



**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE,  
RECURSOS NATURALES Y PESCA**



**INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA**

**DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA**

---



**IV REUNIÓN NACIONAL DE REDES DE INVESTIGACIÓN  
EN ACUACULTURA**

# **MEMORIAS**

**CUERNAVACA, MORELOS, 19 AL 21 DE OCTUBRE DE 1999**



SECRETARÍA DE MEDIO  
AMBIENTE, RECURSOS  
NATURALES Y PESCA



INSTITUTO NACIONAL  
DE LA PESCA  
DIRECCIÓN GENERAL DE IN-  
VESTIGACIÓN EN ACUACUL-  
TURA

## DIRECTORIO

**M. en C. JULIA CARABIAS LILLO**  
Secretaria de Medio Ambiente, Recursos  
Naturales y Pesca

### INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA:

**DR. ANTONIO J. DÍAZ DE LEÓN CORRAL**  
Presidente

**DR. PORFIRIO ÁLVAREZ TORRES**  
Director General de Investigación en Acuicultura

**M. en C. OSCAR MANUEL RAMÍREZ  
FLORES**  
Director General de Investigación en Procesos  
para el Desarrollo Sustentable

**BIÓL. ALFREDO SÁNCHEZ PALAFOX**  
Director General de Investigación y Desarrollo  
Tecnológico

**DR. MIGUEL ÁNGEL CISNEROS MATA**  
Director General de Investigación en Evaluación  
y Manejo de los Recursos Pesqueros



### IV REUNIÓN NACIONAL DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA

CUERNAVACA, MORELOS, 19 AL  
21 DE OCTUBRE DE 1999

## INTRODUCCIÓN

**E**l Instituto Nacional de la Pesca efectuó la IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, con la participación de más de 50 reconocidos especialistas del país.

Las Redes Nacionales de Investigación en Aguas Continentales (REDACUI) y en Maricultura (REDIMAR) se crean en 1996 y sus objetivos son:

- Convocar y coordinar a las instituciones de investigación científica y tecnológica en actividades de fortalecimiento e integración de grupos interdisciplinarios.
  - Participar en la búsqueda de soluciones comunes, acciones y decisiones que permitan el tránsito hacia el desarrollo acuícola sustentable.
  - Considerar de manera relevante el contexto de la problemática regional, nacional e internacional donde se desempeña la actividad acuícola, para que ésta sea una actividad sustentable en lo socioeconómico, productivo, biológico y ecológico.
  - Fomentar la comunicación entre los principales actores del proceso productivo en acuicultura: investigadores, productores y prestadores de servicios, propiciando el debate acerca de la problemática del sector acuícola del país.
  - Identificar las problemáticas regionales y nacionales de la investigación en acuicultura, fomentando el vínculo entre la investigación y los productores.
  - Orientar el desarrollo de la investigación acuícola en México, coadyuvando a la definición de las líneas prioritarias de investigación.
- Fomentar la capacitación de cuadros técnicos de alto nivel, que atiendan las demandas del sector productivo y social.
  - Establecer los mecanismos de monitoreo de la actividad acuícola nacional y establecer y mantener actualizado el banco de datos correspondiente.

En el esquema actual de organización, las disciplinas científicas se han dividido de acuerdo a las de carácter básico relacionadas con la acuicultura (taxonomía, reproducción, nutrición, genética, ecología, fisiología y toxicología, entre otras), y con las disciplinas tecnológicas (físico-química, ingeniería hidráulica, mecánica, tecnologías de cultivo, economía, mercadotecnia y sociología). El propósito es que se encuentren debidamente representadas todas las actividades involucradas en la acuicultura, desde los procesos de producción de crías de especies hasta su consumo. Las especialidades antes mencionadas están asociadas con los diversos grupos biológicos, tales como: plancton, moluscos, crustáceos, peces, anfibios y reptiles, considerando los tres ambientes acuáticos en los cuales se desarrollan: marino, estuarino y de agua dulce.

Todo este esfuerzo de coordinación ofrece un panorama muy complejo, del nivel de participación de todos los sectores relacionados con la acuicultura: el oficial, privado, social y académico. Este último es el más diversificado debido a las combinaciones de cada especialidad científica, grupo biológico en estudio, ambiente acuático y sistemas de cultivo.

Con la información contenida en las bases de datos es posible realizar y generar diversos resultados a partir de consultas de los indicadores de las cédulas de información; por ejemplo, los interesados

en un tema específico pueden obtener listados de otros investigadores, especies con las que se trabaja, principales disciplinas científicas vinculadas con la acuicultura nacional, instituciones relacionadas, literatura especializada, tablas y gráficos, entre otros productos principales.

Las Redes Nacionales de Investigadores en Acuicultura se encuentran actualmente conformadas por más de 700 miembros pertenecientes a un centenar de instituciones de todo el país. A la fecha se han realizado tres reuniones nacionales de REDES; cuatro reuniones técnicas, en las cuales se han presentado numerosas ponencias magistrales y efectuado mesas de discusión sobre diversos aspectos relevantes de acuicultura de agua dulce y maricultura; asimismo, se han impartido algunos cursos sobre temas especializados de acuicultura. También se han publicado las memorias correspondientes a las I y II Reuniones de Redes Nacionales.

En esta ocasión participaron 56 reconocidos especialistas nacionales, en las diversas modalidades de ponencia magistral y participación en paneles de discusión dentro de cinco grandes temas: Acuicultura y Desarrollo Sustentable, Evaluación Pesquera y Actividad Acuícola en Embalses, Cultivo de Especies Nativas, Sanidad Acuícola y Nutrición, y Reproducción y Genética.

Los temas referidos reflejan el interés por incentivar la generación de biotecnias de cultivo y uso de las especies nativas, el manejo adecuado de los recursos acuícolas en aguas continentales y análisis de las actividades estrechamente ligadas al tema de acuicultura rural y ordenamiento acuícola.

*Dr. Porfirio Álvarez Torres  
Director General de Investigación  
en Acuicultura  
del Instituto Nacional de la Pesca*

## CONTENIDO

### PONENCIAS DE LA IV REUNIÓN NACIONAL DE REDES DE INVESTIGACIÓN EN ACUACULTURA

<b>I. ACUACULTURA Y DESARROLLO SUSTENTABLE .....</b>	<b>1</b>
1. Los ecosistemas lagunares costeros y la camaronicultura .....	3
<i>Oscar Ramírez Flores</i>	
2. Acuacultura rural .....	11
<i>Carlos Ramírez Martínez, V. Sánchez R.</i>	
3. El ordenamiento ecológico de las zonas costeras de México .....	19
<i>Javier Múgica Amaya; M. García R.; F. Rosete V.</i>	
4. Avances en la propuesta de elaboración de una carta acuícola para el estado de Michoacán .....	35
<i>Jorge Galindo Villegas</i>	
<b>II. EVALUACIÓN PESQUERA Y ACTIVIDAD ACUÍCOLA EN EMBALSES .....</b>	<b>41</b>
5. Introducción de especies y repoblación en aguas continentales de México .....	43
<i>Porfirio Álvarez Torres, V. Ríos L.; C. Díaz L.</i>	
6. Marco normativo del aprovechamiento de recursos pesqueros en embalses .....	51
<i>Raúl Villaseñor Talavera</i>	
7. Metztlán: Limnología y análisis de una pesquería derivada de la acuicultura .....	57
<i>Ana Laura Ibáñez Aguirre; J. L. García C.</i>	
8. Primeros pasos para el manejo y ordenamiento de los embalses de Morelos .....	67
<i>Yahaira Blanquel Rojo</i>	
9. Manejo ecológico de microembalses para la producción piscícola en el área rural de México .....	73
<i>María Eugenia Moncayo López</i>	
10. Nuevos enfoques para la evaluación limnológica y de contaminación de lagos y embalses .....	79
<i>Justo Salvador Hernández Avilés</i>	
11. Análisis de la pesquería de carpa de la presa Constitución de 1917 .....	85
<i>Gloria Verónica Ríos Lara</i>	
<b>III. CULTIVO DE ESPECIES NATIVAS .....</b>	<b>95</b>
12. Acuacultura, ictiodiversidad, transfaunación acuática y peces en riesgo en México .....	97
<i>Salvador Contreras Balderas</i>	

13. Biología de los lepisosteidos y estudios orientados hacia la recuperación de las poblaciones naturales del catán .....	103
<i>Roberto Mendoza Alfaro; C. Aguilera; J. Montemayor, G. Rodríguez y G. Márquez</i>	
14. Peces en peligro de extinción en el noroeste de México .....	121
<i>Carlos Aguilera; J. Montemayor y R. Mendoza</i>	
15. Comportamiento de reproductores de pez blanco en condiciones de cautiverio.....	129
<i>Georgina Mares Báez; Morales, P.J.; Hernández, Z. N.; Sabanero, M.S.; León, J. F.</i>	
16. Cultivo de pescado blanco en estanquería rústica.....	135
<i>Felipe Villicaña Vázquez, Felipe.</i>	
17. Programa piloto de conservación, preservación y manejo de Goodeidos mexicanos .....	139
<i>Omar Domínguez Domínguez y M. Romero T.</i>	
18. Experiencias de cultivo con la mojarra criolla.....	147
<i>Jorge Luna Figueroa</i>	
19. Cultivo de tilapia en jaulas en la presa Infiernillo, Michoacán .....	153
<i>Morales Palacios, Juan José; Mares, B. L.G.; Hernández, Z. N.; Arredondo, V. E.; Osuna P.C. y Sabanero M.S.</i>	
20. Langostinos de México .....	161
<i>Eliana Paola Acuña Gómez</i>	
21. La investigación en el cultivo del langostino en México al término de 1995 .....	167
<i>Jesús T. Ponce Palafox; H. Cabanillas, V.</i>	
22. El cultivo de los langostinos nativos del Pacífico Americano <i>M. tenellum</i> (Smith, 1871) y <i>M. americanum</i> (Bate, 1968) .....	173
<i>Jesús T. Ponce Palafox; F. Arana M.</i>	
23. Crustáceos nativos de agua dulce: conocimiento y utilización .....	181
<i>Gabino Rodríguez Almaraz y R. Mendoza A.</i>	
24. Repoblamiento de langosta roja.....	191
<i>Antonio Silva Loera</i>	
25. Avances en el cultivo del camarón rojo del Caribe en río Lagartos, Yucatán.....	195
<i>Javier Hirose López; M. Guevara O.; O. Anguiano H. y M. Valenzuela J.</i>	
26. Perspectivas del cultivo de almejas de agua dulce en estanques rústicos.....	201
<i>Marcos Puente Gómez y F. Ascencio B.</i>	
<b>IV. SANIDAD ACUÍCOLA Y NUTRICIÓN .....</b>	<b>209</b>
27. Consideraciones metodológicas y validación de técnicas de diagnóstico de enfermedades de organismos acuáticos en granjas de producción acuícola.....	211
<i>Ana Berta Montero Rocha</i>	
28. Detección del virus de mancha blanca en el camarón a través de la técnica PCR.....	215
<i>Mejía Ruiz, C.H.; C. Morales C.; M. Unzueta B. y R. Vázquez J.</i>	
29. ¿Mejorable la calidad del agua que drenan las granjas de camarón?.....	221
<i>Silva Loera, Antonio</i>	

30. Sanidad acuícola: estudios de calidad del agua .....	225
<i>Victor González Gallardo</i>	
31. Aspectos sanitarios de la langosta australiana de agua dulce .....	229
<i>Margarita Hernández Martínez, P. Álvarez Torres y A. Pérez V.</i>	
32. Panorama y perfiles de una zoonosis mexicana.....	233
<i>Emilio Cruz Aubry</i>	
33. Reciclamiento de subproductos como un paso hacia la sustentabilidad de la acuicultura .....	237
<i>Roberto Mendoza Alfaro; A. de Dios, C.: Vázquez; E. Cruz; D. Ricque; C. Aguilera y J. Montemayor</i>	
34. La alimentación en la estructura de costos de operación de los parques del sur de Sonora .....	247
<i>Jorge Odilón Valdenebro</i>	
35. Nutrición acuícola en México, un reto ante el nuevo milenio.....	251
<i>Martha Patricia Hernández Vergara</i>	
36. Detección del virus IHNN por correlación digital de color (resumen) .....	257
<i>Cristina Chávez Sánchez</i>	
<b>V. REPRODUCCIÓN Y GENÉTICA .....</b>	<b>259</b>
37. Acondicionamiento gonádico del huachinango, <i>Lutjanus peru</i> (Teleostei: Lutjanidae).....	261
<i>Silvie Dumas; Ortiz-Galindo, J.L.; Ochoa-Baez, R.I.; Torres-Villegas, J. R.; Rosales Velázquez, M.O.; Ocampo-Cervantes, J. A.; Grayeb del Álamo, T.</i>	
38. Biología y tecnología para el cultivo del pejelagarto en el sureste de México.....	265
<i>Gabriel Márquez Couturier</i>	
39. Marcadores genéticos en la acuicultura de la tilapia en México.....	269
<i>Manuel Uribe Alcocer</i>	
40. Variabilidad genética de los charales y peces blancos de los Lagos de Pátzcuaro y Chapala .....	279
<i>Irene de los Ángeles Barriga Sosa</i>	
41. Aspectos reproductivos de los lepisosteidos, con énfasis en las perspectivas para el control de la reproducción del catán .....	283
<i>Roberto Mendoza Alfaro; C. Aguilera; J. Montemayor; G. Rodríguez y R. Castro</i>	
42. Cultivo de robalo blanco: aspectos reproductivos y crecimiento de juveniles .....	293
<i>Adolfo Sánchez Zamora, Adolfo; T. García G.; L. Gómez D. y J. Suárez B.</i>	
43. La maricultura y biotecnología de <i>Strombus</i> .....	301
<i>Luis Alfonso Rodríguez Gil</i>	

**PONENCIAS DEL SEMINARIO INTERAMERICANO: REPRODUCCIÓN  
Y CULTIVO DE PECES MARINOS Y DULCEACUÍCOLAS.....309**

**México, D.F., 2 al 6 de marzo de 1998**

**Organizado y patrocinado por el Instituto Nacional de la Pesca en coordinación  
con la Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno del Japón (JICA)**

Introducción..... 311

**Peces Marinos**

**México**

44. Problemas comunes en la captura y manejo de peces..... 313  
*Antonio Silva Loera*
45. Experiencias en el Cultivo de Peces Marinos en el CICIMAR ..... 317  
*José Luis Ortiz Galindo*
46. Efecto de la alimentación sobre el crecimiento y mortalidad en el pargo ..... 327  
*Joaquín Pérez Mellado*
47. Cultivo de pámpanos en jaulas flotantes..... 329  
*Miguel Medina García*
48. Situación, posibilidades y perspectivas del cultivo de peces marinos en jaulas  
Flotantes en México..... 335  
*Araceli Avilés Quevedo*

**Costa Rica**

49. Cultivo de *Centropomus* sp en Costa Rica..... 345  
*Jorge E. Boza Abarca*

**Venezuela**

50. La maricultura en Venezuela..... 349  
*Tomás Ricardo Cabrera Barrios*
51. Limitantes de la piscicultura marina en Venezuela ..... 355  
*Alfredo Gómez Gaspar*

**Peces Dulceacuícolas**

**México**

52. Datos sobre algunos parámetros fisicoquímicos y de crecimiento del bagre  
del balsas *ictalurus balsanus* bajo condiciones de cultivo ..... 361  
*J.G. Ramírez G., A.L. Martínez L., y J.L. Arredondo Figueroa*
53. Situación actual del cultivo de trucha arcoiris en México ..... 373  
*Juan Antonio Pérez Hernández*

**Bolivia**

54. Producción extensiva de trucha en lagunas de altura ..... 379  
*Santiago Morales Maldonado*

---

# INTRODUCCIÓN

---

**E**l Instituto Nacional de la Pesca efectuó la IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura en la ciudad de Cuernavaca, Morelos, con la participación de más de 50 reconocidos especialistas del país.

Las Redes Nacionales de Investigación en Aguas Continentales (REDACUI) y en Maricultura (REDIMAR) se crean en 1996 y sus objetivos son:

- Convocar y coordinar a las instituciones de investigación científica y tecnológica en actividades de fortalecimiento e integración de grupos interdisciplinarios.
- Participar en la búsqueda de soluciones comunes, acciones y decisiones que permitan el tránsito hacia el desarrollo acuícola sustentable.
- Considerar de manera relevante el contexto de la problemática regional, nacional e internacional donde se desempeña la actividad acuícola, para que ésta sea una actividad sustentable en lo socioeconómico, productivo, biológico y ecológico.
- Fomentar la comunicación entre los principales actores del proceso productivo en acuicultura: investigadores, productores y prestadores de servicios, propiciando el debate acerca de la problemática del sector acuícola del país.
- Identificar las problemáticas regionales y nacionales de la investigación en acuicultura, fomentando el vínculo entre la investigación y los productores.
- Orientar el desarrollo de la investigación acuícola en México, coadyuvando a la definición de las líneas prioritarias de investigación.
- Fomentar la capacitación de cuadros técnicos de alto nivel, que atiendan las demandas del sector productivo y social.
- Establecer los mecanismos de monitoreo de la actividad acuícola nacional y establecer y mantener actualizado el banco de datos correspondiente.

En el esquema actual de organización, las disciplinas científicas se han dividido de acuerdo a las de carácter básico relacionadas con la acuicultura (taxonomía, reproducción, nutrición, genética, ecología, fisiología y toxicología, entre otras), y con las disciplinas tecnológicas (físico-química, ingeniería hidráulica, mecánica, tecnologías de cultivo, economía, mercadotecnia y sociología). El propósito es que se encuentren debidamente representadas todas las actividades involucradas en la acuicultura, desde los procesos de producción de crías de especies hasta su consumo. Las especialidades antes mencionadas están asociadas con los diversos grupos biológicos, tales como: plancton, moluscos, crustáceos, peces, anfibios y reptiles, considerando los tres ambientes acuáticos en los cuales se desarrollan: marino, estuarino y de agua dulce.

Todo este esfuerzo de coordinación ofrece un panorama muy complejo, del nivel de participación de todos los sectores relacionados con la acuicultura: el oficial, privado, social y académico. Este último es el más diversificado debido a las com-

binaciones de cada especialidad científica, grupo biológico en estudio, ambiente acuático y sistemas de cultivo.

Con la información contenida en las bases de datos es posible realizar y generar diversos resultados a partir de consultas de los indicadores de las cédulas de información; por ejemplo, los interesados en un tema específico pueden obtener listados de otros investigadores, especies con las que se trabaja, principales disciplinas científicas vinculadas con la acuicultura nacional, instituciones relacionadas, literatura especializada, tablas y gráficos, entre otros productos principales.

Las Redes Nacionales de Investigadores en Acuicultura se encuentran actualmente conformadas por más de 700 miembros pertenecientes a un centenar de instituciones de todo el país. A la fecha se han realizado tres reuniones nacionales de REDES; cuatro reuniones técnicas, en las cuales se han presentado numerosas ponencias magistrales y efectuado mesas de discusión sobre diversos aspectos relevantes de acuicultura de agua dulce y maricultura; asimismo, se han impartido algunos cursos sobre temas especializados de acuicultura. También se han publicado las memorias correspondientes a las I y II Reuniones de Redes Nacionales.

En esta ocasión participaron 56 reconocidos especialistas nacionales, en las diversas modalidades de ponencia magistral y participación en paneles de discusión dentro de cinco grandes temas: Acuicultura y Desarrollo Sustentable, Evaluación Pesquera y Actividad Acuícola en Embalses, Cultivo de Especies Nativas, Sanidad Acuícola y Nutrición, y Reproducción y Genética.

Los temas referidos reflejan el interés por incentivar la generación de biotecnias de cultivo y uso de las especies nativas, el manejo adecuado de los recursos acuícolas en aguas continentales y análisis de las actividades estrechamente ligadas al tema de acuicultura rural y ordenamiento acuícola.

***Dr. Porfirio Álvarez Torres***  
***Director General de Investigación***  
***en Acuicultura***  
***del Instituto Nacional de la Pesca***

---

# LOS ECOSISTEMAS LAGUNARES COSTEROS Y LA CAMARONICULTURA

---

*M. en C. Oscar Ramírez Flores*

*Director General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable del Instituto Nacional de la Pesca*

**E**n el Océano Pacífico, el Golfo de México y el Mar Caribe, México tiene más de 130 lagunas costeras, con una superficie aproximada de 1,567,000 hectáreas de cuerpos acuáticos costeros y un área de humedales asociados que rebasa las 600,000 hectáreas; ambos incluyen una variedad de hábitats costeros como estuarios, playas, playas rocosas, dunas, bahías, manglares, marismas, salitrales, pantanos, praderas de pastos marinos y arrecifes coralinos.

Como es conocido, dentro de las áreas de más alta productividad primaria en el medio acuático y diversidad biológica, los ecosistemas lagunares costeros (ELC) destacan por su complejidad e importancia ecológica y socioeconómica; son áreas de gran dinamismo debido al intercambio de agua salada que tienen con el mar y los aportes de agua dulce de los ríos que desembocan en ellos. Los factores climáticos, la dinámica de las corrientes y las mareas juegan un papel importante en el intercambio y mezcla de agua salobre en el interior de las lagunas, provocando incluso modificaciones en la forma y estructura de las bocas al abrirlas o crear barreras arenosas que impiden la libre circulación del agua, así como la entrada y salida de organismos que cumplen parte de su ciclo de vida en ellas.

En nuestro país, un número considerable de lagunas costeras presenta graves problemas de deterioro de la calidad ambiental. El crecimiento de los asentamientos humanos y de diversas actividades económicas en las inmediaciones de los cuerpos acuáticos y los desechos que producen, ejercen impactos negativos en estos sistemas, por lo cual se requiere de un manejo integrado que no altere su fragilidad ecológica.

La infraestructura turística y de servicios, la producción petrolera, la industria petroquímica, las áreas de producción agrícola y los complejos industriales alrededor de los sistemas lagunares o

cuenca arriba, la actividad portuaria y el desarrollo de obras costeras como muelles, dársenas, dragados, estanquería camaronícola, explotación de material pétreo y arena, son actividades que producen alteraciones físicas del hábitat, modificando la dinámica hidrológica y sedimentaria del sistema, y aportando contaminantes de toxicidad y persistencia variable.

Considerando lo anterior, para desarrollar las políticas y prioridades del Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 1995-2000, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca propuso Programas Estratégicos en sus Programas Anuales de Trabajo.

A partir de 1998, la Dirección General de Investigación en Procesos para el Desarrollo Sustentable del Instituto Nacional de la Pesca inició el Programa Ecosistemas Costeros y Marinos, cuyo objetivo fundamental es la evaluación de los principales ELC del país; en una primera etapa, desarrollada en ese año, se logró el diagnóstico de cinco de los más importantes Sistemas Lagunares de México:

- Huizache-Caimanero, Sinaloa
- Teacapán-Agua Brava-Marismas Nacionales, Nayarit
- Cuyutlán, Colima
- Chacahua- La Pastoría, Oaxaca
- Nichupté-Bojórquez, Quintana Roo

Los cuales se eligieron tomando en consideración el nivel de deterioro, disponibilidad de información y la posibilidad de conformar núcleos de investigación en estas áreas, contando con la participación de diversas instituciones de educación superior e investigación como el ICMYL de la UNAM, la UAM y el CIAD.

Actualmente los diagnósticos están en revisión y tienen como objetivo general la caracterización

y evaluación de las condiciones ambientales de los Ecosistemas Lagunares Costeros en relación con los programas y proyectos paralelos; así como identificar los vacíos de información para proponer estrategias que puedan atenderlos. Con la revisión de las condiciones prevalecientes en las lagunas costeras, la SEMARNAP por medio del INP inició un proceso que deberá conducir a una gestión integral de los recursos de las zonas litorales del país, por lo cual se elaboran las bases de los programas de manejo integral de los ELC mencionados.

En 1999 se iniciaron los diagnósticos de los ecosistemas lagunares costeros de:

Laguna de Tres Palos, Guerrero.  
Alvarado, Veracruz.  
Yalahau, Quintana Roo.  
La Joya-Buenavista, Chiapas.

Durante el año 2000 se pretende incorporar 5 ELC más al proyecto de investigación.

Otras acciones desarrolladas inicialmente son:

- Informar a los gobiernos local y estatal, al sector productivo y a las poblaciones locales sobre las condiciones ambientales de cada ecosistema.
- Sistematizar la información existente sobre cada ELC por medio de la instrumentación de una base de datos y actualización del Sistema Nacional de Información Ambiental de la Zona Costera para la República Mexicana.
- Conformar un Grupo Coordinador para el arbitraje, evaluación y seguimiento de la información de los ELC a diagnosticar en 1999 y el 2000.
- Integrar una Red de Investigadores en Sistemas Costeros (RISCO), para intercambiar información-sobre diversos aspectos de los ELC (Biología, caracterización física y química, contaminación, hidrología, pesquerías, aspectos sociales y económicos, etc.), entre los especialistas de los sectores público y académico, que abordan la problemática de las lagunas costeras de nuestro país y generar elementos para el Manejo Integral de la Zona Costera.

Como hemos mencionado, los resultados a alcanzar en este programa de investigación deberán

complementarse con los programas paralelos que desarrollan el INE, la DGA y la PROFEPA, en materia de ordenamiento de las actividades productivas en los Ecosistemas Lagunares Costeros.

Debido a que en los últimos años el esfuerzo de pesca y el crecimiento de la actividad camaronícola se ha intensificado en estos ecosistemas, se ha propiciado una fuerte presión sobre las poblaciones de este crustáceo y especies asociadas, así como sobre los sistemas entorno a los cuales se desarrolla esta industria.

## CAMARONICULTURA EN EL PAÍS

De manera formal, se registran en la actualidad 253 granjas camaronícolas (Anuario Estadístico de Pesca, 1998; PNDEC, 1998) con 17,746 ha de estanquería de cultivo, ubicadas fundamentalmente entorno a los ELC del país; en 1998 hubo un aprovechamiento más efectivo de esta superficie, ya que se produjeron 23,748 ton de camarón, 36% más que en 1997 (17,750 ton).

Sin embargo el desarrollo de la camaronicultura al igual que la pesca en general, ha presentado el mismo proceso de concentración geográfica, ya que el 90% de las granjas están ubicadas en tres estados Nayarit, Sonora y fundamentalmente Sinaloa (tan solo en los municipios de Guasave y Navolato, Sin. hay 89 granjas), el problema es que el efecto acumulativo del elevado número de granjas camaronícolas, concentradas en cada uno de los sistemas lagunares en los que están establecidas, magnifica los impactos ambientales y la presión sobre los recursos.

De tal forma que esta actividad ha contribuido de manera acentuada con el deterioro de los ecosistemas lagunares costeros, por varias razones, además de la concentración geográfica, como:

- Sustitución de zonas de manglar por estanquería.
- Extracción de considerables volúmenes de agua para el llenado y recambio de agua de las estanquerías.
- Vertido de aguas enriquecidas con nutrientes o compuestos medicinales que propician los procesos de eutroficación.
- Modificación física del ambiente lagunar y por tanto del régimen hidrológico de los ELC por la construcción de la infraestructura acuícola.
- Establecimiento de las granjas por fuera de un programa de planificación guber-

namental que contemplara criterios ambientales y socioeconómicos, ya que la mayoría de ellas no han cubierto con los requisitos que marcan las leyes respectivas, entre otros que podríamos mencionar.

No es que consideremos a la camaronicultura como una actividad incompatible con un desarrollo ambientalmente sano, sino más bien ocurre que ha faltado ordenar desde el principio la actividad y hacer que se cumplan las normas y las leyes vigentes en el país, desde luego que esta actividad como cualquier otra puede desarrollarse en forma sustentable.

En el caso del desarrollo de la acuicultura, además es una actividad que se lleva a cabo en los ELC, algunos de los cuales por un proceso natural de deterioro o por efecto de las actividades humanas han disminuido su capacidad productiva o se encuentran con cierto grado de degradación ambiental. Por otra parte, como hemos mencionado son ecosistemas y hábitats que se encuentran presionados por las distintas actividades económicas que se realizan en los cuerpos de agua, en las regiones marinas adyacentes, en las cuencas de los ríos que desembocan en ellos y en el territorio circunvecino. Por tanto, la actividad camaronícola viene a sumar sus efectos a los ya provocados por el resto de las actividades, haciendo más importante el ordenamiento de ésta y sobre todo el desarrollo de planes de manejo integral de las zonas costeras incluyendo, desde luego, los ELC.

Por nuestra parte consideramos que los criterios básicos para el desarrollo de la acuicultura sustentable están contenidos en diversos documentos y de manera sintética son los considerados en el Código de Conducta para la Pesca Responsable (1995), documento en el cual se establece que la acuicultura responsable debe:

Establecer procedimientos específicos de la acuicultura para realizar una evaluación y un seguimiento apropiados del medio ambiente con el fin de reducir al mínimo los cambios ecológicos perjudiciales y las correspondientes consecuencias económicas y sociales derivadas de la extracción de agua, la utilización de la tierra, la evacuación de efluentes, el empleo de esquilmos alimenticios, medicamentos y sustancias químicas.

El desarrollo y la ordenación responsable de la acuicultura debe incluir una evaluación previa de los efectos del desarrollo de ésta sobre la diversidad genética y la integridad del ecosistema basada

en la información científica más fidedigna, para asegurar que el desarrollo de la acuicultura sea ecológicamente sostenible y permitir el uso racional de los recursos compartidos por ésta y otras actividades.

Cuidar que el desarrollo de la acuicultura no perjudique al sustento de las comunidades locales ni dificulte su acceso a las zonas de pesca.

Considerar la conservación de la diversidad genética y mantener la integridad de las comunidades y ecosistemas acuáticos. Particularmente se deben tomar medidas para reducir al mínimo los efectos perjudiciales de la introducción de especies no nativas o poblaciones alteradas genéticamente para la producción acuícola.

## ESTUDIOS DE CASO

Pasaremos ahora a una exposición sintética del análisis generado para dos sistemas lagunares en el Programa de ELC como estudios de caso y su vinculación con la acuicultura en zonas costeras.

### **Ecosistema Lagunar Costero Huizache-Caimanero**

Conformado por las lagunas Huizache y Caimanero, conectadas por un canal de aproximadamente 250 m de longitud. La extensión total del sistema en promedio es de 175 km<sup>2</sup>, que disminuye hasta en 63% (65 km<sup>2</sup>) durante la época de secas, para recuperarse con el retorno de las lluvias.

Estimaciones del área del espejo de agua del sistema, realizadas a partir de sensores remotos, han permitido detectar un proceso de desecación, de manera independiente de las variaciones naturales, que ha provocado que la extensión de la laguna haya disminuido a una tasa porcentual anual de 0.84%, perdiendo el 20% de su extensión de 1973 a 1997, pasando de 16,142 ha a 12,879 ha a la fecha.

Este sistema paulatinamente ha disminuido sus dimensiones originales, por el aporte de materiales de arroyos pequeños hacia la laguna y sedimentos procedentes de áreas continentales en el lado NE y NW de los dos principales ríos, dando como resultado una madurez temprana de estos cuerpos de agua.

Los ríos Presidio y Baluarte han erosionado al sistema de bermas, provocando que en los extremos y a sotavento se localicen áreas de manglar favorecidas por la retención de sedimentos finos, constituyendo amplias zonas de inundación que

conectan a la isla con los depósitos arenosos aportados por los ríos.

