto-Oropeza, O., Enric-Sala & C. Sánchez-Ortíz. 1999. Feeding behavior, habitat use, and abundance of the angelfish *Holacanthus passer* (Pomacanthidae) in the southern Sea of Cortés. Environmental Bology of Fishes.

Adrim, M. & M. Hutomo. 1989. Species composition, distribution and abundance of Chaetodontidae along reef transects in the Flores Sea. Proceedings of Snellius II Symposium. 23(2): 83-93.

Alasdair, J. E. & D.S. Alec. 1992. Environmental implications of aquarium-fish collection in the Maldives, with proposals for regulations. Env. Conserv. 19(1): 61-72.

Albaladejo, D.V. & T. V. Corpuz. 1981. A market study of the aquarium fish industry of the Phillippines: an assessment of the growth and the mechanics of the trade. Proceedings of the fourth international Coral reef symposium, Manila. 1: 75-81.

Allen, G. R. & D. R. Robertson. 1994. Fishes of the Tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press, Hawaii. 332 p.

Amezcua, L. F. 1985. Recursos potenciales de peces capturados con redes camaroneras en la Costa del Pacífico de México. *En:* Recursos pesqueros potenciales de México: La Pesca Acompañante del camarón. Yáñez-Arancibia, A. Universidad Nacional Autónoma de México. México, pp. 39-94.

Anaya, R.G. 1993. Conservación del arrecife coralino de Cabo Pulmo: avances sobre el proceso de planeación y propuesa de lineamientos de manejo. Tesis profesional. Univ. Aut. Baja California Sur. 120 p.

Arellano, M.M. 1997. Biología reproductiva del Angel Rey *Holocanthus passer* Valenciennes, 1846 y del angel de Cortes *Pomacanthus zonipectus* (Gill, 1863) (Teleostei: Pomacanthidae), en la costa sur-occidental del Golfo de California, México. Tesis profesional. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. 87 p.

Arreola-Robles, J.L. 1998. Diversidad de peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 83 p.

Auster, P. J. 1988. A review of the present state of understanding of marine fish communities. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 8: 67-75.

Balart, E.F., J.L. Castro-Aguirre, D. Aurioles-Gamboa, F. García Rodríguez & C. Villavicencio-Garayzar. 1995. Adiciones a la ictiofauna de Bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Hidrobiológicas. 1-2: 79-85.

Balart, E. F., J. L. Castro-Aguirre & F. De La Chica Bonilla. 1997. Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, B. C. S. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. Urbán R., J. y M. Ramírez (*eds*). UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. La Paz, B.C.S. México. pp. 163-176.

Barnes, D.R. 1986. Zoología de los Invertebrados. Nueva Editorial Interamericana, Cuarta Edición. México, D.F.

Behrents, K.C. 1987. The influence of shelter availability on recruitmert and early juvenile survivorship of *Lythrypnus dalli* Gilbert (Pisces: Gobiidae). J. Exp. Mar. Biol. 107(1): 45-59.

Bermúdez, B. & G. García. 1985. Hábitos alimenticios en los peces de las zonas rocosas de la Bahía de La Paz, B.C.S. Tesis Profesional UNAM. 259 p.

Bohnsack, A.J., & Bannerot, P.S. 1986. A stationary visual census technique for quantitatively assessing community structure of coral reef fishes. NOAA Technical Report NMFS. 41: 1-15.

Brusca, C.R.,1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. Tucson, Arizona. 513 p.

Buesa, R.J. 1987. Growth rate of tropical demersal fishes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 36: 191-199.

Castro-Aguirre J. L. & E. F. Balart. 1997. Contribución al conocimiento de la ictiofauna de fondos blandos y someros de la Ensenada y Bahía de La Paz, B.C.S. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. Urbán R., J. y M. Ramírez (*eds*). UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. La Paz, B.C.S. México. pp. 139-150.

Caveriviere, A. 1990. Evolution of the indices of abundance of the triggerfish (*Balistes carolinensis*) and its average size in the region Ivory Coast-Ghana-Togo-Benin. Report of the ad hoc working group on the demersal stocks of the western region of the Gulf of Guinea statistical divition 34.3.4. 89(48): 195-207.

Cintra Buenrostro, C. 1998. Sinopsis Taxonómica y Biogeografia de los Asteroideos del Golfo de California. Tesis Profesional. U.A.B.C.S. México.

Cintrón, G., J. R., García y F. Geraldes. 1994. Manual de Métodos para la Caracterización de Arrecifes de Coral. World Wildlife Foundation. Washington, D.C. 67 p.

CITES. The Convention of International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 1992. U.S. Department of The Interior. The Fish & Wildlife Service. U.S.A. 22 p.

Colin, P. L. & I.E. Clavijo, 1988. Spawning activity of fishes producing pelagic eggs on a shelf edge coral reef, southwestern Puerto Rico. Bull. Mar. Sci. 43(2): 249-279.

Conroy, D.A. 1995. An evaluation of the present state of world trade in ornamental fish. FAO Fisheries Technical Paper. (146). i-vi, pp. 1-128.

Couchman, D., Beumer, P.J. 1992. The Commercial Fishery for the Collection of Marine Aquarium Fishes in Queensland. 28 p.

Cunningham, S., A. Nguer & I. Thiam. 1995. Monopsonistic fisheries management: The Case of Mauritania. *En*: Liao, D. (*ed*). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development: Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Taiwan Ocean University, Keelung. pp. 305-317

Dawes, J. 1998. International Experience in Ornamental Marine Species Management. Resumenes del Simposium: "Uso y Conservación de Recursos Arrecifales en el Golfo de California". La Paz, B.C.S., México.

De la Cruz Agüero, J., M. Arellano-Martínez, V.M. Cota-Gómez & G. De La Cruz Agüero. 1997. Catálogo de los Peces Marinos de Baja California Sur. IPN - CICIMAR - CONABIO, México. 1ª edición, 341 p.

Division of Aquatic Resources Department of Land and Natural Resources State of Hawaii. 1989. Act 184.

Doherty, P.J. & D.M.B. Williams. 1988. The replenishment of coral reef fish populations. Oceanography and Marine Biology: an annual review. Barnes, M. (*ed.*) 26: 487-551.

Duarte, C.S.A. & P.A. Acero. 1988. Feeding behaviour of the *Acanthurus* (Perciformes: Acanthuridae) fish genus in the Santa Marta region from the Colombian Caribbean. 1988. Rev. Biol. Trop. 36(2B): 399-405.

Estrada, R.M. 1986. Hábitos alimentarios de los peces del género *Haemulon* (Pisces:Haemulidae) de los arrecifes de la región de Santa Marta, Colombia. An. Inst. Inv. Mar. Punta de Betin. 15(16): 49-66.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1995a. Código de Conducta para la Pesca Responsable. Roma. 46 p.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 1995b. Precautionary Approach to Fisheries. Part 1: Guidelines on the Precautionary Approach to Capture Fisheries and Species Introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350: 1-52

Foster, S.A. 1987. Diel and lunar patterns of reproduction in the Caribbean and Pacific seargeant major damselfishes *Abudefduf saxatilis and A. troschelii.* Mar. Biol. 95(3): 333-343.

Fowler, A. J. 1990. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of Chaetodontid fishes at One Tree Reef, southern GBR. Mar. Ecol. Prog. Ser. 64(1-2): 39-53.

Froese, R. & D. Pauly (*eds.*) 1994 Fishbase User´s Manual. ICLARM Software No. 7, 115p. http// fishbase.org/

Furlong, M.J. 1991. The deterrent effect of regulatory enforcement in the fishery. Land economics. 67(1): 116-129

Garratt, P. A. 1988. Notes on seasonal abundance and spawning of some important offshore linefish in Natla and Transkei waters, southern Africa. S. Afr. J. Mar. Sci. S. Afr. Tydskr. Seewet. (7): 1-8.

Gosliner, T. M., D. W. Behrens & G. C. Williams. 1996. Coral reef animals of the Indopacific. Sea Challengers. Monterey Calif. 299 p.

Goodson, G. 1988. Fishes of the Pacific Coast. Alaska to Peru, including the Gulf of California and the Galapagos Islancs. Stanford University Press, U.S.A. 1ª edición, 267 p.

Gotshall, D. W. 1987. Marine Animals of Baja California: a Guide to the Common Fishes and Invertebrates. Sea Challengers, Japan. 2ª edición, 113 p.

Gotshall, D. W. 1994. Guide to Marine Invertebrates: Alaska to Baja California. Sea Challengers, Hong Kong. 1ª edición, 105 p.

Gulland, J.A. (*Comp*). 1971. The Fish Resources of the Ocean. Fishing News (Books) Ltd; West Byfleet. Surrey, England, U.K. 255 p.

Gushima, K.; Y. Hazumi & S. Kakuta. 1991. Growth related changes in diet and foraging behavior of the yellow wrasse *Thalassoma lutescens* at Kuchierabu Island. Jap. J. Ichthyology 38(3) 307-314.

Guzmán, H.M. 1988a. Distribution and abundance of corallivorous organisms in the coral reefs of Isla del Cano Costa Rica (SPA). Rev. Biol. Trop. 36(2ª): 191-207.

Guzmán, H. M. & D. R. Robertson. 1989b. Population and feeding responses of the corallivorous pufferfish *Arothron meleagris* the coral mortality in the eastern Pacific. Mar. Ecol. Prog. Ser. 55(2-3): 121-131.

Hartney, K. B. 1989. The foraging ecology of two sympatric gobiid fishes: Importance of behavior in prey type selection. Environ. Biol. Fish. 26(2): 105-118.

Hastings, P.A. 1989. Protogynous hermaphroditism in *Paralabrax maculofasciatus* (Pisces: Serranidae). Copeia 1: 184-188.

Hendler, G., J.E. Miller. D.L. Pawson & P.M. Kler. 1995. Sea stars, sea urchins and allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean. Washington and London, Smithsonia Institution Press. 328 p.

Hilderbrand, H. H.; H. Chávez & H. Compton. 1964. Aporte al conocimiento de los peces del Arrecife Alacranes, Yucatán, México. Ciencia XXIII. pp. 107-134.

Hoelzer, G. 1990. A. Male-male competition and female choice in the Cortez damselfish, *Stegastes rectifraenum*. Anim. Behav. 35(2): 339-349.

Hourigan, T.F., F. G. Stanton, P. J. Motta, C. D. Kelley & B. Carlson. 1989. The feeding ecology of three species of Caribbean angelfishes (Family: Pomacanthidae). Environ. Biol. Fish. 24(2) 105-116.

Jeffrey, C. C. & C. A. Luer. 1990. Growth rates in the Nurse Shark, *Ginglymostoma cirratum*. Copeia 3: 686-692.

Johnson, W. S. & P. Ruben. 1988. Cleaning behavior of *Bodianus rufus*, *Thalassoma bifasciatum*, *Gobiosoma evelynae* and *Periglimenes pedersoni* along a depth gradient at Salt River Submarine Canyon, St. Croix. Environ. Biol. Fish. 23(3): 225-232.

Keen, M. A. 1971. Sea shells oftropical West America: marine molluscs from Baja California to Perú. Standford University Press. Standford, Calif. 1022 p.

Kerstitch, A., 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates: a Guide for the Pacific Coast, Mexico to Ecuador. Sea Challengers, Hong Kong. 1ª edición, 114 p.

Leis, J. M. & B. Goldman. 1987. Composition and distribution of larval assemblages in the Great Barrier Reef Lagoon, near Lizard Island, Australia. Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 38(2): 211-223.

SEMARNAP. 1999. Ley de Pesca y su Reglamento. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Ed. Cambio. 113 p.

Marine Aquarium Council. News 1st Quarter 2000. Página Web www.aquariumcouncil.org.

Martinez-Pecero, R., E. Matus-Nivon, R. Ramirez-Sevilla, D. E. Hernádez-Ceballos & M. Contreras-Olguin. 1990. Huevo, larva y juvenil del peluquero *Chaetodipterus zonatus* (Girard) (Pisces: Ephippididae). Rev. Biol. Trop. 38(1): 71-78.

Matus-Nivon, E., R. Ramirez Sevilla, R. Martinez-Pecero & J.L. Ortiz-Galindo. 1990. Assessment of the aquaculture potential of eigth marine fish species from the Mexican Pacific based on their early life stages. 1990. *En*: Espino, G. de la Lanza; Arredondo Figueroa, J. (*eds*). Aquaculture in Mexico: from concepts to production. pp. 67-74.

Milliman, S. R. 1986. Optimal Fishery Management in the Presence of Illegal Activity. J. Env. Econ. and Man. 13: 363-381.

Mohan, M. & C.S.G. Pillari. 1988. The biology of convict surgeonfish *Acanthurus triostegus triostegus* (Linnaeus) from Minicoy Atoll, Lakshadweep. J. Mar Biol. Assoc. India. 30(1-2): 182-191.

Morris, R. H., D. P. Habbott & E. C. Hederlie. 1980. Intertidal invertebrates of California. Standford University Press. Standford, California. 861 p.

Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994. Diario Oficial de la Federación. México. 61 Pp.

Ortuño-Manzanares, G., R. Piña-Espallargas, N. E. García-Núñez & L. Mendoza-Vargas. 2000. Regionalización del Pacífico mexicano como una herramienta de trabajo y estudio para especies marinas de ornato. Resúmenes del XII Congreso Nacional de Oceanografía.

Ortuño-Manzanares, G., L. Mendoza-Vargas, R. Piña-Espallargas & N. E. García-Núñez. 2000. Distribución geográfica de 37 peces marinos de ornato en el Golfo de California, empleando la regionalización estabecida por el Instituto Nacional de la Pesca. Resúmenes del VII Congreso Nacional de Ictiología.

Parker, R.O., Jr. 1990. Tagging studies observations of fish populations on live bottom reefs of the U.S. southeastern coast. Bull. Mar. Sci. 46(3): 749-760.

Pattengill-Semmens, C. V. 1999. The environmental education foundations´s (REEF) role is science and conservation. Applications of the REEF/TNC Fish survey Project. (REEF). 187 p.

Pérez-España, H. 1994. Hábitos alimenticios del ángel real *Holacanthus passer* Valenciennes, 1846 y del ángel de cortés *Pomacanthus zonipectus* Gill, 1863 (Ostheichthyes: Pomacanthidae) en la costa sur-occidental del Golfo de California. Tesis Profesional. CICIMAR-IPN. 71 p.

Pérez, E. H., F. Galván Magaña & L.A. Abitia Cárdenas. 1996. Variaciones temporales y espaciales en la estructura de la comunidad de peces de arrecifes rocosos del suroeste del Golfo de California, México. Ciencias Marinas. 22: 273-294.

Perry, I.R., Walters, J.C. & Boutillier, A.J. 1996. A framework for providing scientific advice for the management of new invertebrates fisheries. 34 p.

Petersen, C.W. 1987. Reproductive behaviour and allocation in *Serranus fasciatus* a hermaphroditic reef fish. Anim. Behav. 35(6): 1601-1614.

Prappas, J.M.; L.E. Geene & R. White. 1991. Reproductive behaviour of the seargeant major, *Abudefduf saxatilis*, withing a closed system aquarium. Environ. Biol. Fish. 31(1): 33-40.

Piña, E.R. 1994. Peces de Arrecifes Tropicales con Fines de Ornato. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 145 p.

Piña, E.R. & S. Almenara-Roldán. 1995. Formato de Registro de las Capturas de Especies Marinas de Ornato. Documento Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 63 p.

Piña, E.R. & S. Almerara-Roldán. 1996. Programa de Manejo para el Aprovechamiento Sustentable del Recurso: "Especies Marinas de Ornato" Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 67 p.

Piña E.R. 1998. Informe Técnico del Programa Nacional Especies Marinas de Ornato. Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 35 p.

Piña, E.R. 2000a. Catálogo de Identificación de Peces Marinos de Importancia Ornamental del Golfo de California y Pacífico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 45 p.

Piña, E.R. 2000b. Catálogo de Identificación de Invertebrados Marinos de Importancia Ornamental del Golfo de California y Pacífico. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 20 p.

Piña, E.R. 2000c. Código de Conducta para la Captura, Mantenimiento, Empaque y Transportación de Especies Marinas de Ornato. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito). 10 p.

Reyes, B., H. & L.E. Calderón Aguilera. 1999. Abundance and Distribution of three Corallivores at Cabo Pulmo Reef, Gulf of California, México. Marine Ecology. 25 p.

Robinson, S. 1984. The truth about the use of sodium cyanide in Philippine coral reefs. Greenfields. 14(12):40-48.

Rodríguez-Romero, J., Abitia-Cardenas, L.A., Galvan-Magaña, F. & Chávez-Ramos,H. 1994. Composición, abuncancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas. 20(3): 321-350.

Rodríguez-Romero, J., Abitia-Cardenas, L.A., Galvan-Magaña F., H.Y. Chavez-Ramos & H. Perez-España, H. 1996. Lista sistemática de los peces de la Isla Cerralvo, BCS, México. Ciencias Marinas 22(3):295-311.

Rubec, P.J., 1986a. The effects of sodium cyanide on coral reefs and marine fish of the Phillippines. *En*. J.L. Maclean, J.B. Dizon & L.V. Hosillos (*eds*). The First Asian Fisheries Forum. Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. pp. 297-302.

Rubec, P.J., 1988a. Cyanide Fishing and the International Marine Alliance Net Training Program. International Marine Alliance Philippines. Manila, Philippines. pp. 11-13.

Sánchez-Ortíz, C., J. L. Arreola-Robles, O. Aburto-Oropeza & M. Cortés Hernández. 1997. Peces de arrecife en la región de La Paz, B.C.S. La Bahía de La Paz, investigación y conservación. Urbán R., J. y M. Ramírez. (eds). UABCS-CICIMAR-SCRIPPS. La Paz, B.C.S. México. pp. 177-188.

Sánchez-Ortíz, C. & J.L. Arreola-Robles, 1997. Consulta sobre la revisión de la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-1994. Universidad Autónoma de Baja California Sur. 12 p.

Sinsel-Duarte, F. 1991. Abundancia y distribución de los gorgonáceos (Anthozoa) del arrecife de Cabo Pulmo. Tesis Profesional, U.A.B.C.S. México. 95 p.

Schober, V. M. & H. Ditrich. 1992. Anatomy and use of caudal spines in the aggressive behaviour of a surgeonfish (Osteichthyes: Acanthuridae). Mar. Behav. Physiol. 21(4): 277-284.

Solís-Marín, F. & E. Mata-Pérez. Manual para Curso-Taller: Taxonomía de Equinodermos. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 88 p.

Strand, S. 1988. Following behaviour: Interspecific foraging associations among Gulf of California Reef Fishes. Copeia 2: 351-357.

Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 1979. Reef Fishes of the Sea of Cortez. John Wiley & Sons, USA. 302 pp.

Torres-Orozco B.R. 1991. Los Peces de México. Editorial AGT, México. 1ª edición, 235 p.

Tucker, A.R. 1974. American sea shells: the marine mollusca of the Atlantic & Pacific coast of North America. 2th Edition. Van Nostrand Reinhald Co. 850 p.

Tucker, W.J. 1998. Marine Fish Culture. Massachussets. Harbor Branch Oceanographic Institution. 750 p.

Victor, B.C. 1987. Growth, dispersal, and identification of placktonic labrid and pomacentrid reef fish larvae in the eastern Pacific Ocean. Mar. Biol. 95(1): 145-152.

Villarreal, C.A., H. Reyes Bonilla, B. Bermúdez Almada & 0. Arizpe Covarrublas. 1996. Los peces del arrecife de Cabo Pulmo: lista sistemática, abundancia y biogeografia. Rev. Biol. Trop. 47 p.

Walters, C.J. 1986. Adaptative Management of Renewable Resources. MacMillan Publishing Co, New York.

Warner, R. R. & T. P. Hughes.1988. The population dynamics of reef fishes. Proceedings of the Sixth International Coral Reef Symposium, Townsville, Australia, 8th-12th August 1988. 1:149-155.

Watson, W. & H.J. Jr. Walker. 1992. Larval development of sargo *(Anisotremus davidsonii)* and salema (*Xenistius californiensis*) (Pisces: Haemulidae) from Southern California Bight. Bull. Mar. Sci. 51(3): 360-406.

Wellington, G.M. & B.C. Victor. 1992. Regional differences in duration of the planktonic larval stage

of reef fishes in the eastern Pacific Ocean. Mar. Biol. 113(3): 491-498.

Yeeting, B.M. 1999. Live Reef Fish Developments in Fiji. SPC Fisheries Newsletter. 88: 25-36.

Zeiller, W. 1974. Tropical marire Invertebrates of Southern Florida and the Bahamas Islands. John Willey & Sons, New York. 201 p.

pepino de mar

pepino

"trepang"

"trepang"

"bêche de mer"

"bêche de mer"

pepino

pepino

"trepang"

Pepino de mar

Pepino de mar

pepino de mar

pepino de mar

"trepang"

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE PEPINO DE MAR

ESPECIE: Pepino de mar (*Isostichopus fuscus*).

- Cambio de categoria dentro de la NOM-059-ECOL-1994, de especie en peligro de extinción a especie bajo protección especial, publicado en el DOF el 22 de marzo del 2000, por lo que no se otorgan permisos de pesca comercial.
- Ecológicamente importante por la acción removedora y transformadora del sustrato de las zonas en las que habita, haciéndolo aprovechable a otros niveles tróficos.
- Es la especie más comercializada en México por la textura de su tegumento y sus características morfológicas en cuanto a talla, forma regular y consistencia.
- Es un producto de consumo humano, que se exporta a Taiwán y Hong Kong.
- Actualmente se desconoce su distribución y abundancia en México.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Se encuentran restringidas al 10 % anual de la biomasa total estimada por el INP, en zonas específicas autorizadas para pesca de fomento.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se recomienda la aplicación de modelos espaciales.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- En deterioro.

MEDIDAS DE MANEJO

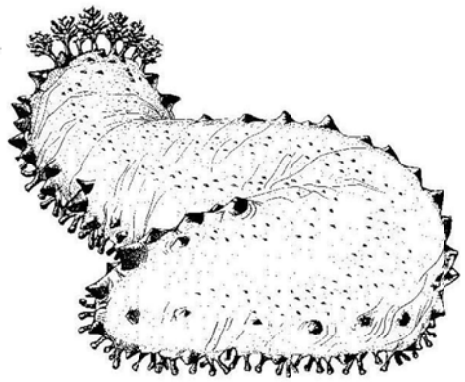
- Permisos de pesca de fomento restringidos e integrados al Programa Institucional de Investigación de Pepino de mar, coordinado por el INP.
- Las cuotas de captura serán restringidas al 10% anual de la biomasa total estimada por el INP, en zonas específicas autorizadas para pesca de fomento.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Desarrollar proyectos de investigación biológico-pesquera en todo el país bajo criterios de aprovechamiento y lineamientos de investigación similares.
- Disminuir la captura ilegal del recurso.

PEPINO DE MAR

Isostichopus fuscus



LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La pesquería del pepino de mar comenzó hace más de mil años en el lejano oriente. En el siglo XIX esta pesquería se expandió, con China como el principal importador mundial. Durante el presente siglo se abrieron al comercio internacional también los mercados de Japón, Corea, Singapur y Taiwán (Conan y Sloan, 1988).

Aunque son diez las especies de pepino que se comercializan a nivel internacional, en las estadísticas de la FAO (1995a) se agrupa a todas éstas junto con otros equinodermos, como lo son el erizo de mar y la estrella de mar. Por ello es difícil saber cuál es la producción real de pepino de mar en el mundo.

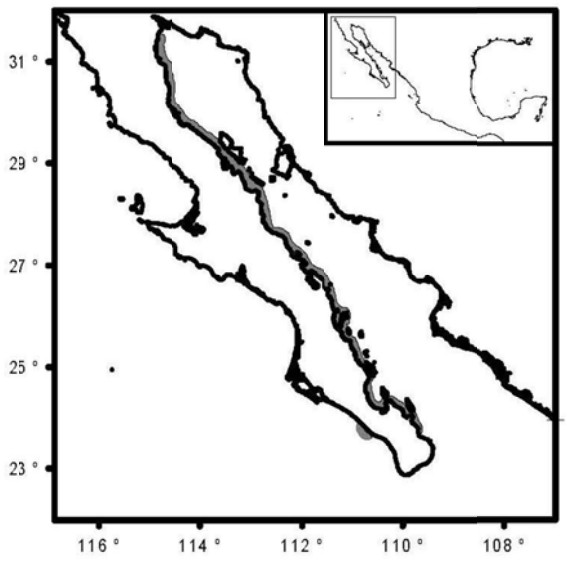


Fig. 1 Distribución de *Isostichopus fuscus* en la Península de Baja California, México.

Isostichopus fuscus es de los holotúridos comestibles de mayor demanda internacional, especialmente en el Oriente, debido a la textura de su piel y a su tamaño

La demanda por el pepino de mar (*Isostichopus fuscus*) fomentó el inicio de su captura comercial en México a partir de 1988. El interés por explotar comercialmente este recurso, también se manifestó en los estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Entre 1990 y 1993, el Instituto Nacional de la Pesca realizó una serie de evaluaciones poblacionales para conocer la distribución y abundancia de la especie en las diferentes zonas que eran solicitadas para obtener permisos de pesca comercial por parte de permisionarios tanto del sector privado como del sector social.

En la Península de Baja California la explotación se realizó oficialmente sobre dos especies, *Isostichopus fuscus* en el litoral oriental, y *Parastichopus parvimensis* en el occidental. De hecho, la costa oriental de la península (Fig. 1) llegó a producir la mayor proporción de la captura total del país al alcanzar casi las 2000 t en 1991 (Fig. 2, tabla 1). El valor que se obtuvo en 1993 por su exportación como producto procesado fue de aproximadamente un millón y medio de dólares (Salgado, 1994).

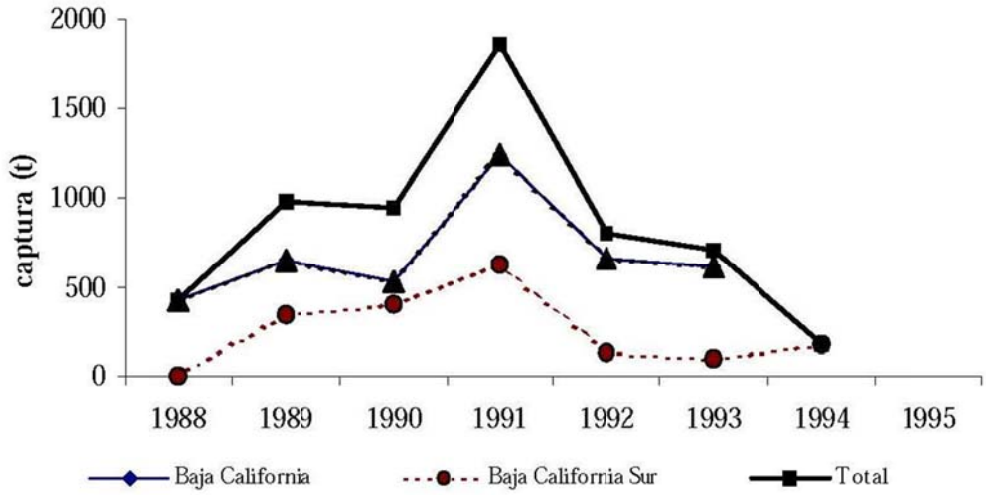


Fig. 2. Captura de pepino de mar, *I. fuscus,* total y por litoral en la península de Baja California Sur.

En el resto de las entidades los permisos comerciales se otorgaron para *Isostichopus fuscus*.

En Baja California Sur la captura comercial de *I. fuscus* inició en 1989, en la costa este del estado, desde Punta Trinidad, al norte de Santa Rosalía, hasta la porción sur de la bahía de La Paz (Fajardo-León y Vélez, 1996). La mayor parte de la producción se obtuvo en la zona norte del estado (Tabla 1).

Con fines de investigación, la costa este del Estado fue dividida en zonas pesqueras (Fig. 3) por Singh y Vélez (1994) con base en la abundancia y nivel de captura de *I. fuscus*.

Tabla 1. Producción anual (toneladas, peso fresco) de pepino de mar (*I. fuscus*) en la península de Baja California por estado de 1988 a 1994 (Salgado, 1994a; Fajardo-León y Vélez, 1996)

AÑO	BAJA CALIFORNIA	BAJA CALIFORNIA SUR POR REGIÓN			TOTAL
		NORTE	CENTRO	SUR	
1988	420	nd	nd	nd	420
1989	646	301	5	30	982
1990	535	375	nd	29	939
1991	1230	624	nd	nd	1854
1992	664	134	nd	nd	798
1993	613	70	nd	25	708
1994	nd	182	nd	nd	182

nd = no determinado

Fig. 3. Áreas de captura de *I. fuscus* en Baja California Sur, México.

Zona norte: desde la frontera con el estado de Baja California hasta Punta Concepción;

Zona centro: desde Punta Concepción hasta Ensenada Blanca;

Zona sur: desde Ensenada Blanca al sur de la bahía de La Paz.

I. fuscus fue la principal especie de pepino que se capturó y exportó en Baja California Sur, por esta razón la información que existe en el Estado es principalmente de ella.

Fajardo-León y Vélez (1996) mencionan la existencia de *Parastichopus parvimensis* en la costa oeste del estado. A través de un permiso de pesca de fomento otorgado desde enero de 1996, se habían comercializado 72,505 kg (peso fresco) hasta el mes de mayo del 2000.

I. fuscus es uno de los equinodermos holotúridos más grandes (Caso, 1961) y de los más cotizados en los mercados asiáticos por la textura suave de su piel. Sin embargo, en 1994 cesaron oficialmente las capturas comerciales ya que la pesquería entró en veda permanente, debido a que *I. fuscus* fue catalogada como especie en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de mayo de ese año.

El 22 de marzo de 2000 se publicó en el Diario Oficial de la Federación el cambio de clasificación de «peligro de extinción» a especie «bajo protección especial» del pepino de mar, *Isostichopus fuscus,* con el objetivo de recopilar la información necesaria para su administración sustentable.

El 2 de mayo del 2000, se otorgó el primer y único permiso de pesca de fomento hasta el momento en que se escribe esta publicación, para pepino de mar *I. fuscus*, en una zona ubicada en el Golfo de California llamada Bahía de Calamajué, municipio de Ensenada, Baja California. Algunos resultados preliminares importantes que se han obtenido en esta investigación se presentan en el apartado correspondiente.

De acuerdo con la reglamentación vigente sustentada en la Carta Nacional Pesquera publicada el 28 de agosto del 2000, a partir de esta fecha no se emitirán permisos de pesca comercial para ninguna especie de pepino de mar distribuída en aguas de jurisdicción nacional. La única manera de accesar a estas especies será en forma precautoria mediante permisos de pesca de fomento, bajo los términos y condiciones que marca la Ley de Pesca y su Reglamento. Se contempla de esa forma la posibilidad de permitir el desarrollo de proyectos de investigación mediante permisos de pesca de fomento para coadyuvar al conocimiento de recursos pesqueros que poseen alguna característica particular que les impide ser aprovechados bajo esquemas comerciales, como es el caso específico del *I. fuscus*.

Una vez que se dieron a conocer estas dos publicaciones, el interés de productores por obtener permisos para la explotación de este recurso se disparó. En forma muy especial en el estado de Baja California llegaron a presentarse alrededor de veinte solicitudes para obtener permiso de pesca de fomento. Debido al número creciente de solicitudes y a la falta de dirección técnica de los anteproyectos de investigación que acompañaron tales solicitudes, el Instituto Nacional de la Pesca presentó un documento con los controles mínimos de acceso que deben incluirse en los permisos de pesca de fomento que se otorguen para esta especie, así como los lineamientos generales que deberá cubrir el protocolo de investigación a desarrollar. El propósito es que de una manera formal y continua, se generen conocimientos básicos sobre la biología, ecología y dinámica poblacional del recurso, con dos objetivos primordiales: reunir elementos suficientes para evaluar la capacidad regenerativa de las poblaciones silvestres y concluir en la posibilidad de llevar o no, a cabo una captura comercial.

BIOLOGÍA

Isostichopus fuscus pertenece al phylum Echinodermata; se distribuye desde el Golfo de California hasta las Islas Galápagos y el Ecuador (Kerstich, 1989). En México se localiza en las costas de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y en la costa este de Baja California y Baja California Sur.

El sustrato en el que vive es principalmente de tipo rocoso y pedregoso, aunque se le encuentra también en fondos de conchas y arcillas, así como entre algas, si existen en la zona. La profundidad de distribución va de los 0.50 m hasta los 61 m (Kerstitch, 1989), aunque normalmente la máxima profundidad es de 33 m.

Los individuos pequeños (60 a 160 mm) se localizan principalmente dentro de oquedades y grietas entre las piedras, así como debajo de las mismas, mientras que organismos de tallas grandes (mayor a 160 mm) se encuentran principalmente sobre piedras y rocas; además son individuos de hábitos nocturnos.

Los sexos son separados, sin embargo, ocasionalmente se han registrado individuos hermafroditas (Herrero-Pérezrul, 1994). No hay dimorfismo sexual externo. La proporción sexual es 1:1. La gónada presenta cinco estadios de desarrollo: indiferenciado, gametogénesis, madurez, desove y postdesove. El ciclo reproductor es anual, con un desove en verano (Salgado-Castro, 1994; Herrero-Pérezrul, 1994; Fajardo-León *et al.*, 1995). El peso de primera madurez en esta especie es a partir de los 167 g (peso del músculo) (Herrero-Pérezrul, 1994).

El desarrollo gonádico y el índice gonadosomático, están relacionados con variaciones en la temperatura; ésta juega un papel importante como sincronizador del ciclo reproductor pero no como activador del desove (Herrero-Pérezrul, 1994; Fajardo *et al.*, 1995).

En 1990, Massó, realizó una evaluación de las poblaciones silvestres del pepino de mar en las áreas de Bahía de San Carlos, Punta Trinidad, Isla Tortuga, San Marcos, Tierra los Tepetates, Punta Chivato, Bahía San Nicolás y Ensenada Blanca. Estimó una población total de 4'518,475 organismos con una biomasa total de 2 244 t de producto fresco, y recomendó autorizar 673, 287 kg de pepino para captura comercial.

I. fuscus se encuentra en la mayor parte del litoral del Pacífico mexicano

Zúñiga (1991), estudió el ciclo gonádico de *I. fuscus* en el área de Sta. Rosalía, B.C.S de marzo de 1991 a marzo de 1992. La máxima madurez sexual la reportó en junio y julio, el inicio del período de desove en agosto, su término en septiembre, y la fase de reposo desde diciembre a marzo.

En abril de 1991, Massó, evaluó las localidades de Punta Sta. Cruz a Punta Arena, B.C.S, en donde también se encontró abundancia del recurso.

Vélez (1991) evaluó en septiembre la zona de Ensenada Blanca a Punta Teresa y Punta Trinidad a Pta. Chivato, B.C.S. Recomendó que se extrajera sólo el 30% de la población existente, y que se evitara la captura nocturna por el peligro de una sobreexplotación.

Las densidades promedio que reportó en esa evaluación fluctuaban entre la mínima de 0.0014 org/m^2 y la máxima de 0.734 org/m^2, lo que permitió un cálculo de 98,382 kg de biomasa total.

Orbe y Acevedo (1991) prospectaron holotúridos en la costa michoacana, reportando 11 especies, entre las que destacó *I. fuscus*, como la única de importancia comercial. La zona de muestreo comprendió desde Maruata hasta Pichilinguillo, Michoacán, y se calculó densidad promedio de 0.025 org/m^2. En este Estado hubo reportes de una intensa explotación ilegal que mermó considerablemente las poblaciones locales de pepino de mar. Algunos pescadores llegaron a referir en entrevistas, capturas hasta de 200 org/h de buceo.

Girón y González, en 1991, prospectaron la costa rocosa de Colima, desde Bahía Manzanillo hasta Culebra de Colimilla.

Girón *et al.* (1991) prospectaron la costa sur del estado de Jalisco, desde Melaque hasta Chamela e Islas de Chamela. Las densidades reportadas fueron: la mínima de 0.020 org/m^2 y la máxima de 0.430 org/ m^2. Recomendaron sistema de bancos rotativos y talla mínima de captura de 19 cm.

Cruz y García (1991), evaluaron la costa rocosa del Estado de Jalisco desde Pta. Pérula hasta Bahía de Banderas. Girón y González (1992), prospectaron de Barra de Navidad hasta Pta. Pérula. Encontraron una proporción elevada de organismos pequeños y sugirieron que fueran máximo dos equipos por permiso, con una vigencia de tres meses. En el mes de junio de 1992, se prospectó nuevamente la zona de Barra de Navidad hasta Punta Pérula, encontrando una densidad de 0.006 org/ m^2, muy inferior a la calculada el año de 1991, por lo que recomendaron la no autorización de la extracción comercial en la zona.

En enero de 1992, se prospectó el Estado de Guerrero: Acapulco, Vicente Guerrero e Ixtapa, Zihuatanejo, y se concluyó que la talla mínima de 19 cm debía ser incrementada y el porcentaje de población explotable disminuído.

Salgado (1992) reportó resultados de la evaluación del *I. fuscus* en Isla Ángel de la Guarda, Bahía de los Ángeles e Islotes adyacentes. Los resultados de la evaluación se presentan en la *tabla 2*.

La talla y peso promedio registracos para *I. fuscus* por Herrero-Pérezrul (1994) fueron de 195 ± 2 mm y 351.50 ± 5.51 g; por Fajardo-León *et al.* (1995) de 253 ± 45 mm y 458 ± 14.8 g; y por Reyes (1997) de 232 ± 3 mm y 385.97 ± 7.81 g, respectivamente.

Flores y Gil (1992) evaluaron la zona de Puerto Guerrero y Petacalco, Gro. y encontraron además de *I. fuscus*, *Holoturia atra*. Los resultados de la evaluación se resumen en la *tabla 3*.

En el año de 1993 se prospectó el litoral rocoso de Colima dividiéndolo en dos zonas, la sur desde la Bahía de Manzanillo hasta Mahagua, y la norte desde el Norte de Playa de Oro hasta la Punta Colimilla. Se realizaron cincuenta inmersiones a profundidades entre los 5 y 20 m. Los resultados de las biometrías se muestran en la *tabla 4*.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de *I. fuscus* en Isla Angel de la Guarda, Bahía de los Ángeles e islotes adyacentes (Salgado, 1991).

No. total de inmersiones	Longitud total (mm)	Peso total (g)	Densidad Org/m^2	Profundidad de las inmersiones	Biomasa explotable (t)	Esfuerzo recomendado (No. equipos)	Captura/día recomendada
66	230	522	0.378	El 87% entre 3-15m	180	6	400 kg/equipo

Tabla 3. Biometrías promedio para la especie *I. fuscus* en el Estado de Guerrero (Flores y Gil, .

Localidad	**Longitud total (mm)**	**Peso total (g)**
Islas Blancas	246	438
Punta Gordonia	233	438
Puerto Guerrero	225	371
San Juan de Dios	247	471

Tabla 4. Resultados de la prospección de pepino de mar *I. fuscus* en el litoral de Colima (Ramírez-Soberón *et al.*, 1993).

Zona de muestreo	**Longitud Promedio (mm)**	**Peso total Promedio (g)**	**Densidad org/m^2**
Zona sur	220	417	0.053
Zona norte	210	370	0.040

En abril de 1994, Ramírez-Soberón *et al.* prospectaron la zona de Barra de Navidad a Punta Pérula, Jal., reportando fuertes problemas de pesca furtiva declarados a través de entrevistas por pescadores locales, y densidades de 0.048 org/m^2.

De octubre de 1993 a diciembre de 1995, se realizó un estudio en los litorales rocosos del estado de Colima y Jalisco, dirigido a la evaluación poblacional de *I. fuscus*. Aunque también se atendieron solicitudes para la extracción comercial de otras especies de pepino de mar después de mayo de 1994.

En Salina Cruz, Sierra (1994) reportó altas densidades de *I. fuscus* en las zonas de escolleras del puerto y otras áreas del litoral oaxaqueño, lo que motivó el otorgamiento de permisos de captura comercial, que agotaron totalmente el recurso.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Operaciones, equipos y artes de pesca*

Las operaciones de pesca en Baja California se iniciaron en el año 1980, y fue debido a la creciente producción obtenida que los pescadores dedicados a la comercialización del recurso solicitaron permisos para la pesca comercial en el año de 1988, cuando el CRIP-Ensenada realizó las primeras evaluaciones oficiales (CRIP-Ensenada, com. pers.). En 1992, en Baja California habían ocho permisionarios explotando pepino de mar, dos del sector social y seis del sector privado.

La captura de pepino de mar se realiza con equipo de buceo semiautónomo de tipo Hooka. La tripulación la conforman un buzo, un motorista y un cabo de vida.

En el caso de Baja California Sur, las estadísticas oficiales de captura comercial se remontan a 1989, sin embargo la extracción comercial debió empezar por lo menos dos años antes (Fajardo-León y Vélez, 1996).

La pesquería se desarrolló rápidamente hasta que, después del máximo alcanzado de 1,854 en 1991, las capturas disminuyeron notablemente (Fig. 2).

Las operaciones de pesca en Baja California Sur, antes de 1994 tenían lugar en la costa este, desde el paralelo 28 (frontera con el estado de Baja California) hasta Ensenada de Muertos e Isla Cerralvo (Fig. 3). La captura se realizaba en el día a lo largo del año.

El área de mayor abundancia y producción fue la zona que comprende desde la frontera con el estado de Baja California hasta Punta Concepción, Baja California Sur (Fajardo-León y Vélez, 1996).

El permiso de fomento vigente autoriza la utilización de 5 embarcaciones menores, de fibra de vidrio, con eslora entre 20 y 22 pies, con motor fuera de borda de 40 a 75 CF. Cada una cuenta con un equipo de buceo semiautónomo de tipo Hooka: compresor de aire de 5 a 7 CF con tanque de reserva de 60 a 100 lb/in^2, y manguera que abastece de aire al buzo. La tripulación la conforman un buzo, un motorista y un cabo de vida.

La captura del recurso se realiza entre las 18 y 24 hr, pues el permiso no restringe el horario de captura. El buzo cuenta con una lámpara portátil que ciñe a su cuerpo para alumbrarse a la hora de recolectar el recurso manualmente. Eventualmente cuando la luz del sol aún persiste, y los pepinos se encuentran encuevados, el buzo se apoya con un cuchillo para extraerlos, los coloca en una bolsa de malla que lleva colgada del cuello y al llenarla, la iza a bordo de la lancha, donde se vacían en taras cerradas, que contienen agua de mar limpia (Ramírez-Soberón, 2000a).

▼ *Tendencias históricas*

El número de permisos de pesca comercial otorgados por estado de 1990 a 1994 son los siguientes (Girón *et al.*, 1996):

- Baja california Sur. En 1991 y 1992 se autorizaron 15 permisos para la extracción comercial del recurso. La vigencia varió entre tres meses y un año. Para 1993 estos permisos aumentaron a 46, pero en 1994 el número se redujo a 25; cada permiso incluía de uno a tres equipos (Tabla 5).

- Sonora. Cinco registros de permisos, cuatro privados y uno del sector social. La duración de estos permisos fue de dos años en cuatro de ellos y en el quinto de un año.

- Sinaloa. Un permiso de tres meses para el sector privado con 10 embarcaciones menores.

- Nayarit. Un permiso al sector privado con vigencia de dos años. Otro más otorgado al sector social, reportó 600 t de captura (registros de la Delegación de la SEMARNAP en el Estado).

- Jalisco. Dos permisos durante 1991, los cuales se ejercieron parcialmente sin cumplir con las restricciones propuestas por el INP.

- Colima. Dos permisos que no se ejercieron por su baja rentabilidad.

- Oaxaca. Dos permisos con tasas de captura del 50% de la biomasa total, que diezmaron el recurso.

Tabla 5. Permisos otorgados, equipos asignados y pescadores involucrados en la pesquería de *I. fuscus* en Baja California Sur (Fajardo-León y Vélez, 1996)

Año	Permisos	Equipos	Pescadores
1989	15	47	n.d.
1990	15	46	n.d.
1991	15	46	105
1992	15	48	90
1993	46	61	276
1994	25	39	150

De mayo de 1994 a abril del 2000 no se otorgó ningún permiso de pesca para *I. fuscus*, aunque se siguieron emitiendo permisos de pesca comercial para *Holoturia impatiens y Holoturia* spp. en la zona del Golfo de California hasta 1999. Sin embargo, a partir del 2 de mayo de este mismo año, la Dirección General de Administración de Pesquerías otorgó el primer y único permiso de pesca de fomento para la especie en el Golfo de California, con una tasa de captura del 10% de la biomasa total por bimestre.

Esto ha representado una captura total de junio a octubre del 2000 de 120 t de peso fresco, con permiso oficial para ser comercializadas. Es importante resaltar que en la región del Golfo de California, se tiene conocimiento fundado de fuertes capturas ilegales que se han mantenido desde el año de 1994 en el que la especie se vedó permanentemente. Por información directa de compradores de pepino, es sabido que tales capturas alcanzan hasta las 9 t semanales de peso fresco.

▼ *Pesca incidental*

En la pesca del pepino de mar no se capturan otras especies de manera incidental ya que la captura es específica y selectiva.

▼ *Interacción con otras pesquerías*

Los métodos y los equipos son los mismos que las cooperativas y los pescadores libres emplean para la extracción de otros recursos bentónicos de importancia comercial, como lo son la amplia variedad de almejas y caracoles que existen en el Golfo de California. Sin embargo, cabe resaltar que durante la temporada de captura del pepino los pescadores dirigen su esfuerzo únicamente a la extracción del mismo. No obstante, los pescadores locales manifiestan que durante el período de reproducción del pepino en la zona, ellos mismos vedan al recurso y diversifican el esfuerzo hacia otras pesquerías que inician su temporada de captura.

Aspectos socioeconómicos

▼ *Infraestructura pesquera*

Ya que la captura se desembarca en campamentos pesqueros que son temporales, no hay centros de acopio oficiales para pepino de mar.

Los mismos pescadores generalmente son los que realizan el procesamiento (cocción y secado) del pepino. Las mujeres son las encargadas de eviscerarlos y lavarlos. El proceso de cocimiento es sencillo y no requiere de infraestructura costosa ni personal especializado, a menos que se desee acelerar el proceso de secado mediante deshidratadores, lo que requiere de un local especial, con planta de luz propia, etc. A pesar de incrementar los insumos, esto disminuye el tiempo del procesamiento, e incrementa la ganancia al comercializar el producto.

Dado a que en México no se consume el pepino de mar, una vez procesado y empacado se exporta. El producto precongelado es el que resulta más rentable para su exportación

▼ *Indicadores económicos*

Desde 1988 el pepino de mar se integró en la lista de especies de importancia comercial en la península de Baja California. Tanto su extracción como su comercialización se realizaron principalmente por permisionarios del sector privado y eventualmente por algunas Sociedades Cooperativas.

Hasta 1994, el producto se presentaba: fresco entero, cocido o seco. Esta última fue la principal forma de comercialización y la que mejor precio tenía en 1993. Mientras que por el producto fresco en ese año se pagaban 0.65 USD por kg, el cocido se pagaba a 6.00 USD y el seco a 25.00 USD. La pesca y el procesamiento del pepino eran muy redituables ya que el costo total en Baja California Sur fue de tan sólo 625.81 USD en todo 1993 (Fajardo-León y Vélez 1996). Esta ha sido la principal razón para que la pesquería ilegal

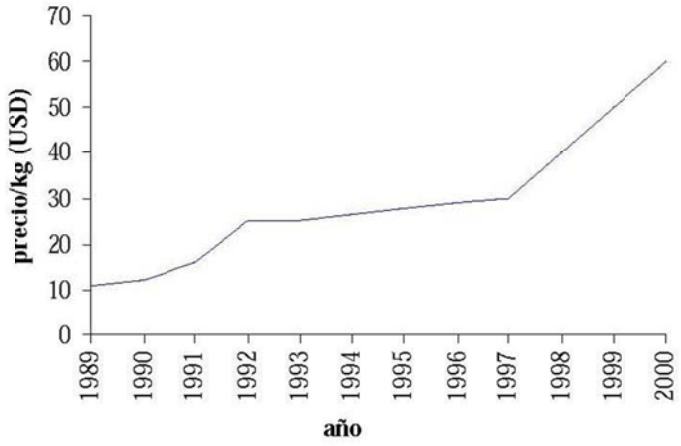


Fig. 4. Cambio en el precio de exportación para el pepino de mar como producto procesado seco (Datos obtenidos de Fajardo-León y Vélez, 1996; Reyes, 1997).

continúe operando; según Reyes (1997) el precio por el producto seco para 1997 era de 30.00/kg USD. La tendencia de los precios desde 1988 hasta el 2000 se muestran en la *figura 4*.

La *tabla 6* señala el valor de la procucción de pepino de mar procesado seco, obtenido con los precios en dólares y los costos de operación de 1989 a 1993. Los costos fueron deflectados con respecto al índice de precios implícitos (base 1993 = 100) para la industria agropecuaria, la silvicultura y la pesca (INEGI, 1996). El valor neto presente de la pesquería (1997) para este periodo de capturas en la zona norte del estado de Baja California Sur fue de 2'880,528.00 USD.

Tabla 6. Valor neto estimado con las cifras de producción de *I. fuscus* seco reportadas por Fajardo-León y Vélez (1996).

Año	Producción (t)	Precio (USD)	Ganancias (USD)	Costo Total (USD)	Utilidades (USD)	Valor presente (USD)
1989	20	11.000	220.000	370	219.630	517.875
1990	24	12.000	288.000	477	287.523	616.331
1991	37	16.000	592.000	574	591.426	1.152.522
1992	8	25.000	200.000	610	199.390	353.231
1993	6	25.000	150.000	626	149.374	240.569

Valor neto presente = 2'880,528 USD.

Actualmente, en México existen dos presentaciones para la exportación del producto: el pepino precongelado (chilled) y el deshidratado (Ramírez-Soberón, 2000). El producto precongelado es el que resulta más rentable para su exportación, debido a que el tiempo de procesamiento es de sólo unas horas y su rendimiento es del 10% del peso fresco total (Fig. 5).

La evisceración se realiza inmediatamente después de desembarcado el producto en el banco pepinero, pasándolo al recipiente de cocción en donde se cocinan en agua de mar con algunos otros ingredientes de bajo costo durante 60 a 80 minutos. Posteriormente se sacan escurriéndolos con una pala enmallada y se dejan enfriar a la intemperie o en agua de mar limpia. Después son metidos en recipientes plásticos con capacidad de 150 a 200 litros, llenos de sal. Hasta aquí, el producto alcanza un precio de 14 a 15 dólares por kilogramo en el campo pepinero. De ahí se trasladan a la ciudad de consolidación que en el caso específico del permisionario de Pesca de fomento, puede ser Tijuana ó Ensenada, Baja California. En cualquiera de estas dos ciudades, el producto se limpia de sal y se selecciona de acuerdo a su calidad que depende de lo íntegra que se conserve la piel y la forma original del animal después del cocimiento. Dependiendo de ésto, puede ser producto de 1a. a 3a. con un precio de 20 a 23 dólares por kilogramo. Finalmente se empaqueta en cajas de 15 kg o en costales de 30 kg, se refrigera y se exporta a Los Ángeles, Cal., en donde los compradores lo reciben y redistribuyen principalmente a Taiwán y Hong Kong donde se utiliza para consumo humano.

La otra presentación de pepino deshidratado tiene un rendimiento del 36 al 38% sobre el peso del producto precongelado. Aunque su valor comercial fluctúa entre los 55 y los 60 dólares, los insumos que requiere para su secado son mayores, ya sea en tiempo cuando se lleva a cabo el método natural que utiliza la energía del sol y/o viento para reducir la humedad a un 20-30% aceptable (Durazo, 1991), o en costos de secado mecánico (luz, personal especializado, renta del local, etc.). No obstante, este método disminuye el proceso a sólo 4 días (Campos, 1996) utilizando secadores que rinden un producto más uniforme en lugares conde la humedad relativa es impredecible (Robertson *et al.*, 1987) ya que puede acumular humedad si la humedad relativa es superior a 75% (Clucas y Sutcliffe, 1988).

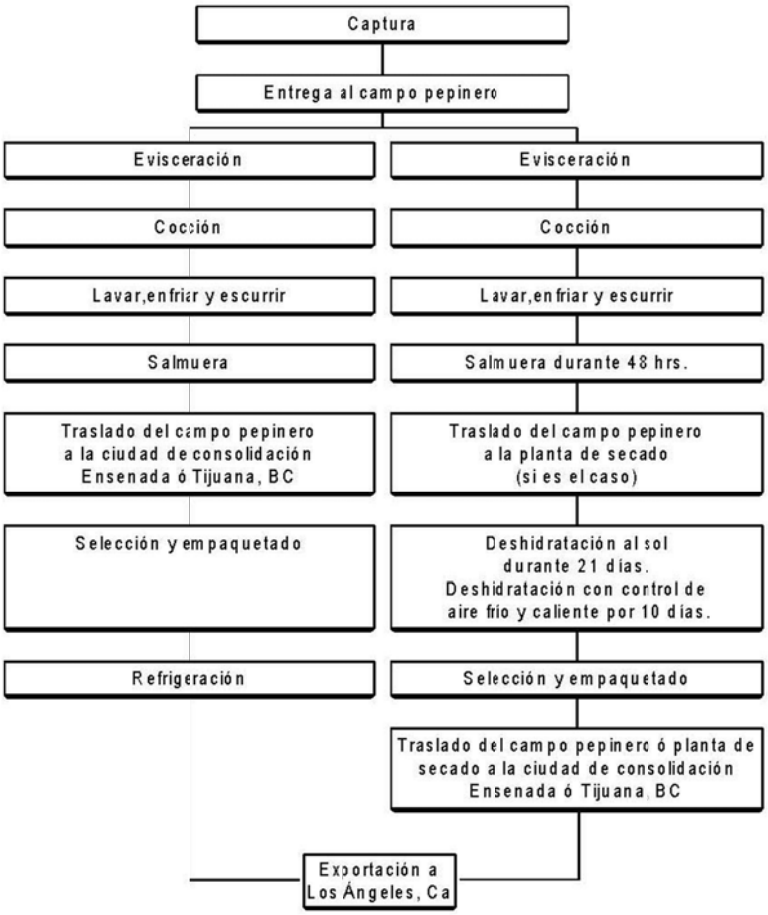


Fig. 5. Diagrama de flujo de los procesos que se aplican a *I. fuscus* en Baja California, para obtener las presentaciones de exportación (Ramírez-Soberón, 2000b).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

En el mes de octubre de 2000 se presentó formalmente ante el sector interesado en obtener permisos de pesca de fomento para pepino de mar, *Isostichopus fuscus*, en el Estado de Baja California, el programa institucional de pesca de fomento elaborado por el INP, cuyo objetivo primordial es el conocimiento de la biología y ecología de este recurso.

Es importante recalcar que *I. fuscus* es una especie venida a menos en sus poblaciones a lo largo del litoral del Pacífico Mexicano.

De acuerdo con denuncias ante la PROFEPA la explotación ilegal en la península de Baja California se ha realizado desde antes de otorgarse los primeros permisos de pesca comercial en 1987, incluyendo el período de veda permanente de mayo de 1994 a marzo del 2000. La captura ilegal fue una de las motivaciones para el cambio de categoría de esta especie dentro de la NOM-059-ECOL-1994 a especie bajo protección especial, para de alguna manera limitar su desmedido saqueo.

De acuerdo con la NOM-059-ECOL-1994, el recurso se encuentra bajo protección especial

Por eso no es necesario ni recomendable otorgar un número ilimitado de permisos de fomento, sobre todo en el Golfo de California, en donde históricamente se han encontrado las poblaciones silvestres más grandes del recurso, y donde también la explotación ha sido más extensa e intensa.

La autoridad no debe perder la visión prioritaria de protección a la especie.

La pesquería de pepino de mar se caracterizó desde su inicio por ser de acceso abierto, es decir, no contó con medidas oficiales de gestión. Los permisos de pesca comercial se otorgaban siguiendo las recomendaciones de los diferentes CRIPs en cuanto al número de permisos (como limitantes al esfuerzo pesquero) y en cuanto a la cantidad de producto que éstos podrían extraer (como límite a la captura total). Sin embargo Girón *et al.* (1991), Salgado (1991), Singh *et al.* (1992), Girón y González (1992), Fajardo-León y Vélez (1996) y Girón *et al.* (1996) señalan que tanto el esfuerzo aplicado como la cantidad pescada fueron superiores a las sugerencias del Instituto Nacional de la Pesca.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Los datos de captura de pepino de mar se muestran en la *tabla 1* para los estados de Baja California y Baja California Sur (por región).

No hay datos de esfuerzo adecuacos para realizar análisis cuantitativos. Sólo se tienen datos del número de equipos en todo el estado de Baja California Sur que se autorizaron por permiso de pesca entre 1989 y 1994 (Tabla 5). Para tener una medida más confiable del nivel de esfuerzo aplicado a la pesquería se deberá seguir la recomendación de Singh y Vélez (1994) que enfatizan el uso de bitácoras con la siguiente información: zona de captura, tiempo efectivo de buceo y captura tanto en número de individuos como en peso fresco.

Poca información existe con respecto a los parámetros poblacionales de *I. fuscus*. Algunas de las investigaciones realizadas sobre la relación peso-longitud de esta especie son las de Herrero-Pérezrul (1994) y Fajardo-León *et al.* (1995) en las cuales se concluye que el crecimiento de *I. fuscus* es alométrico.

Sin embargo, estos parámetros deben tomarse con cautela ya que en los pepinos de mar es difícil determinar los intervalos de longitud y hacer un seguimiento del desarrollo de éstos en el tiempo (Conand, 1990). Fajardo *et al.* (1995) mencionan que el peso total de estos organismos también cambia debido a que tienen como sistema de defensa la expulsión de las vísceras, así como un mecanismo de absorción y excreción continua de agua que dificulta encontrar una progresión obvia de los valores modales de un mes a otro.

Existen estimaciones de densidad y de abundancia independientes de la pesca comercial de pepino de mar, pero sólo para la costa este del estado de Baja California Sur (Fajardo-León y Vélez 1996). Éstas se presentan en la *tabla 7*.

Por otro lado, el permiso de pesca de fomento actualmente vigente, está generando información importante de las poblaciones silvestres de la especie en la zona.

El área geográfica donde se lleva a cabo la investigación, se encuentra localizada en la Bahía de Calamajué, en el Municipio de Ensenada, B.C., con una extensión total de 58'819,431.50 m^2 y una área de distruibución real del recurso de 9'311,079.0 m^2 (Fig. 6).

Tabla 7. Valores de densidad (ind/m^2) obtenidos en las evaluaciones del recurso en la zona norte de la costa este de Baja California Sur.

Zona norte (B.C.S)	1990	1992	1994	1995	1997
Paralelo 28°a B. Sta Ana	0.66	0.21	0.12	0.05	0.007
Isla San Marcos	0.5	-	0.07	0.03	0.005

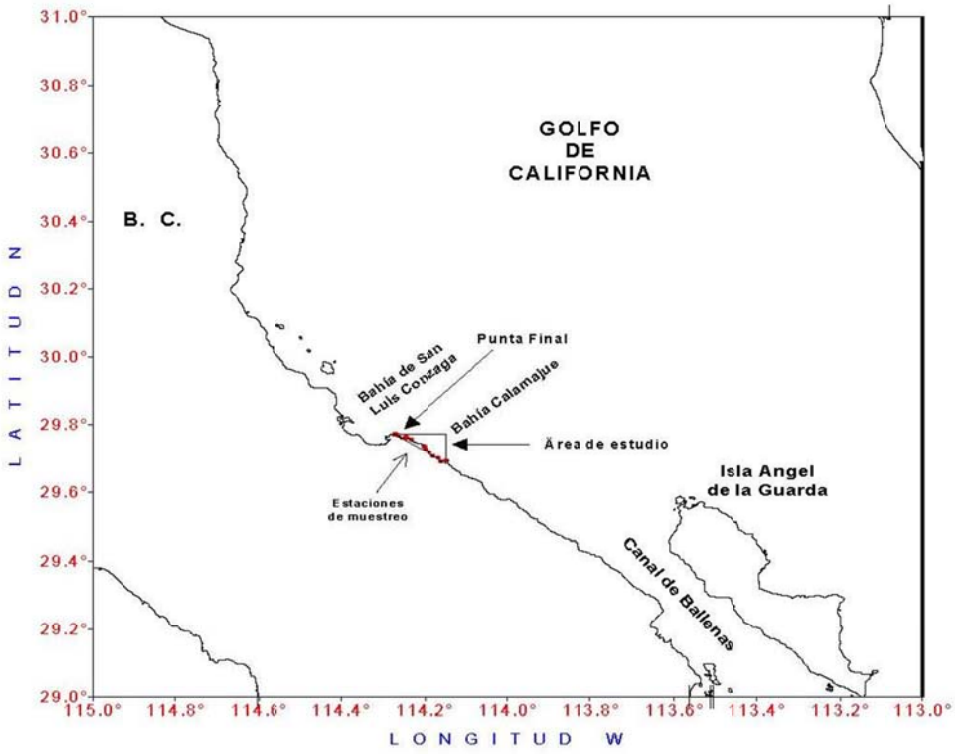


Fig. 6. Ubicación de las localidades muestreadas en la bahía de Calamajué, Baja California.

El proyecto de investigación que se lleva a cabo al amparo del permiso de pesca de fomento se inició en el mes de junio del presente. A la fecha se han realizado dos evaluaciones, una en junio y la segunda en septiembre.

El área de estudio, por observación directa y referencia de los pescadores locales, se caracteriza por presentar una alta proporción de sustratos rocosos, que van desde grandes montículos de agregaciones rocosas, hasta áreas con sustrato de rocas medianas y gravilla. Existen también manchas de sargazos con coberturas extensas en sustratos rocosos, en donde el pepino de mar habitualmente se refugia. Desde luego existen "manchones" arenosos, en donde el pepino de mar es escaso.

Se han delimitado dentro del área permisionada 10 bancos pepineros, ubicados con un posicionador por satélite (GPS), registrándose además de la profundidad, el tipo de sustrato, cobertura de flora y fauna presentes, y parámetros físico químicos de la columna de agua como temperatura, transparencia, turbidez, pH, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos y ortofosfatos en superficie y fondo.

Se realizan, por el método de muestreo aleatorio estratificado, muestreos de abundancia con un transecto de 25 m de longitud que se extiende en el fondo del mar, revisado a una distancia de un metro por lado dando un total de 50 m^2 de superficie muestreada mediante inmersiones con equipo de buceo semiautónomo tipo Hooka. En total se realizan un mínimo de diez inmersiones por banco. Con estos conteos se calcula la densidad de organismos por metro cuadrado.

Además se colectan ejemplares para realizar en tierra las biometrías correspondientes (longitud total, peso total, peso eviscerado, peso de gónadas, peso de intestinos). Se colectan y fijan las gónadas y tractos digestivos de 40 organismos de diferentes tallas representativas.Con estos conteos se calcula la densidad de organismos por metro cuadrado.

Algunos resultados preliminares se presentan en las *tablas 8 y 9*. Los valores de densidad que se han estimado denotan un incremento con respecto a los registros reportados en años previos a la veda permanente entre 1994 y 2000. Además se detectó un incremento en el índice gonado somático estimado de un muestreo a otro, con observaciones directas de mayor peso y turgencia de gonadas, lo que denota un estado de madurez sexual próximo al desove. Esto sugiere un comportamiento de agrupación de la población para fines reproductivos, explicando en parte el hecho de que los valores de densidad se hayan elevado en 62.4% de un muestreo a otro.

Tabla 8. Resultados del muestreo de junio del 2000 (Ramírez-Soberón, 2000a).

Intervalo de Clase	Frecuencia relativa	Número de organismos	Biomasa por Intervalo (kg)
120-153	2.2	29337	6291
154-186	4.1	53784	15346
187-219	10.7	141794	50356
220-252	26.6	352040	149600
253-285	24.4	322703	159664
286-318	19.6	259140	146307
319-351	10.7	141794	89954
352-384	1.8	24447	17216
TOTAL	100	1325038	634734

Densidad media= 0.142 org/m^2 N=271

▼ *Estado actual de la pesquería del pepino de mar.*

Las evaluaciones que se están realizando en la zona de Bahía de Calamajué, permiten saber que actualmente las densidades que se estiman en la zona son mucho mayores que las estimadas en el año de 1994, antes de implantar la veda total sobre el recurso. No se puede considerar que las poblaciones se han recuperado en forma extraordinaria, pero esto es en cierta medida por haberse mantenido la pesca furtiva sobre el recurso.

Mientras la especie *I. fuscus* se mantenga en la NOM-059-ECOL-94 en la categoría de especie sujeta a protección especial, y fuera de la Carta Nacional Pesquera, existe la esperanza de limitar su desmedida captura además de recabar información biológica básica del recurso, necesaria para poder administrarlo correctamente.

Tabla 9. Resultados del muestreo de septiembre del 2000 en Bahía de Calamajué (Ramírez-Soberón, 2000b).

Intervalo de clase	Frecuencia relativa	Número de Organismos	Biomasa por Intervalo (kg)
100-139	1.0	20622	2786
140-178	6.7	139198	29325
179-217	20.7	433061	123547
218-256	31.0	649592	233792
257-295	23.6	494927	215058
296-334	12.6	262930	133869
335-373	3.9	82488	48153
374-412	0.5	10311	6789
	100	2093131	793318

Densidad media= 0.228 org/m^2 N=427

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La pesquería de pepino de mar (*I. fuscus*) en los años anteriores a 1994 mostró los signos típicos de una pesquería nueva que hizo que esta se desarrollara más rápidamente que la capacidad de manejo para evitar su sobreexplotación (FAO, 1995b). Cuando esta situación se presentó no se contaba con información que permitiera su aprovechamiento sustentable.

De acuerdo con Perry *et al.* (1997) la evaluación tradicional de pesquerías se basa en la información de las capturas históricas. Sin embargo, esto requiere que sean lo suficientemente largas y que exista contraste en captura y esfuerzo para áreas definidas, por lo que el esfuerzo debe ser controlado desde el inicio de la pesquería.

Asimismo, estos autores proponen un protocolo para proveer de consejo científico para el manejo de pesquerías de invertebrados. Esta metodología involucra tres fases a realizar pero puede ser abordado en cualquiera; sin embargo se recomienda completarlas tan pronto como sea posible:

Fase 0: obtención de la información existente (teórica).
Fase 1: obtención de la información independiente de la pesca (muestreos biológicos).
Fase 2: obtención de información proveniente de la pesca comercial (CPUE).

En consideración al interés mostrado por los productores en el recurso, y con el propósito de motivarlos a participar en la obtención de información básica sobre el pepino de mar a traves de proyectos de información que puedan ser técnicamente comparables y confiables, el INP elaboró el Programa Institucional de Pesca de Fomento de Pepino de Mar (PIPF), para obtener tal información en todas las regiones en donde se aprovechan bancos de pepino de mar en México.

Para que las decisiones en manejo de pesquerías sean tomadas de la manera más responsable posible, éstas deben contar con la mejor evidencia científica (FAO, 1995b).

Para saber cómo la pesca afecta al recurso, Perry *et al.* (1997) señalan que se puede elaborar un diseño experimental pesquero. La idea fundamental es seguir el comportamiento de la población bajo una tasa de aprovechamiento conocida. De ahí que el PIFP incluya una cuota de captura precautoria para

comercialización. El diseño experimental incluye la definición de una o varias áreas para dejarlas libres de la pesca y que sirvan como grupo testigo a las que sí están bajo aprovechamiento. Idealmente se deben establecer áreas con diferentes tasas de explotación para tener resultados más robustos, ya que la comparación entre éstas daría idea de los efectos del ambiente y de la pesca sobre las poblaciones. Sin embargo, esta deberá ser en ura segunda etapa del PIPF. De inicio todas las áreas de referencia (con o sin pesca) deberán evaluarse sistemáticamente por medio de muestreos biológicos independientes de la pesca.

La pesca furtiva constituye la principal causa del deterioro de las poblaciones de I. fuscus en Baja California Sur y la veda permanente no ha resuelto este problema

De esta manera ahora se puede monitorear al recurso continuamente adecuando las medidas de manejo a las respuestas de las poblaciones bajo aprovechamiento. Esto es llamado por Walters (1986) un Manejo Adaptativo.

Como medidas complementarias de manejo, con base en los resultados que se vayan obteniendo se pretende para el Golfo de California proponer una veda, tal vez de mayo a septiembre, para proteger la reproducción de *I. fuscus*. Debido a que *I. fuscus* se contrae y distiende con facilidad se recomienda evitar el establecimiento de talla y peso mínimos de captura. De acuerdo a los criterios del PIPF, que recomienda que las cuotas se otorguen en número de individuos en lugar de biomasa y que la captura sea diurna ya que durante la noche los pepinos de mar son más vulnerables (Vélez, 1991a).

La toma de decisiones deberá ser guiada por los principios del Enfoque Precautorio de la FAO (1995b) y en un sistema en el cual tanto pescadores, como procesadores, investigadores y autoridades, acepten y se responsabilicen de las medicas de manejo apoyadas por evidencia científica robusta.

Hay un factor que influye de manera muy significativa tanto en el nivel real de la biomasa de pepino de mar como en los datos de captura necesarios para una correcta evaluación del stock: la pesca furtiva. Si sólo se toma en cuenta la información disponible, el tamaño real de las poblaciones de pepino de mar se puede sobrestimar severamente y traer consigo decisiones equivocadas.

La pesca furtiva constituye la principal causa del deterioro de las poblaciones del pepino de mar en México, además impide evaluar de manera real a las poblaciones silvestres.

Para que las acciones de vigilancia que realiza la PROFEPA se lleven a cabo de manera eficaz, el problema se debe enfrentar desde un punto de vista económico, esto es, desalentando la pesca furtiva por medio de un aumento en los costos de transgresión (Milliman, 1986) o aumentando la posibilidad de detección (Furlong, 1991).

Milliman (1986) demostró bajo ciertos supuestos, que para manejar una pesquería con pesca furtiva presente, los costos de los transgresores aumentan conforme aumenta el gasto en vigilancia por parte de las autoridades. Sin embargo, en el caso del pepino de mar, las ganancias exceden por mucho a los costos (Tabla 3), el territorio es extenso y la captura es fácil de procesar y esconder. Esto dificulta el trabajo de la PROFEPA para aumentar las probabilidades de detección sin erogar muchos recursos financieros.

Los costos de vigilancia son un problema en muchas pesquerías por lo que se necesita forzosamente la participación de los mismos usuarios para cooperar y distribuir los costos (Sutinen y Kuperan, 1995). Por eso en México se han creado los subcomités ciudadanos de vigilancia que coadyuvan en la detección y denuncia de infractores.

Otra manera de robustecer esto es asignando derechos territoriales a empresas o cooperativas pesqueras (Christy, 1982), por lo que los permisos de pesca de fomento que participen en el PIPF deberán comprender un área delimitada de estudio. Si los bancos de pepino de mar en las costas son asignados para su aprovechamiento y cuidado a estas empresas o cooperativas mediante un régimen de pesca de fomento,

el problema del libre acceso se reduciría y la renta obtenida de la pesquería beneficiaría la investigación del recurso. Éstos a su vez asumirían los costos de vigilancia para prevenir la pesca furtiva y cuidarían los stocks de pepino ya que representan la materia prima de su inversión.