Debido al manglar, la acción de los ciclones y el gran volumen de sedimentos que transportan los ríos, se han modificado las condiciones hidrográficas del sistema lagunar Huizache-Caimanero al grado de cerrar las bocas y la comunicación con el mar; debido a esto la dirección de Pesca ha dragado y abierto las bocas y ha canalizado agua dulce de ríos vecinos, para la producción camaronesa.

La principal actividad productiva en el sistema es la pesca ribereña de camarón, fundamentalmente por Sociedades Cooperativas, las cuales pasaron de cinco en 1971 a veinte en 1986. A raíz de las reformas a la Constitución, se permite la incorporación de nuevos usuarios para la explotación acuícola por medio de cultivos del crustáceo. Actualmente se cuenta con seis empresas de esta naturaleza, ubicadas en el margen de este sistema. Todas producen bajo el régimen de cultivo semiintensivo; sin embargo, la regularidad de sus operaciones no ha sido continua, encontrándose algunas total o parcialmente abandonadas después de su construcción.

Otro producto de la pesca ribereña es la captura de escama (lisa, pargos, robalos, entre otros), si bien incluye algunos crustáceos, como las jaibas aunque parte de la captura se dedica a la comercialización, esta actividad está considerada de subsistencia, en general estas capturas en el sistema han disminuido de 2522 ton en 1983 a 998 en 1996 (cuadros 1 y 2).

La producción de camarón de esteros y bahías en el municipio de El Rosario es una de las más importantes a nivel estatal y nacional, proviniendo casi 70% del sistema Huizache-Caimanero, aunque en una revisión histórica se observa una tendencia a la disminución de los rendimientos.

En un cuadro general sobre el uso de suelo en el Sistema podríamos resumir un panorama general.

#### **Uso del suelo asociado al Sistema Huizache-Caimanero**

Estudios sobre los patrones de cobertura vegetal y de uso de suelo en el entorno inmediato del Sistema Lagunar Huizache-Caimanero, indican un rápido deterioro de las principales asociaciones vegetales naturales (selva baja caducifolia y manglar). De 1973 a 1997, la selva había perdido más de 75% de su cobertura quedando reducida a las zonas más altas de los cerros o en terrenos muy accidentados en donde no se hace rentable la agricultura. El manglar, durante el mismo periodo, ha disminuido más de 40%, en tanto que los procesos de erosión y de sedimentación han reducido el tamaño del vaso del sistema lagunar, incrementándose el área de marismas en más de 100% (cuadros 3 y 4). De acuerdo con el gobierno del estado, en los terrenos adyacentes al sistema existe un área que ha oscilado entre las 33,500 ha en el decenio de 1980 hasta las 37,000 ha destinadas a principios del decenio de 1990 a cultivos agrícolas de temporal y de riego con una producción aproximada de 48,000 ton, si bien los estudios efectuados por Berlanga y Ruiz indican números más conservadores.

La producción forestal maderable a lo largo década de 1999 presenta una tendencia a disminuir los rendimientos por la deforestación y erosión de suelos.

La industria es prácticamente nula, con excepción del desarrollo que está teniendo la creación de laboratorios de postlarvas, particularmente asociados con la laguna Huizache.

El municipio cuenta con tres plantas de mine-

**Cuadro 1. Volumen de producción anual de camarón de estero (t) en El Rosario, Sin\*.**

1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
1092	1195	1107	935	569	395	1142	830	1063	732

**Cuadro 2. Volumen de la producción de cultivo de camarón (camaronicultura)\***

	1993	1994	1995	1996
Producción (toneladas)	486	818	1168	492

\* Datos proporcionados por Delegación Federal de la SEMARNAP en Sinaloa.

Cuadro 3 Usos del suelo en el Rosario\*

Uso del suelo	% de la superficie municipal
Agricultura	24.0
Pastizal	4.0
Bosque	24.3
Selva	46.0
Otros	1.7

\* INEGI 1997.

Cuadro 4. Cambios en la cobertura y uso del terreno en el Huizache Caimanero

Tipo de cobertura	1973		1986		1990		1997	
	ha	%	Ha	%	ha	%	Ha	%
Selva	16571	23.9	7291	10.6	4048	6.0	3484	5.1
Manglar	2308	3.3	1383	2.0	1215	1.8	1251	1.8
Vegetación secundaria	12471	18.0	20008	29.2	19596	29.0	20318	30.0
Agricultura	18216	26.3	21034	30.7	21921	32.4	21536	31.8
Marismas	3503	5.1	5076	7.4	9195	13.6	8201	12.1
Superficies acuáticas	16142	23.3	13736	20.0	11712	17.3	12879	19.0
Superficie analizada	69211	100.0	68528	100.0	67687	100.0	67669	100.0

\* Ruiz y Berlanga 1999, Berlanga 1999

rales metálicos que operan en Cacalotán, La Rastro y Plomosas. La capacidad conjunta de estas unidades es de 860 toneladas por día, utilizando como procesos la amalgamación, cianuración y flotación. La extracción de minerales ubica al municipio como uno de los principales centros mineros del estado.

### Problemática

Existen patrones ambientales que se modifican escasamente, tales como la temporada de lluvias o las variaciones anuales de temperatura. Sin embargo, las que está sufriendo el régimen hidrológico no se conocen con exactitud, considerando que existen fluctuaciones ambientales naturales y provocadas por actividades humanas, que están modificando patrones de circulación de los sistemas fluviales que anteriormente alimentaban al sistema. Así, el río Presidio ha sido objeto de diversos represamientos y se tiene contemplada la construcción de una presa (Santa María) de considerables dimensiones para convertir a la cuenca baja del río Baluarte en un sistema de riego, que si bien beneficiará a la agricultura local, disminuirá considerablemente el aporte de agua dulce a la laguna de Caimanero.

De acuerdo con Ruiz y Berlanga (1999), en un periodo de aproximadamente 25 años, el paisaje

asociado al sistema Huizache-Caimanero ha sufrido fuertes transformaciones, particularmente relacionadas con el crecimiento de la agricultura de temporal, que ha contribuido de manera considerable con la reducción de la selva baja caducifolia. De igual manera, en el decenio de 1980 se dio un crecimiento de la actividad acuacultural que, lejos de ser exitoso, ha modificado parte del sistema, directamente o a través de obras de infraestructura auxiliares (canales), incrementando las tasas de azolvamiento y por tanto de extinción del sistema.

Dada la importancia que el sistema tiene en producción pesquera y su potencial en acuicultura, que ha dado pie a la creación de obras de ingeniería. Estas obras han tenido como objetivo mantener las características hidrológicas de este sistema lagunar; sin embargo, no siempre han sido afortunadas, provocando en ocasiones que el impacto negativo sea mayor que los beneficios.

Asimismo, aunque en un momento se pretendió crear un parque acuícola para la camaronicultura, los resultados no han sido los esperados, debido en parte a la inadecuada planeación, a lo inadecuado de la infraestructura de apoyo y a una mala ubicación de los sistemas de producción. Por otra parte, no se han realizado estudios suficientes (o no se han culminado éstos) para determinar la capacidad de carga del sistema con relación a la camaronicultura y sobrevaluado ésta, al considerar

**Cuadro 5 Tendencias de crecimiento de la frontera agrícola en el entorno del sistema Huizache-Caimanero**

	1973	1986	1990	1997
Superficie (ha)	18216	21034* 33,500 **	21921* 37,000 **	21536

\* Ruiz y Berlanga 1999, Berlanga 1999

\*\* Gobierno del Estado de Sinaloa

únicamente la extensión del sistema y no una capacidad que cada vez es más reducida.

En contrapartida con el crecimiento de la extensión de la agricultura y la vegetación secundaria, la cobertura de selva baja caducifolia y manglar en el paisaje del sistema Huizache-Caimanero han disminuido drásticamente. En 24 años la selva perdió 80% de su extensión y el manglar 46%. Hoy en día las asociaciones de vegetación natural están prácticamente restringidas a ocupar terrenos inadecuados para la práctica de alguna actividad económica. La selva se localiza únicamente sobre terrenos muy accidentados, con pendientes muy pronunciadas o sobre la punta de los cerros; y el manglar en terrenos inundados o sumamente húmedos y salinos.

La desecación del paisaje del sistema lagunar Huizache-Caimanero se debe a la deforestación y al represamiento; así como la reducción del espejo de agua del sistema lagunar es consecuencia en buena medida por desarrollo de la camaronicultura, ya que dentro de lo que alguna vez fue parte de la cubeta de inundación de la laguna El Caimanero se instalaron granjas camaronerías, con ello la laguna perdió de tajo 370 ha y la desecación en los alrededores de las granjas es más acelerada que en otras partes del sistema, además de modificar la calidad del agua han provocado que el sistema Huizache-Caimanero pierda las conexiones temporales que tenía con el río Baluarte y con otros cuerpos de agua del sistema Majahual.

### Sistema Lagunar Tecapán-Agua Brava

La situación prevaleciente en las zonas estuarinas del estado de Nayarit y a raíz del desarrollo de la camaronicultura, se ha incurrido en la práctica de actividades negativas, y en razón de la coordinación entre las diversas dependencias y entidades de la administración pública con el fin de establecer los lineamientos que tendrán que normar el sector acuícola, partiendo siempre de los criterios para la protección y aprovechamiento de la flora y fauna acuática y silvestre.

La instalación desregulada de granjas acuícolas ha repercutido en el sistema lagunar, deforestando los bosques de manglar; abriendo canales de abastecimiento y descarga; construyendo bordes; bloqueando lagunas y esteros; desplazando y mermando significativamente la fauna silvestre; invadiendo y apropiándose ilegalmente terrenos de zona federal marítimo terrestre y consecuentemente, el desequilibrio ecológico, económico y social.

Además, la actividad acuícola en el Sistema Lagunar Tecapán-Agua Brava se ha concentrado en la explotación de un solo recurso: el camarón, de modo que como centro de la actividad acuícola ha dejado a un lado la utilización integral de otros recursos.

El desarrollo del cultivo del camarón ha requerido de la explotación del recurso natural (reproductores y postlarvas), por lo que el abastecimiento se ha visto condicionado por la disponibilidad del recurso y las condiciones sociales imperantes de los concesionarios, lo cual ha derivado en problemas de competencia e inconformidad entre las organizaciones que explotan el recurso (ya sea por pesca natural o cultivo), en cuanto a que se atribuyen mutuamente la escasez del mismo, sin embargo el consenso general señala a la pesca furtiva como causante de este problema.

Conflictos ambientales ocurren entre la acuicultura con actividades agrícolas, ganaderas, industria, pesca y urbanismo. A pesar de existir un buen patrón hidráulico dentro del Sistema.

Cuando una o diversas actividades asentadas en la región presentan un alto grado de desarrollo, la falta de medida de mitigación de impactos de dicho patrón y la carencia del control de la contaminación perjudican la acuicultura. La causa principal es la eutroficación del sistema lagunar y el incremento de la mortandad de postlarva por los plaguicidas.

Los desechos de la acuicultura causan problemas de contaminación en el agua y sedimentos que afectan los volúmenes y calidad de los recursos explotados por la actividad pesquera. Asimismo, la captura intensiva de crías dentro o fuera del

sistema estuarino por los acuicultores, es una fuente potencial de conflicto con los pescadores que depende de la abundancia de los recursos. De igual modo, el incremento desregulado de la actividad acuícola promueve la deforestación con todas las consecuencias que conlleva.

Los humedales costeros estuarinos son sistemas frágiles, resultado de un balance de fuerzas entre el agua dulce que baja de la cuenca y la salada que ingresa por las mareas, alterar este balance determina el futuro del humedal costero.

Efecto de modificaciones en el balance de las condiciones naturales del sistema, es que la zona ha sufrido severa alteración de sus corrientes interiores debido entre otras cosas a la apertura artificial del canal de Cuautla en 1971, que originalmente proyectaba un ancho de 100 m y una profundidad de 5 m. A la fecha, la anchura es de cerca de un kilómetro y la profundidad de 26 m, además los canales de las barras paralelas han sido cortados transversalmente por carreteras o por canales de navegación menor, así como el exceso en la captura por redes fijas ("tapos").

La raíz de la problemática que sufre la región quizá se deba a la estructura organizacional, de modo que gran parte del área dentro del sistema está restringido por ejidos con criterios paternalistas y familiares, los cuales se basan generalmente en decisiones arbitrarias en lo organizativo y de desperdicio en el uso de los recursos naturales no renovables.

## **CONSIDERACIONES CON RESPECTO A LA ACUICULTURA**

Generalmente las áreas circundantes a un sistema lagunar presentan crecimiento espontáneo, no planificado ni controlado, de actividades acuícolas exclusivamente dirigidas al cultivo de camarón, con consecuencias que van desde el deterioro ambiental hasta conflictos graves con las diversas actividades productivas como el manejo de recursos y tenencia de la tierra.

### **Acuicultura-Agricultura**

El uso del espacio con fines agrícolas puede cancelar la posibilidad del uso de suelo para actividades acuícolas o viceversa. El deterioro de la calidad del agua por el uso de agroquímicos y el incremento de material terrígeno deterioran los hábitats acuáticos, restringiendo el desarrollo de cultivos acuícolas.

En el caso de camarón existe competencia por el uso de agua dulce para regular la salinidad de los estanques, además de un efecto letal o de toxicidad latente de los insecticidas usados en la agricultura, los cuales inhiben el crecimiento.

Asimismo, la disminución del aporte de agua dulce a los sistemas lagunares por represamientos y la demanda de agua por la agricultura, modifican la hidrodinámica estuarina, restringen la circulación, propician la marinización, incrementa el azolvamiento de áreas protegidas y por ende reducen la superficie disponible para cultivo de las especies.

### **Acuicultura-ganadería**

El empleo de áreas comunes entre ejidatarios y particulares con los acuicultores que realizan actividades de manejo productivo del espejo de agua, provoca conflictos por el acceso al espacio.

La degradación de la calidad del agua por efecto de los desechos orgánicos del ganado, de las sustancias químicas utilizadas en los baños garrapaticidas y el incremento de aporte de material terrígeno por la deforestación de zonas de manglar y bosque para el desarrollo de pastizales, deterioran los hábitats acuáticos, restringiendo el desarrollo de cultivos acuícolas.

### **Acuicultura-Desarrollo Urbano-Turismo**

Generalmente el conflicto está relacionado por la competencia por el uso del territorio. El turismo tradicional, con los desarrollos hoteleros e infraestructura asociada y los tipos y formas de las actividades que en ellos se efectúan, tiende no sólo a deteriorar, sino a eliminar los recursos lagunares y por ende se revierte en contra de la misma actividad. Esto es debido a la presión ambiental que ejercen sobre el ecosistema, como las descargas de aguas residuales de los complejos hoteleros y de las marinas.

### **Acuicultura-Pesca Ribereña**

Competencia por espacio, que se manifiesta intencionalmente en las áreas de interés común; asimismo, los desechos de la actividad acuícola causan problemas de contaminación en el agua y sedimentos que afectan volúmenes y calidad de los productos explotados por la actividad pesquera.

La captura intensiva de crías dentro o fuera del sistema estuarino por los acuicultores es un con-

flicto constante con los pescadores que dependen de este recurso. También, de acuerdo con la tecnología de cultivo, el aumento no controlado de la acuicultura puede promover la deforestación que incluyendo zonas de áreas de crianza de especies comerciales y en consecuencia disminución de la abundancia y diversidad de especies.

### **Acuicultura-Obra Civil**

La construcción de una infraestructura de comunicaciones, protección costera y/o represamiento al-

teran la hidrodinámica del sistema estuarino, al propiciar el aislamiento de áreas lagunares, con lo que se modifica o suspende el ingreso y recambio de agua.

Esto ocasiona generalmente el rápido deterioro del manglar y de la vegetación halófila y por ende promueve el deterioro intensivo o desaparición de hábitats reduciendo la biodiversidad local, lo cual afecta la utilización de las áreas aptas para la actividad acuícola..



# ACUACULTURA RURAL

Biól. Carlos Ramírez Martínez,  
Hidrobiól. Víctor Sánchez Rivera

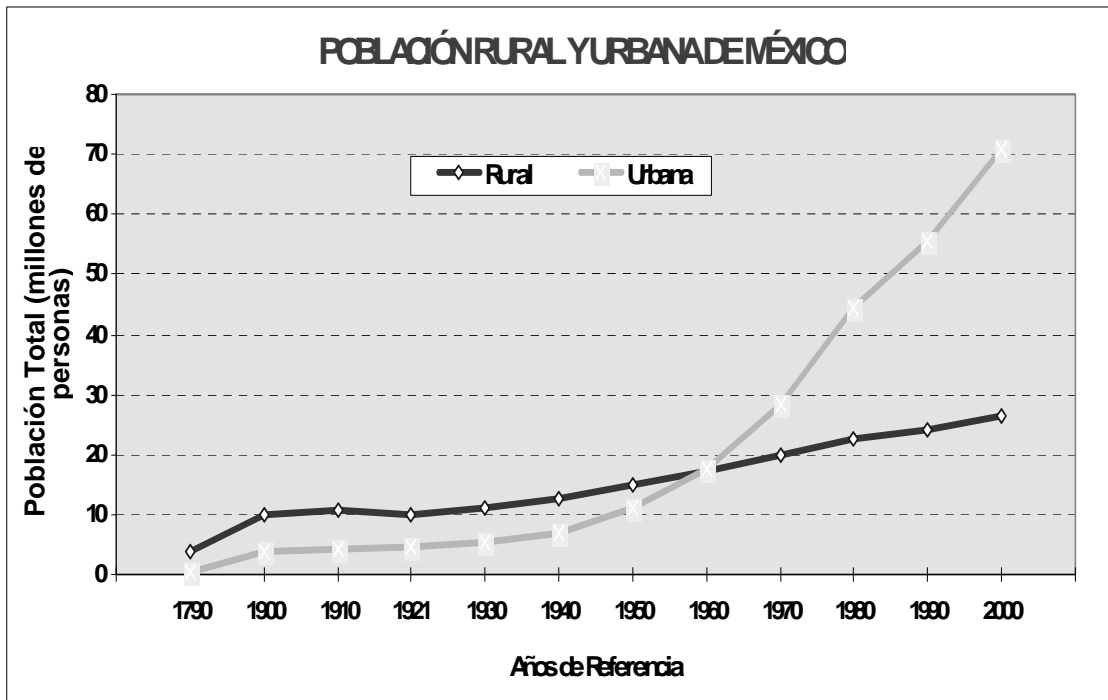
Dirección General de Acuacultura-SEMARNAP

**D**e acuerdo con los datos obtenidos mediante sensores remotos, se estima que si a las 19 millones de hectáreas que se cultivan anualmente en nuestro país se añade la superficie de tierras en barbecho ociosas o abandonadas por procesos erosivos, se tiene como resultado que el país se encuentra ya muy cerca del límite de su superficie potencialmente agrícola. La maximización de la producción sería la opción para mantener un abasto alimenticio adecuado a la demanda de la creciente población. Sin embargo, la experiencia pasada ha mostrado que los efectos de la aplicación de paquetes tecnológicos tipo revolución verde, caracterizados por grandes inversiones en irrigación, infraestructura e insumos y destinada a la producción de cultivos forrajeros, ha traído como consecuencia

procesos degradativos, algunos de ellos irreversibles (Toledo *et al.*, 1989).

De seguir la tendencia histórica del crecimiento poblacional en México, se estima que para el año 2000 seremos entre 100 y 104 millones de habitantes, considerando que la tasa de natalidad disminuirá y que el crecimiento se abatirá pasando de una tasa actual de 2.6 a otra de 1% en el cierre del siglo (Gráfica 1). Tal aumento de población se verá mayormente acentuado en las zonas urbanas (tres veces más que el crecimiento en el resto del país), lo que significa mayor presión sobre las unidades de producción rural.

El impresionante crecimiento tiene como consecuencia una irremediable demanda de alimento que ha cambiado drásticamente la relación entre la



Gráfica 1. Comportamiento y proyección al 2000 de la población rural y urbana de México.

producción rural y la demanda urbana. Como ejemplo, en 1930 había dos productores rurales que producían alimentos suficientes para un habitante urbano, en 1980 la proporción fue exactamente al contrario y en el año 2000 más de tres personas urbanas serán alimentadas por uno rural.

Como señala Toledo *et al.* (1989), los intentos por proyectar la demanda de alimentos que generan 26 millones de mexicanos que están por nacer para el año 2000 muestran diferentes volúmenes de producción, pero sea cual fuere el resultado es evidente que existe una demanda creciente de alimentos, lo cual obliga a reflexionar sobre el futuro de la producción, de las tecnologías a aplicar, de la forma de distribución y del tipo de consumo, además de valorar el papel que juegan los recursos naturales considerados como renovables cuando son manejados adecuadamente, pero que bajo la actual presión de uso tales recursos dejan de ser una fuente inagotable.

Algunos autores señalan que los ejes de la producción rural ecológicamente adecuada son la diversidad ecogeográfica, la integración productiva y la autosuficiencia (Toledo *et al.*, 1993; Carabias, Provencio y Toledo, 1993). Paradójicamente, el rasgo más notable de nuestro país es su alta diversidad biológica, ecológica y cultural, que encierra todas las condiciones para encontrar formas inéditas de producción y en consecuencia alimentarias. El amplio conocimiento de las variadas culturas, pasadas y presentes, se constituye en la clave para lograr el máximo aprovechamiento del potencial biológico y ecológico. La diversidad alimentaria surge entonces de la integración de distintos sistemas productivos. Los elevados índices de diversidad alimentaria mostrados por las diversas culturas campesinas del país son el resultado del manejo y utilización tanto de los recursos locales o autóctonos, como de la apropiada adopción y adaptación de las especies vegetales y animales domesticadas en otros contextos e introducidas desde la época de la colonización de los españoles.

De lo anterior se desprende que por razones históricas en México una planificación adecuada dirigida a combinar los recursos autóctonos con los introducidos debería producir una diversidad tal en la dieta de los productores, las regiones y, finalmente, de la población nacional que por fuerza sería garantía de una autosuficiencia perdurable (Toledo, 1993).

En un estudio realizado por Velasco (1995), en las zonas áridas y semiáridas de nuestro país se detectaron 50 fuentes de vida (que a excepción de 4 o

5 las restantes pueden catalogarse como actividades estrictamente de sobrevivencia), y para las cuales la escasez del agua es el factor que drásticamente marca o gobierna la naturaleza de todas estas actividades. La estrategia de subsistencia depende de 13 diferentes fuentes de abastecimiento de agua. La creación de pequeñas obras hidráulicas de almacenamiento son una solución que refuerza la estrategia de diversificación productiva de este tipo de comunidades. Es aquí donde la acuicultura tiene amplias posibilidades de inserción en el universo productivo del medio rural, en tanto que aumenta el uso eficiente del agua de las obras destinadas a actividades agropecuarias y contribuye a una dieta diversificada de alto valor nutritivo a bajo costo.

## RECURSOS DISPONIBLES

Los recursos hídricos de nuestro país estimados en una superficie de 12,580 km<sup>2</sup> y un volumen de 137,112 km<sup>3</sup> se encuentran distribuidos principalmente en la zona sureste (35% de la superficie del país); en el resto del territorio nacional las condiciones son de semiaridez (Athié, 1987, y Garduño, 1990; Alcocer *et al.*, 1993), donde, por cierto, la mayoría de sus aguas son de naturaleza artificial. Su almacenamiento se realiza en obras hidráulicas (presas y bordos) construidas con diferente finalidad, como la generación de energía eléctrica, riego, agua potable, actividades acuícolas y control de avenidas, entre otras (Guzmán, 1994). Este hecho explica la importancia que han tenido los cuerpos de agua de las regiones endorreicas del centro del país; sin embargo, el agua no ha sido considerada como un recurso del que depende la supervivencia nacional y desafortunadamente sólo se le valora cuando se sufre una crisis en el suministro y/o calidad (Alcocer *et al.*, 1993).

En los últimos años algunas de las obras de almacenamiento han sido aprovechadas para la generación de proteína animal de alta calidad. La acuicultura y la pesca han venido a aumentar el grado de utilización del agua y a formar parte del universo productivo de los pobladores de nuestro país. La implementación de esta tecnología encuadra de forma adecuada con las estrategias de diversificación productiva y uso eficiente del agua, por ello es indispensable considerar que su desarrollo debe ser cauteloso y fundamentado en el conocimiento del medio social, cultural y ecológico en que se desarrolla.

Datos de la CNA (1995) revelan que en nuestro país existe una superficie en cuerpos de agua

Intervalo de Superficie	Número de Embalses	%	Superficie (Ha)	%
1 a 10	11,771	84.47	30,077	2.59
11 a 100	1,589	11.40	48,243	4.15
101 a 1,000	457	3.28	146,243	12.57
1,001 a 10,000	95	0.68	305,968	26.31
> 10,000	23	0.17	632,520	54.38
	13,935	100.00	1,163,051	100.00

de 3.8 millones de hectáreas, de las cuales 2.9 corresponden a agua salada en litorales y 0.9 a agua dulce. En agua salada/salobre el área potencial de acuacultura se estima en poco más de 2 millones de hectáreas; de éstas, menos de medio millón (450 mil) son propicias para el cultivo de camarón y 1.6 millones para otras especies. Actualmente sólo se aprovechan 16 mil hectáreas en camarón y 30 mil hectáreas en otras especies. En agua dulce el potencial es de 900 mil hectáreas y se utilizan 754 mil hectáreas con alcances muy limitados.

Tal potencial en agua dulce parece estar por debajo de lo reportado en el Inventario Nacional de Cuerpos de Agua (tabla 1), en él se informa que para 1988 existe un total de 13,935 embalses con una superficie inundada de 1,163,091 hectáreas (263 mil ha más que las reportadas por la CNA), en donde la mayoría son construcciones artificiales (92%) y se encuentran distribuidas en nuestro país de manera muy diferencial; así, sólo los estados de Chiapas, Jalisco, Michoacán y

Tamaulipas registran más de 400,000 ha de agua embalsada 45 % del total nacional. En tanto que 23 grandes embalses (mayores de 10,000 ha) representan 54% de la superficie total embalsada, mientras que poco más de 13,300 cuerpos de agua de entre 1 a 100 Ha ocupan 6.7% de la superficie total (Moreno, *et al.*, 1993).

De acuerdo con los datos de la Tabla 2 referentes al inventario de cuerpos de agua interiores por región, la distribución y disponibilidad del recurso hídrico para acuacultura parece enfrentar diversas problemáticas relacionadas con la naturaleza de los embalses, el uso del agua y las condiciones climatológicas prevalecientes en cada región. Al respecto llama la atención que a excepción de la zona Pacífico Sur todas las regiones con una amplia zona costera como la del Golfo de California, Golfo de México y Caribe, cuentan con un número muy bajo de cuerpos de agua que en conjunto apenas llega a los 5,493 embalses con una superficie de 787,101 Ha. En contraste, las regiones Norte y Centro se caracterizan por presentar gran número de cuerpos de agua que en conjunto alcanzan los 14,962, casi tres veces más que en las regiones anteriores pero con una superficie de 210,622 ha, cantidad tres veces inferior a la de las regiones con costas.

Región	Estados comprendidos	Número de Embalses	%	Superficie (Ha)	%
Golfo de California	Baja California, Baja California Sur, Sonora y Nayarit	953	4.66	140,318	12.78
Norte	Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, San Luís Potosí y Aguascalientes.	9,787	47.85	182,748	16.65
Pacífico Sur	Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.	3,952	19.32	537,924	49.00
Golfo de México	Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche.	417	2.04	180,985	16.49
Caribe	Yucatán y Quintana Roo.	171	0.84	27,874	2.54
Centro	Guanajuato, México, Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala y Querétaro.	5,175	25.30	27,874	2.54
TOTAL		20,455	100.00	1,097,723	100.00

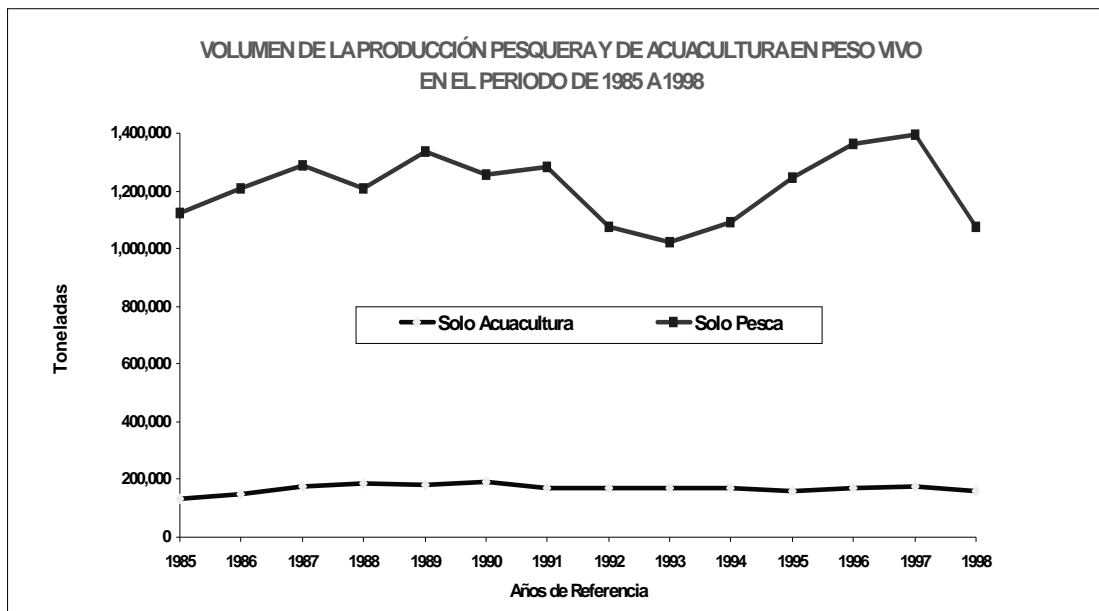
Una explicación a esto puede estar dada por la preferencia de aprovechar los recursos costeros para el desarrollo productivo, cuyas actividades principales dependen más del uso de las aguas naturales existentes antes de la creación de nueva infraestructura. Por otro lado, en las vastas zonas áridas del norte del país una estrategia de sobrevivencia es la creación de pequeñas obras de almacenamiento para comunidades altamente dispersas; de igual manera que la construcción de obras pequeñas en las zonas accidentadas del centro del país.

A lo anterior se adiciona la enorme necesidad de crear grandes obras hidráulicas en zonas costeras con cuencas exorreicas para la generación de energía eléctrica y control de avenidas, o los grandes almacenamientos de agua para la irrigación en las zonas centro y norte del país en las que sus cuencas son de tipo endorreicas y de cuyo recurso dependen los distritos de riego de agricultura intensiva.