Los derechos de propiedad para limitar el acceso a las pesquerías son instrumentos que permiten obtener ganancias y preservar a la especie bajo aprovechamiento (Hanesson, 1991). Aún cuando estas medidas de manejo han sido exitosas en países como Nueva Zelanda o Islandia se deben tomar en cuenta las condiciones locales y la naturaleza de la pesquería en cuestión (Rettig, 1989).

Si el precio de exportación se ha incrementado a lo largo de los años (Fig. 4), éste seguirá siendo un aliciente para la pesca furtiva por lo cue otra opción es el manejo por medio de un monopsonio, a través cel cual la renta proveniente del recurso se emplearía en beneficio de la sociedad (Cunningham *et al.*, 1995). Un monopsonio es una empresa única que compra el producto, tal y como sucede con la empresa Ocean Garden con el camarón. Si la comercialización se limita a un número reducido de centros de acopio y de compradores, la producción ilegal no tendría cabida en el mercado.

Además de la importancia comercial del pepino de mar en los mercados orientales, este juega un papel importante en el medio natural como filtrador y purificador de los fondos marinos.

La acuacultura es otra alternativa para lograr un balance entre los intereses de explotación comercial y el resguardo ecológico de este recurso. Sin embargo, el conocimiento de biotecnologías para su cultivo controlado es aún muy escaso en México y la investigación existente ha sido desarrollada en países como China (Xilin, 1986, Jiaxin, 1991) y Japón (Ikeda y Katayama, 1988) donde se ha logrado el manejo de las fases larval y algunos estadios juveniles de la especie *Stichopus japonicus*. Trabajos similares se han desarrollado en las islas del Pacífico Sur con las numerosas especies endémicas (Conand, 1990; Bell, 1995).

Los estudios para el conocimiento de su cultivo también se han enfocado a la engorda en áreas naturales con una eficiencia estimada del 30% (Zhao, 1991). Tradicionalmente se ha intentado llevar a cabo la engorda en arrecifes artificiales o transplantando juveniles en áreas de crecimiento (Chew, 1991). Este tipo de proyecto ha tenido respuesta en países como China, Japón y Filipinas donde la clave del éxito radica definitivamente en un programa bien diseñado de participación del gobierno y los pescadores, siendo estos últimos los responsables del manejo y protección de dichos sistemas (South Pacific Commission 1994).

I. fuscus es una especie susceptible de ser cultivada en nuestro país, con base en su amplia distribución y su valor comercial. Trabajos experimentales de cultivo de esta especie se han desarrollado en Ecuador desde hace tres años (M. Briggs, Industria Camaronera Ecuatoriana, com. pers.).

El cultivo experimental de I.fuscus se desarrolla en Ecuador. La fase de engorda se ha experimentado con éxito en China y Japón con especies nativas de esa región

En México, se conocen ya aspectos del ciclo reproductivo de las especies *I. fuscus* (Salgado-Castro, 1994 y Fajardo-León *et al.* ,1995), *Parastichopus parvimensis* (Tapia y Castro, 1994), *P. californicus* (Cameron y Fankboner, 1986) y *Neothyone gibbosa* (Herrero-Perezrul, 1994).

Las consideraciones más importantes para establecer la tecnología de cultivo son: *el manejo de reproductores, el desove controlado y la descripción del desarrollo larval.* Asimismo se requiere conocer las condiciones ideales de salinidad, temperatura, oxígeno, ración alimenticia y densidad larval que determinan el crecimiento y sobrevivencia en esta etapa tan crítica. Todos estos aspectos están incluídos en el PIPF. En una etapa posterior se deberá también encontrar solución a aspectos limitantes como nutrición, diseño de sistemas de cultivo y condiciones sanitarias.

Esta información podría establecer las bases para futuras consideraciones de las subsecuentes fases de crecimiento de juveniles en estanques de alta densidad hasta la etapa pre-adulta. La última fase puede

llevarse a cabo en el medio natural en sistemas semicontrolados mediante encierros de juveniles. Su cosecha se efectuaría dos o tres años más tarde cuando alcanzaren la talla comercial de 24 cm (Salgado, 1994).

Alternativamente se puede considerar el cultivo integral de pepino en estanquería de granjas camaroneras optimizando así metabolitos y alimento subutilizado por el camarón.

La acuacultura es otra alternativa para lograr un balance entre los intereses de explotación comercial y el resguardo ecológico del pepino de mar

En cualquier caso, en el campo de la tecnología del cultivo de pepino de mar hay mucho que hacer. La generación de esta biotecnología fundamentará cultivos experimentales que puedan a su vez escalarse a una producción comercial del pepino de mar en nuestro país y conciliar los intereses que rodean a este importante recurso pesquero.

Sin embargo, no se han iniciado aún proyectos de investigación sobre su cultivo. Se necesita ampliar el conocimiento de este recurso y establecer la biotecnología de cultivo para contar con las herramientas y criterios para su producción comercial, metas que espera alcanzar el INP a mediano plazo.

En conclusión, las poblaciones de pepino de mar en México están deterioradas. Por esta razón, se recomienda que la actual demanda de permisos de pesca de fomento que se ha generado como respuesta al cambio de categoría de la especie dentro de la NOM-059-ECOL-94, sea cuidadosamente revisada, para que los solicitantes que efectivamente cuenten con la capacidad técnica y económica para participar en el PIPF, sean los beneficiarios de este programa. Se insiste en que los permisos deben ser centralizados y rigurosamente evaluados, pues el número de ellos por entidad federativa no deberá exceder de unos cuantos dependiendo de su extensión litoral. Por eso se considera de suma importancia que el PIPF sea llevado a cabo por los productores interesados en el aprovechamiento futuro del recurso. Si participan en el desarrollo de las investigaciones, en el diseño de programas pesqueros experimentales, si poseen el acceso exclusivo a bancos definidos de pepino de mar y además si venden su producto directamente a un monopsonio, sería factible considerar que la pesca furtiva disminuyera y se protegiera al recurso para que la pesquería sea una actividad rentable en un futuro próximo.

Las acciones de vigilancia requieren el apoyo de los usuarios para asegurar su efectividad y disminuir los costos de operación

Otras especies de holoturoideos podrían ser potencialmente aprovechadas; por ejemplo: *Parastichopus parvimensis* (actualmente bajo el programa de pesca de fomento), *Holothuria impatiens* y *Holothuria* (Holodeima) *kefersteini*, entre otras. Sin embargo, se desconoce su situación actual en cuanto a distribución, tamaño de la población, abundancia y dinámica poblacional. Por lo que pueden ser incluídas en el PIPF las solicitudes para su aprovechamiento y determinación de su posible explotación comercial. Esto permitiría la recuperación de las poblaciones de *I. fuscus* y al mismo tiempo se diversificaria la captura de holoturoideos.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

La participación de centros de investigación y de universidades federales, estatales y privadas es muy necesaria para estudiar, los hábitos de alimentación y reproducción, pero principalmente los aspectos referidos a la acuacultura.

Por el lado de la economía y sociología también hay objetos de estudio dentro de esta pesquería: análisis de los mercados internacionales, estructura socioeconómica de los usuarios, relación con otras industrias.

La participación en el proceso de la toma de decisiones en foros y comités técnicos que den seguimiento a los resultados obtenidos de los diferentes proyectos de investigación que queden incluídos en el PIPF del INP será relevante.

Finalmente, será muy importante obtener el apoyo de el Ejército Mexicano, la Policia Federal de Caminos, agencias aduanales y demas instancias que vigilan el transporte y exportación del pepino de mar, para evitar la comercialización ilegal de *I. fuscus*.

REFERENCIAS

Bell, J. 1995. Bêche-de-mer culture in Solomon Islands. ICLARM, Coastal Aquaculture Centre. Phillipines.

Cameron, J.L. & V.P. Fankboner. 1986. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Echinodermata: Holothuroidea). Canadian Journal of Zoology 64: 168-175.

Campos, C.M.L. 1996. Secado de pepino de mar. Oceanología. Dirección de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar, Secretaría de Educación Pública. Año 4 11(1):97-104.

Caso M.E. 1961. Los Equinodermos de México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Chew, K.K. 1991. China's Dalian/Laiodong Peninsula. Marine Aquaculture Magazine: 86-88.

Christy, F.T. 1982. Territorial Use Rights in Marine Fisheries: Definitions and Conditions. FAO Fisheries Technical Paper 227: 1-10.

Clucas, I.J. & P.J. Sutcliffe. 1988. Introducción al manejo y procesamiento del pescado. Inst. de Desarrollo de Rec. Nat. de Ultramar. Reino Unido. pp: 59-63.

Conand, C. & N.A. Sloan. 1988. World Fisheries for Echinoderms. In: FAO (ed.). Marine Invertebrates Fisheries: Their Assessment and Management. FAO, Roma: 647-663.

Conand, C. 1990. The Fishery Resources of Pacific Island Countries. FAO Fisheries Technical Paper 2: 1-143.

CRIP-Guaymas. 1992. Relación de permisos para captura de Pepino de mar en el estado de Sonora (inédito).

Cruz, R.M. & A. García B. 1991. Opinión técnica sobre la explotación del pepino de mar, solicitada por la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Jalisco (inédito).

Cunningham, S., A. Nguer & I. Thiam. 1995. Monopsonistic fisheries management: the case of Mauritania. *En*: Liao, D. (ed.). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development: Proceedings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung: 305-317.

DaSilva, J., J.L. Cameron & P.V. Fankboner. 1986. Movement and orientation patterns in the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (Holothurcidea: Aspidochirotida). Mar. Behav. Phys. 12: 133-147.

Durazo-Beltrán, E. 1991. Tecnología de los productos marinos. UABC. Cuadernos docentes 31. 131 p.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1995a. Producción pesquera mundial 1950-1993. Estadísticas de Pesca, Capturas y Desembarques. FAO/ONU, Roma.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1995b. Precautionary approach to fisheries. Part 1: Guidelines on the Precautionary Approach to capture Fisheries and Species Introductions. FAO Fish. Tech. Pap. 350: 1-52.

FAO (Food and Agriculture Organization). 1986. The fishery resources of Pacific island countries. Parte 2, holothurians.

Fajardo, M.C., E. Michel, J.A. Vélez, J.A. Massó & J. Singh-Cabanillas. 1995. Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar *Isostichopus fuscus* (Ludwig 1875), en Santa Rosalía, Baja California Sur. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Fajardo, M.C. & B.J.A. Vélez. 1996. Pesquería de Pepino de Mar. *En*: Casas Valdéz, M & G. Ponce (eds.) Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur 2: 151-165.

Furlong, M.J. 1991. The deterrent effect of regulatory enforcement in the fishery. Land Economics 67 (1): 116-129.

Girón, B.R., J. Singh C. & J.A. Vélez B. 1996. Holoturoideos: Pepino de mar. *En*: Pesquerías relevantes de México. XXX aniversario del INP. 1962-1992. SEMARNAP-INP. Tomo I.

Fajardo L.M.C., J.A. Vélez B., J.A. Massó R. & J. Singh C. 1991. Análisis preliminar del estudio poblacional de pepino de mar, *Parastichopus fuscus* (Ludwing, 1886), en Santa Rosalía, B.C.S. (inédito).

Flores, V.M.A. & A. Gil L. 1992. Prospección de la población de holoturoideos de la costa de Guerrero (inédito).

Girón, B.R. & A. González B., 1991. Opinión técnica relativa a las solicitudes de permisos para la explotación del Pepino de mar presentadas a la Delegación Federal de Pesca del Estado de Colima (inédito).

Girón, B.R., A. González B. & Trejo, O.E., 1991. Opinión técnica relativa a la factibilidad de explotación de Pepino de mar, Erizo de mar y caracol Púrpura Panza en la costa del Estado de Jalisco (inédito).

Girón, B.R. & A. González B. 1992. Opinión técnica sobre la explotación del pepino de mar solicitada por la Delegación Federal de Pesca en el Estado de Jalisco (inédito).

Girón, B.R., J.Singh C. & J.A. Vélez B. 1996. Holoturoideos: pepino de mar. En: Sanchez P.A (ed.) Pesquerías relevantes de México. Instituto Nacional de la Pesca. México. pp: 337-364.

González, B.A. 1992. Opinión técnica relativa a las solicitudes de permiso para la explotación de pepino de mar en las costas del Estado de Guerrero (inédito).

Hanesson, R. 1991. From common fishing to rights based fishing. Econ. Europ. Rev. 35: 397-407.

Herrero, Pérezrul, M.D. 1994. Estudio comparativo de la reproducción de *Isostichopus fuscus* Ludwig 1875 y *Neothyone gibbosa* Deichman 1941 (Echinodermata: Holothuroidea), en la Bahía de La Paz. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México.

Hilborn, R. & C.J. Walters. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment: Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman and Hall, New York.

Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The Ecological Detective: Confronting Models with Data. Princeton University Press, Princeton.

Ikeda, Z. & K. Katayama. 1988. On the artificial seedling and rearing experiments of settled juvenile of the sea cucumber, *Stichopus japonicus*. Unedited English translation of the Bull. Okayama Fish. Exp. Stn. 1984 37-42.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Sistema de Cuentas Nacionales de México 1988-1944. INEGI, México.

Jiaxin, J. 1991. Training manual on breeding and culture of scallop and sea cucumber in China. Yellow Sea Research Institute in Qingdao. People's Republic of China/FAO Regional Seafarming Development and Demonstration Project (RAS/91/002).

Kerstitch, A. 1989. Sea of Cortez Marine Invertebrates. A Guide for the Pacific Coast from México to Ecuador. Sea Challengers, Monterey.

Massó, R.J.A. 1990. Evaluación de las poblaciones silvestres del recurso pepino de mar en Bahía de San Carlos, Punta Trinidad, Isla Tortuga, San Marcos, Tierra los Tepetates, Punta Chivato, Bahía San Nicolás y Ensenada Blanca (inédito).

Massó, R.J. 1991. Evaluación del recurso pepino de mar en el área de Punta Santa Cruz a Punta Arena, B.C.S. (inédito).

Milliman, S.R. 1986. Optimal fishery management in the presence of illegal activity. J. Envir. Econ. and Man. 13: 363-381.

Orbe, M.A. 1991. Prospección sobre holoturias en la costa michoacana (inédito).

Palleiro, J. 1992. Análisis de la pesquería del Pepino de mar en Baja California (inédito).

Perry, R.I., C.J. Walters & J.A. Boutillier. 1997. A framework for providing scientific advice for the management of new invertebrate fisheries. Rev. Fish Biol. and Fisheries.

Ramírez, S.G., R.A. Parres C. & E. Espino B. 1994. Prospección del pepino de mar (*Stichopus fuscus*) de Barra de Navidad a Punta Pérula, Jalisco. Opinión técnica. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Ramírez, S.G. 2000. Prospección Evaluatoria del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Bahía de Calamajué, Municipio de Ensenada, Baja California (inédito)

Ramírez, S.G. 2000. Dictamen técnico sobre la distribución y abundancia del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Bahía de Calamajué, Municipio de Ensenada, Baja California (inédito)

Rettig, R.B. 1989. Is fishery management at a turning point? *En*: Neher, P.A., R. Arnason & N. Mollet (eds.). Rights Based Fishing. Kluwer Academic Publishers, London.

Reyes, B.H. 1997. Biología Poblacional de *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) en el Sur del Golfo de California. Informe Final de Proyecto. Convenio CONABIO-UABCS FB315/H216/96 (inédito).

Robertson, G.W., C. Hotton & J.H. Merrit. 1987. Drying Atlantic sea cucumber. *En*: Infofish marketing Digest 3.

Salgado, C.R. 1991. Informe sobre la primer evaluación del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Isla Ángel de la Guarda, Bahía de los Ángeles e Islotes adyacentes del 22 de noviembre al 11 de diciembre de 1991 (Inédito).

Salgado, C.L. 1994. Propuesta de las opciones de manejo de las pesquerías de pepinos de mar en las costas oriental y occidental de Baja California, México. Febrero 1994. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Singh, C.J. & B.J.A. Vélez. 1994. La pesquería de pepino de mar, *Isostichopus fuscus* (Ludwig 1886), en la costa oriental de Baja California Sur y propuestas de regulación. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Singh, C.J. & B.J.A. Vélez. 1995. La Pesquería de pepino de mar, *Isostichopus fuscus*, en la Costa Oriental de Baja California Sur y Propuestas de Regulación. Ciencia Pesquera 12: 13-18.

Singh, C.J., M.C. Fajardo L.., J.A. Vélez B. & J.A. Massó R. 1992. Situación actual de la pesquería de pepino de mar, *Isostichopus fuscus* (Ludwing, 1886), en Baja California Sur y alternativas para su administración (Inédito).

South Pacific Commission. 1994. Bêche de Mer Bulletin 6. (April).

Sutinen, J. & K. Kuperan V. 1995. A socioeconomic theory of regulatory compliance in fisheries. *En*: Liao, D. (ed.). International Cooperation for Fisheries and Aquaculture Development: Proceecings of the 7th Biennial Conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. National Taiwan Ocean University, Keelung: 189-203.

Tapia, V.O.M. & J.J. Castro G. 1994. Análisis microscópico y determinación de la madurez gonádica del pepino de mar, *Isostichopus fuscus* y *Parastichopus parvimensis*. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Vélez, B.J.A. 1991. Evaluación del recurso pepino de mar, *Parastichopus fuscus*, en las áreas de Ensenada Blanca a Punta Teresa y de Punta Trinidad a Punta Chivato, B.C.S. Informe Técnico. INP (inédito).

Vélez, B.J.A. 1991. Evaluación del recurso pepino de mar en el área de El Conejo y Punta Bentita, Baja California Sur. CRIP La Paz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Walters, C.J. 1986. Adaptive Management of Renewable Resources. Macmillan Publishing Co. New York.

Xilin, S. 1986. The main factors influencing the larval development and survival rate of the sea cucumber. Oceanologica et Limnologica Sinica 17 (6): 513-520.

Zhao, H.E. 1991. General director of the Dalian Marine Products Research Institute. Dalian/Liaodong Peninsula, China. Aquaculture Magazine.

Zúñiga, C.P. & E. Michel G. 1992. Ciclo gonádico del pepino de mar, *Parastichopus fuscus* (Ludwing, 1886), en el área de Santa Rosalía, BCS durante el periodo de marzo de 1991-1992 (inédito).

Bacalao negro
Bacalao negro
Bacalao negro
Bacalao negro
Bacalao negro
Bacalao negro
Bacalao negro

BREVIARIO DE LA PESQUERÍA DE BACALAO NEGRO

ESPECIES: Bacalao negro (*Anoploporna fimbria*), *rocote alacrán* (*Sebastolobus alascanus*) y pargo rojo (*Lutjanus peru*).

- La especie objetivo es el bacalao negro, sin embargo se capturan muchas otras especies, por lo que se considera una pesquería multiespecífica.
- No es una actividad productiva constante. La flota ha operado en periodos de dos a tres años debido a los bajos rendimientos.
- Actualmente se realiza pesca exploratoria o de fomento debido al desconocimiento de su abundancia y por la falta de embarcaciones para la pesca en aguas profundas.
- Se captura principalmente con trampas, palangres y redes de arrastre.
- Se comercializa en Estados Unidos por categoría de tamaño, exportado al mercado asiático.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- No se registra la captura porque es pesca de fomento.
- Los rendimientos han disminuido gradualmente.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Depleción tipo Leslie.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- Con potencial de desarrollo.

MEDIDAS DE MANEJO

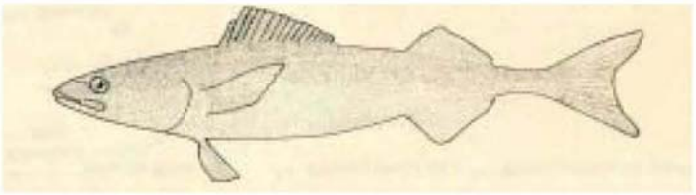
- No existe norma oficial que regule la pesquería, solo se otorgan permisos de pesca de fomento..

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

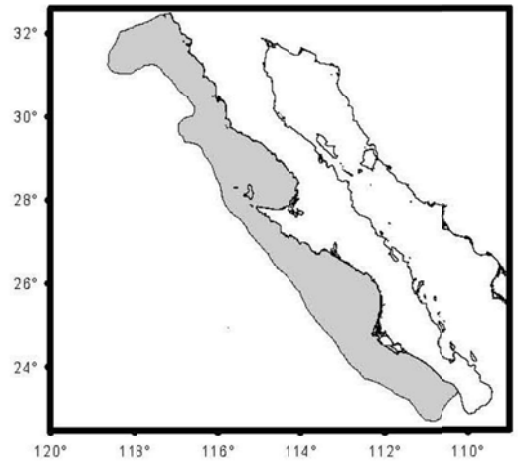
- Con excepción delmanejo como pesca de fomento, no existen otras medidas.

BACALAO NEGRO

Anoplopoma fimbria



LA PESQUERÍA:



IMPORTANCIA

En aguas mexicanas la pesca del bacalao negro, *Anoplopoma fimbria*, se ha realizado en la región noroeste mediante permisos de pesca exploratoria o de fomento, otorgados a empresas de coinversión y a embarcaciones extranjeras. Hasta ahora a ausencia de una pesquería formal se explica principalmente por desconocimiento de su abundancia, distribución y por falta de embarcaciones nacionales para la pesca en aguas profundas.

Se ha capturado esporádicamente de 1977 a 1998, en embarcaciones equipadas con palangre, trampas y red de arrastre, pero el palangre es el sistema de pesca más usado. Aunque no existe pesquería formal, la duración de los viajes de pesca varía desde dos a 51 días, con promedio de 21 días de pesca efectivos, con rendimientos variables. Aunque en los anuarios de pesca no existen registros de esta especie, por tratarse de pesca de fomento, se han alcanzado hasta 6.54 t por día.

En México la pesca de bacalao negro se realiza por medio de pesca exploratoria o pesca de fomento, debido a que se desconoce su distribución y abundancia.

En el Pacífico norte la pesca del bacalao negro (o "sablefish" como se le conoce en E.U.) se realiza en aguas profundas y en la plataforma continental. Con grandes abundancias en Alaska, Canadá, Islas Aleutianas y Mar de Bering, la flota internacional en 1972 capturó 65,000 t.

En aguas mexicanas se captura con embarcaciones de 26 y 29 m de largo y entre 50 y 124 t de capacidad de bodega y con sistemas de congelación. La mejor captura se logró en 1993, cuando tres embarcaciones en 15 viajes, en promedio con 21 días de pesca, desembarcaron una captura 507 t.

La distribución de esta especie es a lo largo de la plataforma continental del Pacífico Norte, desde Baja California hasta Alaska y el Mar de Bering (Sigler *et al.*, 1997) y en las Islas Aleutianas y Hokkaido, Japón (Hart, 1973), desde aguas superficiales hasta profundidades de 2,740 m

(Beamish *et al.*, 1979). Como límite meridional se reporta Isla Cedros, en Baja California Sur (Miller y Lea, 1972), aunque las exploraciones en aguas mexicanas indican que su distribución se extiende hasta el extremo sur de la Península de Baja California, aproximadamente hasta los 23°N (Fig. 1).

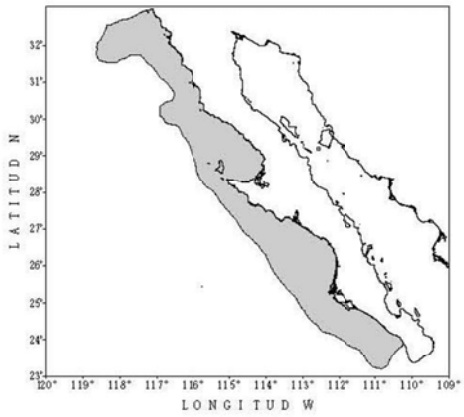


Fig. 1. Area de distribución del bacalao negro en las costas mexicanas.

BIOLOGÍA

Los bacalaos negros son peces longevos de hasta 34 años o más (Kastelle *et al.*, 1994), cuya madurez reproductiva se alcanza entre 2.7 y 4.4 años (Saunders *et al.*, 1997). Están ubicados en altos niveles tróficos, pues son carnívoros que se alimentan en la columna de agua y el bentos, primariamente de peces, como anchoveta, calamar, pequeñas merluzas y lenguados; y secundariamente de moluscos e invertebrados. Como depredadores terminales, controlan la composición y abundancia de la comunidad (Cailliet *et al.*, 1988).

El bacalao negro es una especie longeva, carnívora ubicada en niveles troficos altos. Se alimenta principalmente de peces e invertebrados

Con migraciones diurnas hacia la superficie y retornos hacia el fondo durante la noche, el bacalao se distribuye en un amplio rango de profundidades. Por las pesquerías de Alaska y Canadá, se sabe de una distribución batimétrica estructurada por edades y tallas que obedece a procesos reproductivos. Se cree que los juveniles permanecen cerca de la costa varios años, moviéndose a aguas profundas para unirse a la población reproductora conforme maduran (Bracken, 1983; Mason *et al.*, 1983).

Presentan una distribución batimétrica estructurada por edades y tallas que obedece a procesos reproductivos

▼ *Longitud y madurez*

Para determinar la composición por tallas, madurez sexual, crecimiento individual, abundancia y distribución del bacalao en aguas mexicanas, se midieron y pesaron aproximadamente 18,000 organismos. De cada ejemplar se registró el peso total y eviscerado, longitud total y furcal, sexo y madurez sexual y zona de captura, datos con los que se obtuvieron sus relaciones biológicas básicas.

El análisis de las etapas cuatro y cinco de madurez sexual, clasificadas con una escala morfológico-cromática, indicó que la actividad de maduración de las gónadas inicia en noviembre y desciende en marzo y abril (Fig. 2); se puede inferir que el desove ocurre entre diciembre y marzo. En aguas

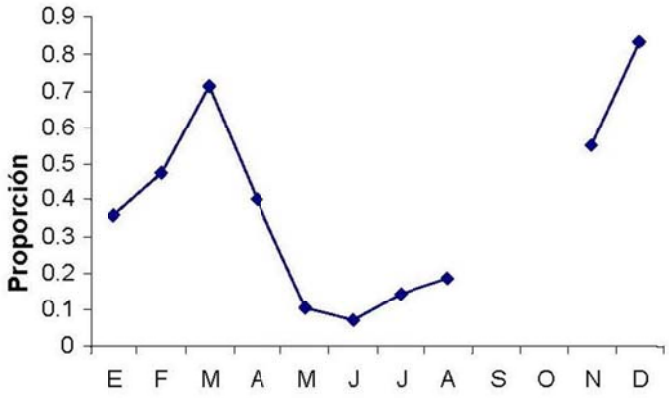


Fig. 2. Madurez sexual del bacalao negro en las costas de Baja California y Baja California Sur. Datos de un proyecto de pesca de fomento, durante 1997-1998

de California el desove ocurre de octubre a febrero y de enero a marzo a profundidades de 823 m o mayores (Hunter *et al.*, 1989; Moser *et al.*, 1994).

La frecuencia acumulada de las etapas cuatro y cinco de madurez sexual, indicó que la talla crítica (50% de madurez sexual) del bacalao es de 55 cm de longitud patrón (LP). La LP, expresada en cm, se utilizó para obtener la composición por tallas del bacalao colectado en agua mexicanas, con excepción de abril de 1998 cuando se usó longitud furcal. El tamaño del bacalao mostró distribuciones unimodales (Fig. 3), en las que difícilmente se distinguen grupos de edad.

En todos los casos, la talla promedio de captura ($\bar{x}$) por mes fue mayor de 50 cm. En algunos meses como mayo, junio y julio de 1997 y abril de 1998 predominaron ejemplares grandes con tallas hasta de 86 cm y muy pocos de 100 cm de LP. Bacalaos pequeños entre 28 y 34 cm se observaron de enero a mayo (Fig. 3). La frecuencia acumulada mensual indicó que más del 50% de los bacalaos son mayores de 50 cm de LP (Tabla 1).

Tabla 1. Talla promedio de captura de bacalao negro. N= organismos muestreados. Se indica el intervalo en el que se ubica el 50% de la captura relativa acumulada.

Mes	$\bar{x}$	N	Intervalo
Mayo 97	57.9	851	52
Junio 97	55.3	1958	54
Julio 97	55.6	788	56
Agosto 97	52.9	2242	52
Noviembre 97	53.7	2640	54
Diciembre 97	55.2	2127	54
Enero 98	50.7	289	50
Febrero 98	51.2	3624	52
Marzo 98	52.5	647	52
Abril 98	60.0	159	58

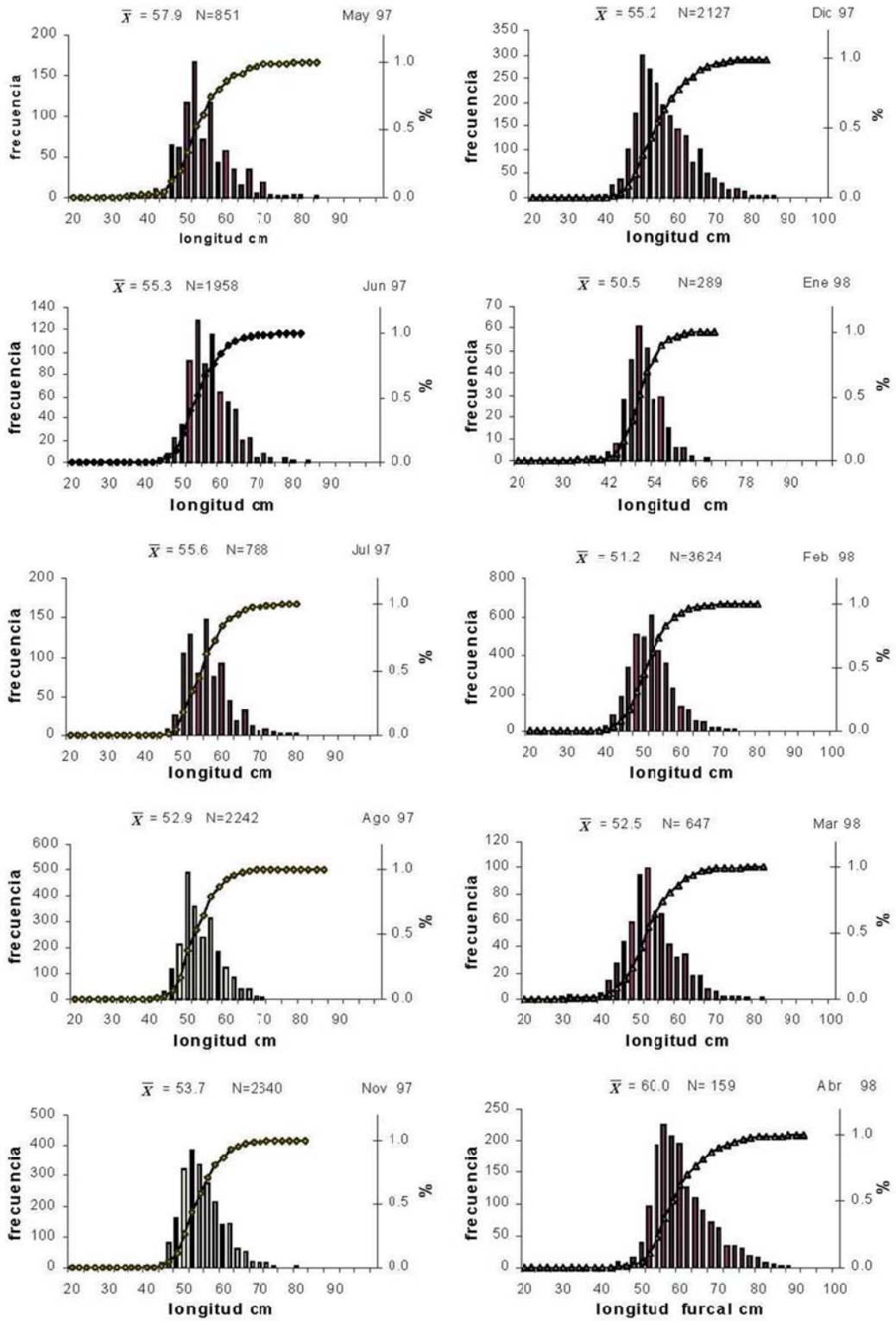


Fig. 3. Composición por tallas (cm) del bacalao negro, en la costa occidental de la península de Baja California. Pesca de fomento en 1997-1998.

▼*Relación peso-longitud*

Se usó la ecuación $W = a*L^b$ para calcular la relación talla-peso. En su forma logaritmica:

$$Ln(W) = \ln(a) + b * \ln(L) \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

W = Peso total en Kg
L = Longitud patrón en cm.

En la *tabla 2*, se muestran los valores mensuales de la pendiente (*b*) y la intersección (*a*) y el coeficiente de determinación (r^2), para machos, hembras y machos, y hembras juntos de bacalao negro.

Tabla 2. Parámetros de la relación peso-longitud de bacalao negro.

Machos			
Mes	Intersección	Pendiente	r^2
Mayo	2.83594E-06	3.5188	0.62
Junio	1.11557E-05	3.2440	0.53
Julio	5.03164E-05	2.8249	0.57
Agosto	1.84005E-06	3.6733	0.71
Noviembre	0.000766617	2.1653	0.42
Abril	2.80831E-05	2.9605	0.80

Hembras			
Mes	Intersección	Pendiente	r^2
Mayo	2.58473E-07	4.1129	0.86
Junio	2.84059E-06	3.5752	0.74
Julio	5.87154E-06	3.3686	0.78
Agosto	4.03104E-06	3.4729	0.83
Noviembre	0.000115306	2.6733	0.73

Machos y hembras			
Mes	Intersección	Pendiente	r^2
Mayo	4.16648E-07	3.9972	0.84
Junio	6.56329E-06	3.3726	0.70
Julio	8.24088E-06	3.2840	0.77
Agosto	3.46114E-06	3.5113	0.83
Noviembre	7.46459E-05	2.7747	0.72
Abril	1.80301E-05	3.0728	0.90

Fujioka *et al.* (1997) reportaron la tasa de mortalidad natural y parámetros de madurez y peso-longitud del bacalao en la pesquería de Alaska (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros del bacalao, en el Golfo de Alaska, Mar de Bering e I. Aleutianas (Fujioka *et al.*, 1997).

Parámetro	Valor
Mortalidad *M*	0.10/año
$W=a*L^b$ (Kg)	a = 0.0000048 b = 3.22
Madurez L_{50}	65 cm hembras 57 cm machos

▼ *Crecimiento*

Se estimaron los parámetros de la ecuación de crecimiento individual de von Bertalanffy:

$$L_t = L_\infty\left(1 - e^{-k(t-t_0)}\right) \qquad \text{.....(2)}$$

donde:

L_∞ = longitud asintótica.
k = coeficiente instantáneo de crecimiento.
t_0 = edad a la cual $L_t = 0$

Para obtener los parámetros se utilizó el programa FISAT (Gayanilo *et al.*, 1994) el cual utiliza series de tiempo de distribución de frecuencas. En este caso abarcaron nueve muestras mensuales de longitud patrón (LP), desde mayo de 1997 a marzo de 1998.

El valor de t_0 se calculó como es descrito por Ehrhardt (1981), usando edades medias (calculadas con FISAT) para obtener una t_0 ponderada por edades:

$$t_0 = \sum_t \left[t + 1/k \cdot \ln\left(L\infty - l_t / L\infty\right)\right] \cdot \left(L\infty - l_t\right) / \sum_t \left(L\infty \cdot l_t\right) \qquad \text{.....(3)}$$

Los parámetros de crecimiento para machos y hembras fueron los siguientes:

L_α = 105 cm LP
k = 0.16/año
t_0 = 0.081 años

Aplicando estos valores en la ecuación de von Bertalanffy se elaboró la curva de crecimiento del bacalao, considerando la edad de 2 años como edad de reclutamiento (Fig. 4).

Los mismos parámetros, para la misma especie, en altas latitudes se presentan en la *tabla 4*.

▼ *Mortalidad total*

La mortalidad total Z, se calculó por el método de Beverton y Holt (1956). Este método estima Z a partir de la talla media de los peces de la captura y los parámetros de von Bertalanffy mediante la siguiente ecuación:

$$Z = k\left[\left(L\infty - \overline{L}\right)/\left(\overline{L} - L'\right)\right] \qquad \text{.....(4)}$$

donde:

$\overline{L}$ = es la talla media de los peces de longitud L' y mayores
L' = es la talla en la que todos los peces de ese tamaño soportan una explotación plena

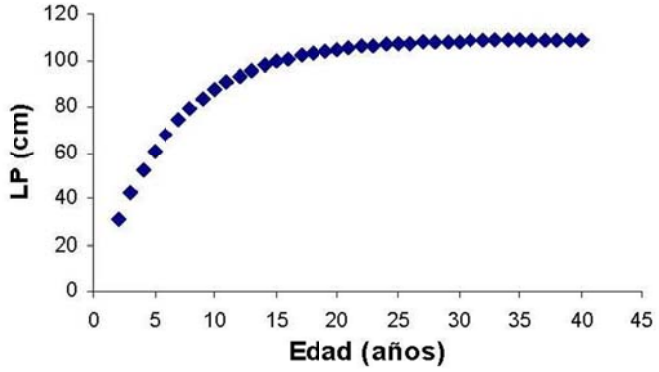


Fig. 4. Curva de crecimiento individual del bacalao negro.

Tabla 4. Parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para bacalao negro en el Golfo de Alaska, en 1987 y 1989 (Singler *et al.*, 1997).

Sexo/área	L_∞ (cm)	K (1/año)	t_o (años)
Hembras/plataforma			
Shumagin	74.1	0.171	-5.4
Kodiak	70.1	0.403	-0.9
Southeastern	75.6	0.169	-4.0
Hembras/talud			
Shumagin	78.9	0.114	-9.4
Kodiak	78.5	0.204	-3.1
Southeastern	85.4	0.112	-6.5
Machos/plataforma			
Shumagin	63.7	0.344	-1.9
Kodiak	65.2	0.341	-2.0
Southeastern	70.9	0.069	-16.4
Machos/talud			
Shumagin	74.8	0.033	-43.9
Kodiak	66.5	0.243	-3.5
Southeastern	67.9	0.190	-4.9

El patrón de reclutamiento calculado mediante las rutinas incorporadas en FISAT mostró un sólo periodo de reclutamiento, en el cual los reclutas se incorporan al stock vulnerable, principalmente a partir de mayo y durante el verano.

▼ *Factores ambientales*

Existe poca información sobre el efecto de la variabilidad climática en el bacalao. Estudios sobre maricultura demostraron que la tasa de crecimiento varía ampliamente entre individuos y puede ser significativamente afectada por factores como la temperatura y disponibilidad de alimento (Macfarlane y Nagata, 1988).

Los resultados de Sullivan (1982) indican que el bacalao parece tener una distribución más profunda hacia el sur, pero la temperatura en sí misma no explica un hundimiento tropical. Sus experimentos sobre tolerancia térmica indican que la temperatura en áreas tropicales no parecen forzar al bacalao a vivir en aguas más profundas. Más que hacia el sur, la tendencia del bacalao es moverse hacia el norte (Moser *et al.*, 1994).

Por lo anterior y porque su abundancia decrece hacia el sur, podría pensarse que en 1997 y 1998, años "El Niño" (ENOS), el bacalao se movió hacia el norte, aunque desconocemos si ese fenómeno afectó la distribución. No obstante, hay que hacer notar que "El Niño" afecta principalmente el ecosistema pelágico, y que se han observado variaciones de la termoclina en escalas de tiempo ENOS, específicamente después de los Niños 1972-73 y 1982-83 cuyo desplazamiento a 400 m se propaga desde la costa oriental hasta la costa occidental del Pacífico (Miller *et al.*, 1997).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Operaciones, equipos y artes de pesca*

El bacalao negro se captura con palangres que tienen una longitud variable dependiendo de la cantidad de canastas o secciones lanzadas. Se denomina canasta al segmento del palangre situado entre dos orinques entre los que se dispone la línea madre, en la cual se colocan los anzuelos; generalmente constan de entre 5 y 30 secciones y con aproximadamente 200 anzuelos en cada una. El término canasta responde a la antigua costumbre de colocar las secciones en recipientes de plástico para facilitar el manejo del palangre a bordo del barco.

Los anzuelos previamente encarnados con sardina, macarela o calamar, se disponen mediante un reconocimiento hidroacústico y a diferentes profundidades siguiendo el perfil del fondo.

▼*Tendencias históricas*

En aguas mexicanas, el mejor rendimiento se logró en 1977, cuando embarcaciones coreanas, equipadas con trampas y palangres, lograron 6.54 t por día (Tabla 5). Estos resultados alentaron la inversión japonesa y en 1979 operaron once embarcaciones. Al disminuir los rendimientos, gradualmente la flota se retiró de la pesca comercial y en 1981 se suspendió totalmente la actividad pesquera (Silva-Ramírez, 1998).

La pesca de bacalao negro no es una actividad productiva constante. Aparentemente la flota ha operado en periodos de dos a tres años debido a los bajos rendimientos

Tabla. 5. Antecedentes de la pesca exploratoria en México. 1 = palangre; 2 = trampa.

Año	Viajes	Barcos	Captura	(kg/hora)	Arte
1977		1	6.54 t/día	188.15	1,2
1978		7	4.52 t/día	130.17	1,2
1979		10	1.77 t/día	46.70	1,2
1980		1	2.29 t/día	65.81	1,2
1985	5	1	1.20 t/día		
1986		4	0.63 t/día	3.70	2
1987		1	3.40 t/día	4.30	2
1991-1993	15	3	0.97 t/día		2
1997	5	2	51322 Organismos		1
1998	3	2	21825 Organismos		1

La suspensión duró hasta 1985, año en que una embarcación realizó cinco viajes; en el primero de ellos el rendimiento de 1.2 t/día, disminuyóa 0.720 t/día en el resto de los viajes. En 1987, barcos norteamericanos equipados con trampas lograron rendimientos de 3.4 t/día. En el periodo 1991-1993 lograron una captura de 507 t y rendimientos de 0.972 t/día, en la Costa Occidental de Baja California. Aparentemente por los bajos rendimientos, la flota opera cada 2 o 3 años. En 1997 y 1998 dos embarcaciones también norteamericanas con permiso de pesca de fomento en las costas de Baja California y Baja California Sur, lograron en ocho viajes una captura de 73,147 ejemplares.

▼*Pesca incidental*

Junto con el bacalao negro se capturan: lenguados, tiburones, merluzas, rocotes y otras especies

Por ser una "pesquería" multiespecífica, junto con el bacalao negro se capturan: lenguados, rocotes, meros, mantas, quimeras, tiburones, merluza, y otras especies. La merluza (*Merluccius productus)* "Pacific hake" o "Pacific whiting", al igual que el bacalao es una especie transfronteriza; en la Corriente de California, habita en aguas de México, E. U. y Canadá.

La fauna de acompañamiento en la pesca exploratoria realizada en aguas mexicanas incluye:

Blanco, pierna u "ocean whitefish" (*Caulolatilus princeps*).
Cola de rata o "Pacific grenadier" (*Coryphenoides acrolepis)*
Dorado o "dolphinfish" (*Coryphaena hippurus*)
Lamprea, anguila o "Pacific hagfish" (*Eptatretus stoutii*)
Marta de profundidad o "deepsea skate" (*Bathyraja abyssicola)*
Marta piel de lija o "sandpaper skate" (*Bathyraja kinkaidii)*
Meros o "sea basses" (*Epinephelus* ssp.)
Pargo rojo del pacífico o "pacific red sanapper" (*Lutjanus peru*)
Quimera o "black ratfish" (*Hydrolagus californicus)*
Rocote alacrán o "shortspine thornyhead" o "idiot rockfish" (*Sebastolobus alascanus*)
Rocote bocaccio o "bocaccio" (*Sebastes paucispinis)*
Rocote o "rougheye rockfish" (*Sebastes aleutianus)*
Tiburón azul o "blue shark" (*Pricnace glauca*)
Tiburón bonita o marrajo o "shortfin mako" (*Isurus oxyrinchus*)
Tiburón dormilón o "Pacific sleepershark" (*Somniosus pacificus*)
Tiburón enano o cazón negro "California pigmyshark" (*Centroscyllium nigrum)*
Tiburón trompudo, de hocico largo o "longnose pigmyshark" *(Apristurus kampae*)

En California, estado fronterizo con México, se ha desarrollado con esos y otros grupos una pesquería cuya captura en 1997 fue de 28,932 t (CalCOFI, 1998).

En esta pesquería no existe registro oficial de las especies sus descartes y capturas

En México, la merluza al igual que el bacalao se captura con permisos de pesca de fomento. Ha sido objeto de prospecciones pesqueras; en 1975, embarcaciones alemanas con redes de arrastre a fondo y media agua reportaron cantidades considerables de merluza y rocotes. Se lograron lances de más de 1,000 kg de captura 300 y 400 m de profundidad (Hernández-Carvallo y Mombeck, 1975) pero no existe pesquería nacional. Sobre la merluza, se ha estimado medio millón de t de biomasa (Hernández-Vázquez, 1987).

Mientras en California aporta casi 24 millones de dólares, en México se realiza pesca de fomento. El problema es la baja abundancia en aguas mexicanas en comparación con los E. U., como resultado de su distribución natural.

▼Interacción con otras pesquerías

La captura de bacalao negro en aguas mexicanas presenta una baja abundancia y coincide con la disminución de las capturas que se realizan en los Estados Unidos

Desde 1967 hasta 1974, la flota japonesa había capturado el 87% del bacalao (Silva-Ramírez, 1998); en forma reciente, la pesca de fomento la han realizado barcos norteamericanos. Las operaciones de pesca en aguas mexicanas coinciden con la disminución de las capturas en California, en donde en 1976, el bacalao aportó 3,172 t. El bacalao de aguas mexicanas se recluta a la pesquería del sur de California (Moser *et al.*, 1994). Sin embargo, en aguas mexicanas se han capturado ejemplares hasta de 100 cm de longitud patrón y se capturan durante casi todo el año, lo que indica la presencia de un stock, si bien permanente, de baja abundancia.

En California, Alaska, y Canadá, el esfuerzo sobredimensionado ha generado conflictos, entre otros: por desperdicios de captura incidental, calidad de los productos, mortalidad de descartes, excesiva capacidad de acarreo (Oliver, 1997).

APECTOS SOCIECONÓMICOS

Es un recurso que se exporta al mercado asiático y comercializado por categorías de tamaño, de ahí la importancia de la composición por tallas.

El bacalao negro se comercializa en California, E.U., y se exporta a los mercados asiáticos de la costa oeste del Pacífico. En 1988, la gran demanda incrementó los precios (CalCOFI, 1989). El troncho, como se denomina al bacalao descabezado, eviscerado y sin cola, se congela a bordo de las embarcaciones. Según Bracken (1997), el precio en Alaska ha variado desde 0.42 dólares por libra en 1980 a 1.84 dólares en 1992. El producto se comercializa por categorías de tamaño, de ahí la importancia de la composición de tamaños en la captura.

MANEJO:

MEDIDAS DE MANEJO

En México se captura desde 1977 con barcos comerciales, pero se maneja a través de permisos de pesca de fomento. Los requisitos se establecen en la Ley de Pesca y su Reglamento (SEMARNAP, 1999). En virtud de no ser una pesquería comercial, no existe Norma Oficial Mexicana que regule tallas, áreas o edad de captura. En las pesquerías de Alaska, según Bechtol y Morrison (1997), se maneja con permisos, cuotas de captura y vedas temporales, y en California se establecen cuotas de captura por arte de pesca y áreas (CalCOFI, 1998).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

En esta sección se presentan los resultados de la primera estimación de abundancia de bacalao negro en México. En 1997 y 1998 en aguas mexicanas, frente a la península de Baja California, dos embarcaciones realizaron 602 lances de pesca con palangre, desde 23° N hasta 32° N, en profundidades que oscilan entre 300 y 850 metros. En cada lance se registró el número de canastas y anzuelos, la captura, la profundidad de calado, tiempo de operación o de reposo del palangre, latitud y longitud de cada lance. En 8 viajes, 5 en el segundo semestre de 1997 y 3 en el primer semestre de 1998, se calaron 11,622 canastas y 2'202,477 anzuelos.

Para realizar la estimación de biomasa se consideró el esfuerzo nominal por lance, que es el producto del número de canastas por el número ce anzuelos de cada canasta. Dado que el esfuerzo nominal y el tiempo de operación de los anzuelos en el fondo son variables, se estandarizó el esfuerzo, mediante la siguiente relación: (5)

$$Esf_{est} = esfuerzo\ nominal * tiempo\ de\ operación$$

Previamente se obtuvo el tiempo de operación o de reposo, que es la hora inicial de cobrado menos la hora en que terminó el lance. De las bitácoras se obtuvo el número de individuos capturados por lance. Posteriormente, se calculó la CPUE dividiendo la captura por lance entre el esfuerzo estandarizado.

Para determinar el tamaño de la población se utilizó el método de depleción de Leslie (Hilborn y Walters, 1992). El método consiste en medir cómo la remoción por pesca afecta la abundancia relativa (CPUE) y el tamaño de la población remanente, utilizando como estimación de la biomasa la CPUE.

El modelo de Leslie presupone sistemas cerrados sin reclutamiento y una baja mortalidad natural entre periodos sucesivos de pesca. El comportamiento de esta población sometida a pesca lo describe el siguiente modelo:

$$N_t = N_1 - K_{t-1} \quad \text{.....(6)}$$

donde:

K_{t-1}= captura acumulada anterior al tiempo t

Asumiendo que la tasa de captura es directamente proporcional al esfuerzo f_t el esfuerzo acumulado en el tiempo t es E_t y la ecuación 6 se transforma en un modelo exponencial.

$$N_t = N_1 \cdot e^{-qE_t} \quad \text{.....(7)}$$

donde:

$E_1 = 0$

Ya que la captura es proporcional a la abundancia:

$$y_t = qN_t \quad \text{.....(8)}$$

Sustituyendo la ecuación 6 en la 8:

$$y_t = q[N_t - K_{t-1}]$$

$$y_t = qN_t - q^{K_{t-1}} \quad \text{.....(9)}$$

La ecuación 9 está en forma lineal, $y = a+bX$, donde el intercepto a es qN_1 y la pendiente b es q. En la regresión, X es K_{t-1}. Si a y b son estimadas por regresión de y_t contra la captura (K_{t-1}), la pendiente estima el coeficiente de capturabilidad (q) y la relación a/b estima N_1.

En el modelo de Leslie, la CPUE y captura acumulada se agruparon mensualmente y por zona. Para estimar la biomasa se realizaron tres aplicaciones del modelo separando la captura y el esfuerzo por zonas: a) analizando por separado los datos de 1997, b) los datos de 1998 y c) analizando conjuntamente los

datos de 1997 y 1998. En algunas zonas esta relación tuvo un alto grado de incertidumbre, puesto que el coeficiente de determinación (r^2) fue bajo.

La intensidad de pesca ejercida por 2'202,477 anzuelos nominales en 602 lances de pesca, indicó remoción de la abundancia en tiempo y espacio (Tabla 6). En el diseño de 1997, la abundancia en la zona 30°N-32.55°N fue mayor que en la zona 28° N - 30° N; en 1998 la biomasa fue menor que en 1997. En la tercera

Tabla 6. Abundancia en número de individuos (n), y capturabilidad (q) para el bacalao negro.

Zona	Parámetros	1997	1998	1997/98
30°N-32.55°N	q	2.83575E-08	7.9716E-08	2.4591E-08
	n	142,665	49,169	162,918
28°N-30°N	q	1.91197E-07		2.3659E-07
	n	29,990		25,752

opción, 1997/98, la mayor abundancia se localizó en la zona 30° N - 32.55° N al norte de Baja California y baja abundancia hacia el sur, en la zona 28° N - 30° N.

La tasa de explotación se expresó en porcentajes de captura, de acuerdo con la relación: E = captura/ biomasa.

La captura de 1997 en la zona 30° N - 32.35° N fue de 33,733 individuos lo que representó una E=23.6%. En la zona la 28° N - 30° N, se capturó el 49.4%. En 1998, en zona 30-32.35 se extrajo el 31.6%. Considerando el tercer ensayo, 1997/98, en la zona 30° N - 32.35° N se extrajo el 28.7%, mientras que en la zona 28° N - 30° N el impacto fue mucho mayor 63.6%.

▼Abundancia relativa

La abundancia relativa, en número de individuos capturados por lance, en cada crucero, se comparó mediante una escala similar, en cuanto al tamaño del intervalo. Los lances con abundancia entre 0-200 individuos representan el mayor porcentaje (Fig. 5). Los lances en el intervalo entre 200 y 400 individuos significaron un porcentaje intermedio (entre 4.4% y 26.1%). El porcentaje de lances con capturas mayor a 400 bacalaos, en general es muy bajo en el mejor caso, en el crucero realizado en julio-agosto, se obtuvo el 5.2% (Fig. 5B).

La captura de organismos de bacalao aumentó paralelamente con el esfuerzo estandarizado. En agosto y noviembre de 1997 se logró la mejor captura (Fig.6A). En diciembre, son notables las bajas capturas y CPUE, a pesar del alto nivel de esfuerzo. El rendimiento (CPUE), aunque fue más alto entre mayo, agosto y noviembre de 1997, disminuyó a partir de enero de 1998, probablemente por efecto de la pesca (Fig.6B).

PERSPECTIVAS:

El modelo de evaluación de biomasa indicó un stock poco abundante. Anteriormente Silva-Ramírez (1998), con base en los rendimientos, había encontrado que la población era poco abundante y preveía no autorizar más de dos barcos. Bajo esta circunstancia no parece factible establecer una pesquería

Por la baja abundancia del recurso, no es factible establecer una pesquería comercial; la pesca de fomento podría continuar bajo supervision

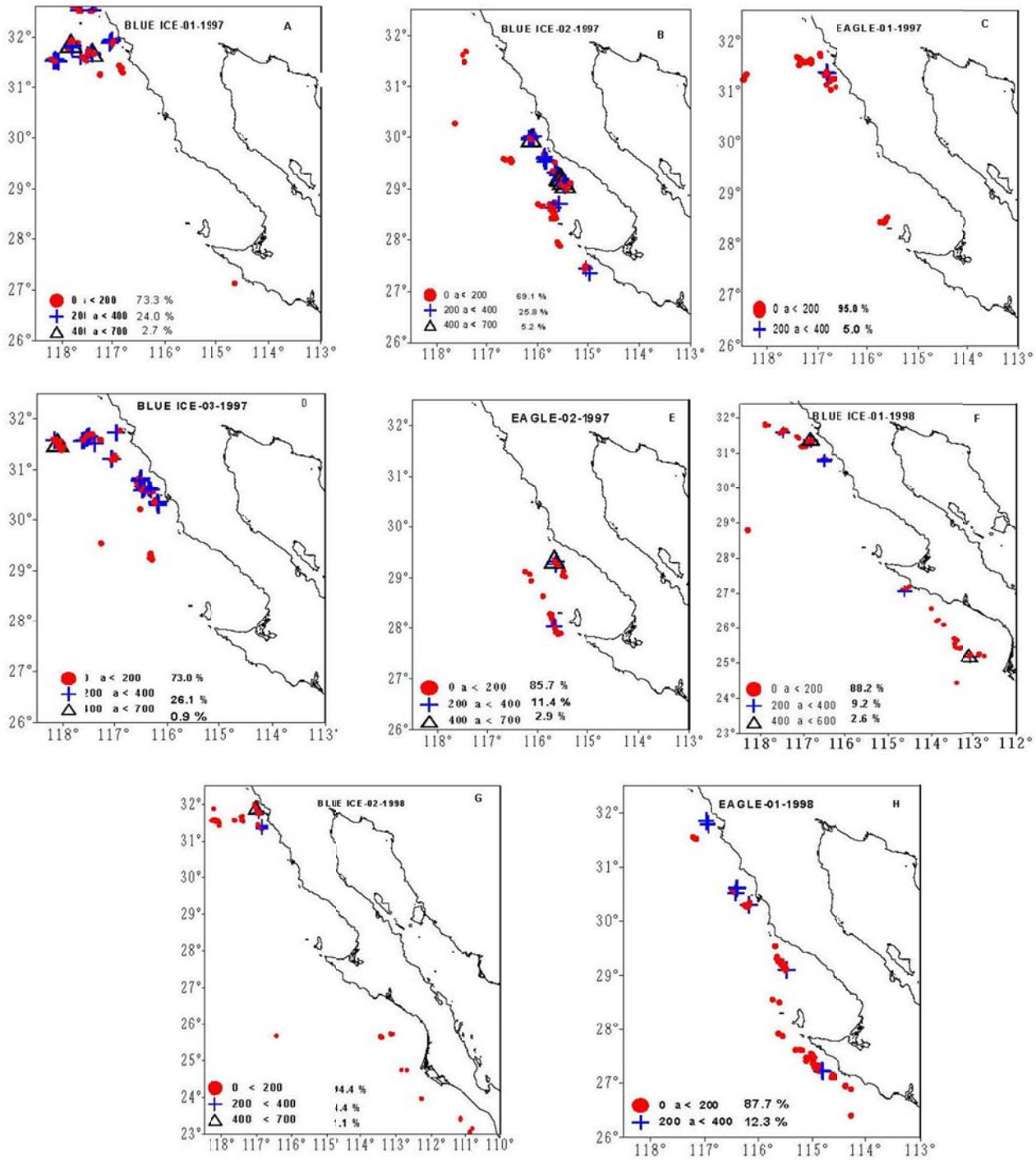


Fig. 5. Abundancia relativa de bacalao por crucero o viaje. A) mayo-junio 1997, B) julio-agosto 1997, C) mayo-junio 1997, D) noviembre-diciembre de 1997, E) noviembre-diciembre de 1997, F) enero-febrero-marzo de 1998, G) abril-mayo de 1998 y H) febrero-marzo de 1998.

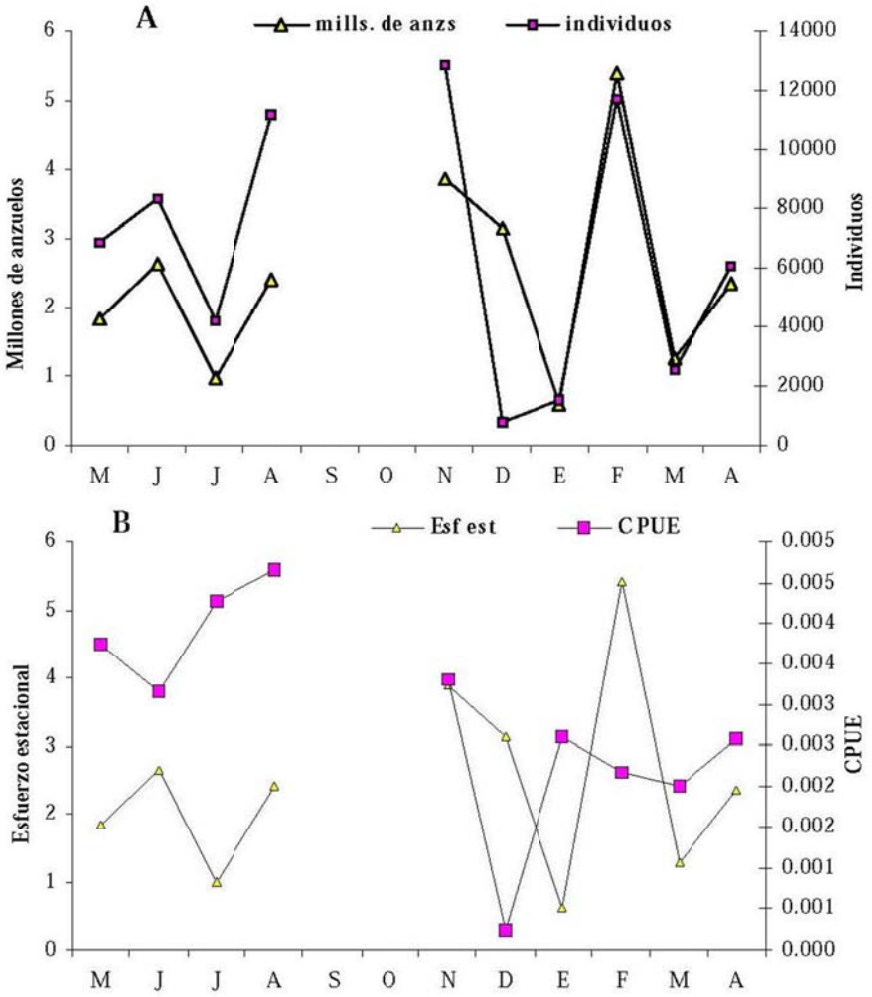


Fig. 6. Captura mensual de bacalao negro, entre mayo de 1997 y abril de 1998. A) miles de organismos y esfuerzo estandarizado, (B) esfuerzo contra CPUE.

comercial; alternativamente la pesca de fomento podría continuar bajo la supervisión de observadores.

Desde abril de 1998 la pesca se suspendió y han pasado más dos años sin operaciones de pesca: es probable que por migración y crecimiento individual el stock se haya recuperado.

La pesca de fomento debe cumplir objetivos concretos, entre otros dar seguimiento a cambios de abundancia, distribución, características biológicas y el impacto, si lo hay, de la variabilidad interanual.

Con el fin de avanzar en el conocimiento de este recurso, la lectura de otolitos será una tarea indispensable. Además de determinar la composición por edades en la captura, se estará en posibilidad de aplicar otras técnicas de evaluación.

La fauna de acompañamiento del bacalao negro no se ha evaluado con detenimiento. Dado su carácter de pesquería multiespecífica, su base pudiera ser el bacalao y el complemento, el complejo merluza, rocotes, tiburones, mantas, meros y otros.

Las exploraciones realizadas hasta la fecha dan cuenta de operaciones de pesca a profundidades no mayores a 900 m por lo que en caso de continuar la pesca de fomento podrían explorarse aguas más profundas. Será necesario realizar en paralelo estudios de comercialización, si se decide impulsar el desarrollo de una pesquería.

Conclusión

No hay barcos nacionales, ni empresas mexicanas que hayan participado en la pesca y comercialización continua del bacalao. Sólo han participado barcos extranjeros. La mayor abundancia se encuentra al norte de Baja California, aproximadamente entre 30°N y 32.35°N, y disminuye hacia el sur. La talla mínima de reproducción corresponde a 55 cm. No parece por el momento conveniente recomendar el desarrollo de una pesquería comercial basada únicamente en bacalao negro

Campos de colaboración

Establecer convenios con instituciones de investigación para continuar la prospección y el conocimiento de la población. Capacitar a investigadores mexicanos a través de MEXUS-Pacifico, para identificar sus larvas y para intercambio de información general y específica. Explorar las muestras del laboratorio de plancton para cuantificar la existencia de huevos y larvas de bacalao. Participar en cruceros CalCOFI.

REFERENCIAS

Beverton, R. J. H. & S. J. Holt. 1956. A review of methods for estimating mortality rates in exploited fish populations, with special reference to sources of bias in catch sampling. Rapp. P.-v. Réun. CIEM, 140:67-83.

Beamish, R. J., C. Houle, C. Wood, and R. Scarsbrook. 1979. A summary of sablefish and exploratory trapping studies conducted during 1978 by the Pacific Biological Station. Can. Data Rep. Fish Aquat. Sci. 162, 113 p.

Bechtol, W.R. & R. Morrison. 1997. Development and management of the Sablefish, *Anoplopoma fimbria*, Fishery in William Sound, Alaska. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 130.

Braken, B. E. 1983. Sablefish migration in the Gulf of Alaska based on recoveries. *En:* Proceedinings of the second lowell wakefield fisheries symposium. Anchorage, AK, p. 185-190. Alaska Sea Grant report 83-8.

Braken, B. E. 1997. License limitation in Alaska sablefish *Anoplopoma fimbria*, fishery. *En:* M. E. Wilkins & M. W. Saunders. (eds). Biology and management of sablefish *Anoplopoma fimbria*, p. 55-63. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 130.

Cailliet, G. M., E. K. Osada, & M. Moser. 1988. Ecological studies of sablefish in Monterey Bay. Calif. Fish and Game 74 (39): 132-153.

CalCOFI. 1989. Review of some California Fisheries for 1988. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 30: 7-17.

CalCOFI. 1998. Review of some California Fisheries for 1997. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 39: 9-24.

Ehrhardt, M.N. 1981. Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. Estimación de parámetros poblacionales. México, D. F. Septiembre de 1981. FAO/INP.

Fijioka, J. T., J. Heifetz, & M. F. Singler. 1997. Choosing a harvest strategy for sablefish, *Anoplopoma fimbria*, based on uncertain life-history parameters. *En:* Wilkins M. & M. Saunders. (eds). Biology and management of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, p. 247-251. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFC 130.

Gayanilo, F.C. , Jr., P. Sparre, & D. Pauly. 1994. The FAO-ICLARM Stok Assessment Tools (FISAT). User Guide. FAO. Computurized Information series (fisheries) N° 6. Rome, 186p.

Hilborn, R., & C. J. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics, and uncertainty. Chapman & Hall, New York.

Hart, J. L. 1973. Pacific fishes of Canada. Fish. Res. Bd. Can. Bull. 180, 740 p.

Hernández-Carvallo A. & F. Mombeck. 1975. Lista preliminar de peces capturados e identificados, en el barco Bonn, durante el Programa MexAl en aguas del Océano Pacifico. Noviembre 1974 mayo 1975. Instituto Nacional de Pesca México/Bundes Orschungsanstalt Für Fischerei. Bremerhaven, Alemania Federal. (inédito).

Hernández-Vázquez, S. 1987. Pesquerías pelágicas y neríticas de la costa occidental de Baja California, México. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 28: 53-56.

Hunter, J. R., B. J. Macewicz & C. A. Kimbell. 1989. Fecundity and other aspects of the reproduction of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, in central California waters. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep 30: 61-72.

Kestelle, R. C., D. Kimura, K., E. Nevessi, & D. Gunderson, R. 1994. Using Pb-210/Ra-226 disequilibria for sablefish, *Anoplopoma fimbria*, age validation. Fish. Bull. 92: 292-301.

SEMARNAP. 1999. Ley de Pesca y su Reglamento. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.

Mcfarlane, G. A., & W. D. Nagata. 1988 Overview of sablefish mariculture and its potential for industry. En Proceedings of the Fourth Alaska Aquaculture Conference, Sitka, Alaska. Alaska Sea Grant Rep. 88-4

Miller, J. D., & R N. Lea. 1972. Guide to the coastal fishes of California. Departament Fish and Game. Fish. Bull.

Miller, A.J., W. B. White & D. R. Cayan. 1997. North Pacific thermocline variations on ENSO time scales. J. Phys. Oceanography 27: 2023-2039.

Moser, H.G., R. L. Charter, P. E. Smith, N.C. H. Lo, D. A. Ambrose, C. A. Meyer, E. M. Sandknop, & W. Watson. 1994. Early life history of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, of Washington, Oregon and California with aplication to biomass estimation. Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep. 35: 144-159.

Oliver, C. W. 1997. The evolution of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, fisheries management off Alaska: from open access to IFQ´s. *En:* Wilkins M. E. & M. W. Saunders. (eds). Bilogy and management of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, p. 55-63. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 130.

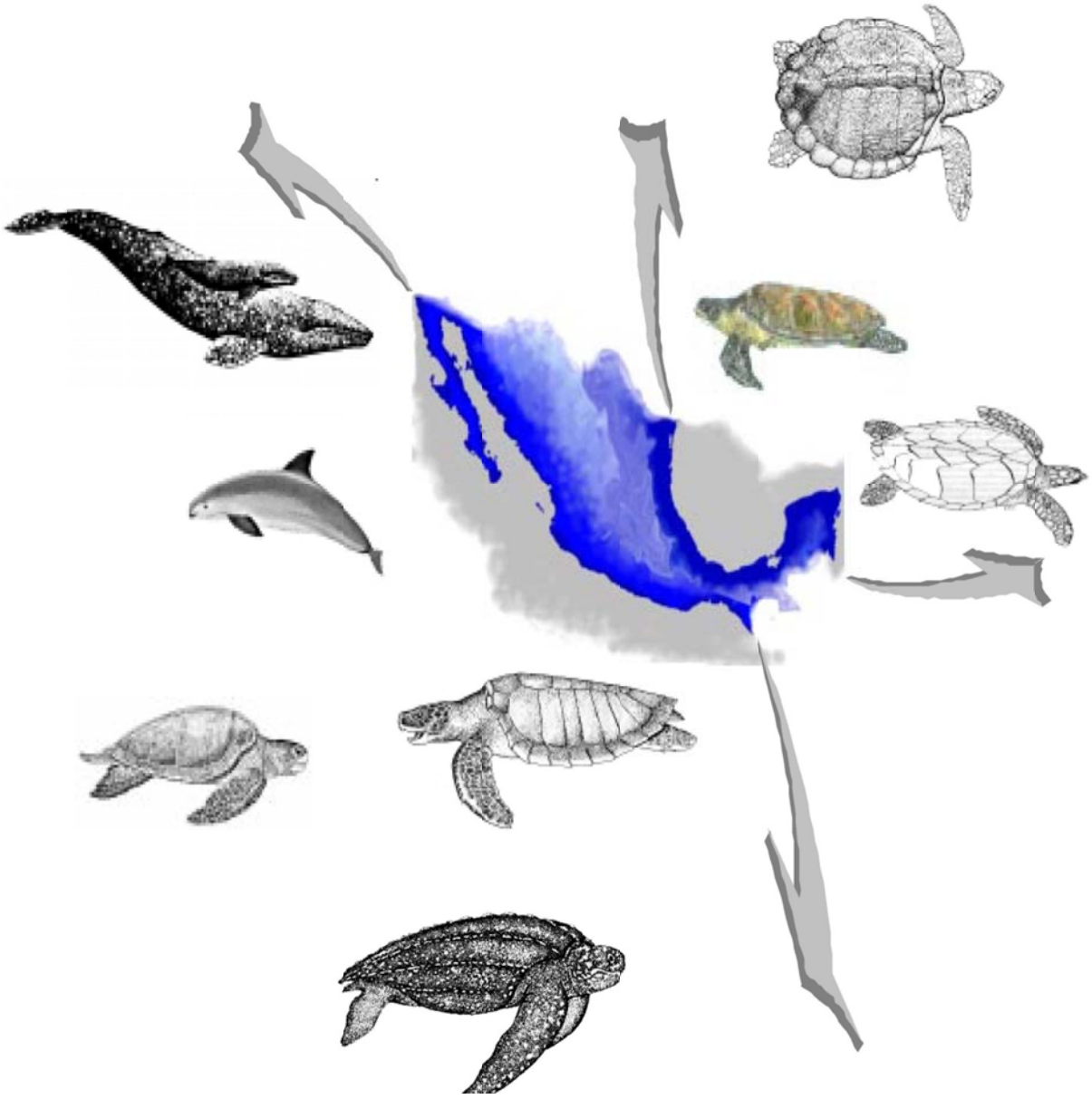
Silva-Ramirez, T. 1998. Informe preliminar de la prospección de bacalao negro, *Anoplopoma fimbria*, julio 1991-marzo 1993. CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Saunders, M. W., B. M. Leaman, & G.A. Mcfarlane. 1997. Influence of ontogeny and fishing mortality on the interpretation of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, life history. *En:* Wilkins, M.E. & M. W. Saunders. (eds). Biology and management of sablefish *Anoplopoma fimbria*, p. 55-63. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 130.

Sullivan, K. M. 1982. The bioenergetics of the sablefish (*Anoplopoma fimbria*) occurring off southern California and energy allocation during low-frequency feeding in deep-living benthopelagic fishes. Ph. D. Dissert., Univ. of California, San Diego, 237 p.

Singler, M.F., S. A. Lowe & C. R. Kastelle. 1997. Area and depth differences in the age-lenght realationship of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, in the Gulf of Alaska. En M. E. Wilkins & M. W. Saunders (eds.) Bology and management of sablefish, *Anoplopoma fimbria*, p. 55-63. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Rep. NMFS 130.

Especies sujetas a protección especial



vaquita
vaquita marina
vaquita marina
vaquita
marina
vaquita marina
vaquita marina
vaquita
marina
Vaquita marina
vaquita
Vaquita
marina
vaquita marina
vaquita marina
Vaquita
marina
vaquita
marina
vaquita marina

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA VAQUITA MARINA

ESPECIES: Vaquita marina (*Phocoena sinus*).

- Es el único mamífero marino endémico de México, distribuido exclusivamente en la parte norte del Golfo de California.
- Es una especie relativamente nueva, descrita apenas en 1958 por Norris y MacFarland y 27 años después pudo ser descrita su morfología externa.
- Es el cetáceo mas pequeño, alcanzan 150 cm las hembras y 145 cm los machos de longitud máxima.
- La distribución de edades es bimodal con el 62% de individuos entre 0 a 2 años, el 31% entre 11 a 16 años y el resto entre los 7 y 10 años.
- Se considera una especie históricamente poco abundante y probablemente CON una distribución restringida.
- Es difícil de observar por las características de su hábitat, por la fracción de tiempo que pasa en superficie y su conducta esquiva.
- Especie susceptible de ser atrapada en redes agalleras por la actividad pesquera.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie en protección especial. Se estimó una abundancia de 567 individuos en 1997.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se estimó tamaño poblacional por medio de Transectos lineales.

ESTADO DEL RECURSO

- Especie en peligro de extinción.

MEDIDAS DE PROTECCION

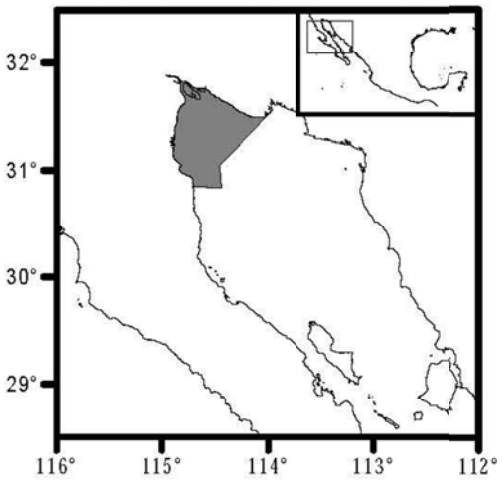
- Creación de la Reserva de la Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, veda total a la pesca de totoaba y prohibición de redes agalleras mayores de 10 pulgadas. NOM-059-ECOL-1994. Creación del Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger y recuperar a la especie y su hábitat.

VAQUITA MARINA

Phocoena sinus



EL RECURSO:

IMPORTANCIA

La vaquita es el único mamífero marino endémico de aguas mexicanas con distribución exclusivamente en la parte más norteña del Golfo de California. Es también el único miembro de la Familia Phoccenidae que habita en aguas subtropicales y, probablemente, el más pequeño de los cetáceos.

La vaquita es el único mamífero marino endémico de aguas mexicanas con distribución exclusivamente en la parte más norteña del Golfo de California

Se considera que la vaquita es una de las dos especies de pequeños cetáceos en mayor peligro de extinción en el mundo (el otro es el baiji, *Lipotex vexillifer*, un delfin de río de China). Está clasificada dentro de las categorías más críticas de especies amenazadas: en el *Apéndice I* de la Convención Internacional para el Tráfico de Especies en Peligro de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 1997); como *Críticamente Amenazada* por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN – *The World Conservation Union*); y en Peligro de Extinción por la Norma Oficial Mexicana (D.O.F.16/05/94). En 1996 la IUCN consideró que la vaquita, como especie *Críticamente Amenazada*, podría extinguirse a menos que los esfuerzos de recuperación se incrementen substancialmente.

BIOLOGÍA

La vaquita es probablemente el cetáceo marino más pequeño. Las hembras alcanzan una longitud de 150 cm y los machos de 145 cm (en promedio la hembras maduras miden 141.6 cm y los machos maduros 135.9, a partir de los especímenes reportados por Vidal, 1995). Físicamente es semejante a la marsopa común (*Phocoena phocoena*), pero los apéndices de la vaquita son mayores (Fig. 1) . Las aletas pectorales son proporcionalmente más largas y más cóncavas en su margen anterior; la aleta dorsal es más alta, menos triangular, con el margen anterior ligeramente convexo y más largo que el anterior recto o ligeramente cóncavo. La vaquita es robusta, lo que se aprecia en la proporciones de sus circunferencias transversales. De perfil la cabeza asemeja un cono truncado, con la parte posterior del melón inclinándose hacia abajo en dirección a las fosas nasales. Anteriormente, el melón se inclina abruptamente hacia la punta del rostro. El patrón de pigmentación es gris oscuro dorsalmente, con campos laterales

La vaquita es probablemente el cetáceo marino más pequeño. Físicamente es semejante a la marsopa común, pero los apéndices de la vaquita son mayores

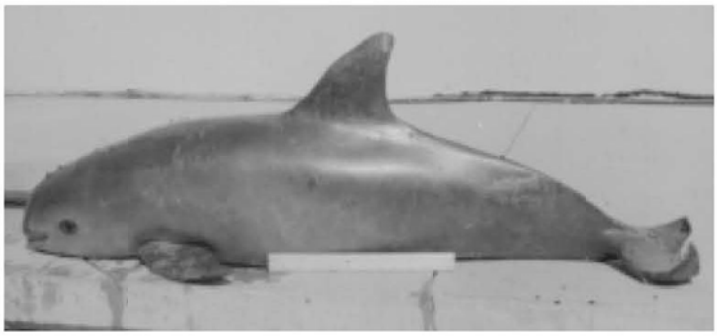


Fig. 1. Fotografía de un ejemplar de vaquita. Un macho inmaduro de 105 cm de longitud total (el objeto de referencia tiene una longitud de 30 cm). Se puede notar la mancha negra alrededor del ojo izquierdo y la coloración obscura que bordea a los labios. También se puede apreciar la magnitud de la aleta dorsal.

gris claro y blanco ventralmente. Las características más conspicuas son los parches negros alrededor de los ojos y los labios (Brownell *et al.*, 1987).

La distribución de edades es bimodal con 62% de los individuos entre cero y dos años y el 31% entre 11 y 16 años de edad

El único trabajo publicado hasta la fecha que describe en detalle la historia de vida de la vaquita es el de Hohn *et al.* (1996). El aspecto probablemente más llamativo es la ausencia de individuos entre los 3 y 6 años de edad. Es decir, la distribución de edades es bimodal con 62% de los individuos entre 0 y 2 años y el 31% entre 11 y 16 años de edad. Unos cuantos ejemplares se encuentran entre los 7 y 10 años. El individuo más viejo fue una hembra de 21 años.

Todos los individuos menores de tres años fueron sexualmente inmaduros, mientras que todos aquellos mayores de seis fueron maduros. Los nacimientos se registraron entre finales de febrero y principios de abril (Vidal, 1995; Hohn *et al.*, 1996). La cantidad de especimenes examinados hasta la fecha es pequeña, pero todo parece indicar que la producción de crías es bianual.

A partir del análisis de contenidos estomacales se puede concluir que se trata de una especie no selectiva (Pérez-Cortés, 1996; Findley *et al.*, 1994).

▼ *Tendencias históricas*

Es prácticamente imposible determinar las tendencias históricas para una especie relativamente nueva como la vaquita. Esta marsopa fue conocida por la ciencia hasta 1958 cuando fue descrita por Norris y MacFarland (1958) y no fue hasta 27 años después que hubo suficientes muestras frescas para poder describir su morfología externa (Brownell *et al.*, 1987). Por lo tanto, en este inciso, se hace una revisión de la distribución y abundancia de la vaquita desde su descripción hasta la fecha.

La distribución de la vaquita es considerada por algunos autores como asunto no concluido, sujeto a discusión (Silber, 1990), mientras que otros consideran que no existen elementos para afirmar que su distribución esté restringida al Alto Golfo de California (Pérez Cortés, 1996), lo que podría indicar una población mucho mayor a la actual (Villa Ramirez, 1976). Sin embargo, no existen evidencias históricas sólidas que indiquen que esta marsopa haya estado presente al sur del Alto Golfo, a lo largo del litoral hasta las Islas Tres Marías (21° 40' N; 109° 52' O) y Bahía de Banderas (Norris y MacFarland, 1958). Scammon (1874) mencionó haber visto marsopas tan al sur como Río Pinguito, Jalisco (20° 30' N) y

Nelson (1899 *En:* Norris y MacFarland, 1958) alrededor de las Islas Tres Marías y en bahías, bocas de ríos y lagunas a lo largo del macizo continental, formando grupos de 10 a 40 individuos.

Norris y McFarland (1958) y Norris y Prescott (1961) dieron a conocer avistamientos propios, así como de otros investigadores, al sur del Alto Golfo: en Bahía de Topolobampo, Sinaloa (25º 35' N; 109º 04' O), en San Carlos y Bahía de Bocochibampo, Sonora; y en Bahía Concepción, Baja California Sur. Sin embargo, Norris y su colaboradores consideraron dudosos algunos de estos avistamientos. Villa-Ramírez (1976) también reporta registros propios y de pescadores cerca de Bahía de Los Angeles y las islas de la cintura.

Sin embargo, Brownell (1986) descartó todos estos registros por falta de descripciones detalladas, por contener información confusa o inconsistente con lo que se sabía hasta esa fecha de la vaquita y otras marsopas (por ejemplo tamaño de grupo) y por falta de evidencias físicas (animales varados, restos óseos o fotografías). Adicionalmente concluyó que, hasta donde las evidencias lo indican, todo parece señalar que el rango histórico y actual de la distribución de vaquita esta limitado al Alto Golfo de California. Esto convierte a la vaquita, probablemente, en el cetáceo marino con la distribución más restringida.

Vidal (1995) recopiló los registros confirmados de especímenes de vaquita hasta 1995 (que incluyeron registros osteológicos, especímenes que murieron atrapados en redes pesqueras y avistamientos de animales vivos). Además, recorrió ambas costas de la porción norteña del Golfo de California para obtener mayor información sobre la distribución de esta especie. No registró ni avistamientos ni ninguna otra evidencia física que señale la presencia de vaquita en estas aguas. También entrevistó a más de 30 pescadores, de los cuales sólo los del Alto Golfo estaban familiarizados con la vaquita. Silber (1990) sólo encontró un pescador que dijo haber visto vaquitas varias veces cerca de la Isla San José (25º 00' N; 110º 40' O). Este autor también reportó un par de avistamientos, por un investigador experimentado en mamíferos marinos, cerca de la Isla Cerralvo (24º 10' N; 109º 55' O). Aunque estos reportes no han sido confirmados, aún si fueran ciertos, su distribución podría ser el resultado de individuos aislados con una dispersión excepcional y no de una extensión del rango de distribución de la vaquita. Las evidencias obtenidas de toda esta información apoyan lo sugerido por Brownell (1986) en el sentido de que la vaquita se restringe a la parte alta del Golfo de California.

La conclusión de Brownell (1986) también fue apoyada por los resultados de dos cruceros de investigacion publicados recientemente. Gerrodette *et al.* (1995), basados en avistamientos obtenidos durante censos poblacionales sistemáticos, reportaron que la distribución de la vaquita se encuentra concentrada en un área pequeña alrededor de las Rocas Consag. Durante un crucero diseñado específicamente para estimar la abundancia poblacional de la vaquita, llevado a cabo en 1997 y que cubrió un área mucho mayor que la cubierta por Gerrodette *et al.* (1995), únicamente se avistaron vaquitas en la región occidental del Alto Golfo (Jaramillo-Legorreta *et al.*, 1999).

Rojas-Bracho (1998) y Rojas-Brachoy Taylor (1999), utilizando modelos basados en el cambio de variablidad genética en el tiempo e información sobre el desarrollo de la pesca en el Golfo de California, concluyeron que la vaquita ha sido una especie históricamente poco abundante y muy probablemente con una distribución restringida (ver el siguiente apartado sobre Abundancia).

La vaquita es extremadamente difícil de observar, debido a las características de su hábitat (la turbidez del agua), la fracción de tiempo que pasa en la superficie, la conducta esquiva y su forma azarosa de emerger (Silber y Norris, 1991; Barlow *et al.*, 1993). A pesar de estas dificultades, varios investigadores consideraban que estaba claro que se trataba de una población poco abundante. Su densidad se estimó entre 1.8 y 7.8 individuos en 1,000 Km lineales (Silber, 1990; Silber y Norris, 1991; Barlow *et al.*, 1993). Estas estimaciones, aunque diferentes, se consideran bajas si se comparan con las estimadas para la marsopa común en aguas de California central, E.U.A., que es de 47 individuos por cada 1,000 Km (Barlow, 1988). Barlow *et al.* (1997) estimaron el tamaño de la población de vaquita en 224 individuos para 1993 (C.V. = 0.39), cubriendo un área limitada alrededor de las Rocas Consag.

En un crucero que cubrió toda el área potencial de distribución de la vaquita, se estimó el tamaño poblacional en 567 individuos, con un intervalo de confianza del 95%

Del modelo de variabilidad genética del genoma mitocondrial de la vaquita, se plantean dos escenarios factibles: (1) la población de la vaquita siempre ha sido pequeña o rara, con un tamaño efectivo menor a 1,000 ó (2) es una población originada por un pequeño número de individuos (efecto fundador)

En el verano de 1997, se llevó a cabo un crucero conjunto entre México y los E.U.A., diseñado para estimar la abundancia de la vaquita, que cubrió toda el área potencial de distribución de esta especie. Se estimó el tamaño poblacional en 567 individuos, con un intervalo de confianza al 95% entre 177 y 1,073 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999; ver inciso sobre Manejo).

Taylor y Rojas-Bracho (1999) y Rojas-Bracho y Taylor (1999) modelaron la variabilidad genética del genoma mitocondrial de la vaquita, reportada por Rosel y Rojas-Bracho (1999). Una implicación importante del modelo utilizado por estos autores es que la fijación del único haplotipo encontrado, es compatible con la hipótesis de que la vaquita es una especie naturalmente rara. Es decir, una especie de tamaño poblacional relativamente pequeño desde sus orígenes. De acuerdo con estos trabajos existen dos escenarios factibles: (1) la poblacion de la vaquita siempre ha sido pequeña o rara, con un tamaño efectivo menor a 1,000 ó (2) es una población originada por un pequeño número de individuos (efecto fundador). Bajo estos escenarios la fijación genética observada no es compatible con una población relativamente grande. Sin embargo, debido a la ausencia de información histórica apropiada, no es posible determinar cuál fue el tamaño original de la población.

▼*Pesca incidental*

La vaquita es susceptible a enmallarse en redes agalleras, principalmente de luz de malla grande (15 - 30.5 cm), como las que se han utilizado para la captura de la totoaba

Aparentemente la vaquita es susceptible a enmallarse en redes agalleras durante las actividades pesqueras. Este fenómeno no es exclusivo de la vaquita, sino que es común entre varias especies de mamíferos marinos, en particular marsopas y delfines (Perrin *et al.*, 1994; Jefferson y Curry, 1994). Es probable que las capturas incidentales más grandes se hayan dado en redes de luz de malla grande (15 - 30.5 cm). Este tipo de redes se han utilizado para la captura de la totoaba, *Totoaba macdonaldi* (Villa-Ramirez, 1976; Brownell, 1983; Vidal, 1995). Sin embargo, no hay datos suficientes para estimar los niveles de mortalidad histórica durante las operaciones pesqueras (Barlow, 1986). Brownell (1982) menciona la captura de 10 vaquitas en un día, a principios de los años setenta, y sugirió que la mortalidad incidental anual podría variar entre decenas y centenas de animales.

Vidal (1995) documentó, desde el principio de los años setenta, la muerte incidental de 166 vaquitas en redes agalleras. De estos registros, 128 cuentan con mucho detalle. Esta cantidad de registros se debe considerar mínima, pues no todas las vaquitas enmalladas son registradas y el esfuerzo de monitoreo específico para cuantificar la mortalidad incidental no ha sido continuo. De los 128 registros en detalle 65% corresponden a la pesquería (ilegal o experimental) de la totoaba, 28% a la pesquería de tiburones y rayas y 7% a las pesquerías de sierra y de arrastre para camarones. Si la mortalidad incidental de la vaquita en la pesquería de la totoaba ha sido similar en el pasado, el análisis de la mortalidad incidental histórica en redes agalleras para totoaba sólo podrá explicar una fracción de la mortalidad incidental total a la cual se ha visto sujeta la población de vaquita en el pasado. La explotación de la totoaba se inició a principio de los años veinte con arpón, línea y anzuelos y posteriormente con redes agalleras e, inclusive, explosivos. A principio de los años cuarenta se inició el uso de redes modernas de nylon de monofilamento (Flanagan y Hendrickson, 1976; Barlow, 1986; Ruiz-Dura, 1985; Oscar Pedrín INP, com. pers.). Las capturas más grandes de totoaba se dieron antes de 1956, con un pico en 1942 (2,261 t; Flanagan y Hendrickson, 1976). San Felipe, B.C., fue el puerto más importante para la pesca de totoaba, con el 40 - 50% de la producción. Le siguieron en importancia El Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco en el estado de Sonora (áreas con una aparente baja densidad de vaquitas). Después de 1967 la pesquería de totaba decayó drásticamente y para 1975, cuando las capturas descendieron hasta 59 t, el gobierno de México la declaró en veda (Ramírez, 1967 en Avalos de Haro y Mathews, 1973; Flanagan y Hendrickson, 1976; Magatan *et al.*, 1984;

Ruiz-Duré, 1985). A pesar de esto, las capturas ilegales de totoaba continuaron cuando menos hasta 1994 (Vidal, 1995; D'Agrosa *et al.*, 1995),

Actualmente, la totoaba sigue siendo pescada ilegalmente, lo que no sólo representa un peligro para la vaquita, sino para la misma totoaba. Además, como se indicó anteriormente, la vaquita también muere incidentalmente en otras pesquerías que utilizan redes, como las dirigidas a capturar tiburón, sierra, curvina, chano y camarón (Brownell, 1982; Robles *et al.*, 1987; Vidal, 1995; Barlow, 1986; D´Agrosa, 1995; D'Agrosa *et al.*, 1995).

La mortalidad incidental puede ser importante especialmente para las crías, ya que todas las vaquitas recuperadas de redes entre 1985 y 1992 probablemente fueron crías o juveniles

Aunque no existen estimaciones de mortalidad en redes de arrastre (Norris y Prescott, 1961; Brownell, 1982; Robes *et al.*, 1987; Vidal, 1995), esta mortalidad puede ser importante especialmente para las crías, ya que todas las vaquitas recuperadas de redes de arrastre, entre 1985 y 1992, probablemente fueron crías o juveniles (Vidal, 1995; Vidal *et al.*, 1999).

Rojas-Bracho y Taylor (1999) llevaron a cabo un análisis de factores de riesgo para la supervivencia de la vaquita. Entre ellos revisaron y analizaron la información disponible sobre mortalidad incidental de esta especie. Datos indirectos, sobre mortalidad de vaquita en redes agalleras, están disponibles a partir de una pesquería experimental de totoaba (Fleischer, 1994). De 1983 a 1993 se hicieron 682 lances para pescar totoaba, en los cuales se registraron cuatro vaquitas muertas, lo que dio una estimación de tasa de mortalidad de 0.0058 vaquitas/lance. Sin embargo, Fleischer (1994) consideró este número como muy bajo y concluyó que la pesca incidental no debía presentar un riesgo importante para la vaquita. Una omisión importante fue el no haber calculado, con la tasa estimada, el número absoluto de vaquitas potencialmente capturadas por la pesquería comercial por año, extrapolando al número total de equipos operando en la región y al número de veces que es lanzada una red por año.

En vista de lo anterior, e integrando el esfuerzo pesquero, se utilizaron los mismos datos de Fleischer (1994) para calcular que la tasa de mortalidad de 0.0058 vaquitas por lance representa 58 vaquitas muertas/año si se supone que:

1. hubo una captura promedio de 910,000 Kg de totoaba por año entre 1935 y 1965, de acuerdo a las capturas históricas reportadas por Fleischer (1994);

2. aunque poco probable, la captura se mantuvo constante y cada lance rinde en promedio 89.5 Kg de totoaba. Esto permite estimar que hubieron aproximadamente 10,000 lances/año, suposición que concuerda con la estimación del esfuerzo pesquero de D'Agrosa (1995). Entonces, a pesar de que capturar vaquitas incidentalmente en redes agalleras es un evento relativamente raro, la mortalidad absoluta dada por el total de redes en operación se vuelve significativa (58 vaquitas/año) y cae dentro del intervalo de mortalidad incidental estimado por D'Agrosa (1995) para esta especie.

En un reporte sobre avances en la investigación de cetáceos de México (IWC, 1996) Fleischer hace referencia a un segundo estudio, aunque como en el caso anterior sin especificar el diseño del muestreo, en el cual se examinaron 632 lances en 1993 y no se capturaron vaquitas. Hay que hacer notar que en el estudio de 10 años (Fleischer, 1994) se reportaron cuatro vaquitas capturadas, sin ninguna estimación de precisión. Dado que la captura incidental de vaquita es un evento raro, es lo más recomendable que las estimaciones de mortalidad sean acompañadas de mediciones de precisión, de preferencia intervalos de confianza. La probabilidad de no observar capturas incidentales en los 632 lances del segundo estudio, dada la tasa de mortalidad del primer estudio de 0.0058 vaquitas/lance, es de 0.025 (suponiendo distribución binomial y que en cada lance exitoso se capturó sólo una vaquita), es decir una probabilidad baja y por tanto un evento no esperado. No está claro el por qué de este resultado, pero podría deberse a una estimación sesgada de la tasa de mortalidad durante el primer estudio debido a un bajo número de muestra. No se conocen los sitios en los que se efectuaron los lances experimentales, pero tal vez el segundo estudio haya sido efectuado en un área de poca densidad de vaquitas. En todo caso estos estudios dejan

entrever que el fenómeno de la mortalidad incidental de vaquita es aún poco conocido.

Un mayor tiempo fue aplicado en un estudio específicamente diseñado para estimar la mortalidad de vaquita (D'Agrosa, 1995; D'Agrosa *et al.*, 2000). Para este estudio se hicieron observaciones abordo de embarcaciones pesqueras (pangas) y se efectuaron entrevistas a pescadores en los sitios de arribo. El estudio se concentró en El Golfo de Santa Clara, Son., de enero de 1993 a abril de 1994. Como medida del esfuerzo pesquero se utilizó el número de viajes de pesca por día. Los datos fueron analizados dentro del marco de los modelos lineales generalizados. Once vaquitas murieron en 1,113 viajes pesqueros. Las vaquitas se enmallaron en redes agalleras con una luz de malla que varió de 7 a 15 cm. Los datos se separaron en dos categorías:

1. aquellos obtenidos únicamente por observadores a bordo de pangas
2. los combinados de entrevistas y de observadores

La estimación de mortalidad para la primera categoría fue de 84 vaquitas por año (I.C. 95%: 14 - 155). Para la segunda fue de 39 (I.C. 95%: 14 - 93). Una tasa de mortalidad incidental de entre 7 - 15% / año resulta si se utiliza la estimación más reciente del tamaño poblacional de 567 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999). Se conoce poco de la composición poblacional por sexos, edades y madurez de la vaquita, así como de las tasas de natalidad y otros parámetros de la dinámica poblacional, aunque se cuenta con un estudio basado en individuos capturados en redes, lo que debe estar introduciendo un sesgo (Honh *et al.*, 1996). En cálculos gruesos, los niveles de mortalidad calculados por D'Agrosa *et al.* (1995, 2000) deben estar, en el mejor de los casos, en cercano ecuilibrio con los eventos naturales que rigen el crecimiento de la población (natalidad y mortalidad). Esto quiere decir que cualquier aumento en el esfuerzo pesquero o cualquier evento que dañe el hábitat de la vaquita, podrá resultar en un decremento poblacional que lleve a la vaquita a niveles insostenibles y por tanto a la extinción.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

Existen ocho asentamientos humanos dentro de la Reserva de la Biósfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. De estos, El Golfo de Santa Clara y Puerto Peñasco en Sonora y San Felipe en Baja California son los más importantes en lo que a población y economía se refiere. De acuerdo al censo poblacional de 1990, se estima que viven cerca de 37,000 personas dentro de la Reserva. Aproximadamente el 21% (7,749) de la población total se encuentra empleada. El sector primario está constituido por el 77% (5,967) y a su vez, el 75% de este sector (4,475), recibe sus ingresos de la pesca. Se estima que en San Felipe, B.C., Puerto Peñasco y El Golfo de Santa Clara, Son., el número de pangas pesqueras (embarcación fabricada en fibra de vidrio de aproximadamente 8 m de eslora) es de alrededor de 700 y el número de barcos camaroneros de 100.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Han sido tomadas varias medidas dirigidas indirecta o directamente para la protección del ambiente y de la vaquita, por el Gobierno de México desde 1955. Dentro de las primeras se encuentran varios decretos que, aunque no erigidos con la vaquita en mente, desde mediados de este siglo protegen parte de su hábitat (para una revisión de estos ver: Programa de manejo 1. Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. SEMARNAP, 1995). Al considerar que el principal factor de riesgo para la vaquita son las redes agalleras, otras regulaciones relevantes para su conservación son: la veda total a la pesca de totaba en 1975 (ver la seccion sobre "Mortalidad incidental") y la prohibición de redes agalleras con luz de malla mayor a 10 pulgadas (1992). También cabe mencionar la protección que se da

a todas las especies de mamíferos marinos (1991). De hecho, el articulo 420, fracción I del Código Penal, sanciona penalmente a quien de manera dolosa capture, dañe o prive de la vida a cualquier mamífero marino. El mismo artículo especifica sanciones a quien recolecte o comercialice con estas especies, o sus productos o subproductos.

De manera importante cabe resaltar la creación de la Reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado en junio de 1993 (D.O.F., 1993; Fig. 2). Esta Reserva comprende áreas marinas y terrestres que se extienden más de 930,000 Ha. La zona núcleo cubre aproximadamente 168,000 Ha. A pesar de ser un logro importante, el caso particular de la vaquita presenta un problema serio que se debe resolver: 40% de la población de esta especie se distribuye al sur del límite sur de la Reserva (ver inciso Perspectivas).

Recientemente, el Gobierno de México creó el Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA). Este Comité está integrado por investigadores de México, Estados Unidos, Canadá y el Reino Unido. El mandato de este comité es la creación de un Plan de Recuperación para la vaquita basado en la mejor evidencia científica posible. El plan debe considerar los aspectos socioeconómicos de cualquier regulación que afecte a los usuarios de los recursos de la región.

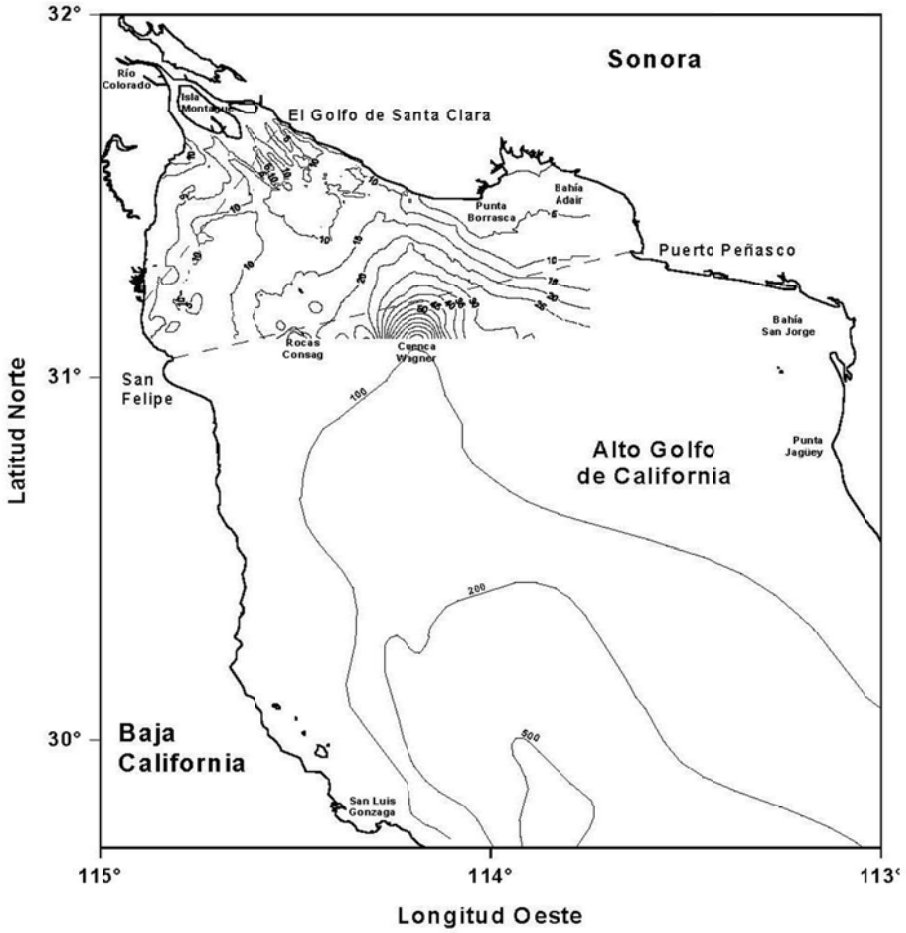


Fig. 2. Alto Golfo de California. La batimetría entre 0 y 80 m proviene del Instituto Nacional de la Pesca. El contorno costero y las isóbatas entre 100 y 500 m fueron extraídas de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans Digital Atlas. British Oceanographic Data Centre. 1994). Las líneas discontinuas representan los límites acuáticos de la reserva de la Biósfera. La línea más al sur delimita la zona de amortiguamiento. La línea más al norte delimita la zona núcleo, que incluye al Delta de Río Colorado.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

La problemática de la vaquita planteaba, como punto de partida, la necesidad de obtener una estimación lo más precisa y exacta posible de la abundancia. Este atributo poblacional es, junto con otros datos disponibles, el punto de referencia que puede indicar si los niveles estimados de mortalidad incidental podrían ser soportados por la población. El análisis cuantitativo que se presenta a continuación es el recientemente publicado por Jaramillo-Legorreta *et al.* (1999).

▼ *Información disponible*

Durante agosto y septiembre de 1997 se efectuaron cruceros en la parte norte del Golfo de California, en colaboración entre el Instituto Nacional de Pesca (INP, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca) y el Southwest Fisheries Science Center (NOAA, National Oceanic and Aquatic Administration, Department of Commerce). Se utilizaron tres embarcaciones, siendo la primaria el buque oceanográfico *David Starr Jordan* (DSJ) de la NOAA (52 m de eslora). Otro fue el buque de investigación BIP XI del INP (21 metros de eslora). La última embarcación fue una panga de fibra de vidrio, de 9 m de eslora, adaptada con una plataforma de aluminio de 3 m de altura (Panga).

El área de estudio fue estratificada con base en los conocimientos previos que sobre distribución y abundancia se tenían de esta especie (Brownell, 1986; Vidal, 1995; Gerrodette *et al.*, 1995; Barlow *et al.*, 1997; Fig. 3).

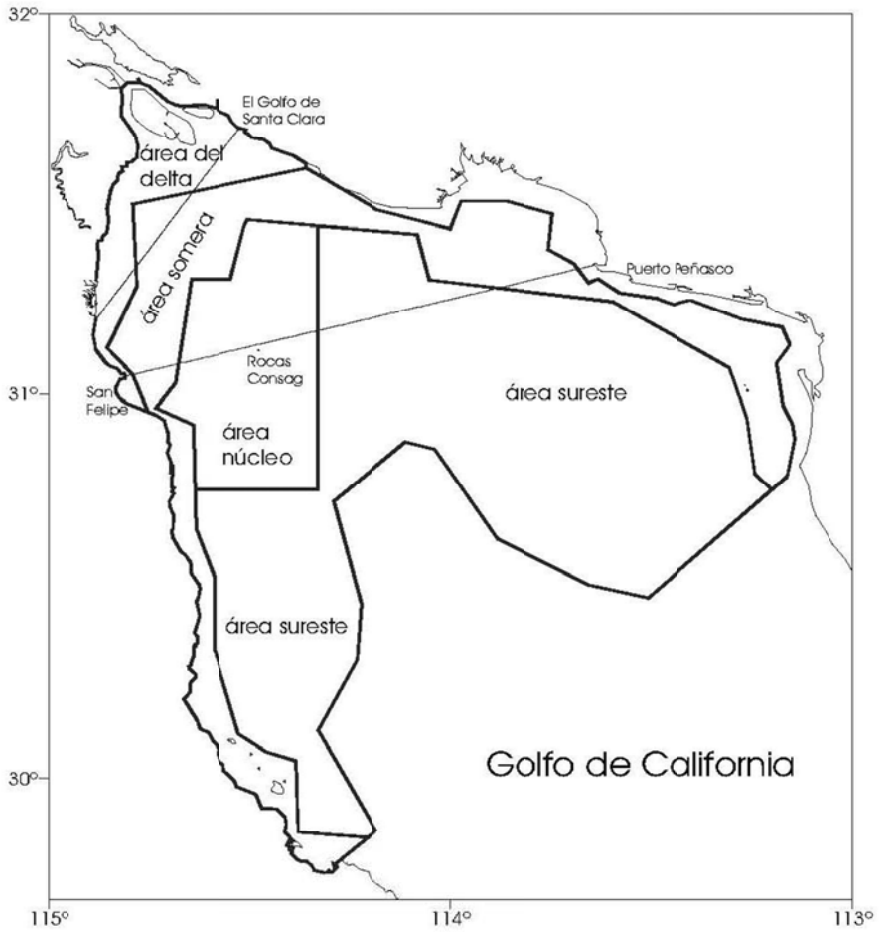


Fig. 3. Estratificación del área de estudio para la estimación de abundancia.

El muestreo se realizó siguiendo la metodología general de transecto lineal para la estimación de abundancia (*Distance Sampling*: Buckland *et al.*, 1993). Abordo del DSJ se contó con dos plataformas para el trabajo de dos grupos de observadores independientes, con el fin de estimar el componente probabilístico g(0) del modelo de estimación (Buckland *et al.*, 1993). En la plataforma superior (*puente volante*) se instalaron tres binoculares 25x150 para el trabajo continuo de tres observadores. En la inferior (*puente*) tres o cuatro observadores usaron binoculares 10x50. Todos los binoculares contaron con retículas, las cuales se utilizaron para estimar la distancia entre el individuo o grupo detectado y el barco, que se convirtierón a distancia curvilínea. En el BIP y en la panga se utilizaron binoculares 10x50, también reticulados.

El DSJ cubrió el Área Nucleo y el Área Sureste (con las mayores profundidades). El BIP cubrió el Área Somera (en la cual no podría navegar el DSJ) y la panga cubrió el Área del Delta. Con este diseño, se aseguró un muestreo completo de las áreas potenciales de distribución de la población. El BIP también realizó algunos transectos en el Área Núcleo, con el fin de calcular parámetros probabilísticos para esta embarcación, con base en los calculados para el DSJ.

El DSJ efectuó 1,609 Km de esfuerzo. Se detectaron 110 grupos de vaquitas en el Área Núcleo y ninguno en el Sureste. Desde el *puente volante* se detectaron 101 grupos y 19 desde el *puente*. Los transectos seguidos y la posición de los avistamientos se muestran en la *figura 4*. Los transectos se navegaron bajo condiciones de Beaufort de cero a seis. Debido a la escasez de datos desde la plataforma del *puente* las estimaciones se basaron sólo en los datos del *puente volante*. Los avistamientos desde la pimera plataforma, fueron utilizados sólo para la estimación de g(0).

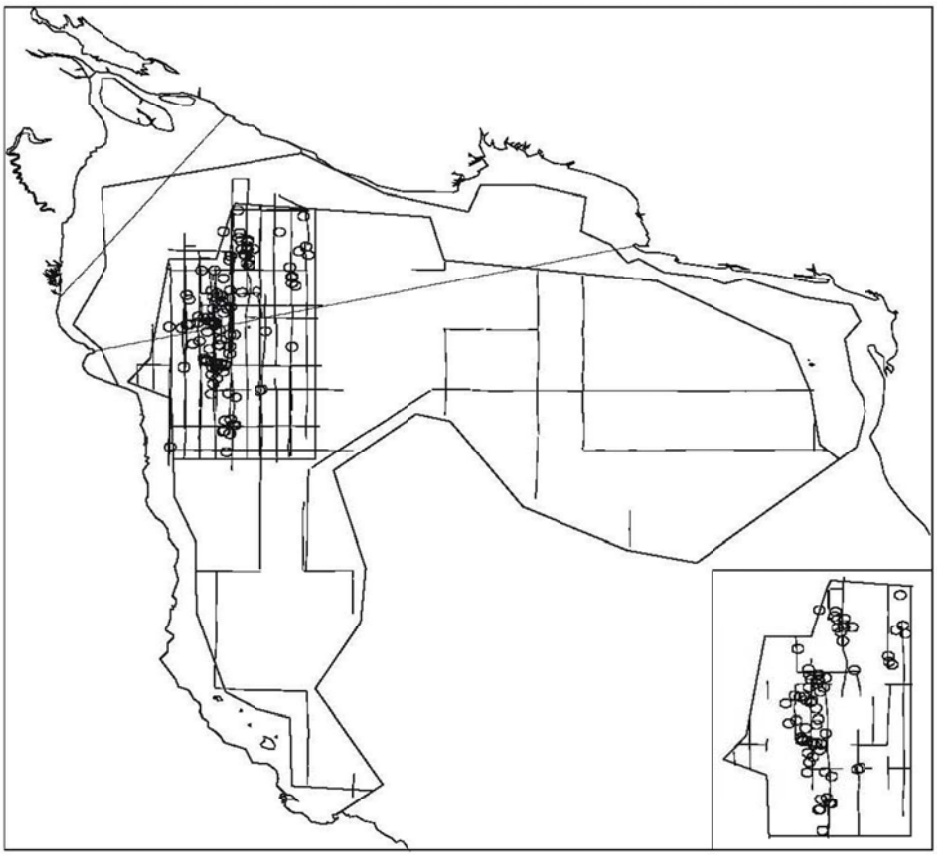


Fig. 4. Transectos y avistamientos efectuados por el DSJ. En el recuadro se presentan los avistamientos y transectos usados en el análisis.

El BIP navegó 1,065 Km en el Área Somera y 579 Km en el Área Núcleo. Se detectaron 12 grupos de vaquitas, 6 en el Área Núcleo y 6 en el Área Somera (Fig. 5). El BIP operó bajo condiciones de Beaufort de cero a cinco.

La Panga efectuó una parte del esfuerzo en aguas al norte de San Felipe y en los canales del Delta del Río Colorado entre las islas Montague y Pelícano (Fig. 5). Navegó 111 Km y ningún grupo fue detectado.

▼ *Modelo*

Para estimar el tamaño de la población de vaquita se utilizó el método de Transecto Lineal. El modelo se basa en el registro de distancias perpendiculares, respecto a una línea o transecto seguido en un área particular, de los animales u objetos detectados.

- ***Planteamiento***

Se supone que cada objeto tiene una cierta probabilidad de ser detectado en función de su distancia perpendicular (Figura 6a). Teniendo un conjunto de varias distancias es posible ajustar una función de distribución que describa a las frecuencias de distancias perpendiculares (Fig. 6b). Suponiendo que todos

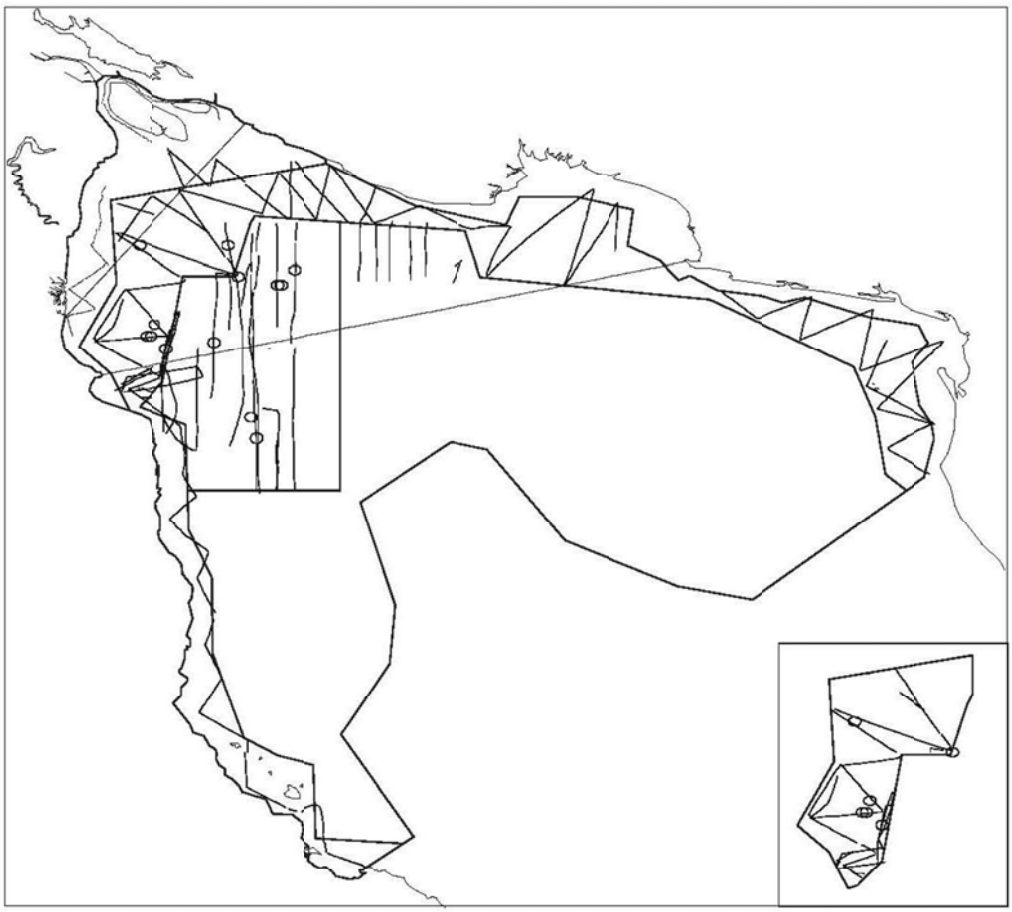


Fig. 5. Transectos y avistamientos efectuados por el BIP. En el recuadro se presentan los avistamientos y transectos usados en el análisis. Las líneas punteadas en el Área del Delta representan el esfuerzo efectuado abordo de la panga.

los objetos en la línea de curso del transecto tienen una probabilidad igual a uno de ser detectados, se podrá ajustar una función de distribución de probabilidad. Esta es llamada función de detección con la y se representa por "g(x)", donde x es la distancia perpendicular (Fig. 6b). Es por tanto, un supuesto fundamental del método, el que g(0), la probabilidad de detección en la línea de curso del transecto, sea igual a uno, o que por lo menos se conozca su valor para cualquiera de las distancias en el ancho de banda w (Fig. 6c). El ancho de banda puede estar dado por la distancia perpendicular más grande del muestreo, por una distancia que trunque los datos más lejanos *a posteriori*, o por una distancia elegida *a priori*, más allá de la cual no se incluirían los objetos detectados.

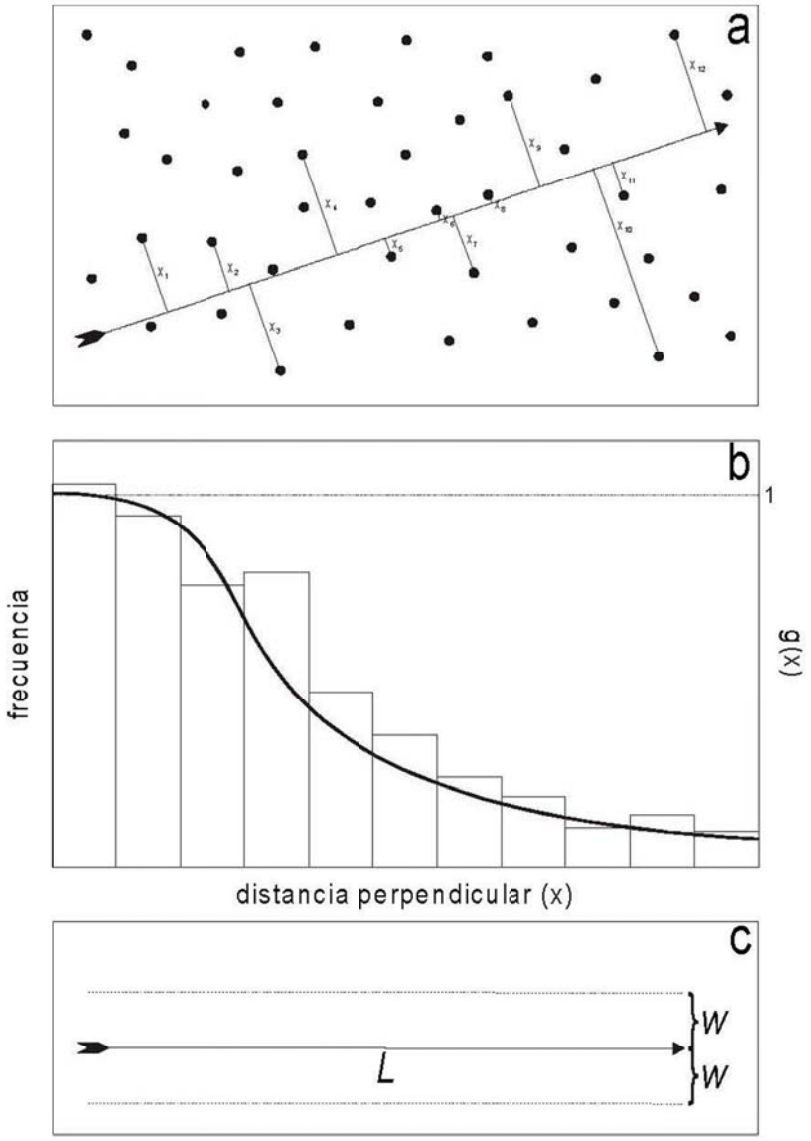


Fig. 6. Bases del método de transectos lineales. a) Se ubica al azar un transecto (flecha) . En el recorrido se mide la distancia perpendicular (x) al curso del transecto de los objetos detectados. En este caso se detectaron 12 objetos de los 44 presentes en el momento de recorrer el transecto. b) El conjunto de distancias perpendiculares de un muestreo se arreglan en histograma de frecuencias (barras). Parte fundamental del método es ajustar una función de probabilidad, g(x), que se ajuste adecuadamente a las distancias. c) El método estima la densidad en un área igual a 2L w, donde w es la mitad del ancho total de la banda muestreada.

El área bajo la curva de g(x), dividida entre w, representa la probabilidad de detectar objetos en todo el ancho de la banda (P), es decir, la integral de la función desde cero hasta el objeto más lejano o hasta la distancia w de truncado. La probabilidad de detección en todo el ancho de banda es utilizada en el modelo para estimar el número de objetos que no fueron detectados durante el muestreo. Teniendo un número n de objetos detectados, una distancia total ensayada L, y un ancho de banda w, se puede calcular la densidad en el área como:

$$D = \frac{n}{2\,L\,w} \qquad \text{.....(1)}$$

El número 2 como divisor representa el hecho de que se muestrea a ambos lados del punto de observación, es decir, se cubren dos bandas paralelas (Fig. 6c). Esta fórmula representa la densidad en el caso de que todos los objetos presentes hayan sido detectados. Al incluir en esta misma la probabilidad calculada previamente, la podremos corregir a la densidad real, la cual incorpora la estimación de los objetos presentes pero no detectados:

$$D = \frac{n}{2\,L\,w\,P} \qquad \text{.....(2)}$$

A partir de g(x) se puede obtener la función de densidad de probabilidad f(x) con sólo reescalar g(x) como:

$$f(x) = \frac{g(x)}{\int_0^w g(x)\,dx} \qquad \text{.....(3)}$$

Esta función, evaluada en cero, resulta ser el inverso de la integral de la función de detección bajo el supuesto de que g(0) = 1, de manera que el cálculo de densidad puede quedar como:

$$D = \frac{n\,f(0)}{2\,L} \qquad \text{.....(4)}$$

Ahora bien, cuando los objetos detectados son grupos, como en el caso de la vaquita, se debe incluir en el modelo una estimación del tamaño esperado de los grupos, E(s), de forma que se estime la densidad de individuos. La formula quedaría entonces como:

$$D = \frac{n\,f\,(0)\;E(s)}{2\,L}$$

Generalmente no se puede sostener el supuesto de que g(0) = 1, por tanto se debe estimar su valor e incluirlo en el modelo:

$$D = \frac{n\,f(0)\;E(s)}{2\,L\,g(0)} \qquad \text{.....(5)}$$

El procedimiento para obtener una estimación de los parámetros probabilísticos para el BIP, se basó en la estimación de densidad y tamaño de grupo hecha por el DSJ en el Área Núcleo, para el cual la densidad se calculó como:

$$D_{DSJ} = \frac{n_{DSJ}\ f(0)_{DSJ}\ E(s)_{DSJ}}{2\ L_{DSJ}\ g(0)_{DSJ}} \quad \text{.....(6)}$$

donde el subíndice DSJ indica que el parámetro fue estimado con datos del DSJ en el Área Núcleo. Ahora bien, si el BIP realizó transectos en el Área Núcleo es razonable suponer que al tiempo de efectuarlos la densidad y el tamaño de grupo eran cercanos a los estimados por el DSJ. Bajo este supuesto se obtuvo el "término de probabilidad" [f(0) / g(0)] despejando de la fórmula anterior y substituyendo la tasa de encuentro (n / L) por la obtenida por el BIP en el Área Núcleo:

$$\left(\frac{f(0)}{g(0)}\right)_{BIP} = \frac{L_{BIP}\,2D_{DSJ}}{n_{BIP}E(s)_{DSJ}} \quad \text{.....(7)}$$

Suponiendo que el proceso de detección a bordo del BIP opera de manera similar en el Área Núcleo y en el Área Somera, es posible utilizar el término de probabilidad para estimar la abundancia en la última, que es la zona dedicada al BIP:

$$D_{AS} = \frac{n_{AS}E(s)_{AS}}{2\ L_{AS}} \cdot \left(\frac{f(0)}{g(0)}\right)_{BIP} \quad \text{.....(8)}$$

donde el subíndice *AS* indica que el parámetro fue estimado para el Área Somera.

- ***Supuestos***

Para que el modelo brinde estimaciones insesgadas se requiere de cumplir con tres supuestos:

1) La probabilidad de detectar objetos en la línea de curso del transecto o en las inmediaciones es uno, es decir g(0) = 1. Dado que no se pudo cumplir con este supuesto, la alternativa fue calcular su valor. Este no puede ser estimado a partir de los datos de distancia, debe ser obtenido de experimentos independientes.

En el DSJ se operó bajo el esquema de "plataformas independientes en paralelo". Buckland *et al.* (1993) proponen este método, el cual se basa en las funciones de detección ajustadas para dos plataformas operando concomitantemente y en paralelo a una distancia "d" una de otra. En el caso del DSJ d = 0, es decir, las plataformas se encontraban en el mismo barco (*puente volante* y *puente*). Sin embargo, dado que desde el *puente* se obtuvieron muy pocos avistamientos, no fue posible ajustar una función de detección.

De la revisión de los histogramas de frecuencia de distancias perpendiculares para el *puente volante* y *puente* se deduce que las probabilidades de detección para ambas plataformas en los primeros 500 m de cada banda son similares y mas o menos constantes. Dada esta situación se pueden obviar las funciones de detección y calcular g(0) con base en un enfoque tipo marcado-recaptura. Si n_1 grupos son detectados desde el *puente volante*, n_2 desde el *puente* y $n_{1,2}$ desde ambas plataformas (detecciones empatadas), entonces:

$$\hat{g}_1(0) = \frac{n_{1,2}}{n_2} \quad \text{y} \quad \hat{g}_2(0) = \frac{n_{1,2}}{n_1} \qquad \text{.....(9)}$$

2) Los objetos son detectados en su posición original, es decir, antes de que se muevan en reacción a la presencia del observador (individuo, vehículo, embarcación, etc.).

Como parte del procedimiento normal de búsqueda de grupos de vaquita, los observadores trataban de avistar un mismo grupo en más de una ocasión, con el fin de confirmar la identificación, posición y tamaño de grupo. Varios de los grupos detectados fueron "reavistados" una o más ocasiones. En cada ocasión se pudo determinar la posición del grupo y, por supuesto, del barco.

Para evaluar el efecto de la presencia del barco (DSJ) en el patrón de desplazamiento de los grupos de vaquita, se analizaron los cambios en distancia radial, es decir, la distancia en línea recta entre el barco y el grupo detectado (Fig. 7).

Tomando en cuenta la conducta evasiva de la vaquita es de esperar que a las distancias radiales más pequeñas los valores de la diferencia tiendan a ser positivos. A las distancias mayores se espera que el movimiento sea independiente, con un valor promedio negativo para la diferencia, ya que el DSJ se desplazó a una velocidad superior a la de vaquita, de entre 3.5 a 7.5 Km/h (estimación basada en el seguimiento de dos grupos de vaquitas, sin contar con una medición precisa de la velocidad de la embarcación por Silber *et al.*, 1988).

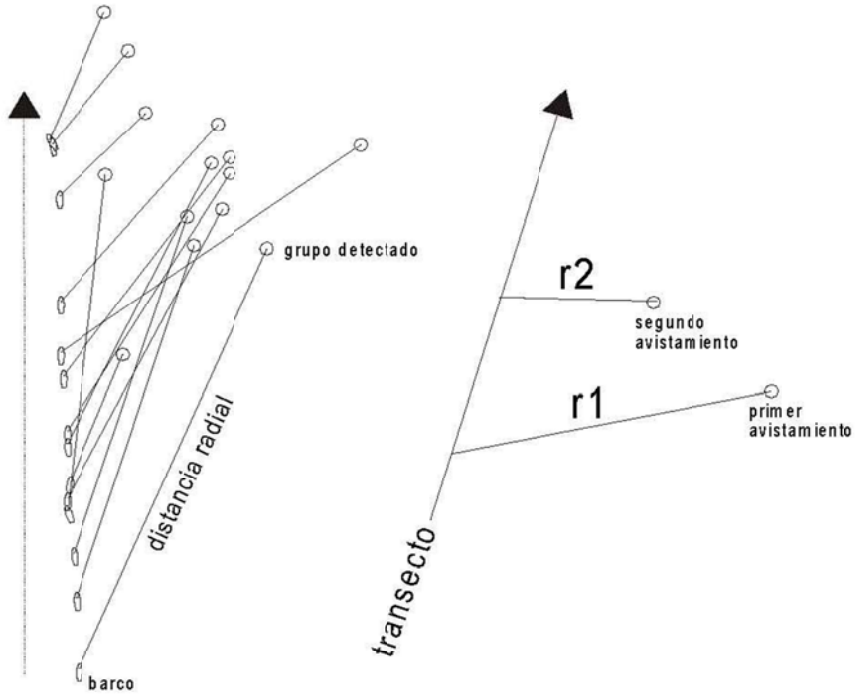


Fig. 7. Forma en que las distancias radiales son usadas para evaluar el segundo supuesto.

Para hallar la distancia a la cual los grupos empiezan a reaccionar, se ajustó un modelo de regresión a los datos de movimientos. Como variable independiente se utilizó a la distancia radial inicial (r1) y como dependiente a la diferencia en distancias radiales (r2 – r1). Se infirió que el valor para r1, cuando r2 – r1 = 0 bajo el modelo ajustado [(r2-r1) = a+(b*r1)], es la "distancia radial mínima" antes de que el grupo se vea afectado por la presencia del barco.

El valor estimado para distancia radial mínima resulto ser de 913 m. De tal forma, sólo los avistamientos efectuados a distancias radiales menores fueron incluidos en el análisis, incluso para el caso de la estimación de g(0).

3) Las mediciones de distancia se efectúan sin error.

Como se explicó en el planteamiento, las distancias perpendiculares se calcularon a partir de las distancias radiales medidas con los biroculares reticulados y con los ángulos medidos en las gradillas de los binoculares 25x150 o con gradillas manuales en el caso de los binoculares 10x50, que toma en cuenta la curvatura terrestre. Si se aplicara una conversión trigonométrica simple se obtendrían distancias más pequeñas, con la magnitud del sesgo proporcional a la distancia real. Esto provoca un sesgo positivo de f(0) y por tanto una sobre-estimación de la abundancia.

Los tres supuestos más importantes fueron así superados. Por otro lado, se compararon las tasas de encuentro (n/L) entre diferentes estados del mar, con el fin de asegurar una homogeneidad en el muestreo. Un análisis de χ^2 indicó que a valores de Beaufort altos, significativamente menos grupos son detectados. Por tal motivo, sólo los transectos recorridos bajo condiciones de Beaufort de 0-3 fueron incluidos en el análisis.

Por último, un procedimiento que se puede considerar como supuesto fue considerado. Este consiste en usar, para ajustar la función de detección, modelos con hombro. Esto quiere decir que la curva ajustada debe estimar valores para la función, aproximadamente constantes, en las distancias cercanas al transecto. Para hallar el mejor modelo que describiera a los datos disponibles, sólo se utilizaron los modelos con hombro incluidos en el programa *Distance* (Thomas, 1999), es decir, no se incluyó al modelo exponencial negativo.

• *Incertidumbre*

Las medidas de variabilidad e intervalos de confianza pueden ser construidos con fórmulas teóricas que supongan algún tipo de distribución o con métodos iterativos como *jackknife* y *bootstrap*. La ventaja de los iterativos radica en el hecho de que no es necesario someterse a los supuestos requeridos por los modelos paramétricos. Por otro lado, al ser iterativos, es posible en cada una de las réplicas muestrales que generan estos métodos, repetir todo el proceso que se siguió para la estimación puntual. Esto permite, en el caso de la estimación de abundancia, incluir en la varianza la incertidumbre generada por la elección de un modelo de ajuste para f(0). También se puede incluir la incertidumbre generada por el proceso elegido para estimar E(s).

Se corrió un proceso *bootstrap* con 2,000 réplicas para estimar la varianza y construir un intervalo de confianza para la abundancia total de vaquita. En cada réplica *bootstrap* se construyó una muestra de cada uno de los juegos de datos usados en la estimación puntual (DSJ y BIP). Para el DSJ se calculó g(0), f(0), n/L, E(s), D y N, los cuales constituyen la estimación de abundancia en el Área Núcleo. Para el BIP se calculó n/L y f(0)/g(0) en el Área Núcleo. Posteriormente f(0)/g(0) fue utilizado en el Área Somera, junto con n/L y E(s), para estimar D y N en el Área Somera. Por último se ponderaron la densidad y abundancia totales para obtener la densidad total y la abundancia total.

El intervalo de confianza se construyó con los percentiles de las 2,000 réplicas para cada parámetro estimado. Los datos se ordenan de menor a mayor y los límites inferior y superior del intervalo al 95% de

confianza están representados por los percentiles 2.5 y 97.5%, respectivamente. Los intervalos fueron construidos para cada parámetro calculado.

En el caso en el que la media *bootstrap* y el valor original del parámetro discrepen, es necesario hacer alguna corrección al intervalo de confianza basado en percentiles. Se usó el método BCa (bias-corrected and accelerated) para hacer esta corrección (Efron y Tibshirani, 1993).

▼ *Estado actual de la vaquita marina*

Los cálculos de abundancia, explicados en el inciso anterior, estiman que en 1997 un total de 567 vaquitas habitaban el Norte del Golfo de California. El intervalo de confianza al 95% se halla entre 177 y 1073 vaquitas.

Se estima que la tasa de natalidad podría estar entre un 10 y un 15% de la población anual. Con el último estimado poblacional, los números absolutos de natalidad se hallarían entre 57 y 85 crías por año. También se estima que la tasa de mortalidad se halla entre 30 y 80 animales por año. Lo anterior indica que la tasa de crecimiento poblacional sea negativa

Sólo se cuenta con un trabajo acerca del ciclo de vida de la vaquita (Hohn *et al.*, 1996). Este se hizo a partir de especímenes colectados incidentalmente en redes agalleras, por lo que la muestra puede estar sesgada. Según este estudio, la estructura de edades y sexos incluye, aproximadamente, 30% de hembras maduras. Además, según el estudio histológico de las gónadas, una hembra madura produce una cría cada dos años. De tal forma, la tasa de natalidad podría estar entre un 10 y un 15% de la población anual. Con el último estimado poblacional, los números absolutos de natalidad se hallarían entre 57 y 85 crías por año.

No se conocen las tasas de mortalidad natural y, como se mencionó antes, se estima que la tasa de mortalidad se halla entre 30 y 80 animales por año sólo en El Golfo de Santa Clara. Todos estos datos indican que los más probable es que la tasa de crecimiento poblacional sea negativa, es decir, que si las tasas de captura incidental siguen operando al mismo ritmo la población está decreciendo. Evidencias con respecto a esta hipótesis han sido presentadas por Jaramillo Legorreta (1999).

Al utilizar el Índice de Remoción Biológica Potencial o PBR (*Potential Biological Removal*) propuesto por Wade (1998), para estimar el número máximo de vaquitas que pueden ser removidas de la población, para asegurar su conservación, encontramos que no es posible capturar mas de una (0.79) al año. El PBR se calcula como sigue:

$$PBR = N_{min} \cdot (0.5 \cdot R_{max}) \cdot F_R \quad \text{.....(10)}$$

donde:

N_{min} abundancia mínima, calculada como el 20^{avo} percentil de las medidas de variabilidad de la estimación de abundancia.
R_{max} Tasa máxima de incremento, que se establece en 0.04 para cetáceos.
F_R Factor de recuperación, que se calcula al nivel de stocks y que para especies amenazadas se establece en 0.1.

Alternativamente, se puede utilizar la derivación del PBR en la Declaración de Panamá que reconoce México (0.1% N_{min}; *IDCP agreement 1997*):
En este caso se recomienda calcular N_{min} como:

$$N_{min} = \frac{N}{e^{0.842\sqrt{\ln(1+0.58^2)}}} \quad \text{.....(11)}$$

El límite de mortalidad (LMP) calculado con la fórmula anterior, se estima en 0.72, lo concuerda con la estimación utilizando el PBR. Es decir, al utilizar cualquier límite de mortalidad, PBR o LMP, únicamente se pueden extraer de la población 1 vaquita/año.

En resumen, se puede concluir que la vaquita requiere de la aplicación urgente de una estrategia de recuperación y manejo, a fin de que no se lamente, en un mediano o corto plazo, la extinción de esta especie.

La estrategia de conservación, hasta no contar con más información, debe comprender la reducción o eliminación del esfuerzo pesquero que interacciona con la vaquita, tal como las redes agalleras y, hasta cierto grado, las redes de arrastre.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

▼ *Implicaciones en el manejo*

La implicación para el manejo del inciso anterior es muy importante. Se puede considerar como un primer paso que confirma la urgente necesidad de un plan de recuperación de esta especie endémica. La estimación previa del tamaño poblacional de vaquita (Barlow *et al.*, 1997) había sido considerada parcial o limitada por algunos investigadores, debido a que había cubierto un área restringida por un período de tiempo muy corto. Al menos un investigador señaló que si se cubría toda el área de distribución, el tamaño de la población podría incrementarse significativamente, probablemente hasta un orden de magnitud. Sin embargo, la estimación de 1997 muestra que este no es el caso. A pesar de que hubo varios aspectos que sesgaron la estimación final de 1993 (224), se trató de la primera estimación cuantitativa (transecto lineal) para esta especie. Las anteriores habían sido realizadas a partir de muestreos no diseñados para tal fin, lo que resultó mas bien en "adivinanzas académicas" que en verdaderas estimaciones.

La estimación derivada del crucero de 1997, como lo señaló el CIRVA, se debe considerar la más exacta de todas las estimaciones disponibles. Sin embargo, a pesar de que la diferencia entre las estimaciones derivadas de los cruceros de 1993 (Barlow *et al.*, 1997) y de 1997 (Jaramillo Legorreta *et al.*, 1999) es grande en términos relativos, la diferencia absoluta es pequeña. Ambas estimaciones indican un tamaño poblacional de sólo unos cientos de animales.

El punto anterior es muy importante, pues para cualquiera de las dos estimaciones de abundancia, los límites de mortalidad (PBR o LMP) son menores a una vaquita al año. La implicación más importante en el manejo es, desde luego, evitar la mortalidad de vaquitas en las redes agalleras.

En febrero de 1999 se llevó a cabo la segunda reunión del CIRVA. En esta reunión se evaluaron las medidas potenciales de mitigación de la mortalidad. Entre ellas se consideraron: alarmas acústicas, cierre temporal o espacial de áreas, distintas modalidades de áreas marinas protegidas, restricciones a artes de pesca y compra de artes de pesca y licencias. Después del análisis de estas medidas, se concluyó que la única manera de evitar la extinción de la vaquita es cambiar los métodos de pesca extensivos (redes) por selectivos (lineas). Para ello sería necesario retirar, en etapas, las redes agalleras del Alto Golfo.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

Actualmente el Proyecto Vaquita, perteneciente al Programa Nacional de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos del Instituto Nacional de la Pesca (SEMARNAP), tiene programas de colaboración con distintas instituciones tanto del extranjero como de México.

Junto con la Universidad de Oxford, la Fundación Internacional para el Bienestar de los Animales y la Universidad de Plymouth, todas en el Reino Unido, se están llevando a cabo los estudios sobre distribución, movimientos y uso de hábitat, utilizando técnicas acústicas.

Junto con el Centro de Ciencias Pesqueras del Suroeste de Estados Unidos de Norte América, se llevó a cabo la evaluación del tamaño poblacional y, actualmente, se está trabajando en la descripción del hábitat. En este proyecto también participan investigadores del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad Autónoma de Baja California.

REFERENCIAS

Barlow, J. 1988. Harbor porpoise, *Phocoena phocoena*, abundance estimation for California, Oregon and Washington: I. Ship surveys. Fish. Bull., *U.S.* 86(3):417-432.

Barlow, J., T. Gerrodette & G. Silber. 1997. First estimates of vaquita abundance. Mar. Mamm. Sci. 13:44-58.

Brownell Jr., R.L. 1986. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, in Mexican waters. Mar. Mamm. Sci. 2(4):299-305.

Buckland, S.T., D.R. Anderson, K.P. Burnham & J.L. Laake. 1993. Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. Chapman & Hall. London, U.K. 446 pp.

D'Agrosa, C., O. Vidal & W.C. Graham. 1995. Mortality of the vaquita (*Phocoena sinus*) in gillnet fisheries during 1993-94. *En*: Bjørge, A. & G.P. Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Report of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. PP: 282-291.

D'Agrosa, C., C.E. Lennert & O. Vidal. 2000. Preventing the extinction of a small population: vaquita (*Phocoena sinus*) fishery mortality and mitigation strategies. Conservation Biology 14(4): 1110-1119.

Diario Oficial de la Federación. 1993. Decreto Presidencial, México D.F., 10 de junio de 1993.

Efron, B. & R.J. Tibshirani. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman & Hall, New York.

Fleisher, L. 1996. Mortalidad incidental de la vaquita, *Phocoena sinus*. Historia y actualidad (abril de 1994). Ciencia Pesquera 13:78-82.

Gerrodette, T., L.A. Fleischer, H. Pérez-Cortés & B. Villa-Ramírez. 1995. Distribution of the vaquita, *Phocoena sinus*, based on sightings from systematic surveys. *En*: Bjørge, A. & G.P. Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. pp: 273-281

Hohn, A.A., A.J. Read, S. Fernández, O. Vidal & L.T. Findley. 1996. Life history of the vaquita, *Phocoena sinus* (Phccoenidae, Cetacea). Jour. of Zool. 239: 235-251.

Jaramillo Legorreta, A.M. 1999. Estimación de abundancia de la vaquita (*Phocoena sinus*): primer paso hacia su recuperación. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California. Ensenada, B.C., México.

Jaramillo Legorreta, A.M., L. Rojas Bracho & T. Gerrodette. 1999. A new abundance estimate for vaquitas: first step for recovery. Mar. Mamm. Sci.15(4):*¿paginas?*

Rojas-Bracho, L. & J. Urbán-Ramírez. 1994. Vaquita: Its environment, biology and problematic. *En:* Férman J.L., L. Gómez-Morín & D.W. Fischer. (ed). Coastal Management in México. The Baja California Experience. ASCE, NY. USA. pp: 48-72.

Rojas-Bracho, L. & B. Taylor. 1999. Risk factors affecting the Vaquita *Phocoena sinus*. Mar. Mamm. Sci. 15(4):*¿paginas?*

Rosel, P. & L. Rojas-Bracho. 1999. Mitochondrial DNA variation in the critically endangered vaquita, *Phocoena sinus*. Mar. Mamm. Sci. 15(4):*¿paginas?*

Silber, G. K., M. W. Newcomer, & G. J. Barros. 1988. Observations on the behavior and ventilation cycles of the vaquita, *Phocoena sinus*. Mar. Mamm. Sci. 4: 62-67.

Taylor, B. & L. Rojas-Bracho. 1999. Examining the risk of inbreeding depression in a naturally rare cetacean, the vaquita (*Phocoena sinus*) Mar. Mamm. Sci. 15(4):*¿paginas?*

Thomas, L. 1999. Distance 3.5 Bull. Ecol. Soc. Amer. 80:114-115.

Vidal, O. 1995. Population biology and incidental mortality of the vaquita *Phocoena sinus*. *En*: Bjørge, A. &G.P Donovan. (eds). Biology of the Phocoenids. Reports of the International Whaling Commission (Special Issue 16). Cambridge, U.K. pp: 247-272 .

Wade, P.R. 1998. Calculating limits to the allowable human-caused mortality of cetaceans and pinnipeds. Mar. Mamm. Sci. 14(1):1-37.

ballena gris
ballena gris
ballena gris
ecoturismo

ballenas
Baja
Baja
California
California

ballena gris

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA BALLENA GRIS

ESPECIES: Ballena gris (*Eschrictius robustus*).

- Habita exclusivamente en el Pacífico Norte. El stock mas importante es el oriental distribuido a lo largo de la costa de Norte América (desde las costas de Baja California Sur en México hasta Alaska, E.U.A.).
- Su población se vio drásticamente mermada en el Pacífico y fue erradicada del Atlántico Norte a principios del siglo XX a causa de la captura.
- Las hembras son mas grandes y robustas que los machos. Migra a lo largo de la costa de Norte América hacia el norte para alimentarse en el verano y hacia el sur para reproducirse durante el invierno.
- Se captura comercialmente por algunos países, sin embargo, en México durante el invierno se realiza la observación de esta especie como una actividad turística importante, la cual genera divisas para el país.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie en protección especial. Se estimó una abundancia de 26,635 individuos entre 1997-1998.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Se estimó tamaño poblacional por medio de Transectos lineales.