## ACUACULTURA EN EL CONTEXTO NACIONAL

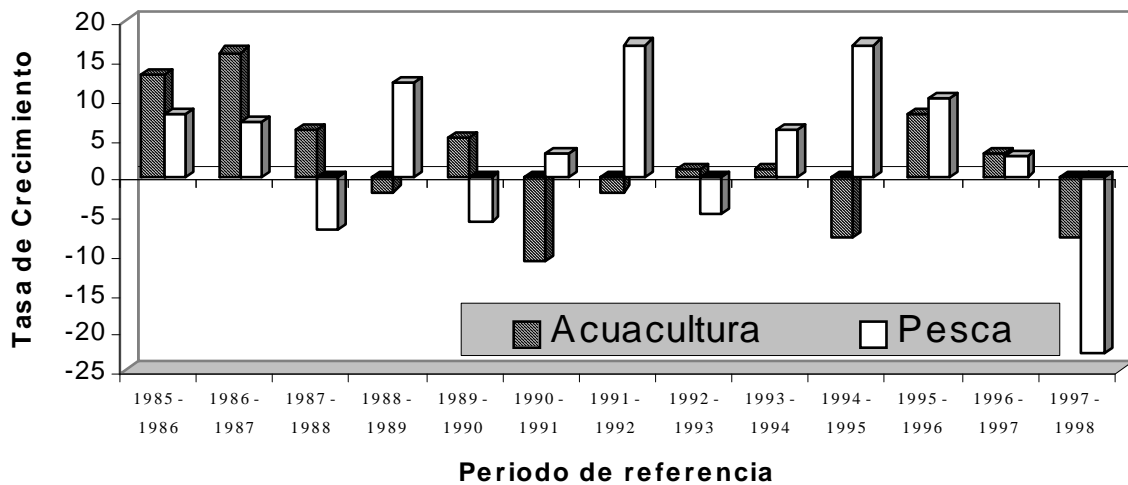
En los datos de la gráfica 2 el crecimiento de la producción del sector pesquero durante el periodo de 1985 a 1997 registra un crecimiento tendiente a aumentar de manera fluctuante en el caso de la captura por pesca; mientras que la producción por acuicultura se incrementa de manera más consistente, aunque en niveles que no superan las 200,000 ton registradas en 1990, frente a las casi 1,400,000 ton logradas en 1997 por captura. La tasa promedio de crecimiento anual del sector en el mismo periodo es de 2.16%, diferente al reportado para los periodos de 1983 a 1989 de 5.3%, como consecuencia de la baja producción registrada de 1992 a 1994.

La gráfica 3 muestra que los valores de las tasas de crecimiento anuales desde 1985 hasta 1997 de la acuicultura frente a las de la captura por pesca son relativamente superiores, si se consideran los promedios anuales en dicho periodo, de 2.5 y 2.2, respectivamente.



**Gráfica 2. Crecimiento del sector pesquero de 1985 a 1998.**

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1998. SEMARNAP.



**Gráfica-3. Tasas de crecimiento promedio anuales del sector pesquero.**

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1998. SEMARNAP.

No obstante esta tendencia general de crecimiento, se debe hacer notar que en 1998 la producción acuícola nacional experimentó decremento, que ubicó a la acuicultura en 159,779 ton; en tanto que la captura en 1,233,292 ton. Es decir, de 1997 a 1998 se experimentó crecimiento negativo de -8% y -23%, respectivamente. Probablemente debido a los efectos generados por el fenómeno meteorológico conocido como “El Niño”, el cual provocó fuertes sequías, disminuyendo sensiblemente los volúmenes de agua de presas y lagos, causando efectos negativos en la acuicultura de fomento y pesquerías acuiculturales en especies como tilapia y carpa.

Los volúmenes de producción de las diferentes modalidades de acuicultura expresadas en la gráfica 4 confirman la importancia de las pesquerías acuiculturales y la acuicultura de fomento, a la cual pertenece la acuicultura rural, frente a los sistemas controlados, no obstante que esta relación suele ser contraria en términos del costo de la producción, sobre todo si consideramos el alto valor comercial del camarón, que alcanza un precio en el mercado superior al de otras especies de escama como tilapia, carpa y bagre.

Contrario al comportamiento de la producción global nacional, los volúmenes producidos por granjas comerciales durante 1998 han sido los más altos registrados históricamente (cerca de 29,000 toneladas).

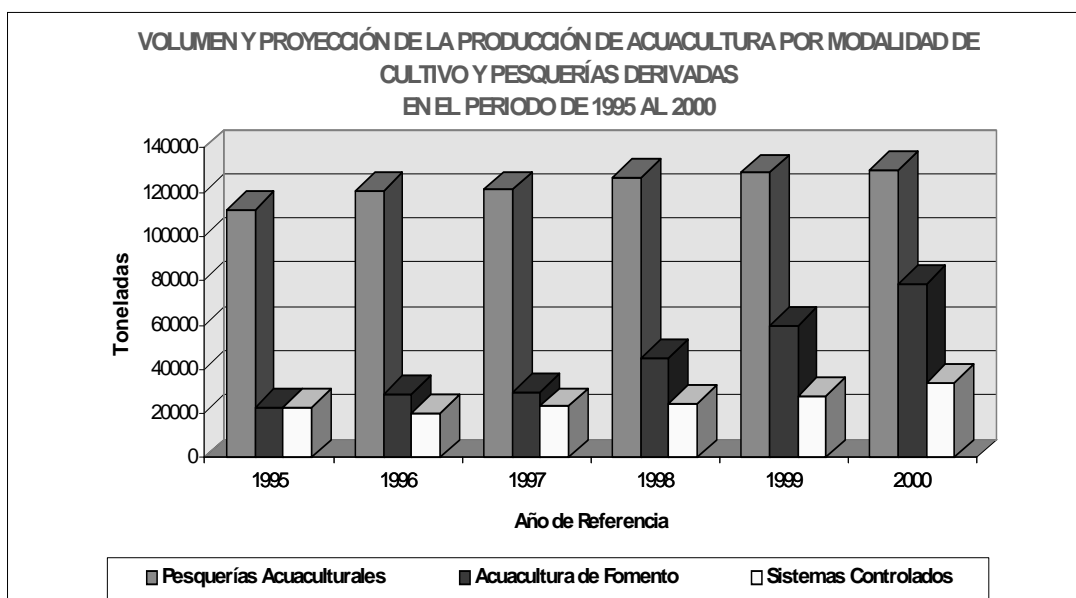
En la tabla 3, las especies más importantes que contribuyen a este incremento son: el cama-

rón, con cerca de 24,000 ton, que significa un incremento de 36.5 % por arriba de la producción registrada en 1997; la producción de bagre (489 ton) y tilapia (657 ton) en granjas comerciales superó en gran medida la producción obtenida durante 1997, que fue de 282 y 522 ton, respectivamente.

## ACUACULTURA RURAL

Sin duda los sistemas controlados tienen mayor importancia desde el punto de vista económico, tanto por la inversión requerida para su instalación y operación como por los ingresos económicos que de esta práctica se derivan. Sin embargo, la acuicultura de fomento y las pesquerías derivadas de la acuicultura tienen una orientación social, porque contribuyen de manera directa a la alimentación de la población del país, al aprovechamiento de cuerpos de agua construidos con otros fines y, cuando se ha realizado de manera adecuada, al aumento de la diversificación productiva y ambiental de los productores y el medio en que se desarrollan.

Por otra parte, debemos recordar que no toda la acuicultura que se realiza en nuestro país es de tipo comercial, ya que ésta surgió en México como una actividad eminentemente social, dirigida sobre todo a regiones de extrema pobreza y aunque ha experimentado cambios profundos en los años recientes, el sector social sigue siendo su



**Gráfica 4. Volumen de producción de las diferentes modalidades de acuicultura.**

Fuente: Dirección General de Acuicultura.

**Tabla 3. Volumen, valor y participación de la producción de acuicultura en 1998. Se incluye la producción de sistemas controlados de granjas comerciales y pesquerías acuiculturales.**

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca, 1998. SEMARNAP.

ESPECIE	VOLUMEN		VALOR	
	Toneladas	%	Miles de Pesos	%
Bagre	2,474	1.5	20,731	1.2
Carpa	24,671	15.4	71,683	4.0
Camarón	23,749	14.9	1,149,054	64.7
Charal	878	0.5	3,232	0.2
Langostino	59	0.0	2,365	0.1
Lobina	686	0.4	10,555	0.6
Mojarra	70,505	44.1	403,431	22.7
Ostión	33,486	21.0	45,297	2.6
Trucha	1,612	1.0	46,153	2.6
Otras	1,660	1.0	23,600	1.3
<b>TOTAL</b>	<b>159,780</b>	<b>100.0</b>	<b>1,776,101</b>	<b>100.0</b>

principal beneficiario, ya que la mayor parte de la infraestructura acuícola existente corresponde a dicho sector.

Debemos recordar que hoy 45% de las tierras arables, casi 70% de los bosques y más de 60% de los agostaderos se encuentran bajo la propiedad ejidal y comunitaria (Álvarez, 1998). Por ello, establecer una política de desarrollo acuícola no tendría sentido si ésta olvida la atención y priorización de las necesidades sociales y económicas de la población de la cual depende la

mayor parte del uso y manejo del territorio nacional.

#### **Programa Nacional de Acuicultura Rural**

Como respuesta a lo anterior, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca implementa desde 1994 el Programa Nacional de Acuicultura Rural, el cual se inscribe como un Subprograma Sustantivo del Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000 y ha sido incorporado a la agenda de temas prioritarios definidos por la Titular del ramo, como instrumento que contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población rural de mayor grado de marginación

de nuestro país mediante la generación de alimentos de alto valor nutritivo y el mejoramiento del ingreso familiar.

Es importante señalar que la producción de carne alcanzada durante 1998, mediante la Acuicultura Rural, rebasó 8,000 ton y en términos de impacto social fue posible atender a poco más de 46 mil familias, o más de 210 mil beneficiarios, pertenecientes a 2,255 comunidades de 580 municipios, lo que significó que cada vez más mexicanos que viven en las zonas marginadas mejoraron sus condiciones de vida, por medio del con-

sumo de alimentos de alto contenido proteínico y en ocasiones mejorando el ingreso familiar.

Si bien ha existido una tendencia generalizada a incrementar la cobertura del programa (tabla 4), en 1998 disminuyó sensiblemente el número de municipios atendidos como consecuencia de las fuertes restricciones climáticas experimentadas en gran parte del territorio nacional; no obstante, el trabajo de asistencia técnica y capacitación dirigida a productores para el mejor manejo y operación de las unidades de producción se ha intensificado y canalizado hacia regiones de atención prioritaria, en las que se busca la consolidación de la actividad, lo cual se ha visto reflejado en mayor productividad acuícola.

El papel de las Brigadas de Acuicultura Rural que operan el programa en los 31 estados y el Distrito Federal, queda de manifiesto en la realización de un sinnúmero de eventos de capacitación técnica y fomento al consumo (525 en 1998), así como en la realización de los trámites necesarios para la siembra de los organismos empleados en el cultivo, que en 1998 llegó a casi 63 millones de crías producidas en los centros acuícolas que administra y opera la SEMARNAP y de algunos gobiernos de los estados, los cuales, no solamente son un elemento fundamental en la donación de crías, sino en el desarrollo de nuevas tecnologías.

La inducción de la participación de diferentes actores sociales conforma una de las principales estrategias para lograr el fomento al desarrollo acuícola, tal es el caso de la firma de convenios con los gobiernos estatales y municipales mediante los cuales se llevan a cabo acciones coordinadas y aporte de recursos económicos; la participación de las representaciones locales del Programa de Desarrollo Integral de la Familia

(DIF) en el fomento al consumo de pescado, la del Fondo Nacional de Empresas en Solidaridad (FONAES) en la integración de empresas sociales, y finalmente la participación activa de la población objeto en la construcción de los modelos productivos acordes con sus necesidades.

Tales acciones se suman a la iniciativa del sector académico y de investigación que contribuyen a la formación de recursos humanos, incorporados como prestadores de servicio social, tesis, asesores, administradores o productores, y la generación de modelos de desarrollo acuícola que incluyen el marco conceptual, teórico y práctico, aplicados en las fases de diagnóstico y prospección acuícola; planeación y desarrollo tecnológico, que son adaptados y puestos en práctica en beneficio del sector acuícola.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez-Icaza, P. 1996:** La gestión ambiental campesina, reto al desarrollo rural sustentable. En Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental, Tomo II. Seminario sobre Alternativas para la Economía Mexicana. ADE, SEMARNAP, PNUD, J.P. Editores. Pp. 117-144
- Alcocer, J. M. Chávez y E. Escobar. 1993:** La limnología en México (Historia y perspectiva futura de las investigaciones limnológicas). Ciencia 44: 441-453.
- CNA.1995.** Programa Hidráulico. 1995-2000
- Guzmán, M. 1994:** Pesca y Recreación. Memoria del Curso de Limnología Aplicada. Boletín Informativo del Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala. Número Especial Enero 94:11-22.
- Juárez P. J. 1992:** El aprovechamiento de los embalses en América Latina a través de la práctica de la acuicultura de repoblación.

Tabla 4. Principales resultados del Programa Nacional de Acuicultura Rural.

Fuente: Dirección General de Acuicultura, 1999.

Indicador	1995	1996	1997	1998
Número de Estados	16.00	23.00	31.00	32.00
Municipios Atendidos	192.00	295.00	648.00	580.00
Comunidades Atendidas	397.00	1,314.00	2,265.00	2,255.00
Familias Favorecidas	12,866.00	27,553.00	36,407.00	46,258.00
Total de Beneficiarios	28,641.00	123,096.00	193,055.00	210,443.00
Cursos de capacitación a productores	185.00	120.00	254.00	374.00
Cursos de capacitación a promotores	41.00	49.00	79.00	64.00
Cursos de fomento al consumo	8.00	149.00	132.00	87.00
Organismos Sembrados	16,304,725.00	46,378,330.00	38,993,132.00	62,784,167.00
Producción de Carne	3,424.00	5,915.00	6,011.00	8,897.00

Informe preparado para el proyecto GCP/RLA/075/ITA. FAO/AQUILA. México. En Manejo y Explotación Acuícola de Embalses de Agua Dulce en América Latina. FAO, 1992. Ps. 3-31.

**Moreno H., M. A. Velázquez y G. Díaz. 1993:** Actualización del estudio de manejo y explotación acuícola de los embalses en México. En Avances en el Manejo y Aprovechamiento Acuícola de Embalses en América Latina y el Caribe. FAO. Proyecto Aquila II. Pp. 119-144.

**Ramírez-Martínez, C. 1993:** La piscicultura: una opción productiva para los presones de las zonas áridas. Loayer, J.Y., Estrada, J., Jasso, R. y Moreno, L. (editores). ORSTOM-INIFAP, Gómez Palacio, Dgo. 367 P..

**Toledo, V. M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989:** La producción rural en México: alternativas ecológicas. Primera Edición, Fundación Universo Veintiuno. 402 P.

**Toledo, V. M., J. Carabias, C. Mapes y C. Toledo. 1989:** Ecología y autosuficiencia alimentaria. Cuarta Edición. Siglo Veintiuno Editores. 118.P

**Velasco Molina. 1995:** Sistema de sobrevivencia en los semidesiertos mexicanos. En IV Curso sobre Desertificación y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe. PNUMA-FAO:195-236



# EL ORDENAMIENTO ECOLÓGICO DE LAS ZONAS COSTERAS DE MÉXICO

Fco. Javier Múgica Amaya\*, Magdalena García Rendón\*\*, Fernando Rosete Verges\*, \*

\* Dirección General de Acuacultura de la Subsecretaría de Pesca

\*\* Instituto Nacional de Ecología

\*, \* Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

## ANTECEDENTES

En las últimas dos décadas, el crecimiento demográfico, la crisis agrícola y la falta de empleo en las ciudades ha desplazado a mucha población hacia las zonas costeras en busca de alternativas productivas. Este fenómeno ha agravado los problemas ambientales característicos de estos lugares, por ejemplo: contaminación y azolve de cuerpos lagunares, deforestación de humedales costeros, entre otros. Ello ha repercutido en la pesca ribereña, la cual ha sido sometida a una enorme presión, provocando aumento del esfuerzo pesquero y sobreexplotación del recurso.

Una alternativa que ha promovido el Gobierno de México para la crisis de la producción pesquera ha sido la acuacultura. Sin embargo, durante los años de mayor crecimiento de esta actividad, que van de 1970 a 1990, la acuacultura se asentó sobre los humedales costeros, afectando estos ecosistemas en términos de deforestación, modificación de la dinámica hidrológica y de descargas no controladas en los sistemas lagunares. Es por ello que la presente administración federal de la SEMARNAP, por medio de la Subsecretaría de Pesca, ha emprendido una serie de acciones para regular la actividad y mitigar los impactos ambientales, tales como la revisión del marco legal y normativo, el fortalecimiento de la vigilancia ambiental y la realización de estudios de ordenamiento ecológico territorial de la zona costera.

En coordinación con el Instituto Nacional de Ecología, la Dirección General

de Acuacultura ha contratado estudios de ordenamiento para nueve regiones costeras: Sonora, Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Oaxaca y Chiapas, en la costa del Pacífico; Campeche, Veracruz y Tamaulipas, en la costa del Golfo de México.

Con excepción de Sonora, Michoacán y Veracruz, que se terminarán a finales de este año; en las demás regiones se concluyó la fase de diagnóstico y propuesta de modelo de ordenamiento, quedando por realizar la fase de gestión e instrumentación (figura-1).

Como producto final del estudio, para cada región se elaboró un mapa, con escala 1: 50 000, con las políticas ecológicas y los diferentes usos del suelo, acompañado de una matriz de datos que indica los criterios de manejo para su aprovechamiento o conservación.



Figura 1

## MARCO TEÓRICO

En sentido amplio, la ordenación ecológica del territorio consiste en hacer un reconocimiento del paisaje y determinar cuáles serían los mejores usos posibles de los mismos. El común denominador de los diferentes enfoques para el estudio de los paisajes ha sido el identificar y caracterizar sus diversos tipos, con el fin de conocer la manera en la que los factores bióticos y abióticos modelan una determinada porción del espacio terrestre. Se trata de conjuntar la investigación realizada por las ciencias de la tierra con la investigación ecológica, con el objeto de evaluar los atributos del medio ambiente, tales como la geología, los suelos, la vegetación, la hidrología, entre otros; es decir, aquellas ciencias que tienen interés para las actividades humanas.

Para el conocimiento de la superficie terrestre ha sido muy importante el desarrollo de las ciencias de la tierra, en especial la geomorfología; actualmente, ésta parte de una concepción dinámica entre procesos tectónicos creadores y erosivos, con procesos acumulativos niveladores. La incorporación del enfoque geomorfológico en los trabajos de levantamiento de la superficie terrestre ha permitido tener una visión más integral del paisaje y sobre todo, de los patrones espaciales del relieve. Con esta base, ha sido posible una clasificación del paisaje que relaciona las distintas escalas de representación cartográfica con los niveles de aproximación necesarios para el estudio de las unidades básicas del paisaje.

Para el decenio de 1980 surgieron los sistemas automatizados de información conocidos como sistemas de información geográfica (SIG), los cuales son una herramienta poderosa para los estudios de diagnóstico. Los SIG permiten manipular y almacenar gran cantidad de datos, facilitando el análisis, clasificación y evaluación de los atributos de la superficie terrestre con mucha mayor precisión y velocidad.

El surgimiento de los sistemas de información geográfica ha permitido automatizar y georreferenciar un cúmulo de información de diferentes fuentes: mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite e incluso tomas de vídeo; obtención de nuevos mapas e información clasificada de diferentes aspectos del paisaje.

La ventaja de los SIG estriba en la facilidad de manejar distintos tipos de datos en capas de información, lo cual es de gran ayuda para la pla-

neación del suelo y para el desarrollo regional y local de la superficie terrestre.

Por otra parte, en los últimos 10 años el interés de los gobiernos en el medio ambiente se ha incrementado enormemente, de tal manera que la planeación del uso de los recursos naturales ha superado la visión del requerimiento exclusivamente humano, en donde la conservación de los recursos naturales se ha convertido en una necesidad prioritaria. En México, las primeras medidas administrativas de carácter preventivo que se emplearon para proteger el medio ambiente fueron las denominadas evaluaciones de impacto ambiental; sin embargo, la necesidad de poseer lineamientos generales de carácter regional y territorial que sirvieran de marco normativo y complemento de las normas técnicas de contaminación y manejo de recursos bióticos han originado el concepto de ordenamiento ecológico del territorio, el cual se define como el proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional para preservar y restaurar el equilibrio ecológico.

La metodología propuesta para elaborar un proyecto de ordenamiento ecológico del territorio incluye como producto final la elaboración de un mapa, en el cual se especifiquen los usos del suelo, acompañados de una matriz de datos que indique los lineamientos y criterios de regulación para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Los proyectos de ordenamiento ecológico del territorio inician con la recopilación de información existente y reconocimiento aéreo de los principales rasgos del paisaje. El manejo de esta información varía mucho, dependiendo del grado de fineza de los levantamientos, pero en general se trata de un inventario de recursos.

La fase de análisis y diagnóstico es más complicada desde el punto de vista metodológico. El objetivo es evaluar el deterioro del área sujeta a ordenamiento y las capacidades y potencialidades de la misma, así como determinar los factores limitantes.

Los métodos de evaluación pueden ser desde una simple apreciación subjetiva de las condiciones ambientales, hasta la formulación de índices ecológicos más finos.

En el presente trabajo se diseñaron tres tipos de indicadores ecológicos: fragilidad, presión y vulnerabilidad. El primero evalúa el grado de fragilidad del medio ambiente en función de sus características bióticas y abióticas; en el segundo ca-

so se evalúa el grado de presión que sobre el medio ambiente tienen las actividades antropogénicas; el tercero combina ambos indicadores para obtener el grado de vulnerabilidad del medio ambiente para los usos posibles.

## METODOLOGÍA

### Unidades de paisaje

Existen diversos estudios temáticos que describen los elementos que constituyen los ambientes costeros (vegetación, suelo, clima, agua, geomorfología). Estos trabajos han permitido conocer las condiciones naturales de dichos ambientes y han demostrado fragilidad natural de los mismos. La combinación de ambientes frágiles y usos de suelo no adecuados traen consigo problemas de diferente índole.

Esta relación (ambiente-influencia antrópica) se refleja en la dinámica costera, destacando la influencia de los procesos geomorfológicos de cuatro maneras: **a)** contaminación; la descarga de distintas sustancias y sólidos al mar y los ríos presenta un peligro obvio para las áreas costeras. Sin embargo, el papel que juegan las corrientes litorales y el oleaje en el transporte de contaminantes a lo largo de la línea costera no es tan evidente, pero no por eso menos importante; **b)** erosión, la cual se manifiesta en el avance de la línea de costa hacia el continente. La destrucción de los acantilados o costas rocosas se presenta bajo condiciones de fuertes tormentas altamente destructivas. Por su parte, las playas arenosas son extremadamente vulnerables a la erosión bajo condiciones de fuertes tormentas; **c)** depositación costera, ésta tiene repercusiones menos obvias, pero no menos importantes, trae consigo el azolve de puertos y canales, y repercute de forma directa en la economía; **d)** inundaciones, las marinas son el resultado de múltiples factores (topográficos: áreas con drenaje deficiente y ubicadas en zonas deprimidas; climáticos: huracanes, tormentas, marejadas; o tectónico: tsunamis). Dependiendo de la génesis de éstas, su impacto hacia la so-

ciudad tendrá distintas magnitudes.

La presión ejercida sobre los paisajes naturales (costeros) se lleva a acabo mediante proceso de asimilación económica del territorio, por medio de las diferentes modalidades del uso del suelo. Desde el punto de vista natural, estas repercusiones se reflejan de tres maneras: inundación, erosión e intrusiones salinas. En el primer caso, las marismas son reemplazadas por lagunas costeras; la erosión resulta en la destrucción de tierras en la margen litoral y el consecuente retroceso de la línea de costa y, finalmente, con el efecto de la cuña salina (intrusión) las modificaciones son severas al nivel de suelos y en la estructura de vegetación de pantano, cambiando hacia un ambiente costero de mayor influencia marina (marismas), desplazando al ámbito costero continental de ambiente mixto.

El estudio del paisaje se fundamenta en la identificación de una serie de parámetros (geomorfología, geología, suelos, uso del suelo y vegetación), distinguiendo sus componentes, elementos o características principales. El conjunto de estos parámetros permite identificar unidades del paisaje bien diferenciadas.

Para la identificación y diferenciación de las unidades del paisaje comprendidas en el área de estudio, el método utilizado sigue una secuencia inductiva, partiendo de unidades temáticas para



Figura 2

llegar a una síntesis geográfica.

La secuencia metodológica para definir las unidades del paisaje consiste primero en identificar sectores o zonas que figuran en cada mapa temático (geomorfología, geología, edafología, uso del suelo y vegetación), para obtener unidades correlacionables entre sí. La segunda parte consiste en la sobreposición cartográfica de los mapas de componentes: mapas temáticos reformados, destacando propiedades que permiten conocer las limitantes naturales (salinización, inundación, pedregosidad, inclinación del terreno y erosión), así como la susceptibilidad del territorio a cierto tipo de procesos (inundaciones, erosión del suelo, retroceso de costa, entre otros), de esta forma se obtienen sectores o zonas fisiográficas. Por último, se concretan los atributos o características más relevantes dentro de cada zona (diagnóstico); este último proceso pertenece a la correlación y síntesis entre atributos sectoriales.

Para lo anterior se contó con la siguiente información:

- Interpretación y síntesis de mapas temáticos a diferentes escalas unidades geomorfológicas (1:50 000); geología (1:50 000 y 1: 250 000); edafología (1:50 000), uso del suelo y vegetación (1:50 000 y 1:250 000).
- Interpretación de fotografías aéreas a escala 1:75 000 de distintos años (1984, 1992, 1996 y 1997); interpretación de imágenes de satélite a escala 1:250 000 de 1990 del área en estudio.

El análisis temático y correlación de atributos permitió delimitar las unidades del paisaje. Éstas se constituyen por una serie de parámetros, los cuales aparecen en el cuadro-1.

En una primera parte, las unidades del paisaje se diferencian por su ubicación en una región geomorfológica específica (tierras altas, de transición y tierras bajas), así como por su ambiente y morfología (elevaciones, elevaciones aisladas, pie de monte, llanura fluvial, llanura costera, llanura deltaica, estuarios, marismas, barras costeras e islas de barrera). En estrecha relación con las unidades del relieve, cada unidad presenta elementos fisicogeográficos particulares (geología, suelo, uso de suelo y vegetación). Las propiedades internas de cada elemento nos permiten definir limitantes naturales (salinidad, inundación, pedregosidad, inclinación del terreno, erosión).

La relación existente entre las características geomorfológicas (morfología, ambiente y dinámica) y las propiedades internas de cada elemento fisicogeográfico permiten realizar un diagnóstico cualitativo del grado de alteración y limitantes naturales existentes de las unidades del paisaje, las cuales se presentan en cuatro niveles:

- Unidades sin alteraciones antrópicas importantes. Sin uso aparente, tierras vírgenes o heredadas de la historia natural o escasamente perturbadas, donde no hay prácticamente una asimilación económica. Se muestran los limitantes naturales.
- Unidades con limitantes naturales bajas para el uso del suelo especificado. Territorios modificados por actividades de subsistencia (principalmente agrícola y pecuario) pueden presentar alguna de las limitantes naturales.
- Unidades con limitantes naturales moderadas para el uso del suelo especificado. Son territorios donde se presentan uno o dos de los limitantes naturales, así como por su ubicación en áreas vulnerables a procesos morfodinámicos específicos (inundaciones, erosión por inclinación del terreno, avance de dunas costeras, retroceso de costa, entre otros).
- Unidades con limitantes naturales altas para el uso del suelo especificado. La transformación del paisaje natural es evidente. Se presentan dos o más limitantes naturales para el uso del suelo especificado; son territorios vulnerables a procesos morfodinámicos específicos.

El procedimiento utilizado para la identificación y delimitación en el SIG de las unidades de paisaje que resultaron distintivas en sus procesos naturales (fisicobiológicos) y en su dinámica productiva y social fue el siguiente:

1. Mapa base con los siguientes rasgos del territorio: principales cuerpos de agua (ríos y lagunas), ciudades y localidades por municipio, vías de acceso (carreteras, tercerías, caminos, entre otros).
2. Mapa de unidades geomorfoedafológicas que resume los procesos físicos del territorio y las principales limitantes físicas para el uso al que se destinan. Este mapa contiene la delimitación de las unidades territoriales: tierras al-

Cuadro-1 Elementos constitutivos de las Unidades de Paisaje

Región	Ambiente y	Elementos físico – geográficos			diagnóstico de las
geomorfológica (unidades territoriales)	Morfología (unidades del relieve)	geología (litología y materiales)	suelos (tipo y características)	uso del suelo y vegetación	unidades del paisaje
<b>I TIERRAS ALTAS</b>	Elevaciones	<i>Roca</i>	TIPO}	-Agricultura	Unidades sin alteraciones antrópicas importantes
	Elevaciones aisladas	Ignea Sedimentaria Residuales Metamórficas	Acrisol Andosol Cambisol Feozem Ferrisol Fluvisol Gleysol	Agricultura de temporal Agricultura de riego Pecuario Pastizal natural Pastizal inducido	
	Pie de monte				
<b>II TIERRAS DE TRANSICIÓN</b>	Llanura fluvial o aluvial	<i>Materiales o depósitos Aluviales</i>	Histosol Litosol Luvisol Regosol Solonchac Vertisol Xerosol Yermosol	Pastizal cultivado Forestal Bosque Selva alta	Unidades con límites naturales bajas para el uso del suelo especificado
<b>III TIERRAS BAJAS</b>	Llanura deltaica	Palustres	LIMITANTES  Salinidad Inundación Pedregosidad Inclinación del terreno Erosión	Selva media Selva baja Asociaciones Palmar Manglar Popal Halofitas Dunas costeras Erosión eólica Erosión hídrica Eriales Dunas costeras y playas Desiertos arenosos Salinas Escorias Antrópico no diferenciado No diferenciado	Unidades con límites naturales moderadas y altas para el uso del suelo especificado
	Estuarios				
	Marismas	Litorales			
	Barras costeras				
	Islas de barrera	Lacustres			
	Llanura costera				

tas, de transición y bajas, dentro de las cuales se distinguen las unidades de relieve que las conforman (elevaciones, pie de monte, llanura deltaica, llanura costera, llanura fluvial, entre otros) y los elementos del relieve que las caracterizan, como: pantanos, llanuras deltaicas de dominio fluvial o de marea, llanuras de inundación lacustre, marismas bajas, playas, dunas, canales de marea, isletas, entre otros. Además, cada elemento del relieve está caracterizado por los principales procesos que los conforman; por ejemplo, las llanuras de inundación lacustre se caracteri-

zan por presentar suelos arcillosos con drenaje interno deficiente, por lo que mantienen su perfil saturado con agua; pueden presentar riesgo a inundación y problemas de salinidad, entre otros. De esta forma, se consideró a los elementos del relieve y sus condiciones intrínsecas como la base de análisis espacial.

- Mapa de unidades productivas, en donde se distinguen los diferentes aprovechamientos a los que está sujeta la zona de ordenamiento ecológico: agricultura de riego, de temporal, ganadería intensiva (pastizal cultivado), pastizal inducido, ganadería extensiva (uso pe-

cuario utilizando la vegetación existente), salinas, granjas camaronícolas, otros.

4. Mapa de uso actual del suelo y vegetación, el cual define los tipos de vegetación presentes en el área de ordenamiento y su distribución espacial (cobertura).

A continuación se explica el procedimiento que se aplicó y en la figura-3 se esquematizan los pasos secuenciales que se siguieron para la determinación de las unidades ambientales en el área de ordenamiento:

Se efectuó la sobreposición cartográfica del plano base con el mapa de unidades geomorfoedafológicas, teniendo como resultado la ubicación espacial de las principales localidades y centros de población, así como las principales vías de comunicación, dentro del marco fisiográfico de la región.