ESTADO DE LA PESQUERÍA

- No amenazada.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN

- Establecimiento de lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, su protección y la conservación de su hábitat (NOM-131-ECOL-1998). Elaboración de la NOM-059-ECOL-1994. Creación de la Reserva de la Biosfera El Viscaino que induye las lagunas de Ojo de Liebre y San Ignacio, B.C.S. (listados como patrimonio mundial cultural y natural de la humanidad del Programa MAB de la UNESCO) y los complejos lagunares de Guerrero Negro y Manuela B.C.S. para la protección de la especie. Adhesión de México a la Convención de Ginebra para la protección de ballenas en 1933.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Proteger y conservar a la especie y su hábitat.

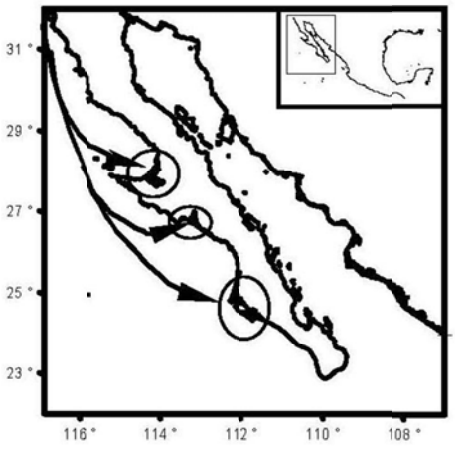
BALLENA GRIS

Eschrichtius robustus

EL RECURSO:

IMPORTANCIA

La ballena gris, *Eschrichtius robustus*, es la única especie de la familia Eschrichtidae. En la actualidad habita exclusivamente en el Pacífico norte y el stock más importante es el oriental, que se distribuye a lo largo de la costa de Norte América, desde el estado de Baja California Sur en México, hasta los mares que circundan Alaska (Wolman, 1985). Después de que su población se vió drásticamente mermada en al menos dos ocasiones (Ellis, 1985), el stock está recuperado y actualmente se considera fuera de peligro (Rugh *et al.*, 1999). En 1994 se excluyó de la lista de especies amenazadas y en peligro de los E. U. y en un taller para evaluar la medida a cinco años de distancia, se concluyó que el estado del stock continúa siendo no amenazado (Rugh *et al.*, 1999).



BIOLOGÍA

Aunque se trata de un misticeto, la ballena gris es diferente de las demás ballenas barbadas en varios aspectos (Rice y Wolman, 1971). No tiene relaciones taxonómicas cercanas con ninguna otra especie de las ballenas actuales (Evans, 1987).

No presenta aleta dorsal sino una serie de pequeñas protuberancias en número variable; la primera de ellas es la mayor y parece una joroba. Cuando se observa la parte posterior del dorso de una ballena gris se tiene la impresión de estar viendo un animal prehistórico a causa de la serie de protuberancias o gibas que le dan un aspecto aserrado al dorso de la ballena hacia la región caudal (Wolman, 1985).

La parte superior de la cabeza y la maxila son estrechas; también la boca es diferente, tanto en tamaño como en forma a las de otras ballenas. La parte superior del rostro es curvada.

La ballena gris se distribuye a lo largo de la costa de Norte América, desde Baja California, México, hasta Alaska, E. U.

De manera similar a lo que sucede con otros misticetos, las hembras son ligeramente más grandes y más robustas que los machos, aunque esta diferencia es difícil de apreciar en el mar por lo que una de las pocas maneras de distinguir a una hembra de un macho es por la compañía de una cría.

De entre los misticetos o ballenas barbadas (verdaderas), la ballena gris es la más nerítica. Habita la zona costera en aguas de menos de 200 m de profundi

dad. Estacionalmente migra a lo argo de la costa de Norte América hacia el norte, para alimentarse durante el verano y hacia el sur para reproducirse durante el invierno.

El stock occidental se distribuye a lo largo de la costa alimentándose en las aguas someras al norte del Mar de Okhostk; pasa el invierno en las aguas frente a las provincias Guangdong y Hainan Dao, China (Rice, 1998). Mientras tanto, el stock oriental habita en la costa de Norte América, alimentándose durante el verano en los mares de Beaufort, Chukchi y Bering; durante el invierno se le encuentra en las costas del Pacífico de la península de Baja California y el sudeste del Golfo de California (Rice, 1998).

La ballena gris se alimenta en la parte norte de su distribución, entre mayo y noviembre. La forma de alimentación de la ballena gris es única entre los misticetos o ballenas barbadas ya que filtra el bentos al "barrer" el fondo del mar con la boca abierta; la mayoría de las ballenas grises lo hacen con el lado derecho de la boca y consecuentemente presentan un mayor desgaste en las barbas de ese lado (Ellis, 1985). Consumen principalmente crustáceos (anfípodos) de la infauna (Rice y Wolman, 1971).

Cada año inicia su migración hacia el sur entre octubre y noviembre. Es posible encontrar ballenas grises migrando hacia el sur desde noviembre hasta febrero, con el mayor número de ballenas pasando frente a la costa central de California a principios de diciembre. El pico de abundancia durante la migración al norte se presenta a principios de febrero (Rice y Wolman, 1971).

A raíz de las investigaciones publicadas por Rice y Wolman (1971), se aceptó que en general, las ballenas grises no consumen alimento durante su estancia en los campos de crianza, en las costas de Baja California, al sur de su área de distribución. Sin embargo, algunas evidencias recientes, como la presencia ocasional de algunos ejemplares de esta especie durante el verano (Villa *et al.*, 1982; y observaciones no publicadas) indican que estas ballenas ocasionalmente se alimentan durante su estancia en aguas mexicanas, dependiendo de la disponibilidad de alimento.

▼ *Tendencias históricas*

A consecuencia de las capturas, esta especie fue erradicada del Atlántico Norte a principios del siglo XIX. En la actualidad se reconocen dos stocks en el Pacífico Norte: el occidental o Coreano y el oriental o Californiano. El Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (CBI) concluyó en 1993 que ambas unidades son stocks aislados (IWC, 1993).

Se asume que la distribución histórica del stock oriental ha sido similar a la actual. Así, Canadá, Estados Unidos , México y la Federación Rusa son los estados costeros que comparten su distribución.

▼ *Pesca incidental*

Aunque en otros sitios se han registrado eventos de mortalidad incidental de ballenas grises (Barlow *et al.*, 1994) así como de otras especies, en México no está documentado ningún caso. Sin embargo, la ballena gris está sujeta a otras interacciones con el hombre en buena medida por ser una especie muy costera.

La principal interacción que se presenta en la actualidad es la observación de ballenas con fines recreativos y educativos. Esta actividad, que se desarrolla en aguas de México desde hace más de 20 años, en la actualidad se encuentra regulada por una Norma Oficial Mexicana (NOM-131-ECOL-1998) que establece áreas de observación y lineamientos para el desarrollo de esta actividad que no implica ni consumo ni daño directo.

Está sujeta a otras interacciones con el hombre por ser una especie muy costera. La principal es su observación con fines recreativos y educativos y ésta actividad se encuentra regulada en la NOM-131-ECOL-1998

ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

▼ *Infraestructura*

Debido a su presencia estacional predecible, la ballena gris es aprovechada como recurso turístico cada invierno. Lo anterior ha propiciado el desarrollo de una flota de embarcaciones menores destinada a actividades de observación de ballenas. En la *tabla 1* se presenta la infraestructura actual disponible para la actividad de observación de ballena gris en Baja California Sur.

Tabla 1. Infraestructura disponible para la actividad de observación de ballena gris en B. C. S.

Localidad	Embarcaciones	Permisos
Bahía Magdalena López Mateos	48	25
Bahía Magdalena San Carlos	36	26
San Ignacio	24	6
Ojo de Liebre	15	6
Punta Eugenia	1	1
Total	124	64

Adicionalmente, en puerto A. López Mateos el gobierno federal, por conducto de Fonatur, construyó un muelle para el desarrollo más ordenado de la actividad, así como instalaciones sanitarias. Las obras fueron entregadas a la comunidad y para el mantenimiento se coordinan los prestadores del servicio autorizados.

▼ *Inversión*

La inversión que el gobierno federal ha realizado directamente es la construcción del muelle turístico y otras instalaciones de servicio en Puerto López Mateos, B.C.S. Además de los costos de investigación y administración que anualmente se realizan, incluyendo entre otros, censos de ballenas, emisión de "Carnets" y banderines para los prestadores de servicios, así como herramientas para controlar la capacidad de carga definida en la regulación vigente (NOM-131-ECOL-1998).

▼ *Indicadores económicos*

La presencia de la ballena gris en México durante el invierno propicia una actividad turística importante, principalmente en el Estado de Baja California Sur. La observación de ballenas constituye una importante actividad económica que genera grandes divisas en la entidad durante la temporada invernal. Directamente se benefician comunidades de Guerrero Negro, la laguna de San Ignacio y puerto A. López Mateos, así como puerto San Carlos en Bahía Magdalena. Además, hay servicios turísticos que se ofrecen desde La Paz a Cabo San

La presencia de la ballena gris en México durante el invierno propicia una actividad turística importante principalmente en Baja California Sur, lo cual constituye una importante derrama económica para la entidad

No existe información estadística oficial sobre la derrama que este uso directo no extractivo de la ballena gris genera y en algunas fuentes se presentan estimaciones que difieren grandemente.

Sánchez Pacheco (1997a) estimó para 1996 una derrama de $162,450 USD en laguna Ojo de Liebre y $51,000 USD en laguna San Ignacio. El mismo autor estimó que la actividad en primera laguna, generó $45,000 USD en 1995, $59,840 USD en 1996, y $94,575 USD en 1997; también estimó que en laguna San Ignacio, las empresas obtuvieron ingresos totales por $52,000 USD en 1996 y por $73,000 U.S. en 1997. Para Bahía Magdalena, estimó que los ingresos en puerto San Carlos deben haber sido mayores de $40,000 USD en 1996 y de $50,000 U.S. en 1997; en puerto A. López Mateos, la estimación mínima fue de $70,000 USD para 1996 y 1997 (Sánchez Pacheco, 1997b). De acuerdo con esas estimaciones el total anual mínimo fue de $221,840 USD para 1996 y de $287,575 USD para 1997. Con la misma fuente y otras complementarias, Ávila y Saad (1998) estimaron ingresos directos por observación de ballena gris de $125,000 USD en 1995, $321,590 USD en 1996 y $453,000 USD en 1997. Es importante hacer notar que las cifras presentadas, además de ser estimaciones, se refieren solamente al ingreso directo, mientras que la actividad genera indirectamente una cantidad superior de divisas. Hoyt (1994; 1995) presenta cifras que contrastan con las anteriores pues estima que por las actividades de observación de ballenas en México ingresaron $3´000,000 USD de manera directa y $3´200,000 USD indirectamente en 1991; $6´000,000 USD por ingresos totales en 1993 y $10´000,000 USD directos y $15´000,000 USD totales en 1994. Este autor no distingue entre actividades de observación con otras ballenas y regiones de México, y aparentemente incluye diversas actividades turísticas en todo el país. Por su parte, autoridades del gobierno de Baja California Sur, pronosticaron una derrama directa para la temporada del año 2000 de alrededor de $1´500,000 USD directa sobre las comunidades y más de $9'000,000 USD indirectos en toda la entidad (datos de la Coordinadora Estatal de Turismo en B.C.S.).

Es evidente que la actividad representa una fuente de divisas importante y que además tiene potencial de desarrollo, pues en promedio y de acuerdo con la información presentada por Sánchez Pacheco (1997b), en 1996 la demanda del servicio no superaba el 50% de la capacidad de oferta. El mismo autor estimó que dadas las tendencias de crecimiento, para 1999 la demanda sería difícil de atender. Sin embargo, esto no ha sucedido en la práctica y las solicitudes de los prestadores de Bahía Magdalena para un mayor número de permisos y autorización de un mayor número de lanchas que puedan operar simultáneamente (mayor capacidad de carga) obedece a la competencia entre los operadores de cada localidad.

Aunque los ingresos que la actividad de observación de ballenas reporta son cuantiosos, existen fugas o filtraciones, es decir, las ganancias son repartidas entre varios pasos intermedios y frecuentemente las cantidades sustanciales no quedan en las comunidades en las que se desarrolla la actividad. Para reducir el efecto anterior se sugiere que los gobiernos locales asuman la responsabilidad de instrumentar estrategias de mercadotecnia y regulaciones comerciales que favorezcan a las comunidades locales (IFAW, 1999).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

El stock oriental de la ballena gris ha sido sujeto de varias investigaciones, acumulándose datos e información biológica. La Comisión Ballenera Internacional (CBI) realizó la evaluación integral del stock oriental en 1991 y desde entonces la evaluación se ha revisado cada año ofreciendo información al subcomité de capturas aborígenes de subsistencia. Este organismo internacional reconoció en 1994 a la observación de ballenas como una industria que tiende a ser cada vez más importante económicamente (IWC, 1995) y la regulación de la actividad es competencia de cada estado costero. La Comisión reconoce que no tiene competencia en la regulación de la actividad y solamente ofrece información que pueda servir a

los Estados Miembros y a la Comunidad Internacional en general para desarrollar sus propias regulaciones. La CBI se ha limitado a solicitar información científica sobre la materia (IWC, 1995), a estimular el desarrollo de investigación científica relevante y a fomentar la participación en lo que actualmente es el Sub-comité sobre Observación de Ballenas del Comité Científico (IWC, 1999).

Las lagunas de Ojo de Liebre y San Ignacio en B.C.S., son las que registran una mayor presencia de ballenas grises durante el invierno

Las lagunas de Ojo de Liebre y San Ignacio en B.C.S., además de ser las que registran una mayor presencia de ballenas grises durante el invierno, están incluidas dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno. Al estar estos cuerpos de agua incluidos en un área natural protegida, la regulación de las actividades de observación de ballenas contaba desde su establecimiento tanto con un marco legal como con una estructura operativa que le permitía limitar el tráfico de embarcaciones e incluso restringir el acceso a ciertas zonas. La actividad turística en estas lagunas se desarrolló de manera muy ordenada; sin embargo, la actividad de observación turística en las localidades de Bahía Magdalena (puerto San Carlos y puerto López Mateos) tuvieron una demanda creciente que propició un desarrollo descontrolado de la actividad. La operación desordenada y sin reglas ni lineamientos definidos provocó mala imagen, quejas y preocupación de que pudiera haber un impacto negativo sobre la población de ballenas. Ante esto, se desarrolló inicialmente una Norma Oficial de Emergencia (NOM-EM-074-ECOL-1996) que estuvo vigente durante las temporadas invernales de 1997 y 1998; posteriormente se decretó una regulación definitiva, la NOM-131-ECOL-1998, que establece lineamientos y especificaciones para el desarrollo de actividades de observación de ballenas, su protección y la conservación de su hábitat. En ella, se definen: a) las áreas de observación de ballenas, las zonas sujetas a control y las zonas restringidas; b) la duración de la temporada por área donde se realizarán actividades de observación de ballenas; c) la capacidad de carga por tipo de embarcación y por cada zona sujeta a control; d) los tiempos de permanencia en cada zona sujeta a control por tipo de embarcación; e) los sitios de embarque y desembarque por área de observación de ballenas; y f) los distintivos a utilizar por área y por tipo de actividad. Además, se especifican las maneras en que se deberá realizar el acercamiento a las ballenas, la velocidad máxima en las zonas de observación y el comportamiento en general tanto de los prestadores de servicio como de los turistas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Después de haber sido considerada como una especie amenazada, en la actualidad la ballena gris está fuera de peligro

La ballena gris es una especie altamente migratoria. En su migración desde el Ártico hasta las lagunas de reproducción y de regreso, las ballenas recorren más de 18,000 Km (Rice y Wolman, 1971). Sin embargo, como en toda migración el recorrido completo no es realizado por el total de la población, y además, por ser la reproducción el principal motivo de la migración, no todos los individuos que sexualmente inmaduros, se presentan en las lagunas. Durante cada invierno la población de ballena gris se encuentra dispersa a lo largo de la costa, desde la mitad sur del estado de California, E.U. hasta la península de Baja California, México y en número variable dependiendo de las condiciones climáticas, también en el Golfo de California. Aunque las mayores concentraciones se registran en las lagunas de reproducción, principalmente en la laguna Ojo de Liebre, los conteos realizados en cada laguna dificultan conocer el tamaño de la población y sus variaciones.

La información con que se cuenta actualmente no indica el número total de ballenas que visitan las lagunas de reproducción cada invierno, más bien muestra el número máximo de ballenas observadas en un momento dado y la manera en que las ballenas utilizan esos sitios. En la Laguna San Ignacio se ha registrado que el número de hembras con cría es mayor que el de las ballenas solas a lo largo de la temporada y además, la estancia de las primeras es más prolongada; aunque se distribuyen en todo el

norte de Bahía Magdalena se ha observado que las ballenas se congregan en la parte más interior de la laguna hacia mediados de la temporada, particularmente las hembras con cría, pero tienden a agregarse en la zona de la boca del estero hacia el final de la temporada; además en esta localidad se han registrado variaciones en la abundancia en diferentes años, siendo ésta menor en años más cálidos cuando se ha presentado el fenómeno de El Niño y mayor en años fríos cuando se presenta La Niña, probablemente los cambios también están relacionados con variaciones en la batimetría de la boca de la laguna (Pérez-Cortés *et al.*, 2000). Debido a los movimientos de ballenas hacia dentro y fuera de las lagunas y entre las diferentes localidades, los resultados de los estudios con que se dispone actualmente no reflejan el número de ballenas que utilizan cada sitio. A partir de estudios realizados en las diferentes zonas de Bahía Magdalena, se cree que la zona norte, cercana a puerto A. López Mateos, es utilizada preferentemente como área de crianza mientras que las partes central y sur de este complejo lagunar (Bahía Magdalena y Bahía Almejas, respectivamente) son áreas de apareamiento en las que se observa regularmente un mayor número de ballenas solas (Velázquez *et al.*, 1997).

Los resultados obtenidos en estas actividades de investigación pueden utilizarse como indicadores de uso del hábitat y a largo plazo de fluctuaciones provocadas por cambios fisiográficos en estos sistemas dinámicos así como de efectos potenciales de actividades humanas desarrolladas en la zona costera. Un ejemplo de estos estudios son los realizados en la laguna San Ignacio desde 1996, que han permitido identificar variaciones en el uso del hábitat debido a fenómenos climatológicos y probablemente a actividades de ecoturismo (Urbán *et al.*, 1997; 1998; 1999; Urbán y Gómez-Gallardo, 2000). Entre estas actividades se han señalado además de la actividad turística a la extracción de sal, al tránsito de embarcaciones y al vertimiento de desechos. Los censos de la población que han arrojado datos de su tamaño y crecimiento son desarrollados desde un punto en la costa en el estado de California, E.U. por donde transita durante la migración la mayor parte de la población. Los conteos se han llevado al cabo durante la mayoría de las temporadas desde el año de 1975 y hasta la fecha (Hobbs *et al.*, en prensa).

▼ *Modelo*

La migración predecible del stock oriental de la ballena gris, ha permitido desarrollar censos a intervalos regulares (Reilly, 1984). Los conteos se han desarrollado a lo largo de más de 20 temporadas desde una estación ubicada en Granite Canyon cerca de la ciudad de Carmel en el estado de California (Hobbs *et al.*, en prensa). La abundancia del stock oriental así como las tendencias de la abundancia se han estimado mediante un modelo desarrollado por Buckland *et al.* (1993). Los conteos de ballena gris fueron modelados utilizando un ajuste de máxima verosimilitud de polinomiales de Hermite (Buckland, 1992). Detalles del modelo y sus supuestos se describen en Buckland *et al.* (1993), Breiwick y Hobbs (1996), Buckland y Breiwick (en prensa) y Hobbs *et al.* (en prensa).

La estimación más reciente, para la temporada 1997/98, indica una población de 26,635 ballenas con un coeficiente de variación del 10.06% y un intervalo de confianza log-normal al 95% de 21,878 a 32,427; estos resultados se derivan de los conteos realizados durante la migración al sur (Hobbs y Rugh, 1999) (Fig. 1).

La estimación poblacional más reciente es para la temporada 97/98, la cual indica un número de 26,635

▼ *Estado actual del recurso ballena gris*

Después de haber sido considerada como una especie amenazada, en la actualidad la ballena gris está fuera de peligro. La principal amenaza para su conservación es su distribución costera pues esta condición la expone a diversos contactos con actividades humanas como son el tránsito de embarcaciones, la pesca, la extracción de sal y el vertimiento de desechos, entre otras.

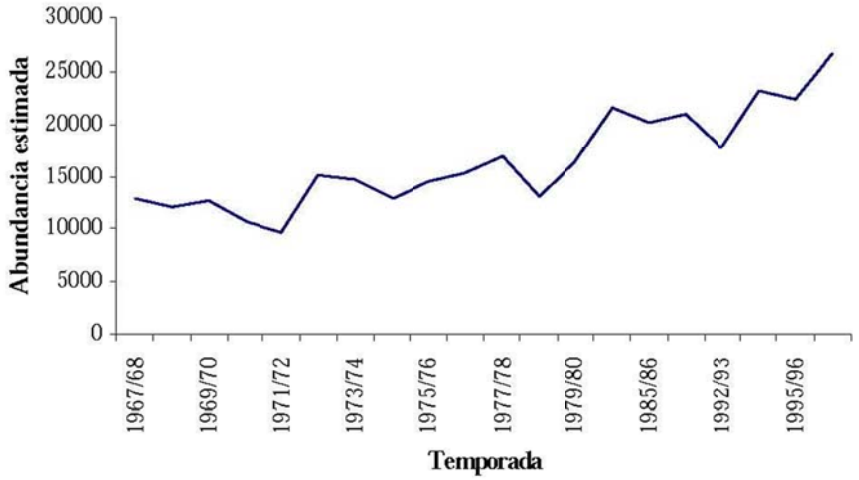


Fig. 1 Crecimiento del stock oriental de *Eschrichtius robustus*, construido con datos presentados por Hobbs *et al.* (en prensa).

PERSPECTIVAS:

La continuidad en la aplicación de las medidas de conservación vigentes probablemente garantizará la permanencia de este

La población de la ballena gris ha mostrado una recuperación sorprendente a pesar del incremento en el uso e impacto a su hábitat que es la zona costera. La continuidad en la aplicación de las medidas de conservación vigentes probablemente garantizará la permanencia de este cetáceo. De acuerdo con el análisis del Comité Científico de la CBI, la remoción de hasta 482 individuos al año es sustentable y permitiría a la población estabilizarse por arriba de su nivel de máximo aprovechamiento sostenible (MSYL) (IWC, 2000). Sin embargo, la cuota máxima autorizada en la actualidad es de no más de 140 ballenas al año (620 para un período de cinco años que inició en 1998) repartidas entre esquimales de Chukotka en la Federación Rusa e indígenas de la tribu Makah en los Estados Unidos (IWC, 1998:29). Aunque para muchos no es aceptable la continuación de actividades de caza esta especie, la extracción permitida está muy por debajo de la que podría realizarse sin daño a la población.

ESTRATEGIAS DE MANEJO

▼ *Implicaciones en el manejo*

Como se ha señalado antes, el aprovechamiento de la ballena gris que se hace en nuestro país es no extractivo y en la actualidad está regulado por una Norma Oficial Mexicana. Esta regulación, entre otras cosas define a la capacidad de carga como un indicador del número máximo permitido de embarcaciones que realizan simultáneamente actividades de observación de ballenas en un área y tiempo determinado. Este parámetro será definido para cada temporada y localidad por la Secretaría de Medio Ambiente Recursos, Naturales y Pesca, con base en los estudios realizados sobre la distribución, abundancia y ciclo biológico de las diferentes especies de ballenas, la gris en este caso. Sin embargo, en la práctica se han tenido dificultades para determinar este factor a través de un método adecuado y que convenza a todos los

La recuperación de la ballena gris, se debe en buena medida a las acciones emprendidas por el gobierno de México

(investigadores, administradores y prestadores del servicio). El otorgamiento de permisos para el avistamiento de ballenas, se ha basado en el desempeño y presiones sociales negociando con base en el principio precautorio.

▼ *Conclusión*

La ballena gris es un símbolo de la conservación en México y frecuentemente se ha utilizado como ejemplo y estandarte para diversos fines. Su recuperación se debe en buena medida a las acciones emprendidas por el Gobierno de México.

Aunque es un cetáceo del que se tiene un buen conocimiento, hay varios aspectos que deben seguir siendo investigados pues su ambiente es susceptible de cambios tanto naturales como provocados por el hombre. Los primeros pueden ser climáticos como el caso de la influencia del fenómeno de El Niño y el proceso de equilibrio a causa de la recuperación de la población y su aproximación a la capacidad de carga. En cambio los segundos están relacionados con el crecimiento de asentamientos humanos y un mayor uso de la zona costera en la que habita la ballena gris.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

El conocimiento y manejo adecuado de la ballena gris, dependen en gran medida de la colaboración en varios aspectos.

Debido a la gran extensión en la que la especie está presente durante el invierno, la investigación sobre su presencia estacional durante la migración, su uso del hábitat, el comportamiento de la población y los impactos potenciales sólo pueden ser estudiados a través de la coordinación entre varias instituciones. En la actualidad diversos aspectos de la investigación se abordan mediante la vinculación entre tres instituciones principales: la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno realiza investigación principalmente en la laguna Ojo de Liebre y también en laguna San Ignacio, la Universidad Autónoma de Baja California Sur hace estudios en la laguna San Ignacio y el Instituto Nacional de la Pesca a través del Centro Regional de Investigación Pesquera de La Paz (CRIP-LA PAZ) trabaja en Bahía Magdalena. Aunque algunas investigaciones son independientes, las instituciones participantes comparten la información y además trabajan de manera coordinada para algunos fines y objetivos comunes.

En cuanto a la administración del recurso, existe una buena cooperación tanto a lo interno entre las diferentes dependencias de la SEMARNAP involucradas (INE, INP y PROFEPA en sus Oficinas Centrales, Delegaciones y CRIP) como con dependencias estatales y los usuarios del recurso (prestadores autorizados de servicios de observación de ballenas).

Bajo las condiciones actuales podemos esperar que se siga avanzando tanto en el conocimiento del recurso como en el desarrollo de mejores estrategias para su adecuado aprovechamiento y conserva-

REFERENCIAS

Ávila Foucat, S. & L. Saad Alvarado. 1998. Evaluación de la ballena gris (*Eschrichtius robustus*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en México. *En*: Benítez-Díaz H., E. Vega López, A. Peña Jiménez & S. Ávila Foucat (eds.) Aspectos ecorómicos sobre la biodiversidad de México. CONABIO, SEMARNAP pp: 123-143.

Barlow, J., R. W. Baird, J.H. Heyning, K. Wynne, A. M. Manville II, L. F. Lowry, D. Hanan, J. Sease & V. N. Burkanov. 1994. A review of Cetacean and Pinnniped mortality in coastal fisheries along the west coast of the USA and Canada and the East Coast of the Russian Federation. *En*: Perrin W. F., G.P. Donovan & J. Barlow. (eds). Gillnets and Cetaceans International Whaling Commissior Special Issue 15: 405-426.

Breiwick, J.M. & R. C. Hobbs. 1996. Preliminary documentation of gray whale abundance estimation procedures. Documento SC/48/AS2 presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC). Aberdeen, Reino Unido.

Buckland, S.T., J. M. Breiwick, K. L. Cattanach & J. L. Laake. 1993. Estimated population size of the California gray whale. Marine Mammal Science 9(3):235-249.

Buckland, S.T. 1992. Fitting density functions using polynomials. Applied Statistics 41:63-76.

Ellis, R. 1985. The book of Whales Knopf, New York.

Evans, P.G.H. 1987. The Natural History of Whales & Dolphins. Facts on File Publications. Oxford, U.K.

Hobbs, R.C. & D. J. & Rugh. 1999. The abundance of gray whales in the 1997/98 southbound migration in the eastern North Pacific. Documento SC/51/AS10 Presentado al Comité Científico de la Comisión Ballenera Internacional (IWC), Grenada, Indias Occidentales.

Hobbs, R.C., D. J. Rugh, J. M. Waite, J. M. Breiwick, & D. P. DeMaster. (en prensa). Rep. Int. Whal. Commn (special issue) 17.

Hoyt, E. 1994. The potential of whale watching in Latin America y The Caribbean. A report from the Whale and Dolphin Conservation Society. Bath, U.K. pp: 1-48.

Hoyt, E. 1995. The worldwide value and extent of whale watching 1995. A special report from the Whale and Dolphin Conservation Society. Bath, U.K. pp: 1-36.

International Fund for Animal Welfare. 1999. Report of the workshop on the socioeconomic aspects of whale watching. Kaikoura, New Zealand.

International Whaling Commission. 1995. Forty-Fifth Report of the International Whaling Commission. Cambridge, U.K.

International Whaling Commission. 1999. Annual Report of the International Whaling Commission Cambridge, U.K.

International Whaling Commission. 2000. Report of the Scientific Committee. J. Cetacean Res. Manage. (suppl.) 2: 1-65.

Reilly, S.B. 1984. Assessing gray whale abundance a review. *En*: M.L. Jones, S.L. Swartz & S. Leatherwood (eds). The Gray Whale, *Eschrichtius robustus*. Academic Press, Inc., Orlando, Florida. xxiv+600. pp:203-223.

Rice, D.W. & Wolman, A.A. 1971. The life history and ecology of the gray whale (*Eschrichtius robustus*). Special publication No. 3. The American Society of Mammalogists. Lawrence, Kansas, EU 142 pp,

Rice, D.W. 1998. Marine Mammals of the Worlds, Systematics and Distribution. Special Publication No. 4, The Society for Marine Mammalogy, Lawrence. KS. pp: 1-231.

Rugh, 1999. Review of the status of the eastern North Pacific stock of gray whales. NOAA/National Marine Fisheries Service.

Sánchez Pacheco, J.A. 1997a. Descripción y evaluación de las actividades turísticas de observación de ballena gris en las lagunas Ojo de Liebre y San Ignacio de la Reserva de la Biosfera "El Vizcaíno", durante 1996. *En*: Resúmenes, XXII Reunión Internacional para el Estudio de los Mamíferos Marinos. Nuevo Vallarta, Nayarit, México.

Sánchez Pacheco, J.A. 1997b. Descripción y desarrollo de las actividades turísticas de observación de ballena gris en las agunas de la Reserva de la Biosfera "Vizcaíno" y Bahía Magdalena, Baja California Sur, México, temporadas 1996 y 1997. Boletín Pesquero, CRIP La Paz. Instituto Nacional de la Pesca. pp: 8-18.

Urbán R., J., A. Gómez-Gallardo U., V. Flores de Sahagún, J. Cifuentes L., S. Ludwig & M. Palmeros R. 1997. Gray whale studies at Laguna San Ignacio, B.C.S., México, 1996. SC/48/AS19. Rep. int. Whal. Commn 47: 625-633.

Urbán R., J., A. Gómez-Gallardo U., & M. Palmeros R. 1998. A note on the 1997 gray whale studies at laguna San Ignacio, B.C.S., México. Rep. Int. Whal. Comm. 48:513-516.

Urbán R., J., A.Gómez-Gallardo U., V. Flores de Sahagún, M. Palmeros R. & S. Ludwig. 1999.Changes in the abundance and distribution of gray whales at laguna San Ignacio, México during the 1997-98 El Niño and the 1998-99 La Niña. Paper SC/51/AS31 presented at the Scientific Committee of the International Whaling Commission.

Urbán R., J. & A.Gómez-Gallardo U. 2000. Whale watching and gray whales at laguna San Ignacio, B.C.S., México. Paper SC/52/WW12 presented at the Scientific Committee of the International Whaling Commission.

Villa Ramírez, B., K.S. Norris, B. Nichols, & K. Miller. 1982. Agrupamiento de ballenas grises (*Eschrichtius* robustus) y entrada a las bahías en Baja California Sur, como estrategias alimentaria. Anales Instituto Biología UNAM Ser. Zool 52:447-478

Wolman, A.A. 1985. Gray Whale *Eschrichtius robustus* (Lilljeborg, 1861). pp. 67-90. *En:* S.H. Ridgway & S.R. Harrison (eds). Handbook of Marine Mammals, Volume 3: The sirenians and Baleen Whales. Academic Press, Orlando, Florida. 362 pp.

tortuga
lora
L
lora
o
tortuga
tortuga
r
a
lora
tortuga lora
tortuga
Tortuga lora
tortuga
lora
tortuga

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA TORTUGA LORA

ESPECIE: tortuga lora (*Lepidochelys kempi*).

- Los adultos de esta especie son endémicos del Golfo de México y se reproducen casi exclusivamente en nuestras costas .

- Las tortugas marinas del género *Lepidochelys*, son las mas pequeñas de las todas las tortugas marinas, generalmente pesan menos de los 50 kg. Entre marzo y principios de agosto ocurre la reproducción. Anida principalmente durante el día, depositando en promedio 101.4 19.2 huevos que tarda de 45 a 60 días para eclosionar .

- Es una especie que fue explotada desde la época prehispanica. Debido a que en los cuarenta hubo una explotación masiva de huevos de tortuga fue posible identifica el sitio de anidación e instalar en la playa de Rancho Nuevo, Tam. el primer campamento tortuguero en 1966.

- Al igual que otras especies de tortugas es capturada de manera incidental en las redes camarones.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a protección especial. A partir de 1988 ha incrementado la población.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Conteos directos para estimar el número de hembras anidadoras.

ESTADO DEL RECURSO

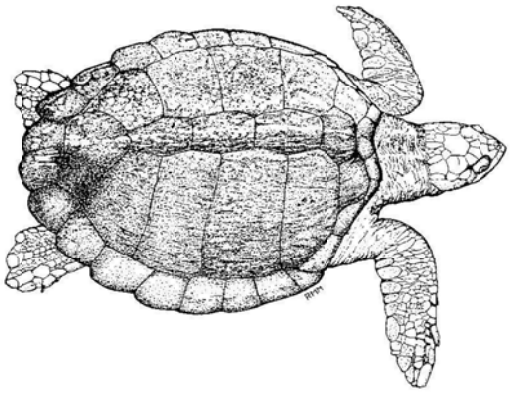
- En peligro de extinción.

MEDIDAS DE MANEJO

- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Protección y recuperación de la población.

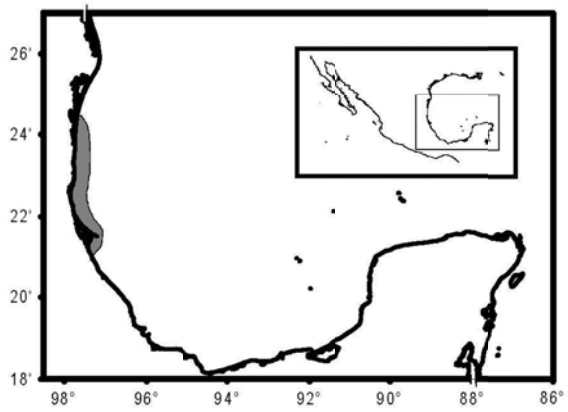


TORTUGA LORA

Lepidochelys kempi

EL RECURSO

IMPORTANCIA



En México concurren siete de las ocho especies de tortugas marinas que existen en el mundo: la lora, la golfina, la prieta, la blanca, la carey, la caguama y la laúd (Márquez, 1996). Con excepción de la tortuga perica, subespecie del género *Caretta* (*C. caretta gigas*), la cual sólo se encuentra en áreas de forrajeo ubicadas en el Noroeste del país, todas las demás se acercan a las costas mexicanas, donde desarrollan los procesos biológicos de reproducción, anidación y reclutamiento. La alimentación, crecimiento y maduración puede o no ocurrir en aguas nacionales. Por otro lado, la presencia en aguas nacionales de las poblaciones de las tortugas lora y prieta, que se consideran únicas en el mundo, representan para México un compromiso adicional dentro de la investigación y conservación de estos organismos.

En México concurren siete de las ocho especies de tortugas marinas que existen en el mundo: la lora, la golfina, la prieta, la blanca, la carey, la caguama y la laúd donde desarrollan los procesos biológicos de reproducción, anidación y reclutamiento

Esta como las demás especies de tortugas marinas existentes en la actualidad, tiene un origen muy antiguo, ya que sus ancestros aparecieron desde la época de los dinosaurios. Desde entonces han venido evolucionando y sobreviviendo a un sinnúmero de cambios geológicos y climáticos, tan pronunciados como la deriva continental y las glaciaciones. No obstante esta persistencia en el tiempo, en el último siglo su permanencia se ha visto grandemente amenazada, como resultado de una desmedida explotación tanto en el mar como en las playas, además de una continua destrucción del hábitat y el consiguiente deterioro ambiental; desafortunadamente estos últimos problemas siguen siendo las mayores amenazas. Por otra parte cabe señalar que los adultos de esta especie son endémicos del Golfo de México y se reproducen casi exclusivamente en nuestras costas. Evaluando esta última circunstancia y las causas que han llevado a esta especie a un cambio tan drástico en la abundancia de sus poblaciones, se consideró necesario clasificarla como en peligro de extinción e incluirla en el Apéndice I de CITES. Además, tanto en E.U. como en México, está considerada bajo un régimen de manejo especial.

BIOLOGÍA

Los primeros reptiles que se pueden considerar verdaderas tortugas aparecieron en el Período Triásico de la Era Mesozoica, hace aproximadamente unos 200 millones de años. Una de las primeras tortugas marinas fue *Archelon*, encontrada en el Cretáceo Superior de Norteamérica (70 millones de años), época en la cual aparecieron también los primeros representantes de la familia Cheloniidae, a la cual pertenece el género *Lepidochelys*.

Las tortugas marinas actuales, aparecieron entre el Mioceno y el Pleistoceno, hace 10 a 15 millones de años, aunque los restos más antiguos del género *Lepidochelys*, se han encontrado en calizas del Reciente (un millón de años). (Romer, 1956; Márquez, 1996).

Las tortugas marinas del género *Lepidochelys*, la lora y la golfina (*L. olivacea*) son las más pequeñas de todas las tortugas marinas, generalmente pesan menos de los 50 kg. Algunas características biométricas y de la reproducción de la tortuga lora, se encuentran incluídas en la *tabla 1* (Márquez, 1996).

Las tortugas marinas actuales, aparecieron hace 10 a 15 millones de años y las del género Lepidochelys, la lora y la golfina (L. olivacea) son las más pequeñas de todas las tortugas marinas, generalmente pesan menos de los 50 kg

La vista dorsal del carapacho en los adultos, tiene forma casi circular y la cabeza es de tamaño mediano y de forma sub-triangular. En las crías, la cabeza y las aletas son proporcionalmente de mayor tamaño. El color de las crías, desde que eclosionan hasta alrededor de un año de edad, es completamente negro, a partir de entonces se va aclarando hasta llegar al color del adulto, gris-olivo claro por arriba y blanco amarillento por abajo.

Tienen dos pares de escamas pre-frontales, el carapacho tiene 15 escudos mayores: cinco centrales y cinco pares de laterales, más 12 pares de marginales y el escudo nucal y los dos pigales. Los puentes unen al carapacho con el peto, y cada uno de ellos está cubierto con cuatro escudos inframarginales, en cuyo margen posterior se encuentran los poros de la glándula de Rathke, a través de los cuales se libera una sustancia odorífera, considerada como una feromona.

Tabla 1. Algunas características biométricas y reproductivas de *L. kempi* (Márquez, 1994, 1996).

	Longitud carapacho (cm*)	Peso (kg)	Fertilidad (huevos/nido)	Frecuencia anidación (nidos/hembra)	Ciclo anidación (años)
Variación	52.4-74.8	32-49.3	44-185	1-4	1-2
Promedio	65.0	38.0	101.4 ±19.2	1.73	
Número	4924	342	8501		

* Longitud recta del carapacho.

La tortuga lora habita principalmente en la zona oeste del océano Atlántico del Norte y la gran mayoría de los adultos ocurren dentro del Golfo de México (Fig. 1), por lo que se considera una especie endémica, sin embargo una parte muy importante de la población de juveniles e inmaduros deambula entre aguas tropicales y templadas de las zonas costeras del este de México y E.U. Ocasionalmente algunos individuos juveniles e inmaduros, siguiendo la corriente del golfo, llegan tan al norte como Nueva Inglaterra. Carr (1980) difiere con los que mencionan que incluso cruzan el Atlántico, "extraviándose" en aguas europeas,

donde aparecen registros ocasionales. En esta región la mayoría de los registros provienen del Mar del Norte y unos pocos del Mediterráneo, cerca de la Isla de Malta, hay otros que provienen de islas como las Azores, Bermudas, Madeira o de la costa de Marruecos en África (Márquez, 1994). En ocasiones algunos de esos individuos son sorprendicos por el invierno y cuando llegan a sobrevivir, se sugiere que lo hacen en una especie de letargo invernal, en esas condiciones se les puede encontrar en la bahía de Chesapeake en Virginia y Maryland, en Cabo Cañaveral, Florida, etc. También es frecuente que se queden atrapadas por el frío en situaciones más adversas y aparezcan moribundas o muertas en las localidades mencionadas (Byles, com. pers.; Márquez, 1994, 1996).

A la tortuga lora se le puede encontrar en aguas someras con fondos arenosos y lodosos abundantes en crustáceos. Los juveniles, generalmente de hábitos pelágicos, ocasionalmente se observan en bahías, lagunas costeras y bocas de ríos. Los juveniles mayores, los pre-adultos y los adultos se reúnen en las áreas de alimentación localizadas en el noroeste de Florida, la boca del río Mississippi, el Banco de Campeche, la Laguna de Términos (Márquez, 1994) y esporádicamente se llegan a observar al norte y noreste de la Península de Yucatán (D. Fuentes, A. Maldonado y A. Arenas, com. pers.).

Entre marzo y principios de agosto ocurre la reproducción, durante esa época, están presentes en la costa de Tamaulipas, desde playa Bagdad hasta Altamira y Miramar; en el noroeste de Veracruz, en Cabo Rojo y entre Tuxpan y Punta Morro. La Isla Padre, en el sureste de Texas puede considerarse como área de anidación en proceso de recuperación, ya que el número de nidos ha ido mejorando paulatinamente, desde un par hace una década hasta 16 nidos en 1999 (Shaver, 1995, com. pers.). Informes de anidaciones fuera de esta región, cada vez son más frecuentes, en Florida, o aislados como en Carolina del Sur y Carolina del Norte, en E.U. (Meylan *et al.*, 1991; Palmatier, 1993; Johnson *et al.*, 1999), lo cual, con ciertas reservas, podría ser considerado como un indicador de la recuperación de esta población.

Fig. 1. Distribución geográfica de la tortuga lora *L. kempi* y posibles rutas migratorias. Figura adaptada de Márquez *et al.*, en prensa.

La tortuga lora es ovípara, anida principalmente durante el día; llegando a formar arribazones en los días frescos, con vientos fuertes del norte o del sur, regresan a anidar a las mismas playas donde nacieron, para lo cual excavan hoyos en donde depositan en promedio 101.4 ± 19.2 huevos (Tabla 1), que cubren con arena y dejan incubando a la temperatura ambiental (28 a 32° C). La incubación tarda de 45 a 60 días y al emerger las crías a la superficie se dirigen rápidamente al mar, para incorporarse a las comunidades pelágicas, quedando a la deriva durante períodos que, en esta especie pueden llegar a ser dos o tres años. A lo largo de su vida son altamente vulnerables a la depredación natural, fenómenos climáticos y actividades humanas (Márquez y Carrasco, 1995; Márquez, 1996).

La tortuga lora anida principalmente durante el día; llegando a formar arribazones en los días frescos, con vientos fuertes del norte o del sur, regresan a anidar a las mismas playas donde nacieron, para lo cual excavan hoyos en donde depositan en promedio cien huevos, que cubren con arena y dejan incubando a la temperatura ambiental

Una vez que nacen las crías y entran al mar se pierde todo contacto con ellas. Existen algunos indicios de como se desarrollan y sobreviven en sus primeros años, por ejemplo, se han encontrado de manera aislada algunas crías y ejemplares pequeños relacionados con algas marinas, flotando a la deriva dentro de corrientes marinas, pero esto no explica donde van cada año los cientos de miles que nacen en las playas de México. Recientemente se están realizando estudios para tratar de explicar esta gran incógnita en su ciclo de vida y otras relacionadas al mecanismo que permite a las hembras regresar cada año a ciertos puntos de la costa y anidar, o como se orientan durante sus largas travesías entre las zonas de reproducción y las de alimentación.

TENDENCIAS HISTÓRICAS

Las tortugas marinas en nuestro país se han explotado desde épocas prehispánicas. A partir de la época Colonial, su uso en las zonas costeras se fue incrementando, ya que también fueron utilizadas para proveer de carne fresca a las embarcaciones durante las largas travesías entre Europa y América, por lo cual se incrementó la captura de las poblaciones que se encontraban al paso de los navíos.

Posteriormente, ya en el siglo XX las especies que formaban parte de la captura comercial en el Golfo de México y el Caribe, donde primero se desarrolló la pesquería, fueron la tortuga blanca, la caguama, la lora y la carey. No obstante cabe señalar que mientras que existe alguna información de la explotación de otras tortugas, se desconoce el volumen de captura de la tortuga lora, puesto que en los informes estadísticos solamente se mencionan a las tortugas caguama y blanca. Fuentes (1967) de manera anecdótica menciona que "en la Sonda de Campeche se explota *Chelonia mydas*, *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata* y *Lepidochelys kempi*, donde se e llama cotorra", dándose a la captura uso local y "aproximadamente se sacrifica (además de las otras especies) una (tortuga lora) por día en el mercado municipal de Campeche".

De manera paralela a los acontecimientos descritos y hasta antes de la II Guerra Mundial, en la Unión Americana se realizaba la explotación industrial de las tortugas marinas (Hildebrand, com. pers.) en la región del Mississippi y en la costa oeste de Florida, llevándose tanto a la tortuga blanca como caguama y la lora a las plantas enlatadoras, donde se procesaban para obtener la famosa sopa de tortuga, producto que era de gran demanda local y para exportación a Europa.

En relación con la explotación de los huevos en la playa, puesto que la zona de anidación de la tortuga lora se encuentra en una región que era poco frecuentada, ésta se siguió desarrollando con cierta continuidad hasta mediados de los pasados años 60's.

Debido a que en los años 40´s se documentó la extracción masiva de sus huevos fue posible que el Dr. Hildebrand (1963) iniciara indagaciones sobre el lugar de anidación, el cual fue confirmado cuando le facilitaron una filmación realizada en 1947 por el Sr. Andrés Herrera en la playa de Rancho Nuevo, Tamps., sin embargo para esas fechas la población reproductora ya se encontraba muy diezmada. Tres años después, en 1966 el gobierno de México instaló en esa playa el primer campamento tortuguero (Anónimo,

1966; Márquez y Contreras, 1967; Márquez, 1996) con lo cual dio inició la protección de la especie.

Por otra parte, las flotas camaroneras nacional y estadounidense, en el Golfo de México, ejercieron una gran presión sobre las poblaciones tortugueras de la región a través de la captura incidental. Presumiblemente esta presión ha disminuido en la actualidad, debido a que la flota camaronera mexicana se ha reducido de más de 1500 barcos en los años 70´s a menos de 700 barcos en la actualidad (González-Jara, com. pers.), bajando además a un 80% su antigua efectividad, y la flota de E. U. desde 1978 ha dejado de realizar arrastres en aguas nacionales (TEWG, 1998), además de que a partir de 1993 se inició el uso obligatorio de los "excluidores de tortugas", llamados "DET´s".

Las flotas camaroneras nacional y estadounidense, ejercieron una gran presión sobre las poblaciones de tortugas, la cual presumiblemente ha disminuido mediante el uso obligatorio de "excluidores de tortugas"

Pesca incidental

En los E.U. la controversia sobre la captura incidental de tortugas marinas por esta pesquería se inició hace más de dos décadas. Los cálculos del Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) realizados hasta 1983, en su costa oriental , indicaban que a finales de los 70's la captura incidental anual realizada por una flota estimada en 17,200 embarcaciones, operando a más de dos brazas de profundidad, era alrededor de 48,970 tortugas, de las cuales al menos 11,180 morían ahogadas (Henwood y Stuntz, 1987). Para reducir significativamente esta captura, en 1978 el personal del NMFS, inició estudios para desarrollar un aditamento que permitiera la salida de las tortugas, con el mínimo daño posible y sin afectar el volumen del camarón capturado.

La pesquería del camarón es una de las menos selectivas que se realizan en la actualidad, en términos generales por cada tonelada de producto, se extraen nueve de otras especies, que por su talla resultan ser de escaso valor comercial y de las cuales cerca del 80% que se regresa al mar son organismos muertos.

En 1981, se presentó el primer Dispositivo para Excluir Tortugas (DET) o "Turtle Excluder Device" conocido en E.U. como "TED-NMFS". A partir de entonces se han diseñado una gran variedad. La eficiencia de estos equipos ha sido muy variable, ya que aún cuando pueden estar perfectamente adaptados a la red, al barco y al lugar de arrastre, la eficiencia puede ser afectada por factores imponderables que llegan a provocar la pérdida de un alto porcentaje de camarón. A partir de 1991 se utilizan los DET's de manera obligatoria en la mayoría de los estados de la costa del Atlántico y en todos los del Golfo de México de E.U., en México desde el 1º de febrero de 1993 para el Atlántico (D.O.F., 24/02/93) y desde el 1° abril de 1996 para el Pacífico (D.O.F., 18/03/96).

Por otra parte, la estimación de Henwood *et al.* (1992) indica que con el uso del DET, la captura incidental tendría una reducción hasta del 67%, no obstante se continúan varando las tortugas marinas, particularmente en las costas de Georgia y Carolina del Sur y entre Texas y Luisiana, en el norte del Golfo de México (Steiner y Schmitten, 1994, Teas, 1994, 1995), zonas en las que la pesca de camarón se practica de manera intensiva. Las especies más afectadas son la caguama, lora y blanca.

En el caso de la tortuga lora se supone que la mortalidad está relacionada con el flujo migratorio de la especie desde y hacia las playas de anidación de Tamaulipas (Márquez *et al.*, 1998) que aunado a un incremento en su abundancia (Gallaway *et al.*, 1995; TEWG, 1998) provoca que no sea muy notable la diferencia en el número de varamientos detectados antes y después de poner en operación a los DET's en la costa de E.U.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼ *Infraestructura de investigación y protección*

En 1966 el Instituto Nacional de la Pesca (INP), inició los trabajos para la protección de la tortuga lora con la instalación del primer campamento tortuguero, en Rancho Nuevo, Tamps. Posteriormente, a partir de 1978 se cuenta con una estrecha colaboración de los Estados Unidos, bajo el Convenio de Cooperación Binacional MEXUS-Golfo y aunado a esto, año con año, se fue incrementando el área protegida y al mismo tiempo las distancias recorridas por las patrullas de investigación y la colecta de nidos debido al apoyo de un buen número de instituciones gubernamentales y no gubernamentales; paralelamente a partir de 1988 se han ido incrementando en esa misma proporción las nidadas depositadas por las hembras de tortugas marinas, en las costas tamaulipecas. Al ir aumentando la posibilidad de cobertura se fueron adicionando nuevos campamentos (Tabla 2), los cuales tuvieron el siguiente orden cronológico: Ostionales/Tepehuajes (1990), Barra del Tordo (1991), La Pesca (1996), Altamira (1996) y Miramar (2000) en Tamaulipas; en Veracruz se abrió el Raudal en 1994, que luego fue cambiado a Lechuguillas en 1996 (Bravo, 1998), (Tabla 3).

Tabla 2. Estaciones de investigación para tortuga lora *L. kempi* y otras especies, que están en operación bajo la coordinación del INP (1-3, 5-7) y con apoyo del Gobierno de Tamaulipas (4), dentro del marco del MEXUS-Golfo (INP-NMFS/US).

Campamento	Extensión	Ubic. Geográfica	Especies	CRIP
1.Rancho Nuevo, 2.Barra del Tordo, 3.Tepehuajes, 4.La Pesca, 5.Altamira, 6.Miramar, Tamaulipas	17.6 km (Reserva) más 180.8 km de playas protegidas	23°18'N, 97°45'W y 23°10'N, 97°45'W.	Lk, Cm, Cc, Dc	Tampico, Manzanillo, D. F.
7.Raudal/Lechuguillas, Veracruz	33.0 km B. Palmas - P. Morro	20°00'N, 96°34W y 20°10'N, 96°40'W	Cm, Lk, Cc	Veracruz
8.Isla Aguada, Campeche	64 km (Isla Aguada a Sabancuy)	18°48.8'N, 91°30.1W 18°50.9'N, 91°11.5'W	Ei, Cm, Lk	Cd. del Carmen

Claves: Lk: *Lepidochelys kempi*; Cm: *Chelonia mydas*; Ei: *Eretmochelys imbricata*; Cc: *Caretta caretta*. Dc: *Dermochelys coriacea*.

La evolución de estas actividades se muestra en la *tabla 3*, en la que se incluyen de manera cronológica, los tramos de playa que se fueron adicionando hasta llegar a este último año en el cual se cubrieron 231.4 km en los recorridos diarios. En la *figura 2*, además se incluye la duración de las actividades de investigación y conservación, las cuales en los primeros años abarcaron solamente periodos de tres a cuatro meses, durante la época de mayor anidación de la especie, este tiempo se fue ampliando al proveerse más apoyo al programa. Más adelante, a mediados de los 80´s el periodo de permanencia en la playa también se fue incrementando pero esta vez obedeciendo al aumento en la abundancia de la población y la extensión de la temporada de anidación. Así, podemos considerar tres etapas en estas actividades, en la primera, de 1966 a 1977 se evita la extinción de la especie, la segunda de 1978 a 1989, en la cual se incrementa constantemente el reclutamiento de crías y la última fase de 1990 a la fecha, en la cual la población inicia una franca recuperación como resultado de las dos fases previas y de la reducción que se ha presentado en la captura incidental.

También es interesante el registro desde hace más de quince años, la información de la presencia de uno o dos nidos por temporada, en la playa de Isla Aguada, Camp., donde también existe un campamento del

Tabla 3. Evolución en la extensión de la playa protegida, donde anida la tortuga lora *L. kempi*. Periodo 1966 hasta la fecha.

No.	Periodo	Desde:	Hasta:	Km:	Total Km:
1	1966-1967	B. Brasil	B. Sn. Vicente	13.4	13.4
2	1968-1977	B. Tordo	B. Aparejo	13.3	26.7
3	1978-1988	B. Aparejo	B. Ostionales	11.6	38.3
4	1989-1990	B. Ostionales	B. Tepehuajes	9.6	47.9
5	1990-1991	B. Tepehuajes	Soto la Marina	29.4	77.3
6	1991-	B. Tordo	B. Cavaría	42.1	119.4
7	1996-	Soto la Marina	Enramadas	51.0	170.4
8	1990-	Altamira	Playa Turística	18.0	188.4
9	2000-	Miramar	Playa Turística	10.0	198.4
10	1996-	Lechuguillas	3 playas	33.0	231.4

INP. Por otra parte, a partir del corvenio con E.U. también se realizan recorridos, para proteger las nidadas y las hembras en las playas del "Parque Nacional de Isla Padre", las cuales en la actualidad rebasan poco más de una docena de nidos protegidos por temporada (Shaver, com. pers.).

Otras instituciones también han realizado algunos esfuerzos en la protección de esta especie, por lo que cabe destacar la instalación del campamento de Tecolutla en el primer lustro de los años 90's que pertenecía al INE. Por otra parte, en las instalaciones del parque Ecoarqueológico de Xcaret, Q. Roó se encuentran confinadas en la actualidad 100 tortugas loras, las cuales fueron repatriadas a México, durante 1999, desde la "Granja de Tortugas Marinas" cuyas instalaciones se ubican en una de las Islas Gran Caimán, en las Antillas Mayores. Estos orgarismos y su progenie serán sujetos a programas de investigación y en algunos casos podrían llegar a ser liberadas en algún lugar del Golfo de México.

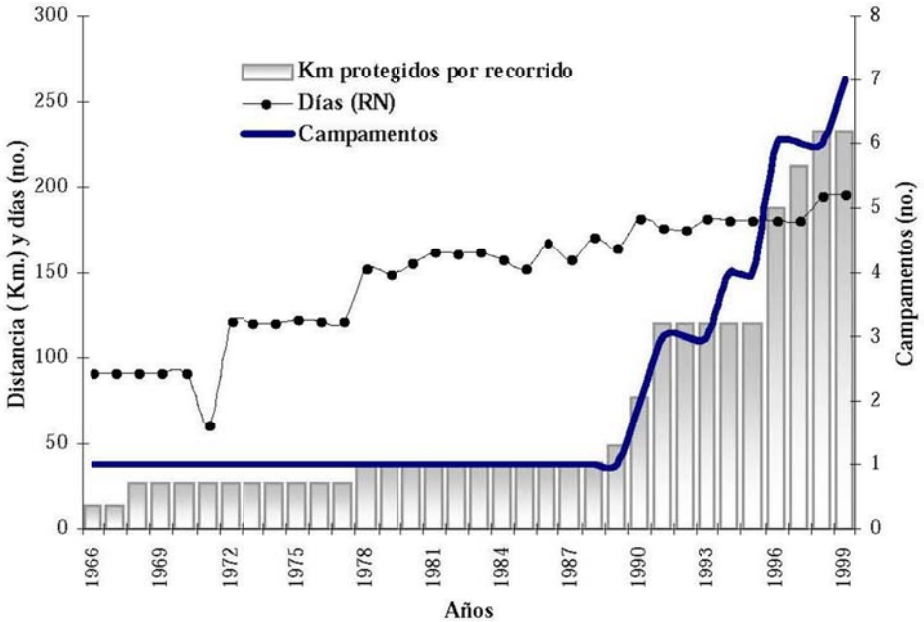


Fig. 2. Evolución del esfuerzo invertido en la protección. Los días indican la duración de las actividades en el campamento de Rancho Nuevo, Tamps. La distancia indica el intervalo que se protege en cada uno de los recorridos, según el número de campamentos instalados. El número de recorridos promedio por día es de tres.

Para la investigación y fomento de las poblaciones de esta especie se cuenta con el apoyo de numerosas instituciones y organizaciones, destacando el Gobierno del Estado de Tamaulipas, la Universidad del Noreste, el Instituto Nacional de Ecología (INE/SEMARNAP), etc., así como numerosos organismos estadounidenses, tales como los Servicios Nacional de Pesquerías Marinas (NMFS) y el de Pesca y Vida Silvestre (USFWS), el Instituto Nacional de Pesquerías (NFI), el Zoológico "Gladys Porter" de Brownsville, Tx., y las Universidades de Alabama, Texas A & M, entre otras.

Otras instituciones que apoyan estas actividades son la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA), la Secretaría de Marina (SEMARINA), la Cámara Nacional de las Industrias Pesquera y Acuícola (CANAINPESCA), Petróleos Mexicanos (PEMEX), los Boy Scouts y numerosos voluntarios nacionales y extranjeros.

▼ *Indicadores económicos*

Las tortugas marinas son especies que se consideran en peligro de extinción, y está prohibida su captura desde el 1º de Junio de 1990 , en el caso de la tortuga lora, debido a su situación precaria, no se expiden permisos de captura comercial desde 1973

Las tortugas marinas son especies que se consideran en peligro de extinción, y está prohibida su captura desde el 1º de Junio de 1990 (D.O.F., 28/05/90), en el caso de la tortuga lora, debido a su situación precaria, no se expiden permisos de captura comercial desde 1973. Como resultado de la escasa abundancia de las poblaciones de tortugas marinas, en la actualidad, ni esta ni ninguna otra especie tiene valor comercial en el mercado libre, sin embargo existe captura clandestina y extracción de huevos en muchas playas de anidación, particularmente aquellas que no están protegidas por medio de personal destacado en campamentos tortugueros. El valor comercial en el mercado clandestino varía mucho según la especie y el producto, carne, piel o aceite. Los huevos de todas las especies son extraídos en todas las playas que carecen de protección o ésta es muy deficiente, por lo que es frecuente observar la venta de huevos. En la actualidad el contrabando de tortugas marinas y sus productos se ha reducido grandemente debido a la protección en las playas y a las medidas legales establecidas hasta la fecha.

Otra vía de extracción de tortugas marinas es a través de la captura incidental, principalmente durante los arrastres en barcos camaroneros o los lances con redes de cerco, de enmalle y palangres atuneros y tiburoneros. Muchos de los ejemplares capturados por estos medios son regresados al mar, independientemente del estado fisiológico que presenten, por lo que es frecuente que se regresen al agua animales muertos o moribundos, situación que representa una merma importante para las poblaciones de tortugas marinas en general y en particular de la tortuga lora debido al pequeño tamaño de su población (menos de 10,000 tortugas adultas de ambos sexos, ver *tabla 7*) debido a lo anterior hay que resaltar que cualquier pérdida, en especial de los adultos y subadultos tiene un valor muy importante para la población silvestre de esta especie, dificultando y retrasando grandemente su recuperación.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Aunque ya desde 1925 se habían dictado algunas medidas para administrar la pesquería, proteger las zonas de anidación y fomentar la conservación de los huevos, las crías y las hembras de las tortugas marinas (Tabla 4), fue a partir del segundo lustro de los años 60's cuando, ante su fuerte abatimiento, se decretaron varias leyes y se adoptaron diversas estrategias para proteger a las poblaciones tortugueras (Márquez, 1996). Estas medidas pueden resumirse en los siguientes incisos:

1. Instalación de campamentos en las playas de anidación para el estudio y conservación de las poblaciones.

2. Elaboración de leyes y reglamentos para la protección de los quelonios y de las áreas de desove, a través de los decretos de Veda Total para todas las especies (D.O.F., 28/05/90), la declaratoria de las Zonas de Reserva Natural y Sitios de Refugio para la Protección, Conservación, Repoblación, Desarrollo y Control de Tortugas Marinas y sus Hábitats (D.O.F., 04/07/77, 29/10/86) y la Norma Oficial Mexicana NOM-O59-ECOL/94 (D.O.F., 16/05/94) que las mantiene en la categoría de Peligro de Extinción.

Tabla 4. Medidas administrativas adoptadas en México para la protección de la anidación, los huevos, las crías y los adultos, tanto en la playa como en altamar (Adaptado de Márquez *et al.*, 1998).

DISPOSICIÓN	Año
Promulgación de vedas temporales a la pesca, prohibición de recolección de huevos y tallas mínimas de captura.	1925-1946
Prohibición a la cosecha y comercio de huevos. Veda total de la tortuga laúd	1963
Inicio de los trabajos de protección en los campamentos tortugueros de Rancho Nuevo, Piedra de Tlacoyunque, Boca de Pascuales y Playón de Mismaloya	1966
Veda total a la captura de tortugas marinas.	1971-1972
Decreto de Veda Total a la explotación de tortugas lora y laúd, D.O.F., 1973.	1973
Decreto como Zona de Reserva Natural a 17.5 km de la playa de Rancho Nuevo, Tamps., D.O.F., 1977.	1977
Veda total para la explotación de tortugas lora, blanca, caguama y carey	1978
Incorporación del Programa de Tortugas Marinas al Programa Binacional MEXUS-Golfo.	1978
Decreto como Zonas de Reserva y Sitios de Refugio de 17 playas de anidación de tortugas marinas en todo el país, D.O.F., 1986.	1986
Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente, en la cual se incluyen medidas para la protección del hábitat de las tortugas marinas.	1988
Decreto de Veda total y permanente de todas las especies y subespecies de tortugas marinas, D.O.F., 1990.	1990
Modificaciones al Código Penal para sancionar la captura, colecta y comercialización de especies en peligro de extinción, particularmente delfines y tortugas marinas.	1991
Norma mexicana sobre el uso obligatorio de DET's en el Golfo de México durante la captura de camarón D.O.F., 1993.	1996
Reformas y Derogaciones al Código Penal en materia de Fuero Federal, para sancionar la captura, colecta y comercialización de especies en peligro de extinción como las tortugas marinas o sus productos y derivados. Capítulo. Delitos Ambientales; Artículo 420.	1996
Firma y Ratificación de la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas.	1998-1999

3. Disminución de la captura incidental en arrastres camaroneros. Instrumentación de Dispositivos Excluidores de Tortugas (DET's) en las redes. Reglamentación acerca de su uso en E.U. y México (D.O.F., 24/03/93).

En relación con el entorno internacional, las tortugas marinas están clasificadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) como especies en peligro o amenazadas, y están contenidas en los Apéndices I y II de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES) desde los primeros años de la década de los años 70's con objeto de regular su explotación y comercio internacional. En 1973 se incluyó a la tortuga lora junto con las demás especies presentes en la Unión Americana, en el Acta de Especies Amenazadas, la ESA-1973. Otra medida de protección fue el uso obligatorio de los DET's en el Golfo de México por la flota camaronera de ambos países, en 1989 en E.U. y en 1993 en la costa este de México y la aplicación de un embargo a la exportación de camarón a E.U., a partir del 1º de Mayo de 1996, a todos los países que no utilizaran el DET's durante su captura.

En el ámbito de la cooperación internacional cabe destacar la colaboración de los gobiernos mexicano y estadounidense bajo el marco del Convenio MEXUS para el Golfo de México, establecido en 1977 para la investigación y regulación de los recursos compartidos por ambos países. El Programa de colaboración para la tortuga lora, bajo este convenio, fue iniciado en 1978 y ha sido uno de los más exitosos.

También cabe destacar que en 1998 se firmó y está en proceso de ratificación la Convención Interamericana para la Protección y Conservación de Tortugas Marinas, sin embargo aun cuando México la ratificara, ésta todavía no entraría en vigor, ya que faltaría la ratificación de varios países.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

• *Registros biológicos*

Esta es una de las especies más estudiadas en nuestro país, de tal manera que existe abundante información publicada así como una extensa base de datos que cubre con cierta continuidad la información desde 1966 hasta la fecha. A partir del convenio MEXUS-Golfo ya mencionado, la colecta de información biológica y estadística se ha intensificado, de tal manera que una parte se resumió en la sinopsis de la especie (Márquez, 1994) y otra se ha ido integrando en informes anuales desde 1978 y en un estudio sobre aspectos poblacionales (Márquez *et al.*, 1981). Entre 1994 y 1998 utilizando esta información, un grupo de expertos de México y E.U. realizaron un análisis, del cual resultó un informe más detallado sobre la dinámica de población (TEWG, 1998). Otra información disponible y publicada incluye: análisis de tasas de crecimiento, principalmente en cautiverio (Márquez, 1972) y a través de juveniles cultivados, liberados y recapturados (Caillouet *et al.*, 1995), asimismo se dispone de datos sobre fecundidad, biometrías, ciclos de anidación y tasa de reclutamiento a la zona de anidación, hábitos alimenticios (Márquez, 1990; Márquez, 1994), migración (Byles, 1989), características genéticas (Kichler, 1996), entre otros.

• *Parámetros ambientales y aspectos ecológicos*

Las relaciones entre el ambiente y las poblaciones de tortugas marinas han sido muy poco estudiadas, no obstante pueden agruparse en dos tipos:

La primera relación es el efecto que tienen algunas variables ambientales en la regulación de los ciclos biológicos y en los procesos de dispersión de los individuos. Así por ejemplo la formación de arribazones de tortuga lora se ha relacionado con el viento y variaciones en la temperatura superficial marina (Casas-Andréu 1978). Mientras que la supervivencia embrionaria durante la incubación de los huevos, está rela-

cionada con valores óptimos de humedad y temperatura (King *et al.*, 1983), siendo esta última, además, determinante en la diferenciación sexual en ciertas fases del desarrollo embrionario en tortugas y otros reptiles (Mrosovsky y Pieau, 1991). Temperatura umbral o de pivote es aquella en la cual ocurre el cambio de sexos y se producen hembras y machos con una proporción de 1:1 y por encima de ella prevalece el desarrollo de hembras y por debajo el de machos. En el caso de la tortuga lora, este valor es alrededor de 29.5-30ºC (Aguilar, 1987).

En relación con la dispersión de las crías, diversos autores han señalado que es influida por las corrientes marinas (Collard y Ogren, 1990) y que algunas de las migraciones de los adultos son favorecidas por la variación de la temperatura superficial marina (Coyne *et al.*, 1998) y por los grandes giros oceánicos anticiclónicos que ocupan ambos hemisferios (Márquez, 1994).

Asimismo, existe otra clase de relación en la cual eventos de corta duración y gran extensión geográfica afectan a las poblaciones. Entre los más relevantes y de carácter global se encuentran el fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur, (Arntz y Fahrbach, 1996) y el Patrón Pacífico Norteamérica o PNA (White y Downton, 1991) los cuales modifican las condiciones ambientales y la distribución y abundancia de algunas comunidades marinas en el norte y noreste del Golfo de México. En el caso de las tortugas marinas sólo las variaciones de la abundancia de la tortuga blanca australiana se habían relacionado con El Niño-Oscilación del Sur (Limpus y Nicholls, 1988, 1990). Sin embargo, también es probable que las migraciones de la tortuga lora tengan una relación estrecha con estos eventos puesto que durante la ocurrencia de El Niño se incrementa el valor del PNA, lo cual tiene como consecuencia variaciones significativas en la temperatura (del aire y marina), la precipitación y la salinidad, mismas que posiblemente influyan en la disponibilidad del hábitat y en la del alimento.

Otros fenómenos naturales extraordinarios que han repercutido negativamente en las playas de anidación son los huracanes y los períodos de sequía, algunos de los cuales están estrechamente relacionados con la ocurrencia de eventos globales tales como el efecto de "El Niño-La Niña" en la ciclogénesis en el océano Atlántico. Los grandes huracanes modifican los perfiles de playa y la composición de los sedimentos, tal como se detectó durante la temporada de 1989 en Rancho Nuevo, Tamps., después del paso del huracán Gilberto (septiembre de 1988), el cual erosionó la costa y afectó la distribución de los nidos en la playa, en la siguiente temporada de anidación, entre abril y julio (Márquez, 1994).

Adicionalmente durante estos fenómenos meteorológicos puede destruirse una gran cantidad de nidos, debido a la erosión que puede arrastrarlos consigo o bien por el exceso de lluvia que puede inundar a los nidos enterrados en las partes bajas de la playa o cerca de las barras, y a través de ellas también pueden ser arrojadas grandes cantidades de palizada, basura y desechos, que al acumularse en la franja litoral pueden obstaculizar el acceso de las hembras al sitio de anidación y la salida de las crías en su camino al mar.

Durante los períodos de sequía, la falta de humedad en la arena de la playa dificulta a las tortugas la construcción de los nidos e incrementa la mortalidad de los embriones por deshidratación. Este fenómeno fue evidente en la costa del Golfo de México, durante 1997 y en particular en el campamento de Lechuguillas, Veracruz (Bravo, com. pers.), en el cual se redujo sensiblemente la supervivencia de los embriones durante su desarrollo.