De este plano resultante se procedió a la sobreposición con el mapa de actividades productivas, en donde utilizando como unidad indivisible los elementos del relieve se distinguieran sus principales usos. Esto permite inferir el aprovechamiento al que está sujeto una unidad y si se presenta alguna limitante para ello. Finalmente, este plano resultante se sobrepuso con el de vegetación, en donde quedaron definidas las unidades geomorfoedafológicas que presentan algún tipo de vegetación y su cobertura.

El mapa de regionalización ambiental del área de ordenamiento permite contar con unidades que se distinguen en el terreno por sus características físicas y biológicas, así como los principales usos a los que están sometidas. La ubicación de las localidades principales permite su correlación con el índice de marginación que se obtuvo a lo largo del presente trabajo.

Para presentación de este plano se elaboró una ficha de caracterización de las unidades ambientales en la cual se consigna la siguiente información: superficie, región geomorfoedafológica (unidades territoriales), unidad de relieve, elementos del relieve, geología (litología), tipo de suelo y sus principales limitantes fisicoquímicas, uso actual del suelo y vegetación, principales limitantes al uso especificado, principales localidades y vías de comunicación y principales problemas ambientales (erosión, contaminación, entre otros).

### **Unidades de Gestión Ambiental**

Considerando que el mapa de regionalización ambiental ya cuenta con los elementos necesarios que distinguen de manera diferencial al territorio en estudio, la determinación de las unidades de gestión ambiental se ocupó de agregar o particionar éstas, tomando como criterio rector el manejo y los límites de jurisdicción ecológico-político-administrativa para distinguir los niveles de competencia que tendrán los programas y proyectos que se deriven.

En virtud de ello se utilizó la siguiente información:

#### **Límites de áreas naturales protegidas.**

Zonas de conservación sugeridas por el presente trabajo o por otra iniciativa. Para definir áreas de conservación se reclasificó el mapa de vegetación por su grado de conservación (áreas conservadas, semiconservadas, semialteradas y alteradas) en función de la estructura poblacional que tienen las comunidades vegetales y el grado de alteración antrópica.

#### **Límites de Distritos de riego, Distritos de temporal tecnificado y Distritos de Desarrollo Rural.**

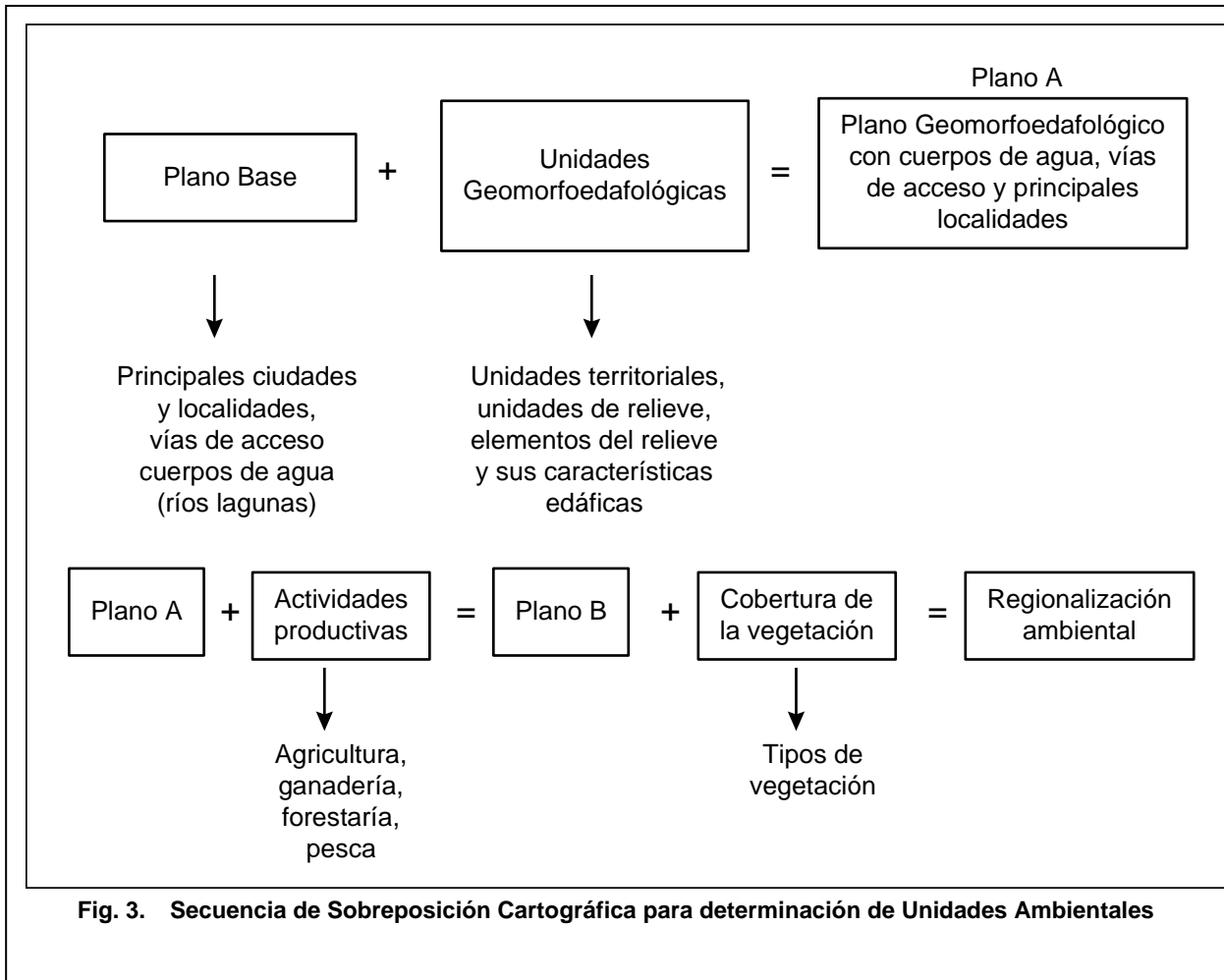
#### **Límites municipales.**

El procedimiento a seguir fue el siguiente:

Reclasificación del mapa de vegetación por grado de conservación, en donde se distinguen áreas conservadas, semiconservadas, semialteradas y alteradas. De este mapa se unieron polígonos que tuvieran propiedades iguales, conformando una sola. Por ejemplo, la zona de barras puede presentar comunidades de halófilas y vegetación de dunas que se sabe llegarían a compartir especies y ambas comunidades se encuentran bien conservadas, se procede a unir estas dos unidades ambientales en una sola UGA. Éste es el mismo caso de las selvas bajas caducifolias y espinosa.

La vegetación acuática, los manglares, la selva mediana, entre otros, que se sabe que no comparten especies con otros tipos de comunidad se mantuvieron como una unidad de gestión ambiental, cuya poligonal será igual a la unidad ambiental definida.

En este mismo nivel de análisis se contó con los límites de áreas naturales protegidas, previamente decretadas para su protección, los cuales pueden unir a más de una unidad ambiental, defi-



niendo según el caso una sola poligonal o redefiniendo varias a su interior en caso de contar con unidades ya establecidas dentro del plan de manejo de dicha zona.

Por su parte y para distinguir propiamente las zonas productivas, se procedió a redefinir unidades que, dedicadas a un mismo uso, pertenecen a una estructura administrativa distinta. Por ejemplo, podemos encontrar una extensa zona agrícola, pero parte de ésta pertenece a un Distrito de Riego o de temporal tecnificado, se establecerán polígonos distintos a partir de estos límites.

En el caso de los Distritos de Desarrollo Rural (tierras dedicadas exclusivamente a temporal o pequeñas unidades de riego) se reconocieron los límites municipales, ya que es la base administrativa de los mismos. Esto es importante considerarlo que cualquier política de manejo, como es el establecimiento del patrón de cultivos, conservación de suelo y agua, programas de fertilización y

control de plagas se acuerda y se supervisa en estas instancias administrativas.

En cuanto a los cuerpos de agua, todos ellos con actividades pesqueras de variado contexto, se respetó el límite del cuerpo lagunar, aunque existan problemas diferenciales hacia el interior, ya que los registros oficiales reportan todos los datos relativos a su aprovechamiento con base en cuerpos lagunares. Si los registros oficiales aglutinan más de un cuerpo lagunar para consolidar la información, se procedió a tener los mismos límites que éstos.

Los límites municipales fueron tomados en consideración sólo en casos en donde las políticas de manejo requieran la convergencia de más de un municipio, por lo que en el área se redefinieron unidades de gestión ambiental que distinga a qué municipio corresponden las unidades resultantes.

Finalmente, se establecieron UGAS que, independientemente de su uso, presenten una problemática distintiva, tal es el caso de zonas donde exista evidencia de tiraderos clandestinos de residuos peligrosos, áreas erosionadas sin actividad productiva, entre otras, donde requieran de políticas explícitas de restauración

En la figura 4 se esquematiza la ruta crítica aplicada para la definición de unidades de gestión ambiental.

**Construcción del Modelo de Ordenamiento Ecológico Costero**

La finalidad de la regionalización del área de Ordenamiento Ecológico es precisamente construir un modelo de uso del suelo que revierta las tendencias del deterioro ambiental y asignar aquellos de acuerdo con las capacidades agroecológicas del suelo y de acuerdo a los objetivos estratégicos de desarrollo regional que se hayan establecido. El procedimiento fue el siguiente:

- Identificación de indicadores ecológicos (fragilidad presión y vulnerabilidad) por

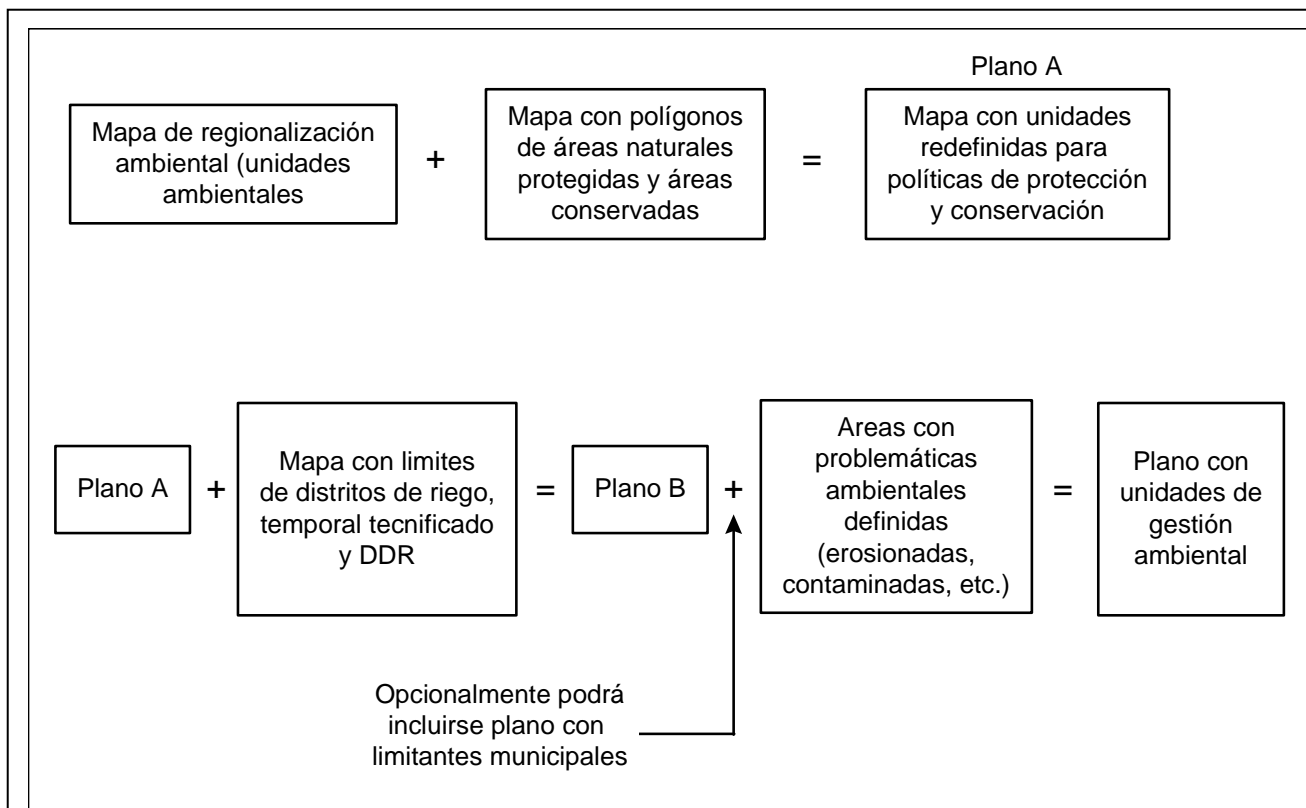
cada unidad de gestión.

- Con base en estos indicadores, asignar una política ecológica para los usos del suelo (aprovechamiento, conservación y restauración).
- Con base en los indicadores ecológicos de las UGAS, las políticas ecológicas establecidas y los objetivos estratégicos regionales, se asignaron los usos del suelo más adecuados.

**Indicadores ecológicos de fragilidad, presión y vulnerabilidad**

La identificación de las políticas ecológicas y los usos del suelo partió del análisis de las condiciones ambientales y sociales de las Unidades de Gestión identificadas previamente. Para ello, se utilizaron indicadores de tipo ambiental y social conocidos como fragilidad, presión y vulnerabilidad. A continuación se definen cada uno de estos indicadores:

**Fragilidad.** Mide la calidad de los recursos natu-



**Fig. 4** Secuencia de sobreposición cartográfica para la determinación de unidades de gestión

rales considerando geomorfología, geología, tipo de suelo, régimen hídrico, cobertura vegetal y uso del suelo. Se identificaron cinco clases de fragilidad de acuerdo con la calidad del recurso.

**Muy baja.** La fragilidad es mínima, el balance morfoedafológico es favorable para la formación de suelo. Las condiciones ambientales permiten actividades productivas debido a que no representan riesgos para el ecosistema. La vegetación primaria está transformada.

**Baja.** La fragilidad continúa siendo mínima pero con algunos riesgos. El balance morfoedafológico es favorable para la formación de suelo. Las actividades productivas son posibles, no representan riesgos fuertes para la estabilidad del ecosistema. La vegetación primaria está transformada.

**Media.** La fragilidad está en equilibrio. Presenta un estado de penestabilidad (equilibrio entre la morfogénesis y la pedogénesis). Las actividades productivas deben de considerar los riesgos de erosión latentes. La vegetación primaria esta semitransformada.

**Alta.** La fragilidad es inestable. Presenta un estado de desequilibrio hacia la morfogénesis con detrimento de la formación de suelo. Las actividades productivas acentúan el riesgo de erosión. La vegetación primaria esta semi-conservada.

**Muy alta.** La fragilidad es muy inestable. Puede haber erosión fuerte y cambios acentuados en las condiciones ambientales si se desmonta la cobertura vegetal. Las actividades productivas representan fuertes riesgos de pérdida de calidad de los recursos. La vegetación primaria está conservada.

**Presión.** Mide la intensidad de las actividades productivas y antropogénicas sobre los recursos naturales considerando la densidad de población, la especialización productiva y el cambio en la cobertura vegetal. Se identificaron cinco clases de presión de acuerdo con la intensidad de uso del suelo.

**Muy baja.** Se trata de áreas con cobertura vegetal conservada, sin actividades antrópicas y sin asentamientos humanos en la vecindad.

**Baja.** Se trata de áreas con cobertura vegetal en buen estado, con actividades antrópicas de extracción y asentamientos humanos menores a 50 habitantes.

**Media.** Áreas con cobertura vegetal semitransformada, actividades antrópicas extensivas y asentamientos humanos entre 50 y 200 habitantes.

**Alta.** Áreas con cobertura vegetal transformada, actividades antrópicas intensivas y localidades entre 200 y 2,000 habitantes.

**Muy alta.** Áreas con cobertura vegetal transformada, actividades antrópicas muy intensas, incluyen actividades industriales y asentamientos humanos mayores a 2,000 habitantes.

**Vulnerabilidad.** Mide la disponibilidad de los recursos naturales en función de la fragilidad medioambiental y la presión antrópica. Se identificaron cinco clases de vulnerabilidad:

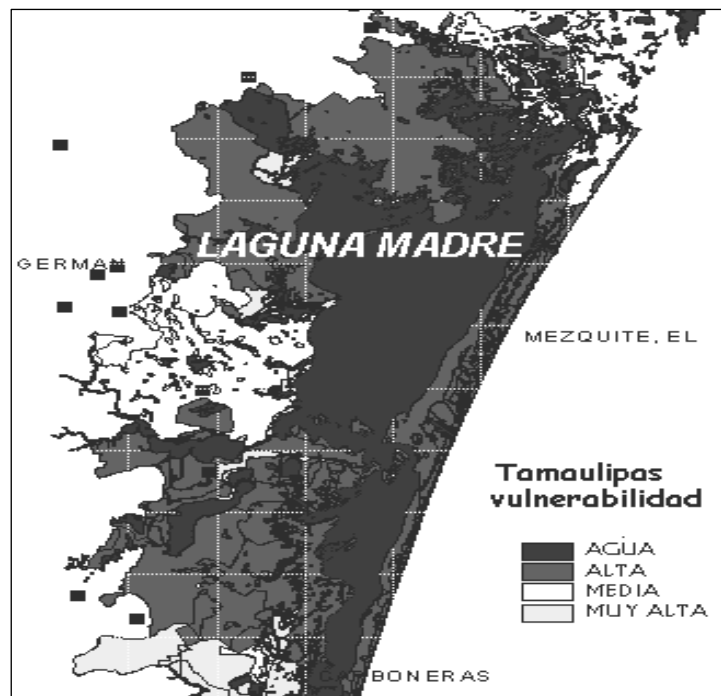


Figura 5. Vulnerabilidad

*Muy baja.* Áreas con fragilidad muy baja y presión de muy baja a baja. Se trata de zonas muy estables, con cobertura vegetal conservada y semiconservada. Actividades antrópicas apenas aparentes.

*Baja.* Áreas con fragilidad de muy baja a baja, pero con presiones de entre baja y media. Se trata de zonas estables con cobertura vegetal semi-transformada. Actividades antrópicas de carácter extensivo

*Media.* Áreas con fragilidades bajas pero con presiones altas o áreas con fragilidades medias con presiones medias a altas. Se trata de zonas entre estables e inestables, pero con asentamientos humanos entre 50 y 2,000 hab. La cobertura vegetal está transformada.

*Alta.* Áreas con fragilidades altas con presiones entre muy bajas a altas o con fragilidad muy alta pero con presión de muy baja a media. Se trata de áreas inestables con gran actividad antrópica con asentamientos humanos hasta de 2,000 hab.

*Muy alta.* Áreas con fragilidad y presión de altas a muy altas, es decir, se trata de zonas muy inestables con presencia muy fuerte de actividades antropogénicas y asentamientos humanos mayores a 2,000 hab.

#### ***Criterios para la determinación de los indicadores de fragilidad***

El cuadro 2 muestra los criterios adoptados para identificar los grados de fragilidad de cada una de las variables ambientales que caracterizan las unidades ambientales.

#### ***Criterios para la determinación de los indicadores de presión***

El cuadro 3 muestra los criterios adoptados para identificar los grados de presión de cada una de las variables socioeconómicas elegidas que caracterizan las unidades de paisaje.

#### ***Criterios para la determinación de la vulnerabilidad***

El cuadro 4 nos muestra la combinación de los indicadores de fragilidad y de presión que se realizaron para obtener los indicadores de vulnerabilidad.

## **POLÍTICAS ECOLÓGICAS**

Definiciones:

**Aprovechamiento.** Política ambiental que promueve la permanencia del uso actual del suelo y/o permite su cambio en la totalidad de unidad de gestión ambiental (UGA) donde se aplica. En esta política siempre se trata de mantener por un periodo indefinido la función y las capacidades de carga de los ecosistemas que contiene la UGA.

**Restauración.** Política que promueve la aplicación de programas y actividades encaminadas a recuperar o minimizar, con o sin cambios en el uso del suelo, las afectaciones producidas por procesos de degradación en los ecosistemas incluidos dentro de la UGA. En esta política se tratan de restablecer las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales en la UGA para posteriormente asignarla a otra política ambiental.

**Conservación.** Política ambiental que promueve la permanencia de ecosistemas nativos y su utilización, sin que esto último implique cambios masivos en el uso del suelo en la UGA donde se aplique. En esta política se trata de mantener la forma y función de los ecosistemas y al mismo tiempo utilizar los recursos existentes en la UGA.

**Protección.** Política ambiental que promueve la El cuadro 5 muestra las combinaciones efec-

**Cuadro-2. Fragilidad**

Componente	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Geomorfología	Colinas elevaciones aisladas.	Llanura fluvial.	Pie de monte, pantanos, llanura costera.	Causes, esteros, lagunas, canales, terrazas.	Barras, dunas, islas, playa, marismas, llanura deltaica.
Litología	Rocas ígneas y sedimentarias.	Rocas residuales.	Combinación de rocas residuales y depósitos litorales.	Depósitos litorales.	Depósitos aluviales, palustres y lacustres.
Inundabilidad	Áreas con buen drenaje y sin riesgo.	Áreas con buen drenaje y sin riesgo.	Llanuras fluvial, llanura costera, terrazas.	Causes, esteros, lagunas, canales.	Barras, dunas, islas, playa, marismas, llanura deltaica planicie de inundación.
Suelos	Acrisoles	Feozem, vertisol	Cambisol, regosol luvisol.	Litosol, fluvisol.	Gleysol, solonchak
Vegetación	Áreas desprovistas de vegetación, salineras, asentamientos humanos.	Áreas agrícolas y pastizales.	Vegetación secundaria.	Selvas bajas y medianas perturbadas.	Selvas bajas y medianas, manglares, vegetación de dunas, vegetación acuática y halófila.

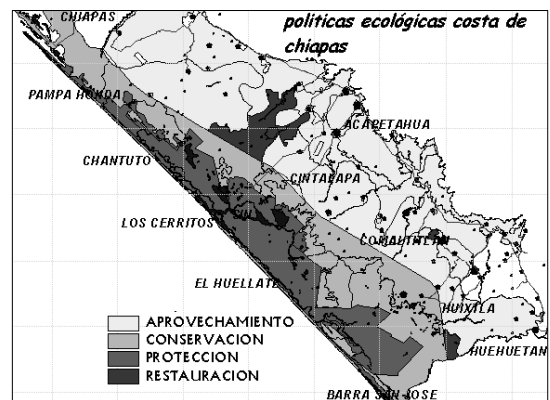
**Cuadro-3. Presión**

Componentes	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Cobertura vegetal	Natural con vegetación primaria en buen estado de conservación..	Natural con vegetación primaria transformada en buen estado de conservación.	Vegetación secundaria en buen estado de conservación.	Cobertura vegetal sustituida por agricultura y ganadería o acuicultura.	Zona industrial y urbana.
Calidad de agua	s/contaminantes.	contaminación baja	Contaminación moderada	Contaminación alta.	Contaminación alta.
Erosión	s/e	s/e	Erosión incipiente.	Erosión moderada.	Erosión severa.
Asentamientos humanos	s/ah	<50 hab	<50 hab- <a 200 hab	>200-<2000 hab	>2000 hab

permanencia de ecosistemas nativos que por sus atributos de biodiversidad, extensión o particularidad merezcan ser incluidos en sistemas de áreas naturales protegidas en el ámbito federal, estatal o municipal. La utilización de los recursos naturales está sujeta a la normativa definida en el Programa de Manejo que sea definido por la administración del área protegida.

**Crterios para la Asignación de políticas ecológicas a partir de los indicadores**

Con estas definiciones de las diferentes políticas ecológicas, se procedió a identificar las condiciones ambientales y socioeconómicas más adecuadas para definir el tipo de política a seguir en cada Unidad de Gestión.



**Figura 6**

tuadas con los indicadores ambientales por tipo de política ecológica:

Como puede observarse, la política de aprovechamiento depende fundamentalmente del tipo de fragilidad del medio, sin importar el grado de presión. Incluye las fragilidades más bajas de la escala, es decir, de muy bajas a medianas (colinas, lomeríos, pie de monte, llanura fluvial y costeras con mínimo riesgo de inundación y con cobertura vegetal transformada en áreas agropecuarias). Las vulnerabilidades, en consecuencia van de muy bajas a medianas.

Con respecto a la política de conservación, en general la presión está en la escala de muy baja a mediana y la fragilidad siempre es de mediana a alta. Se trata de áreas muy inestables (esteros, marismas cauces, lagunas, islas) con vegetación primaria en buen estado de conservación (vegetación halófila y acuática) con poca presión antropogénica. Las vulnerabilidades son altas.

Por lo que se refiere a la política de protección, tenemos los valores más altos en la escala de fragilidad; se trata de áreas muy inestables con vegetación de manglar y de selvas bien conservadas. La presión suele ser mínima y la vulnerabilidad es alta.

La política de restauración, por el contrario, agrupa aquellas condiciones de presión alta y muy alta con fragilidades altas y muy altas. Se trata de zonas de gran concentración productiva y habitacional cercanas a la costa y enclavadas en marismas, playas, barras costeras, entre otros. La vulnerabilidad siempre es muy alta.

### Usos del suelo

Se identificaron once usos del suelo y a continuación se mencionan:

**Cuadro 4 Tabla de Vulnerabilidad**

fragilidad	presión	vulnerabilidad
fragilidad muy baja 1	presión muy baja 1	vulnerabilidad muy baja 1
	presión baja 2	vulnerabilidad muy baja 1
	presión media 3	vulnerabilidad baja 2
	presión alta 4	vulnerabilidad baja 2
	presión muy alta 5	vulnerabilidad media 3
fragilidad baja 2	presión muy baja 1	vulnerabilidad muy baja 1
	presión baja 2	vulnerabilidad baja 2
	presión media 3	vulnerabilidad baja 2
	presión alta 4	vulnerabilidad baja 2
	presión muy alta 5	vulnerabilidad media 3
fragilidad media 3	presión muy baja 1	vulnerabilidad baja 2
	presión baja 2	vulnerabilidad baja 2
	presión media 3	vulnerabilidad media 3
	presión alta 4	vulnerabilidad media 3
	presión muy alta 5	vulnerabilidad media 3
fragilidad alta 4	presión muy baja 1	vulnerabilidad alta 4
	presión 2	vulnerabilidad alta 4
	presión media 3	vulnerabilidad alta 4
	presión alta 4	vulnerabilidad alta 4
	presión muy alta 5	vulnerabilidad muy alta 5
fragilidad muy alta 5	presión muy baja 1	vulnerabilidad alta 4
	presión baja 2	vulnerabilidad alta 4
	presión media 3	vulnerabilidad alta 4
	presión alta 4	vulnerabilidad muy alta 5
	presión muy alta 5	vulnerabilidad muy alta 5

**Agrícola (Ag).** Incluye la agricultura de temporal, de humedad y de riego, ya sea de cultivos anuales, semiperennes o perennes. El uso de tecnología incluye tracción animal o mecanizada, uso de agroquímicos y de semillas mejoradas.

**Pecuario (Pe).** Incluye la ganadería intensiva y extensiva con las variantes de manejo de agostaderos típicas de esta actividad.

**Forestal no maderable (Fnm).** Incluye la explotación de especies útiles en unidades de producción agropecuarias. Se trata de plantaciones de productos forestales no maderables en sistemas

Cuadro 5 políticas ambientales

Fragilidad	Presión	vulnerabilidad	políticas
1	1	1	aprovechamiento
1	2	1	aprovechamiento
2	1	1	aprovechamiento
1	3	2	aprovechamiento
1	4	2	aprovechamiento
2	2	2	aprovechamiento
2	3	2	aprovechamiento
2	4	2	aprovechamiento
1	5	3	aprovechamiento
2	5	3	aprovechamiento
3	3	3	aprovechamiento
3	4	3	aprovechamiento
3	5	3	aprovechamiento
3	1	2	conservación
3	2	2	conservación
4	1	4	conservación
4	2	4	conservación
4	3	4	conservación
4	4	4	conservación
5	1	4	protección
5	2	4	protección
4	5	5	restauración
5	3	4	restauración
5	4	5	restauración
5	5	5	restauración

extensivos o intensivos con especies localmente útiles o especies de alto valor comercial.

**Acuícola (Ac).** Incluye el cultivo de especies acuáticas o terrestres relacionadas con el aprovechamiento de los cuerpos de agua. Puede ser de tipo extensiva o intensiva, ya sea en granjas con estanquería construida ex profeso o con cierto manejo de los cuerpos lagunares (encierros controlados, jaulas flotantes, entre otros).

**Turismo (Tu).** Incluye actividades de turismo comercial, ecoturismo y turismo local.

**Flora y fauna (Fyf).** Incluye las actividades de caza, pesca deportiva, unidades de manejo ambiental (UMA's), de investigación y en general de aprovechamiento de flora y fauna silvestres.

**Asentamientos humanos (Ah).** Incluye las áreas urbanas y reservas territoriales para el desarrollo urbano.

**Pesca (Pe).** Incluye las actividades de captura de especies piscícolas, incluidas la captura de larva silvestre de camarón en cuerpos de agua y lagunas costeras.

**Espacio natural (En).** Incluye actividades de conservación y protección de recursos naturales en áreas que deberán estar sujetas a régimen especial de protección en cualesquiera de sus modalidades de áreas naturales protegidas. Las actividades permitidas en estas áreas son de investigación exclusivamente.

**Industria (In).** Se trata de áreas estratégicas para el desarrollo industrial. Las actividades permitidas en éstas son las de desarrollo de parques industriales, zonas de desarrollo portuarias y zonas habitacionales.

#### **Crterios de asignación de usos del suelo en función de la vulnerabilidad de la unidad de gestión ambiental**

Una vez que se ha determinado la política ecológica en función de los indicadores de fragilidad, presión y vulnerabilidad de cada unidad de gestión ambiental y definidos los usos del suelo posibles en el AOE, se realizó una abstracción acerca de las posibilidades y limitaciones de cada UGA para sostener un determinado uso del suelo, respaldada por una serie de reglas de decisión, por lo que el siguiente paso en la conformación del modelo de ordenamiento ecológico, es confrontar esas limitaciones y posibilidades con las opciones disponibles para asignar un uso del suelo predominante, compatible y condicionado.

Antes de proceder a señalar las reglas de decisión para la asignación de usos. Es conveniente definir que entendemos por usos predominantes, compatibles y condicionados.

#### **DEFINICIÓN DE LAS POLÍTICAS DE USO DEL SUELO**

##### **Uso predominante**

Uso del suelo o actividad actual establecida con mayor grado de ocupación de la unidad territorial, cuyo desarrollo es congruente con las características y diagnóstico ambiental (aptitud territorial) y

**Cuadro-6. Usos del suelo**

políticas	aprovechamiento			conservación			protección			restauración		
	pred	comp.	cond	pred.	comp.	cond	pred.	comp	cond.	pred	comp.	cond
agrícola	x	x				x						x
pecuario	x	x				x						x
f.no maderable				x	x					x	x	
acuícola			x			x						x
turismo	x	x				x			x			
flora y fauna				x	x				x			
a. humanos	x	x				x						x
pesca	x	x		x	x				x	x	x	
espacio natural							x					
industrial			x			x						x

que se quiere incentivar en función de las metas estratégicas regionales.

### Uso compatible

Uso del suelo o actividad actual que puede desarrollarse simultáneamente espacial y temporalmente con el uso predominante que no requiere regulaciones estrictas especiales por las condiciones y diagnóstico ambiental.