▼ *Modelo*

Los modelos clásicos para el análisis de la dinámica de poblaciones son difíciles de aplicar a las tortugas marinas debido a la gran variabilidad de los estadios del ciclo de vida, la longevidad y los hábitos migratorios (que puede abarcar varios países y/o continentes). Ante tales circunstancias, el método más utilizado se basa en el uso del registro anual del número de nidos en series de tiempo prolongadas, bajo el supuesto de que esta cantidad es proporcional a la abundancia de hembras anidadoras y por ende al tamaño de la población (Márquez *et al.*, 1981; TEWG,1998; Heppell *et al.*, en prensa). Considerando estas limitantes,

con el método descrito por Doi (1974) se puede obtener un indicador de la supervivencia (S) y la tasa instantánea de mortalidad (Z) a partir de la función:

$$dN/dt = -(M+F)N \quad \ldots\ldots(1)$$

donde:

N = tamaño de la población (número de individuos)
M = coeficiente de mortalidad natural
F = coeficiente de mortalidad por pesca

Asumiendo que M y F son constantes para esta especie, la ecuación (1) puede expresarse de la siguiente manera:

$$N = N_0 e^{-(M+F)t} \quad \ldots\ldots(2)$$

y sustituyendo M+F por la mortalidad total (Z) se puede transformar en la siguiente función de regresión:

$$\log_e N_t = \log_e N_o - Zt \quad \ldots\ldots(3)$$

A partir de la cual se estima el $\log_e N_o$ y el valor de Z. Con la estimación de Z es posible inferir la supervivencia (S):

$$S_o = e^{-Zt} \quad \ldots\ldots(4)$$

Con la aplicación de este modelo se puede dar seguimiento a la tendencia de la abundancia de la tortuga lora que anida en Rancho Nuevo y en las playas vecinas.

Además de este modelo, también está en revisión otro para estimar la proporción de hembras neófitas y remigrantes, a partir de los datos de marcado-recaptura, esto es, las que se están reclutando a la población anidadora (Jiménez y Márquez, 2000). Se consideraron como hembras neófitas a aquellas tortugas que arriban a la playa sin marca metálica y sin la cicatriz que deja esta marca cuando se desprende de la aleta, las demás se consideran remigrantes (Márquez, 1994).

En este modelo también interviene el número total de hembras, el cual se estima a partir de dos valores de fecundidad, el primero de 1.73 que fue obtenido por Márquez (1994) a través del marcado y recaptura, y el segundo de 2.4 que fue propuesto por el TEWG (1988) y es un promedio obtenido a partir del anterior y el de fecundidad observada a través de valores hormonales y ultrasonido por Rostal (1991) de 3.075 nidos por hembra por temporada. La probabilidad de avistamiento en años consecutivos se puede estimar a partir de los datos de marcado, pero hay que considerar una corrección debida al ciclo de anidación entre temporadas, ya que no todas las tortugas anidan cada año (Márquez *et al.*, 1981).

La probabilidad de detectar u observar es estimada por Jiménez y Márquez (1998) a partir de la comparación de los datos de doble marcado (marca metálica y electrónica o "pit-tag") y la observación consecutiva de una misma tortuga, considerando además en cuantas ocasiones es anotado el dato "cicatriz".

▼ *Estado actual de la tortuga lora*

Para este análisis se utilizaron los registros históricos de la anidación observada en la playa más importante para esta especie, como es Rancho Nuevo, en Tamaulipas. Las series de tiempo utilizadas y los valores de mortalidad y supervivencia obtenidos se incluyen en la *tabla 5*. Allí se muestra que la tendencia en la abundancia de las hembras anidadoras de esa colonia ha sido creciente. Debido a que los valores encontrados en la supervivencia (S) son mayores a uno, es posible que exista un componente de reclutamiento que no se puede separar a esta última y al cual llamaremos (+R).

En el caso de esta especie la variación en el número de nidos siguió dos tendencias (Fig. 4). Entre 1978 y 1987 la abundancia continuó decreciendo paulatinamente, mientras que a partir de 1988 ha ocurrido un incremento muy significativo, y dentro de este continuo incremento se observan pequeñas variaciones que aparentemente son resultado de efectos ambientales (Jiménez y Márquez, datos no publicados) además de una posible distribución alterna entre los grupos de hembras que anidan cada uno, dos y tres años.

La tendencia de la anidación representada por la cantidad total de nidos registrados en los campamentos entre 1995 y el 2000, se muestra en la *tabla 6*. Cabe señalar que en la última temporada (2000) el número

Tabla 5. Valores de Mortalidad Total (Z), Supervivencia (S), Supervivencia más Reclutamiento (S+R), coeficiente de correlación (r) y significancia (p) de la correlación, obtenidos para la colonia reproductora de tortuga lora en Rancho Nuevo, Tamps. En el periodo de caída (1978-1987) y en el de recuperación (1987-1999).

Período	Z	S	S(+R)	r	p
78-87	0.03	0.98		0.78	<0.01
87-99	-0.09		1.10	0.90	<0.01

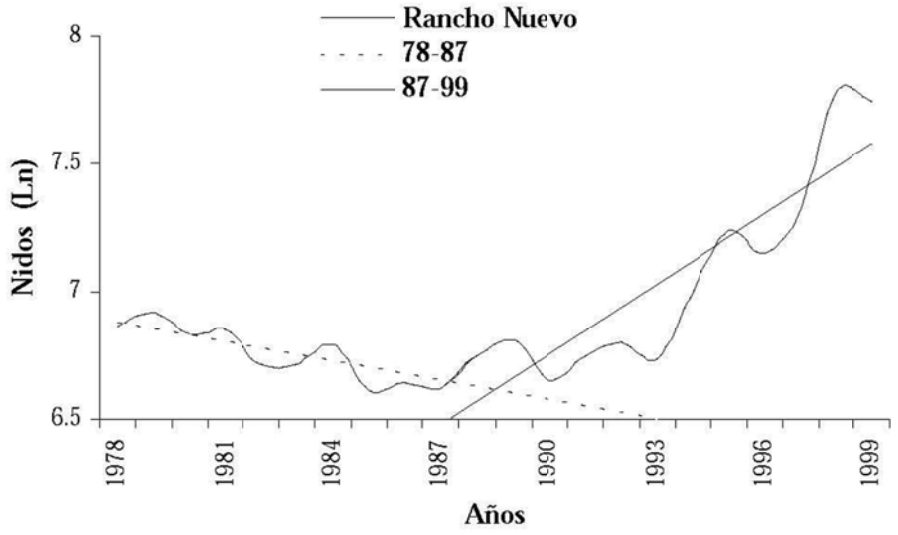


Fig. 4. Variación en el número de nidos de tortuga lora en un intervalo de 26.7 km, protegidos de manera constante desde 1978. Información del Programa de Colaboración entre el Instituto Nacional de la Pesca de México y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de E.U.

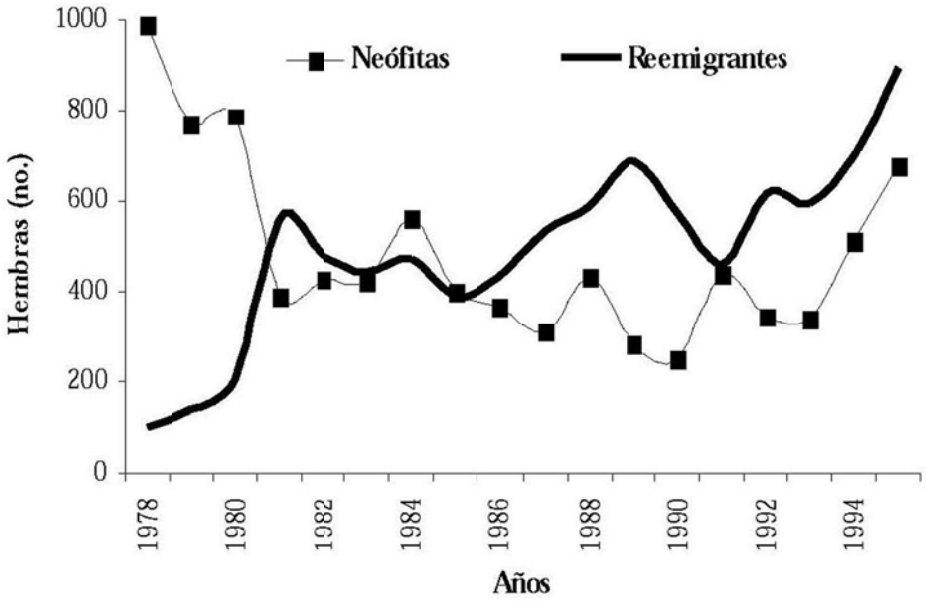


Fig. 5. Variación en el número de hembras neófitas y re-emigrantes estimada a partir de los datos de marcado-recaptura. Se considera que los valores anteriores a 1988 son menos confiables debido a que el esfuerzo invertido en el marcado y la probabilidad de observación de hembras fueron menores a los aplicados a partir de ese año.

de nidos de tortuga lora registrados, solamente en Rancho Nuevo muestra un incremento extraordinario, de más del 60% con respecto a 1999 y de 4.03 veces con respecto al mínimo de 745 nidos promedio, registrados en esta misma playa entre 1985 y 1987.

Por otra parte y de manera paralela al incremento en la anidación, se ha detectado un crecimiento exponencial en el número de hembras neófitas (Fig. 5) a partir de 1990 ($y = 236.15exp^{0.165x}$, $r^2 = 0.67$). Cabe señalar que si bien se deben haber estado integrando hembras neófitas a la población durante el periodo inicial de las actividades de protección (1966), con este método es difícil haberlas detectado por la variabilidad en el esfuerzo aplicado durante el marcado y en la baja probabilidad de observar a las hembras durante el desove.

En la gráfica se aprecian "picos" bianuales en la curva de neófitas. En este momento no es posible determinar cual es la razón de esos valores, aunque es probable que un mayor reclutamiento de hembras ocurra en esos intervalos.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Las tortugas marinas se pueden observar anidando en casi la totalidad de la costa mexicana, y por su vulnerabilidad a la captura comercial e incidental, no sólo en México sino en todo el mundo, se encuentran entre las especies marinas con mayor peligro de extinción.

En la problemática del recurso "tortuga marina" intervienen factores culturales, socioeconómicos y políticos, ajenos a los biológicos y están estrechamente relacionados a importantes pesquerías, como las de

camarón, tiburón y atún, al ser parte de la captura incidental. Las tortugas marinas son atrapadas en artes de pesca tan variados como las redes de arrastre, agalleras, de cerco, almadrabas, palangres, etc., sin contar los factores ambientales adversos de carácter natural y antropogénico que también afectan su supervivencia. Tomando en cuenta dichas consideraciones, la estrategia más apropiada sería reducir tales impactos negativos y a través de los campamentos tortugueros coadyuvar a la recuperación de las poblaciones, para incorporarlas a una pesquería responsable, que debería ir paralela a las actividades de conservación y fomento.

Algunos de los trabajos de investigación, manejo, conservación y difusión que se desarrollan en Tamaulipas, Veracruz y otras entidades, son apoyados por instituciones nacionales y extranjeros; y en actividades específicas mediante convenios, como el realizado con el Parque Ecoarqueológico de Xcaret (1999), relacionado con la repatriación del "stock" de tortuga lora que estaba depositado en la Granja de Tortugas Marinas de la Isla Gran Caimán cesde 1980; con la Universidad de Alabama, Birmingham, de E.U., desde 1998 se colabora en el estudio de los factores ambientales que intervienen durante la incubación de huevos y en la determinación del sexo de las crías.

Tabla 6. Abundancia del desove (total de nidos) de tortuga lora *L. kempi,* en las diferentes playas de los Estados de Tamaulipas y Veracruz. Periodo 1995-2000.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000 *
Tamaulipas						
Rancho Nuevo .	1,393	1,278	1,514	2,409	2,298	3778
Ostionales.	329	474	358	642	793	1620
B. del Tordo	133	206	349	431	278	434
La Pesca		16	39	40	57	142
Altamira		37	76	206	131	130
Tampico/Miramar		5	3	15	16	62
Subtotal	1,855	2,016	2,339	3,743	3,573	6166
Veracruz						
Lechuguillas	21	17	36	82	75	107
Sumas	1876	2033	2375	3825	3648	6273

* información provisional

El potencial pesquero de las tortugas marinas las convierte en una fuente importante de divisas, alimento y productos suntuarios, es obvia la necesidad de asegurar la presencia permanente de sus poblaciones y garantizar que en el futuro su explotación sea sustentable. Para las especies en peligro de extinción, particularmente las tortugas marinas, es importante proseguir con las campañas de conservación y el diagnóstico de las poblaciones, ya que a pesar de los alentadores logros que se han alcanzado en los últimos años, especialmente con esta especie *Lepidochelys kempi*, (Tablas 6 y 7 y Fig. 3), aún no es posible considerarla como libre del riesgo de extinción, además de que aún se desconoce una buena parte de las características de su biología, sin olvidar las ambientales donde se desarrolla la especie.

Campos de colaboración

Básicamente se puede establecer que se están desarrollando los siguientes campos de colaboración:

1. Asistencia en las actividades de conservación de la especie. Programa medular iniciado en 1978 bajo el Convenio MEXUS-Golfo. La contraparte es el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de E.U. Duración original programada para 10 años. Situación actual: con vigencia indefinida.

Tabla 7. Cálculo del número de hembras de tortuga lora *L. kempi* anidando en México, relacionados con la fecundidad (número de nidos por hembra por año, según: Rostal, 1991 y Márquez, 1994). Años 1998 y 2000.

	Nidos		Hembras 1998		Hembras 2000	
Localidad	**1998**	**2000**	**F=3.075**	**F=1.73**	**F=3.075**	**F=1.73**
Rancho Nuevo	2409	3778	783.4	1392.5	1228.6	2183.8
Tepehuajes	642	1620	208.8	371.1	526.8	936.4
B. del Tordo	431	434	140.2	249.1	141.1	250.9
Tamaulipas *	254	334	82.6	146.8	108.6	193.1
Veracruz	140	107	45.5	80.9	34.8	61.8
TOTAL	3876	6273	1260.5	2240.5	2039.9	3626.0

* Incluye las playas de: La Pesca, Altamira y Miramar.

2. Investigación sobre el desarrollo embrionario relacionado con la temperatura y la humedad de incubación. Determinación de la proporción sexual en las crías que se están produciendo en las playas de Rancho Nuevo, Tamps. Iniciado en 1998. Contraparte: Universidad de Alabama en Birmingham, E.U. Duración tres años, con carácter prorrogable.

3. Marco ambiental, relacionado con la migración de crías y adultos (hembras reproductoras). Iniciado en 1999. Universidad de Guadalajara. Duración dos años.

4. Migración, seguimiento a través de satélite, marcado de machos y hembras. Inició junto con el Programa MEXUS-Golfo. Contraparte Servicio Nacional de Pesquerías Marinas y el de Pesca y Vida Silvestre de E.U. Duración, continúa con vigencia indefinida.

5. Marcado de crías, con marca de alambre magnetizable (43,885 crías marcadas). Programa MEXUS-Golfo. Contraparte Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de E.U. Iniciado en 1996. Duración, 3 años, con posible ampliación (en 1998 se suspendió por problemas logísticos).

6. Apoyo a las investigaciones sobre el "head-start" y el "imprinting" con objeto de promover el establecimiento de una colonia reproductora de tortuga lora, en las playas del Sur de Texas: Isla Padre. EE.UU. Mediante el donativo anual de 2000 huevos. Programa MEXUS-Golfo. Contraparte Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de EE.UU. Iniciado en 1978. Duración, 14 años. Continúa en menor escala (donativo de 180 crías cada año).

7. Apoyo a investigaciones sobre Excluidores de Tortugas, se desarrolla a través del mismo donativo mencionado en el inciso anterior. Programa MEXUS-Golfo. Contraparte Servicio Nacional de Pesquerías de E.U. Iniciado en 1978. Duración, 14 años. Continúa en menor escala.

8. Evaluación de la población de tortuga lora (*Lepidochelys kempi*) en el Atlántico Norceste. Tratar de identificar el máximo número de tortugas marinas que pueden ser capturadas incidentalmente en actividades de pesca comercial, sin afectar la recuperación de las especies. Contraparte Servicio Nacional de Pesquerías Marinas de E.U. Iniciado en 1995. Duración 3 años.

9. Investigación genética, paterridad múltiple y caracterización de la especie. Colaboradores variables (apoyo al desarrollo de tesis).

10. Desarrollo de talleres de entrenamiento en diferentes aspectos técnicos. Cobertura y calendarización

variable, duración una semana, frecuencia uno o dos cada año. Colaboración con las Universidades de Texas A&M, de Alabama Nacional Autónoma de México, del Noreste, Dirección de Pesca del Estado de Tamaulipas, etc.

REFERENCIAS

Aguilar, H.R. 1987. Influencia de la temperatura de incubación sobre la determinación del sexo y la duración del perioco de incubación en la tortuga lora (*Lepidochelys kempi* Garman, 1880). Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, México.

Anónimo. 1966. Propósitos y Finalidades. Boletín del Programa Nacional de Marcado de Tortugas Marinas 1(1):1-16.

Arntz W.E. & E. Fahrvbach. 1996. El Niño. Experimento climático de la naturaleza. Fondo de Cultura Económica. México.

Bravo, P. R. 1998. Aspectos en la anidación de quelonios marinos en Lechuguillas, Ver. Temporada 1997. CRIP-Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Burchfield, P.M., R. Márquez, C. Sánchez & R.G. Castro (Coords.). 1998. Report on the Mexico/ United States of America population restoration project of the Kemp's ridley sea turtle, *Lepidochelys kempi*, on the coasts of Tamaulipas and Veracruz, México, 1998. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Albuquerque, New Mexico.

Byles, R. 1989. Satellite telemetry of Kemp's ridley sea turtle, *Lepidochelys kempi* in the Gulf of Mexico. Procc. 9th Annual Workshop Sea Turtle Conserv. and Biology. NOAA, Tech. Mem., NMFS-SEFC. 232:25-27.

Caillouet, C.W., Jr., C.T. Fontaine, S.A. Manzella & D.J. Shaver. 1995. Survival of head-started Kemp´s ridley sea turtles (*Lepidochelys kempii*) following release. Chelonian Conservation and Biology. 1:231-234.

Carr, A.F. 1980. Some problems of sea turtle ecology. Amer. Zool. 20:489-498.

Casas-Andréu, G. 1978. Análisis de la anidación de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* en México. An. Cen. Cienc. Mar y Limnol. UNAM 5(1):141-157.

Collard, S.B. & L.H. Ogren. 1990. Dispersal scenarios for pelagic post-hatchling sea turtles. Bull. Mar. Sci. 47:233-243.

Coyne, M.S., M.E. Monaco & A.M. Landry, Jr. 1998. Kemp´s Ridley Habitat Suitability Index Model. *En:* Abreu-G., A., R. Briseño, A. Márquez & L. Sarti (Compilers). Proceedings of the XVIII International Symposium. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC, 436: 1-60.

D.O.F. 1973. Acuerdo por el que se establece la veda de la tortuga marina para las especies del litoral del Golfo de México y Mar Caribe del 12 de julio al 31 de agosto de 1973 y del 1 de mayo al 31 de agosto para los años siguientes. Diario Oficial de la Federación. México, julio 13.

D.O.F. 1977. Acuerdo que establece como Zona de Refugio y de Veda para la protección de la tortuga lora marina *Lepidochelys kempi* la comprendida en la playa Rancho Nuevo, Mpio. Villa Aldama, Tam. Diario Oficial de la Federación, México, julio 4. 1977.

D.O.F. 1986. Decreto por el que se determinan como Zonas de Reserva y Sitios de Refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, los lugares donde anida y desovan dichas especies. Diario Oficial de la Federación. México, octubre 29.

D.O.F. 1990. Acuerdo por el que se establece veda total para todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación, México. Mayo 31.

D.O.F. 1993. Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación, México. Diciembre 31.

Doi, T. 1974. Outline of mathematical analysis on fish populations for practical use in front. *En:* Fisheries Biology and Population Dynamics of Marine Resources. Textbook for Marine Fisheries Research Course. Japan International Cooperative Agency. pp. 117-210.

Fuentes-C., D., 1967. Perspectivas del cultivo de tortugas marinas en el Caribe Mexicano. Boletín del Programa Nacional de Marcado de Tortugas Marinas 1(10):1-4.

Gallaway, B.J., J.D. Bryan, L. R. Martin & J.G. Cole. 1995. Sea turtle and shrimp fishery interactions. Final Report to the Texas Shrimp Association Inc. L.G.L. Ecological Research Associates. Inc Bryan. TX.

Henwood, T.A. & W.E. Stuntz. 1987. Analysis of sea turtle capture and mortalities during commercial shrimp trawling. Fishery Bulletin. 89:813-817.

Henwood, T.A., W.E. Stuntz & N. Thompson. 1992. Evaluations of U.S. turtle protective measures under existing TED regulations including estimates of shrimp trawler related turtle mortality in the wider Caribbean. US. Department of Commerce. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-303:1-14.

Heppell, S., D. Crouse, S. Epperly, W. Gabriel, T. Henwood, R. Márquez & N. Thompson. A population model to estimate recovery time, population size, and management impacts on Kemp´s ridley. *En:* Schroeder, B. & D. Owens (eds). 2nd Kemp´s Ridley Minisymposium. Brownsville, Tx. March 1st, 1999. (en prensa).

Hildebrand, H.H. 1963. Hallazgo del área de anidación de la tortuga marina lora *Lepidochelys kempii* (Garman), en la costa occidental del Golfo de México (Rept., Chel.). Ciencia, Mex., XII(4):105-112.

Jiménez-Quiroz, M.C. & R. Márquez-M. 2000. Kemp's ridley (*Lepidochelys kempi*) nesting stock. Trend of neophyte and remigrant females between 1978-1995. Abstracts 80th Annual Meeting American Society of Ichthyologist and Herpetologist. La Paz B.C.S. 14-21 junio 2000.

Jiménez-Quiroz, M. C. & R. Márquez-M. 1998. Observaciones sobre el uso de marcas metálicas e internas (pit tags) en la tortuga lora que anida en Rancho Nuevo, Tamps. CRIP-Manzanillo, Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Johnson, S., A.L. Bass, B. Libert, M. Marshall & D. Fulk. 1999. Kemp's ridley (*Lepidochelys kempi*) nesting in Florida. Abstracts. 19th Annual Symposium Sea Turtle Conservation and Biology. South Padre Island, Tx.

Kichler, K.L. 1996. Microsatellites and conservation genetics: genetic variability and mating behavior of the Kemp's ridley sea turtle, *Lepidochelys kempi*. M. Sc. Thesis, Texas A&M Univ.

King, R., A. Anderson, D. Shaver & P. Plotkin. 1983. Incubation and imprinting phase. 1983 Report Kemp's ridley sea turtle. Restoration and enhancement project. Padre Island National Seashore National Park Service. Dep. del Interior EE.UU.

Limpus, C. J. & N. Nicholls. 1988. The southern Oscillation regulates the annual numbers of green turtles (*Chelonia mydas*) breeding around Northern Australia. Aust. J. Wildl. Res. 15:157-161.

Limpus, C.J. & N. Nicholls. 1990. Progress report on the study of the interaction of the El Niño Southern Oscillation on annual *Chelonia mydas* numbers at the southern Great Barrier Reef Rookeries. *En:* J. Rusell (ed.). Proc. of the Australian Marine Turtle Conservation Workshop. Queensland Department of Environment and heritage and Australian Nature Conservation Agency pp: 73-78.

Márquez-M., R. & M. Contreras G. 1967. Marcado de tortuga lora (*Lepidochelys kempi*) en la costa de Tamaulipas. Boletín del Programa Nacional de Marcado de Tortugas Marinas 2(1):1-8.

Márquez-M., R. 1972. Resultados preliminares sobre edad y crecimiento en tortuga lora, *Lepidochelys kempi* (Garman). Mem. IV Congr. Nacional de Oceanografía. pp: 419-427.

Márquez-M., R. 1990. FAO Species Catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fish. Synop. 125(11):1-81.

Márquez-M., R. 1994. Tortuga lora. Sinopsis de datos biológicos. FAO. Sinopsis sobre la Pesca no. 152, INP/S152. SAST-Tortuga Lora 5.31(07) 016.02.

Márquez-M., R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica, México.

Márquez-M., R & M.A. Carrasco. 1995. Tortugas marinas en México. *En:* Atlas Pesquero de México. Pesquerías relevantes. CD-ROM. INP-Secretaría de Pesca y Centro Nacional Editor de Discos Compactos-Universidad de Colima.

Márquez-M., R., M. C. Jiménez, M. A. Carrasco & N. A. Villanueva. 1998. Comentarios acerca de las tendencias poblacionales de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* después de la veda total de 1990. Oceánides 13(1):41-62.

Márquez-M., R., A. Villanueva, & M. Sánchez. 1981. The population of the Kemp´s ridley sea turtle in the Gulf of México-*Lepidochelys kempi*. *En*: Bjorndall, K. (ed). Biology and conservation of Sea Turtles. Proc. World. Conf. of Sea Turtles. Wash. D.C., 26-30 Nov. 1979. pp. 159-164.

Márquez, R., J. Díaz, M. Sánchez, M. Carrasco, C. Jiménez, A. Leo, R. Bravo, P. Burchfield, J. Peña. & R. Castro. Kemp´s Ridley sea turtle population status. *En:* Schroeder, B. & D. Owens (eds). 2nd Kemp´s Ridley Minisymposium. Brownsville, Tx. March 1st, 1999. (en prensa).

Meylan, A., P. Castañeda, C. Cogan, T. Lozon & J. Fletemeyer. 1991. First recorded nesting by Kemp´s ridley in Florda, U.S.A. Mar. Turtle Newsletter, 48:8-9.

Mrosovsky, N. & C. Pieau. 1991. Transitional range of temperature, pivotal temperatures and thermosensitive stages for sex determination in reptiles. Amphibia-Reptilia, 12:169-179.

Palmatier, R. 1993. *Lepidochelys kempii* (Kemp's ridley). Nesting. Herpetological Review 24:149-150.

Romer, A.S. 1956. Osteology of the Reptiles. Univ. Chicago Press. Chicago.

Rostal, D. 1991. The reproductive behavior and physiology of the Kemp´s ridley sea turtle, *Lepidochelys kempi* (Garman, 1880). Ph.D. Thesis. Texas A&M Univ.

Shaver, D.J. 1995. Kemp's ridley sea turtles nest in South Texas. Marine Turtle Newsletter. 70:10-11.

Steiner, T. & R. Schmitten. 1994. Shrimpers implicated as strandings soar in the USA. Marine Turtle Newsletter 67: 2-5.

Teas, W.G. 1994. Annual report of the sea turtle and salvage network. Atlantic and Gulf of the United States. January-December 1993. NOAA-NMFS-SFSC. Miami Lab. Cont. No. MIA-93/94-12:46p

Teas, W.G. 1995. Semi-annua report of the sea turtle and salvage network. Atlantic and Gulf of the United States. January-December 1994. NOAA-NMFS-SFSC. Miami Lab. Cont. No. MIA-94/95-23:12p.

TEWG (Turtle Expert Working Group). 1998. An assessment of the Kemp´s ridley (*Lepidochelys kempi*) and Loggerhead (Caretta caretta) sea turtle populations in the Western North Atlantic. NOAA Technical Memorandum. NMFS-SEFSC-409:1-96.

White, M. & M. W. Downton. 1991. The shrimp fishery in the Gulf of Mexico: relation to climatic variability and global atmospheric patterns. *En*: Glantz, M.H., R. W. Glantz & N. Nicholls (eds). Teleconnections linking worldwide climate anomalies. Scientific basis and societal impact. Cambridge University Press. U.K. pp: 459-491.

tortuga carey
tortuga carey
carey
tortuga
tortuga
carey
tortuga
carey
tortuga carey
tortuga
tortuga
carey
tortuga
Tortuga carey

BREVIARIO SOBRE LA TORTUGA DE CAREY

ESPECIE: tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*).

- Su importancia radica en el material de su caparazón.
- Es una especie pantropical por lo que en muchas culturas antiguas y modernas se encuentra su uso.
- Habitan en zonas rocosas y arrecifales y se alimentan de esponjas marinas.
- Yucatán tiene las áreas de anidación mas importantes del Atlántico norte.
- Durante los sesenta hubo una gran explotación de esta. Actualmente es una especie poco abundante.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a protección especial.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Estructurado por edades.

ESTADO DEL RECURSO

- En peligro de extinción.

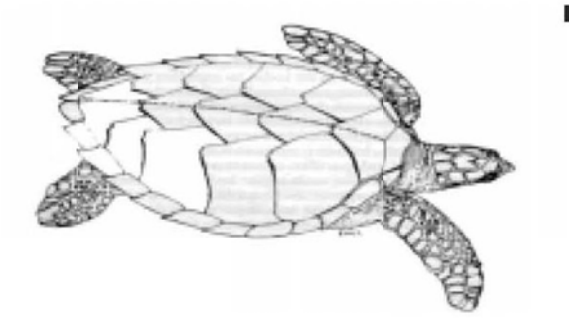
MEDIDAS DE MANEJO

- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

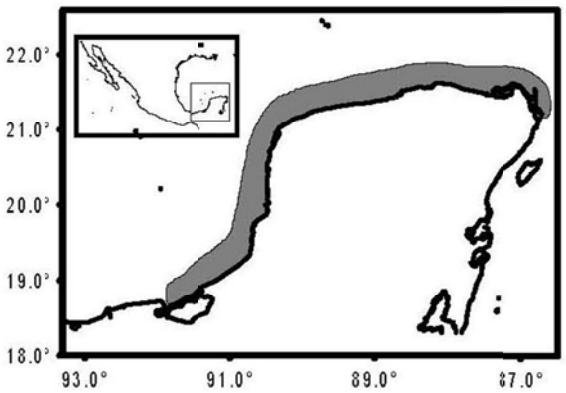
- Protección y recuperación de la población.

TORTUGA DE CAREY



Eretmochelys imbricata

EL RECURSO:



IMPORTANCIA

La tortuga de carey es un organismo que tiene importancia en las pesquerías por el material de su caparazón, llamado carey (bekko). Antes de la aparición de los plásticos que provienen del petróleo, éste fue de los pocos materiales plásticos que se usaron durante muchos siglos. Al ser la tortuga un organismo pantropical prácticamente en todas las culturas antiguas y modernas se pueden encontrar vestigios de su uso. Es un material suntuario que se usó por sus características para fabricar dijes, anillos, collares, pulseras, joyería en general; otro uso popular es para incrustaciones en muebles y otros artículos de madera. También se usó para los aros de anteojos, peines y cepillos, que en la actualidad han sido suplidos por los plásticos derivados del petróleo, aunque aun en monturas de anteojos como peines es frecuente que se intente imitar al carey. El lugar donde han alcanzado mayor sofisticación el trabajo del carey es en Japón en donde se elaboran obras de arte que alcanzan precios considerables, es la razón por la cual Japón tiene reserva dentro del tratado de CITES para este valioso material. En México en general se fabrica joyería, marcos para retratos, abre cartas, peines, etc., al estar prohibida su venta es difícil encontrar trabajos de carey y en general son piezas pequeñas.

BIOLOGÍA

Las tortugas marinas son reptiles que evolucionaron a partir de formas terrestres, modificando sus patas por aletas, son organismos con respiración pulmonar y ovíparos. A pesar de que la mayor parte de su vida la pasan dentro del mar, dependen del aire para su respiración y tienen que salir al medio terrestre para depositar sus huevos ya que estos se incuben en la arena.

La tortuga de carey es un organismo que tiene importancia en las pesquerías por el material de su caparazón, llamado carey (bekko)

Se puede comenzar a describir su ciclo de vida cuando los organismos adultos se reúnen alrededor de las playas de anidación para su apareamiento. Las tortugas hembras copulan con varios machos y tienen la capacidad de guardar esperma para la fecundación de los huevos. Las hembras pueden desovar varias veces en

Las hembras pueden desovar varias veces en una temporada. Sin embargo, los datos muestran que una gran parte, sólo registra un desove cada temporada

una temporada, sin embargo gran cantidad de los datos que se tienen a este respecto muestran que una gran parte de los organismos sólo registra un desove cada temporada. Con la información del programa del INP en Yucatán se ha llegado a calcular un valor promedio de 2.5 nidos/temporada para la población (Garduño, 1999).

Las tortugas que maduran por primera vez tienen una menor fecundidad comparada con las que tienen varias temporadas anidando, tanto en el número de nidos como de huevos por nido. Normalmente presentan ciclos de anidación bianuales o trianuales; algunos datos indican que pocas tortugas anidan cada año y por supuesto, hay tortugas a las que se observa en intervalos de tiempo mayores (Garduño, 1999) (Fig. 1). La tortuga de carey en Yucatán pone un promedio de 157 huevos con un intervalo de 50 a 230 huevos por nidada (Garduño, 1999).

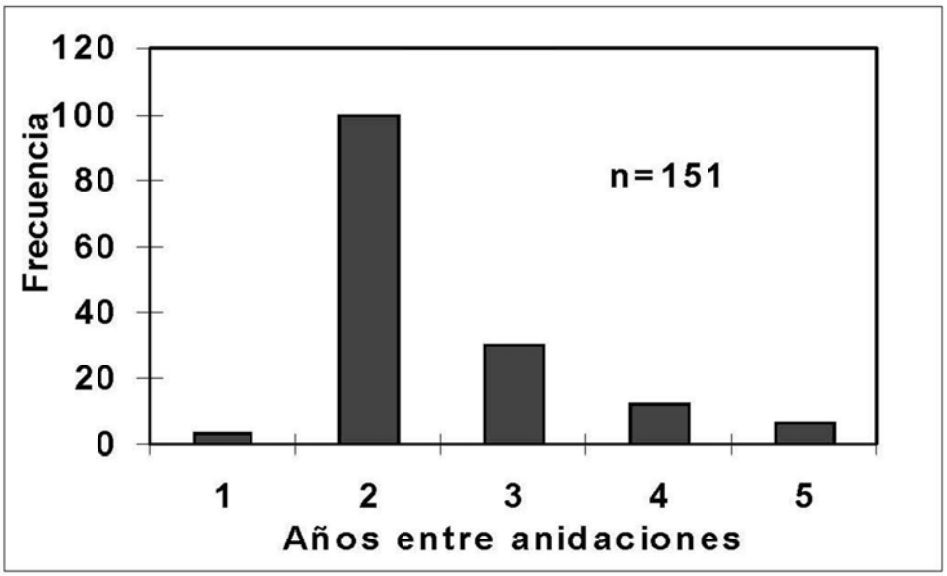


Fig. 1 Frecuencia de retornos a desovar entre años. Campamento de Las Coloradas, Yucatán.

Después que las tortugas depositan sus huevos en la arena, estos permanecen en incubación alrededor de dos meses, las tortugas nacen e inmediatamente entran al mar para no salir de éste hasta que se repita el ciclo. Un aspecto que ha sido estudiado en la etapa de incubación de huevos, es la determinación sexual dependiente de la temperatura de incubación. La temporada de desove va de abril a octubre, la cual coincide con la temporada de lluvias. Una lluvia sobre la playa provoca que la temperatura de la arena disminuya 2 o 3° C por varios días, lo que propicia que haya una mayor producción de machos. Al contrario, si durante la temporada la lluvia es escasa, la temperatura de incubación se mantiene constante, y se tiene una mayor cantidad de producción de hembras. Se ha observado que la temperatura de incubación varía entre el principio y final de la temporada, por lo que la proporción sexual variará durante la misma temporada (Garduño y Cervantes, 1997).

La temporada de desove va de abril a octubre, que coincide con la temporada de lluvias. Si llueve disminuye la temperatura de la arena, y provoca y una mayor producción de machos. Si la lluvia es escasa, la temperatura de incubación se mantiene constante, teniendo una mayor cantidad de hembras

La primera etapa de la vida de las tortugas marinas se ha llamado el "año perdido" (Carr, 1986), ésta abarca desde que las crías entran al agua y nadan hacia alta

mar. En los primeros días las tortugas se alimentan del resto de vitelo con el que nacen. Pasan a una etapa pelágico-planctónica flotando junto con el sargazo marino, que se congrega debido a diversos procesos oceanográficos. En este ambiente las tortugas se alimentan de múltiples organismos de zooplancton que son muy abundantes. Un estudio mostró que las tortugas en esta etapa pueden seleccionar su alimento prefiriendo copépodos e insectos. Collard y Ogren (1990) proponen la hipótesis de que las crías de tortuga lora que nacen en Rancho Nuevo, se mantienen dentro del Golfo en los giros durante su etapa pelágica, siguiendo el patrón de circulación de las corrientes del Golfo de México (Fig. 2). Esta hipótesis puede ser aplicada para las poblaciones de tortugas carey y blanca que nacen en la península de Yucatán.

La primera etapa de la vida de las tortugas marinas se ha llamado el "año perdido" (Carr, 1986), ésta abarca desde que las crías entran al agua y nadan hacia alta mar

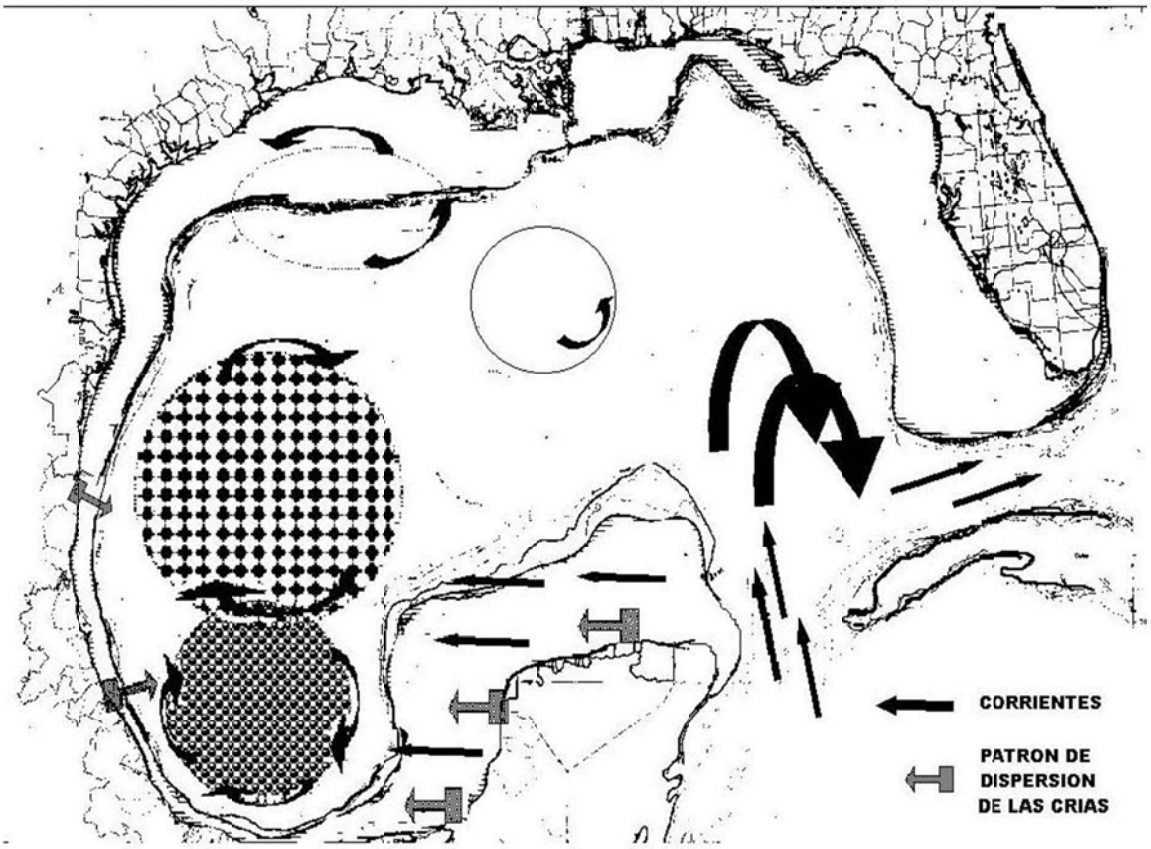


Fig. 2. Corrientes marinas que afectarían el patrón de dispersión de las crías de tortuga nacidas en Rancho Nuevo según Collard y Ogren, (1990). Se aplica el mismo modelo para las crías nacidas en la península de Yucatán, que se moverían hacia el centro del Golfo de México quedando dentro de los giros achurados.

Cuando las tortugas alcanzan más de 20 cm de caparazón se les empieza a ver en la costa; a este tamaño controlan el buceo y pueden comer sobre el fondo. La *figura 3* presenta la distribución de frecuencias de la longitud de caparazón de tortugas juveniles para varios años de muestreo en las costas de la Reserva de la Biosfera de Río Lagartos.

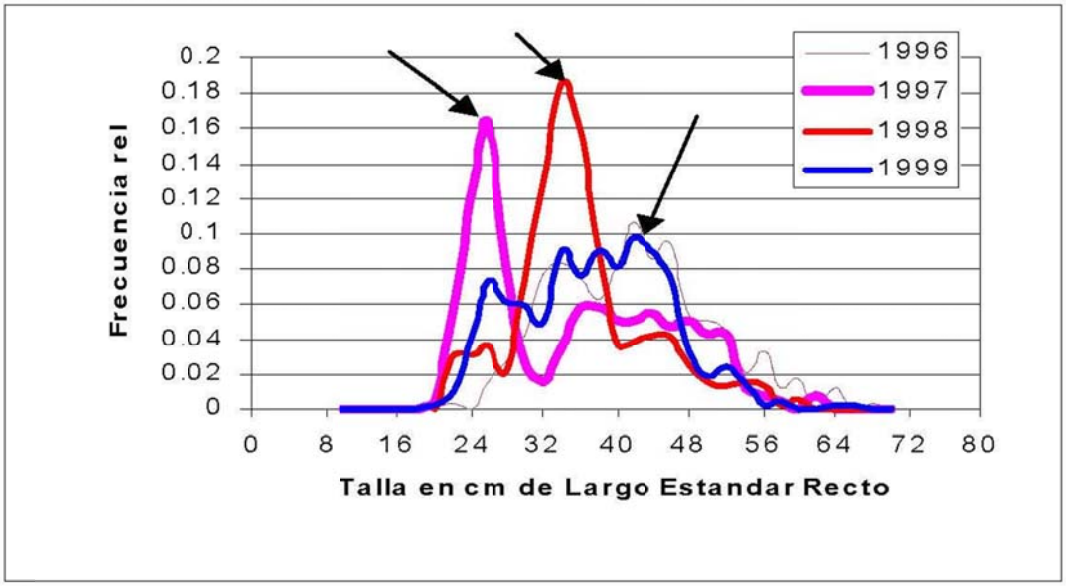


Fig. 3. Distribución de frecuencias registradas frente a la Reserva de Río Lagartos. Las flechas marcan la progresión anual de una cohorte que se reclutó a la vida demersal en 1997.

Ya en la costa, el crecimiento de las tortugas es como se observa en la *figura 4*. Las tortugas tardan entre 15 y 20 años para alcanzar las tallas que se observan en las playas (Fig. 5).

De los datos obtenidos por rastreo con satélite se ha observado que las tortugas hembras después de estar en las playas de Yucatán y Campeche, se mueven dentro del Banco de Campeche hacia zonas arrecifales como los cayos Arcas, Arenas, Triángulos, Granville, Serpiente, Madagascar, Pera y Nuevo. Las tortu-

Las tortugas de carey son animales que viven en zonas rocosas y arrecifales, e incluyen en su dieta esponjas marinas

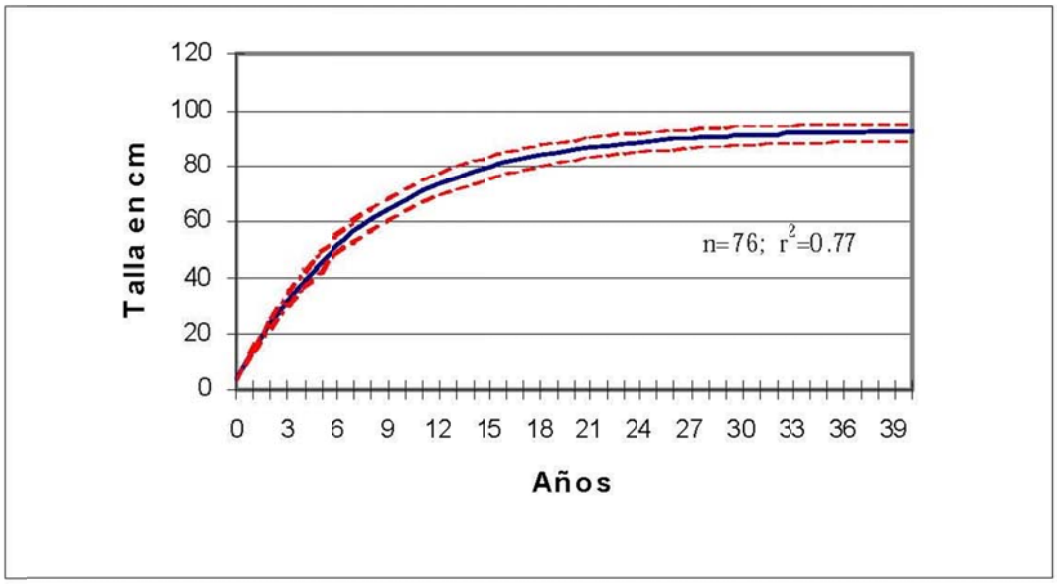


Fig. 4. Modelo de crecimiento de tortugas de carey capturadas frente a las playas de la Reserva de Río Lagartos (poner una ecuación para la curva?).

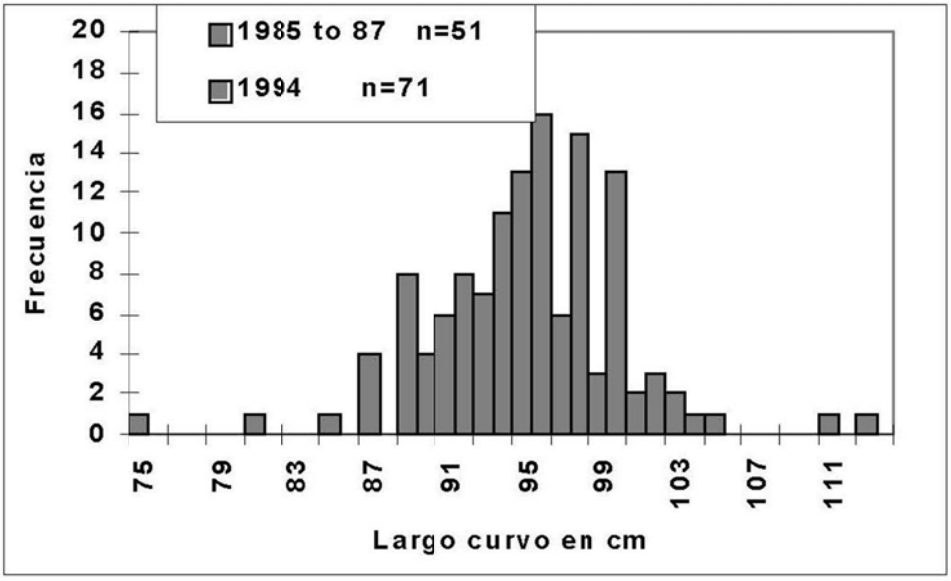


Fig. 5. Frecuencia de longitudes de caparazón de hembras anidadoras de tortugas de carey que se registraron en dos épocas: la primera entre los años 1985 a 1987 y la segunda del año 1994.

gas de carey son animales que viven en zonas rocosas y arrecifales, e incluyen en su dieta esponjas marinas (Byles, 1994; Garduño *et al.*, En prep.).

Se considera que la península de Yucatán tiene las áreas de anidación de la tortuga de carey más importantes del Atlántico Norte y probablemente de todo el mundo

Se considera que la península de Yucatán tiene las áreas de anidación de la tortuga de carey más importantes del Atlántico Norte y probablemente de todo el mundo (Meylan, 1989; Márquez, 1991). Los programas de protección para las tortugas marinas se han desarrollado desde 1964 en Isla Mujeres, Q. Roó (Fuentes, 1967) y desde 1979 en las playas de Isla Aguada, Campeche y Río Lagartos, Yucatán (Sumano et al., 1980; Castañeda, 1987).

Las playas de anidación de tortuga de carey en la península según la base de datos del BITMAR (Banco de Información de Tortugas Marinas) son en el estado de Campeche: (1) Chacahito (8km), (2) Isla del Carmen (35 km), (3) Isla Aguada (28 km), (4) Sabancuy (26 km), (5) Chenkan (25 km), (6) Punta Xen (30 km), (7) Seybaplaya (25 km), (8) San Lorenzo (1 km), (9) Isla Arenas (8 km); la anidación también se lleva a cabo en 28 km de playa dentro de la Laguna de Términos y Cayo Arcas. En Yucatán: (10) Celestun (20 km), (11) Sisal (35 km), (12) Dzilam de Bravo (aprox. 10-15 km), (13) Rio Lagartos-Coloradas (22 km), (14) El Cuyo (31 km) y el Arrecife Alacranes. Finalmente en Quintana Roó: (15) Isla Holbox (24 km), (16) Isla Contoy (5 km) e (17) Isla Cancún (10 km), (Fig. 6).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Tendencias históricas*

Las poblaciones de tortugas marinas en México registraban una mayor abundancia que en la actualidad. La única especie que mantiene un nivel de abundancia es la tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) con distribución en el Pacífico. El resto de las especies que se distribuyen en aguas mexicanas tanto en Golfo de México como Mar Caribe y el Pacifico, son menos abundantes y en general son consideradas como espe-

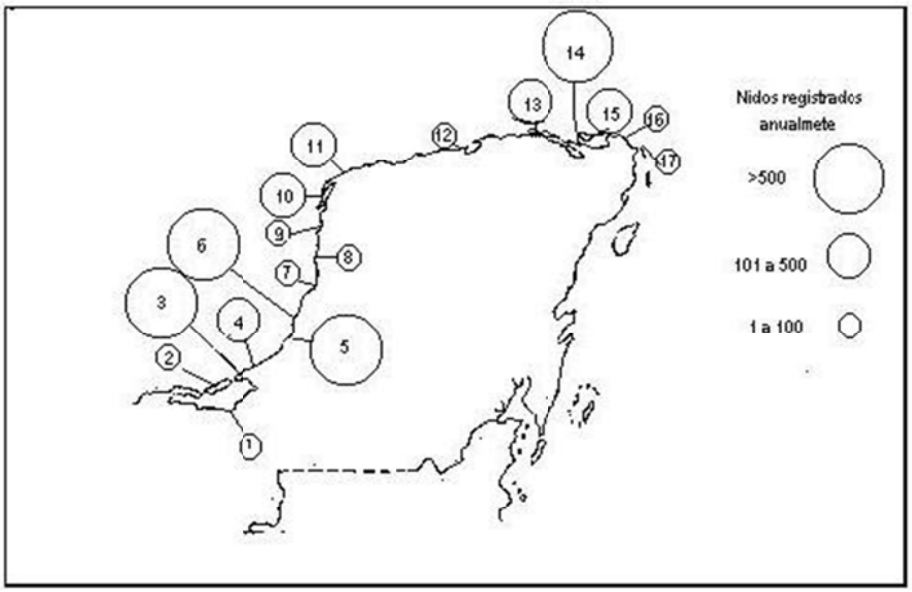


Fig.6. Localización de las playas de anidación de la tortuga de carey en la península de Yucatán. Los números corresponden a las playas de anidación en Campeche, Yucatán y Quintana Roó.

cies en peligro de extinción tanto en las normas internacionales (CITES, IUCN) como en las nacionales (NOM-059-ECOL-1994). Aunque hay registros de su explotación desde las épocas precolombinas y durante la Colonia, es claro que la pesca moderna durante las décadas de los cincuentas y sesentas del siglo XX fue la causa de la sobre explotación de estos reptiles en México.

Las estadísticas pesqueras de la tortuga de carey reflejan: 1) una gran explotación durante los años sesenta, 2) la disminución de las capturas a fines de esa década y 3) una explotación bastante marginal que se sigue reduciendo cada vez más

Las estadísticas pesqueras de la tortuga de carey reflejan: 1) una gran explotación durante los años sesenta, 2) la disminución de las capturas a fines de esa década y 3) ura explotación bastante marginal que se sigue reduciendo cada vez más Estos registros subestiman la cantidad de tortugas que se capturaban. Ya que en el caso de las tortugas de carey las estadísticas se refieren a concha de carey (Márquez, 1976; Groombidge *et al.*, 1989). Se obtienen alrededor de 1 a 1.5 kg de concha de un organismo adulto. Bajo este supuesto, las estadísticas indican que se registró, una captura de 7,891 a 12,760 tortugas, lo que representa una captura de 563-911 tortugas por año en los 14 años en los que se presentan cifras oficiales. Sin embargo, las estadísticas de 1973 después de la veda de 1972, muestra que se registraron en ese año 4.87 toneladas de concha esto es entre 3,000 y 5,000 tortugas sólo durante ese año; es probable que después del ordenamiento esta cifra represente de manera fidedigna la magnitud de la captura de tortugas marinas en México, que por ejemplo sería comparable en magnitud con la de Cuba de los años setenta y ochenta.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

A finales de los años sesenta y ante los signos evidentes de la sobreexplotación, el Gobierno Mexicano intervino con diversos mandatos de ordenamiento que en inicio pasaron por una veda total en el año 1972 y

parte de 1973, posteriormente se establecieron medidas para su protección como: asignar cuotas de captura de algunas especies para cooperativas que tenían permisos para la explotación de tortugas; vedas en los meses y áreas de reproducción; tallas mínimas y según Márquez (1976) para esos años ya había prohibición para la captura de tres especies, entre ellas la tortuga de carey.

Desde el principio de la protección de las tortugas en México se tomó en cuenta el problema de la explotación de los huevos y de las hembras en la playa. La percepción de que se estaba afectando una parte importante del ciclo de vida de las tortugas llevó a que la protección de las playas fuera y sigue siendo la actividad más importante de los programas de conservación. El aumento de la protección de las playas de anidación para carey en Campeche, Yucatán y Q. Roó pasó de 25 km en 1979 a 250 km en 1993-99 (Garduño *et al.*, 1999).

México a partir de mediados de la década de los ochentas comenzó a tener agencias gubernamentales que tenían como función la protección del medio ambiente. Estas acciones se encauzaron a través de nuevas agencias como Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE; posteriormente SEDESOL y SEMARNAP). El cumplimiento de la legislación sobre la prohibición de la explotación de organismos como las tortugas y en particular del carey toman mayor fuerza durante esa época, ya para principios de los noventas era notorio que la venta de carey era perseguida de manera sistemática y en las tiendas de artesanías cada vez era menos frecuente encontrar piezas de carey. Para la mitad de los 90's con el nacimiento de la SEMARNAP y la PROFEPA fue más clara la organización de las agencias gubernamentales que se dedicaban a la protección y persecución de los delitos ambientales. A pesar de lo anterior el trafico de carey dentro de México no ha desaparecido del todo, hay una gran cantidad de locales y sitios donde pueden aparecer las piezas de carey, lo que significa aún un aprovechamiento aunque de bajo perfil. Todavía en 1996 en la Cd. de México en un tianguis atrás de la plaza de Coyoacán, se podía observar un puesto especializado en objetos de carey (Obs. Pers.) después de la denuncia a la PROFEPA el puesto fue clausurado. En Yucatán los datos de la PROFEPA indican que en 1996 se decomisaron 37 piezas de carey, en 1997: 997 piezas; ninguna en 1998 y 1999.

Desde el principio de la protección de las tortugas en México se tomó en cuenta el problema de la explotación de los huevos y de las hembras en la playa. El aumento de la protección de las playas de anidación para carey en Campeche, Yucatán y Q. Roó pasó de 25 km en 1979 a 250 km en 1993-99

Además de las leyes federales como la LEGEEPA, la de Pesca y su Reglamento, el Reglamento de Vida Silvestre, por supuesto el Código Penal Federal, etc., entre los principales ordenamientos legales que protegen a las tortugas tenemos:

- El decreto por el que se determinan como zonas de reserva y sitios de refugio para la protección, conservación repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortugas marinas, los lugares donde anidan y desovan dichas especies (D.O.F. 8 de enero de 1986).

- Acuerdo por el que se establece veda para las especies y subespecies de tortuga marina, en aguas de jurisdicción Federal del Golfo de México y Mar Caribe, así como las del Océano Pacífico y Golfo de California (D O.F. 31 de mayo de 1990).

- Acuerdo por el que se crea con carácter permanente La Comisión Intersecretarial para la Protección y Conservación de las Tortugas Marinas (D.O.F. 2 de diciembre de 1993).
- Normas Oficiales Mexicanas por la que se establece el uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga marina en las redes de arrastre camaroneras durante las operaciones de pesca comercial de camarón en el Golfo de México y Mar Caribe, así como el Océano Pacífico y Mar de Cortés. NOM-002-PESC-1993.

- Norma oficial Mexicana NOM-059-ECOL que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestre y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial y que establece especificaciones para su protección (D.O.F. 16 de mayo de 1994).

El uso de los TED's, no ha sido lo más efectivo para la tortuga de carey, ya que ésta, vive asociada a zonas rocosas con arrecifes de coral, en donde no se pesca con redes de arrastre

Los Excluidores de Tortugas Marinas (TED; por sus siglas en inglés), son trampas, que se colocan en el final del cuerpo de la red camaronera, que permiten el paso de los camarones, no así el de las tortugas, las cuales son expulsadas por una abertura (Fig. 7). Hay variantes en su diseño pero en esencia así funcionan. El uso obligatorio de los TED's ha sido una de las medidas más importantes para la conservación de las tortugas en las aguas de los EU y México. Es probable que las tortugas blanca (*Chelonia mydas*) y lora (*Lepidochelys kempii*) en el Golfo de México hayan sido más beneficiadas con esa medida que la carey, ya que como se mencionó es un organismo que vive asociado a zonas rocosas con arrecifes de coral, en donde no se pesca con redes de arrastre.

Otro factor que ha beneficiado la protección de las tortugas marinas es la extensa red de áreas protegidas que componen las costas de la península de Yucatán

La medida que más ha beneficiado a la protección de las tortugas marinas es la extensa red de áreas protegidas que componen las costas de la península de Yucatán. Una parte de los campamentos de protección de tortuga carey (Fig. 6) se encuentran dentro de Reservas o áreas de protección especial que incluyen la zona de la playa (Laguna de Términos, Celestún, Sisal, Dzilam de Bravo, Río Lagartos, Holbox, Cancún, Isla Mujeres) y en algunos casos la parte marina también (Arcas, Alacranes).

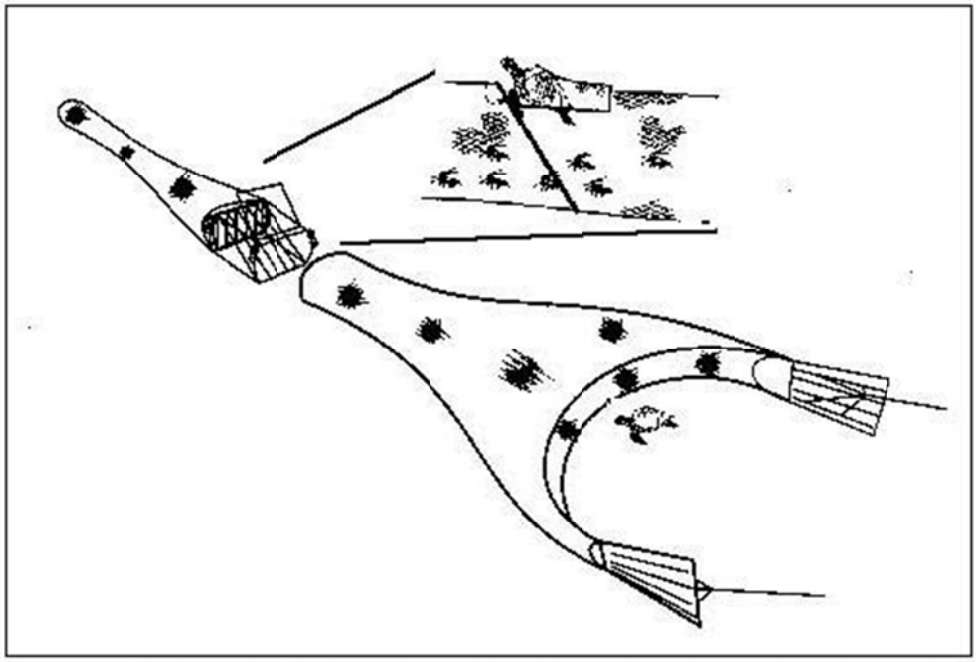


Fig. 7. Excluidores de tortugas en las redes de camarón, para evitar la mayor fuente de mortalidad de tortugas marinas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼*Información disponible*

La información con la que se cuenta para la evaluación de la población de tortuga de carey en la península de Yucatán, permitió la aplicación de un modelo estructurado por edades. Se cuenta con estimaciones de

fecundidad; tasa de crecimiento; de reclutamiento; estructura las primeras clases de edad y lo más importante el número de nidos que ponen las hembras en 250 km de playas que son protegidas.

▼ *Modelo*

Para evaluar el estado actual del tamaño y la dinámica de la población de la tortuga de carey en la península de Yucatán se utilizó un modelo estructurado por edades.

• Supuestos del Modelo

El modelo asume que los cambios en el tamaño de la población son causados por la interacción entre factores que incrementan o disminuyen el tamaño de la misma, como el crecimiento, el reclutamiento, la fecundidad y la mortalidad natural y por pesca.

• Planteamiento

El modelo, es de la siguiente forma:

$$N_t = N_0 e^{-zt} \quad \text{.....(1)}$$

donde:

N_t = es el número de organismos en la cohorte al tiempo t
N_0 = es el número de organismos de la cohorte al tiempo 0
zt = es la mortalidad total en el tiempo t
e = logaritmo natural

$$Z = F + M \quad \text{.....(2)}$$

donde:

Z = mortalidad total
F = mortalidad por pesca
M = mortalidad natural

La relación parentela-progenie se calculó con la relación propuesta por Mace y Donan (1988; tomado de Hilborn y Walters, 1992):

$$R_t = \frac{S_t}{a + bS_t} \quad \text{.....(3)}$$

$$a = \frac{Bo}{Ro}\left(1 - \frac{z - 0.2}{0.8z}\right) \quad \text{.....(4)}$$

$$b = \frac{z - 0.2}{0.8\,zRo} \qquad \text{.....(5)}$$

donde:

R_t = al reclutamiento
S_t= al tamño del Stock el numero de huevos producidos
Bo= es el número de huevos producidos en una población virgen
Ro= es el número de reclutas de una población virgen
z = es la pendiente de la curva

• Ajuste del modelo

Para el ajuste del modelo se minimizó una función de máxima verosimilitud en donde se utilizó la diferencia entre los nidos observados y los estimados por el modelo entre 1969 a 1999. En la *figura 8* se muestra el ajuste y la simulación hasta el año 2010.

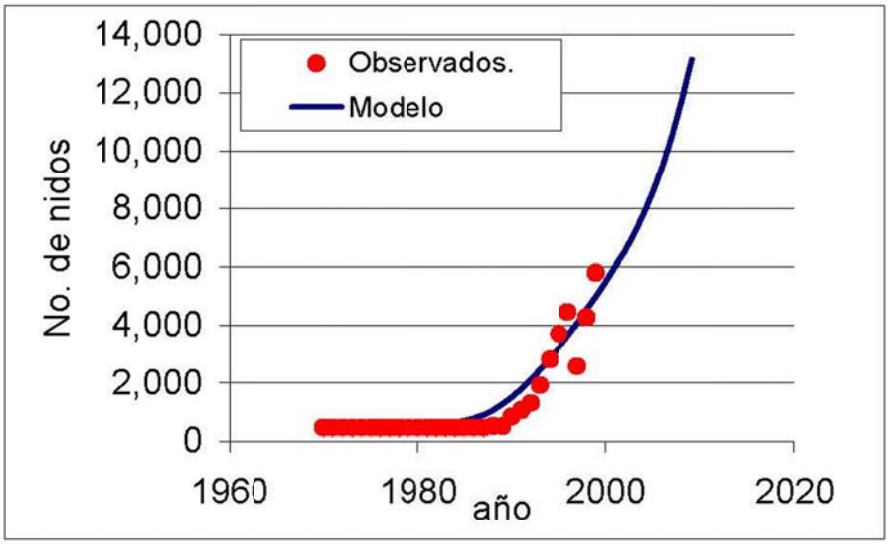


Fig. 8. Resultados del ajuste del modelo al número de nidos que se han registrado en la Península de Yucatán durante más dos décadas.

• Parentela-progenie (Stock-reclutamiento)

El reclutamiento de mañana depende de la reproducción de hoy. Es por eso que la relación entre el número de huevos y el pronóstico de los reclutas que pueden producir es importante en la dinámica de una población. El modelo de Beverton y Holt supone que aunque aumente el número de huevos llega el momento que el número de reclutas no se incrementa. Este concepto ecológico es básico, ninguna población puede seguir creciendo al infinito. El tamaño de una población puede llegar hasta cierto limite que le impone la capacidad de carga del sistema que la alberga, que tiene recursos limitados para mantener a dicha población. Las ecuaciones usadas de Mace y Doonan (1988) tienen dos parámetros que representan esos limites, en este

caso estos valores fueron asignados de manera arbitraria, la B_0 (3'000,000 de huevos) es la producción de huevos de una población sin expotar, esto es aproximadamente entre tres y cuatro veces el número de huevos que se registraron en 1999. Es posible que se esté subestimando la producción de huevos que esta población pudo o podría tener antes de que empiecen a actuar procesos de densodeperdencia que son los que pueden limitar el tamaño de la población. Al igual R_0 tiene un valor de 2 reclutas por cada 1000 huevos (según los datos este valor es bastante conservador). Para este parámetro los datos que se tiene sobre el reclutamiento, esto es la producción de huevos de toda la Península y la extrapolación a toda el área de la península de los datos de densidad de la primera edad (organismos de 24 cm) que fueron registrados durante tres años en el área de forrajeo de Río Lagartos nos indican cierto ajuste (Fig. 9). Por otra parte, en un horizonte de tiempo de 40 años el valor asignado a B_0 no es un problema.

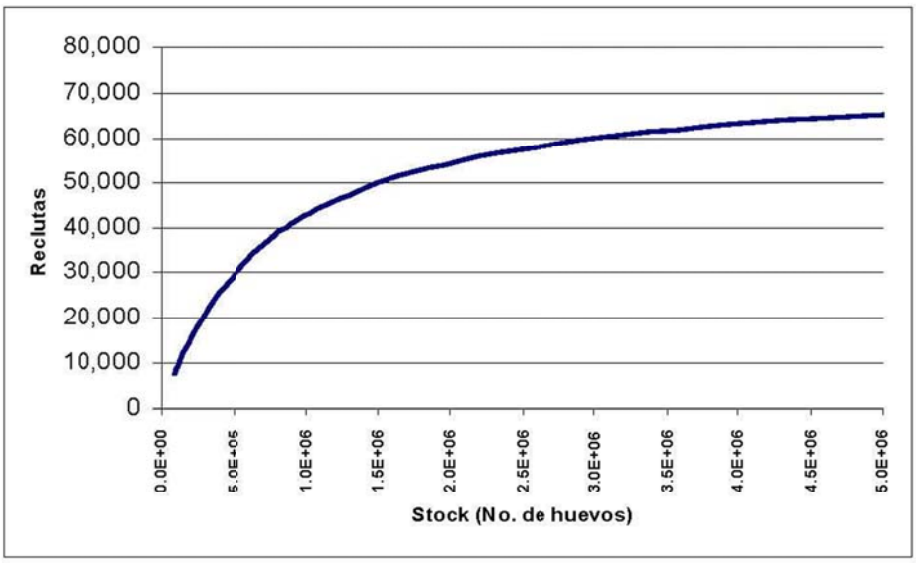


Fig. 9. Relación Stock-reclutamiento con *a* partir de Bo = 3'000,000, Ro = 60,000, z = 0.55. Los datos observados son la densidad observada de tortugas de la clase de edad (24 cm) en Río Lagartos extrapolada a toda la península, de los años 1997, 98 y 99 los círculos consideran el número de huevos de un año antes y los cuadros de 2 años antes.

- **Densidad de juveniles**

Otra predicción que se obtuvo de modelo es la cantidad de organismos de diferentes edades, a partir de ésta calculamos la densidad tomando en cuenta los trabajos en Río Lagartos (Garduño *et al.*, 1999) la densidad de tortugas de la clase de edad uno a la seis (Fig. 6) esta cercana a las 23 tortugas/ km^2 (Tabla 1) lo que concuerda con la salida del modelo para el año 2000.

PERSPECTIVAS:

Durante las últimas tres décadas cientos de mexicanos se han empeñado en la protección de las tortugas marinas en cientos de kilómetros de playa de litoral del país, en la actualidad se instalan cada año más de un centenar de campamentos, algunos de manera muy precaria, pero otros tienen instalaciones y equipos que permiten desarrollar además de la vigilancia proyectos de investigación. En el caso de la península de Yucatán es reconocido que cada año aumenta la cantidad de nidos que se registran en la playa esto parece

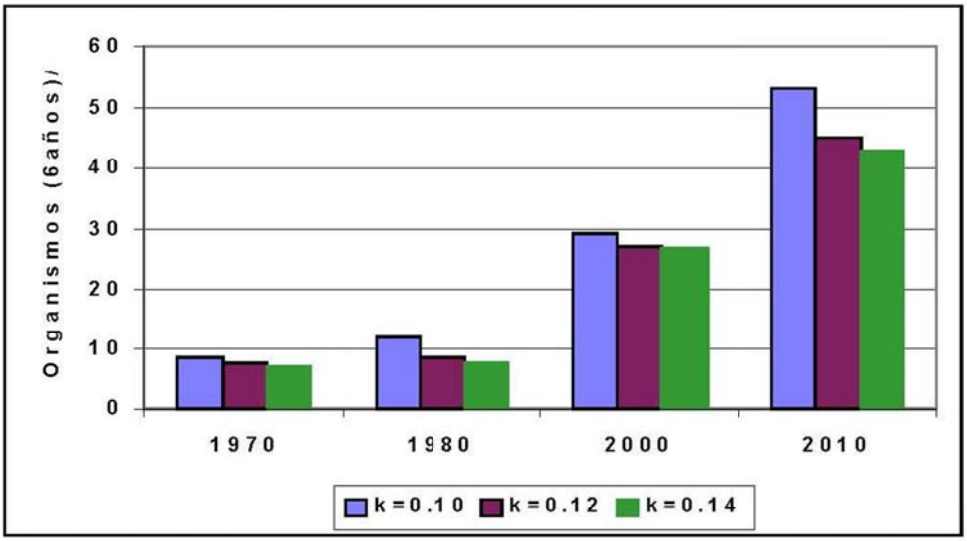


Fig. 10. Salidas del modelo estructurado por edades, abundancia de organismos de las 6 primeras clases de edad entre el área total de la península a la profundidad de 7 m, lo que da una densidad de entre 20 y 30 ind./ km^2.

Tabla 1. Resultados de muestreos directos con buceo frente a Río Lagartos, organismos de entre 22 cm hasta 68 cm que se encuentran en las primeras 6 clases de edad. Tomado de (Garduño *et al.*, 1999).

Región	Area (km^2) (1-7 m)	Densidad media (ind / km^2)	Abundancia (Tortugas)	%
A	61	**9**	555	**7**
B	62	**52**	3194	**38**
C	62	10	650	8
D	62	26	1595	19
E	62	25	1550	19
F	61	13	813	10
Total	370	X = 23	**8,356**	100

ser un indicador de un crecimiento de la población de tortugas (Garduño *et al.*, 1999). Esta respuesta no sólo se ha dado en la especie de carey sino también en las especies lora y blanca del Golfo y Caribe que están sometidas a los mismos esquemas de manejo que la tortuga de carey.

Aunque gran parte de las playas están dentro de áreas protegidas no se debe dejar de mencionar que aun éstas están expuestas a la degradación tanto por procesos antropogénicos como naturales (huracanes), y ya que las tortugas han evolucionaco con los segundos, es importante entonces recalcar que las afectaciones de las playas por la intervención del hombre se ven como un serio riesgo para la subsistencia de los quelonios. La construcción de hoteles en Quintana Roó ha ocasionado la pérdida de importantes playas para desove (Cancún y recientemente Xcacel), la construcción de toda clase de instalaciones que acompañan el desarrollo turístico como luces, malecones, barreras, etc. son un factor que afecta de manera negativa a las tortugas durante la época de desove y durante el nacimiento de las crías. En Yucatán aunque no hay un desarrollo hotelero, las playas han sido invadidas cada vez más, por casas de verano. Éstas destruyen en

su afán de tener un acceso directo a la playa, modifican la duna costera, lo que ha causado inestabilidad en los sedimentos de la playa que se van perdiendo y con ellos posibles zonas de desove.

Ante una política de manejo que parece exitosa y que ha puesto a México como un líder en la protección de las tortugas en el ámbito mundial, parece obvio que una de las recomendaciones sería continuar en el mismo camino y en dado caso reforzarla para que fuera mejor, ésto pasa en gran medida por el establecimiento y/o consolidación de campamentos en mayor número de playas. Sobre todo en áreas en donde todavía prevalece el saqueo y la matanza de tortugas en las mismas.

Ante una política de manejo que parece exitosa, sería recomendable continuar en el mismo camino que ha puesto a México como un líder en la protección de las tortugas en el ámbito mundial

REFERENCIAS

Carr, A. 1986. New Perspectives on the Pelagic Stage of Sea Turtle Development. NOAA Tech. Mem. NMFS-SEFC.

Collard, S.B.& L.H. Ogren. 1990. Dispersal scenarios for pelagic post-hatching sea turtles. Bull. Mar. Sci. 47(1):233-243.

Garduño A., M. 1999. Nesting of the hawksbill turtle, *Eretmochelys imbricata*, in Río Lagartos, Yucatán, México, 1990-97. Chelonia Conservation and Biology. Intern. Jour. Turtle and Tortoise Res. 3(2):281-285.

Garduño A., M. 2000. Ecología de la tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en la zona de Las Coloradas, Yucatán México. CRIP-Yucalpeten. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca. (inédito).

Garduño, M. & E. Cervantes. 1997. Influencia de la temperatura y la humedad en la sobrevivencia en nidos in situ y en corral de tortuga de carey (*Eretmochelys imbricata*) en Las Coloradas, Yuc. Ciencia Pesquera, INP/SEMARNAP, 12:90-97.

Garduño, M., V. Guzmán, E. Miranda, R. Briseño & A. Abreu. 1999. Increases in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nestings in the Yucatán Peninsula, México, 1977-1996: data in suport of successful conservation?. Chelonia Conservation and Biology . Intern. Jour. Turtle and Tortoise Res. 3(2):286-295.

Garduño, M., A. Maldonado & R. I. Lope. 2000. Ecologia de la tortuga de carey en las áreas de forrajeo de Río Lagartos, Yucatán. Informe Final. CONABIO/INP. (inédito).

Groombridge, B. & R. Luxmoore. 1989. The green turtle and hawksbills (Reptilia:Cheloniidae): world status, exploitation and trade. CITES. pp:348-367.

Márquez M., R. 1976. Estado actual de la pesquería de las tortugas marinas en México, 1974. Inst. Nal. de Pesca, México. Serie Inf. INP/SI 83:1-22.

Meylan, B. A. 1999. Status of the hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata)* in the Caribbean region. Chelonia Conservation and Biology . Inter. Jour. Turtle and Tortoise Res. 3(2):177-184.

laúd
tortuga
tortuga
tortuga laúd
tortuga laúd
laúd
laúd
tortuga
tortuga laúd
laúd
tortuga
tortuga
tortuga
tortuga
Tortuga laúd

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA TORTUGA LAUD

ESPECIE: tortuga laud (*Dermochelys coriacea*).

- Es la tortuga marina mas grande del mundo y se distribuye en aguas templadas y tropicales. En México anida desde Todos Santos, B.C.S. y al sur de Guaymas, Son. hasta Puerto Madero, Chis.
- Los censos de 1982 mostraron que la zona entre Maruata, Mich. y el Istmo de Tehuantepec albergan a la mayor población anidadora de esta especie. A partir de ese año la especie ha mostrado un decremento.
- No ha existido una pesquería dirigida a esta por su baja abundancia y por la calidad de su carne y piel, sin embargo os huevos si tiene valor comercial y el saqueo es del 100% en aquellas playas que no tienen vigilancia. Lo anterior y la pesca incidental han mermado la población.
- Se desconocen muchos aspectos de su biología por la ausencia de registros de juveniles y adultos.
- Mexiquillo, Mich. constituye la única playa de anidación que ha mantenido un programa de conservación continua.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a protecciór especial. En 1996-1997 se contabilizaron en el Pacífico mexicano 981 nidos que representaron a 236 hembras y en 1998-1999 se contaron 1125 nidos y 225 hembras.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Conteos directos para estimar el número de hembras anidadoras.

ESTADO DEL RECURSO

- En peligro de extinción.

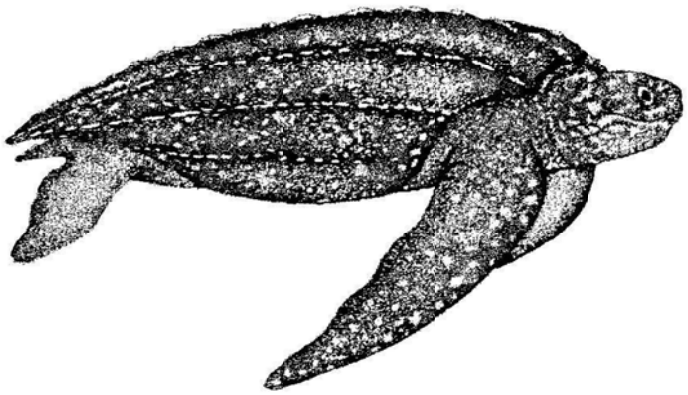
MEDIDAS DE MANEJO

- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies ce tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayc 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Protección y recuperación de la población.

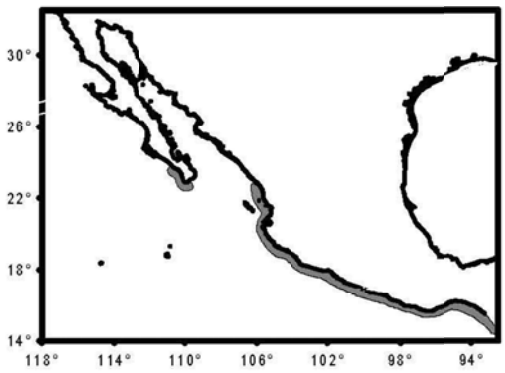
TORTUGA LAÚD



Dermochelys coriacea

EL RECURSO:

IMPORTANCIA



La tortuga laúd es la única especie viviente de la familia Dermochelyidae. El primer informe sobre su anidación en el Pacífico mexicano fue realizado por Márquez (1976), quien mencionó que la playa de San Juan Chacahua, Oax. (15º 57' N, 97º 41' O -15º 56' N, 97º 33' O) era la más importante para México con 2,000 hembras ca da temporada. Reconoció a Maruata (18º 15' 30" N, 103º 21' O), Colola (18º 18' N, 103º 26' 45" O) en Michoacán, Piedra de Tlacoyunque (17º 16' N, 101º 03' O - 17º 13' N, 105º 56' O) en Guerrero y la Escobilla (15º 42' 10" N, 96º 45' 30" O - 15º 40' 30" N, 96º 38' O) en Oaxaca como playas de anidación para laúd. El mismo autor, en 1981, se refiere a Tierra Colorada, Gro. y Mexiquillo, Mich. como playas de mayor importancia para la espece, haciendo un cálculo aproximado de 3,000 a 5,000 hembras que llegan durante toda la temporada a cada una de estas playas (Márquez *et al.*, 1981). Fritts *et al.* (1982) mencionaron la anidación de laúd en una playa a 15 Km. al sur de Punta Marqués (22º 48' N, 111º 53' O) en Baja California, siendo ésta la playa más septentrional de anidación de esta especie en México. Posteriormente Pritchard (1982) realizó un censo aéreo para estimar el tamaño de la población que anida en el Pacífico mexicano. Debido a la alta densidad de anidación, el autor menciona, que no fue posible contar los nidos. Sin embargo, afirmó que la zona comprendida entre Maruata, Mich. (18º 15' 30" N, 103º 05' 23" O) y el Istmo de Tehuantepec, Oax. (16º 10' 00" N y 95º 00' 00" O) alberga a la mayor población anidadora de *Dermochelys coriacea* a nivel mundial, estimándola en 75,000 hembras, que representaba el 65.2% de la población total en ese año. A partir de entonces y hasta la fecha la especie ha mostrado un decremento alarmante.

La tortuga laúd es la única especie viviente de la familia Dermochelyidae. A partir de 1982, se ha observado un decremento de su población, poniéndola en peligro de extinción

No ha existido una pesquería dirigida a esta especie dada su poca abundancia con respecto a las demás especies de tortugas marinas en nuestro país, y a que la carne y la piel no han sido muy apreciadas para consumo humano. Sin embargo, aún a la fecha los huevos sí tienen valor comercial por lo que, a pesar

de estar prohibida la extracción de éstos de las playas, el saqueo puede alcanzar hasta el 100% de cualquier playa de anidación, si no existe vigilancia. Esto, además de la pesca incidental que se da en áreas del Pacífico oriental, tal como Hawaii, Chile y Perú, ha provocado que la población, no sólo de México sino del Pacífico Oriental, se encuentre en una situación de peligro crítico (Wetherall *et al.*, 1993).

BIOLOGÍA

La tortuga laúd es la mas grande del mundo; se encuentra en aguas templadas y tropicales, aunque prefiere playas tropicales para anidar

La tortuga laúd es la más grande del mundo; llega a medir hasta 190 cm de longitud central de caparazón en medidas curvas, y puede pesar hasta 900 kg. Tiene una distribución mundial, encontrándosele desde aguas templadas hasta tropicales, aunque prefiere playas tropicales para anidar.

En México, anida a lo largo de todo el litoral del Pacífico, desde Todos Santos en la Península de Baja California, y al Sur de Guaymas, Son., hasta Puerto Madero, Chis. (Fig.1). Recientemente se han registrado hasta en 61 playas a lo largo del Pacífico mexicano (Sarti *et al.*, 1998), sin embargo, el 45% del total de las anidaciones anuales se concentran básicamente en tres playas: Mexiquillo, Mich., Tierra Colorada, Gro. y Llano Grande, Oax. Las playas de Chacahua, y Barra de la Cruz, Oax., así como Zacatosa, Mich., Playa Ventura, Gro., y Todos Santos, BCS, de importancia secundaria, suman el 25% de la anidación (Sarti *et al.*, 1998).

Fig. 1. Distribución de la anidación de tortuga laúd en el Pacifico mexicano.

La temporada de anidación va de octubre a marzo con un pico en enero. Cada hembra pone en promedio cinco nidadas, pero pueden poner hasta 11. Una vez que acaban sus desoves, las hembras se dirigen hacia sus áreas de alimentación en el sur, alcanzando aguas chilenas o bien cruzando el oceáno hacia las islas Fidji. Su alimentación se basa en medusas, por lo que presentan migraciones diarias a grandes profundidades siguiendo a los grupos de hidrozoarios (Eckert *et al.*, 1989). Una vez terminada su temporada de anidación, las hembras migran hacia el Sur llevando una ruta claramente definida (Eckert y Sarti, 1997).

La temporada de anidación va de octubre a marzo con un pico en enero. Cada hembra pone en promedio cinco nidadas, con un máximo de 11

Esta especie de tortuga, como la mayoría de las tortugas marinas, sale de noche a desovar. Las hembras salen del agua y ascienden sobre la playa con movimientos lentos. En el sitio donde construirán sus nidos, remueven la arena seca superficial con las aletas anteriores. Posteriormente, con movimientos suaves parecidos a los de una pala mecánica, cavan con las aletas traseras un hoyo de aproximadamente 80 cm de profundidad. Cuando va a dar inicio el desove cubren la entrada del nido con una de las dos aletas posteriores y permanecen quietas. Esta especie de tortuga pone en promedio 60 huevos, y a diferencia de las demás, pone unas estructuras de menor tamaño que los huevos con yema, compuestas solamente de clara y cubiertas de cascarón; estas estructuras no contienen yema y se les ha llamado "huevos corales" o "huevos inviables".

Los huevos se incuban en la arena por 60 días en promedio. Cumplido este periodo, las crías, de cinco cm de longitud, emergen a la superficie normalmente durante las primeras horas de la noche y se dirigen al mar. La temperatura de incubación juega un papel muy importante en la determinación del sexo. Si los huevos son incubados a temperaturas alrededor de los 30°C se producirán hembras, y si son incubados a temperaturas alrededor de 27°C, las crías producidas serán machos.

Los huevos se incuban en la arena durante 60 días en promedio. La temperatura de incubación determina el sexo: alrededor de los 30 °C se producen hembras; alrededor de los 27 °C produciran machos

En su recorrido al mar, las crías enfrentan gran cantidad de depredadores como son los cangrejos, algunas aves, y en playas con asentamientos humanos cercanos a las playas, perros y en ocasiones cerdos. Entrando al mar, sus principales depredadores son peces carnívoros y tiburones. Se sabe, por observación directa, de un ataque de orca en el que una hembra adulta fue devorada por este mamífero marino (Sarti *et al.*, 1994a). Nada se sabe de sus hábitos y hábitats en etapa juvenil, y poco en su etapa adulta. Asimismo, no se sabe en cuantos años alcanza su edad de madurez sexual ni cuantos años puede vivir.

El gran tamaño de sus pulmones le permite hacer profundas y prolongadas inmersiones. Se ha detectado que puede alcanzar los 1,000 metros en 20 minutos, realizando mayor cantidad de inmersiones durante la noche, probablemente siguiendo las migraciones verticales diarias de las medusas, base de su alimentación.

La tortuga laúd, es la única tortuga que no tiene el caparazón duro. En cambio cuenta con un caparazón consitutido por pequeñas placas oseas recubiertas por una piel coriacea que le da la apariencia de cuero suave. Es la especie de reptil de mayor tamaño

Algunas características corporales y fisiológicas hacen a la tortuga laúd diferente de las demás especies de tortugas marinas. Entre las más sobresalientes están su capacidad de conservar el calor corporal, mediante un sistema parecido al de algunas aves y mamíferos marinos. Este sistema de conservación del calor corporal por contracorriente, es ayudado por la grasa corporal, la actividad muscular y el color de su cuerpo. Todo esto le permite nadar en aguas templadas y frías, como son las áreas adyacentes al Reino Unido y en la parte sur de Chile. Otra diferencia es la textura suave y lisa de su caparazón. Éste no está formado por placas óseas cubiertas por escamas, sino que cuenta con infinidad de pequeñas placas dérmicas hexagonales que juntas conforman el caparazón, en forma de laúd, con siete quillas longitudinales. Este caparazón está cubierto por una capa de grasa y un cuero o piel que le da una consistencia suave y blanda; de aquí el origen de su nombre científico: *Dermochelys coriacea* (concha dérmica como de cuero). Esta característica hace muy difícil su conservación mediante técnicas de taxidermia.

Referencia Taxonómica de la Especie
Clase: Reptilia
Subclase: Anapsida
Orden: Testudines
Suborden: Cryptodira
Familia: Dermochelyidae
Género: *Dermochelys*
Especie: *D. coriacea* (Vandelli, 1761)[1]
No se reconocen actualmente subespecies.

Nombres comúnes en nuestro país: laúd, garapacho, machincuepo, burrón, siete filos, de canal, de altura, de cuero, toro o tora.

[1] Vandelli, 1761. "Epistola de Holoturio et Testudine coriacea ad Celeberrimum Carolum Linnaeaum, Padua: 2 (Maris Tyrrheni oram in agrc Laurentiano)."

TENDENCIAS HISTÓRICAS

Pritchard (1982) estimó que alrededor del 65% de la población mundial se reproducía en el Pacífico mexicano, y durante un censo aéreo documentó la matanza de hembras anidadoras en algunas playas. Usando información de áreas de anidación de Michoacán, Guerrero y Oaxaca, así como de Playa Naranjo, Costa Rica, Pritchard estimó que la población entera de tortuga laúd en el Pacífico oriental estaría conformada por unas 37,000 hembras anidadoras. Sin embargo, a pesar de estos números, aparentemente grandes, la especie se siguió considerando en peligro dadas las amenazas que constituían el saqueo de huevo y la matanza de hembras adultas observada en la mayoría de las playas de anidación.

Pitchard en 1982 estimó que el 65% de la población mundial de esta especie se reproduce en el Pacífico mexicano

Las actividades de conservación de esta especie en el Pacífico mexicano comenzaron a inicios de la década de los 80's, en playas como Barra de la Cruz y Bahía de Chacahua, Oax., Tierra Colorada, Gro. y Mexiquillo, Mich. (Márquez *et al.*, 1981). El Playón de Mexiquillo constituye la única playa de anidación en México que ha mantenido un programa de conservación continuo por más de quince años, por lo que se considera como la playa índice. Al observar el drástico decremento de nidos y hembras en esta playa se inició una investigación para la evaluación de la población a lo largo de todo el litoral del Pacífico mexicano, abarcando en los últimos dos años las costas de Centroamérica; para ello se han realizado censos de rastros, tanto aéreos como de verificación terrestre y marcado de hembras en playas clave.

Los resultados de estos censos muestran un muy bajo número de anidaciones a lo largo del Pacífico, desde 5,354 nidadas dejadas en 1995-1996 a 981 nidadas dejadas en 1996-1997, con fluctuaciones alrededor de 1,400 anidaciones, representando de 1,093 a 236 hembras que anidaron en estas temporadas (Fig. 2). Este número se encuentra muy por debajo de los reportados previamente y representan una drástica declinación en el tamaño de la población de laúd en el Pacífico.

Los censos áereos muestran un decremento de la población: de 5,354 nidadas durante 1995-1996 a 981 nidadas en 1996-1997, representando de 1,093 a 236 hembras que anidaron en estas temporadas

En la *figura 2* se aprecia que los valores alcanzados para todo México en 1995-1996, son comparables con la información de una sóla playa en 1986. De acuerdo con Sarti *et al.*, (1994b), el colapso de la población puede ser atribuído a:

1. Captura incidental de adultos o juveniles en pesquerías en alta mar.
2. Saqueo de huevo y hembras en las playas de anidación previó al inicio de los trabajos de protección.
3. Fluctuaciones naturales en el número de hembras anidadoras debido a factores desconocidos.

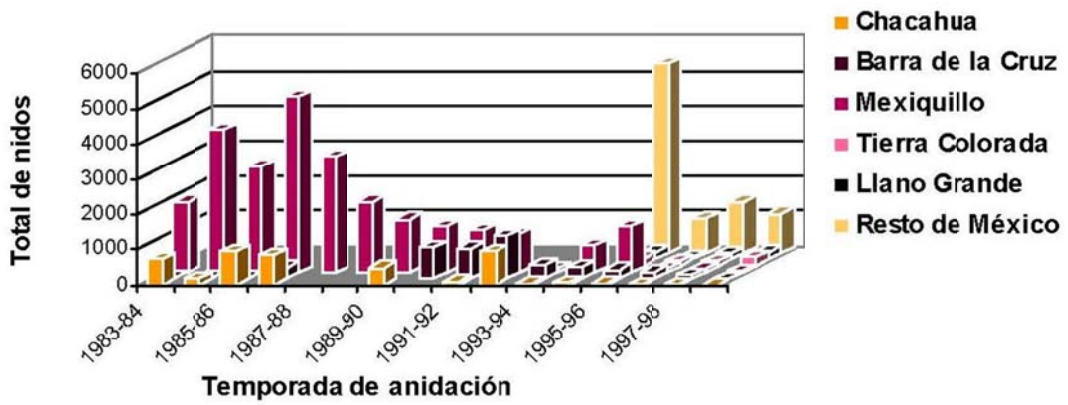


Fig 2. Declinación de la población de laúd en el Pacífico mexicano. Datos tomados de Aguilar *et al.*, 1993; Alvarado *et al.*, 1994; López *et al.*, 1991, 1992; Cruz y Ruiz, 1984; Sarti *et al.*, 1993 y Sarti *et al.*, 1999).

La actual declinación de las poblaciones anidadoras de México y Costa Rica ha causado gran preocupación sobre el futuro de la laúd del Pacífico, y ha motivado nuevas estrategias de conservación

Pesca incidental

Los principales artes de pesca involucrados en la captura incidental de las laúdes son los palangres o línea larga, las redes de deriva y las redes agalleras, siendo la principal la primera. Al parecer las luces químicas que atraen a los peces funcionan de igual forma con las laúdes, provocando que éstas se enganchen, enreden y ahoguen. Poca información existe sobre los niveles de captura incidental y la mortalidad causada por ésta, pero se ha documentado la presencia de laúdes mexicanas en la pesquería del pez espada en aguas chilenas y del Pacífico Norte (Frazier y Montero, 1990., Márquez y Villanueva, 1993. Dutton *et al.*, 1999) La *figura 3* muestra el incremento en el esfuerzo pesquero en Chile, contra las anidaciones en la playa de Mexiquillo (Eckert y Sarti, 1997).

Aspectos socieconómicos

La carne de tortuga laúd no es muy apreciada por los pobladores locales; sin embargo, el huevo sí ha sido fuertemente saqueado de las playas de anidación. El precio por huevo varía durante y entre temporadas dependiendo de la oferta, de la demanda y de la abundancia, representando buenos ingresos, y en ocasiones los únicos, para pobladores locales que carecen de alternativas económicas. Durante la temporada 1999-2000 el precio alcanzado fue de hasta $1.00/huevo; cada hembra pone en promedio 60 huevos, representando la misma cantidad que el salario de una jornada de 8 horas. Una nidada puede obtenerse en menos de la mitad del tiempo total de una jornada, con la oportunidad de sacar más de una nidada. Desde el punto de vista de los pobladores locales, esto vale la pena a pesar de la competencia por la presencia de otros saqueadores, y del riesgo que se corre al encontrase con autoridades militares que decomisen la nidada, e incluso ser arrestado.

La carne de la tortuga laúd no es muy apreciada, sin embargo, los huevos representan buenos ingresos y en ocasiones los únicos para pobladores locales

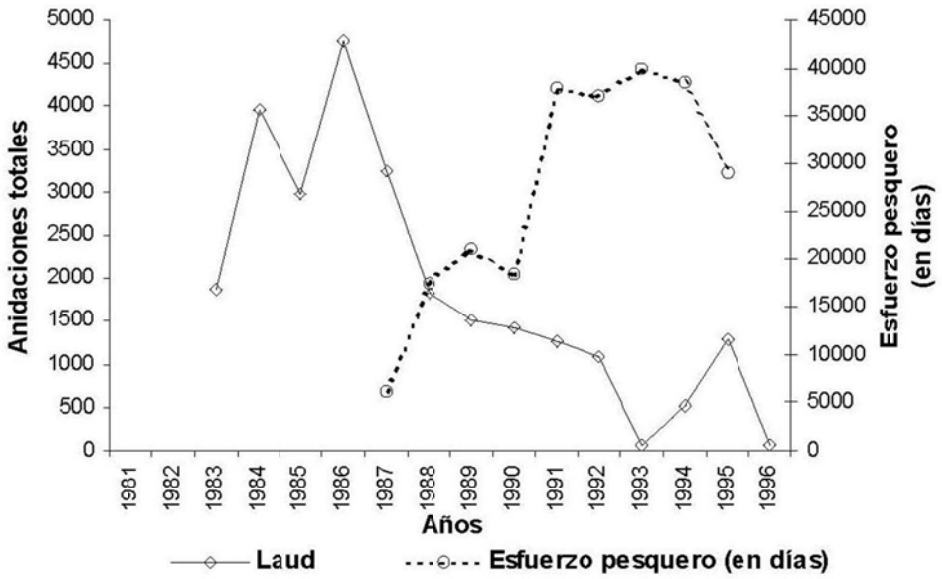


Fig. 3. Decremento del número de anidaciones en la playa de Mexiquillo e incremento en el esfuerzo pesquero en Chile.

▼ *Infraestructura de investigación o turistica*

En la mayoría de las playas principales de anidación de laúd no se cuenta con la infraestructura básica necesaria para hacer actividades de protección o investigación. En general, cada temporada de anidación se construyen casas de palapa en la playa al pie del vivero, con el fin de vigilarlo de los saqueadores. Aunque se tienen casas cercanas a la comunidad, por éstas se paga renta o se tienen prestadas por el periodo que dura la temporada. Estas instalaciones no cuentan con servicios de luz eléctrica, agua potable o drenaje. A pesar de ello, los campamentos temporales y rústicos proporcionan abrigo y un lugar para guardar el equipo que se usa en las investigaciones realizadas. No existe afluencia turística a estos sitios. Voluntarios nacionales e internacionales participan, por períodos largos, en las actividades de protección y se adaptan a las condiciones antes mencionadas.

La protección de nidos e investigación en las playas de anidación no cuenta con una infraestructura adecuada

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

La carne de la tortuga laúd no ha sido apreciada, por lo que no ha pasado por pesquerías dirigidas directamente al recurso. Sin embargo, la tortuga laúd queda regulada dentro de la mayoría de las leyes que protegen las demás especies de tortugas marinas en nuestro país. Dentro de las principales y directamente involucradas con esta especie se presentan en la *tabla 1*.

Tabla 1. Principales medidas de regulación y protección impuestas desde 1927 a 1996.

Medida	Año
Prohibición de posesión o consumo de huevo	1927
Veda total de captura para tortugas marinas	1971-1972
Prohibición de captura, posesión o consumo de carne o piel de tortuga laúd	1972
Inicio de los trabajos de protección en la playa de Mexiquillo	1982
Decreto de 17 playas como Zonas de Refugio para las tortugas marinas, en el que están incluidas dos de las tres principales playas de anidación de laúd y algunas playas secundarias	1986
Veda total y permanente para todas las especies de tortugas marinas	1990
NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de fauna y flora en peligro de extinción	1994
Incorporación del Proyecto Laúd al Programa Binacional Mex-US Pacífico	1996

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

En tortugas marinas se ha utilizado el número de nidos en una playa dada como un indicador de la abundancia. En tortuga laúd la estimación de parámetros tales como sobrevivencia, edad de madurez sexual, mortalidad, reclutamiento, etc. es difícil de realizar; aunado a esto, los programas de laúd son los más recientes en el mundo teniendo en promedio 20 años de haberse iniciado las investigaciones de esta especie, por lo que no es sino hasta los últimos años que se ha empezado a generar información más precisa al respecto. Para el análisis poblacional se ha usado, para cada temporada y playa: el número total de anidaciones y nidadas, el número de hembras marcadas, el número promedio de nidadas que cada hembra deja, y el intervalo de tiempo que transcurre entre una puesta y otra.

▼ *Modelo*

El modelo utilizado en los últimos años para evaluar la abundancia de hembras se basa en el conteo de nidos y nidadas (Sarti *et al.*, 1996); actualmente se está mejorando y evaluando la varianza y la incertidumbre del modelo por Sarti y colaboradores (*en prep*). El modelo utilizado hasta la fecha estima el número de hembras anidadoras en todo el litoral del Pacífico mexicano para una temporada dada, a partir del conteo de nidos a lo largo de la costa, mediante un recorrido aéreo una vez que el pico de la temporada de anidación ha pasado, así como el conteo diario de éstos en las playas de mayor importancia por su gran abundancia, consideradas "playas índice", en las cuales se realizan conteos de nidos diariamente durante la temporada de anidación. En estas playas se realiza también un censo de verificación del censo aéreo, en el cual se cuentan todos los nidos que han sido construidos durante la temporada y que aún son visibles el día del censo aéreo.

El total de nidos contados diariamente en las playas índice, el total de nidos que resultan al final de la temporada de anidación en estas mismas playas, el censo de verificación del censo aéreo y el conteo aéreo en estas playas índice constituyen los parámetros que ayudarán a estimar el total de nidos construidos durante toda una temporada de anidación en playas "no índice", es decir, donde la abundancia de anidaciones es menor, y en donde no se tiene trabajo en tierra. El total de nidos para estas áreas se basa en el conteo realizado desde el aire y considerando las tres fuentes de error obtenidas de las playas índice:

1) pérdida de camas debido al intemperismo, causando que no todos los nidos construidos hasta la fecha del censo aéreo sean aún visibles y por lo tanto no fueran contados durante el censo terrestre de verificación (E1) (pérdida de nidos por intemperismo)
2) pérdida de camas todavía visibles el día del censo aéreo debido a la dificultad de observación desde la avioneta (E2) (error de observación desde el aire)
3) conteos subestimados en la temporada debido a la anidación ocurrida después del censo aéreo (E3) (la temporada de anidación no ha terminado aún).

Los parámetros utilizados para la estimación de los factores de corrección de los tres errores descritos son:

gi = conteos terrestres diarios en las playas clave
ga = conteo aéreo en las playas índice
gv = verificación terrestre del censo aéreo en las playas clave
i = día x
c = fecha del censo aéreo
ft = fecha del final de la temporada

Los factores de corrección para E1, E2 y E3 se obtuvieron de las playas índice o secciones de playa (p = 1, 2, 3,..... P), dependiendo de las diferencias en el perfil y densidad de anidación. Ambas características pueden afectar la prevalencia de nidos o el conteo desde el aire. Los factores de corrección fueron calculados usando las siguientes fórmulas:

$$E1 = 1 - \left(\sum_{p=1}^{P} gv_c \Big/ \sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{c} gi \right) \quad \text{.....(a)}$$

$$E2 = 1 - \left(\sum_{p=1}^{P} ga_c \Big/ \sum_{p=1}^{P} gv_c \right) \quad \text{.....(b)}$$

$$E3 = \left(\sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{c} gi \Big/ \sum_{p=1}^{P} \sum_{i=1}^{ft} gi \right) * 100 \quad \text{.....(c)}$$

El total de nidos construidos en las playas no índice (nb), fue estimado a partir de los conteos aéreos y la corrección de los tres factores con la fórmula:

$$nb = (((b * (E1 + E2)) + b) * 100) / E3 \quad \text{.....(1)}$$

El total de nidos construidos (N), en toda el área censada en la temporada fue calculada con la fórmula:

$$N = \sum nb + \sum_{i=1}^{ft} gi \quad \text{.....(2)}$$

El promedio del porcentaje de puestas exitosas (R), fue calculado del total de actividades de anidación observadas (*j*), en las playas índice y del total de actividades observadas con puesta exitosa (h), es decir, cuando la tortuga construye un nido y desova.

$$R = h / j \quad \text{.....(3)}$$

El número total de nidadas (H) dejadas en el Pacífico mexicano fue calculado del total de nidos construídos (N), y el promedio del porcentaje de puestas exitosas (R),

$$H = N^* R \quad \text{.....(4)}$$

El total del número de hembras (F), que anidaron en el Pacífico mexicano se estima a partir del número de nidadas (H), y el promedio de la frecuencia de puesta observada y estimada (C_o y C_e, respectivamente) con la fórmula:

$$F = H / C \quad \text{.....(5)}$$

La frecuencia de puesta observada (C_o), es el promedio del número de veces que las hembras individualmente son vistas realmente dejando huevos. La frecuencia de puesta estimada (C_e), es el número promedio de nidadas de cada hembra considerando anidaciones no observadas y que seguramente ocurrieron entre las anidaciones observadas. Esta estimación fue hecha para las hembras marcadas en todas las playas clave considerando los siguientes supuestos y condiciones:

a) La primera oviposición observada para cada hembra es la primera en la temporada.
b) La última oviposición observada para cada hembra es la última de la temporada.
c) Solo las oviposiciones son consideradas.
d) No existe emigración ni inmigración en el Pacífico mexicano durante la temporada reproductiva, aunque movimientos de las hembras entre las playas índice pueden ocurrir.
e) El número máximo de anidaciones consecutivas estimadas por hembra es de dos, considerando el promedio de intervalo de puesta para esa hembra.

Las hembras que no cumplieron con estas consideraciones no fueron tomadas en cuenta para la estimación.

▼ *Estado actual de la tortuga laúd*

La tortuga laúd (*Dermochelys coriacea*), el reptil viviente de mayor tamaño, se considera como una especie en peligro de extinción (Diario Oficial de la Federación, 1994; U.S. Department of the Interior & U.S. Fish & Wildlife Service, 1987; Goombricge, 1982). La tortuga laúd del Pacífico mexicano está actualmente en peligro serio de desaparecer; el decremento sufrido en la última década es superior al 90%, de 5000 anidaciones registradas en 1986 en la playa de Mexiquillo, a 46 registradas en 1999 en la misma playa (Figs. 2 y 3). Los resultados de los últimos cinco años para todo el Pacífico mexicano se muestran en la *tabla 2*.

La población de la tortuga laud esta en peligro de extinción; el decremento en la última década es superior al 90%. Esta condición no es exclusiva de nuestro país

Los 5,354 nidos estimados para todo el Pacífico mexicano en la temporada 1995-1996 son comparables con los ocurridos en la playa de Mexiquillo en 1986-1987, mientras que los 1,125 nidos estimados en la última temporada representan la quinta parte de los ocurridos en todo el Pacífico mexicano tres temporadas de anidación previas. Esta no es una condición exclusiva para nuestro país; la situación en Centroamérica no es más alentadora. El decremento sufrido en las anidaciones en Playa Grande, Costa Rica, es similar a la de nuestro país: de 1,600 hembras en 1988-1989 a 202 hembras en 1993-94 (Steymark *et al.*, 1996; Sarti *et al.*, 1999).

Tabla 2. Número de nidos y estimación de hembras últimos cinco años.

TEMPORADA DE ANIDACIÓN	NIDOS	HEMBRAS ESTIMADAS	REFERENCIA
1995-1996	5,354	1,093	Sarti, *et al*, 1996
1996-1997	981	236	Sarti *et al*, 1997
1997-1998	1,448	230	Sarti *et al*, 1998
1998-1999	1,125	225	Sarti *et al*, 1999

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

El primer intento de evaluar la población en todo el Pacífico mexicano se vió obstaculizado por la diferencia en métodos empleados por cada grupo de trabajo por lo que fue necesario la realización de talleres de estandarización de métodos de campo, términos y definiciones, así como talleres de entrenamiento en técnicas de protección para el fortalecimiento de programas de protección e incubación de huevos. Asimismo, fue necesario establecer, con carácter de permanente, el programa de monitoreo de la población mediante censos diarios de rastros de hembras en playas clave, censos aéreos abarcando toda la costa del Pacífico mexicano y marcado intensivo de hembras empleando diferentes sistemas de marcado (marcas Monel, PIT's y fotoidentificación).

Para evitar que las laúdes desaparezcan de nuestras costas y lograr su recuperación, es prioritario:

- Que México reconozca su compromiso con la recuperación de esta población .
- Continuar, en un proyecto de largo plazo, con la protección de nidadas en playas clave.
- Incrementar los programas de vigilancia en playas, caminos y mercados, haciendo cumplir las leyes existentes acerca de la prohibición de captura y comercio de huevos y carne de tortuga.
- Mantener por varios años el monitoreo de la población.
- Incrementar y mejorar las investigaciones sobre el éxito del desarrollo embrionario y uso de hábitat, así como fomentar los estudios sobre la fase pelágica de esta especie.
- Involucrar a las autoridades locales en el Programa de Protección.
- Intensificar el trabajo de concientización, principalmente entre los pobladores adyacentes a las playas de mayor importancia.
- Fomentar y permitir la participación de los pobladores de las comunidades adyacentes a las playas de anidación en los programas de protección.
- Brindar cuidado especial a playas susceptibles de desarrollo urbanístico y/o turístico.
- Incrementar estudios del ciclo de vida de esta especie.
- Promover convenios nacionales e internacionales con las autoridades y países involucrados en la problemática de la laúd, que permitan:
  - El fortalecimiento del programa mediante el establecimiento de campamentos en términos de infraestructura, equipamiento y capacitación de técnicos.
  - Evaluar, regular y minimizar la captura incidental.
  - Intercambio de experiencias técnicas con especialistas de otros países e instituciones.
- Establecimiento de un Plan Regional de Recuperación de la Población del Pacífico oriental

▼ *Conclusiones*

1. La población de tortuga laúd en el Pacífico mexicano se encuentra en grave riesgo de desaparecer a pesar de los esfuerzos de protección realizados hasta ahora.
2. Las playas Llano Grande, Tierra Colorada y Mexiquillo son las playas prioritarias para la anidación de la tortuga laúd en nuestro país, siendo las playas de Barra de la Cruz y Chacahua,Oax., Playa Ventura, Gro., y Agua Blanca, BCS, consideradas como playas secundarias. Todas éstas requieren programas de protección de huevos, hembras y crías.
3. A pesar de los esfuerzos de protección de nidadas en las playas y todas las leyes existentes, aún se observa saqueo de huevos y matanza de hembras en las playas.
4. Los talleres de estandarizaciór, el entrenamiento de técnicos y el empleo de marcas PIT's, ha resultado positivo en la calidad de la información generada para el monitoreo de la población, y para la producción de crías
5. Los censos aéreos y los censos terrestres, tanto diarios como de verificación del censo aéreo, en playas índice, resultan de gran utilidad en la estimación de hembras para todo el Pacífico
6. No existen playas de nueva colonización a lo largo de todo el Pacífico mexicano, pero sí existen playas de importancia secundaria en algunos paises de Centroamérica que deben de tener mayor atención de protección
7. La mortalidad de hembras anidadoras en México fuera de las áreas de anidación parece ser muy alta basándose en la falta de remigración de las hembras marcadas con PIT's en las últimas 5 temporadas.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi gratitud a las personas que han colaborado en el proyecto de conservación de la tortuga laúd en el Pacífico mexicano: Scott Eckert, por su ayuda en el trabajo de campo desde las etapas tempranas del proyecto, Peter Dutton por su impulso a la conservación de la laúd en el Pacífico oriental y Steve Reilly por su colaboración en el desarrollo del modelo. Especialmente agradezco a Ana Barragán, Patricia Huerta y Francisco Vargas por su dedicación en el desarrollo del trabajo de campo durante muchas temporadas, por su ayuda en el análisis de datcs y por su apoyo incondicional durante muchos años, así como a todos los técnicos de campo, estudiantes y voluntarios que han trabajado en las playas de anidación durante casi dos décadas.

REFERENCIAS

Aguilar, R., H.M., J.G. Soto S. & J.C. Alvarado P. 1993. Informe Final del Programa Nacional de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Chacahua, Oax., Temporada 92-93. Secretaría de Desarrollo Social. Instituto Nacional de Ecología (inédito).

Alvarado-Padilla, J.C., I. Rojas-Silva, H. Cruz-Reyes & G. Sánchez-Sandoval. 1994. Informe final del Programa Nacional de Protección y Conservación de Tortugas Marinas en Chacahua, Oax., Temporada 93-94. *En:* Res. del XI Encuentro Interuniversitario sobre Tortugas Marinas. San Patricio Melaque, Jalisco, México.

Cruz W., L. & G. Ruiz. 1984 La preservación de la tortuga marina. Ciencia y Desarrollo 56: 66-79.

Diario Oficial de la Federación. 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres, terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Tomo CDLXXXVIII, Núm. 10. 16 de mayo de 1994.

Dutton, P., B. Bowen, D. Owens, A. Barragán & S. Davis. 1999. Global phylogeography of the leatherback turtle (*Dermochelys coriacea*). J. Zool. Lond. 248: 397-409.

Eckert, S., K. Eckert, P. Ponganis & L. Kooyman. 1989. Diving and foraging behavior of leatherback sea turtles (*Dermochelys coriacea*). Can. J. Zool. 67: 2834-2840.

Eckert E. & L. Sarti. 1997. Distant fisheries implicated in the loss of the world's largest leatherback nesting population. Marine Turtle Newsletter 78: 2-7.

Frazier J. & J.L. Brito Montero. 1990. Incidental capture of marine turtles by the sworfish fishery at San Antonio, Chile. Marine Turtle Newsletter 49: 8-13.

Fritts, T.H., M. Stinson & R. Márquez. 1982. Status of sea turtle nesting in southern Baja California, Mexico. Bull. S. Calif. Acad. Sci. 81(2):51-60.

Groombridge, B. 1982. Red Data Book, Amphibia-Reptilia, Part I: Testudines, Crocodylia, Rhynchocephalia. International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN), Gland, Switzerland.

López, S.C., L. Sarti M. & N. García T. 1991. Tortugas marinas de la costa sur del Estado de Michoacán. Informe Final de Biolcgía de Campo 90-91. Facultad de Ciencias, UNAM. México (inédito).

López S. C., L. Sarti M., & N. García T. 1992. Estudio de las poblaciones de tortugas marinas *Lepidochelys olivacea* (golfina) y *Dermochelys coriacea* (laúd) con énfasis en aspectos conductuales y reprcductivos en el Playón de Mexiquillo, Mich. Temporada 1991-1992. Informe Final de Biología de Campo. Facultad de Ciencias, UNAM. México (inédito).

Márquez M., R. 1976. Reservas naturales para la conservación de las tortugas marinas de México. Inst. Nal. de Pesca. INP/SI:183. 22 pp.

Márquez M., R., A. Villanueva & C. Peñaflores. 1981. Anidación de la Tortuga Laúd, *Dermochelys coriacea schlegelli*, en el Pacífico mexicano. Ciencia Pesquera 1(1):45-52.

Márquez M., R. & A. Villanueva. 1993. Primer informe sobre tortuga baula marcada en México y recapturada en Chile. Marine Turtle Newsletter 61: 9.

Pritchard, P. 1982. Nesting of the leatherback turtle, *Dermochelys coriacea*, in Pacific México, with a new estimate of the world population status. Copeia 1982 (4):741-747.

Sarti M., L., A. Barragán, L. Gámez, N. García, C. Hernández, C. López, C. Ordoñez & F. Vargas. 1993. Protección e investigación de algunos aspectos biológicos y reproductivos de las tortugas marinas en la zona Sur de la costa michoacana. Temporada de anidación 1992-1993. Informe Final. Fac. de Ciencias. UNAM. México (inédito).

Sarti M., L., L. Flores & A. Aguayo. 1994a. Evidence of predation of killer whale (*Orcinus orca*) on a leatherback sea turtle (*Dermochelys coriacea*) in Michoacán México. Revista de Investigación Científica 2 (Núm. Especial SOMEMMA) UABCS. pp. 23-26.

Sarti M., L., C. López., N. García T. & S. Karam M. 1994b. Resultado de las actividades de protección de las tortugas golfina, *Lepidochelys olivacea* y Laúd *Dermochelys coriacea*, en el Playón de Mexiquillo, Mich. Temporada 1993-94. *En:* Res. del XI Encuentro Interuniversitario sobre Tortugas Marinas. San Patricio Melaque, Jalisco, México.

Sarti, L., A. Barragán, N. García & S. Eckert. 1996. Variabilidad genética y estimación del tamaño de la población de tortuga laúd *Dermochelys coriacea* en el Pacífico mexicano. Temporada 1995-1996. Informe Final de Investigación. Laboratorio de Tortugas Marinas, Facultad de Ciencias, UNAM (inédito).

Sarti, L., S. Eckert, A. Barragán & N. García. 1998. Estimación del tamaño de la población anidadora de tortuga laúd, *Dermochelys coriacea*, y su distribución en el Pacífico mexicano durante la temporada de anidación 1997-1998. Informe Final de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP; Laboratorio de Tortugas Marinas, Facultad de Ciencias-UNAM (inédito).

Sarti, L., A. Barragan & S. Eckert. 1999. Estimación del tamaño de la población anidadora de tortuga laúd, *Dermochelys ccriacea*, y su distribución en el Pacífico mexicano durante la temporada de anidación 1998-1998. Informe Final de Investigación. Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP Hubbs Sea World Research Institute (inédito).

Steyermark, A., K. Williams, J. Spotila, F. Paladino, D. Rostal, S. Morreale, M. T. Koberg & R. Arauz. 1996. Nesting leatherback turtles at Las Baulas National Park, Costa Rica. Chel. Cons. and Biol. 2(2): 173-183.

US Department of the Interior and US Fish and Wildlife Service. 1987. Endangered and threatened wildlife and plants. 50 CFR 17.11 and 17.12. April 10, 1987.

Wetherall, J.A., G.H. Balazs, R.A. Tokunaga & M. Y. Yong. 1993. Bycatch of marine turtles in North Pacific high-seas driftnet fisheries and impacts on the stocks. Bull. Of the N. Pacific Commission 53(3):519-538.

blanca
b
tortuga
tortuga
l
tortuga
blanca
a
blanca
n
Tortuga blanca
tortuga
c
tortuga
tortuga
a

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA TORTUGA BLANCA

ESPECIE: tortuga blanca (*Chelonia mydas*).

- Durante la época de comercialización era utilizado todo el animal, actualmente se encuentra en veda tctal.
- Es codiciada en algunos países por el valor que alcanzan sus productos.
- Durante la anidación las tortugas ponen un promedio de 125 huevos por nido.
- Realizan migraciones que abarcan varios países.
- Los adultos son herbívoros y durante su fase neonatal y juvenil carnívoros.
- Actualmente las tortugas son poco capturadas de manera incidental por diversas artes de pesca.

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a prctección especial. Durante 1999 se contabilizaron un total de 5,076 nidos.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Conteos directos para estimar el número de hembras anidadoras.

ESTADO DEL RECURSO

- En peligro de extinción.

MEDIDAS DE MANEJO

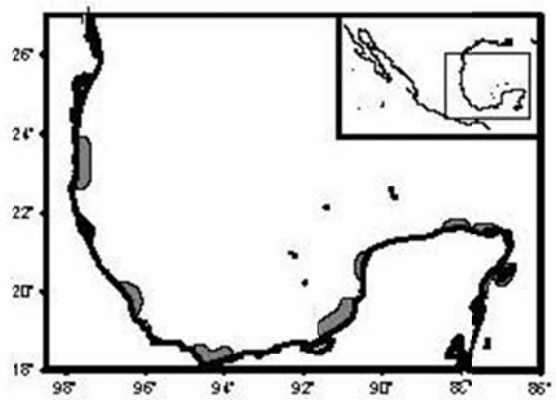
- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Protección y recuperación de la población.

TORTUGA BLANCA

Chelonia mydas



EL RECURSO:

IMPORTANCIA

Actualmente las tortugas marinas y la tortuga blanca, *Chelonia mydas*, en particular están protegidas ya que se consideran organismos en peligro de extinción. Desde hace más de 20 años no hay permisos para pescarlas, ya que en la década de los 60's sufrieron sobreexplotación. La comercialización fue dirigida a toda la tortuga: su piel se exportaba a E.U. para confección de artículos de lujo; la carne y el "calipee" para su famosa sopa tipo ingles; las grasas tenían un uso en la industria para cosméticos. También fue explotada por los pobladores ribereños para consumo de subsistencia y venta en las ciudades, tanto la carne como los huevos, estos últimos por sus supuestos atributos afrodisíacos.

La mayoría de los países inscritos en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza protegen las tortugas y solo unos cuantos permiten su extracción debido a sus necesidades de alimentación

La mayoría de los países inscritos en la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) protegen las tortugas y solo unos cuantos permiten su extracción debido a sus necesidades de alimentación. Desafortunadamente en la actualidad su captura persiste en muchos países y quizás a corto plazo resentirán su disminución (Bjorndal *et al.*, 1995). China, en 1980-1997 presentó una captura promedio de 6,000 t; México en 1980-1989 registró en promedio 2,249 t y posterior a 1990 no hay captura; Cuba de 1980-1997 con 710 t ocupó a nivel muncial el segundo lugar; le sigue Japón e Indonesia con 653 y 453 t respectivamente. Otros países que mantienen la explotación, aunque en menor escala son: Tailandia, Gabón, Corea, E. U., Islas Fiji, Ecuador, Granada y Bahamas, entre otros (Registros de FAO 1980-1999 Internet).

El valor que alcanzan los productos está en función de la tradición alimenticia de cada país y su enfoque comercial o turístico, ya que se considera un platillo de lujo. La tortuga blanca es muy codiciada en algunos países. El consumo de huevo está generalizado en casi todos los países del trópico.

En México se protege a todas las especies de tortugas a partir de la veda permanente de mayo de 1990; y aunque existe captura furtiva e incidental, el impacto en su explotación se considera de poco valor.

BIOLOGÍA

Las tortugas marinas son organismos terrestres que evolucionaron para vivir en, el mar por lo que tiene respiración pulmonar y parte de su ciclo reproductivo esta ligado a las playas, ya que las hembras salen a desovar en la franja de arena. Los huevos tardan entre 45 y 70 días en incubarse, dependiendo de la temperatura. Mayores temperaturas aceleran el desarrollo pero también generan mayor proporción de hembras y viceversa. Existe una temperatura umbral (aprox. 28 ºC) en la que se producen 50% de cada sexo.

A mayores temperaturas se acelera el desarrollo, pero también generan mayor proporción de hembras. Existe una temperatura umbral (aprox. 28 ºC) en la que se producen 50% de cada sexo

Posteriormente las crías pasan a lo que se suele llamar el "año perdido"; la primera etapa de su vida es pelágica y se las encuentra asociadas a los mantos de sargazo marino; durante esta época las crías se alimentan del zooplancton (Carr, 1986).

Tabla 1. Promedio del número de huevos por nido para hembras que anida en la zona de Las Coloradas, Yucatán (López, 1999).

Años	Promedio	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	n
1990	126.5	64	171	21.51	140
1991	123.5	73	213	24.74	74
1992	124.4	28	194	24.20	310
1993	126.5	81	166	18.94	25
1994	123.2	50	196	26.33	177

Tabla 2. Frecuencia intranual de anidaciones para cada temporada en Las Coloradas.

Año	Período entre anidaciones (días)
1990	12
1991	12
1992	12
1993	14.5
1994	14
1995	13.5
1996	14
1997	13
Promedio	13.12

Tabla 3. Frecuencias de los años entre anidaciones de la tortuga blanca en Las Coloradas.

Años entre anidaciones	Frecuencia
1	1
2	72
2,1	1
2,2	25
2,3	1
2,4	1
3	10
3,1	1
4	5
6	1

Durante la fase pelágica y juvenil son carnívoros; al llegar al final de esta etapa cambian hacia la alimentación herbívora, ingiriendo principalmente pastos marinos y algas

Cuando los organismos son capaces de controlar el buceo adquieren hábitos demersales, esto es, se vuelven dependientes del fondo para su alimentación y se acercan a las costas. Durante la fase pelágica y juvenil son carnívoros, al final de esta etapa cambian hacia la alimentación herbívora.

Las tortugas blancas ponen un promedio de aproximadamente 125 huevos por nido. En la *tabla 1* se observan los promedios de cinco años en Las Coloradas, Yucatán; no hay diferencia significativa entre los años (ANOVA, F = 0.49) .

Los datos de recaptura permiten la determinación del período entre anidaciones, tanto dentro del mismo año como entre los años. Los resultados de la remigración en cada temporada en Las Coloradas, Yucatán se muestran en la (Tabla 2); el promedio total para los ocho años de estudio de 13.1 días.

La frecuencia entre años es casi bianual. En la *tabla 3* se muestra la frecuencia registrada de 1990 a 1997 en Las Coloradas.

Hay dos grupos diferentes de abundancia en los desoves. En los años nones es menos abundante la anidación en las playas que en los años pares.

Hay dos grupos diferentes de abundancia en los desoves. En los años nones es menos abundante la anidación en las playas que en los años pares

Tabla 4. Número de nidos en años pares e impares en todos los estados.

Años pares	Promedio de nidos	Años impares	Promedio de nidos
1990	160.6	1991	52.7
1992	295.0	1993	44.3
1994	647.7	1995	77.8
1996	436.2	1997	144.8
1998	789.5		

Se encuentran en aguas tropicales y subtropicales del mundo, en aguas continentales e islas. Tienen como límite al norte y sur las isotermas de 20°C. Sus límites latitudinales varían estacionalmente

▼*Distribución*

Se encuentran en aguas tropicales y subtropicales del mundo, en aguas continentales e islas. Tienen como límite al norte y sur las isotermas de 20ºC. Sus limites latitudinales varían estacionalmente: en verano se distribuyen entre los 40º N y 35º S en aguas oceánicas del oeste y en invierno entre los 30ºN y 25ºS. Su presencia se ha reportado en la parte oeste del Pacifico, islas asiáticas, sur de Japón y norte de Australia. En el océano Atlántico se distribuyen en ambas costas: desde Maine, E.U. hasta la parte sur de Brasil, y su mayor abundancia al anidar se ubica en Tortuguero, Costa Rica e Islas Aves en Venezuela, Suriname, Brasil, Islas Ascensión y Cabo Verde (Fig. 1).

En la *figura 2* se muestra la distribución a lo largo de las costas del Golfo de México de los principales campamentos donde en la actualidad se protege a la tortuga blanca. En el estado de Tamaulipas se encuentra Rancho Nuevo que es el nombre de la playa y de la estación principal que controla cerca de 120 Km, incluyendo las playas de Tepehuajes, Playa Dos, La Pesca, Altamira. En Veracruz se encuentran el campamento de Lechuguilla (Mpio. de Vega de Alatorre), la playa El Raudal (Mpio. de Nautla), y en la zona sur del estado el Mpio. de Los Tuxtlas. Hildembran (1982) menciona sitios de anidación de tortuga blanca entre Barra de Jesús María y Tuxpan, al norte del estado. En Tabasco no se conocen registros en sus playas. En Campeche la zona de desove se encuentra en la Laguna de Términos; hacia el norte desova la tortuga de carey, pero no la blanca. En Yucatán se han registrado desoves en el Arrecife Alacranes y el más importante dentro de la Reserva Especial de la Biosfera de Ría Lagartos. En Quintana Roó se registran en Isla Holbox, Isla Mujeres, en la parte oriental de la Isla de Cozumel; en la parte continental se registran desde la parte norte de Cancún por todas la playas de lo que hoy es el corredor turístico que incluyen Puerto Morelos, Playa del Carmen y la playas conocidas como Punta Venado, Paamul, Aventuras, DIF, Chemuyil, Xcacel, Xel ha, Tankah, Kanzul, Lirios, Yu Yum, San Juan, Punta Cadena.

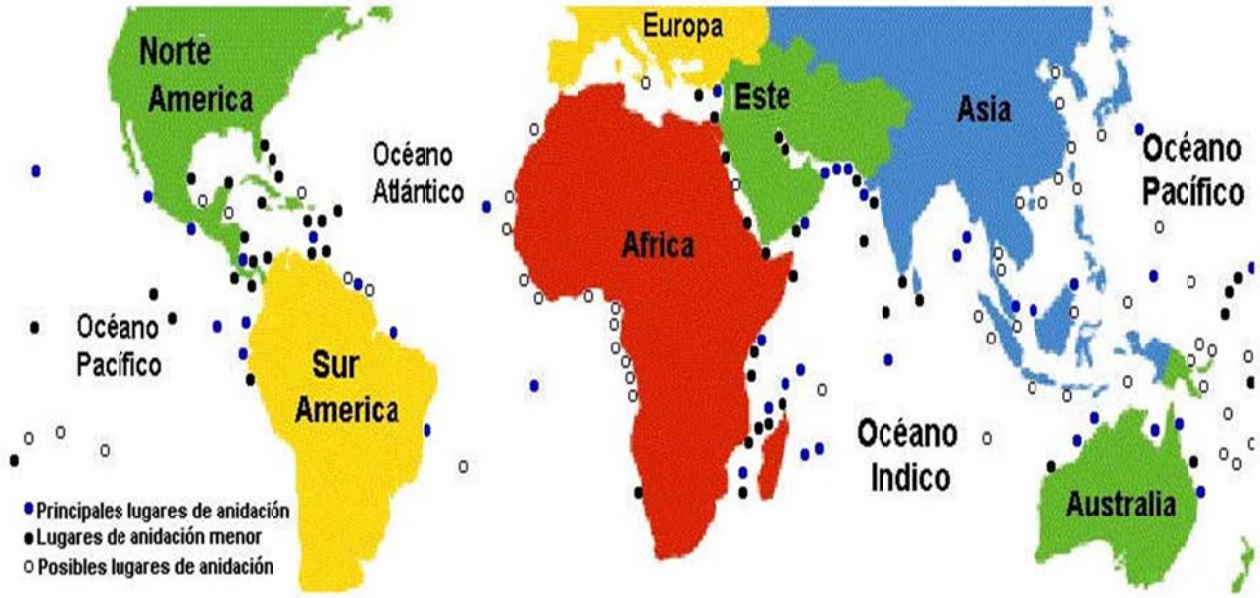


Fig. 1. Distribución Mundial de la tortugas marinas.

▼*Migración*

Las rutas de migración de las tortugas marinas, abarcan varios países, de aquí que es necesario formular de planes internacionales de protección y manejo.

El catalogo mundial de especies de tortugas marinas de FAO, menciona que la tortuga blanca migra principalmente entre sus zonas de alimentación y las zonas de reproducción. En ocasiones estos viajes pueden ser muy amplios a través de aguas someras en áreas de pastos marinos y algas ubicadas cerca de la costa. También hay desplazamientos transoceánicos, por ejemplo la ruta Isla Ascensión (Brasil) descubierta por Carr (1962; Márquez, 1994). Carr y Meylan (1980) mencionan que las crías se mantienen a la deriva por grandes períodos de tiempo, algunas veces frente a sus playas de nacimiento o también son transportadas grandes distancias por las corrientes.

El catalogo mundial de especies de tortugas marinas de FAO, menciona que la tortuga blanca migra principalmente entre sus zonas de alimentación y las zonas de reproducción

Las crías se mantienen a la deriva por grandes períodos de tiempo, algunas veces frente a sus playas de nacimiento o también son transportadas grandes distancias por las corrientes

GRoómbridge y Luxmoore (1989) reportan la recaptura de varias tortugas *(C. mydas)* en la parte norte de Quintana Roó marcadas originalmente en Tortuguero, Costa Rica y una de Islas Aves, Venezuela. Así mismo, existen tortugas marcadas en México y recapturadas en Cuba (Moncada *et al.*, 1997).

En México, el 2 de octubre de 1998 se marcaron con trasmisores de satélite dos organismos (una hembra y un macho) de tortuga blanca en Isla Mujeres, Q. Roó. La hembra cruzó el Golfo de México para llegar a las costas de la Península de Florida (Lat. 25.657º y Long. 83.352º) el 12 de octubre, en un viaje de 542 Km a una velocidad de 68 Km/diarios. Posteriormente se trasladó hacia el

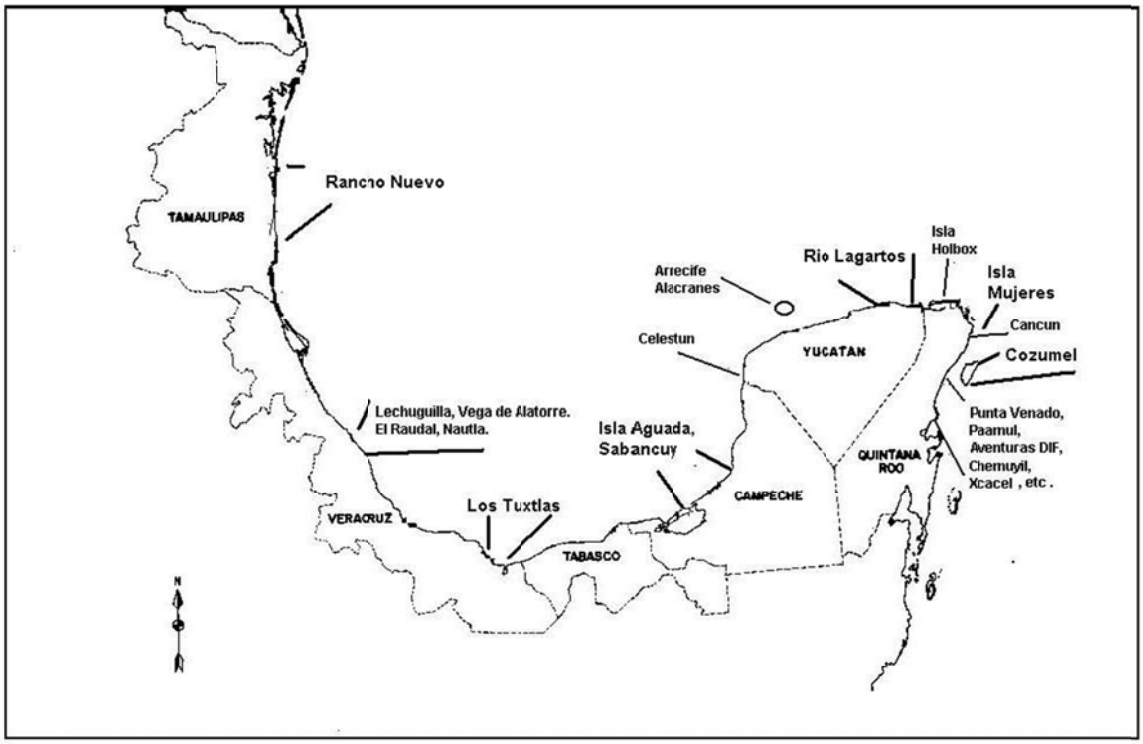


Fig. 2. Principales campamentos de protección de tortuga blanca a lo largo de las costas del Golfo de México.

sur (Lat. 25° Long. 81°) cerca de los Cayos en la punta de la Península de Florida. El macho, al contrario, se quedó en las aguas de la Penírsula de Yucatán, se movió un poco hacia el norte de Isla Mujeres entre Isla Contoy y Cabo Catoche (Lat. 21.5° Long. 86.9°). Ambas permanecieron en esas zonas durante varios meses hasta que dejaron de trasmitir.

▼*Alimentación*

Son organismos herbívoros, aunque durante la fase neonatal y juvenil son carnívoros; al llegar al final de esta etapa cambian estos hábitos hacia la alimentación herbívora, ingeriendo principalmente pastos marinos y algunas algas, entre ellos se citan *Zoostera*, *Thalassia*, *Cymodocea*, *Syringodium*, *Diplantera*, *Halodule*, *Halophila; Gelidium*, *Gracilaria*, *Gracilariopsis*, *Hypnea*, *Caulerpa*, *Bryothamnium*, *Cryptonemia*, *Agardhiella* (López, 1999). Junto con los alimentos vegetales pueden ingerir algunos animales pequeños (Márquez, 1990).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼*Tendencias históricas*

Se tiene registros prehistóricos en pinturas rupestres de las tortugas marinas; estos fueron organismos muy accesibles a los aborígenes de América al salir a desovar a la playa. Existen diversos códices y otras manifestaciones entre las culturas mesoamericanas, que muestran su contacto con los quelonios antes de la conquista. En México se inició la captura en el Golfo de México por parte de los europeos; con el fin de abastecerse durante sus viajes llevaban tortugas vivas. Durante la colonia los indígenas acostumbraban dar tributo a los españoles con un número de tortugas. La captura fue incipiente y poco desarrollada hasta 1959, cuando apenas rebasaba las 600 t al año e incluían todas las especies. Al desarrollarse la exportación de la piel y el aprovechamiento comercial de buena parte del organismo, fomentado por extranjeros, se perdió el control dada la falta de una normatividad adecuada.

En México la captura se inicia en el Golfo de México por parte de los europeos después del descubrimiento de América. Con el fin de abastecerse durante sus viajes llevaban tortugas vivas

En la segunda mitad de los sesenta al generalizarse el uso de la piel de algunas especies y el carapacho de la tortuga de carey, se disparó la pesquería y en 1962 se pescaron 1,400 t llegando en 1968 a alrededor de 15,000 t. Los efectos de la sobreexplotación se dejaron ver a principios de los setentas, iniciándose el manejo con vedas. A finales de los setenta, el mercado internacional quedó cerrado por las gestiones promovidas por la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) que entró en vigor entre 1975 y 1981 (Márquez *et al.*, 1990). Posteriormente, los permisos para la pesca de tortugas fue muy restringido y desaparecen los registros oficiales de captura para las que no se dieron más permisos.

▼*Pesca incidental*

Actualmente se captura incidentalmente tortugas marinas con varios artes de pesca: palangres, redes para tiburón, chinchorros playeros, redes de arrastre de escama. La captura está condicionada a la temporalidad y a las áreas de pesca. En algunos artes de pesca se tiene conocimiento de la liberación de tortugas capturadas incidentalmente. Los artes de pesca en que más incidían tortugas eran los barcos camaroneros; actualmente utilizan dispositivos excluidores de tortugas marinas, obligatorios en la flota camaronera mexicana y estadounidense. En los escameros de arrastre por popa operar en el Banco de Campeche,

Actualmente se capturan incidentalmente a las tortugas marinas con varios artes de pesca: palangres, redes para tiburón, chinchorros playeros, redes de arrastre de embarcaciones de escama

zona de alimentación y reproducción de varias especies, resultados preliminares arrojan valores anuales de 122 tortugas en 1997 y 75 en 1998. La especie que más se capturó fue pala cahuama, *C. caretta*, y en menor grado carey, lora y blanca. Los ejemplares de *C. caretta* que murieron fueron 31 y 26 % para cada uno de los años (CRIP Veracruz, información inédita).

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las principales acciones de manejo en los últimos 28 años en México las podemos enunciar de la siguiente manera:

1) La veda de 1972 y 1973 fue para ordenar la pesquería bajo la visión de que se estaba sobreexplotando.

2) Las primeras reglas para el manejo fueron talla mínima (756 mm) para la tortuga blanca y veda durante los meses de reproducción (mayo –agosto) en las playas más importantes de desove.

3) No se otorgan más permisos para la pesca.

4) Se estableció en 1986 el Decreto que determina que las 17 playas más importantes del país son áreas protegidas para la conservación, repoblación, desarrollo y control.

5) Durante todos estos años se montaron decenas de campamentos por todo el país.

6) A partir de 1990, veda permanente de todas las especies de tortugas marinas en aguas y costas del Golfo de México, Caribe mexicano y océano Pacífico incluyendo el Golfo de California (D.O.F., mayo de1990).

7) Dos años después se volvió obligatoria y la utilización de dispositivos excluidores de tortugas en los barcos camaroneros (NOM-002-PESC-1993).

Las anteriores son las medidas de manejo más directas, pero hay cambios en otras leyes como el Código Penal (Art. 420), en la LEGEEPA Ley de Vida Silvestre, NOM-059-ECOL-1994, y en general en los Decretos y Planes de Manejo de las Áreas protegidas que tienen costa se incluyen diversos apartados con respecto a la protección de las tortugas marinas.

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

El estatus de las poblaciones de tortugas se determina por el número de nidos protegidos en cada playa por información de tortugas marcadas. En el presente documento se recopila y analiza la información de los diferentes campamentos en que el Instituto Nacional de la Pesca (INP) con énfasis en el manejo de la tortuga blanca, *C. mydas*, y se complementan con los resultados de otros campamentos.

El estatus de las poblaciones de tortugas se determina por el número de nidos protegidos en cada playa y los resultados de las tortugas marcadas

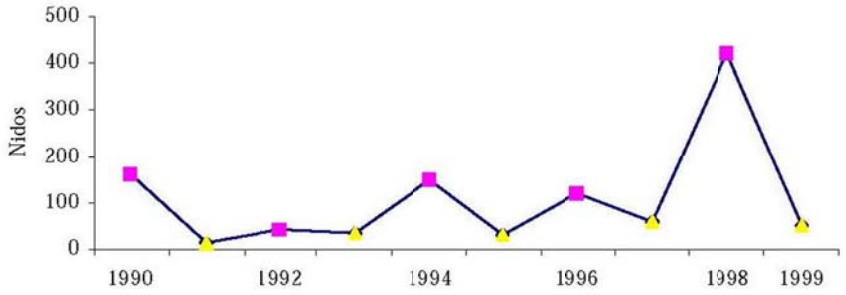


Fig. 3. Nidos de tortuga blanca, *C. mydas*, registrados en las playas de Tamaulipas.

Aunque la información muestra diferentes niveles de agregación y detalle, se intentó uniformizar los datos por temporada.

• Tamaulipas

Rancho Nuevo (Mpio. de Aldamal, enTamaulipas, es una de las playas más importantes para la protección de las tortugas marinas. En ella anidan la tortuga lora (*Lepidochelys kempi*), y blanca. En la *figura 3* se presenta el índice de abundancia de tortuga blanca. La protección se lleva a cabo mediante métodos de manejo de corrales, incubación en cajas de unicel en salas incubación y manejo de nidos *in situ*. En el último registro de año par (1998) se incrementó la anidación a más del doble de lo que se había registrado en los años anteriores. Generalmente el campamento de Rancho Nuevo maneja más personal, por lo tanto la confiabilidad en los datos.

Rancho Nuevo, Tamps., es una de las playas más importantes para la protección de las tortugas marinas. En ella anidan las tortugas lora y blanca

• Veracruz

El litoral veracruzano cuenta con cerca de 750 Km, de los cuales 4% corresponden a la extensión protegida en el Mpio. de Vega de Alatorre. En 1994-1996 se protegieron 17 Km y en 1997-99, 33 Km. En campamentos manejados por otras instituciones se reportan valores menores al del Mpio. de Vega de Alatorre. No se descartan playas con similar importancia y extensión como playa El Raudal (Mpio. de Nautla) que en 6 Km reporta 499 nidos protegidos (Of. N° DGAE-344/99 del 21 de julio de 1999) y playas en el área de los Tuxtlas (sur del estado) con aproximadamerte 50 Km protegidos reportan alrededor de 150 nidos en 1999.

Tabla 1. Variación en la abundancia de nidos, supervivencia de crías y marcado de hembras de tortuga blanca, en la playa de Lechuguillas, Ver.

Año	Nidos	Huevos	Crías	Avivamiento (%)	Tortugas marcadas	Tortugas recapturadas
1994	1,168	128,256	58,080	42	197	71
1995	61	6,342	3,535	70	20	20
1996	705	72,215	70,825	68	63	
1997	147	14,983	3,638	38.6	39	14
1998	2,346	164,004	79,502	56.4	538	17
1999	88	9,178	7,255	86	6	3

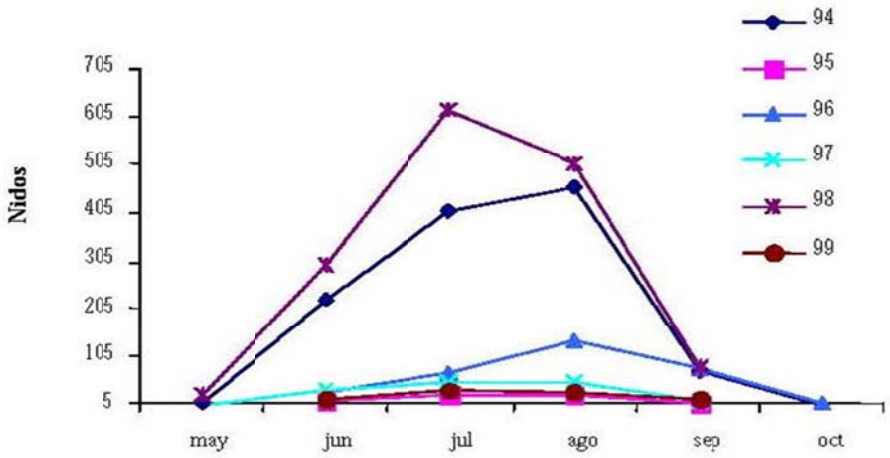


Fig. 4. Variación estacional de hembras de tortuga blanca, anidando en la playa de Lechuguillas, Veracruz, en las temporadas de 1994 a 1999.