### Uso condicionado

Uso del suelo o actividad actual que se encuentra desarrollándose en apoyo a los usos predominantes y compatibles, pero que por sus características requiere de regulaciones estrictas especiales que eviten un deterioro al ecosistema.

### Criterios de asignación

La asignación de los usos posibles (agrícola, pecuario, forestal no maderable, espacio natural, flora y fauna, urbano, turístico, industrial y pesca) y del tipo de uso (predominante, compatible y condicionado) a una UGA está sujeta a una serie de reglas de decisión expresadas en las tablas que se presentan en el cuadro 6.

Como se desprende del cuadro, para la política de aprovechamiento los usos agrícola, pecuario, turístico, urbano y pesquero, pueden asignarse como predominantes o compatibles, según sea la estrategia que particularmente se quiera seguir en nivel regional. Los otros usos posibles; acuícola e industrial, se consideran como usos condi-

cionados en virtud de que su explotación podría causar modificaciones importantes al entorno ambiental (derivación de cauces de agua, desechos orgánicos, residuos peligrosos, entre otros).

En el caso de la política de conservación, pueden asignarse como usos predominantes los siguientes: forestal no maderable, flora y fauna y pesca. Ello, en virtud de que su aprovechamiento iría de acuerdo con la aptitud del uso del suelo identificada en esta política. Los otros usos posibles; agrícola, pecuario, acuícola, turístico, urbano e industrial, tendrían que considerarse como condicionados, toda vez que las áreas sometidas a esta política presentan vulnerabilidades medias y altas, lo que obligaría a condicionar su manejo con el fin de evitar posibles impactos negativos en el ecosistema.

En el caso de la política de protección, sólo se identificó como uso predominante el de espacio natural, toda vez que por las condiciones particulares de estas áreas (fragilidades muy altas), no es posible fomentar actividades productivas, excepto aquéllas de muy bajo impacto, como sería flora y fauna, pesca artesanal e incluso el ecoturismo, las cuales tendrían que condicionar su uso.

Por último, la política de restauración considera como usos predominantes el forestal no maderable y el de pesca. En el primer caso, porque estaría implícito un cambio en el uso del suelo actual hacia un aprovechamiento de menor impacto ambiental, como sería el uso forestal no maderable; en el segundo, porque gran parte de las zonas de restauración (fragilidades altas y presiones altas) corresponden a cuerpos lagunares en donde se practica la pesca. Los demás usos posibles para

esta política serían: agricultura, ganadería, acuicultura, asentamientos humanos e industria, todos ellos sujetos a condicionantes estrictas que tendrían que especificarse en manifestaciones de impacto ambiental.

## RESULTADOS

Las siguientes tablas muestran los resultados obtenidos por política ecológica y usos predominantes del suelo para cada región y el total de todas las regiones.

Como puede observarse, el área total de ordenamiento es de 3.5 millones de hectáreas, de las cuales 29% presenta una política de restauración, lo que quiere decir que un poco más de 1 millón de ha están sometidas a uso inadecuado del suelo con algún grado de deterioro, por lo que es necesario establecer programas específicos de restauración. La región que tiene mayor área sujeta a restauración es la de Oaxaca, con 42.8% de su zona costera; le sigue Nayarit, con 39.2%; Sinaloa, 37.0%; Tamaulipas, 30.9%; Campeche, 27.7%, y Chiapas, con 8.5%. En contraste, las áreas aún conservadas que presentan una política de protección suman 835 mil hectáreas (29.5% del área total), siendo la región de Campeche la que conserva la mayor superficie relativa con 42% de su territorio. Le sigue en importancia Nayarit, con 22.7%; Chiapas, con 13.5%; Tamaulipas; 10.7% ,y el resto presenta superficies menores a 10%, en donde la región más crítica es Oaxaca, con 4.45 de su superficie.

Por otra parte, en cuanto a usos predominantes del suelo, cabe destacar las áreas propuestas para uso acuícola, las cuales suman un total de 329 mil ha. La región con mayor superficie relativa apta para esta actividad es la de Nayarit, con 25.7% de su superficie; le sigue Sinaloa, con 25.2%; el resto de las regiones presentan superficies relativamente limitadas para el desarrollo de esta actividad. En cuanto a la pesca, se obtuvieron 542 mil ha de superficie con espejo de agua, siendo la región de Tamaulipas la que presenta la mayor superficie relativa, con 30.9%; le sigue Campeche, con 16.4%; Sinaloa, con 10.5%; Nayarit, con 9.4%, y Oaxaca y Chiapas con menos de 3%.

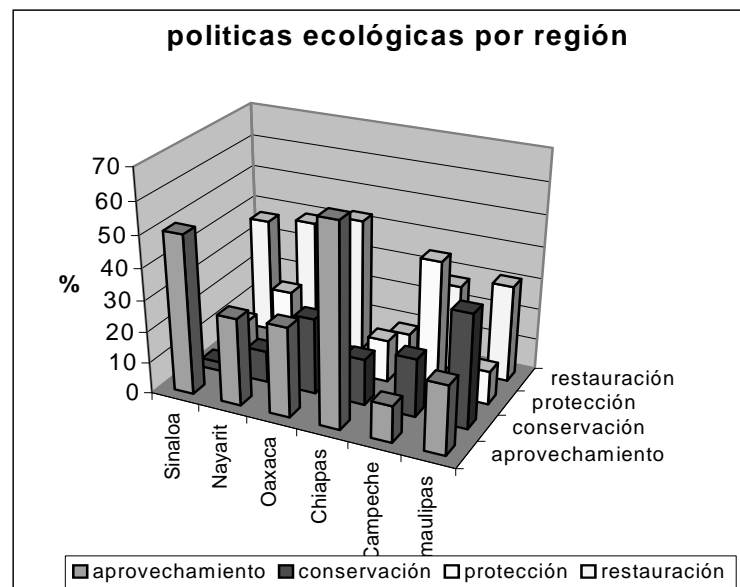
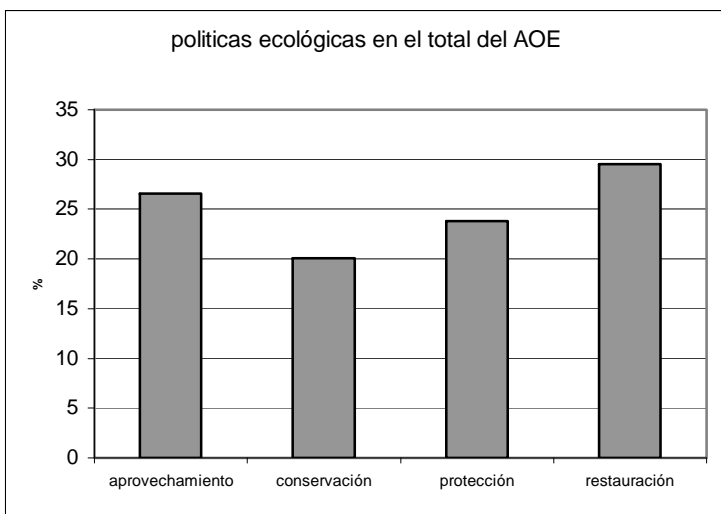
Estos resultados nos dan una imagen de las condiciones que presentan las regiones y de las acciones que habrá que tomar en el corto plazo para lograr un uso sustentable de los recursos naturales. Estas acciones se deberán reflejar en programas concretos de apoyo y fomento de actividades productivas en zonas adecuadas, y de restricciones de uso del suelo en zonas no adecuadas para el uso actual. Para ello, se deben consensar entre los diversos actores regionales los usos del suelo más adecuados, en función de las políticas y características ecológicas presentes, y los criterios ecológicos específicos para cada uso recomendado.

Para el caso de la acuicultura, estos estudios permitirán conocer de antemano, las áreas en las cuales no se deberá permitir la instalación de nuevas granjas acuícolas y viceversa, nos permitirá ubicar aquellos terrenos en los cuales se podrían realizar este tipo de proyectos, a reserva de realizar estudios específicos de impacto ambiental para conocer las “capacidades de carga” que soportarían los sistemas lagunares.



**Cuadro-7. Políticas ecológicas (ha)**

Políticas	totales	%	Sinaloa	%	Nayarit	%	Oaxaca	%	Chiapas	%	Campeche	%	Tamaulipas	%
Aprovechamiento	932,924.1	26.6	151,238.5	50.6	116,644.4	27.9	77,616.6	28.7	262,785.2	63.2	156,934.4	11.7	167,705.1	22.1
Conservación	703,185.6	20.1	8,795.0	2.9	42,530.8	10.2	65,573.5	24.2	61,724.2	14.8	249,924.4	18.6	274,637.8	36.2
Protección	835,244.1	23.8	28,204.1	9.4	95,043.5	22.7	11,792.9	4.4	55,985.6	13.5	562,826.7	42.0	81,391.3	10.7
Restauración	1,032,375.4	29.5	110,753.3	37.0	164,081.2	39.2	115,905.0	42.8	35,288.4	8.5	371,705.8	27.7	234,641.7	30.9
Suma	3,503,729.2	100.0	298,990.8	100.0	418,300.0	100.0	270,887.9	100.0	415,783.3	100.0	1,341,391.2	100.0	758,375.9	100.0



---

# AVANCES EN LA PROPUESTA DE ELABORACION DE UNA CARTA ACUÍCOLA PARA EL ESTADO DE MICHOACÁN

---

*Hidrobiól. Jorge Galindo Villegas*

*Investigador del Centro Regional de Investigación Pesquera-Pátzcuaro, Mich., del Instituto Nacional de la Pesca*

## RESUMEN

**A**nalizando el crecimiento demográfico mundial para los últimos 100 años, encontramos que éste se ha visto incrementado de manera exponencial, llegando hoy día a 6,000 millones de habitantes en el planeta, representando una tendencia nada alentadora para el próximo milenio.

Bajo este marco, se deduce que las fuentes de proteína animal se verán drásticamente reducidas, ya que el abasto será insuficiente y los productos provenientes de las actividades agropecuarias pasarán a ser artículos de lujo debido a su bajo índice de conversión energética, por lo que el principal abasto de proteína animal tendrá que ser obtenido a partir de los productos acuáticos, a su vez, las pesquerías en el ámbito mundial se encuentran en un punto donde el colapso es cercano, motivo por el cual la producción por acuicultura tendrá que verse ampliamente incrementada para subsidiar esta demanda.

En México se busca una explotación sustentable de los productos acuáticos cultivados; las herramientas existentes en materia acuícola para la planificación y la toma de decisiones, se basan en factores espaciales (mapas) y no espaciales (atributos), aislados.

Debido a lo anterior, este trabajo pretende incorporar la mayor parte de esta información bajo una sola herramienta informática referida a coordenadas universales en un SIG y a bases de datos disponibles desde el mismo sistema.

En este documento se presenta una propuesta metodológica y su aplicación con un estudio de caso para el estado de Michoacán, el cual presenta diez especies bajo cultivo y es el estado con

mayor producción en aguas epicontinentales, 20,000 toneladas por año.

## INTRODUCCIÓN

La población mundial está creciendo en la actualidad (1990) a una tasa cercana a los 100 millones de personas por año. Mientras que en el pasado la producción de alimentos aumentaba a un ritmo suficiente para cubrir la creciente demanda, ahora eso ya no se consigue, y en los últimos años han disminuido las existencias alimentarias, a la vez que se ha acrecentado el número de personas desnutridas; por ejemplo, la producción de cereales por persona mermó en 51 países en desarrollo entre 1981 y 1988, mientras que el total de personas que sufren mal nutrición pasó de 460 a 512 millones (Sadik, 1990). Ante la perspectiva de que para el año 2025 la población mundial se habrá cuadruplicado con respecto a 1950, y luego se duplicará con creces antes de estabilizarse, probablemente dentro de 10 o 12 decenios, y dado que las tierras agrícolas disponibles ya están explotadas en exceso, será necesario concentrar los esfuerzos en conseguir un aumento constante de los rendimientos alimentarios por hectárea. Gran parte de este aumento deberá ser en forma de proteína. Actualmente, la producción de proteínas cárnicas es, en casi todas las regiones, una estrategia derrochadora de energía: la relación de conversión de las proteínas de pienso en carne es del orden de 20% (Cox y Atkins, 1979).

En esta hipótesis, la carne de producción tradicional se convertirá en artículo de lujo, y habrá que recurrir cada vez más a otras formas de proteínas animales, que en gran medida deberán proceder del pescado. Puesto que hay pocos indicios de que se puedan expandir los rendimientos de las

capturas de pescado no cultivado, cabe prever que la producción basada en la cría de peces o técnicas acuícolas crecerá rápidamente.

Dado que las formas intensivas de acuicultura que utilizan piensos de alto contenido protéico también derrochan energía, es de suponer que la producción de especies herbívoras con insumos de bajo contenido energético en aguas templadas también crecerán a ritmo acelerado. Esta estrategia se promoverá con toda seguridad, ya que, además de producir mayores cantidades de proteínas alimentarias en zonas que indudablemente las necesitarán, puede crear una base de empleo floreciente y variada, elevar los ingresos locales y brindar un producto capaz de generar ingresos de exportación (FAO, 1987).

La trascendencia de mantener una correspondencia entre los usos de la tierra y las necesidades de producción de alimentos en general ha sido ampliamente documentada, y en los últimos tiempos muchos autores han mencionado la importancia de que ciertos lugares se destinen específicamente a la acuicultura, entre otros, Weber (1972), New (1975), Corrie (1979), McAnuff (1979), Henderson (1985), FAO (1989a), FAO (1989c) y Petterson (1989). Sin embargo, en la práctica es poco lo que se hace para asegurar un "espacio" a la producción íctica. Así que desde el punto de vista de esta producción, la selección de lugares, o las decisiones sobre su emplazamiento, son importantes inicialmente para asegurar la disponibilidad efectiva de lugares de producción o de sitios desde los cuales se pueda operar. Las perspectivas de conseguir esos lugares varían mucho, según los derechos sobre la tierra y el agua, las normas de planificación del aprovechamiento de la tierra, las posibilidades de compra o arriendo, entre otros. Luego el productor de peces se preocupará de obtener lugares en que los parámetros ambientales se puedan mejorar, preferentemente en zonas en que la contaminación esté controlada o exista una legislación cualitativa sobre el medio ambiente.

Es importante conseguir lugares que ofrezcan viabilidad económica. Éstos se hallarán, por ejemplo, en las zonas que permitan alcanzar rendimientos sostenibles óptimos o que al menos posean potencial razonablemente bueno para una producción rentable. Además, es preciso reservar lugares para el futuro, con objeto de mantener y mejorar los rendimientos alimentarios y ayudar a diversificar el empleo.

Los recursos naturales con los que cuenta un país constituyen una base significativa para su desarrollo económico, social y cultural. La utilidad práctica de los recursos en la vida de una nación es evidente, ya que las actividades básicas del hombre están íntimamente relacionadas con el lugar en el que vive e incluso su pensamiento resulta conformado en gran medida por el medio ambiente que lo rodea. De aquí que surja la necesidad de desarrollar políticas adecuadas para poder administrar, aprovechar y preservar acertadamente los recursos; para ello, es necesario estudiarlos y evaluarlos, pues la buena planeación de un país sólo se logra cuando se cuenta con información suficiente, confiable y oportuna.

Una alternativa que ofrece un respaldo tecnológico para apoyar las decisiones de carácter integral y multidisciplinario son los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Éstos representan un conjunto de procedimientos, programas y equipos de ordenación que permiten la captura, procesamiento y transformación de información espacial (mapas, fotografía aérea e imágenes de satélite) y no espaciales (atributos) que proceden de diversas fuentes de registro y que representan variaciones en el tiempo y en el espacio. Estos sistemas permiten identificar, cuantificar y analizar fenómenos y procesos que se presentan en la naturaleza que permiten obtener una visión integral para la toma de decisiones.

De esta manera, la necesidad de conocer, cuantificar y manejar racionalmente los recursos naturales ofrece una excelente oportunidad de incorporar, mediante el uso de sistemas de información geográfica, decisiones compatibles, eficientes e integrales que aseguren un equilibrio entre la producción y el equilibrio mismo de los sistemas naturales.

## **OBJETIVO**

Facilitar y estandarizar la elaboración de las cartas temáticas referentes a la actividad acuícola en el país; ampliar el universo de instrumentos de consulta en la materia y hacerla accesible a todo tipo de usuario.

Digitalizar la información, facilitar la selección de sitios para desarrollar la actividad, mediante la implementación de SIG, promover el uso de los SIG en materia acuícola y evaluar oportunidades para la acuicultura.

## JUSTIFICACIÓN

De los diversos ambientes de producción tierra/agua en el estado de Michoacán, las variadas presiones a las que están sometidas y la consiguiente urgencia de la selección de sitios, se desprenden claramente que las decisiones definitivas sobre el emplazamiento de la producción entrañan un proceso extremadamente complejo; así, para poder tomar cualquier tipo de decisión sobre los sitios, es necesario disponer de una herramienta metodológica adecuada para manejar la vasta gama de datos potencialmente pertinentes.

## ÁREA DE ESTUDIO

La ubicación del estado de Michoacán abarca gran diversidad de ambientes, ya que se localiza tanto en la Plataforma Central Mexicana como en la vertiente del Pacífico, y su extensión geográfica se encuentra comprendida entre las siguientes coordenadas: Al norte 20° 24'; al sur 17° 55' de latitud norte; al este 100° 04'; al oeste 103° 44' de longitud oeste.

Cuenta con 113 municipios y una superficie total de 58,200 km<sup>2</sup>; el estado de Michoacán de Ocampo representa 3.0% de la superficie total del país y cuenta con una superficie de aguas que alcanza las 160,753 hectáreas, tanto en aguas continentales como estuarinas.

Colinda al norte con Jalisco; Guanajuato y Querétaro de Arteaga; Estado de México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico y al oeste con el Océano Pacífico; Colima y Jalisco. (INEGI, INEGI, 1995 –DGG, 1991).

### *Especies acuáticas susceptibles de cultivo en el estado*

- Acumara *Algansea lacustris*
- Bagre *Ictalurus spp.*
- Carpa *Cyprinus, Ctenopharingodon*, entre otras.
- Charal *Chirostoma spp.*
- Lobina negra *Mycropterus salmoides*
- Langostino *Macrobrachium spp.*
- Pez Blanco *Chirostoma spp.*
- Rana *Rana spp.*
- Tilapia *Oreochromis, Tilapia spp.*
- Trucha *Oncorhynchus mikiis*
- Acociles *Cambarellus, Procambarus spp.*
- Salamandras *Ambystoma spp.*

## DEFINICIÓN

¿Qué es una carta?, la representación mediante el uso de símbolos de una parte o la totalidad de la superficie de la Tierra, sobre un plano, generalmente una hoja de papel. (INEGI, 1997).

El material cartográfico desempeña un papel cada vez más importante en los estudios que se hacen sobre la naturaleza y cada día son también más numerosos y diversos los temas a los que se les da un tratamiento cartográfico, ya que los mapas se expresan en un lenguaje universal. Por tanto, constituyen una fuente de ilustración y enriquecimiento permanente; una vez que se ha aprendido a utilizarlos representan un recurso valioso para comprender mejor el mundo en que vivimos.

La carta acuícola es un mapa temático, contenido dentro de la cartografía referente a los recursos naturales, ya que está destinado a una materia específica la distribución y abundancia en producción, por estado, de los recursos acuáticos producto del cultivo; asimismo, los aspectos topográficos se reducen al mínimo, únicamente con el ánimo de sustentar los límites del contenido.

## METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN

Una carta acuícola se elabora mediante la interpretación e integración de una serie de materiales, cartas y documentos. Esta información se complementa, además, con estudios y muestreos de campo.

La primera etapa es la llamada de **recopilación de información básica**, en la cual se obtienen todos aquellos datos necesarios para la elaboración de la carta acuícola, dentro de esta información recabada se encuentra la que genera el mismo CRIP y también se incorporan los provenientes de otras instituciones, INP, DGA, CNA, INIFAP, INEGI, CETENAL, entre otros.

A continuación viene la etapa de **integración de la información**, en la cual se estudian los diferentes documentos, para obtenerla de manera preliminar y algunos mapas de apoyo como son, entre otros, de regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas, de áreas inundadas y erosión, de suelos sódicos y salinos como aproximación principal; secundariamente y debido a la escala, se manejan también los de distritos de riego y la condición de los acuíferos.

Cuando ya se cuenta con una interpretación preliminar, empieza la etapa de **inspección pre-**

**liminar**, la cual tiene por objeto efectuar un primer contacto con el terreno y verificar, además, el grado de confiabilidad y utilidad que puede tener la bibliografía previamente recabada; esto ayuda a normar los criterios generales que habrán de seguirse para una interpretación y análisis más profundos.

El siguiente paso es la etapa de **interpretación acuícola**, en la cual son tomados en cuenta los criterios previamente establecidos, y se procede a la interpretación de cartas, mapas, documentos, e imágenes de satélite, de donde se tomarán los rasgos de interés para el análisis acuícola; éstos son, entre otros, la elevación, geológicos, zonas de contención de aguas.

En la **verificación de campo** es posible aclarar las dudas que existan con respecto a la interpretación, confrontándola con los datos de campo. En este proceso se pone especial énfasis en reconocer las características físicas del sitio particular a analizar.

En la etapa de **reinterpretación** se corrige la interpretación inicial con base en los estudios efectuados en el campo; se cuenta además con una serie de recursos como son los análisis físico-químicos del agua y los datos puntuales obtenidos en ríos y manantiales; de esta manera, se obtienen los documentos finales que constituyen la base para las cartas acuícolas.

La última etapa es la **transferencia de información**, en la cual los documentos mencionados son vaciados a los originales; la información se vierte en el SIG mediante la digitalización de la información espacial, la información no espacial se maneja en bases de datos generadas en una hoja de cálculo e incorporados en el SIG, posteriormente se podrán someter a diferentes fases de edición e impresión.

## CONCLUSIÓN

Pese a que la acuicultura es una de las industrias de producción de alimentos de crecimiento más rápido, éste se encuentra lleno de muchas quiebras, que han contribuido a crear la imagen de que la acuicultura es una empresa arriesgada. Para reducir el margen de fracaso es indispensable una cuidadosa planificación que se base en datos suficientes y exactos que utilice métodos y recursos acordes con las propias posibilidades y que éstos sean fáciles de manejar. Tradicionalmente, la determinación de los recursos de tierras para

las actividades primarias ha dependido de la evaluación visual de mapas “artesanales”. Un objetivo de este estudio fue mostrar que el SIG constituye ahora un método racional y fácil de utilizar, especialmente si lo enfocamos al rápido avance en la disponibilidad de software y hardware.

El estudio propone una metodología fácil y sencilla para la elaboración de cartas acuícolas bajo un SIG que sirva como instrumento para la planificación y el desarrollo de la acuicultura, en una primera instancia se plantea para el estado de Michoacán, con miras de ampliarse a un nivel nacional, ya que al unificar el método la información sería fácilmente generada por cada estado y posteriormente podría ser ingresada en un documento maestro.

Los criterios para la ubicación de estanques, jaulas o cualquier tipo de unidad de producción se establecieron con base en infraestructura, calidad de agua, formas de aprovechamiento de la tierra, precipitaciones y suelos, principalmente. Los datos relativos a cada uno de los criterios se obtienen de varias fuentes. Los que se introdujeron, manipularon y analizaron utilizando el SIG Carta Links, disponible de forma comercial.

La acuicultura es una actividad productiva compleja. Por tanto, la gama de funciones de producción que interviene en ellas es amplia y muy variable dentro de una misma zona, de una región a otra, entre los distintos sistemas de producción para las diferentes especies que se producen.

La importancia de las distintas funciones de producción es variable. Aunque hay algunas que son universalmente importantes, no es posible establecer el peso relativo de cada una de ellas, ya que ésta varía no sólo objetivamente, o sea según el tipo de unidades de producción, el tipo de sistemas, entre otras, sino también subjetivamente, en el sentido de que algunos piscicultores estarán en mejores condiciones que otros para superar las dificultades o problemas que se presenten.

Para analizar las funciones de producción que provocan variaciones en la eficiencia de la producción íctica de una zona a otra es necesario examinar una serie de factores generales. En primer lugar, no siempre es posible diferenciar perfectamente una función de la otra. En segundo, algunas funciones de producción pueden subdividirse en categorías más restringidas.

En tercer lugar, si examinamos las variaciones espaciales de las funciones de producción a escalas muy distintas, pueden predominar funciones

diferentes. En cuarto lugar, a menudo sucede que la disposición espacial de una determinada función de producción se modifica, a veces de forma significativa, en correspondencia con los límites internos o nacionales.

Esto se aplica en especial a las funciones económicas, se ha investigado poco el alcance del precio económico que se puede pagar por una mala elección del lugar, aunque recientemente se ha demostrado (Muir y Kapetsky, 1988) que si la combinación de funciones de producción no es óptima, se paga efectivamente un precio financiero. El nivel de esa penalización varía de una empresa a otra, por lo que es difícil aplicar modelos generalizados de combinación de funciones de producción a los lugares existentes.

Aunque son muchas las funciones de producción que intervienen en distinto grado, en la acuicultura, sólo podremos examinar en detalle algunas de las principales y, muy brevemente, algunas de las secundarias. Para cada función principal procuraremos analizar las formas en que puede regular la producción acuícola, que son:

- Causas de su variabilidad.
- Grado de manipulación posible.
- Grado de variabilidad a grande y pequeña escala.
- Consideraciones relacionadas con el espacio que deberían hacer los futuros empresarios, los planificadores o los administradores pesqueros.

## BIBLIOGRAFÍA

- Corrie, J. 1979.** Fish farming in Europe. European conservative Group. Londres Inglaterra.
- Cox, G.W. y Atkins, M.D. 1979.** Agricultural ecology -An analysis of world food production systems. W.H. freeman and Co., San Francisco E.U.
- FAO. 1987.** Thematic evaluation of acuaculture. FAO, Roma. 85 p.
- FAO. 1989a.** Planning for aquaculture development. Informe de una consulta de expertos celebrada en Policoro, Italia. ADCP/REP/89 /33. FAO, Roma Italia
- FAO. 1989c.** F.A.O. Sefarming resources atlas-asia; RAS/86/024. FAO, Roma. Italia.
- Henderson, H.F. 1985.** "Acuicultura y desarrollo", en selección de documentos de trabajos presentados en la undécima sesión del Comité Asesor de Expertos sobre Investigaciones de los recursos Marinos. FAO, Informe de Pesca núm. 338 Suplemento, 3-16.
- INEGI, 1999.** ¿Cómo se organiza una mapoteca? 2a. Ed. México: INEGI, 1997. 62 p.
- Meaden, G.J. y Kapetsky, J.M. 1992.** Los sistemas de información geográfica y la telepercepción en la pesca continental y la acuicultura. FAO, 318, Roma Italia.
- McAnuff, J.W. 1979.** "Towards a Strategy for fish farming in U.K." en Food Policy; Vol. 4, núm. 3, p. 178-193.
- Muir, J.P. y Kapetsky, J.M. 1988.** "Site selection decisions and project cost: The case of brackish water pond systems" en aquaculture engineering: technologies for the future. Institute of Chemical Engineers, Rugby, UK.
- New, M.D. 1975.** "The selection of sites for aquaculture" Documento presentado en la sexta reunión anual de la Sociedad Mundial de Maricultura. Seattle, US.
- Petterson, L.H. 1989.** Application of Remote Sensing to Fisheries, Vol. 1; Final Proyect Report, Comisión de las Comunidades Europeas-Centro Común de Investigaciones, Bergen, Noruega.
- Sadik, N. 1990.** The satate of World Population. Fondo de población de las Naciones Unidas. Nueva York, EU.
- Weber, H.H. 1972.** "The design of an Aquaculture Enterprise", en Proceedings of the Gulf of Caribbean Fisheries Institute; Vol. 24, pags. 117-125.





---

# INTRODUCCIÓN DE ESPECIES Y REPOBLACIÓN EN AGUAS CONTINENTALES DE MEXICO

---

*Dr. Porfirio Álvarez Torres, Biól. César Díaz Luna y  
Biól. Gloria Verónica Ríos Lara*

*Dirección General de Investigación en Acuicultura  
Instituto Nacional de la Pesca*

## INTRODUCCIÓN

La superficie cubierta por los embalses de México tanto naturales como artificiales es de aproximadamente 1,500,000 ha. Su tipología está dada por el clima, relieve, hidrología, tipo de suelo y características del agua, lo que ha permitido el desarrollo de diferentes especies dulceacuícolas tanto nativas como introducidas (Orbe *et al.*, 1999).

Aunque ninguno de estos cuerpos de agua está dedicado prioritaria y exclusivamente a la acuicultura o a las actividades de producción derivadas de esta biotecnia, en todos ellos habitan especies susceptibles de ser aprovechadas. En las pesquerías acuiculturales están representadas 30 especies, entre las que dominan las tilapias, carpas, trucha, lobina negra y bagre, que son especies introducidas, y los charales y langostinos, que son especies nativas.

Las pesquerías derivadas de la acuicultura y las de aguas continentales son expresiones que en México se aplican a la actividad acuícola que se lleva a cabo de manera extensiva en aguas dulces y que muchas veces depende de las crías producidas en los centros acuícolas. La relevancia de la acuicultura en embalses (aguas continentales o epicontinentales), radica en el hecho de que representa la opción productiva de menor costo para proveer amplios volúmenes de captura al mercado interno y también tiene gran importancia para las poblaciones locales, ya que constituye un recurso alimenticio complementario.

En nuestro país la acuicultura se desarrolla por medio de la siembra de crías, en grandes y pequeños embalses, y con programas de acuicultura rural y comercial. El repoblamiento se realiza en 20 grandes embalses mayores a 10,000 ha y en 95 embalses con superficie comprendida entre 1,000 y 10,000 ha, distribuidos en gran parte del territorio nacional. Las técnicas de captura utilizadas son artesanales y generalmente de bajo rendimiento.

Las capturas provenientes de aguas interiores han tenido un crecimiento exponencial y actualmente se estima que los embalses producen aproximadamente 80% del total de la producción acuícola. Además, la construcción de grandes presas (mayores de 10,000 ha) continúa y puede esperarse una nueva etapa de expansión, aunque se advierten serias dudas para mantener niveles elevados como rendimientos sostenidos en el largo plazo (Álvarez, 1997).

En la actualidad la producción de la acuicultura de repoblación ha venido disminuyendo. Hasta 1994 ésta fue de alrededor de 125,000 ton alcanzándose un máximo de 133,716 ton en 1990. A partir de 1995 se ha observado un decremento en las capturas, siendo 1998 el año de más baja producción con 102,486 ton (cuadro-1).

Un factor importante en esta disminución en la producción es el desequilibrio ecológico de las cuencas hidrológicas en general, particularmente en los ríos Lerma-Santiago, Pànucos y las cuencas endorreicas de los lagos de Michoacán, originadas por la contaminación industrial, doméstica y agropecuaria y también por la deforestación manifiesta de las partes altas de las mismas.