Los datos indican una oscilación en el número de nidos. Los años pares reflejan la mayor incidencia de hembras anidando (Fig.4) debido al comportamiento reproductivo bianual; los años impares indican pequeños grupos. Los meses con mayor intensidad en la anidación son representados por julio y agosto que representan el maximo de hembras presentes en la población reproductiva.

• Campeche.

En la *figura 5* se presentan el número de nidos de Campeche desde 1984. Se observa una tendencia creciente, y una gran diferencia entre años pares y nones, con mayor abundancia en éstos últimos.

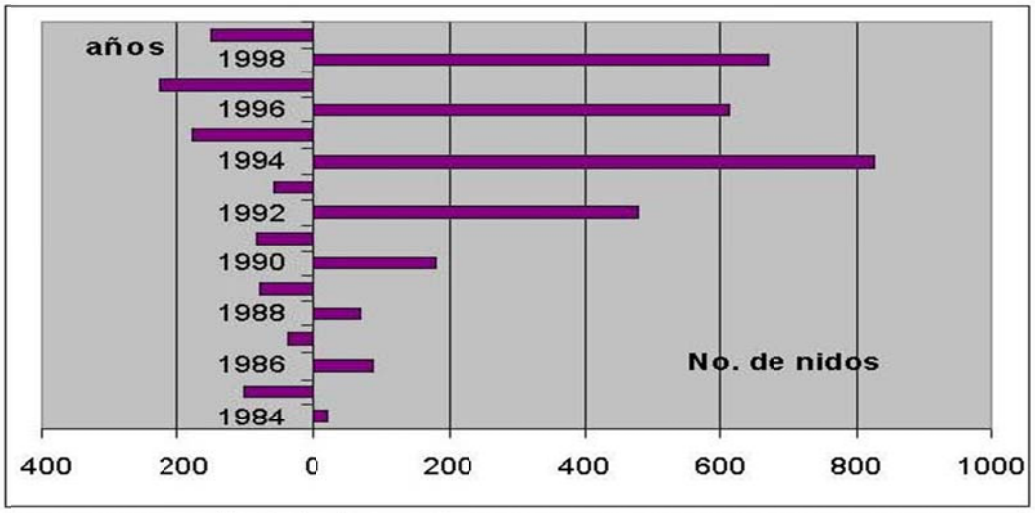


Fig. 5. Comparación de las temporadas de desove de *Chelonia mydas* en años pares y nones en Campeche, México.

• **Yucatán**

En el estado de Yucatán se cubre un longitud aproximada de 250 Km para la protección de la tortuga de carey (Garduño *et al.*, 1999). La tortuga blanca sólo desova en un zona de aproximadamente 30 Km en la Reserva Especial de la Biosfera de Ría Lagartos (López, 1999). Los datos que se presentan corresponden a la información que maneja el campamento de Las Coloradas del CRIP Yucalpetén y los que ha registrado el campamento de El Cuyo, patrocinado por Pronatura Península de Yucatán. Durante los años pares se han registrado mayor cantidad de nidos como en el resto de los campamentos del Golfo de México.

El campamento de Las Coloradas se considera una playa índice, por el hecho de que cada temporada se cuentan todos los nidos, y se patrulla todos los días. Como resultado se tiene que de 140 nidos contados en 1990, para el 2000 se registraron 750

En la *figura 6* se muestra un lento crecimiento de la anidación en el campamento de Las Coloradas, considerado como una playa índice por el hecho de que cada temporada se cuentan todos los nidos, y se patrulla todos los días. De 140 nidos que se contaron en 1990 en el año 2000 se registran 750.

En Yucatán existen otras zonas de desove, una en el Arrecife Alacranes 130 Km al norte de Progreso; el arrecife cuenta con 5 cayos o islas arenosas en donde suben a desovar tortugas blancas. Desafortunadamente, y aunque es un Parque Marino, no hay vigilancia por lo que prácticamente todos los nidos son saqueados por pescadores. No se contaba con registros de nidos, hasta el año 2000 en que se contaron 33 en Desterrada, 25 en Desertora, 25 en Chica, 14 en Pajaros y 2 en Islas Pérez, 99 nidos en total (Romero-Rojas *Com. Pers.*). Otro registro nuevo durante el año 2000 en el estado de Yucatán es el de 5 nidos en el campamento de Celestún (Adrián Maldonado, *Com. Pers.*). Este campamento es uno de los más importantes para la anidación de la tortuga de carey, y por lo menos en la última década, cuando se ha vigilado constantemente el área, no se había registrado la anidación de esta especie.

• **Quintana Roó**

El litoral cuenta con 900 Km de extensión, 181 Km son playas donde anidan las tortugas marinas. En el periodo 1987-1993 se vigilaron 62 Km de playa, equivalente al 34.5% del total (Zurita *et al.*, 1993). Las principales áreas de anidación son la parte este de Cozumel, con densidades de 55.8 nidos/Km y X'carel con 88 nidos/Km. Se han reportado anidaciones en Isla Holbox del orden de 68 nidos en 1998; esta es una playa índice ya que ha sido vigilada para el anidamiento de la tortuga de carey. En Isla Mujeres se

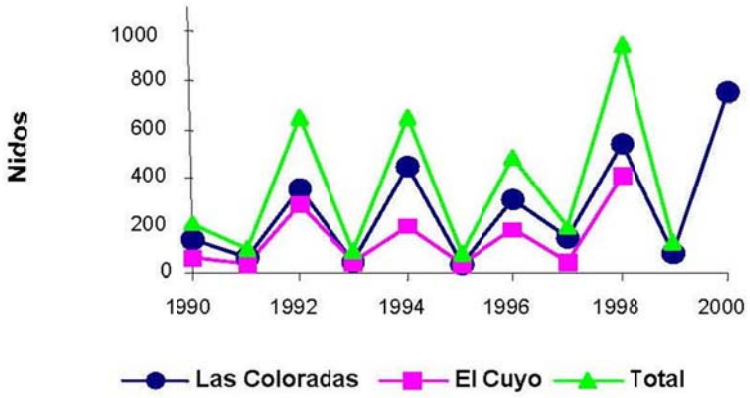


Fig. 6. Nidos de tortuga blanca *C. mydas* registrados en los campamentos de Las Coloradas y El Cuyo, dentro de la Reserva Especial de la Biosfera de Ría Lagartos, Yucatán.

encuentra la estación del Instituto Nacional de la Pesca, en donde dentro de un sistema de corral único en México, se producen más de 400 anidaciones cada año. En Isla Contoy la anidación es menor a 50, excepto en 1994 cuando se registraron 206 y en 1998, 83 nidos. En la parte continental de Cancún se reportaron 684 nidos en la temporada de 1998. Hacia el sur del estado se encuentra la zona en donde anida de manera más densa la tortuga cahuama (*Caretta caretta*); también se registran desoves de la tortuga blanca en lo que hoy se llama el corredor turístico que abarca desde Cancún hasta la reserva de Sian-khan.

En Isla Mujeres se encuentra la estación del Instituto Nacional de la Pesca en donde, dentro de un sistema de corral único en México, se producen más de 400 anidaciones cada año

La *figura 8* presenta el número de nidos de la tortuga blanca, registrados entre 1987-1998. La tendencia dentro de Quintana Roó, aunque ligeramente ascendente, no es muy clara, es posible que tenga que ver la fuente de datos que ha sido muy variable, ya que los campamentos dentro del estado han ido cambiando, aumentando y disminuyendo. Es probable que haya problemas de registros, aunado a la variabilidad interanual y entre años pares y nones. Sin embargo, 1994 fue un año de gran abundancia en el resto de los campamentos también en Quintana Roó.

En la *Tabla 3* se muestran los resultados de los 5 Estados y el total de los nidios registrados de esta especie en México.

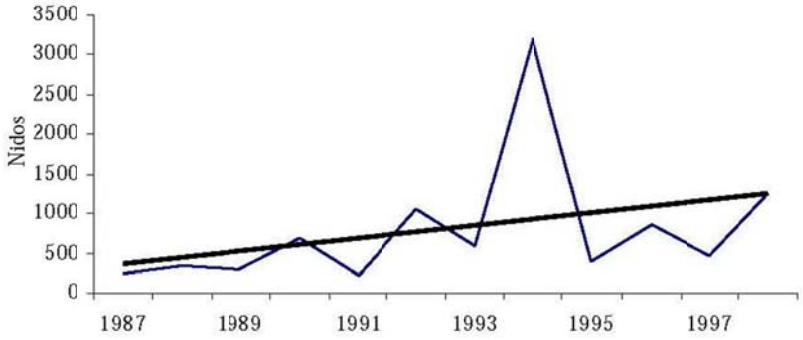


Fig. 7. Nidos de tortuga blanca registrados en las costas de Quintana Roó.

Tabla 3. Resultados de anidación de la tortuga blanca en los estados del Golfo de México.

Año	Tamaulipas	Veracruz	Campeche	Yucatán	Quintana Roo	Total
1990	163		179	207	685	1234
1991	11		84	97	214	406
1992	43		482	655	1062	2242
1993	32		57	91	599	779
1994	148	1168	826	651	3216	6009
1995	30	61	179	82	382	734
1996	118	705	612	489	856	2780
1997	59	147	228	190	328	952
1998	423	1527	671	949	1506	5076
1999	50	85	145	125		

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

El incremento en el número de anicaciones de otras especies como la tortuga lora y la tortuga de carey son bastate evidentes (Marquez *et al.*, 1998; Garduño *et al.*, 1999) Estas especies comparten las mismas playas y en general el mismo hábitat, el Golfo de México, que la tortuga blanca, y están sometida a las mismas reglas de manejo: veda total tanto en México como en Estacos Unidos, el uso de los excluidores de tortugas marinas en las flotas camaroneras de los dos países, protección en las playas de anidación. Sin embargo, la recuperación de la tortuga blanca no parece tan evidente. La variabilidad que hay entre los años pares y nones es muy grande, mientras que las otras dos especies (carey y lora) año con año se registran mayor cantidad de nidos.

La tortuga blanca está sometida a las mismas reglas de manejo de otras especies: veda total tanto en México como en E.U., el uso de los excluidores de tortugas marinas en las flotas camaroneras de los dos paises, protección en las playas de anidación

Las playas índice, donde se llevan varios años muestreando de manera sistemática con el mismo esfuerzo y durante toda la temporada, como lo son Rancho Nuevo, Isla Aguada y Las Coloradas, muestran una tendencia creciente del número de nidos.

Los niveles de recuperación de la tortuga blanca aún no son totalmente evidentes

La recuperación de la tortuga blanca aún no es totalmente evidente, se requiere continuar trabajando en el establecimiento de campamentos para el monitoreo y protección de la playas. Además, instrumentar programas dirigidos a conocer el ciclo de vida completo de cada especie y la educación ambiental de los habitantes ribereños.

REFERENCIAS

Bjorndal, K.,G. Balazs & M. Donnelly.1995. Estrategia mundial para la conservación de las tortugas marinas. Grupo Especial en Tortugas Marinas de la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN/CSE. 24 pp. Puerto Vallarta, México.

CITES. 1985. Convention International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I and II. August 1 of 1985. Aappendix III. August 18 1981. Washington, D.C.

Carr, A. & H. Hirth. 1962. The ecology and migrations of sea turtles, 5.Comparative features of isolate green turtle colonies. Amer. Mus. Novitates 2091:32p

Carr A. & A. Meylan. 1980. Evidence of pasive migration of green turtle hachlings in sargassum. Copeia 2(1980):366 –368.

Diario Oficial de la Federación. Decreto de veda total a todas las especies de tortugas marinas. Mayo 31 de 1990.

Garduño M., V. Guzmán, E. Miranda, R. Briseño & A. Abreu. 1999. Increases in hawksbill turtle (*Eretmochelys imbricata*) nestings in the Yucatán Peninsula, México, 1977-1996: data in suport of successful conservation?. Chelonia Conservation and Biology. Int. J. turtle and tortoise Res. 3 (2): 286-295.

Hildembran, H. H. 1982. Historical review of the status of sea turtles population in the western Gulf of Mexico. *En:* Bjondal, K. A. (ed). Biology and Consevation of Sea Turtles. Proc. of the Wirkd Conference on Sea Turtles Conservation. Washintong, D.C. 447-453.

GRoómbridge, B. & R. Luxmcore. 1989. México: Caribbean and Gulf of México. The green turtle and hawksbill (Reptilia: Chelonidae). World status explotation and trade.348-345.

López G., K.Y.1999. Aspectos sobre la reproducción de la tortuga blanca, *Chelonia mydas* (Linnaeus,1758) (Reptilia: Cheloniidae), en la playa de las Coloradas, Yucatán. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida. Departamento de Recursos de Mar. Tesis de Maestría en Biología Marina. Mérida, Yucatán. Mayo ce 1999. 52 pp.

Márquez,-M., R. 1990. FAO Species Catalogue. Vol.11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAC Fiisheries Synopsis. Rome. Nº 125, Vol. 11. 81 p.

Márquez-M. R.1996. XXX Años de experiencia en conservación e investigación de tortugas marinas en México. SEMARNAP-Instituto Nacional de la Pesca. Memorias de Resúmenes. Ponencia Magistral. XII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la conservación de tortugas marinas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. del 9 al 14 de junio de 1996.49 p

Márquez-M., R., M. A. Carrasco A., N. A. Villanueva L. & M. del C. Jiménez Q. 1996. CRIP Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Márquez-M., R. (Compilador); J. Díaz F., P. Burchfield, M. A. Carrasco, A. Leo P., M. Garduño D., .R. Bravo, J. Peña, Mª del C. Jiménez, R. Castro M., C. Peñaflores, J. Vasconcelos, E. Albavera, D. Ríos, S. Sánchez, P. Hernández, V. Guzmán, R. Figueroa y L. Sarti. 1999. México-Informe de actividades de tortugas marinas, 1998. Instituto Nacional de la Pesca. Programa Nacional de Investigación de Tortugas Marinas, SEMARNAP, CRIP-Manzanillo. México. En Reunión de Especialistas en Tortugas Marinas. Informe de Investigación del Programa Nacional de Tortugas Marinas. SEMARNAP-INP. Centro Regional de Investigación Pesquera, Manzanillo, Colima. Brownsville, Texas, 27-28 de febrero de 1999.10 pp.

Márquez-M., M. del C. Jiménez Q. & M. A. Carrasco A. 1999. Informe Técnico 1998. Coordinación del Programa Nacional de Investigación de Tortugas Marinas. CRIP Manzanillo. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Mace, G. M. & R. Lande. 1991. Assessing extinction threats: towards a reevaluation of IUCN threatened species categories. Conservation Biology 5: 148-157.

Quiroga B, C., A. J. Valdez G., P. Guzmán A., L. Shultz R., I. Hernández T., R. Bravo G., C. Rodríguez M. & N. Garcia H. 1996. Informe técnico interno. Programa de observadores de la flota de arrastre de escama que opera en el Golfo de México. CRIP Veracruz. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

SEMARNAP. 1998.Anuario Estadístico de Pesca. 1997. Norma oficial Mexicana. 241 pp.

Zurita G., J.C., R. Herrera & B. Prezas. 1993. Tortugas marinas del Caribe. *En:* Biodiversidad marina y costera de México. S. I. Salazar-Vallejo y N E. González (eds). Com. Nal. Biodiversidad y CIQRO, México. 865: 735-75.

tortuga
tortuga
tortuga
tortuga
tortuga
golfina
golfina
golfina
tortuga
tortuga
tortuga
tortuga
tortuga

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA TORTUGA GOLFINA

ESPECIE: tortuga golfina, (*Lepidochelys olivacea*) .

- Se distribuye en la costa del Pacífico mexicano, las principales playas de anidación masiva son La Escobilla y Morro Ayuta en Oaxaca.
- A causa de la demanda comercial de su carne, huevos y piel, la población se vio mermada hacia la segunda mitad del siglo XX, alcanzando niveles drásticos en los años ochenta.
- El número promedio de huevos es de 109 y la incubación es de 45 días. La tasa de maduración y crecimiento es mas rápida que otras tortugas marinas. Es de hábitos migratorios y carnívoros.
- En el Pacífico mexicano se incrementaron los campamentos tortugueros en 1972, supervisados y apoyados técnicamente por el INP. Actualmente operan por gobiernos estatales, universidades, organizaciones no gubernamentales e iniciativa privada, realizan actividades de protección, educación ambiental y turismo

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a protección especial.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Conteos directos para estimar el número de hembras anidadoras.

ESTADO DEL RECURSO

- En peligro de extinción.

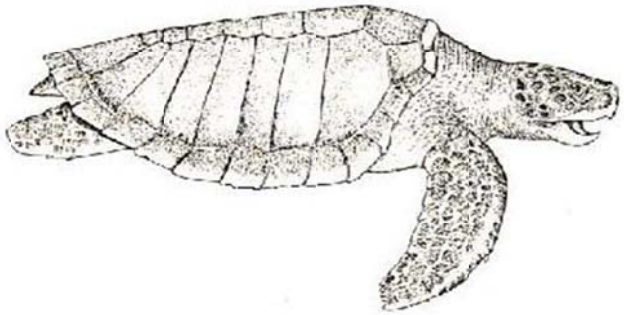
MEDIDAS DE MANEJO

- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

- Protección y recuperación de la población.

TORTUGA GOLFINA

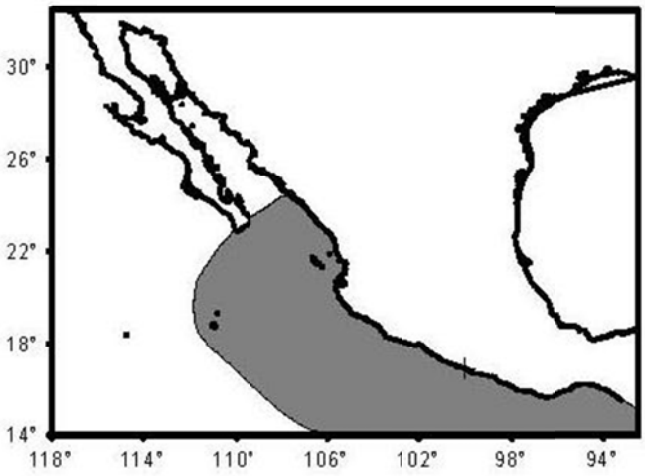


Lepidochelys olivacea

LA PESQUERÍA:

IMPORTANCIA

La tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), es considerada la especie de tortuga marina más abundante del mundo (Limpus, 1995). Pritchard (1997) atribuyó esto a la existencia de algunas playas donde tienen lugar numerosas anidaciones en grupo: dos en la costa del Pacífico de Costa Rica, una en el Pacífico mexicano y dos o tres en el noreste de la India, a las que se suman algunos sitios de importancia menor en Nicaragua y algunas otras costas continentales tropicales.



El fenómeno de anidaciones en grandes agregados se denomina arribazón o arribada, y es uno de los atributos más sobresalientes de las dos especies del género *Lepidochelys*. Valverde y Gates (1999) mencionan que las arribazones se caracterizan por un gran número de hembras anidadoras, así como por una alta densidad de anidación y la todavía no explicada anidación sincrónica de los individuos participantes.

La tortuga golfina, Lepidochelys olivacea, es la especie de tortuga marina más abundante del mundo. En México se distribuye a lo largo de toda la costa del Pacífico

En México la tortuga golfina se distribuye a lo largo de toda la costa del Pacífico (Márquez *et al.*, 1982), teniendo en la actualidad sus principales áreas de concentración de anidaciones en el estado de Oaxaca. Históricamente, en México existieron, además de las de este estado, numerosas playas donde ocurrían arribazones de importancia, principalmente en Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. Sin embargo, por diversos motivos las poblaciones declinaron severamente hasta imposibilitar la ocurrencia de arribazones en la mayoría de estas playas.

La importancia económica de la tortuga golfina se atribuyó a la existencia de grandes concentraciones de individuos frente a las playas de anidación representaba mínimos esfuerzos de captura, y a que el valor comercial de su carne, huevos y piel, alcanzó niveles suficientes para dar soporte a un amplio

mercado. En el caso de la piel fue de proporciones internacionales, especialmente a partir de que en la industria peletera se le identificó como un sustituto de la piel de cocodrilo (Márquez, 1990). Debido a esta situación la abundancia en México de este recurso se vio mermada hacia la segunda mitad del siglo XX, alcanzando niveles dramáticos en la década de los años ochenta. Frente a ello, el Instituto Nacional de la Pesca, que ha sido el órgano científico y técnico del gobierno federal para la administración de este recurso, ha participado en el estudio y protección de los quelonios marinos desde 1963. Se han recomendado medidas regulatorias tales como la talla mínima de captura, las artes y los métodos de pesca adecuados, cuotas de captura permisibles, periodos de veda (Márquez *et al.*, 1990), incluyendo el decreto de veda total y permanente (D.O.F., 1990) que protege en nuestro país a estos milenarios reptiles marinos.

BIOLOGÍA

La tortuga golfina es una especie pantropical sin ninguna diferenciación morfológica entre sus poblaciones. En su circuito migratorio incluye áreas de alimentación en diversos ambientes costeros y pelágicos; anida en forma solitaria y, como ya se mencionó, forma arribazones en algunas playas de La India, el Pacífico mexicano y Centroamérica.

Esta especie se caracteriza por tener un caparazón casi circular cuya anchura es cercana al 90% de su longitud recta (Márquez *et al.*, 1976). Generalmente el carapacho tiene más de 15 escudos mayores, 5 dorsales y frecuentemente más de 5 pares laterales, aunque también puede presentar desigualdad en el número de escudos de ambos lados; el par lateral anterior está en contacto con el escudo precentral (Fig. 1). El plastrón tiene 4 escudos inframarginales y cada uno presenta un poro (Frazier, 1983). En el borde anterior de cada aleta hay una o dos uñas. La cabeza es mediana y subtriangular y tiene dos pares de escamas prefrontales y un pico córneo no aserrado con reborde alveolar (Márquez, 1990).

En su circuito migratorio la tortuga golfina incluye áreas de alimentación en diversos ambientes costeros y pelágicos; anida en forma solitaria en algunas playas de La India, el Pacífico mexicano y Centroamérica

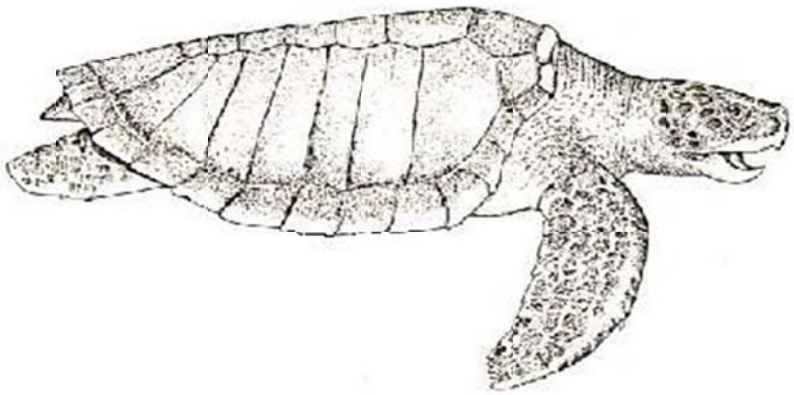


Fig. 1. Tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*.

La longitud recta promedio del caparazón es de 67.6 cm, aunque algunos organismos pueden llegar a medir hasta 78 cm. El peso promedio es de 38 kg. La coloración del carapacho de los adultos es gris olivácea o amarillenta, mientras que el vientre es de color crema a gris verdoso con manchas oscuras en los extremos de las aletas (Márquez, 1990).

La especie es carnívora durante toda su vida; en aguas oceánicas se alimenta de organismos pelágicos como langostillas (familia: Galateidae), huevos de peces, e incluso colonias de *Pyrosoma* sp. (Urochordata)

y en aguas costeras, de crustáceos, moluscos, peces y salpas (Montenegro *et al.*, 1982; Márquez, 1990). Experimentalmente se encontró que el requerimiento óptimo de proteína en la dieta de las crías es del 43% (Harfush *et al.*, 1998).

El dimorfismo sexual lo manifiestan hasta poco antes de alcanzar la edad adulta y en los machos se expresa con un mayor crecimiento de la cola y con uñas más desarrolladas y arqueadas; las hembras por su parte, no muestran cambio alguno en su apariencia. La composición por sexos de la población fue estimada a partir de los muestreos realizados en la captura comercial entre 1980 y 1990 en San Agustinillo, Oax., encontrándose que el 85.45 % fueron hembras y el 14.55% machos (N = 288,479), de lo que resulta una proporción de 6 hembras por 1 macho (Peñaflores *et al.*,1998).

La temporada de reproducción en la mayor parte del Pacífico mexicano se presenta de julio a enero

La temporada de reproducción en la mayor parte del Pacífico mexicano se presenta de julio a enero. Sin embargo, en la playa La Escobilla las tortugas anidan durante todo el año, aunque las arribazones son más frecuentes entre mayo y marzo del año siguiente, siendo más abundantes las que ocurren entre agosto y septiembre (Peñaflores *et al.*, 1998). Esta especie es de hábitos de desove nocturnos, pero en ocasiones también anida durante el día, principalmente durante las arribazones más grandes. El número de huevos por nidada varía de un par de docenas hasta más de 155, con media alrededor de 109, aunque hay variación significativa entre localidades. Los huevos son de color blanco y de forma esférica con diámetro de 3.2 a 4.7 cm (Márquez, 1990).

Los huevos se incuban en la arena por 45 días; cumplido este período, las crías emergen a la superficie, normalmente durante la noche y se dirigen al mar. Al igual que en el resto de las especies de tortugas marinas, la temperatura de incubación determina el sexo de los embriones. Cuando los huevos son mantenidos a temperaturas mayores a los 30ºC producen hembras, y los incubados entre 29º y 27ºC machos. La temperatura también tiene gran influencia en el periodo de incubación.

Las crías son de color gris oscuro a negro y tienen una longitud promedio de 5 cm. Los hábitos de los neonatos y los juveniles son poco conocidos porque es difícil observarlos durante esas etapas, aunque en algunas ocasiones son detectados en las zonas de alimentación (Márquez, 1990).

Esta especie alcanza la madurez a tallas pequeñas y exhiben tasas de maduración y crecimiento más rápidas que otras tortugas marinas. La reproducción ocurre comúnmente en ciclos anuales (Pritchard y Trebbau, 1984).

En aguas costeras se localiza la mayor cantidad de colonias y se ha observado que viajan en flotillas en épocas de reproducción y alimentación, principalmente en el Pacífico del Este y el Océano Índico. Se cree que las corrientes oceánicas son utilizadas por los adultos para viajar a diferentes puntos lejanos a las zonas de anidación.

Aunque de manera parcial, los hábitos migratorios de esta especie se han podido identificar por la información que ofrecen los programas de marcado ejecutados en las playas de anidación que opera el Instituto Nacional de la Pesca, principalmente. Se sabe por ello que existe una fuerte corriente migratoria hacia el sur, hasta centro América y América del sur, abarcando Guatemala, Costa Rica y Colombia (Márquez, 1982). La información sobre migraciones se ha complementado con el uso de transmisores vía satélite; en 1999 se usó esta tecnología con dos hembras que anidaron en La Escobilla, y se observó que ambas viajaron hacia el sur, alejándose de la costa al pasar frente al Golfo de Tehuantepec, para después nuevamente aproximarse a ella y alcanzar las costas de Guatemala y El Salvador (Vasconcelos *et al.*, 2000). Con respecto a las migraciones de crías y juveniles no hay información disponible, ya que el marcado y seguimiento en estos estadíos no ha sido posible.

De las enfermedades que afectan a esta especie en vida silvestre, sobresale la fibropapilomatosis, que es una neoplasia ampliamente documentada en tortuga blanca (*Chelonia mydas*), pero que en años recientes

ha sido confirmada en otras especies. Aguirre (1998) reporta el primer diagnóstico confirmatorio de este padecimiento para la tortuga golfina en Costa Rica, mientras que Chávez *et al.* (1998) estimaron que para la principal colonia anidadora de este país centroamericano la prevalencia es del 10%. Estudios realizados entre 1997 y 1999, señalan que para las hembras que anidan en La Escobilla la prevalencia va del 1.5 al 3.1% (Vasconcelos *et al.*, 1998; Albavera *et al.*, 2000).

La tortuga golfina se ubica en la siguiente clasificación (tomado de Márquez, 1976):

Clase: Reptilia
Subclase: Anápsida
Orden: Testudinata
Suborden: Cryptodira
Familia: Cheloniidae
Género: *Lepidochelys*
Especie: *olivacea*

Nombres comunes: tortuga golfina, cahuama, amarilla, garapachi y frijolilla.

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Tendencias históricas*

El aprovechamiento de la tortuga golfina y en general de las tortugas marinas, en un inicio fue practicado mediante una pesquería de subsistencia y cosecha de huevo en las playas de anidación como mera práctica de autoconsumo. Este fue el caso de grupos étnicos como los seris en Sonora, los pómaros en Michoacán y los huaves en Oaxaca (Márquez, 1990); de hecho este hábito alimenticio aún está vigente en esos grupos, ya que está ligado a herencias culturales.

En México la captura de quelonios marinos fue muy intensa en el período de 1965 a 1970. Este hecho estuvo relacionado con el colapso de dos de las colonias de tortuga Golfina y una fuerte reducción en otras playas.

Sin embargo, al paso del tiempo se configuró una pesquería de orden comercial, que motivó que en México la captura de quelonios marinos fuera muy intensa en el período de 1965 a 1970 (Fig. 2). Durante este lapso, de acuerdo a las estadísticas de la FAO y las locales, se capturaron de 1.5 a 2 millones de tortugas, de las cuales, aproximadamente el 88% fueron golfinas (Márquez *et al.*, 1990).

En México, entre 1967 y 1968 se obtuvo la mayor captura, hecho que estuvo relacionado con el colapso de dos de las colonias más importantes en ese momento: la del Playón de Mismaloya en Jalisco y la de Piedra de Tlacoyunque en Guerrero. Paralelo a ello, también se observó una fuerte reducción en otras playas.

Para detener el deterioro del recurso, que representaba importante ingreso en las regiones donde se practicaba la captura de tortuga golfina, fueron implementadas varias medidas administrativas, entre las que se pueden mencionar vedas, talla mínima y cuotas de captura, así como el aprovechamiento integral de la tortuga, incluyendo todos sus productos y subproductos. En 1972, con la finalidad de reducir el universo de usufructuarios de este recurso, se concedió a los pescadores organizados en cooperativas la exclusividad en su explotación, aunque para tener acceso a la tortuga debían instalar campamentos para protección en las playas de anidación y participar en la operación de los mismos. De este modo se manifestó el primer incremento en el número de campamentos tortugueros, supervisados y apoyados técnicamente por el Instituto Nacional de la Pesca.

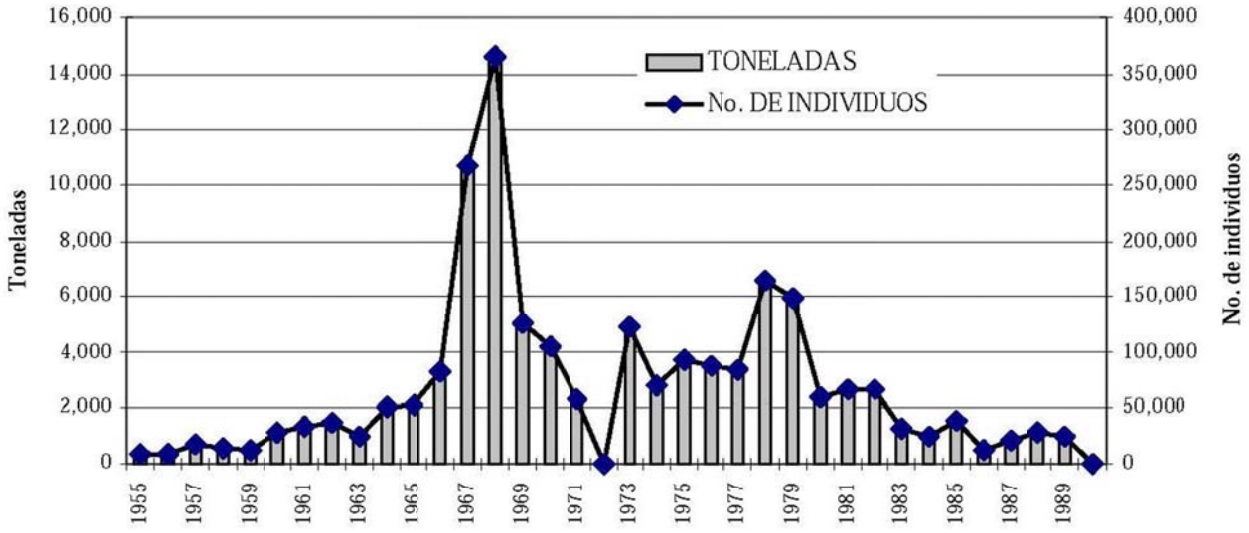


Fig. 2. Captura comercial nacional de tortugas marinas en el periodo de 1955 a 1990.

En 1990, año en que entró en vigencia el acuerdo por el que se estableció la veda total y permanente, la participación de las cooperativas pesqueras en tareas de conservación concluyó, aunque muchos de los campamentos tortugueros siguieron operándose gracias a que a esas alturas ya estaban involucrados en la investigación y protección de la tortuga en sus playas de anidación numerosos universitarios de varias instituciones y algunos grupos organizados de la sociedad civil, gobiernos de los estados y gobiernos municipales. Con su participación se ha logrado no solo mantener en operación aquellos campamentos, sino incrementar su número.

En La Escobilla el número de arribazones y nidos, así como la duración de la temporada reproductiva manifestaron tendencia a la disminución durante el periodo de captura comercial (Fig. 3). Sin embargo, dado que la presión de pesca más grande se ejerció en los estados de Jalisco, Michoacán y Guerrero y a que las actividades de protección en Escobilla dieron inicio en 1967, la colonia de esta playa ha podido recuperarse en años recientes. Lo anterior en gran medida fue posible por la liberación de una gran cantidad de crías, aún durante los períodos en los que el esfuerzo de pesca fue más intenso.

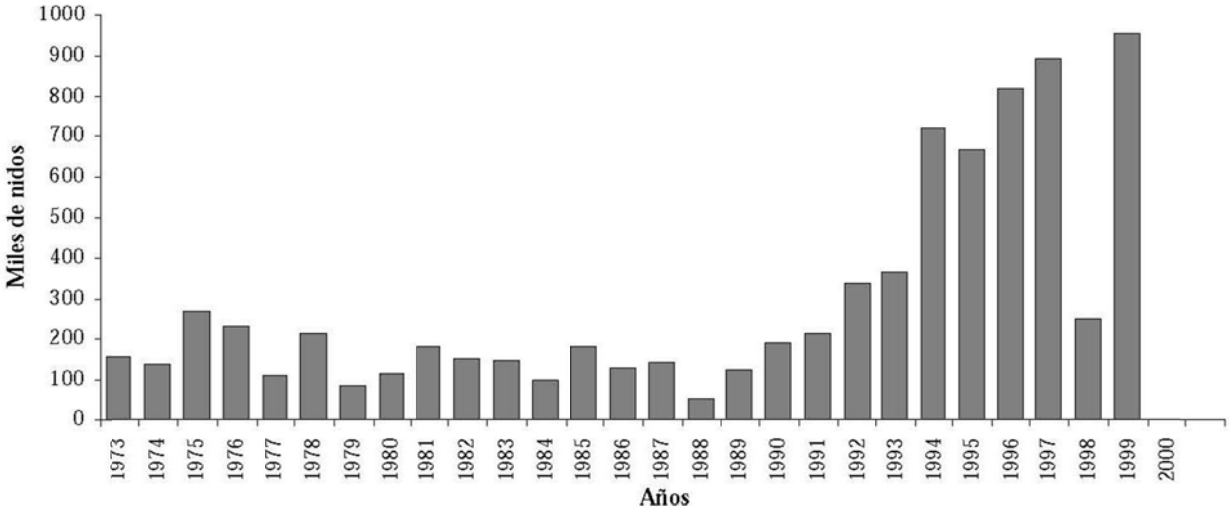


Fig. 3. Arribazones de tortuga golfina en la Playa de la Escobilla, Oaxaca en el periodo 1973-1999.

▼*Pesca incidental*

Las actividades de pesca han afectado las poblaciones de tortugas marinas en todas las áreas donde se distribuyen y su efecto se hace más evidente en aquellas regiones donde su presencia es mayor (Villaseñor, 1997). La población de tortuga golfina tiene una distribución regional y estacional a lo largo de la costa del Pacifico mexicano y parte de Centro y Sudamérica donde es afectada por la acción de pesquerías ribereñas de escama y tiburón que utilizan trasmallos y palangres en áreas por donde migran o se encuentran las tortugas. Un aspecto al que se le ha dado mucha importancia, quizás mas que a los otros efectos de actividades humanas sobre las tortugas marinas, es el relativo a la captura incidental que ocurre en las pesquerías de camarones peneidos (Magnuson *et al.*, 1990).

En 1991 el Instituto Nacional de la Pesca inició en el Pacífico mexicano, las investigaciones para la evaluación de la captura incidental de tortugas marinas en las operaciones de pesca comercial practicada principalmente por la flota camaronera. Simultáneamente se realizó la experimentación de los dispositivos excluidores de tortuga marina en las áreas de pesca existentes en el Golfo de California, Sinaloa, Nayarit y Golfo de Tehuantepec (Villaseñor, 1997). Como resultado de esas investigaciones y experimentación, surgió la emisión de las Normas Oficiales Mexicanaas 001-PESC-1996 y 002-PESC-1996 por las que se establece el uso obligatorio de los dispositivos excluidores de tortugas en las redes de arrastre camaroneras durante las operaciones de pesca de camarón en el Pacifico Mexicano, incluyendo el Golfo de California (D.O.F. 18(03/96, 28/08/96). Ello favoreció la disminución de la presión comercial por Estados Unidos para los países que exportan camarón a esa nación a fin de que se desarrollen medidas de protección a la tortuga (Villaseñor, 1997).

En 1991 el Instituto Nacional de la Pesca inició en el Pacífico mexicano, las investigaciones para la evaluación de la captura incidental de tortugas marinas, principalmente por la flota camaronera

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

▼*Infraestructura de investigación*

En las últimas décadas el tema de a conservación de ecosistemas o especies en peligro de extinción ha adquirido mayor relevancia; las tortugas marinas han llegado a ser un símbolo para este fin. Por esta razón, y porque cada vez se tiene más claro que no es suficiente legislar para incrementar las posibilidades de recuperación de las especies amenazadas, el Instituto Nacional de la Pesca se ha apoyado durante más de tres décadas en la operación de campamentos tortugueros, los cuales están ubicados en sitios estratégicos, para aplicar esfuerzos a favor de la protección de hembras, nidos, huevos y crías.

Sin embargo, para el INP los campamentos tortugueros representan, además, la oportunidad de realizar estudios sobre las características biológicas de estos reptiles marinos, por lo que cada campamento es una estación de investigación especializada en tortugas marinas.

Por lo que toca al estudio y protección de la tortuga golfina, el INP cuenta con cinco campamentos en la costa del Pacífico: El Verde Camacho, Sin., Nuevo Vallarta, Nay. y La Escobilla, Barra de la Cruz y Morro Ayuta, Oax. Cada uno de ellos cuenta con instalaciones para el alojamiento del investigador responsable y un grupo de técnicos, estudiantes y voluntarios. Adicionalmente, con excepción del campamento de Nuevo Vallarta, los campamentos tienen capacidad para recibir a investigadores invitados para el desarrollo de investigaciones complementarias.

En los campamentos de El Verde Camacho, Nuevo Vallarta y La Escobilla se recibe la visita de grupos de turistas, estudiantes y habitantes de las comunidades aledañas a las playas de anidación con el fin de promover actividades ecoturísticas y prácticas de campo para estudiantes.

El Centro Mexicano de la Tortuga en Mazunte, Oaxaca, fue creado a partir de un decreto presidencial en 1991 con dos objetivos principales: realizar investigación y concientizar al público

Por otro lado, el INP cuenta con el Centro Mexicano de la Tortuga (CMT), situado en Mazunte, Oax. Este Centro fue creado a partir de un decreto presidencial en 1991, para complementar las acciores que el gobierno mexicano empezaba a realizar, a raíz del decreto de veda total y permanente de 1990.

El CMT cuenta con instalaciones que le permiten desarrollar actividades en dos sentidos fundamentalmente: investigación y concientización del público. Para la investigación cuenta con infraestructura que le permite mantener en cautiverio a una cantidad importante de tortugas marinas, dulceacuícolas y terrestres. Esta infraestructura consiste en 2 estanques de concreto para observación de adultos, 96 piletas de fibra de vidrio para crías, 5 piletas de concreto para juveniles y organismos enfermos y 13 acuarios con ventanas de acrílico para exhibición de varias especies de tortugas en diferentes etapas de desarrollo. En conjunto, todos estos contenedores permiten manejar un volumen cercano a un millón de litros de agua marina en un sistema abierto. También cuenta con dos laboratorios, instalaciones para cirugía y tratamientos clínicos, una sala de incubación con capacidad para 600 nidos, sala y oficina con centro de cómputo y sala documental. Toda esta infraestructura ofrece amplias posibilidades para el desarrollo de estudios sobre alimentación, conducta, sanidad y estrategias de protección, así como para la capacitación y formación de recursos humanos orientados al estudio y conservación de las tortugas marinas.

Las instalaciones se complementan con un área de recepción para visitantes, cafetería concesionada a la comunidad organizada de Mazunte; salón para conferencias y exposiciones. Conjuntamente con los acuarios estanques y el personal especializado, esto permite atender diariamente a un flujo importante de visitantes (150,000/año), quienes tienen la oportunidad de conocer de cerca a las tortugas con la información más relevante sobre su evolución, biología, distribución y hábitos, y de esta manera involucrarse en una forma más participativa en la protección de estos reptiles.

Cabe mencionar que en muchas playas del Pacífico mexicano en las que anida la tortuga golfina, existen campamentos tortugueros operados por gobiernos estatales, universidades, organizaciones no gubernamentales e iniciativa privada (particularmente la industria hotelera). En muchos de estos campamentos además de realizar actividades de protección se ejecutan tareas de educación ambiental y ecoturismo. También destaca la participación, directa y activa en muchos casos, de habitantes de algunas comunidades que circundan a las playas de anidación, quienes con organización propia y en la medida de sus posibilidades, con la asesoría y presencia del CMT, realizan actividades de protección e incubación de nidos y liberación de crías.

MANEJO:

MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las medidas adoptadas por el Gobierno Mexicano para la protección de esta especie se comprenden básicamente en tres ámbitos:

- Leyes y reglamentos para regular la explotación y el uso de las tortugas y de las playas de anidación (Tabla 1)

- Instalación de campamentos para la protección de hembras, nidos y huevos en las principales playas de anidación.

- Instrumentación de los Dispositivos Excluidores de Tortugas para reducir la captura incidental.

Tabla 1. Leyes y reglamentos elaborados para la protección de tortugas marinas

Medidas jurídicas	Año
Reglamento de Pesca: Prohibición en todo tiempo de posesión o consumo de huevo y destrucción de nidos.	1927
Se ratifica la prohibición de la explotación de huevo de tortuga marina y se establecen vedas y tallas mínimas de captura.	1929
Creación del Programa de Investigación de Tortugas Marinas en el Instituto de Investigaciones Biológico Pesqueras (hoy INP).	1962
Establecimiento de los dos primeros campamentos de protección e investigación para esta especie (ambos en el estado de Colima).	1965
Establecimiento de tres campamentos más en los estados de Oaxaca, Guerrero y Jalisco.	1967
Veda total para todas las especies de tortugas marinas por dos años.	1971
Las tortugas marinas son reservadas a Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera.	1972
Acuerdo de veda para la protección de tortugas marinas de julio a septiembre en el océano Pacífico.	1973
Se amplía la veda de junio a octubre en el océano Pacífico.	1975
Decreto de 17 playas como Zonas de Refugio para las tortugas marinas, 13 en el océano Pacífico para anidación de la tortuga golfina.	1986
Veda total y permanente para todas las especies y subespecies de tortugas marinas.	1990
Decreto presidencial denominado "Código de Ensenada", que establece la creación de un Museo Vivo de la Tortuga Marina en la Costa de Oaxaca (hoy CMT).	1991
NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de fauna y flora en peligro de extinción	1994
NOM-001-PESC-1996 que establece el uso obligatorio de Dispositivos Excluidores de Tortugas en el Pacífico Mexicano, incluyendo el Golfo de California.	1996
NOM-002-PESC-1996 que establece el uso obligatorio de Dispositivos Excluidores de Tortugas en el Pacífico Mexicano, incluyendo el Golfo de California.	1996

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

La información disponible sobre la tortuga golfina es relativamente escasa y la mayor parte proviene de la colonia de Escobilla. Algunas características biológicas se muestran en la *tabla 2*.

Tabla 2. Características biológicas (tomadas de Márquez, 1996).

	Talla	Peso	Frecuencia de anidación	Ciclo	Huevos/nido
Promedio	67.6	38.1	1.6*-2.3	1-2	110.6
Intervalo	51-78	33-52			59-189
N	844	139			65882

***La frecuencia de anidación de 1.6 fue tomada de Márquez *et al.* (1976).**

Esta especie se reproduce en gran parte del litoral del Pacífico, sin embargo hay pocos registros acerca de la mayoría de las colonias porque existe una amplia variación en el número de campamentos que se establecen cada año y no existe un mecanismo que permita recopilar todos los datos que se generan.

Cabe señalar que hay heterogeneidad en la forma en la que se informa de los resultados. Algunas Instituciones presentan el número de nidos protegidos y otras los nidos totales, lo cual dificulta hacer comparaciones entre las colonias y estimar la anidación total.

Para ejemplificar esta problemática se presenta la *tabla 3*, en la cual se muestran los datos de 16 campamentos entre 1990 y 1997. Como se aprecia, hay información más o menos constante de algunos campamentos como Platanitos, pero en otros como Vallarta o Pico del Monte es discontinua, ya sea porque no trabajaron o los datos no fueron accesibles. Por otra parte, en años recientes ha cobrado auge la instalación de campamentos a cargo de Sociedades Cooperativas y comunidades que trabajan de manera empírica y de los cuales no hay un registro continuo.

Tabla 3. Número de nidos de los campamentos instalados para la protección de tortuga golfina entre 1990 y 1997. No se incluyen los del Instituto Nacional de la Pesca.

Campamentos	Instituciones	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Platanitos, Nay.	INE, SEMARNAP	175	179	158	450		810	718	687
Nuevo Vallarta, Nay.	SEMARNAP				246	835	903	892	
Vallarta, Jal.	SEMARNAP				102		124		
Chalacatepec, Jal.	INE	566	250		658		713	502	343
Cuitzmala, Jal.	ONG		328		339		456		
Majahua, Jal.	U.de G.	361	550		470		1067		852
Cuyutlán, Col.	INE, Gob. Edo., Patronato				133	450	660	716	
Boca de Apiza, Col	INE, Gob. Edo., Patronato		633		626	977	3194	498	
Ixtapilla, Mich.	Comunidad					256	515	13482	2123
Piedra de Tlacoyunque, Gro.	INE	184	94		445	510	395	600	608
Hacienda de Cabañas	UAG		80		158			107	
Pico del Monte, Gro.	UAG		30		384	1063			
T. Colorada,Gro.	INE		200		355	650	250		
Los Mogotes, Gro.						200	170	10	
Sn Juan Chacahua, Oax.	INE,	592		3239	4751	6030	8450	1420	
Puerto Arista, Chis	INE, Gob. Edo.	600			249	574	750	106	

La mayor cantidad de información existente proviene de Escobilla, cuya serie de tiempo corresponde al período 1973-1999. Otros campamentos con series mayores a 10 años son los de El Verde-Camacho (Sin.), El Playón de Mismaloya (Jal.), La Gloria (Jal.), Chupadero (Col.), Mexiquillo (Mich.), Colola (Mich.), Maruata (Mich.), Barra de la Cruz (Oax.) y Morro Ayuta (Oax.). No obstante, con excepción del primero y los dos últimos, en el resto hay incertidumbre en cuanto al tipo de datos reportados.

▼ *Modelo*

La evaluación de la población de tortuga golfina en el Pacífico mexicano se realiza a partir de la cuantificación de las anidaciones, ya sea mediante el registro directo en el caso de las anidaciones solitarias, como ocurre en casi todas las playas de anidación, o mediante la estimación a partir de muestreos estratégicos realizados durante las arribazones, como sucede en las playas de La Escobilla y Morro Ayuta, ambas en el estado de Oaxaca.

La estimación de las anidaciones a partir del método de muestreo aplicado en las arribazones se basa en el modelo propuesto por Márquez y Van Dissel (1982) y se describe a continuación.

La playa de anidación es seccionada a lo largo en estaciones de 100 m longitud. En uno de los extremos de cada estación se define una zona de muestreo de 10 m de longitud, medidos en forma paralela a la

línea de costa. Cuando tiene lugar una anidación masiva, las zonas de muestreo de las estaciones que están comprendidas en el área de arribazón, son revisadas cada hora. En estos muestreos, se registra el número de hembras presentes en cada zona de muestreo, diferenciándolas por su actividad. Para este fin se consideran tres acciones: tortugas ascendiendo a la playa, tortugas regresando al mar y tortugas que se encuentran realizando cualquiera de las acciones de la anidación (excavando, ovopositando o cubriendo el nido). Dado que se considera que las tortugas que van de regreso al mar pudieran haber sido contabilizadas en el muestreo previo, este valor se sustrae del número de hembras que ascienden a la playa. Al no contar con estimaciones sobre la probabilidad de anidación exitosa, se concede arbitrariamente un valor de probabilidad dentro del área de muestreo, de 0.5. Se obtiene el promedio de tortugas ascendiendo mediante la suma del número de hembras realizando esta acción en cada una de las zonas de muestreo y la división del resultado entre el número de estaciones; lo mismo se hace para obtener los promedio de tortugas anidando y regresando.

La siguiente fórmula se aplica a los valores obtenidos:

$$n_t = \tfrac{1}{2}(s - b) + p \qquad \text{.....(1)}$$

donde:

n_t = el número de anidaciones estimadas en el tiempo t
s = número de tortugas ascendiendo a la playa
b = número de tortugas regresando al mar
p = número de tortugas en acción de anidación.

Dado que la zona de muestreo corresponde al 10% del área de cada estación, el valor de n_t es multiplicado por 10 para extrapolar, y de esta manera obtener la estimación del número de anidaciones en toda la playa para un tiempo dado. La suma de las estimaciones hechas para cada hora durante el tiempo que dure la arribazón, corresponde a la estimación del número total de anidaciones.

Para la evaluación de las anidaciones durante una arribazón mediante este método se parte de los siguientes supuestos:

- El promedio de tiempo en el que una tortuga realiza todo el proceso de anidación, desde que sale del mar hasta que regresa a él, es de alrededor de una hora. Esto justifica la periodicidad con la que se realizan los muestreos instantáneos.

- La playa tiene una amplitud semejante a todo lo largo, con ligeras variaciones en las barras de comunicación de los esteros con el mar.

- La distribución de las hembras en la playa durante las arribazones es homogénea.

Los dos últimos supuestos justifican la extrapolación a partir de una muestra del 10% de toda la arribazón.

- ***Abundancia de adultos***

La abundancia de los adultos (A) que llegan a reproducirse anualmente a la playa de Escobilla puede estimarse a partir de:

$$A = H_m + M_m \qquad \text{.....(2)}$$

donde:

A = Adultos
H_m = Hembras
M_m = Machos

Las hembras se calculan de:

$$H_n = NT(FA)^{-1} \quad \text{.....(3)}$$

donde:

NT = Número total de nidos
FA = Nidos puestos por una hembra

Márquez *et al.* (1976) estimaron que la FA es igual a 1.6 nidos por temporada.

▼ *Estado actual de la tortuga golfina*

Por las limitaciones que existen para la obtención de datos de todo el litoral Pacífico, sólo se presentan los resultados del seguimiento de la abundancia de las colonias en las que se han desarrollado actividades de protección por más tiempo y cuyos datos son confiables. Con excepción de La Escobilla cuya serie llega hasta 1999, en el resto solo se incluye hasta 1998.

El número de nidos en las colonias analizadas siguió varios tipos de tendencias (Fig. 4).

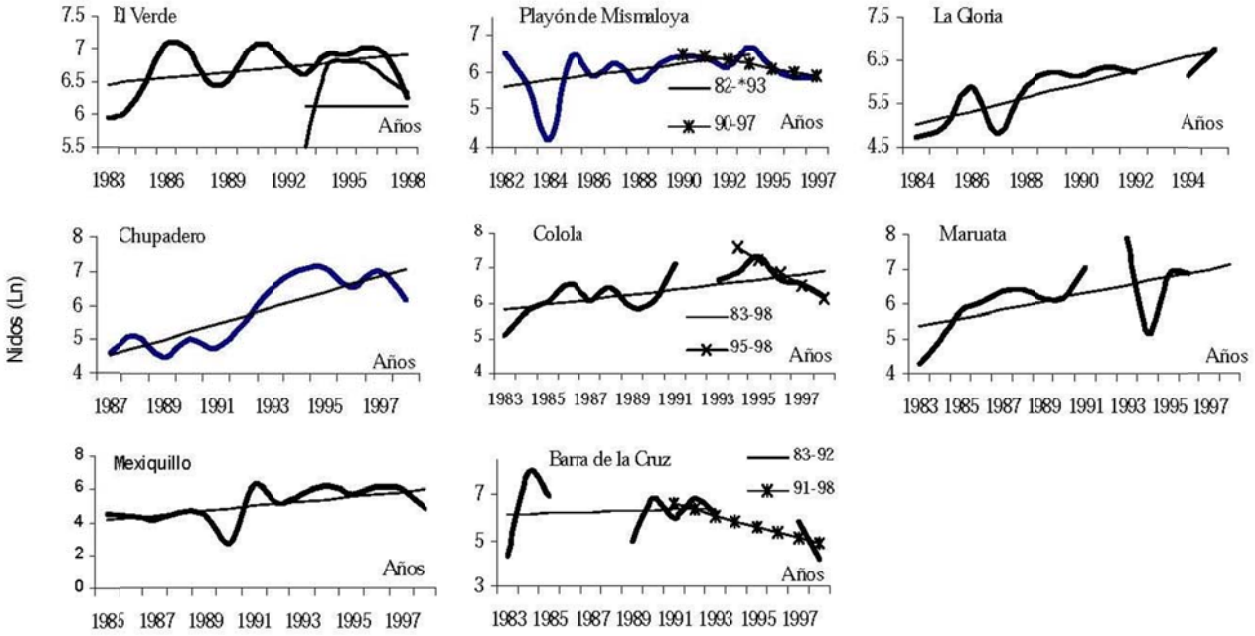


Fig. 4. Anidación de las colonias anidadoras en diferentes playas.

El Verde-Camacho, Nuevo Vallarta y el Playón de Mismaloya presentaron una ligera tendencia creciente con variaciones de tipo oscilatorio. Los registros de las dos primeras playas estuvieron correlacionados (r=0.56, p=0.2, N=5), aunque el escaso número de datos posiblemente incidió en la significancia. Ambas localidades se encuentran en una zona sujeta a fuertes cambios ambientales (Lavin *et al.*, 1997), lo cual posiblemente haya influido en esas fluctuaciones, aunque esto deberá ser confirmado con un análisis detallado.

La Gloria, Chupadero, Maruata, Mexiquillo y Morro Ayuta presentaron incrementos significativos. Aunque la anidación de Morro Ayuta se incrementó en el período analizado, este campamento no operó durante algunos años, lo que además de restarle representatividad a la serie, propició intenso saqueo de huevos.

En Escobilla se observaron dos tendencias, la primera fue decreciente y se presentó entre 1973 y 1989, mientras que la segunda fue creciente y se detectó entre 1990 y 1999 (Fig. 5).

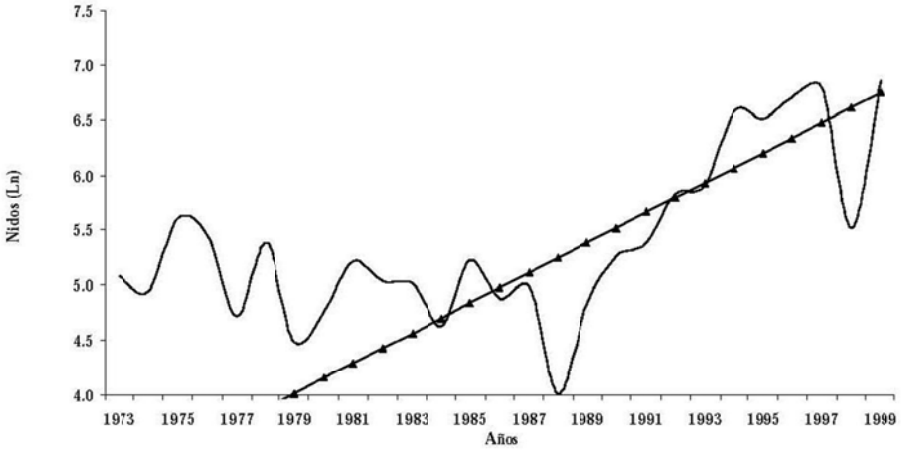


Fig. 5. Sobrevivencia y Mortalidad estimadas en Escobilla en el periodo 1973 -1999.

En Colola las anidaciones aumentaron paulatinamente entre 1983 y 1995, año a partir del cual disminuyeron significativamente, tal vez porque en esa playa se prioriza la conservación de tortuga negra, cuya temporada se inicia poco después de la de golfina.

En Barra de la Cruz se detectó un incremento gradual entre 1983 y 1992, año a partir del cual se inició un decremento abrupto, derivado de la reducción en el esfuerzo invertido en la protección de esta especie en favor de la tortuga laúd.

El número de adultos que llegan a reproducirse en cada temporada sólo pudo ser estimado para Escobilla. Después de la veda esta cantidad fluctuó entre 179,900 y 615,200, lo cual significa que la tasa de incremento fue del 12.8% anual aproximadamente (tabla 5).

Estos resultados muestran que la situación es distinta para cada una de las colonias. Es probable que estas diferencias tengan como origen primario la intensidad del esfuerzo invertido en la protección, aunque en algunos casos, como en las colonias ubicadas en el norte, las condiciones ambientales también deben influir de manera relevante.

En Colola y Barra de la Cruz, el mayor esfuerzo se aplica para las tortugas prieta y laúd, que se encuentran en mayor riesgo y por lo tanto es posible que los registros existentes subestimen la cantidad real de golfina que llega a esas playas. Es el caso de la playa de Ixtapilla, Michoacán, donde se presentan arribazones.

Tabla 5. Estimación de individuos adultos que llegaron a reproducirse en cada temporada.

AÑO	Hembras (miles)	Adultos (miles)
1990	155.9	179.9
1991	178.7	206.2
1992	204.9	236.4
1993	234.9	271.0
1994	269.2	310.7
1995	308.7	356.2
1996	353.9	408.3
1997	405.7	468.1
1998	465.0	536.7
1999	533.1	615.2

Escobilla representa una muy elevada proporción de la anidación total del litoral mexicano, por lo que el incremento casi exponencial que presenta esta colonia es un buen indicador del estado de la población. Se desconoce en gran mecida cuáles son las condiciones de otras colonias que en el pasado presentaron arribazones importantes, tales como el Playón de Mismaloya, Jal. y Piedra de Tlacoyunque, Gro. mientras que los esfuerzos para la recuperación de Morro Ayuta no han podido ser constantes

La tortuga golfina desova actualmente en muchas playas a lo largo del Pacífico; en dos playas no se ha dejado de manifestar la anidación en grupo conocida como arribazón: La Escobilla, ubicada en el municipio de Santa Ma. Tonameca, Oax. y Morro Ayuta, municipio de San Pedro Huamelula, Oax. (Peñaflores *et al.*, 1998). Recientemente se ha detectado una playa conde en los últimos años se ha manifestado un notorio incremento en el numero de anidaciones hasta alcanzar a formarse arribazones de regular importancia. Esta playa se encuentra frente a la comunidad de Ixtapilla, municipio de Aquila, Mich. (Sánchez y Reyes, 1998).

Los resultados de anidación en las playas muesiran que la población de tortuga golfina a lo largo de la costa del Pacífico mexicano ha experimentado una recuperación palpable en la última década.

PERSPECTIVAS:

ESTRATEGIAS DE MANEJO

Tal como lo muestran los resultados de anidación en las playas más importantes para esta especie, la población de tortuga golfina a lo largc de la costa del Pacífico mexicano ha experimentado una recuperación palpable en la última década. De hecho, las anidaciones en playas como La Escobilla y Morro Ayuta han rebasado ya los registros históricos.

El incremento en el número de anidaciones tiene como consecuencia un nivel aun no determinado de destrucción de nidadas por la acciór de tortugas que anidan en sitios en los que previamerte otra hembra depositó sus huevos. Esta característica es intrínseca a poblaciones que manifiestan la conducta de anidación sincrónica o casi simultánea y que para este fin seleccionan playas de longitud corta, o segmentos estrechos en playas de longitud mayor. La sobreposición de anidaciones se acentúa cuando una arribazón tiene lugar antes de que los nidos de la arribazón previa completen el periodo de incubación. Esto representa probablemente una medida adaptativa de autorregulación poblacional. Esto en términos socioeconómicos, representa una cantidad nada despreciable de proteína.

Torrando en consideración el nivel de marginación social y atraso económico existente en las comunidades aledañas a las principales playas de anidación, resulta factible explorar la posibilidad de realizar el aprovechamiento de una parte de los huevos depositados por la tortuga golfina en la playa de La Escobilla, Oax., que es la zona de arribazón más importante para esta especie en México. Esta propuesta se funda en las siguientes consideraciones:

- La sobreposición de arribazones se ha venido manifestando en forma cada vez más frecuente en la playa de La Escobilla, toda vez que se ha incrementado el número de arribazones por temporada, así como el número de hembras anidadoras que toman parte en este fenómeno.

- La extracción racional de huevo durante una arribazón puede resultar una medida benéfica para el recurso, ya que la saturación de nidos en la playa produce interferencias durante la incubación.

- La captura legal controlada aliviaría en parte la falta de alternativas económicas, y saqueo del huevo de tortuga, práctica común en la zona.

El huevo de tortuga es, potencialmente, un producto que abre una alternativa económica generadora de ingresos en una zona como la de La Escobilla, en la que la agricultura es incipiente y la pesca una actividad difícil por las características de su playa.

No obstante, es necesario considerar que para que el uso del huevo de tortuga sea posible en esta playa, se requieren, entre otras, las siguientes medidas:

- Adecuar el marco legal vigente de manera que en circunstancias claramente definidas, la extracción de huevo de tortuga golfina sea una actividad lícita.

- Contar con un plan de manejo para que la extracción de huevo que favorezca su conservación. Dicho plan de manejo debe estar soportado por un estudio dirigido a evaluar la sobreposición y destrucción de nidos y huevos, que permita conocer los márgenes reales de utilización del recurso.

- Delimitar una zona territorial exclusiva en la que el uso o consumo del huevo de tortuga golfina sea lícito. El territorio a definir no debe ser mayor a la zona de influencia directa de la playa de La Escobilla. Con esta medda se evitará que otras poblaciones de esta misma especie o de otras especies de tortugas marinas resulten afectadas por la modificación del marco legal.

- Integrar a las comunidades beneficiarias en las tareas de vigilancia, protección y conservación, como una condición para el aprovechamiento de este subproducto de la tortuga golfina.

- Gestionar la participación interinstitucional en la elaboración y seguimiento del plan de manejo y en la vigilancia del cumplimiento de las medidas administrativas procedentes.

El huevo de tortuga es, potencialmente, un producto que abre una alternativa económica generadora de ingresos en algunas zonas donde no existen otras alternativas económicas

En América Latina existen experiencias sobre el uso lícito del huevo de tortuga golfina en playas donde ocurren las arribazones (Cornelius *et al.*, 1991). Esas experiencias pueden representar la oportunidad de que los habitantes de la zona de arribazón de La Escobilla mejoren su calidad de vida.

Las actividades de investigación y protección que actualmente se realizan a favor de esta especie no deben reducirse, independientemente de que se conceda o no su uso y aprovechamiento. Es necesario poner especial atención en los estudios sobre fibropapilomatosis, con la finalidad de integrar una red de monitoreo que permita cubrir toda la costa del Pacífico mexicano, y estar en posibilidades de evaluar esta enfermedad en las colonias anidadoras de esta especie.

REFERENCIAS

Aguirre, A., T. R. Spraker, A. Chavez, L. Dutoit, W. Eure & G. H Balazs, 1998. Fibropapillomatosis in olive ridley turtles in Costa Rica. En: Abreu-Grobois, F.A., R. Briseño-Dueñas, R. Márquez, & L. Sarti (comp.). Proceedings of the Eighteenth International Sea Turtle symposium. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436: p. 111.

Albavera, E., C. Peñaflores, I. Sandoval, G. Vázquez, L. Sarti, N. García & A. Barragán. 1996. Resultados de la protección de tortugas laúd, *Dermochelys coriacea* y golfina, *Lepidochelys olivacea* en la playa de Barra de la Cruz, Oax., Temporada 1995-1996. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Albavera, E., E. López, P. Hernández, J. Vasconcelos & C. Peñaflores, 2000. The prevalence of cutaneous tumors during 1998 among nesting olive ridleys at La Escobilla, Oaxaca, Mexico. Memorias del 20th Annual Symposium on Sea Turtle Biology and conservation. Orlando, FL, EUA.

Anónimo, 1984. Informe Final del Programa de Protección de la Tortuga Marina establecido en el Playón de Mismaloya. Informe Tecnico Interno. Delegación Federal de Pesca del Estado de Jalisco. 25 pp

Anónimo. 1990. Acuerdo por el que se establece veda total para todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación, México. Mayo 31, pp.:21-22

Anónimo. 1986. Decreto por el que se determinan como Zonas de Reserva y Sitios de Refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, los lugares donde anida y desovan dichas especies. Diario Oficial de la Federación. México, octubre 29. 1986, pp:8-10

Anónimo. 1996. Norma Ofical Mexicana de Emergencia 001-PESC-1996, por la que se establece el uso obligatorio de los dispositivos excluidores de tortugas marinas en las redes de arrastre camaroneras durante las operaciones de pesca de camarón en el Ccéano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Diario Oficial de la Federación México. 18 de marzo 1996. 5-14 p.

Anónimo. 1996. Norma Ofical Mexicana de Emergencia 002-PESC-1996, por la que se establece el uso obligatorio de los dispositivos excluidores de tortugas marinas en las redes de arrastre camaroneras durante las operaciones de pesca de camarón en el Ccéano Pacífico, incluyendo el Golfo de California. Diario Oficial de la Federación, México. 28 de agosto 1996. 12-21 p.

Barajas C., A. Hernández & G. Ortega. 1995. Resultados de investigación y protección de tortugas marinas en el campamento "Boca de Apiza-El Chupadero". Municipio de Tecomán, Col. 1994-1995. Memoria de Resúmenes XII Encuentro Interuniversitario y II Internacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Centro Mexicano de la Tortuga. Mazunte, México

Barajas C. N., G. Ortega Reyes & F. Nieves. 1996. Resultados de investigación y protección de tortuga marina en el campamento tortuguero "El Chupadero". Mpio. de Tecomán, Colima,. Temporada 1995-1996 Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Barajas C., A. Hernández & G.Reyes. 1998. Retrospective analysis of eleven years of work on turtle nesting on the coast of Colima, México. Memoria de Resúmenes. 18vo. Simposio Internacional sobre Tortugas Marinas. Mazatlán, Sin. 3-7 marzo de 1998.

Barragán A., L. Gámez, N. García, M.C. Hernández, C. López, M.C. Ordoñez A. L. Sarti & F. Vargas. 1993. Protección e investigación de algunos aspectos biológicos y reproductivos de las tortugas marinas en la costa sur de la costa michoacana. Temporada de anidación 1992-1993 Informe Técnico Interno. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F: 34 pp más Anexos.

Chávez, A., L. Dutcit G. Marín & W. Eure. 1998. Fibropapilloma in the ostional olive ridley, *Lepidochelys olivacea*, Population. En: Abreu-Grobois, F.A., R. Briseño-Dueñas, R. Márquez & L. Sarti, (comp.). Proceedings of the Eighteenth International Sea Turtle Symposium. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436: p. 114.

Cornelius, S., M. Alvarado, J. C. Castro, M. Mata del Valle & D. C. Robinson, 1991. Administración de las tortugas marinas olive ridley (*Lepidochelys olivacea*) en las playas Nancite y Ostional, Costa Rica. En: Robinson, J. G., K. H. Redford y J. E. Rabinovich (Compiladores). Uso y Conservación de la Vida Silvestre Neotropical. Ed. Fondo de Cultura Económica, México. pp 143 - 169.

Doi, T. 1974. Outline of mathematical analysis on fish populations for practical use in front. En: Fisheries Biology and Population Dynamics of Marine Resources. Textbook for Marine Fisheries Research Course. Japan International Cooperative Agency, pp:117-210

Frazier G.J. 1983. Análisis estadístico de la tortuga golfina, *Lepidochelys olivcea* (Eschscholtz), de Oaxaca, México. Ciencia Pesquera . Inst. Nal. Pesca. México 125(4): 49-75.

Garduño M. & J. Díaz. 1999. Informe de la comisión a la costa de Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Informe Técnico Interro. Dirección General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable. Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Harfush-Meléndez M., C. A. Martínez-Palacios, E. M. López-Reyes & C. Rojas-García. 1998. The optimum dietary protein level for the sea turtle hatchlings, *Lepidochelys olivacea*, feeding at satiation. En: Abreu-Grobois, F.A., R. Briseño-Dueñas, R. Márquez & L. Sarti (comp.). Proceedings of the Eighteenth International Sea Turtle Symposium. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC. 436: 114-117.

Huerta R. P., M. C. Ordoñez, M. Rodríguez, L. Sarti, A. Barragán, N. García, C. López & V.H. Pineda. 1996. Resultados de la protección de las tortugas marinas, *Dermochelys coriacea* y *Lepidochelys olivacea*, en el Playón de Mexiquillo, Michoacán. Temporada 1995-1996. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Lavin M.F., E. Beier & A. Badan. 1997. Estructura hidrográfica y circulación del Golfo de California. Escalas estacional e interanual. En: M. Lavin (ed.) Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía no. 3 Unión Geofísica Mexicana. pp:141-171

Limpus, C. J., 1995. Global overview of the status of marine turtles: a 1995 viewpoint. En: K. A. Bjorndal (ed.). Biology and conservation of sea turtles. Segunda edición. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

Magnuson J. J., Bjordal, K. A., Du Paul W.D., Graham G.L., Owens D.W., Peterson D.H., Pritchard P: C.H., Richardson J.I., Saul G.E. & West C. W. 1990. Decline of sea turtles: Causes and prevention. Natl. Acad. Sci. Press, Washington D.C., 190 pp.