**Cuadro-1. Producción pesquera nacional de acuicultura en peso vivo (toneladas), por año y por especie**

Especie/Año	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>Bagre</b>	2,947	3,820	3,452	4,219	4,665	2,607	2,710	3,282	2,816	2,474
<b>Carpa</b>	22,504	27,818	28,353	28,393	25,173	18,848	25,882	29,537	24,848	24,671
<b>Charal</b>	7,898	8,955	7,816	7,498	7,516	2,665	2,398	1,281	1,330	878
<b>Lobina</b>	1,414	1,819	1,615	1,311	1,407	1,470	962	782	1,006	686
<b>Tilapia</b>	73,766	83,788	75,093	76,964	80,638	75,541	76,128	79,154	83,132	70,505
<b>Trucha</b>	840	2,010	1,865	1,854	3,353	1,966	2,659	2,706	1,512	1,612
<b>Otras</b>	12,639	5,506	9,382	8,053	9,121	21,675	482	1,378	1,153	1,660
<b>TOTAL</b>	122,008	<b>133,716</b>	127,576	128,292	131,873	124,772	111,221	118,120	115,797	<b>102,486</b>

Fuente: Anuario Estadístico de Pesca 1989 - 1998.

## REPOBLACIÓN DE EMBALSES

La repoblación es generalmente considerada como una forma de acuicultura, en donde crías de peces (reproducidas en cautiverio y llevadas a un determinado crecimiento en forma artificial) son liberadas ya sea en ambientes naturales o artificiales. Se puede hacer en cuerpos de agua temporales o permanentes y en los grandes reservorios hechos por el hombre, ofreciendo gran potencial para incrementar la producción en aguas continentales. Este proceso se lleva a cabo continuamente y en forma repetitiva.

La repoblación puede ser una intervención benéfica en cualquier cuerpo de agua, en donde se asume que se conoce cuál es el potencial productivo que excede el potencial actual, proporcionando un beneficio a las pesquerías existentes o desarrollando una nueva. Esto puede ser una opción, en donde uno o más factores limitan el reclutamiento hacia la pesquería, como por ejemplo la sobrepesca o la falta de áreas apropiadas para la reproducción por destrucción de hábitat en zonas de reproducción o en el caso de los cuerpos de agua que se secan año con año.

Aunque muchos de esos cuerpos de agua pueden ser parcialmente repoblados con peces silvestres, las repoblaciones planificadas son las que abastecen el recurso principalmente y además permiten utilizar las especies requeridas para mejorar la producción de una pesquería.

### Ventajas de la Repoblación

Las ventajas de una promoción apropiada de una pesquería basada en la repoblación varían de

acuerdo con las circunstancias locales. Algunas ventajas de mejorar las pesquerías con base en la repoblación son:

1. Incremento de la producción mediante sistemas de bajo impacto, en donde la producción primaria se maximiza y la producción también se incrementa.
2. Uso, en general, de especies que están en la parte más baja de la cadena trófica, tal como organismos que se alimentan de plancton o de subplancton, lo cual ayuda a maximizar o aumentar la eficiencia biológica y la producción.
3. El aprovechamiento de la explotación de un recurso en esta forma de capturas o en pesquerías resulta en mayor participación del sector social.
4. Los beneficiarios son por lo general grupos de personas con bajos ingresos o pobres en recursos.
5. Mejor uso de los recursos acuáticos existentes.
6. No se han llevado a cabo disturbios medioambientales o de contaminación, excepto en el caso de aquellos temas relacionados con el uso de especies exóticas o de líneas de especies, como ya se ha mencionado anteriormente.
7. Se requieren lineamientos y una administración o un manejo limitado. Una vez que se han liberado estas poblaciones, no se requiere de un método para llevar a cabo el crecimiento.

8. Situación sociocultural más apropiada, especialmente en aquellas áreas en donde los sistemas de cultivo están poco desarrollados. En muchos lugares la acuicultura sufre de situaciones socioculturales en donde la actividad incluye conceptos importados. Sin embargo, la pesca puede ser una actividad aceptable y, en tal circunstancia, la producción por acuicultura puede ser una medida por medio de la cual los grupos de usuarios hagan un uso más efectivo de la acuicultura basada en el mejoramiento de la producción mediante la repoblación.
9. La combinación de estas actividades resulta en una contribución mucho mayor hacia la captura en forma directa y mejora de la dieta de aquellas comunidades de bajos ingresos, por lo cual se considera como un tema inmediato de relevancia sobre la seguridad alimentaria.

A veces se hacen notar las ventajas del desarrollo más intensificado de las formas de acuicultura, pero esto es un asunto de menor relevancia o la tendrá cuando las pesquerías derivadas de la acuicultura lleguen a sufrir de sobreexplotación. En realidad, mejorar las capturas de estas pesquerías mediante la potenciación de las poblaciones es una forma más apropiada que beneficia no sólo a la acuicultura sino también a la agricultura y viceversa.

### **Marco Teórico y Requerimientos para llevar a cabo la Repoblación**

La preparación y priorización de programas de potenciamiento de las pesquerías mediante la repoblación requiere de dos formas amplias de información requerida en el campo: **a)** inventario de los cuerpos de agua, de la fauna y de la flora, y **b)** estudio de los niveles actuales de aprovechamiento de estos lugares.

La información requerida sobre los potenciales productivos es una evaluación compleja basada en una serie de factores que en conjunto controlan los aspectos de la fijación de la energía y las vías de transferencia de ésta.

De importancia primaria es el régimen climático (especialmente las temperaturas estacionales); los regímenes de agua (variaciones incluyendo las entradas y salidas de agua y los niveles); la estructura física de cualquier cuerpo de

agua (área, forma, desarrollo de la línea costera y perfil de profundidad); características químicas del agua y algunos otros efectos estacionales. Finalmente, la estructura de la comunidad biológica soportada por el cuerpo de agua, especialmente las poblaciones de peces y comunidades de animales que viven de él. Además, es necesario entender los patrones de comportamiento de las comunidades humanas que utilizan o aprovechan los recursos en cuestión.

Desde una perspectiva a largo plazo considerar los impactos y cambios fuera del cuerpo de agua, tales como el uso del suelo, los patrones climáticos o los cambios administrativos, las políticas de administración o las prioridades.

Existe la necesidad de producir modelos de trabajo sobre las consecuencias biológicas y ecológicas relacionadas con la introducción de especies para la repoblación en ecosistemas, con el fin de conocer el beneficio potencial, los riesgos y acciones sobre el manejo o administración en este sentido.

En donde la repoblación es planificada y tienen éxito, puede ocurrir que se tenga una ventaja considerable en cuanto a que tiene que ser una actividad de costo más efectiva. Esto es en general la primera herramienta de administración o una opción de ésta, en donde la potenciación de las actividades se considera como apropiada y pudiera ser la mejor opción de los países con infraestructura limitada y con capacidades de granjas de cultivo limitadas.

A pesar de la incertidumbre, es posible determinar que el potencial de producción alcanzable mediante las actividades de repoblación es sustancial. Si estas técnicas son utilizadas en forma apropiada el éxito será cada vez más claro, siempre y cuando las regiones en donde los cuerpos y tipos de agua se encuentren en sus primeras etapas de repoblación. En aquellas áreas en las cuales la repoblación es vigorosamente practicada, no se conocen los puntos de referencia límites para incrementar la producción o cuál es el incremento productivo que ya se ha alcanzado.

Los pequeños cuerpos de agua son numerosos y dispersos. Repoblarlos ayuda a abastecer directamente de peces a las comunidades locales para el beneficio de la seguridad alimentaria en una forma más localizada. Muchos de estos embalses se han secado y, en otros, el uso para el que fueron creados o construidos originalmente se ha terminado.

Si las líneas de administración en donde los embalses son disponibles, los individuos y comunidades que los controlan pueden llegar a utilizarlos en la producción, debido a que ejercen sobre los pequeños cuerpos de agua algo así como una forma de pertenencia, entonces se incrementa el potencial para una intervención eficiente y racional de explotación y aprovechamiento.

Las acciones de administración para los pequeños cuerpos de agua entonces serán aquellas que tiendan a dominar con las introducciones y en el largo plazo las actividades de repoblación serán necesarias para promover entre las comunidades locales. Con gran número de centros o granjas acuícolas satélites abasteciendo las demandas locales de semillas de peces se requerirá de un alto grado de extensión de servicios y entrenamiento entre las comunidades locales.

Ahora bien, con los grandes cuerpos de agua o en donde las pequeñas unidades están más concentradas y son más accesibles, las actividades de repoblación y los servicios de apoyo de las granjas acuícolas estarán más centralizados, serán más intensivos y de mejor costo beneficio.

El asumir que los pequeños cuerpos de agua ofrecen gran potencial sobre los grandes cuerpos de agua no es una situación permanente, mucho de esto dependerá de las circunstancias locales: sin embargo, en cualquier sitio, ya sea pequeño o gran cuerpo de agua, la introducción o repoblación serán consideradas como potencialmente significativas. Una apropiada inversión en ambas áreas podría ser justificada.

No obstante, la distinción entre lo teórico y lo realista del incremento potencial en producción puede alcanzarse mediante una aplicación o mejoramiento de la repoblación, en donde ésta deba hacerse en forma clara. Las estimaciones teóricas están basadas en el tamaño físico y naturaleza de los recursos disponibles y del potencial productivo primario. Asumiendo que la producción se debe maximizar mediante una repoblación eficiente y otras formas de manejo, los recursos explotados deben de entrar en un proceso óptimo y los impactos adversos de la degradación ambiental (incluyendo la contaminación) no deberán aumentar. Las estimaciones realistas considerarán entonces que el potencial teórico a la luz de los problemas socioeconómicos podrá variar considerablemente entre las regiones.

## **POTENCIAL PARA UTILIZAR ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS**

Progreso significativo en la producción mejorada y potenciada de ciertos tipos de acuicultura tiene y nos lleva a hacer la producción usando organismos genéticamente modificados, tal es el caso de aquellas cruza o de líneas e híbridos que son organismos alterados tecnológicamente. Estos desarrollos son primariamente relevantes por las perspectivas que representan para el incremento productivo de otras formas de la acuicultura más intensiva. Hay una intención limitada de aplicar tales técnicas para las actividades de mejoramiento de las poblaciones y esta situación puede ser considerada como una actividad continua en el corto plazo. Éstas son, sin embargo, dos áreas en donde los avances tecnológicos pueden significar un impacto inmediato:

1. Progreso en la capacidad económica de producir grandes masas de peces estériles por medio de la triploidia, lo cual incrementará la forma de desarrollo de la repoblación y circunstancias en donde la reproducción no controlada e indeseable en la vida silvestre es un problema, esto permitirá la posibilidad de que otro tipo de stocks naturales puedan ser administrados de manera más cercana mediante mejores controles en el reclutamiento.
2. El desarrollo de técnicas que económicamente marcan una producción de peces en masa, por ejemplo si se usa técnica de las marcas genéticas se va a lograr que el sector privado se involucre más en las actividades de repoblación, debido a que es posible discriminar las contribuciones de las poblaciones cultivables o en cautiverio, comparadas con aquéllas silvestres, de las cuales se considera una tendencia hacia los derechos de propiedad del recurso.

## **BIODIVERSIDAD EN LAS AGUAS CONTINENTALES DE MÉXICO**

Tomando en cuenta que México es considerado como uno de los países megadiversos y a la vez Centro de Origen, es necesario contar con los mejores mecanismos de control y seguridad que

permitan el desarrollo de la industria de la acuicultura y pesquera en el caso de realizar introducciones de organismos. El establecimiento de éstos puede llevar consigo aspectos de riesgo no calculados, por el escaso conocimiento sobre el comportamiento de las introducciones de organismos y sus efectos sobre las especies nativas y endémicas, así como su aporte real a la producción acuícola de México.

El conocimiento e información sobre el desarrollo y comportamiento de peces u organismos acuáticos introducidos en el medio silvestre indica que éstos pueden producir alteraciones y efectos sobre las poblaciones nativas. Sin embargo, no se cuenta con esquemas de monitoreo e investigación que permitan la predicción sobre su desarrollo y su comportamiento. Por lo que los métodos de evaluación de los posibles riesgos deberán ser creados caso por caso.

Por ello se considera necesario mantener un estricto control y someter a análisis de riesgo cualquier intento de introducción de organismos acuáticos. Particularmente, en torno al uso de recursos acuáticos y su genética en cualquier tipo de actividad acuícola, debiendo mantener ampliamente el criterio del enfoque precautorio establecido en el Código de Conducta para la Pesca Responsable, el cual en su artículo 9 referente al desarrollo de la acuicultura, contiene lo siguiente:

*“Los Estados deberán conservar la diversidad genética y mantener la integridad de las comunidades acuáticas y los ecosistemas con base en una adecuada administración. En particular, se debe mantener un esfuerzo para minimizar los efectos dañinos de la introducción de especies no nativas o de poblaciones modificadas genéticamente usadas en acuicultura, incluyendo las operaciones de pesca derivada de la acuicultura o repoblación de especies, especialmente en aquellos sitios en donde hay situaciones potenciales de diseminar dichos organismos no nativos o poblaciones modificadas genéticamente en las aguas bajo la jurisdicción de otros Estados, así como las de jurisdicción del país de origen. Los Estados deberán, tanto como sea posible, promover acciones para minimizar la adversidad genética, enfermedades y otros efectos sobre los organismos silvestres derivados del escape de organismos de las granjas de cultivo”.*

Asimismo, se tiene conocimiento de la existencia de diversos mecanismos que regulan la in-

roducción de especies tanto para el repoblamiento como su cultivo. Para las especies introducidas la ICES/EIFAC ha elaborado un Código de Prácticas (ICES, 1995 & Turner, 1998), para la protección de especies en EUA existe un manifiesto al respecto (ANSTF, 1994), así como la legislación nacional propia en muchos países que gobierna el uso y transporte de especies fuera de su rango de distribución natural. De igual forma, existen al menos dos bases de datos sobre introducciones internacionales de organismos acuáticos (FishBase, 1996) y otra sobre patógenos de organismos acuáticos (AAPQIS, en preparación FAO), los cuales constituyen fuentes de información que pueden ser consultadas para ayudar a determinar los posibles riesgos derivados de introducciones de organismos acuáticos.

Con base en lo anterior, se considera necesario mantener hasta donde sea posible la integridad de la diversidad de los recursos acuáticos de México, fundamentalmente considerando los siguientes elementos:

- Evitando la entrecruza de organismos.
- Manteniendo la integridad de las poblaciones, no hibridando las diferentes poblaciones, líneas o especies.
- Manteniendo la rectoría y supervisión en la producción de crías en cautiverio mediante los Centros Acuícolas de SEMARNAP.
- Minimizando la transferencia de poblaciones genéticamente modificadas y
- Realizando evaluaciones periódicas de la diversidad genética

### **Enfoque Precautorio en la Introducción de Especies.**

La introducción de especies puede darse mediante dos mecanismos: en forma deliberada o voluntaria (planeada) y en forma involuntaria (agua de sobrecarga).

La introducción de especies (independientemente del mecanismo que se haya utilizado), desde el punto de vista pesquero, es un medio efectivo de aumentar la disponibilidad de alimentos, generar ingresos y crear empleos. Sin embargo, se presentan efectos que pueden ser negativos y ocasionar cambios irreversibles para las pesquerías.

Los cambios que se pueden ocasionar como resultado de la introducción de especies son: en la

distribución y abundancia de los recursos, en la relación depredador-presa, en las formas de competencia y en la mezcla de genes mal adaptados. También se producen modificaciones del hábitat, en la comunidad de pescadores, en el uso de artes de pesca e incluso en las temporadas de pesca, dependiendo de la especie introducida.

Al introducir una especie, ésta no se puede erradicar, pero sí reducir los efectos negativos.

En la introducción de especies es difícil aprobar un planteamiento precautorio dada la alta probabilidad que hay de que los efectos sean irreversibles e imprevisibles. Un enfoque precautorio no permitiría las introducciones deliberadas y se adoptarían medidas rígidas para impedir las introducciones involuntarias. No obstante, se podría proponer la reducción de riesgo de producir efectos negativos en las pesquerías, estableciendo procedimientos correctivos antes de que se produzcan y reducir en lo posible las introducciones involuntarias.

La dificultad de prohibir una introducción y sus efectos negativos debe ocupar un lugar importante en el momento de autorizar o denegar una introducción. La evaluación de los riesgos de las introducciones deliberadas en las pesquerías es condición fundamental para un enfoque precautorio.

## DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Tomando en consideración la información sobre el aprovechamiento de recursos pesqueros, y la introducción y repoblación de especies en los anteproyectos de Norma publicados en el *Diario Oficial de la Federación* sobre diversos embalses: Aguamilpa, Nayarit; Infiernillo, Michoacán; Vicente Guerrero, Tamaulipas; Fernando Hiriart Balderrama "Zimapán", Hidalgo-Querétaro y Luis Donaldo Colosio Murrieta "Huites", Sinaloa, en el presente documento se pretende definir con mayor claridad el significado de ambos términos y se sugiere cuáles de los requisitos deben permanecer o modificarse en las normas de referencia.

**1.** Los instrumentos normativos propuestos deben presentar una definición clara sobre el significado de los términos introducción y repoblación

La introducción de especies se refiere a nuevas especies en nuevos ambientes, mientras que la repoblación se refiere a la siembra de crías de especies ya existentes en el lugar que se va a re-

poblar. Sin embargo, algunas veces se usa el término "introducción" indistintamente, por lo que sería recomendable clarificar en la Norma el contenido de estos términos.

**2.-** Tanto en la introducción de especies como en el repoblamiento el objetivo de ambas acciones es incrementar la producción de algún cuerpo de agua para beneficio de las poblaciones humanas.

Los requerimientos para llevar a cabo una introducción o bien hacer una repoblación deben ser diferentes en algunos aspectos. La introducción de especies nuevas implica una problemática más compleja que la repoblación desde el punto de vista bioecológico (cambios en la distribución y abundancia de los recursos, relación depredador-presa, en las formas de competencia y en la mezcla de genes mal adaptados, modificaciones de hábitat, entre otros) y socioeconómico (cambios en la comunidad de pescadores y en las temporadas de pesca).

**3.-** La propuesta de Norma que establece regulaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros en embalses dice que para introducir especies de flora y fauna acuáticas con fines de acuicultura y repoblación por parte de particulares, sólo podrá ser autorizada por la SEMARNAP, cuando se acredite que las especies a introducir se encuentran libres de parásitos y enfermedades que pudieran dañar especies ya existentes u ocasionar problemas fito o zoonosológicos o de salud pública y menciona los datos que deben proporcionar los interesados.

A continuación se citan cada uno de los requerimientos estipulados en la Norma y en cada párrafo se sugieren los cambios pertinentes y, en su caso, se ratifica la información ya asentada:

I- Nombre científico y común de la especie o especies a introducir:

Este punto debe cumplirse, ya que no es difícil de cubrir dicho requisito y ello evitaría la mezcla de especies no deseada. Debido a que en años recientes ha proliferado gran variedad de organismos híbridos, no se podrá aceptar información sobre nombres vernáculos, sólo la identificación taxonómica científica, ya que estos organismos representan un importante vector de pérdida de la calidad genética y de los propios recursos pesqueros. Un ejemplo reciente está representado por las tilapias, y gran número de acuicultores en México constantemente se refieren al interés existente por

una variedad de tilapia denominada "Rocky Mountain", considerada como de alto rendimiento acuícola; sin embargo, prácticamente nadie conoce su identificación taxonómica precisa, esto debido a que estos organismos son producto de técnicas de hibridación y manipulación genética realizada en otros países.

Por otra parte, la movilización de organismos vivos en el territorio nacional deberá mantener un control más estricto para evitar la propagación de especies poco conocidas y de las cuales se desconoce su efecto sobre las especies locales.

#### II- Procedencia de los ejemplares:

Ligado al punto anterior, todos los interesados en introducir especies en los cuerpos de agua continentales del territorio nacional, de acuerdo a la definición presentada en este documento, es decir, sobre aquellas que aún no existen en un hábitat específico, deberán cumplir sin excepción con este requisito. Pudiendo la Secretaría solicitar mayor información sobre el número de generaciones que anteceden al lote a introducir, y cumpliendo en su caso con las Normas respectivas establecidas sobre cuarentena para prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables NOM-011-PESC-1993.

#### III- Estudio bibliográfico de los antecedentes de parasitosis y enfermedades detectadas en el área de origen de los organismos a introducir:

Este apartado aplica tanto en la introducción como en la repoblación. Aunque no es usual que se hagan estudios referentes a parasitosis y enfermedades, el cumplimiento de este apartado evitaría (en caso de que existiera el problema) la transmisión de parásitos a otros peces existentes en el embalse a repoblar ocasionando una dificultad mayor. En ese sentido, también se debe precisar el cumplimiento de las Normas que establecen los requisitos sanitarios para la introducción de especies al territorio nacional NOM-010-PESC-1993 y la de cuarentena para prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables NOM-011-PESC-1993.

Por otra parte, la acuicultura de repoblación se ha fomentado principalmente en regiones aisladas y las más pobres del país, en las cuales una epidemia por parasitosis resultaría en detrimento de la población humana, cuyo bienestar es el objetivo de la acuicultura de repoblación.

#### IV- Tratándose de especies que no existan en forma natural en aguas nacionales, información sobre el historial genético y/o bibliografía referente a la biología y hábitat de la especie o especies introducir:

Esta información debe ser proporcionada sin ninguna excepción, y se deberá poner especial atención en el caso de que la intención de introducción sea con organismos vivos modificados genéticamente.

#### V- Descripción del posible efecto de la especie o especies a introducir sobre la flora y fauna acuática nativas:

Este punto es sin duda uno de los más importantes a destacar en la información solicitada, y deberá ser proporcionada sin excepción.

Debido a que en la norma no se establece la diferencia entre introducción de especies y repoblación, se deberá hacer mayor énfasis en que para la realización de acciones de repoblación, a pesar de tratar con especies que anteriormente han sido utilizadas en los embalses, estos organismos deberán pasar por una etapa de cuarentena y deberán cumplir con las normas antes mencionadas sobre requisitos sanitarios, información de los nombres científicos, procedencia de los organismos (centro acuícola o empresa acuícola), registros genéticos y otros que brinden certeza a que su liberación al medio no causará efectos negativos sobre otras especies existentes.

## REFERENCIAS

**Álvarez, T.P. 1997:** Integración de las Actividades Acuícolas en Aguas Continentales: Acuicultura de repoblación, su relación con la producción y abasto de crías. En: Memorias del Taller Impulso a la Acuicultura Rural y Evaluación del Repoblamiento en Aguas Continentales. SEMARNAP. Instituto Nacional de la Pesca, Dirección General de Investigación

- en Acuicultura. Pátzcuaro, Mich. 14-17 de abril de 1997. pp. 20.
- AAPQIS** (Aquatic Animal Pathogen Information System) in preparation, FAO.
- ANSTF (Aquatic Nuisance Species Task Force), 1994:** Aquatic Nuisance Species Act. Findings, conclusions and recommendations of the Intentional Introductions Policy Review. Report to Congress of the Aquatic Nuisance Species Task Force. Under Secretary of Commerce for Oceans and Atmosphere and Fish and Wildlife Service, USA. 53p.
- Coates David, 1995:** Inland capture fisheries and enhancement: Status, constraints and prospects for food security. Conferencia internacional sobre la contribución sustentable de la pesca a la seguridad alimentaria. Gobierno de Japón y Organización para la Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas. Kyoto, Japón, 4-9 diciembre 1995
- FishBase, 1996.** FishBase 96 CD-ROM. ICLARM/European Commission/FAO.
- FAO.** Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. Núm. 2. Roma, FAO. 1997.
- ICES, 1995.** ICES Code of Practice on the Introductions and Transfers of Marine Organisms, 1994. Copenhagen, Denmark, International Council for the Exploration of the Sea.
- Turner, G.E. (ed), 1988:** Codes of Practice and Manual of Procedures for Consideration of Introduction and Transfers of Marine and Freshwater Organisms. EIFAC Occas.Pap.,(23):44p.
- Olmos, E. 1990:** Situación Actual y Perspectivas de las Pesquerías Derivadas de la Acuicultura. Secretaría de Pesca. México. 77 p.
- Orbe, A., P. Álvarez y J. Acevedo. 1999:** Mexico's Fisheries and Aquaculture in Inland Waters. INEDITO. Instituto Nacional de la Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. México, D.F.
- Secretaría de Pesca. 1990:** Anuario Estadístico de Pesca. 1989. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F.
- Secretaría de Pesca. 1991:** Anuario Estadístico de Pesca. 1990. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F.
- Secretaría de Pesca. 1992:** Anuario Estadístico de Pesca. 1991. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F.
- Secretaría de Pesca. 1993:** Anuario Estadístico de Pesca. 1992. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F.
- Secretaría de Pesca. 1994:** Anuario Estadístico de Pesca. 1993. Dirección General de Informática y Registro Pesqueros. México, D. F.
- SEMARNAP. 1995:** Anuario Estadístico de Pesca. 1994. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Estadística e Informática. SEMARNAP.
- SEMARNAP. 1996:** Anuario Estadístico de Pesca. 1995. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Estadística e Informática. SEMARNAP.
- SEMARNAP. 1997:** Anuario Estadístico de Pesca. 1996. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Estadística e Informática. SEMARNAP.
- SEMARNAP. 1998:** Anuario Estadístico de Pesca. 1997. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Estadística e Informática. SEMARNAP.
- SEMARNAP. 1999:** Anuario Estadístico de Pesca. 1998. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Dirección General de Estadística e Informática. SEMARNAP.



---

# MARCO NORMATIVO DEL APROVECHAMIENTO DE RECURSOS PESQUEROS EN EMBALSES

---

*Ing. Raúl Villaseñor Talavera*

*Secretario Técnico del Comité Consultivo de Normalización de la Pesca Responsable  
Dirección General de Administración de Pesquerías de la SEMARNAP*

## RESUMEN

**S**e presenta información sobre la estructura actual del marco normativo para el aprovechamiento pesquero en embalses, los criterios de manejo de recursos pesqueros a partir de los principios de sostenibilidad y política de pesca responsable, la importancia de la regulación y las características de las modalidades normativas que incluyen principalmente leyes, reglamentos, normas, disposiciones administrativas y planes de manejo. Se enfatizan los tipos de regulaciones técnicas y la relevancia de los mecanismos de participación social y manejo compartido.

## INTRODUCCION

Las sociedades establecen normas de conducta, reglas de procedimiento o medidas de orden basadas en la experiencia social, en el nivel de conocimientos en diversas disciplinas, en tradiciones y en función de la cantidad y características de la información científica, tecnológica, económica, política y cultural disponible, con la finalidad de establecer un marco de actuación orientado al desarrollo armónico de sus componentes. El marco normativo aplicado en cualquier ámbito social y económico, así como su cumplimiento, guarda correspondencia con el grado de desarrollo humano y con el nivel de conciencia social.

Por lo anterior, adquiere especial relevancia la actualización de los esquemas normativos que regulan el aprovechamiento de los recursos naturales, en especial de los recursos acuáticos de los cuerpos de agua continentales; así como la valoración del grado de aplicación de la información científica y tecnológica, de las posibilidades de

una mayor intervención en el manejo de los embalses y del aprovechamiento de sus recursos. Al respecto, la FAO (1997) ha establecido una serie de lineamientos y orientaciones técnicas para el uso de la mejor información en la toma de decisiones sobre los recursos pesqueros en ambientes continentales.

En los embalses, las actividades productivas son diversas, abarcando desde la generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua para asentamientos humanos, riego agrícola, control de avenidas y uso de recursos pesqueros mediante la acuicultura, pesca deportiva, recreación y/o combinación de varias de estas actividades (DGAP, 1997a); de tal forma que se requiere de instrumentos de regulación y control por medio de normas, así como de condiciones para llevar a cabo las actividades pesqueras y acuiculturales, con la finalidad de asegurar la conservación de los recursos aprovechados, la preservación del ambiente y de la biodiversidad.

Las pesquerías y la acuicultura en embalses requieren ser reguladas debido a que los recursos pesqueros carecen de propiedad y se asigna su aprovechamiento a un grupo de individuos mediante licencias de pesca o mecanismos similares. Los usuarios de los recursos pesqueros deben disponer de normas precisas o medidas de orden, con el fin de que no se generen efectos adversos sobre las especies, o de los otros usuarios de los mismos recursos. También los mecanismos normales del mercado y el crecimiento demográfico humano, al determinar la demanda de productos alimenticios e incidir en el incremento del esfuerzo de pesca y, consecuentemente, en el aumento de la mortalidad por pesca, tienden a conducir las pesquerías a un estado bioeconómico inestable (figura 1) que se vuelve muy dinámico debido a los siguientes factores: 1) respuestas de los stocks a la explotación

(Smith, 1996); 2) respuestas de los pescadores para alcanzar rentabilidad; 3) efectos del ambiente sobre las fluctuaciones de las poblaciones silvestres, el reclutamiento, la mortalidad natural, entre otros; 4) efectos del repoblamiento y 5) efecto de las otras actividades antropogénicas sobre los varios tipos de capacidad de carga del sistema.

## CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO PESQUERO EN EMBALSES

En general, se reconocen como criterios para regular el aprovechamiento pesquero los siguientes:

- **Conservación:** enfocado al establecimiento de medidas para cuidar que el aprovechamiento no afecte la biodiversidad, o bien, para asegurar la conservación de determinado(s) recurso(s) naturales.
- **Sostenibilidad:** orientada al uso a largo plazo de los recursos aprovechados actualmente o potencialmente.
- **Eficiencia económica:** para mejorar la rentabilidad de las actividades productivas.
- **Valor social:** cuyo objetivo es establecer estrategias para alcanzar los máximos beneficios sociales en términos de distribución del trabajo y/o de los ingresos derivados de la pesca y acuicultura.
- **Aceptabilidad política:** referente a la viabilidad política mediante la consideración de todos los actores involucrados

- **Factibilidad administrativa:** relativa a la viabilidad práctica, capacidad de gestión, capacidad de control y operatividad de las medidas a establecer.

A partir de estos criterios (complementariamente ver Caddy y Mahon, 1996), es recomendable disponer de los siguientes elementos para el manejo pesquero en embalses:

1. Programa Estandarizado de Investigación Pesquera
2. Evaluación Pesquera Permanente, a partir de:  
Sistema de Registro Pesquero:  
Avisos de arribo  
Programa de observadores o verificadores científicos  
Sistema Informático de registro de captura, esfuerzo y CPUE.  
Muestreos biológicos.  
Evaluaciones Socioeconómicas
3. Manejo Cooperativo en algunas pesquerías-  
Comités regionales de administración o manejo pesquero
4. Reglas o Normas Técnicas
5. Planes de Manejo
6. Cooperación financiera
7. Evaluación ambiental

## MARCO LEGAL

La regulación pesquera en los embalses está determinada por un marco normativo (figura 2) que contempla fundamentalmente cuatro instrumentos de aplicación directa, que son complementarios:

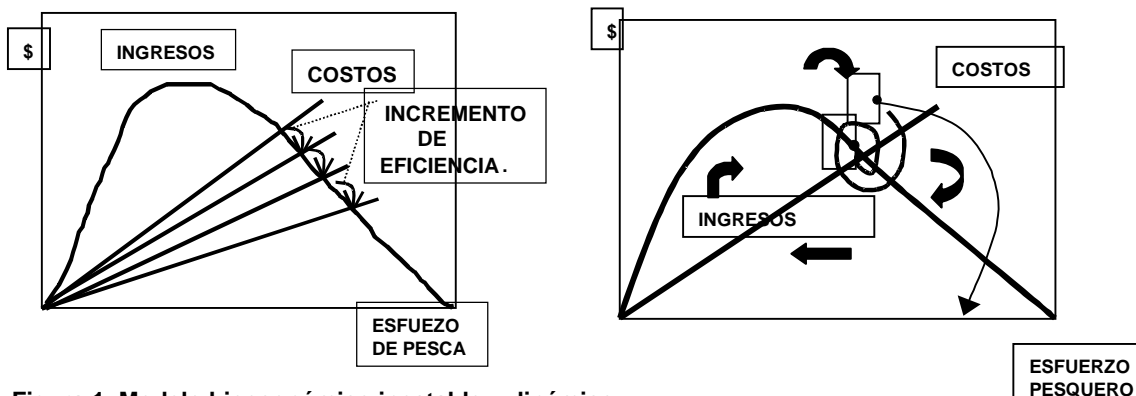
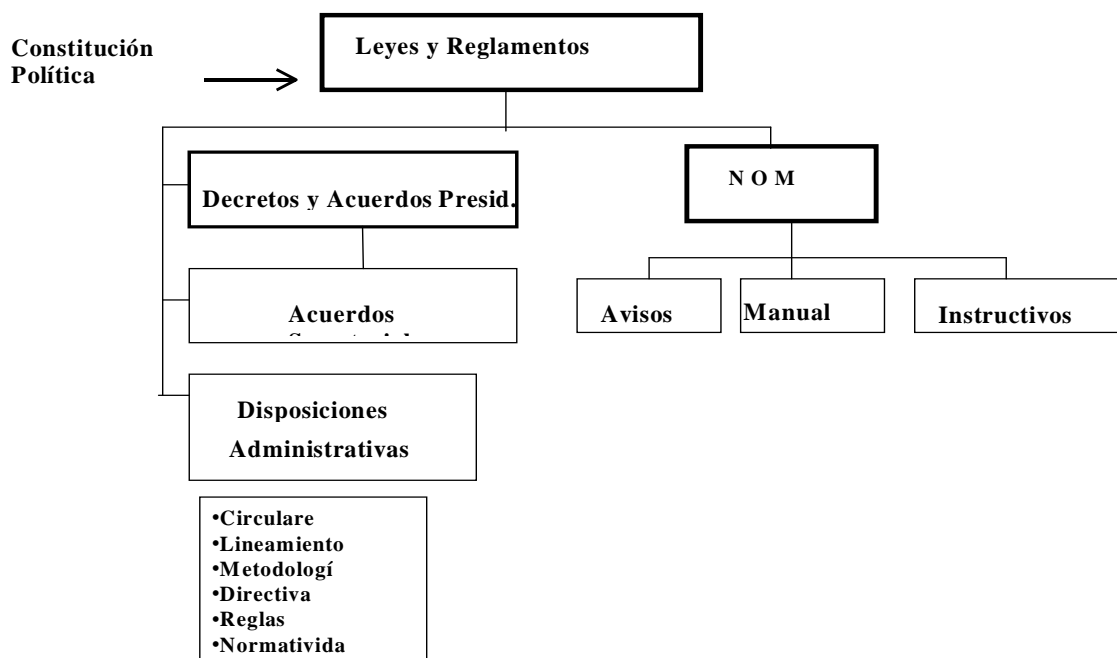


Figura 1. Modelo bioeconómico inestable y dinámico



**Figura 2. Estructura del marco legal para el aprovechamiento de los recursos pesqueros**

Disposiciones administrativas  
 Norma Oficial Mexicana (NOM)  
 Planes de Manejo  
 Vedas

Si bien las leyes y reglamentos (por ejemplo la Ley de Pesca –1992– y su Reglamento –modificado en septiembre de 1999– y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente –modificada en diciembre de 1996) establecen el principal marco normativo, es deseable que la regulación pesquera esté sustentada en normas oficiales mexicanas (NOM) derivadas de tales leyes federales, así como de las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (de 1992, modificada en diciembre de 1996 y mayo de 1997 –SECOFI, 1997–), toda vez que las NOM son de carácter general para los usuarios de los recursos pesqueros del embalse y los obliga al cumplimiento de las disposiciones que establece, mediante procesos de información y verificación, que se traducen como acciones de tipo coercitivo que van desde la inspección y vigilancia, hasta la aplicación punitiva.

Las NOM, como regulaciones técnicas en materia de pesca, tienen tres campos de aplicación: procesos de captura, acuicultura e infraestructura pesquera; sus objetivos son:

- Inducir la preservación, explotación racional y regulación de los recursos pesqueros.
- Inducir la prevención, diagnóstico y control de enfermedades.
- Especificar procedimientos de verificación, inspección y certificación asociados a las medidas de regulación.

En las NOM sobre captura destacan las reglas técnicas para regular la pesca comercial, la pesca deportivo-recreativa, la de consumo doméstica y la introducción de especies; en donde, por su relevancia, las técnicas para regular la mortalidad por pesca y las normas para la repoblación e introducción de organismos, requieren de atención específica. Entre las primeras, las más importantes se indican en el cuadro 1.

En las NOM sobre acuicultura destacan las regulaciones sobre procesos y productos, insumos

### Cuadro 1. Técnicas para regular la mortalidad por pesca

- 1) Límites de producción (captura total permisible, "RME", entre otros)
- 2) Especificaciones técnicas de sistemas de pesca
- 3) Regulación de tallas mínimas de captura
- 4) Control de los permisos de pesca
- 5) Vedas estacionales
- 6) Vedas por zonas
- 7) Medidas económicas (para fomento y/o restricción)
- 8) Derechos de propiedad

alimenticios y de sanidad, aplicación de sistemas de calidad en cada tipo de proceso productivo por tipo de recurso y categoría de tecnificación de la acuicultura, técnicas para la detección y tratamiento de enfermedades de los organismos acuáticos, requisitos de importación de organismos con fines de ornato o cultivo industrial, y se estima que en breve también se dispondrá de regulaciones sobre genética acuícola y genes transgénicos.

Las disposiciones administrativas son regulaciones o reglas que establecen las dependencias de la administración pública, como "actos de autoridad" con base en las atribuciones que le confiere la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Ley de Pesca y su Reglamento, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, entre otras. Estas disposiciones no deben contraponerse con otras normas, leyes y reglamentos.

Para la pesca y acuicultura en embalses, las disposiciones administrativas establecidas por la Subsecretaría de Pesca de la SEMARNAP por medio de la Dirección General de Administración de Pesquerías (DGAP) y Dirección General de Acuicultura (DGA), pueden ser aplicadas mediante procedimientos regulares o excepcionales. Entre este tipo de disposiciones destacan:

- Emisión de permisos de pesca comercial en los límites fijados por la DGAP
- Expedición de permisos de pesca deportiva en los límites fijados por la DGAP
- Regulaciones sobre el tipo y característica de los sistemas, equipos y dispositivos para la pesca a establecer en los permisos de pesca.
- Restricciones a la pesca
- Establecimiento de períodos de pesca en los permisos correspondientes (se limitan temporadas)

- Autorizaciones para la instalación de estructuras fijas para desarrollo acuícola
- Medidas de ordenamiento acuícola dictadas por la DGA
- Especificaciones técnicas de los sistemas de cultivo autorizados por embalse, por la DGA

Debido a que el acceso a la pesca es uno de los principales asuntos que se atienden como parte del manejo de las pesquerías, ya que el "libre acceso" ha sido reconocido como un grave problema a nivel mundial por el incremento del esfuerzo de pesca sobre muchas especies; en México, el control del esfuerzo se lleva a cabo en primera instancia mediante la asignación de permisos, así como de concesiones de pesca y acuicultura. Con este sistema se dan recursos pesqueros a usuarios tradicionales, se tiene mayor certeza jurídica y se fomenta el aprovechamiento racional de las disponibilidades naturales y la seguridad económica de los usuarios.

Por otra parte, la expedición de **permisos de pesca de fomento** (la cual no puede sobrepasar de 21 días hábiles desde la presentación de la solicitud ante la DGAP) a efecto de que grupos de las instituciones de educación superior e investigación científica y tecnológica del país lleven a cabo investigaciones sobre los recursos acuáticos explotados o potenciales, no puede ser delegada a las autoridades de la SEMARNAP en los estados, ya que se trata de una atribución de la DGAP, que al igual que las autorizaciones de pesca didáctica debe ser atendida a nivel central, por lo que las solicitudes para tales actividades requieren ser remitidas a la DGAP.

Las regulaciones pesqueras también se pueden establecer mediante **Planes de Manejo**, los cuales son programas para la administración pesquera de los embalses, que se llevan a cabo a partir de información biológica, ambiental, socioeconómica, tecnológica y sociocultural disponible, para asegu-

rar un desarrollo de las actividades pesqueras en el marco de la pesca responsable.

En ellos se deben establecer:

- Medidas técnicas, tales como especificaciones de equipos de pesca y sus restricciones
- Limitaciones del esfuerzo de pesca por su tipo, temporadas y vedas
- Áreas protegidas
- Otras medidas de conservación
- Necesidades de información y requerimientos de investigaciones específicas
- Responsabilidades y compromisos de los beneficiarios del uso de los recursos naturales.
- Medidas de verificación, inspección y vigilancia.

## MECANISMOS DE PARTICIPACIÓN SOCIAL EN EL MANEJO PESQUERO DE EMBALSES

La Agenda 21, en el capítulo 23 sobre Fortalecimiento del Papel de los Grupos Sociales, destaca la importancia de la sociedad en general en la adopción de decisiones relativas al desarrollo sostenible. Se enfatiza la necesidad de que los individuos, las agrupaciones y las organizaciones sociales participen en los procedimientos de evaluación del impacto ambiental, conozcan el mecanismo de adopción de decisiones e intervengan en ese proceso, sobre todo cuando exista la posibilidad de que las decisiones afecten a sus comunidades.

La normalización pesquera y acuícola por sus repercusiones, aplicabilidad e impacto, implica necesariamente la participación social y es recomendable la existencia de organismos para el manejo compartido del aprovechamiento de los recursos pesqueros. En México los organismos consultivos creados para fortalecer la participación social en la toma de decisiones en materia de administración de la pesca son los siguientes:

- Comité Consultivo Nacional de Normalización de Pesca Responsable.

- Comité Nacional de Pesca y Recursos Marinos.
- Comités Estatales de Pesca y Recursos Marinos o Pesqueros.
- Comité del Proyecto de Desarrollo de la Acuicultura en México.

En estos órganos consultivos existen cuerpos asesores en donde participan investigadores de varias disciplinas biológicas y pesqueras en el nivel técnico, contribuyendo con información y análisis para mejorar la adopción de las medidas de regulación. En algunos de ellos, como los Comités Estatales de Pesca y Recursos Marinos o Pesqueros (DGAP, 1997b) se han establecido Consejos de Asistencia Científica y Tecnológica para el análisis de las pesquerías regionales, ya que los comités tienen como objetivos contribuir al desarrollo de las pesquerías, induciendo un aprovechamiento óptimo de los recursos pesqueros sin menoscabo de su conservación y teniendo en cuenta los factores económicos y sociales de la región.

La coordinación de acciones entre los gobiernos Federal, estatal y municipal, la participación concertada de los sectores productivos y de investigación, así como la conjunción de esfuerzos de investigación para la ejecución de acciones programáticas en materia de administración de pesquerías se constituyen en los principios de operación de los comités.

## REFERENCIAS

- Caddy, J.F. y Mahon, R., 1996:** Puntos de referencia para la ordenación pesquera. FAO Doc. Tec. Pesc. Núm. 347. Roma, FAO, 109 p.
- Dirección General de Administración de Pesquerías, SEMARNAP, 1997a:** Lineamientos para la elaboración del diagnóstico socioeconómico y pesquero de embalses. Estudios previos a la elaboración de la Norma Oficial Mexicana para regular las actividades pesqueras. DGAP, SEMARNAP, México. 15 p.
- Dirección General de Administración de Pesquerías, SEMARNAP, 1997b.** Reglas para la organización y funcionamiento de los "Comités de Pesca y Recursos Marinos y Pesqueros". DGAP, SEMARNAP, México. 18 p.
- FAO, 1997.** Enfoque precautorio para la pesca de captura y las introducciones de especies. Preparado por la Consulta Técnica sobre Enfoque Precautorio para la Pesca de Captura (incli-

das las introducciones de especies). Lysekil, Suecia, 6-13 de junio de 1995. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable núm. 2, Roma, FAO, 64 p.

**SECOFI, 1997.** Ley Federal sobre Metrología y Normalización. 76 P.

**SECOFI, 1998.** Manifestación de Impacto Regulatorio, Manual de Elaboración (3.4). Consejo

para la Desregulación Económica. Abril, 1998 México. 28 p

**Smith, P.J. 1996.** La diversidad genética de los recursos pesqueros y marinos. Posibles repercusiones en la pesca. FAO Doc. Téc. núm. 344, Roma FAO, 59 p.



---

# METZTITLÁN: LIMNOLOGÍA Y ANÁLISIS DE UNA PESQUERÍA DERIVADA DE LA ACUICULTURA

---

Doctora Ana Laura Ibáñez Aguirre,  
Maestro en Ciencias José Luis García Calderón

Departamento de Hidrobiología de la  
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa

## INTRODUCCIÓN

**E**l repoblamiento ha constituido una práctica empleada tanto en sistemas costeros y marinos, como en ambientes continentales, con dos objetivos primordiales, por un lado, el repoblar especies nativas sobreexplotadas [entre las cuales existen numerosos antecedentes de repoblamiento en pesquerías marinas en especies como el arenque, bacalao, salmón del Atlántico (Isaksson, 1988 a;b), salmón del Pacífico (Netboy, 1980; Isaksson, 1988 a), y el esturión (FAO, 1992), principalmente. El líder mundial de la tecnología del cultivo en piscifactorías con la finalidad de incrementar las pesquerías naturales es Japón (Watanabe *et al.*, 1989; Ikenoue y Kafuku, 1992)], y por otro, utilizar especies exóticas con altos niveles potenciales pesqueros, con el objeto de obtener a su vez altos rendimientos. El presente estudio, se enmarca en este último caso.

Es también común en países con pesquerías artesanales incipientes y de escaso impacto económico, el que se realicen repoblamientos, sin que se dé seguimiento a la población introducida y por tanto el ejercicio se vuelve totalmente improvisado. En este contexto, son pocos los países que evalúan esta práctica, como en el caso de Cuba, que en 1995 realizó el análisis del repoblamiento de tilapia y carpa (Fonticiella *et al.*, 1995) en sus aguas continentales. En México, a pesar de que se siembran más de 150 millones de crías de diversas especies anualmente, solamente se conocen valoraciones de las pesquerías derivadas de siembras iniciales (Morales *et al.*, 1976; Morales, 1991), sin tener seguimientos formales del repoblamiento.

Se eligió la zona de estudio fundamentándose en tres características: alta productividad pesquera, necesidad del grupo de pescadores (quienes cuentan con una buena organización) por recibir asesoría en lo que se refiere al conocimiento del sistema y manejo de la pesquería, asunto por demás importante para los pescadores ante la amenaza de la desecación del lago y debido también a que realizan la engorda de tilapia en dos sistemas de jaulas flotantes. Por último, la cercanía de la zona a nuestras instalaciones en la ciudad de México permite realizar una investigación que siendo de importancia, se contemplan bajos costos y mayor eficiencia en las rutinas de trabajo.

Sobre los antecedentes en la zona de Metztlán se tienen, además de estudios temáticos muy específicos, solamente dos de tipo amplio: uno realizado hace varias décadas y el de la Secretaría de Recursos Hidráulicos (1974) que comprende descripción de la cuenca, recursos humanos, aspectos sociales, infraestructura, servicios presentes y turismo. A partir de dicho análisis, se identificaron una serie de problemas, alternativas y estrategias de solución para el desarrollo de la zona; entre ellas, la integración de las actividades económicas y el aún presente problema sobre el uso del agua. Recientemente se dispone de recopilaciones estadísticas de diverso tipo, aunque más orientadas a las de tipo social y económico. Entre las que destaca la controversia sobre la utilización del área del lago para uso agrícola, provocando su desecación.

De la revisión de literatura de la zona de estudio, se desprende que desde 1974 no se tienen estudios detectados que faciliten nuestra investigación; sin embargo, se sabe que actualmente

existe una producción pesquera que equipara al lago con sistemas acuícolas semiintensivos, lo cual sitúa a este embalse dentro de los más productivos del país.

Debido a la crítica época de sequía de 1998, la superficie del lago se secó (se estima indudablemente un promedio de menos de 500 has), la población de tilapia existente es la *O. niloticus*, mientras que la especie que se ha empleado para el repoblamiento ha sido la *O. aureus* (no obstante, es posible que en los repoblamientos posteriores se utilice otra variedad, por lo que el título de este proyecto no precisa la especie), razón por la que se podrá dar seguimiento a las cohortes introducidas.

El lago de Metztlán se encuentra ubicado en el estado de Hidalgo, con una localización de 20° 39' latitud norte y 98° 50' longitud oeste, con una altitud aproximada de 1260 msnm. El clima predominante es semiseco templado, con una temperatura media anual de 20.2 °C. Los meses más calurosos son durante la época más seca, de abril a junio, mientras que los más fríos son los de noviembre a febrero. La precipitación anual media es de 437.1 mm; los meses de mayor precipitación son septiembre, junio y julio. La corriente de agua que proporciona el mayor aporte al lago de Metztlán es el río Venados. En el municipio se habla otomí y náhuatl, fundamentalmente. 95.8% de la población municipal es católica. Según el último censo de 1990, 20.7 de la población municipal es analfabeta (INEGI, 1994). Es de hacer notar que en el citado anuario no aparece registrado el sector pesquero.

## OBJETIVOS

### General

Determinar el impacto del repoblamiento de crías de tilapia en los rendimientos pesqueros del lago de Metztlán.

### Específicos

#### *Del conocimiento del sistema*

- Elaborar un mapa batimétrico del lago de Metztlán.
- Describir las magnitudes morfométricas y elaborar la hipsográfica correspondiente.
- Determinar la distribución areal de los tipos de sedimento y de su contenido orgánico.

- Definir el patrón anual de estratificación-circulación de la columna de agua.
- Cuantificar la carga de fósforo y la relación fósforo/nitrógeno del sistema lacustre.
- Evaluar la producción primaria por medio del metabolismo integral.
- Determinar cuál es la cadena trófica de mayor trascendencia en los rendimientos pesqueros.

#### *Del repoblamiento en el lago*

- Realizar un análisis de las estadísticas pesqueras existentes en coordinación con el gobierno del estado de Hidalgo, en cuanto a volúmenes, esfuerzo pesquero, tallas y pesos de los organismos utilizados en repoblamientos anteriores.
- Determinar el crecimiento de los organismos de *Oreochromis aureus*, utilizados en la repoblación.

## METODOLOGÍA

#### *Del conocimiento del sistema*

Morfometría, incluyendo mapa batimétrico, hipsográfica y estudios sobre sedimentos se determinaron de acuerdo con técnicas propuestas y recopiladas por Hakanson (1981) y Hakanson y Jansson (1983): mientras que las determinaciones físicoquímicas de nutrimentos y productividad se cuantificaron de acuerdo con Golterman y Clymo (1969), Lind (1985) y APHA (1992). Las variables físicoquímicas que se determinan son: Temperatura, visibilidad del disco de Secchi, alcalinidad, dureza, conductividad, total de sólidos disueltos, calcio, magnesio, sodio, potasio, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, sílice, fósforo soluble, fósforo total, amonio, nitritos, nitratos. La composición iónica se determinará en cuatro ocasiones: dos en temporada de secas y dos en lluvias. La definición del patrón estratificación-circulación, de acuerdo con el modelo propuesto por Lewis (1983), a partir de diagramas espacio-tiempo. Para determinar el número de estaciones y niveles de toma de muestra se realizó un estudio prospectivo, con duración de tres meses y que ha permitido ajustar las estaciones hidrológicas. En el caso las cargas de nutrimentos se han tomado

registros del afluente del lago (río Metztitlán o Venados).

### *Del repoblamiento en el lago*

Para el repoblamiento del lago, una vez liberadas las crías, se han realizado muestreos biológicos-pesqueros mensuales, durante la última semana de cada mes. De los organismos obtenidos en la captura, se les han registrado: longitud total, y se ha tomado una submuestra con base en el diagrama de Tallo y Hoja (Tukey, 1977). Dicho método es útil para observar frecuencias de talla *in situ* y obtener por tanto una submuestra representativa de la captura conteniendo ejemplares del intervalo de tallas.

A cada lote de ejemplares de la submuestra se les han determinado datos morfométricos y biológicos (medidas morfométricas, peso vivo, peso eviscerado, peso de vísceras, hígado y gónadas). Las medidas morfométricas consideradas han sido las recomendadas por Eknath *et al.* (1991) para tilapias. Con estas mediciones se realizan análisis de crecimiento relativo y se emplearán análisis multivariantes (componentes principales y de correspondencia, dentro de los exploratorios y el análisis confirmatorio de canónico de poblaciones, si se cumplen las premisas del análisis).

Se determinan sexo y estado de madurez sexual con base en la escala de madurez gonádica de Nikolsky (1963). Para determinar la fecundidad se utilizan las gónadas en fase de reproducción con el método gravimétrico (Simpson, 1959). La identificación de los elementos presentes en el contenido estomacal se practican en el nivel de grandes grupos taxonómicos con base en el método gravimétrico (Rosecchi y Novaze, 1987) y método de frecuencia de ocurrencia (Cailliet *et al.*, 1986) con el objeto de obtener el índice de importancia relativa de Pinkas *et al.*, (1971).

Dado que se requiere conocer la edad de los organismos que fueron utilizados en el repoblamiento, no es necesario realizar la determinación de edad; sin embargo, se toman escamas, otolitos y opérculos de la submuestra para observar el comportamiento de las marcas del crecimiento y relacionarlas, en su caso, con la productividad del sistema, las variaciones de la temperatura o las épocas pico de desove.

Para obtener las constantes de la ecuación de von Bertalanffy se utilizan el método de Ford

(1933) y Walford (1946), Prager (1987) y Beverton (1954). La época de cosecha será determinada con base en el crecimiento observado de los organismos y bajo acuerdo con los pescadores. No obstante que en el cronograma se programaron los meses de repoblamiento, es importante mencionar que éstos pueden variar con relación a las condiciones ambientales del embalse y al crecimiento obtenido.

La mortalidad natural se determinará por el método de Taylor (1960); para la de mortalidad por pesca se emplearán las curvas de captura. Para la determinación de la mortalidad total se empleará el método propuesto por Beverton y Holt (1956).

## RESULTADOS PRELIMINARES

El lago de Metztitlán se puede considerar como un sistema astático permanente, que aunque varía de nivel no se seca, a pesar de encontrarse en un sistema climático de tipo seco; esto se debe a que una buena parte de la cuenca, la que alcanza 2 876 km<sup>2</sup>, se encuentra en tierras de tipo templado subhúmedo; sin embargo, ocasionalmente presenta, en ciclos de aproximadamente diez años, un comportamiento de tipo astático estacional, lo que corresponde con ambientes que llegan a secarse. Una evidencia la constituye que en el inicio del decenio de 1990 el lago haya sobrepasado 450 has, promedio de espejo de agua. En junio de 1998, el lago se secó, pero en octubre, producto de lluvias extraordinarias, anegó 2,500 has. Empero, en 1999, el área cubierta para la primera quincena de octubre abarcaba más de 5,000 has, en un hecho sin precedente en una centuria al menos, lo que hace que las variaciones de nivel sean desde la ausencia de agua hasta 25 m de profundidad. Cuando el lago presenta un espejo de agua de 450 ha, la profundidad máxima es de 16 m, el volumen de 20 millones de m<sup>3</sup> y una profundidad media de 4.4 m (figura 1).

Lo anterior, junto con evidencias bibliográficas, muestra que Metztitlán se asemeja más a un cuerpo de agua fluctuante, muy parecido a los llamados bordos o microembalses con la peculiaridad de encontrarse asociado con un entorno agrícola, en una cuenca endorreica, que ha ganado terreno, durante un proceso de varios siglos, al espejo de agua, acentuado por la construcción de un túnel para evacuar las aguas en demasía, pero ahora notoriamente insuficiente.

El lago, desde el punto de vista geomorfológico, es de tipo tectónico, formado por un represamiento provocado por un derrumbe que obstruyó el flujo de una corriente del altiplano hacia el mar. El desnivel de más de 200 m entre el nivel actual del lago y los manantiales de Almolón, aguas abajo, en un ambiente de calizas, acentúa la velocidad en el descenso de agua por importantes pérdidas de volumen todavía no cuantificadas, al mismo tiempo que impide que el proceso de concentración de materiales se exprese por la evaporación de la columna de agua. Esta circunstancia le da al lago de Metztitlán la peculiaridad de no comportarse como un bordo típico en el que la fase de dilución y concentración de materiales disueltos en la columna de agua estén condicionados, respectivamente, por la temporada de lluvias y de secas.

Como todos los que se encuentran en las latitudes tropicales de altura, por la circulación de la columna de agua corresponde con el tipo polimítico caliente continuo. La temperatura presenta una variación entre 16 y 28 °C, aunque se puede afirmar que hay una mezcla continua de la columna de agua, sobre todo mantenida por la acción mecánica del viento. La presencia de un distrito de riego agrícola de más de 5,000 has, proporciona a la columna de agua una entrada permanente de nutrientes y materia orgánica que le dan a este lago un sitio prominente entre los más productivos del país.

La carga de nutrientes es muy elevada, toda vez que el lago se encuentra aguas debajo de un sistema agrícola intensivo, que presenta cosechas durante todo el año, haciendo del lago Metztitlán un ambiente eutrófico, que se refuerza por la relación entre las dimensiones de la cuenca y el lago que son de 639 a uno; sin embargo, debido a la turbiedad, dada por un exceso de materiales en suspensión que reduce la visibilidad del disco de Secchi a menos de 10 cm en promedio, la productividad primaria se mantiene en un nivel más enmarcado dentro de un ambiente oligotrófico-mesotrófico. A pesar de esto, los rendimientos pesqueros son tan elevados que pueden ser atribuidos a la cadena de detritos, lo que puede explicarse si se considera que la materia orgánica tiene una proporción del orden de 15 %, cifra tope en un ambiente lacustre.

*Sobre el objetivo: Realizar un análisis de las estadísticas pesqueras existentes en coordinación con el gobierno del Estado de Hidalgo, en cuanto a volúmenes, esfuerzo pesquero, tallas y pesos de los organismos utilizados en repoblamientos anteriores.*

Se han podido recopilar estadísticas pesqueras de 1990 a 1998, proporcionadas por la SEMARNAP del estado de Hidalgo. Los reportes no diferencian especies, se informa como tilapias o carpas y únicamente se comunica de capturas, es decir no tenemos información retrospectiva de esfuerzos, tallas y pesos.

Al respecto se muestran estas capturas en la figura 1. Tanto para carpas como para las tilapias se observa la misma tendencia; un pico máximo de capturas de 1991 a 1992, seguido por un descenso notorio debido a sobrepesca. Desafortunadamente no se tiene información de las tallas y pesos de los organismos capturados para los diferentes años, pero a través de información proporcionada tanto por los pescadores como por la Subdelegación de la SEMARNAP en el estado, podemos asegurar que hubo sobrepesca. Es a partir de 1995 que comienza un plan de regulación de esta pesquería, se regula el arte de pesca, permitiéndose solamente el uso de redes agalleras de 4 pulgadas, razón por la cual se tienen incrementos posteriores en la captura, posiblemente incrementadas por las siembras realizadas entre 1996 y 1997. Para la época de estiaje de 1998 nuevamente se seca el lago de Metztitlán.

Se tiene conocimiento de que existen siembras previas a 1990; sin embargo, no están disponibles los registros actualmente. Lo que podemos pensar es que estas siembras debieron de haberse llevado a cabo en 1989, pues el lago se secó en 1988 (previa a esta fecha se secó 25 años antes).

En este sentido, es difícil comentar sobre el efecto de la o las siembras anteriores, lo que sí es un hecho es que debido a un mal manejo pesquero o mejor, por una ausencia de éste, se produjo un decremento de la captura al haber sobrepesca de tallas pequeñas tanto de carpa como de tilapia.

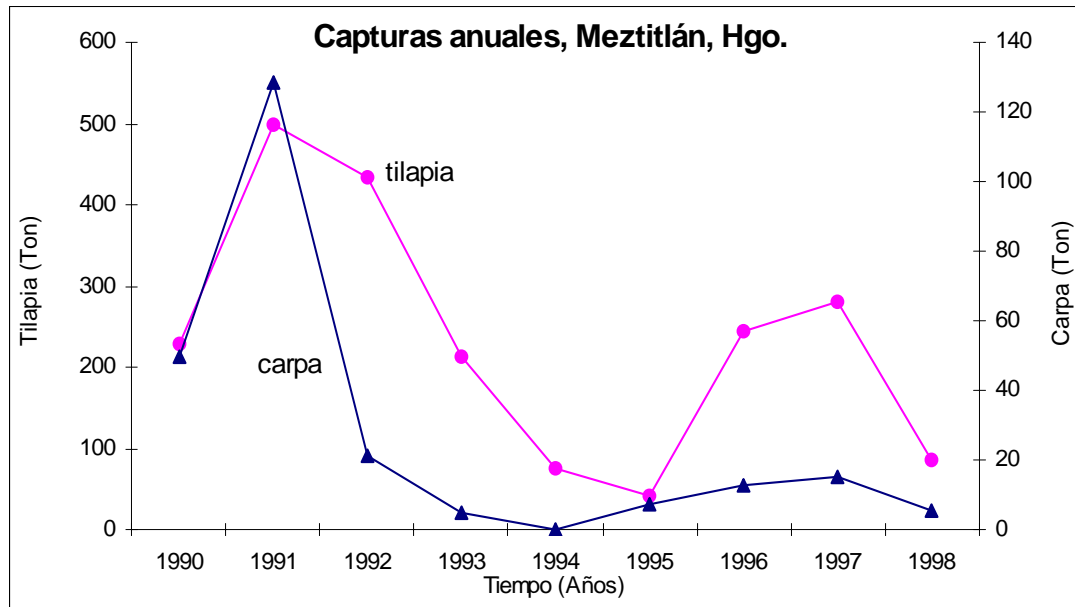


Figura-1. Capturas anuales de tilapia y carpa en el lago de Metztitlán, Hgo. para el periodo 1990-1998.

Asimismo, en las figuras 2 y 3 se muestran las capturas de tilapia y carpa con sus siembras.

En el primer caso no existe una correlación clara entre las siembras y las capturas, hecho que ya ha sido comentado por otros autores, particularmente por Quirós (1988) para el caso de la tilapia analizando 172 embalses de América Latina; sin embargo, la información presentada es muy escasa para poder llegar a una conclusión razonable. No obstante, en los muestreos hasta

ahora realizados se observa que debido fundamentalmente a las bajas temperaturas del embalse, el crecimiento es muy bajo en los meses fríos (hecho que se comentará en el siguiente apartado), lo cual podría ser una de las razones por las cuales no se obtienen esta clara correlación.