Márquez M.R. & T. Doi. 1973. Ensayo teórico sobre el análisis de la población de tortuga prieta, *Chelonia mydas carrinegra* Caldwell, en aguas del Golfo de California, México. Bull. Of Tokai Regional Fisheries Research Labopratory. No, 73. 22 p.

Márquez M. R., A. Villanueva. & C. Peñaflores. 1976. Sinopsis de datos biológicos sobre la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829). FAO-INP Sinopsis sobre la Pesca. (2):1-67.

Márquez, R. & H. Van Dissel. 1982. A method for evaluating the number of massed nesting olive ridley sea turtles, *Lepidochelys olivacea*, during an arribazon, with comments on arribazon behaviour. Neth. J. of Zool. 32(3): 419-425.

Márquez M. R., A. Villanueva, C. Peñaflores & D. Ríos. 1982. Situación actual y recomendaciones para el manejo de las tortugas marinas de la costa occidental mexicana, en especial la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. México 91(3): 83-91.

Márquez, R., 1990. FAO Species catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Fisheries Synopsis. No 125, Vol. 11. Roma. 81 pp.

Márquez, R., J. Vasconcelos & C. Peñaflores, 1990. XXV Años de Investigación, conservación y protección de la tortuga marina. Secretaría de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. 49 pp.

Márquez M.R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica, México. 197 pp.

Márquez R., C. Peñaflores & J. Vasconcelos. 1996. Posible recuperación de la población anidadora de tortuga golfina en la playa de Escobilla, México. Noticiero de tortugas marinas. Conservation International. Washinton, D.C. 73: 5-8.

Márquez M. R., C. Peñaflores & J. Vasconcelos. 1996a. Las tortugas oliváceas (*Lepidochelys olivacea*) muestran señales de recuperación en La Escobilla , Oaxaca. Noticiero de Tortugas Marinas (73):7-8

Márquez M. R., C. Peñaflores & J. Vasconcelos. 1996 Monitoring the abundance of nesting olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) in La Escobilla, Oaxaca, México. Memorias: Second World Fisheries Congress, 28 july-2 August Brisbane, Australia.

Márquez M.R., M.C. Jiménez, M.A. Carrasco & N. A. Villanueva. 1998. Comentarios acerca de las tendencias poblacionales de las tortugas marinas del género *Lepidochelys* después de la veda total de 1990. Océanides 13(1):41-62

Martínez C. & S. G. Aguilar. 1995. Resultados de protección y conservación. Campamento Playón de Mismaloya. Temporada 1994. Memoria de Resúmenes XII Encuentro Interuniversitario y II Internacional para la Conservación de las Tortugas Marinas. Centro Mexicano de la Tortuga. Mazunte, México

Martínez-T., C., L.M. Ortíz & M. Rivera. 1994. Resultados del subprograma de protección y conservación en el Playón de Mismaloya, Jalisco durante la temporada 1993. Memoria de Resúmenes XI Encuentro Interuniversitario y I Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Centro de Estudios de la Costa. Melaque, Jal.

Montenegro, S. B., N. Bernal G. 1982. Análisis del contenido estomacal de *Lepidochelys olivacea*. Tesis profesional. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. México.

Navarro M.C. & R.E. Carretero. 1994. Resultados de las actividades del programa interinstitucional de protección de la tortuga marina en el estado de Jalisco. Temporada 1993-1994. Memoria de Resúmenes. XI Encuentro Interuniversitario y I Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Centro de Estudios de la Costa. Melaque, Jal.

Peñaflores, S.C. & J. Vasconcelos. 1996. Anidaciones en las arribadas de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, en la playa de la Escobilla, Oaxaca, México, Temporada 1995. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Peñaflores-Salazar. C., J. Vasconcelos-Pérez, E. Albavera-Padilla & R. Marquez-Millán. 1998. Twenty five years nesting of olive ridley sea turtle *Lepidochelys olivacea* in Escobilla Beach, Oaxaca, México. En: Abreu-Grobois, F.A., R. Briseño-Dueñas, R. Márquez & L. Sarti (comp.). Proceedings of the Eighteenth International Sea Turtle Symposium. 3-7 March. 1998 Mazatlán, Sin. Mexico. U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436: 27-29

Pritchard, P. & P. Trebbau, 1984. The Turtles of Venezuela. Soc. Study Amphib. Rept. 404 pp.

Pritchard, P.C. 1997. Evolution, philogeny and current status of sea turtles. En: Peter L. Lutz & J. A. Musick (ed.). The Biology of Sea Turtles, CRC Press, pp 1-28.

Reyna, M., M.I. & R. Hernández. 1994. Informe de actividades del Programa Nacional de Protección y Conservación de la Tortuga Marina (1991-1993). Informe Técnico Interno. Programa Ambiental de México. Dir. Gral. de Aprovechamiento Ecológico de los Recursos Naturales. INE, SEDESOL. 46 pp.

Ríos D., R. Briseño, S. Robles, H. Parra, F. Balderrama & E. Varela, 1998. Sea turtle research and conservation at El Verde, Sinaloa, México (1975-1997). Memoria de Resúmenes. 18vo. Simposio Internacional sobre Tortugas Marinas. Mazatlán, Sin 3-7 marzo 1998

Ríos O.D., H. Parra, S. Robles & E. Varela. 1995. Investigación y manejo de tortugas marinas. Temporada XXI. Informe anual de actividades, 1995. Informe Técnico Interno. CRIP-Mazatlán/INP. 13 pp

Sánchez, R. & G. Reyes. 1998. Ixtapilla, Michoacán: recolonization, wandering or a new olive ridley nesting site?. 18th Interantional Sea Turtle Smposium. Mazatlán, Sin. (memoria de resúmenes).

Sandoval del Angel, I. & G. Vázquez. 1996. Protección y conservación de las tortugas marinas en la playa Barra de la Cruz, Oaxaca; temporada 1995-1996. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Sarti, A. L., N. García, C. López, A. Barragán, C. Ordoñez, L. Gámez, P. Huerta, A. Juárez, D. García & M. Herrera, 1998a. 15 Years of conservations efforts by the sea turtle laboratory. Facultad de Ciencias, UNAM, in Mexiquillo Beach. Memoria de Resúmenes. 18vo. Simposio Internacional sobre Tortugas Marinas. Mazatlán, Sin 3-7 marzo 1998

Sarti L., C. López, N. García & S. Karam. 1994. Resultados de las actividades de protección de las tortugas golfina, *Lepidochelys olivacea*, y laúd, *Dermochelys coriacea*, en el Playón de Mexiquillo, Mich. Temporada 1993-1994. Memoria de Resúmenes XI Encuentro Interuniversitario y I Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Centro de Estudios de la Costa. Melaque, Jal.

SEMARNAP. 1995. Programa Intersecetarial para la Protección y Conservación de las tortugas marinas en el Estado de Jalisco. Temporada 1995-1996. Delegación Federal de la SEMARNAP-Jalisco. Guadalajara, Jal. (inédito).

Silva B., F.A., E. Godinez & J.A. Trejo. 1995. Status of the olive ridley nesting population in Playon de Mismaloya, Mexico. 13 years of data. 15th. Annual Sea Turtle Symposium. February 1995. Hilton Head S.C.

Trejo R., J. A., F. A. Silva Bátiz, R. E. Carretero & F. J. Chávez. 1996. Resultados del programa de protección y conservación de las tortugas marinas en el campamento La Gloria (Playón de Mismaloya) Jalisco. Temporada 1995-1996. Memoria de Resúmenes. XIII Encuentro Interuniversitario y III Internacional para la Conservación de Tortugas Marinas. Universidad Veracruzana. Dir. Gral. Acad. Area Cienc. Biol. y Agrop. Jalapa, Ver.

Valverde, R. & C. A. Gates, 1997. Population surveys on mass nesting beaches. En: K. L. Eckert, K. A. Bjorndal, F. A. Abreu & M. Donnelly (ed.). Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication No. 4. pp. 56 - 60.

Vasconcelos, J. & E. Albavera, .1995. El Centro Mexicano de la Tortuga, perspectivas y objetivos. Noticiero de Tortugas Marinas. Conservation International. Washington, D.C. 69 pp: 15-17.

Vasconcelos J., Albavera E., López E. M., Hernández P. & Peñaflores C. 1998. First assessment of tumor incidence in nesting females of olive ridley sea turtle, *Lepidochelys olivacea*, at La Escobilla Beach, Oaxaca, México. En: Abreu-Grobois, F.A., R. Briseño-Dueñas, R. Márquez & L. Sarti (comp.). Proceedings of the Eighteenth International Sea Turtle Symposium. . 3 – 7 March. 1998 Mazatlán ,Sin. Mexico.U.S. Dep. Commer. NOAA Tech. Memo. NMFS-SEFSC-436: 276-278

Vasconcelos, P.J., C. Peñaflores S. & E. Albavera. 2000. Seguimiento de la migración por medio de transmisores de satélite, de dos ejemplares de tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*, que anidaron en la playa de La Escobilla, Oax., en el Pacífico sur. XII Congreso Nacional de Oceanografía. 22 al 26 de mayo 2000.

Villanueva, F.A. 1986. Informe de la comisión realizada al estado de Jalisco. Informe Técnico Interno. CRIP-Manzanillo. INP (inédito).

Villaseñor, T.R. 1997. Dispositivos Excluidores de Tortugas Marinas. FAO Documento Técnico de Pesca. No. 372. Roma, FAO. 116 p.

tortuga
prieta
prieta
prieta
tortuga
tortuga
prieta
prieta
tortuga
prieta
tortuga
Tortuga prieta
tortuga

BREVIARIO SOBRE LA PROTECCION DE LA TORTUGA PRIETA

ESPECIE: tortuga prieta (*Chelonia agassizi*).

- Especie de gran importancia desde el punto de vista histórico, alimenticio y económico en muchas zonas costeras del occidente del país.
- Gran parte de su biología es desconocida, se encuentra en la parte central del Pacífico centro-oriental.
- Se distribuyen alrededor de la Península de Baja California y hasta el Itsmo de Tehuantepec e Islas Revillagigedo.
- Especie altamente migratoria.
- Puede anidar de 1 a 8 veces con un promedio de 2.8 nidos/hembra cada 2.2 años, entre agosto y enero en Michoacán y de julio a marzo en las Islas Revillagigedo.
- Su captura se realizaba cuando viajaban en grupos y alimentándose dentro del Golfo de California, las zonas costeras del Itsmo de Tehuantepec y las costas de Michoacán.
- Durante los cincuertas y sesentas se realizó una intensa captura y de 1959 a 1968 la captura creció de 500 a 1,130 t, en gran parte compuesta por tortuga golfina (*Lepidochelys olivacea*) y la tortuga prieta

TENDENCIA DE LAS CAPTURAS

- Especie sujeta a protección especial.

TIPO DE MODELO PARA EVALUACIÓN Y MANEJO

- Conteos directos para estimar el número de hembras anidadoras.

ESTADO DEL RECURSO

- En peligro de extinción.

MEDIDAS DE MANEJO

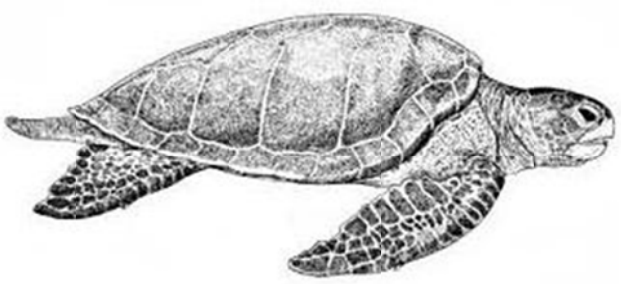
- Protección a zonas de anidación y desove (D.O.F. 8 enero de 1986). Veda total para las especies y subespecies de tortugas marinas (D.O.F. 31 de mayo 1990). Prohibición de posesión o consumo de huevo, carne o piel. Uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortuga en las redes de arrastre camaroneras (NOM-002-PESC-1993). NOM-059-ECOL-1994 que determina las especies y subespecies de flora y fauna en peligro. Se sugiere establecer un plan de recuperación de la población.

OBJETIVO DE LAS MEDIDAS

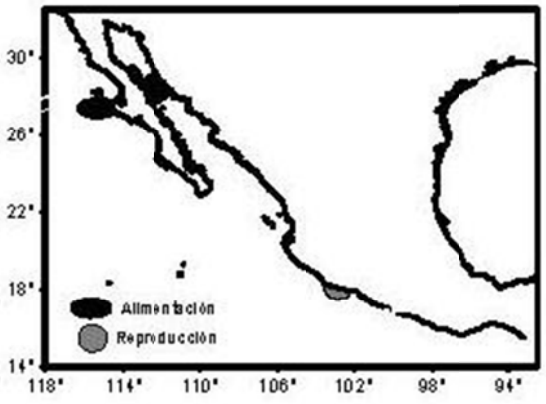
- Protección y recuperación de la población.

TORTUGA PRIETA

Chelonia agassizi



EL RECURSO:



IMPORTANCIA

Desde el punto de vista histórico, alimenticio y económico, la tortuga prieta ha tenido una gran importancia regional en muchas zonas costeras del occidente del país. Como recurso formó parte esencial de la dieta alimenticia (comunidades indígenas) y una pesquería productiva y de importancia regional. En las costas del Pacífico oriental, desde Baja California y Sonora hasta Chiapas, la captura de tortugas marinas, principalmente golfina (*Lepidochelys olivacea*) y prieta (*Chelonia agassizi*), fueron importantes. La tortuga prieta era capturada cuando se encontraban navegando en flotillas y alimentándose dentro del Golfo de California, lagunas costeras del istmo de Tehuantepec y frente a la costa de Michoacán.

Entre los años cincuenta y sesenta la población de tortuga prieta soportó una intensa captura por parte de los Seris y pescadores ribereños. La carne era secada, salada y vendida a un precio aproximado menor a 15 centavos de dólar por kilogramo (Felger *et al.*, 1978).

Entre los años cincuenta y sesenta la población de tortuga prieta soportó una intensa captura por parte de los Seris y pescadores ribereños. La carne era secada, salada y vendida a un precio menor a 15 centavos de dólar por kilogramo

En el Pacífico, en las playas de Cololа y Maruata (Michoacán), se ubica la zona más importante de reproducción y anidación de la tortuga prieta. La población se mantuvo sin perturbaciones. Solamente indígenas y rancheros de la región mantuvieron un consumo regional, sin provocar cambios en estas poblaciones (Felger *et al.*, 1978).

A partir de 1959 y hasta 1968, la captura nacional de tortugas marinas se incrementó desde 500 t hasta 14,330 t de producto fresco. Esta captura fue sostenida principalmente por dos especies: la tortuga golfina (*L. olivacea*) y menor proporción la tortuga prieta (*C. agassizi*) (Márquez *et al.*, 1982). Debido a la intensa pesquería clandestina a que fueron sometidas y al saqueo de los nidos en las playas, la tortuga prieta, al igual que otras poblaciones de tortugas marinas se vio seriamente afectada (Márquez y Doi, 1973).

A principios de los setenta se observaron entre 200 y 500 tortugas prietas anidando por noche en la playa de Colola, Michoacán en octubre y noviembre; en noviembre de 1974 se pudieron contar 200 tortugas por noche. Sin embargo, en 1977, en los meses de mayor anidación, sólo se contaron entre 7 y 30 tortugas por noche (Felger *et al.*, 1978). Una acelerada demanda de la piel de tortuga ocasionó que pescadores de Guerrero, Michoacán, Colima y Jalisco capturaran de manera simultánea ejemplares adultos frente a las playas de Colola y Maruata, Mich. En 1976, en estas playas pescadores sacrificaban de 40 a 80 tortugas por día y entre 7,000 a 15,000 por año (Felger *et al.*, 1978).

La reducción mundial en la abundancia de tortugas marinas hizo necesario que fueran clasificadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el Libro Rojo como especies en peligro de extinción (Groombridge, 1982) e incluidas en los Apéndices I y II de los acuerdos de la CITES

La reducción mundial en la abundancia de tortugas marinas hizo necesario que fueran clasificadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el Libro Rojo como especies en peligro de extinción (Groombridge, 1982) e incluidas en los Apéndices I y II de los acuerdos de la Convención Internacional para el Comercio de Especies en Peligro de Extinción de Fauna y Flora Silvestres (CITES), bajo el mismo estatus. México juega un importante papel a nivel mundial en conservación de las poblaciones de tortugas marinas como parte de la diversidad biológica del mundo (Márquez, 1996).

Debido a su importancia comercial, las investigaciones en un principio fueron enfocadas a su administración. Los parámetros biológicos en estas especies han sido difíciles de determinar, y la tortuga prieta no ha sido la excepción. Gran parte de su biología es aún desconocida; en el presente trabajo se muestran avances de su biología, su historia como pesquería y su situación actual.

BIOLOGÍA

La tortuga prieta es ubicada en la familia Cheloniidae, correspondiendo al género *Chelonia* (Brongniart, 1800), Existe controversia sobre si debe colocarse en una sola especie como *Chelonia agassizi* o ubicarse como una subespecie de *Chelonia mydas* (Eckert, 1991; Bowen *et al.* 1992; Dutton *et al.*, 1996). Algunos consideran que la tortuga prieta debe ser tratada como especie separada, por su distribución geográfica confinada al Pacífico central oriental, además de diferencias morfométricas, hábitos de reproducción y alimentación, comparada con la tortuga blanca, *C. mydas* (Figueroa, 1989; Márquez, 1990; Pritchard, 1997; NMFS, 1998). En el presente trabajo se considera a la tortuga prieta como *C. agassizi*. En México los nombres más comunes usados para esta especie son el de tortuga prieta, tortuga negra, caguama prieta, parlama y sacacillo (Márquez, 1990).

Se considera que la tortuga prieta debe ser tratada como especie separada, por su distribución geográfica confinada al Pacífico central oriental, además de diferencias morfométricas, hábitos de reproducción y alimentación, comparada con la tortuga blanca, C. mydas

Villanueva (1981) describe a la tortuga prieta con un par de escudos prefrontales, tomium de la mandíbula inferior aserrado y el de la parte superior con bordes fuertes en su superficie interna. El carapacho tiene cuatro escudos costales a cada lado de los cinco escudos vertebrales, un escudo nucal y dos postvertebrales. Es de menor talla comparada con su homologa, *C mydas*, presentando un carapacho más escotado en el tercio posterior (Márquez, 1990; 1995; 1996). En adultos y subadultos el color negro está distribuido en todo el cuerpo en forma de manchas o moteado sobre un fondo pardo o gris-verdoso. Algunos adultos presentan patrón de coloración moteado o en forma radial de colores llamativos como: blanco, rosa, amarillo, naranja púrpura, resaltando más cuando los ejemplares están mojados. El plastrón generalmente es de color oscuro pero algunos ejemplares presentan colores blanco, rosa, amarillo y naranja claro (Márquez, 1990) (Fig. 1).

La longitud en el carapacho de los adultos de tortuga prieta es de 68 a 98 cm (línea recta), con un promedio de 77.5 cm. Su peso varía entre 36 y 126 kg con un promedio de 52 kg. El número de huevos por puesta es de 47 a 145 con un promedio de 75; estos son blancos,

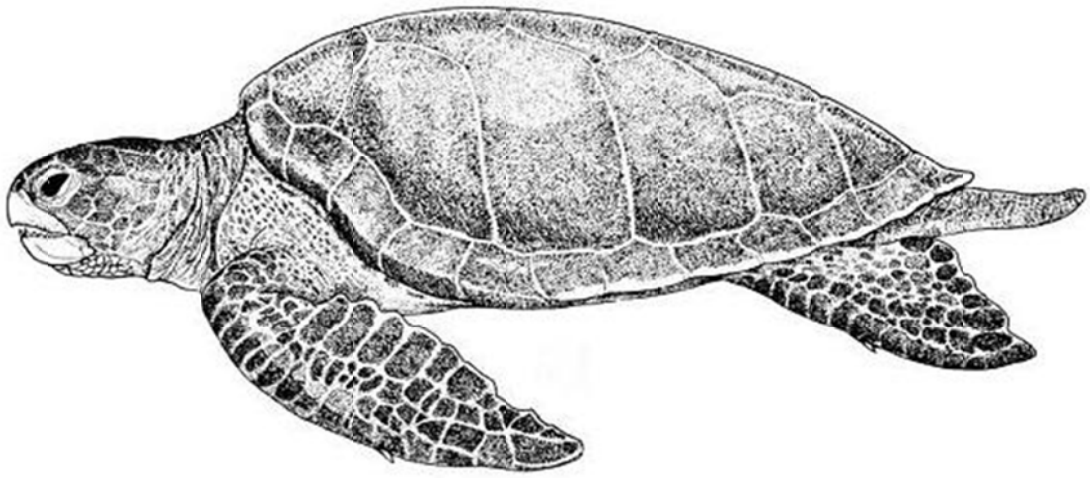


Fig. 1. Tortuga prieta (*Ch. agassizi*). Hembra adulta. Adaptación de Marquez 1995. Dibujo de P. Lastrico, FAO.

esféricos, alrededor de 4.2 cm de diámetro y entre 35 a 46 g de peso. Esta especie puede anidar en una sola temporada entre 1 y 8 veces, con un promedio de 2.8 nidos por hembra. Su ciclo de anidación se repite aproximadamente cada 2.2 años (Villanueva 1981; Márquez, 1990; 1995).

La época de anidación varía en tiempo en las dos zonas donde está detectada esta actividad; en Michoacán se realiza de agosto hasta enero con una intensa anidación en los meses de octubre y noviembre, mientras que en las Islas Revillagigedo se presenta entre julio y marzo del siguiente año (Márquez, 1990; Argueta, 1994).

La tortuga prieta es dioica, con dimorfismo sexual muy marcado. Los machos, a diferencia de las hembras, tienen una cola muy larga y prensil, llegando más allá de la aleta posterior extendida, mientras que en las hembras no sobrepasa el margen del carapacho. Son de lento crecimiento y madurez sexual tardía que en general se alcanza a los 68 cm de largo recto en el carapacho y se asume que tarda para alcanzar dicha longitud un mínimo de 8 a 9 años (Villanueva, 1981; Márquez, 1990).

La tortuga prieta es dioica, con dimorfismo sexual muy marcado. Los machos, a diferencia de las hembras, tienen una cola muy larga y prensil, llegando más allá de la aleta posterior extendida, mientras que en las hembras no sobrepasa el margen del carapacho

Es común encontrarlas desde las aguas alrededor de la península de Baja California hasta el sur del Perú. En México las zonas de alimentación se encuentran en el Golfo de California, la costa de Michoacán, el istmo de Tehuantepec y en las islas Revillagigedo

Es común encontrarlas desde las aguas alrededor de la península de Baja California hasta el sur del Perú. En nuestro país las zonas de alimentación se encuentran dentro del Golfo de California, la costa de Michoacán, el istmo de Tehuantepec y en las islas Revillagigedo (Fig. 2). También se las encuentra con cierta frecuencia en aguas de El Salvador y Nicaragua (Golfo de Fonseca), al Suroeste de Colombia, alrededor de las Islas Galápagos y zona continental del Ecuador y en el Norte de Perú (Península de Paracas). En temporadas muy cálidas, pueden observarse al norte hasta Columbia, Canadá y al sur hasta Coquimbo, Chile (Márquez, 1990).

Para esta especie se tienen detectadas dos zonas de reproducción en México. La más importante en el estado de Michoacán, en las playas de Colola y Maruata (Fig. 2) (Márquez, 1990), aunque en 1998, Motín del Oro, en el mismo estado, reportó más de 200 anidaciones. Es posible que Michoacán siga siendo la zona de anidación de mayor importancia en el Pacifico oriental (Delgado *et al.*, 1998), donde se incluyen además playas de cierta relevancia para esta especie como son: Faro de San Telmo, La Llorona, Chimapa, Chicuaxia,

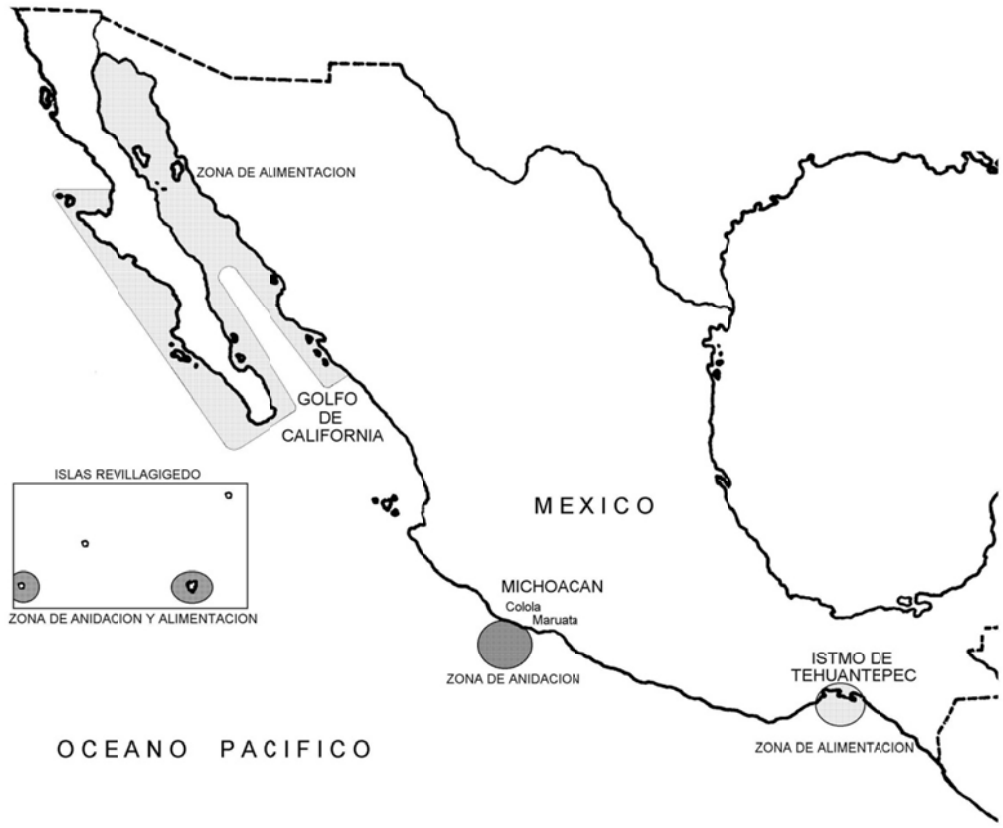


Fig. 2. Principales zoras de alimentación y reproducción de la tortuga prieta en México

La más importante zona de reproducción se localiza en el estado de Michoacán, en las playas de Colola y Maruata. Otra zona con relevancia en anidaciones y reclutamiento de juveniles y adultos es el archipiélago de las Islas Revillagigedo

Maruata Viejo, Paso de Noria y Cachan (Fig. 3). La otra zona de México con relevancia en anidaciones y reclutamiento de juveniles y adultos es el archipiélago de las Revillagigedo, con una predominancia en las Islas Clarión y Socorro (Márquez, 1990; Argueta, 1994; Juárez y Sarti, 2000).

Vive principalmente en aguas costeras de moderada profundidad, ricas en algas y pastos marinos. Durante los primeros estadios juveniles es carnívora, pero a cierta edad, posiblemente menor a tres años, se vuelve herbívora, consumiendo pastos marinos y algas (Villanueva, 1981; Márquez, 1990; Hirth, 1997). En cautiverio acepta casi sin problemas alimentación a base de proteína animal.

Son altamente migratorias y se las puede encontrar en mar abierto, solitarias o formando agrupaciones o "flotillas". Durante sus migraciones recorren cientos o miles de kilómetros, al trasladarse entre sus sitios de alimentación y de anidación (Márquez, 1990).

Las hembras en época de reproducción emergen del mar, para anidar casi siempre durante la noche. La anidación dura entre una y media a dos horas y media aproximadamente, en condiciones de oscuridad, penumbra o con la escasa luz del amanecer. Inicialmente construyen una fosa preliminar en la arena y después continúan con el nido que tiene forma de cántaro con una profundidad desde la superficie hasta el fondo de 50 a 60 cm. Una vez construido éste, se inicia el desove expulsando al mismo tiempo entre uno y cuatro huevos y concluyen esta fase hasta que el nido queda prácticamente lleno. Después lo cubren con la misma arena húmeda que desalojó y lo tapan usando las aletas posteriores; con movimientos de las aletas

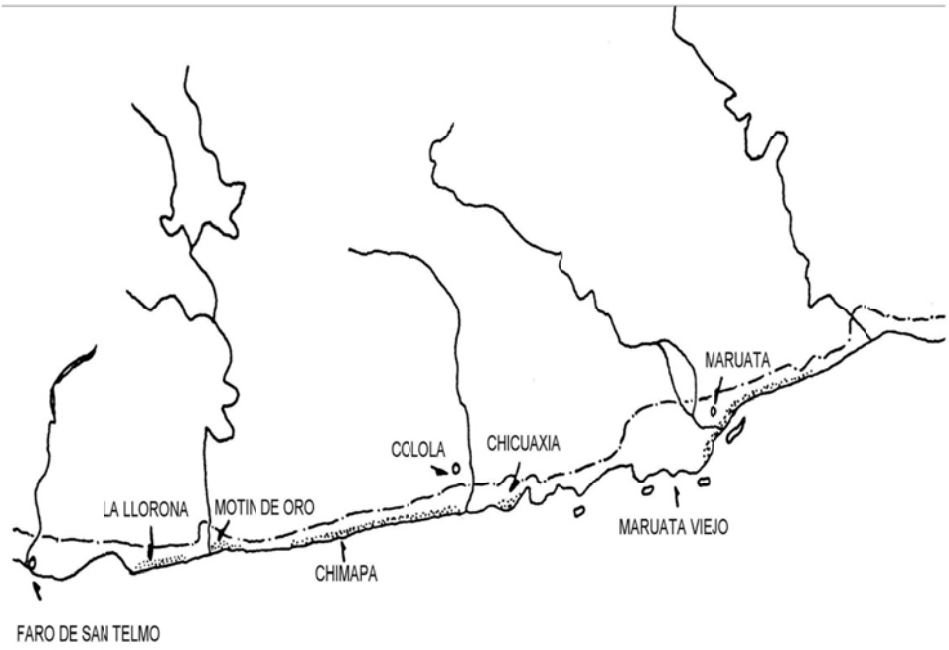


Fig. 3. Principales zonas de reproducción de la tortuga prieta en el Estado de Michoacán, México.

El periodo de incubación suele variar con la estación del año. Los intervalos son de 46 a 62 días en épocas cálidas y frías respectivamente, siendo lo más común entre 50 y 55 días. Después de que eclosionan las crías, emergen y se dirigen al mar, permaneciendo a la deriva superficial durante períodos variables, que pueden ser de varios años (Márquez, 1990).

CAPTURA Y ESFUERZO

▼ *Tendencias históricas*

Desde principios de este siglo hasta mediados de los años sesenta, la explotación comercial de las tortugas marinas en México fue incipiente y casi exclusivamente para el consumo local, principalmente en la zona noroeste y el Istmo de Tehuantepec. La extracción del huevo se realizó casi en toda la zona costera del país (Márquez, 1996).

El problema en las poblaciones de tortugas marinas surgió cuando las poblaciones de cocodrilos fueron seriamente afectadas y se descubrió que la piel de la tortuga golfina (*L. olivacea*) presentaba características apropiadas para la industria peletera (Márquez *et al.,* 1982). La demanda de la piel de tortuga marina se incrementó de manera exponencial, llevando a la explotación comercial nacional en los años cincuenta desde 500 t (aproximadamente 6,000 individuos, principalmente de tortuga blanca, caguama, lora y carey). hasta 14,330 t (aproximadamente 375,000 individuos) en 1968, sostenida principalmente por tortugas golfina y prieta (Márquez y Doi, 1973; Márquez *et al.,* 1982). A partir de ese registro máximo, la captura presentó un continuo descenso, de manera que para mediados de 1971 la Secretaría de Pesca consideró necesario dictaminar una veda total experimental, para reorganizar la pesquería. Esta veda se estimó debía concluir a mediados del 1972. Sin embargo, debido a que los permisos de captura a los permisionarios fueron suspendidos para dar exclusividad a las cooperativas, la regularización de estas agrupaciones y los trámites de los nuevos permisos demoraron el inicio de la explotación hasta principios de 1973; la veda estuvo vigente durante un año y medio (Márquez *et al.* 1982; Márquez, 1996).

A partir de 1973, sólo se expidieron permisos para capturar tortugas golfina y prieta. Para que las cooperativas iniciaran actividades, debían demostrar que podían aprovechar integralmente el recurso o tener contrato con alguna industria que se encargara de esa faena. La captura se permitió a través de cuotas, distribuidas entre el 1° de noviembre y el 31 de mayo del año siguiente, pues la veda vigente era de junio a octubre. Sin embargo, la captura ilegal fue tal durante dicha prohibición, que para tratar de controlarla y registrarla, a partir de 1975 y de común acuerdo con los industriales, se otorgaron las llamadas "franquicias durante la veda" (Márquez, 1996; Márquez y Carrasco, 1996).

La explotación comercial nacional en los años cincuenta era de 500 t (aproximadamente 6,000 individuos de tortuga blanca, caguama, lora y carey), en 1968 aumento a 14,330 t (aproximadamente 375,000 individuos) sostenida principalmente por tortugas golfina y prieta

Debido al repentino desarrollo de la pesquería, en la mayoría de los estados la disponibilidad del recurso disminuyó considerablemente, dejando de ser en algunos de estos una actividad rentable. La captura en su mayor parte cubrió necesidades regionales y en casos muy especiales se consideró de subsistencia, tal fue el caso de la tortuga prieta, que para 1976 se consideró necesaria la asignación de cuotas de explotación muy limitadas y reservadas únicamente para las comunidades indígenas (Márquez y Carrasco, 1996).

Debido al repentino desarrollo de la pesquería, en la mayoría de los estados la disponibilidad del recurso disminuyó considerablemente, dejando de ser en algunos de estos una actividad rentable

A pesar de esta regulación, para la tortuga prieta fue necesario hacerla más drástica debido principalmente a que sus poblaciones son de distribución menos amplia y forman concentraciones en áreas de alimentación y reproducción, lo que las hace más vulnerables a los efectos de la captura excesiva. Con este fundamento y una continua reducción en el número de hembras anidadoras, la entonces Secretaría de Pesca determinó que a partir de 1983 se suspendieran todos los permisos para capturar tortuga prieta, a excepción de pequeñas cuotas anuales de 200 ejemplares, para cada uno de los grupos étnicos: Seris, Pómaros y Huaves. Aún con esta medida, la especie continuó disminuyendo, por lo que se declararó veda total a partir del 1° de junio de 1990 (D.O.F., 1990). La última captura autorizada para las tortugas golfina y prieta fue de junio de 1989 a mayo de 1990 (Márquez, 1996; Márquez y Carrasco, 1996).

▼*Pesca incidental*

La pesquería de arrastre del camarón está asociada con la captura incidental de tortugas marinas. En las zonas y épocas donde se pesca camarón de esa forma la frecuencia de especies en la captura y el volumen en los arrastres puede tener grandes variaciones (Márquez, 1996).

Estudios sobre el uso de Dispositivos Excluidores de Tortugas (DETs) en camaroneros del Pacífico mexicano indican 97% de eficiencia en la liberación de tortugas marinas, cumpliendo con la norma internacional

Estudios realizados entre 1992 a 1994 por el Instituto Nacional de la Pesca sobre el uso de Dispositivos Excluidores de Tortugas (DETs) en embarcaciones camaroneras del Pacífico mexicano, indicaron un 97% de eficiencia para la liberación de tortugas marinas, cumpliendo con la norma internacional (Aguilar, 1996).

En el Pacífico mexicano la tortuga golfina, *L. olivacea*, es la especie más susceptible a ser capturada debido a su abundancia, hábitos alimenticios y rutas migratorias; la tortuga prieta, *C. agassizi*, tiene una menor probabilidad de ser capturada en este sistema de pesca.

Aspectos socioeconómicos

▼*Infraestructura*

En las playas de Colora y Maruata en Michoacán se mantiene una pequeña infraestructura que permite que durante la temporada de anidación de la tortuga prieta se realicen actividades de investigación, protección y conservación

Las playas de anidación para la tortuga prieta (*C. agassizi*), en las cercanías de los poblados de Cololа y Maruata en Michoacán, no cuentan con infraestructura que facilite la investigación, protección y conservación, durante todo el año. Se mantiene una pequeña infraestructura rústica ocupada por investigadores, voluntarios, estudiantes y turistas nacionales y extranjeros; esta sólo permite la permanencia durante la temporada de anidación. Para el rescate de los nidos se construyen corrales para incubación, los cuales consisten en un cercado de malla de alambre el cual es retirado al final de cada temporada.

A partir de 1994, por diferencias dentro de la comunidad de Maruata, la Universidad Michoacana decidió no seguir instalando el campamento en dicho lugar y sólo proporciona asesoría técnica en apoyo de los trabajos de conservación que realiza la cooperativa de pescadores del lugar y cuantifica la cantidad de nidos.

En cuanto a turismo se refiere, en 1988 la Universidad Michoacana presentó una propuesta a las comunidades indígenas de Cololа y Maruata, para realizar turismo ecológico, como alternativa a las actividades de conservación de las tortugas mariras y su hábitat. Se pretendía, así mismo, que pudiera servir como complemento al desarrollo social y económico de los pobladores.

Desde 1989 el ecoturismo se practica en forma paralela a la temporada de anidación de la tortuga prieta, involucrando pequeños grupos de personas (no más de 12) entre nacionales y extranjeros, principalmente de E.U. También participan escuelas de nivel medio, medio superior y estudiantes universitarios de Morelia, Mich., Guadalajara, Jal. y México, D.F. (Figueroa *et al.*, 1993).

Además de las playas antes mencionadas, en el estado de Michoacán existen otras que son también importantes por la presencia de anidaciones, tales como: Faro de San Telmo, La Llorona, Motín del Oro, Chimapa, Chicuaxia, Maruata Viejo, Paso de Noria y Cachán (Fig. 3). Sin embargo, por el menor número de anidaciones, la ayuda económica ha sido esporádica, mediante programas implementados principalmente por el gobierno estatal a través del trabajo temporal que otorga recursos económicos a las comunidades que colaboran en los trabajos de protección de tortugas marinas.

MANEJO:

Medidas administrativas

En 1969 que se formularon instrumentos para proteger a las poblaciones, las zonas de anidación y fomentar la conservación de huevos, crías y hembras

No obstante que a partir de 1925 se habían decretado varias medidas para mejorar la administración de esta pesquería, fue hasta el segundo lustro de los sesenta cuando se formularon toda una serie de instrumentos para proteger a las poblaciones, las zonas de anidación y fomentar la conservación de los huevos, crías y hembras de las tortugas marinas. Para ello se adoptaron medidas de conservación ante el fuerte abatimiento de las poblaciones derivadas de la captura comercial estimulada por la demanda de piel en los mercados internacionales y el contrabando regional de productos como el huevo y carey.

Hasta la fecha se han aplicado diversas medidas que pueden resumirse en los siguientes incisos:

1. Instalación de campamentos en las playas de anidación para el estudio y conservación de las poblaciones de tortugas marinas.

2. Elaboración de leyes y reglamentos para la protección de los organismos y de las áreas de desove, a través de los decretos de Veda Total (D.O.F. 1990), declaración de Zonas de Reserva Natural para la Protección, Conservación, Fomento e Investigación de Tortugas Marinas y sus Hábitats (D.O.F. 1986) y Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-94 que las mantiene en la categoría de Peligro de Extinción (Tabla 1).

3. Colaboración internacional con organismos, universidades e instituciones privadas y gubernamentales, tanto en el auspicio económico como en la investigación.

4. Disminución de la captura incidental en arrastres camaroneros, instrumentando los dispositivos excluidores de tortugas (DETs) en estas redes.

Estas medidas no fueron instrumentadas simultáneamente y los resultados se esperaban a mediano y largo plazo, considerando las particularidades del ciclo vital de las especies (Márquez, 1996).

Las tortugas marinas están incluidas en el Apéndice I y II de la CITES, desde los primeros años de la década de los setenta para regular su explotación y comercio internacional

En relación con el entorno internacional, las tortugas marinas quedaron incluidas en el Apéndice I y II de la Convención Internacional para el Comercio de Especies de Flora y Fauna Silvestre Amenazadas (CITES) en los primeros años de la década de los setenta para regular su explotación y comercio internacional. En 1973 se incluyeron en la Endangered Species Act (Ley para Especies en Peligro) de los E.U., lo cual trajo como consecuencia la obligatoriedad del uso de los DETs en el Golfo de México por la flota camaronera de ambos países en 1987 y al embargo a la importación de camarón de los países que no utilizaran DETs durante la captura a partir de 1989. Esto no entró en vigor inmediatamente pues fue necesario dar un plazo de adaptación a los países afectados (Márquez, 1996). En el Pacífico mexicano la vigencia del uso obligatorio de los DETs fue a partir de 1993 (D.O.F. 1993).

A partir de 1984 el Fondo Mundial de Vida Silvestre (WWF) y el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USF&WS), a través de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), destinaron recursos para desarrollar un programa para la recuperación de la tortuga prieta en las playas de Colola y Maruata, siendo desde entonces la UMSNH la principal promotora en los trabajos de protección y conservación de la especie (Alvarado *et al.*, 1985).

ANÁLISIS CUANTITATIVO

▼ *Información disponible*

Los métodos tradicionales para la estimación de poblaciones no se pueden implementar adecuadamente a las tortugas marinas como se haría en otras pesquerías ya que es difícil obtener los parámetros que se requieren para estos modelos como son la frecuencia de tallas, edad, velocidad de crecimiento, captura comercial por especies, esfuerzo de pesca, etc.

En el siguiente análisis de tendencias, sólo se manejará información de la playa de Colola, Michoacán, única playa con una serie de características, resultado de las actividades de conservación de la Fac. de Biología de Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. El esfuerzo para la colecta de nidos y el tamaño del área de anidación se han mantenido sin cambio durante todos esos años.

Tabla 1. Diversas reglamentaciones jurídicas para la protección de las poblaciones de tortuga prieta (*C. agassizi*) y sus playas de anidación (Adaptado parcialmente de: SEPESCA, 1990) .

MEDIDA	AÑO
Promulgación de vedas temporales a la pesca, prohibición de recolección de huevos y tallas mínimas de captura.	1925-1946
Veda total a la captura de tortugas marinas.	1971-1972
Permisos para la explotación muy limitada a comunidades indígenas Seris, Huaves y Pómaros.	1976
Decreto como Zonas de Reserva a las playas de Colola y Maruata, Mich., para la anidación de tortugas marinas. D.O.F., 1986.	1986
Publicación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección al Medio Ambiente, en la cual se incluyen medidas para la protección del hábitat de las tortugas marinas.	1988
Incorporación de la captura a un régimen de cuotas y franquicias, con exclusividad las Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera de Guerrero, Michoacán y Oaxaca.	1988
Decreto de Veda Total a todas las especies. D.O.F., 1990.	1990
Modificaciones al Código Penal para sancionar la captura, colecta y comercialización de especies en peligro de extinción, particularmente delfines y tortugas marinas.	1991
Norma Mexicana sobre el uso de DET's en el Pacífico Mexicano D.O.F., 1993.	1993
Reformas y Derogación al Código Penal en Materia del Fuero Federal, para sancionar la captura, colecta y comercialización de especies en peligro de extinción como tortugas marinas o sus productos y derivados. Capítulo. Delitos Ambientales; Artículo 420	1996

La serie de nidos (1984-2000) presenta una tendencia a la disminución sostenida; las oscilaciones en el número de anidaciones son muy amplias

▼ *Estado actual de la tortuga prieta*

La serie de nidos, que abarca de 1984 a 2000 presenta una tendencia hacia la disminución sostenida, como se aprecia en la *figura 4*. Las oscilaciones en el número de anidaciones son muy amplias, con una desviación estándar de aproximadamente 1,800 nidos. Esto se debe probablemente al ciclo de reproducción que puede ser bianual, trianual o multianual (Hirth, 1997; Delgado y Alvarado, 1998).

PERSPECTIVAS:

La pesquería de tortugas marinas tuvo gran importancia para México y es necesario recuperar las poblaciones y si se puede lograr, ver la posibilidad de que formen parte de una pesquería responsable y sustentable

ESTRATEGIAS DE MANEJO

La pesquería de tortugas marinas tuvo gran importancia para México y es necesario recuperar las poblaciones y si se puede lograr, ver la posibilidad de que formen parte de una pesquería responsable y sustentable.

El programa de recuperación para la tortuga lora (*Lepidochelys kempi*) en la playa de Rancho Nuevo en Tamaulipas, puede servir como un plan piloto para la recuperación de poblaciones de otras especies. Esta estrategia de recuperación que ha mostrado éxito, podría implementarse en otros lugares y para ello se sugiere llevar a cabo las siguientes acciones:

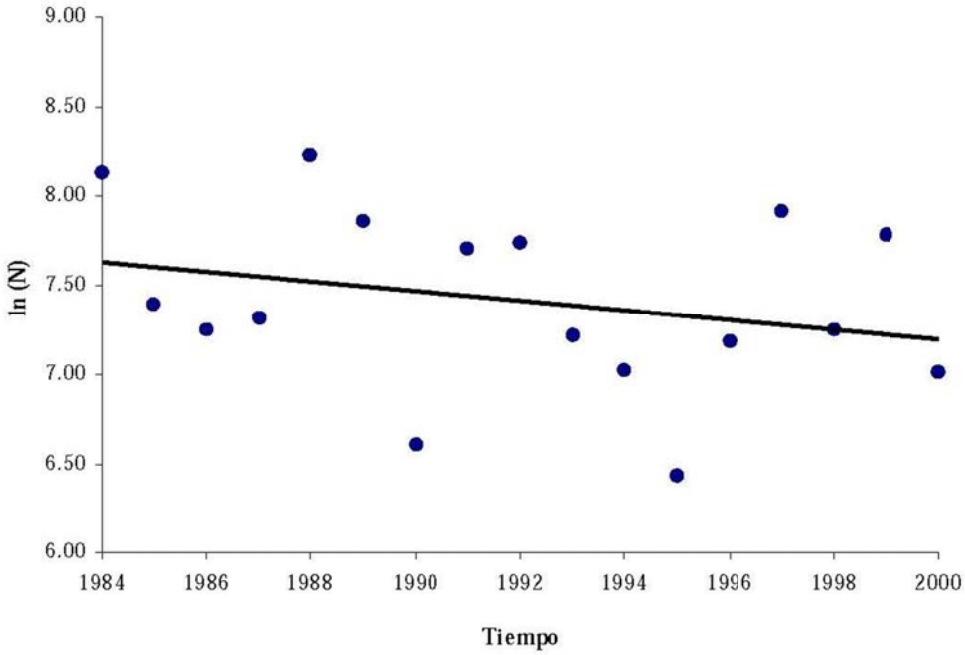


Fig. 4. Variabilidad de la abundancia de nidos de la tortuga prieta (*C. agassizi*) en la playa de Colola, Michoacán. Entre 1984 y 2000. Información de la Facultad de Biología, U. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

- Continuar con la recolección y protección de todos lo nidos de tortuga prieta en la playa de Colola mediante los corrales de incubación.

- Ampliar el periodo de protección de las hembras anidadoras desde julio hasta febrero, para evitar la pérdida de nidos al inicio y final de la temporada.

- Favorecer los trabajos de recolección y protección en la playa de Maruata, la segunda en importancia para la anidación de tortuga prieta en el país.

- Ampliar el esfuerzo de protección a otras playas como las de Motín del Oro, La Llorona, Paso de Noria, Cachán y Chimapa.

- Favorecer el marcado de juveniles en el Golfo de California, para un mejor conocimiento sobre la biología y rutas migratorias.

- Apoyar la evaluación de la población de esta especie en las Islas Revillagigedo (principalmente en Isla Socorro).

Es recomendable que se incluyan a las comunidades aledañas a las playas de anidación, ya que las tortugas marinas han tenido en estas una trascendencia histórica, cultural y económica, la cual no puede ser excluida. A través de acuerdos, garantizar que estos programas tengan el éxito deseado.

CAMPOS DE COLABORACIÓN

La instalación del campamento tortuguero y las actividades de conservación se realizan desde 1982, año en

el cual la Universidad Michoacana, bajo el auspicio del Fondo Mundial de la Vida Silvestre (WWF) a través del Servicio de Pesca y Vida Silvestre (USF&WS), han estado apoyando y proporcionando los recursos necesarios para realizar los trabajos de investigación, protección y conservación.

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ha realizado trabajos de conservación e investigación en la playas de Colola y Maruata y ha tenido contacto con diferentes instituciones y organizaciones nacionales e internacionales

La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo ha realizado los trabajos de conservación e investigación principalmente en la playas de Colola y Maruata a lo largo de todos estos años y ha tenido contacto con diferentes instituciones y organizaciones nacionales e internacionales con quienes han desarrollado otras actividades. Por ello será importante dar más apoyo a la continuación de algunos de estos proyectos, como son:

1. Actividades de conservación de la especie en conjunto con el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de E.U., el Fondo Mundial de la Vida Sivestre y el Instituto Nacional de la Pesca, en los siguientes aspectos:

   a. Continuar con el marcado de trasmisores de satélites en ejemplares adultos.
   b. Continuar con la colocación de marcas metálicas de hembras anidadoras.
   c. Realizar una base de datos de temperatura y humedad en el periodo de incubación para determinar la proporción sexual de crías.
   d. Continuar el apoyo a las actividades de conservación, desarrollando además un seguimiento detallado del éxito de las anidaciones.
   e. Continuar el apoyo a las actividades de educación comunal y ecoturismo.

2. Promover por parte del Gobierno del Estado la ocupación de personas de comunidades aledañas, mediante programas de emplec temporal en las actividades de colecta y resiembra de nidos.

3. Continuar el seguimiento de los estudios de ADN en colaboración con los Servicios Nacional de Pesquerías Marinas y el de Pesca y Vida Silvestre de los EE.UU. y la Universidad de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán.

REFERENCIAS

Aguilar-R., D. 1996. Evaluación tecnológica de los dispositivos excluidores de tortugas marinas (diseño rígido), en el océano Pacífico mexicano durante el periodo de febrero 1992 - agosto 1994. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca (inédito).

Alvarado, J., A. Figueroa & H. Gallardo. 1985. Ecología y conservación de las tortuqas marinas de Michoacán, México. Jniv. Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Cuadernos de Investigación 4:1-44.

Argueta-V., T. 1994. Importancia del Archipiélago Revillagigedo, Colima como zona de alimentación, crecimiento y anidación de tortugas marinas. Tesis. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Bowen, B.W., A.B. Meylan, J.P Ross, C.J. Limpus, G.H. Balazs & J.C. Avise. 1992. Global population structure and natural history of the green turtle (*Chelonia mydas*) in terms of matriarchal phylogeny. Evolution 46(4):865-881.

Cliffton, K., O.D. Cornejo & R. Felger. 1982. Sea turtles of the Pacific Coast of Mexico. *En:* Bjorndall, K. (ed.). Biology and Conservation of Sea Turtles. Proc. World. Conf. of Sea Turtles. Wash. D. C. pp:199-209.

Delgado, C. & J. Alvarado. 1998. Recovery of the black sea turtle (*Chelonia agassizi*) of Michoacán, México: An Integrated Conservation Approach. UMSNH and U.S. Fish and Wildlife Service. Final Report.

D.O.F. 1986. Decreto por el que se determinan como Zonas de Reserva y Sitios de Refugio para la protección, conservación, repoblación, desarrollo y control de las diversas especies de tortuga marina, los lugares donde anida y desovan dichas especies. Diario Oficial de la Federación. México, octubre 29. 1986.

D.O.F. 1990. Acuerdo por el que se establece veda total para todas las especies y subespecies de tortugas marinas en aguas de jurisdicción nacional de los litorales del Océano Pacífico, Golfo de México y Mar Caribe. Diario Oficial de la Federación, México. Mayo 31.

D.O.F. 1993. Norma Oficial Mexicana 002-PESC-1993, para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos. Diario Oficial de la Federación, México. Diciembre 31.

Dutton, P.H., S.K. Davis, T. Guerra & D.W Owens. 1996. Molecular phylogeny for marine turtles based on sequences of the ND4-leucine tRNA and control regions mitochondria DNA. Mol. Phylogenet. Evol. 5:511-521.

Eckert, L.K., 1991. The Biology and population status of marine turtles in the North Pacific Ocean. Final Report, NOAA/NMFS.

Felger, R.S., K Cliffton & D. Cornejo. 1978. Conservation and management of the sea turtles of the Pacific Coast of Mexico. Research Proposal Submitted to the World Wildlife Fund.

Figueroa-L., A. 1989. Contribución a la determinación del status taxonómico de la tortuga negra (*Chelonia agassizi* Bocourt, 1868) de Michoacán, México. Tesis. Escuela de Biología. Universidad de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Mich.

Figueroa-L., A., J. Alvarado & C. Delgado. 1993. Population recovery of the sea turtles of Michoacán, Mexico: An Integrated conservation approach. World Wildlife Fund and U.S. Fish and Wildlife Service. Final Report.

Groombridge, B. 1982. The IUCN Amphibia - Reptilia Red Data Book, Part 1. Testudines, Crocodylia, Rhinchocephalia. IUCN, Gland, Switzerland.

Hirth, F.H. 1997. Synopsis of the biological data on the green turtle, *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). U.S. Fish and Wildlife Service. Biological Report 97(1):1-120.

Juárez, A. & L. Sarti M. 2000. Biología y ecología de las tortugas marinas en el Archipiélago de Revillagigedo, Colima, México. Informe Técnico del Instituto Nacional de Pesca (inédito).

Márquez-Millán, R. 1990. Sea turtles of the world. An Annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date. FAO Species Catalogue, FAO Fish. Synop. 11(125):1-81.

Márquez-Millán, R. 1995. Tortugas Marinas. Guía FAO. Pacífico Central Oriental. Volumen III. Vertebrados- Parte 2:1653-1663.

Márquez-Millán, R. 1996. Las tortugas marinas y nuestro tiempo. Fondo de Cultura Económica. México.

Márquez-Millán, R. & M. A. Carrasco. 1996. Tortugas marinas en México. *En*: Pesquerías Relevantes 1962-1992. XXX Aniversario del INP. SEMARNAP, México, Tomo II:989-1039..

Márquez-Millán, R. & T. Doi. 1973. A trial of theoretical analysis on population of Pacific green sea turtle *Chelonia mydas carrinegra* Caldwell, in waters of Gulf of California, México. Bull. of Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 73:1-22.

Márquez-Millán, R., C. Peñaflores S. & A. Villanueva O. 1981. A model for diagnosis of population of olive Ridleys and green turtles of the West Pacific tropical coasts. *En:* Bjorndall, K. (ed.). Biology and Conservation of Sea Turtles. Proc. World. Conf. of Sea Turtles. Wash. D. C. pp:153-158.

Márquez-Millán, R., A. Villanueva, C. Peñaflores & D. Ríos. 1982. Situación actual y recomendaciones para el manejo de las tortugas marinas de la costa occidental mexicana, en especial la tortuga golfina, *Lepidochelys olivacea*. Ciencia Pesquera 3:83-91.

NMFS. 1998. Recovery Plan for U.S. Pacific Populations of the East Pacific Green Turtle (*Chelonia mydas*). National Marine Fisheries Service, Silver Spring, M.D.

Pritchard, P.C.H., 1997. Evolution, phylogeny, and current status. *En:* Lutz, P.L. & J.A. Musick (eds.). The Biology of Sea Turtles. Marine Science Series. USA.1:1-28.

SEPESCA, 1990. Programa Nacional de Investigación Conservación y Fomento de Tortugas Marinas. Secretaria de Pesca, México, D.F. Enero de 1990.

Villanueva-O., A., 1981. Hábitos reproductivos de la tortuga prieta, *Chelonia agassizi* (Bocourt, 1863), en la costa de Michoacán. Chelonologica 2(2):67-77.

ACRONIMOS UTILIZADOS

ACFL	Análisis de Cohortes en Frecuencia de Longitudes (Cohort Length Frecuency Analysis)
CBI	Comisión Ballenera Internacional (IWC-International Whaling Commission)
CalCOFI	California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations
CDFG	California Department of Fish and Game
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CICAA	Comisión Internacional para la Conservación del Atun del Atlantico
CIB	Centro de Investigaciones Biologicas
CICIMAR	Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar
CIRVA	Comité Internacional para la Conservación de la Vaquita
CITES	Convention of International Trade in Endangered Species of wild fauna and flora (Convención Internacional para el Comercio de Especies en Peligro de flora y fauna silvestre)
CRIP	Centro Regional de Investigación Pesquera
CONABIO	Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad
COPLADE	Comité para la Planeación del Desarrollo Estatal
CMT	Centro Mexicano de la Tortuga
DICTUS	Departamento de Investigaciones Cientificas y Técnicas de la Universidad de Sonora
ESA	Endangered Species Act (Acta de Especies Amenazadas o en peligro)
ECOSUR	Colegio de la Frontera del Sur (antes CIQRO)
FIRA	Fideicomisos Instituídos en Relación con la Agricultura
FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza
IFAN	International Found for Animal Welfare (Fondo Internacional para la Conservación Animal)
IGFA	International Game and Fish Association (Asociación Internacional de Caza y Pesca)
INE	Instituto Nacional de Ecologia-de SEMARNAP
IIO	Instituto de Investigaciones Oceanologicas de la Universidad de Baja California
LEGEEPA	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
MEXUS	Convenio Internacional México-Estados Unidos
MML/CSR	Mote Marine Laboratory-Center for Science Research (Laboratorio Marino Mote-Centro de Investigación para la Ciencia)
NOAA	National Oceanic and Aquaric Administration (Administración Nacional Oceanica y Acuatica)
ONG's	Organizaciones no Gubernamentales
PEMEX	Petroleos Mexicanos
PIPF	Programa Institucional de Pesca de Fomento de pepino de mar
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
SECOFI	Secretaria de Comercio y Fomento Industrial
SECTUR	Secretaria de Turismo
SEDESOL	Secretaria de Desarrollo Social
SEMARINA	Secretaria de Marina
SEP	Secretaria de Educación Publica
SWFSC	South West Fisheries Science Center (Centro de Investigaciones Pesqueras del suroeste, EU)
TNC	The Nature Conservancy
TEWG	Turtle Expert Working Group (Grupo de Trabajo de Expertos en Tortuga)
UAG	Universidad Autónoma de Guadalajara
UICN	Uinión Internacional para Conservación de la Naturaleza
UMSNH	Universidad Michoacana de San Nicolas Hidalgo
USF&WS	Servicio de Pesca y Caza de los Estados Unidos
WB	The World Bank (Banco Mundial)
WCU	The World Conservation Union (Unión Mundial para la Conservación)
WWF	World Wildlife Foundation (Fondo Mundial de Vida Silvestre)

ABREVIATURAS UTILIZADAS

$	Pesos
¥	Yen
ϕ	Indice de comparación de crecimiento de individuos
σ^2	Varianza
APV	Análisis de Población Virtual
C	Frecuencia de puesta
CAGEAN	Catch Age Analysis (Análisis de la captura en edad)
CF	Caballos de Fuerza
Coop.	Cooperativa
ddp	Distribución de probabilidad posterior
D	Densidad poblacional
DB	Diámetro basal
D.O.F.	Diario Oficial de la Federación
E	Fuente de error
E	Esfuerzo acumulado en el tiempo t
F^t	Total del número de hembras
FAC	Fauna de Acompañamiento de Camarón
F_{max}	Fecundidad edad máxima
GPS	Geographic Positionator Satellital (Posicionador Geográfico Satelital)
ga	Conteo aéreo en playa índice
gi	Conteo terrestre diario en playa clave
GWh	Giga Watt hora
gv	Verificación terrestre del censo aéreo en playa clave
h	Hora
h	Total de actividades observadas con puesta exitosa
H	Número total de nidadas
Ha	Hectárea
Hr	Huevos remanentes
I	Índice de abundancia
ind	Individuos
j	Total de actividades de anidaciones observadas
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
Km^2	Kilómetro cuadrado
La	Longitud abdominal
Lc	Longitud cefalotorácica
Lf	Longitud furcal
Lof	Longitud orbitofurcal
Lp	Longitud patron
Lsf	Longitud subfurcal
Lt	Longitud total
N	Total de nidos construidos
N	Tasa de explotación
m	Metros
MSYL	Rendimiento máximo sostenible
n_{max}	Número máximo de organismos capturados
n_{min}	Número mínimo de organismos capturados
nb	Total de nidos construidos en playa no índice

ABREVIATURAS UTILIZADAS

NI	Número de intervalos
NOM-EM	Norma Oficial Mexicana de Emergencia
OPO	Océano Pacífico oriental
P	Peso
PBR	Potencial Biological Removal (Remoción Biológica Potencial)
ppm	Partes por millón
ppt	Partes por mil
Pr	Referencia seleccionada
PR	Punto de Referencia
PRL	Punto de Referencia Límite
PROCP	Punto de Referencia Objetivo para la Recuperación a Corto Plazo
R	Tasa intrínseca de crecimiento poblacional (1/número)
R	Promedio de porcentaje de puesta exitosa
Ro	Tasa neta reproductiva
r^2	Coeficiente de correlación
RME	Rendimiento Máximo Económico
RMS	Rendimiento Máximo Sostenible
SSQ	Suma de cuadrados
TI	Tamaño de intervalo
U	Tasa de explotación en el año
USD	Dolares norteamericaños
Va	Vulnerabilidad al arte de pesca a la edad a
VNP	Valor Neto Presente
ZEE	Zona Económica Exclusiva

AUTORES

COMITÉ EDITORIAL

Miguel Ángel Cisneros Mata, Luis Francisco Beléndez Moreno, Edith Zárate Becerra, Ma. Teresa Gaspar Dillanes, Laura del C. López González, Cecilia Saucedo Ruíz, Javier Tovar Avila.

DISEÑO

Luis Francisco Beléndez Moreno, Laura del C. López González.

MAPAS

Maria Eugenia Arenas Alvarado, Aurora Monreal Prado.

INTRODUCCIÓN

Miguel Ángel Cisneros Mata, Pedro Ulloa Ramírez.

PESQUERIAS DEL OCÉANO PACIFICO

- **Camarón**

  Pedro Sierra Rodríguez, Carmen Acosta Castañeda, Juan Antonio García Borbón, Alma Rosa García Juárez, Alejandro Liedo Galindo,Juan Manuel Melchor Aragón, Sebastián Ramos Cruz, Armando Rosas Cota, Mónica Patricia Toledo Díaz-Rubín, Edith Zárate Becerra.

- **Atún**

  Michel Dreyfus León, Humberto Robles Domínguez, Pedro A. Ulloa Ramírez.

- **Pelágicos Menores**

  Miguel Ángel Cisneros Mata, Francisco Páez Barrera, Ma. Ángeles Martínez Zavala, Manuel O. Nevárez Martínez

- **Calamar Gigante**

  Enrique Morales Bojórquez, Agustín Hernández Herrera, Manuel O. Nevárez Martínez, Gabriel Iván Rivera Parra, Alejandro Balmori Ramírez, Celio Cervantes Valle, Everardo Miranda Mier.

- **Abulón**

  Margarita O. Muciño Díaz, Pedro Sierra Rodríguez, J. Alfonso Vélez Barajas, Edith Zárate Becerra, Jesús Talavera Maya, José R. Turrubiates Morales, Fidelia Caballero Alegría, Miguel Ángel Reinecke Reyes

- **Erizo**

  Edith Zárate Becerra, Pedro Sierra Rodríguez, David Aguilar Montero, Alfredo Cota Villavicencio, Juan Manuel Romero Martínez, Rafael Solana Sansores, Francisco Uribe Osorio.

AUTORES

- **Tiburones Oceánicos**

  David Mendizabal y Oriza, Rafael Vélez Marín, J. Fernando Márquez Farías, Sandra Rita Soriano Velásquez.

- **Tiburones del Golfo de Tehuantepec**

  Sandra Rita Soriano Velásquez, Agustín Solís Nava, Cecilia Ramírez Santiago, Alejandro Cid del Prado Vera, José Leonardo Castillo Géniz.

- **Tiburones del Golfo de California**

  Fernando Márquez Farías

- **Sierra del Golfo de California**

  Gabriela Montemayor López, Miguel Ángel Cisneros Mata.

- **Lisa Pacífico**

  Ernesto Briones Ávila, Patricia Fuentes Mata, José Ignacio Fernández Méndez.

- **Huachinango Pacífico**

  Mirna Cruz Romero, Elaine Espino Barr, Pablo del Monte Luna, Arturo García Boa, Aníbal Ayala Cortés, J. Juan González Ruiz, Susana Sánchez González.

- **Jaiba de Sonora**

  Raúl Enrique Molina Ocampo

- **Almeja Mano de León**

  J. Antonio Massó Rojas, Enrique Morales Bojórquez, Jesús Talavera Mayer, Maria del Carmen Fajardo León, Ramón Hernández Valenzuela.

- **Caracol Panocha**

  Jesús Talavera Maya, Pedro Sierra Rodríguez, Ma. Georgina Gluyas Millán, Ramón Guadalupe Hernández Valenzuela, María del Carmen Fajardo León, Enrique Morales Bojórquez, José Antonio Massó Rojas, Margarita O. Muciño Díaz, José Alfonso Vélez Barajas, Fidelia Caballero Alegría

- **Pez Vela**

  René Macías Zamora, Ana Luisa Vidaurri Sotelo, Heriberto Santana Hernández, Juan Javier Valdez Flores, Rodolfo Beltrán Pimienta.

- **Pez Espada**

  Pedro A. Ulloa Ramírez, Oscar Sosa Nishizaki, Luis Vicente González Ania.

- **Marlin**

  Alexander Klett Traulsen, Alonso Aguilar Ibarra.

AUTORES

PESQUERIAS DEL GOLFO DE MÉXICO Y MAR CARIBE

- **Camarón**

  José Ignacio Fernández Méndez, Lilia Schultz Ruiz, Armando T. Wakida Kusunoki, Margarita Medellín Ávila, Martha Eréndira Sandoval Quintero, Gabriel Núñez Márquez, Jaime Arturo Uribe Martínez, Refugio G. Castro Meléndez, Alejandro González de la Cruz, Ma. Elena González y de la Rosa, Josefina Santos Valencia, Germinal Marcet Ocaña, Francisco Aguilar Salazar, Buenaventura delgado Mendicuti, Gonzalo Chale Velásquez.

- **Tiburón**

  Alejandro Cid del Prado Vera, José Leonardo Castillo Géniz, Sandra Rita Soriano Velásquez, Cecilia Ramírez Santiago, J. Fernando Márquez Farias, Javier Tovar Avila.

- **Atún**

  Luis Vicente González Ania

- **Mero**

  Carmen Monroy García, Víctor Moreno Castrejón, Álvaro Hernández Flores, Mauricio Garduño Andrade

- **Pulpo**

  Álvaro Hernández Flores, Manuel Solís Ramírez, Juan Carlos Espinoza Méndez, Roberto Mena Aguilar, Francisco Ramírez Gil.

- **Langosta**

  Jaime González Cano, Gloria Verónica Ríos Lara, Carlos E. Zetina Mogel, Aurora Ramírez Estévez, Patricia Arceo Briceño, Carlos Aguilar Cardoso, Kenneth Cervera Cervera, Javier Bello Pineda, Iván de Dios Martínez, David de Anda Fuentes, Marco Tito Coba Ríos.

- **Sierra-Peto**

  Lilia Schultz Ruiz, José Ignacio Fernández Méndez, Carlos M. Rodríguez Mouriño.

- **Huachinango Golfo**

  María del Carmen Monroy García, María Elena González y de la Rosa, Mauricio Garduño Andrade, Guadalupe Gómez Ortiz, Isaac Hernández Tabares, Cecilia Quiroga Brahms, Patricia Fuentes Mata.

- **Lisa**

  Ma. Guadalupe Gómez Ortiz, Maria del Carmen Monroy García.

- **Caracol**

  Martha Basurto Origel, Omar Cruz Domínguez, Donaldo Martínez Vázquez, Pedro Cadena Romero.

AUTORES

- **Jaiba**

  Martha R. Palacios Fest, Luis Domínguez Trejo, Celia Eva Cotero Altamirano, Eduardo Arzate Aguilar.

- **Robalo**

  Vequi Caballero Chávez, Patricia Fuentes Mata, José Ignacio Fernández Méndez.

PESQUERIAS DE AGUAS CONTINENTALES

- **Lago de Pátzcuaro**

  Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, Patricia Rojas Carrillo, José Ignacio Fernández Méndez, Mónica Patricia Toledo Díaz-Rubín.

- **Lago de Chapala**

  Araceli Orbe Mendoza, Daniel Hernández Montaño, Javier Acevedo García.

- **Presa de Aguamilpa**

  Araceli Orbe Mendoza, Javier Acevedo García, Daniel Hernández Montaño, Carlos Meléndez Galicia.

- **Presa de Infiernillo**

  Ma. de Lourdes Jiménez Badillo, Casimiro Ramírez Camarena, Claudio Osuna Paredes

RECURSOS POTENCIALES

- **Especies de Ornato**

  Rocio Piña Espallargas, Héctor Reyes Bonilla, Guillermo Ortuño Manzanares, Norma Eréndira García Núñez, Leonor Mendoza Vargas, Luis Vicente González Ania.

- **Pepino**

  Georgina Ramírez Soberón, Ma. del Carmen Fajardo León, J. Antonio Massó Rojas, Alonso Aguilar Ibarra, Alexandra Gutiérrez García.

- **Bacalao Negro**

  Francisco Páez Barrera, José Trinidad Silva Ramírez, Miguel Ángel Cisneros Mata, Alejandro Liedo Galindo, Daniel Aguilar Ramírez.

AUTORES

ESPECIES SUJETAS A PROTECCIÓN ESPECIAL

- **Vaquita Marina**

  Lorenzo Rojas Bracho, Armando Jaramillo Legorreta.

- **Ballena Gris**

  Héctor Pérez-Cortés.

- **Tortuga Lora**

  René Márquez Millán, Ma del Carmen Jiménez, Miguel A. Carrasco Aguila, Manuel Garduño Dionate, Juan Díaz-Flores, Alma S. Leo Peredo, Rafael Bravo Gamboa.

- **Tortuga de Carey**

  Mauricio Garduño Andrade, Carmen Monroy García, Vicente Guzmán Hernández.

- **Tortuga Laúd**

  Adriana Laura Sarti Martínez.

- **Tortuga Blanca**

  Mauricio Garduño Andrade, Pascual Rafael Bravo Gamboa, Vicente Guzmán Hernández, René Márquez Millán, Manuel Garduño Dionate, Isaac Hernández Tabares, María del Carmen Jiménez Quiroz, Alma Soledad Leo Peredo.

- **Tortuga Golfina**

  Cuauhtémoc Peñaflores Salazar, Javier Vasconcelos Pérez, Ernesto Albavera Padilla, María del Carmen Jiménez Quiroz.

- **Tortuga Prieta**

  Miguel A. Carrasco Aguila, René Márquez Millán, Javier Alvarado, Carlos delgado.

ACRONIMOS Y ABREVIATURAS

Rolando Martínez Isunza, Gabriel Alonso Martínez

SUSTENTABILIDAD Y PESCA RESPONSABLE EN MEXICO, EVALUACION Y MANEJO, se terminó de imprimir en el mes de diciembre de 2001, en Talleres Gráficos de México. Canal del Norte No. 80. C.P. 06280, con un tiraje de 300 ejemplares.