Con respecto a la carpa (figura-4), se presenta una ligera mejoría en las capturas a partir de la regulación pesquera realizada en 1995, aunada a

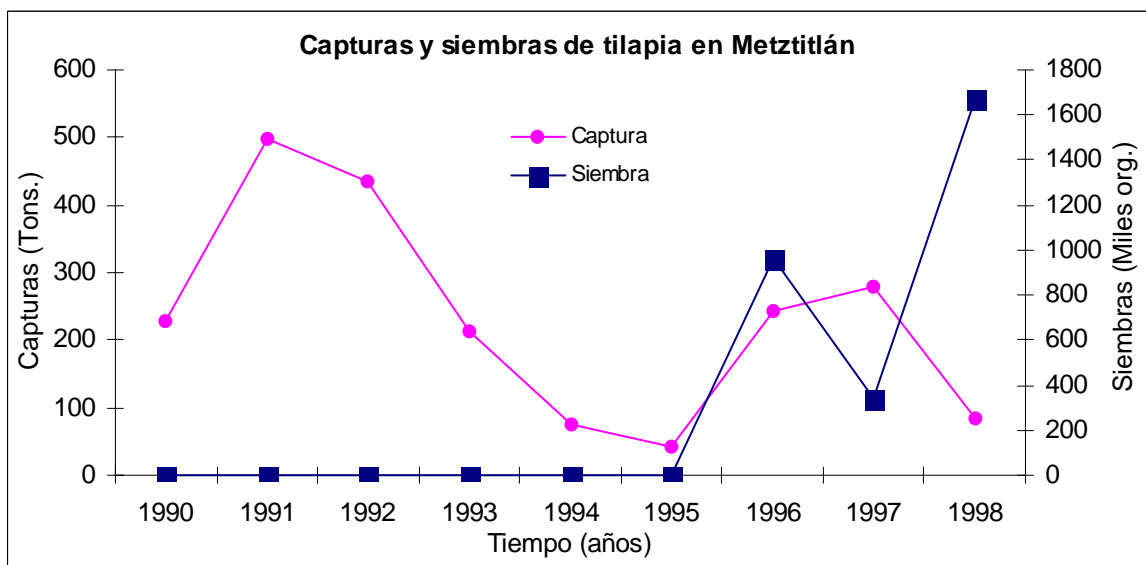


Figura-2. Capturas y siembras de tilapias en el lago de Metztitlán, Hgo. para el periodo 1990-1998.

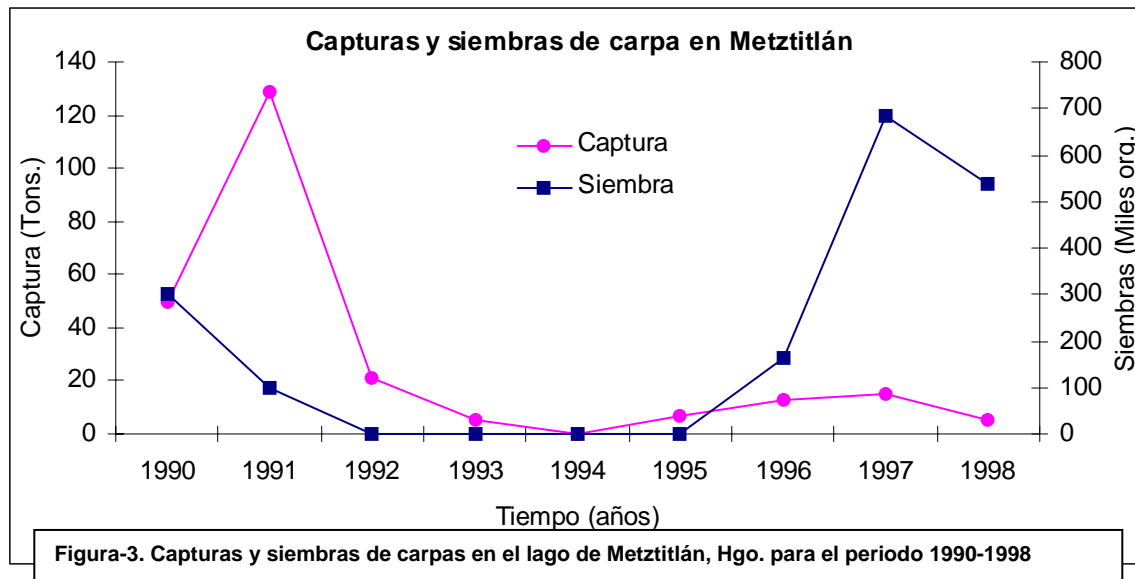


Figura-3. Capturas y siembras de carpas en el lago de Metztitlán, Hgo. para el periodo 1990-1998

las siembras realizadas también a partir de esas fechas. Lo que sí es un hecho es que a pesar de que se realizan siembras importantes (de 300,000 organismos), éstas no fructifican si no existe una regulación pesquera que permita que exista reproducción en el embalse para elevar la biomasa poblacional. Esto se observa en el caso de las siembras de carpa realizadas en 1990.

Independientemente de lo anterior, es importante hacer notar que los rendimientos por hectárea son muy altos. Considerando una superficie inundable promedio de 530 hectáreas, los rendimientos anuales han sido los que se observan en el cuadro 1.

Estos situarían al lago de Metztitlán como uno de los más productivos en el ámbito mundial. En

donde los valores mayores a una tonelada por hectárea son producidos por efecto de sobrepesca; no obstante, a partir de 1996, año en el cual ya se tenían reguladas ambas pesquerías los rendimientos siguen siendo muy por encima del promedio. Esto nos hace pensar en que, debido al aporte de nutrientes provenientes de la zona de cultivo en la vega del valle de Metztitlán, este embalse funciona como un cultivo semiintensivo.

*Sobre el objetivo: Determinar el crecimiento de los organismos de Oreochromis aureus, utilizados en la repoblación.*

Hasta la fecha se tienen solamente algunos avances sobre la información obtenida a partir de

Cuadro-1 Rendimientos anuales

Año	Captura (Tons.)	Tilapia (Tons./Ha.)	Rendimiento de tilapia (Tons./Ha.)	Captura Carpas (Tons.)	Rendimiento de carpa (Tons./Ha.)	Rendimiento Total (Tons./Ha.)
1990		228.744	0.432	49.634	0.094	0.526
1991		498.270	0.940	128.338	0.242	1.182
1992		434.262	0.819	21.447	0.040	0.859
1993		214.227	0.404	4.914	0.009	0.413
1994		74.986	0.141	0.000	0.000	0.141
1995		42.471	0.080	7.100	0.013	0.093
1996		243.295	0.459	13.003	0.025	0.484
1997		279.615	0.528	15.035	0.028	0.556
1998		85.101	0.161	5.457	0.010	0.171
Media±std	233.445 ± 156.79		0.440 ± 0.30	27.259 ± 40.66	0.051 ± 0.08	0.492 ± 0.35

las frecuencias de tallas de tilapias (figura 3). La primera siembra fue en el mes de septiembre de 1998, en donde se sembraron 508 mil crías, aproximadamente, de tallas entre 3 y 5 cm; posteriormente, en noviembre del mismo año, se sembraron 965 mil crías de *O. aureus*.

En la figura 5 se aprecian claramente ambas siembras (la del mes de noviembre aparece claramente en diciembre de ese año), y es también notorio que la tasa de crecimiento es muy baja. De hecho de septiembre a noviembre hay un incremento promedio de 2 cm de longitud, el cual se mantiene constante hasta el mes de abril. Es a partir de este último mes que estas cohortes muestran incremento en el crecimiento, se observa el corrimiento de la moda de 6 a 7 cm en abril de 1999, a 8 y 9 cm en mayo y de 11 a 13 cm en agosto del mismo año. Asimismo, son notorios otros reclutamientos debidos a nuevas siembras y, posiblemente, a reproducción natural; este es el caso de las tallas más pequeñas observadas en junio, debidas a una siembra de finales de abril de 1999 de 150 mil crías de *O. aureus*.

Dentro de las condiciones óptimas de desarrollo de la tilapia, se reportan temperaturas de entre 24 a 29 °C (Morales, 1991). En el lago de Meztitlán se presentaron temperaturas debajo de este intervalo, durante los meses fríos del año, correspondientes a los meses de noviembre a marzo, periodo en el cual prácticamente no hay crecimiento, mientras que a partir del mes de abril el crecimiento se incrementa.

Esta evidencia sugiere que no es recomendable llevar a cabo la siembra durante la época más fría, porque además de no presentarse crecimiento, la mortalidad de las crías se ha estimado de entre 20 a 40%.

Hasta el momento es poca la información analizada; sin embargo, se tiene en perspectiva cumplir con otros objetivos que se encuentran en proceso de análisis, los cuales se listan a continuación:

- Estimar el crecimiento relativo de diversas partes del cuerpo de *Oreochromis aureus*, con el objeto de poder reconocer diferencias en la forma, entre sexos y dentro de la población empleada debido a hibridación.
- Estimación de la mortalidad total, natural y por pesca.

- Evaluación de la tasa de sobrevivencia de las tilapias liberadas.
- Determinar el régimen alimenticio de las especies sujetas a explotación pesquera y relacionarlo con las diferentes épocas climáticas.
- Determinar la proporción de sexos, épocas de desove y fecundidad de los organismos utilizados en la repoblación.
- Determinar la capacidad de carga del sistema a través de los indicadores del crecimiento.

No obstante, considerando los elementos más importantes en el lago del Metztitlán, Hgo., se han planteado varias hipótesis sobre la dinámica del sistema.

La permanencia del volumen de agua, la cual se relaciona directamente con la morfometría del embalse y la temperatura, son dos factores que se relacionan directamente con el crecimiento y la reproducción de la especie, pues es en los meses cálidos (abril a agosto) donde el crecimiento es mayor. En zonas muy someras la temperatura se incrementa y es ahí donde se localizan preferentemente las crías de tilapias. De este modo, la permanencia del volumen de agua y la nubosidad se relacionan también con la temperatura.

Aparentemente la vía heterotrófica es más importante que la del fitoplancton, las especies de microalgas encontradas son: *Pedrastrum duplex* var. *Duplex*; *Ceratium* sp. ; *Anabaena spiroides*; *Aphanocapse elaschita*; *Peridinium cirtum*; *Fragilaria tricarinata* y *Ceratium hirudinella*, cuya concentración se ha presentado baja. Mientras que el zooplancton es muy abundante, siendo dominado por las especies: *Diatomus novamexicanus* y *Cyclops vernalis*.

Aparentemente el alimento no es limitante, ya que en las muestras hasta ahora revisadas se observa que las tilapias ingieren fundamentalmente sedimento rico en materia orgánica. También se ha encontrado, en menor proporción: pociños, insectos y materia vegetal terrestres que por las inundaciones se encuentran disponibles en las zonas costeras. No obstante, estos resultados aún no son concluyentes, pues se encuentran en proceso de análisis. Al respecto se anexa un diagrama sobre los elementos más importantes que intervienen en el desarrollo de la población que sostiene la pesquería de tilapia.

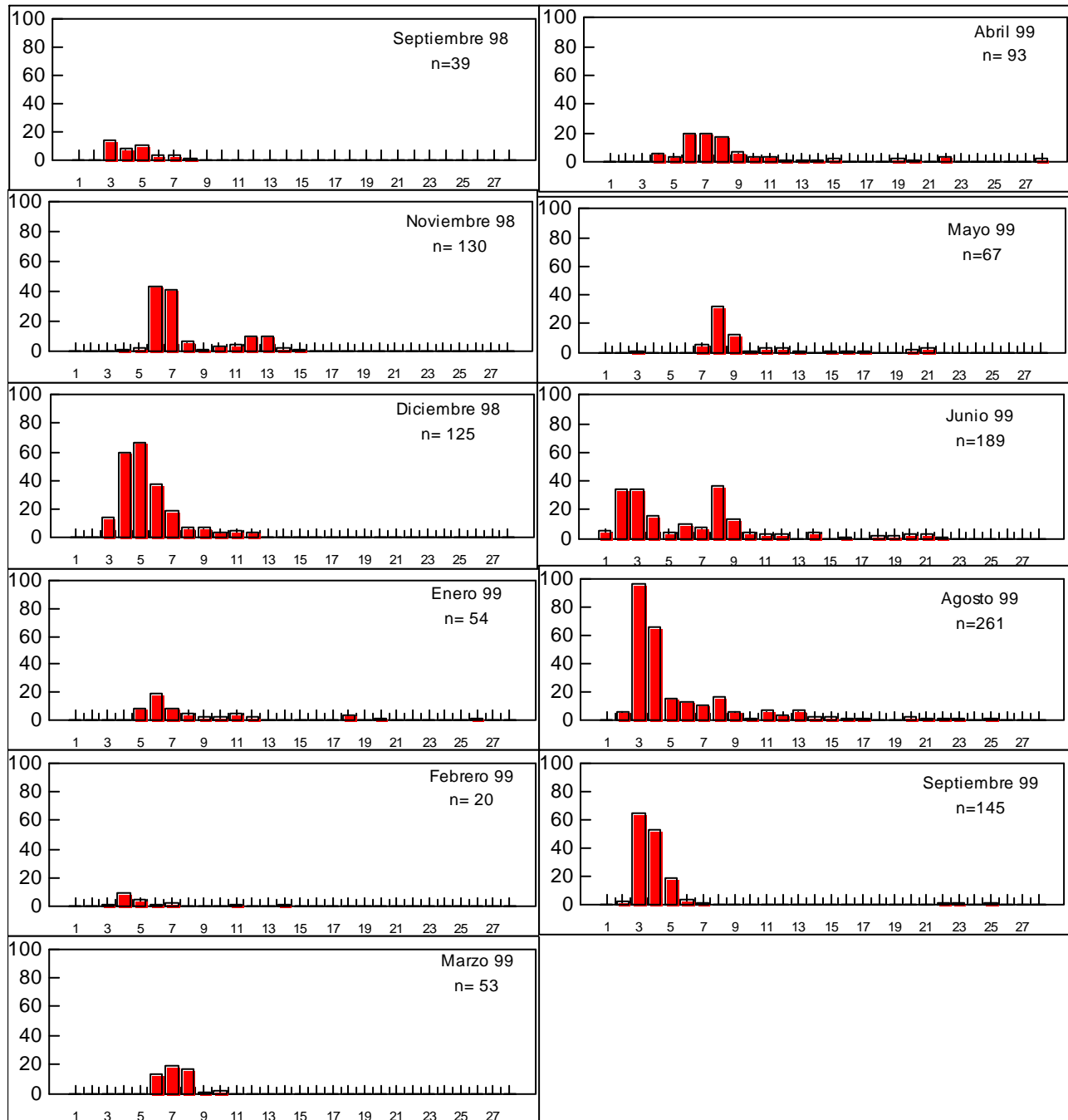


Figura-4. Frecuencias de tallas mensuales de tilapias en el lago de Metztlán, Hgo. para el periodo de muestreo- septiembre de 1998 a septiembre de 1999.

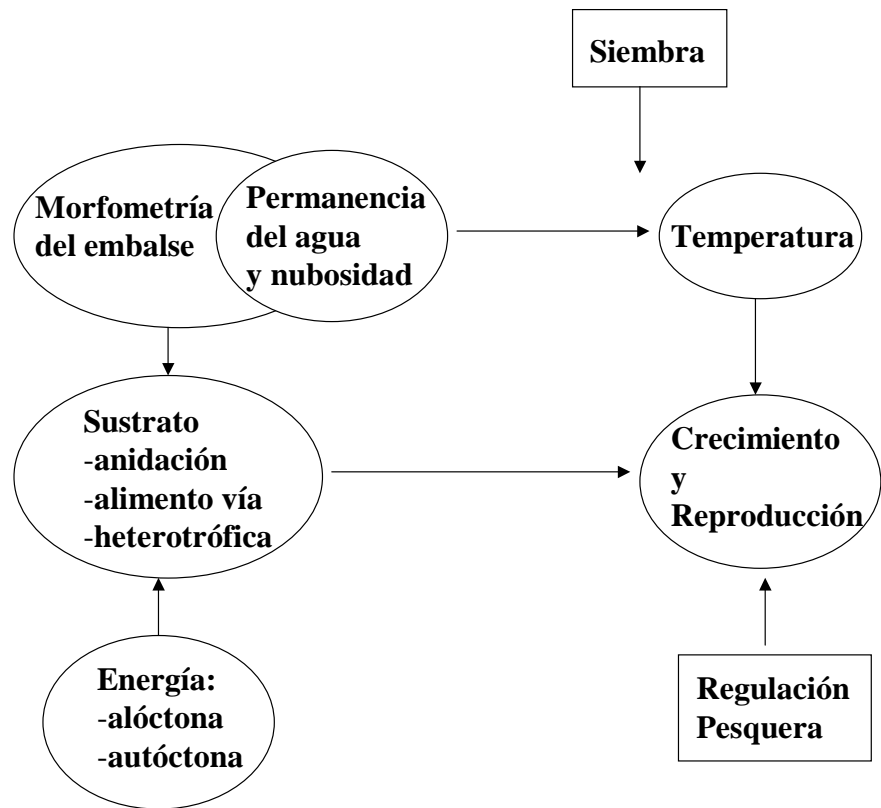


Figura 5. Elementos que intervienen en la pesquería de tilapia de Metztitlán, Hgo.

#### RECOMENDACIONES:

Para evitar las altas mortalidades de las crías:

- Depositarlas en jaulas flotantes o encierros en zonas someras que son más cálidas y llevarlas ahí a una talla de 7 cm aproximadamente.
- Introducir al embalse organismos de mayores tallas, con el objeto de reducir la mortalidad de las crías.
- Llevar a cabo las siembras en el comienzo de la temporada mas cálida, durante los meses de abril a mayo

#### BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association (APHA). 1992.** *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales.* Ediciones Díaz de Santos. Madrid.
- Beverton, R.J.H. 1954.** Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited

- fish populations. *US. Fish Wildl. Serv., Fish. Lab., Beaufort, Misc. Contrib.*, 2: 181 p.
- Beverton, R.J.H. & 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.
- Cailliet, M.G., M.S. Love y A.W. Ebeling. 1986.** Fishes. A field and laboratory manual and their structure identification and history. 194 pp.
- Eknath, A.E., J.M. Macaranas, L.Q. Agustín, R.R. Velazco, Ma. C. A. Ablan, Ma. J. R. Pante y R. S.V. Pullin. 1991.** Biochemical and Morphometric Approaches to characterize farmed Tilapias. *ICLARM Contribution, No. 722*.
- FAO. 1992.** The Islamic Republic of Iran: Aquaculture sector fact finding mission. *FI:TCP/IRA/2251 (F). Rome, Italy*.
- Fonticiella, D.W., Z. Arboleya, G. Díaz Pérez. 1995.** La repoblación como forma de manejo de pesquerías en la acuicultura de Cuba. *Copescal Documento Ocasional. No. 10. Roma, FAO, 45 pp.*
- Ford, E. 1933.** An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. *J. Mar. Biol. Ass. UK. NS. 19: 305-384*.
- Golterman, H. L. y R. S. Clymo. 1969.** *Methods for chemical analysis of fresh waters. International biological Program Handbook No 8.* Blackwell Scientific Publications. Oxford . 188 p.
- Hakanson, L. 1981.** *A manual of lake morphometry.* Springer-Verlag. Berlin 78 p.
- Hakanson, L. y M. Jansson. 1983.** *Principles of lake sedimentology.* Springer-Verlag. Berlin. 316 p.
- Ikenoue, H. and T. Kafuku. 1992.** *Modern Methods of Aquaculture in Japan.* Elsevier, Tokyo.
- INEGI, 1994.** Metztlán. Estado de Hidalgo. Cuaderno Estadístico Municipal. Edición 1994. Inegi. Aguascalientes, Ags. 101 pp.
- Isaksson, A. 1988a.** Salmon ranching: a world review. *Aquaculture*, 75: 1-33.
- Isaksson, A. 1988b.** Salmon ranching in Iceland. Pages 96-104. In: Wild Salmon Present and future. Sherkin Island Marine Station, County Cork, Ireland.
- Lewis, W. M. 1983.** A revised classification of lakes based on mixing. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40:1779-1787.
- Lind, O. T. 1985.** *Handbook of common methods in limnology.* Kendall/Hunt. Dubuque. 199 p.
- Morales, D.A., J. Melcer Z. y H. Lee G. 1976.** Evaluación de parámetros poblacionales de tilapia para la presa Miguel Alemán, Oax. Simposio sobre pesquerías en aguas continentales. SIC/INP. Tuxtla Gutierrez, Chis., México. Tomo II. Pp. 456-489.
- Morales, D.A. 1991.** La tilapia en México. AGT Editor, México, D.F. 190 pp.
- Netboy, A. 1980.** Salmon: the world's most harassed fish. Andre Deutsch Ltd, London, UK.
- Nikolsky, G.V., 1963.** Biological basis of mathematical simulation of fish population dynamics. *Vopr. Ikhtiol.*, 3 No. 4 (29).
- Pinkas, L., M.S. Oliphant y I. L.K. Inverson. 1971.** Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. Calif. Depart. Of Fish and Game. *Fish. Bull.* 152: 105 p.
- Prager, MH. 1987.** *Nonlinear Parameter Estimation for Fisheries (Fishparm).* Version 2.1S.

- Quirós, R. 1998.** Reservoir stocking in Latin America, an evaluation. In: FAO, 1998. Inland fishery enhancements. FAO Fisheries Technical Paper 374. Roma, Italia.
- Rosecchi, E. y Y. Novaze, 1987.** Comparaison de cinq indices alimentaires utilisés dans l'analyse des contenus stomacaux. *Rev. Trav. Inst. Peches Marit.*, 49 (3 et 4):11-123.
- Simpson, A. C. 1959.** Method used for separating and counting the eggs in fecundity studies on the plaice (*Pleuronectes platessa*) and herring (*Clupea harengus*). *Fish Invest. London*.
- Taylor, C.C. 1960.** Temperature, growth and mortality-The Pacific cockle. *J. Conseil*, 26(1):177-124.
- Tukey, J., 1977.** *Exploratory Data Analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley Publ. Co., New York, 412 p.
- von Bertalanffy, L. 1938.** A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Human Biology*, 10 (2): 181-213.
- Walford, L.A. 1946.** A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull.*, 90 (2): 141-147.
- Watanabe, T., F.B. Davy, and T. Nose. 1989.** Aquaculture in Japan. Pages 115-129. In: M. Takeda and T. Watanabe (eds.). The current status of Fish Nutrition in Aquaculture. Proc. Third Int. Symp. On Feeding and Nutrition in Fish. Toba, Japan.





# PRIMEROS PASOS PARA EL MANEJO Y ORDENAMIENTO DE LOS EMBALSES DE MORELOS

**Biól. Yajaira Blanquel Rojo**

*Jefe del Departamento de Fomento Pesquero  
Subdelegación de Pesca  
SEMARNAP-Morelos*

## INTRODUCCIÓN

**E**l ordenamiento pesquero es uno de los proyectos prioritarios de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, cuyo objetivo es impulsar la pesca responsable, con base en la mejor evidencia científica y tecnológica, con rentabilidad económica y beneficio social, asegurando la

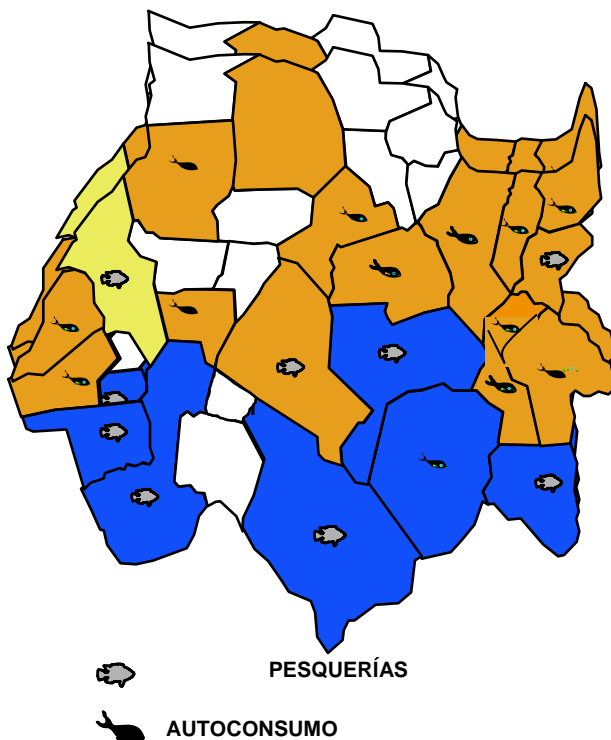
conservación y protección de los recursos acuícolas y el ambiente.

La Subdelegación de Pesca, en Morelos, retoma este objetivo, tratando de incorporar la pesca y la acuicultura como una actividad cotidiana en medio rural, a través de un aprovechamiento ordenado de los recursos acuícolas y pesqueros del Estado.

Sin embargo, para lograr un manejo ordenado de los recursos se requiere de un trabajo continuo y sistemático.

## ANTECEDENTES

Desde 1994-1998, la Delegación Morelos se encargó de caracterizar al estado y sistematizar la información sobre embalses, actualmente se tiene un registro de 126 (698.9 has de superficie), 16% más que en 1998, que se dedican a la actividad acuícola y pesquera. El embalse de mayor superficie, el lago de Tequesquitengo, sólo se dedica a actividades recreativas y turísticas. De éstos se conoce, de manera general, su ubicación, condiciones fisiográficas y climáticas, así como las personas que se benefician con su explotación.



De estos 14 embalses con una superficie de 406 Ha se dedican a las pesquerías acuaculturales, con permiso de pesca comercial; 36 con 76.17 ha se explotan para autoconsumo con venta de excedentes por grupos de trabajo y el resto se explotan exclusivamente para autoconsumo por las poblaciones aledañas.

## ACCIONES

Para el control y seguimiento de estos embalses la Delegación cuenta con tres proyectos específicos:

MUNICIPIO	NÚM. DE EMBLASES	SUPERFICIE
AMACUZAC	4	19.50
AXOCHIAPAN	7	67.00
AYALA	9	49.00
COATLÁN DEL RIO	8	10.30
CUAUTLA	3	7.00
CUERNAVACA	2	1.15
HUITZILAC	3	13.00
JANTETELCO	11	30.00
JOJUTLA	1	930.00
JONACATEPEC	6	10.35
MIACATLÁN	4	335.00
OCUITUCO	1	1.00
PTE DE IXTLA	3	17.40
TEMOAC	4	6.00
TEPALcingo	16	54.65
TEPOZTLAN	1	3.00
TETECALA	13	12.25
TETELA DEL VOLCAN	1	1.00
TLALTIZAPAN	2	4.00
TLAQUILTENANGO	16	31.20
XOCHITEPEC	1	0.50
YAUTEPEC	4	10.00
YECAPIXTLA	2	2.60
ZACUALPAN	4	13.00
<b>TOTAL</b>	<b>127</b>	<b>1628.9</b>

“Fortalecimiento de los programas de extensionismo, asistencia técnica, capacitación y promoción al consumo de productos pesqueros”, dedicados a la siembra y asesoría de embalses dedicados al autoconsumo”.

“Acuacultura Rural en Zonas Marginadas”, dedicado a la asesoría para la explotación de embalses en zonas marginadas del estado, específicamente en municipios de marginalidad media: Coatlán del Río, Jantetelco, Jonacatepec, Ocuiluco, Temoac, Tepalcingo y Tetecala ( En el estado de Morelos no existen municipios con marginalidad baja).

“Actualización de artes, equipos y padrón de pescadores y mejoramiento productivo de las pesquerías acuaculturales”, entendiéndose como pesquerías acuaculturales aquellos embalses que a través de repoblamiento se dedican a la pesca comercial”.

A medida que se tiene mayor control sobre un embalse se incorpora del programa de extensionismo, al de acuacultura rural y finalmente al de Pesquerías Acuaculturales, siempre y cuando las producciones ameriten dedicar el embalse a la pesca comercial.

Las actividades que se realizan por programa se van incrementando en la medida que los productores toman conciencia de la importancia del manejo de embalses.

Para el programa de fortalecimiento de los programas de extensionismo, se consideran únicamente tres actividades encaminadas a este fin.

- Las siembras en los embalses que se dedican al autoconsumo sólo se llevarán a cabo cuando los encargados del cuerpo de agua, comité ejidal, autoridad municipal o comunal, reporten la producción que se generó con la siembra del año anterior y cuál fue su destino o a quiénes benefició.
- Sólo se siembran para extensionismo (autoconsumo) aquellos embalses que están fuera del área de influencia del Programa de Acuacultura Rural.
- En el área donde trabaja el Programa de Acuacultura Rural sólo se siembran los embalses que tengan grupos de trabajo

organizados que permitan dar seguimiento a las actividades que se lleven a cabo.

- Se apoya con capturas en fechas importantes para la comunidad, con el fin de validar los registros que se obtienen de las autoridades.

Para el Programa de Acuacultura Rural en Zonas marginadas, ya contamos con siete actividades:

- Todos los embalses en el Área de Influencia de Programa de Acuacultura Rural, deben ser explotados por grupos de trabajo, elegidos por consenso con la comunidad y avalados en asamblea general.
- Sólo se sembrarán aquellos embalses en que se hayan organizado grupos de trabajo que permitan darle seguimiento al cultivo.
- Se da apoyo en capturas para corroborar los registros obtenidos de los grupos de trabajo. (Registros reales.)
- Se llevan a cabo monitorios fisicoquímicos y morfométricos que permitan evaluar los recursos de la zona.
- Se llevan a cabo cursos de capacitación sobre el cultivo de las especies y manejo de embalses.
- Se llevan a cabo eventos promocionales de la actividad acuícola como exposiciones y muestras gastronómicas en las cabeceras y principales comunidades de los municipios donde incide el Programa de Acuacultura Rural.
- Se tiene una estrecha coordinación con las autoridades estatales, municipales y ejidales que permitan el buen desempeño del Programa, como son asesoría técnica, registros reales de la producción obtenida, seguimiento de los grupos de trabajo entre los más importantes.

Por último, para las pesquerías acuaculturales se tienen actividades encaminadas específicamente a la regulación de las actividades de captura en los embalses.

- Organización jurídica de los 9 grupos de trabajo que permita darles legalidad a las actividades que pesca que se realizan en los embalses, así como obtener sus permisos de pesca comercial
- Registro periódico (mensual) de la producción mediante avisos de arribo, según lo establece el artículo 36 de la Ley de Pesca.
- Se llevan a cabo talleres de integración entre los pescadores y las autoridades de la SEMARNAP, con el fin de detectar sus necesidades y recordar a los pescadores sus derechos y obligaciones como pescadores comerciales.
- A partir de 1998 se redujeron los tiempos de vigencia de los permisos que fueron renovados con el fin de facilitar la emisión de condicionantes a los permisos de acuerdo a la información obtenida de estudios de población que permitan regular las actividades de captura
- Muestreos periódicos de los organismos que se capturan, con el fin de conocer el comportamiento de la población y poder establecer las regulaciones de captura.
- Establecimiento de condicionantes a los permisos de pesca comercial con base en los estudios de población y opiniones técnicas emitidas por el Instituto Nacional de la Pesca.
- Una vez establecidos los condicionantes, realizar visitas conjuntas entre la SEMARNAP y PROFEPA, para concientizar a los pescadores en el cumplimiento de dichos lineamientos y llevar a cabo la inspección y vigilancia.

Para 1999, mediante esta metodología hemos obtenido algunos resultados parciales que permitirán, si se les da el seguimiento adecuado, el tránsito hacia un mejor aprovechamiento de los recursos pesqueros y acuícolas del estado.

**RESULTADOS**

- Las nueve organizaciones pesqueras cuentan con permiso de pesca comercial, y se conoce el esfuerzo pesquero a que es sometido el recurso; primera fase del ordenamiento.
- Se renovaron tres permisos de pesca comercial, reduciendo sus tiempos de vigencia.

ORGANIZACIÓN	NÚM. DE PESCADORES	ARTES DE PESCA	EMBARCACIONES
S.S.S. TELIXTAC	50	50 ATARRAYAS 351 LÍNEAS 25 JAULAS	52
S.S.S. FCO. LEYVA	60	83 ATARRAYAS 87 LÍNEAS	59
S.S.S. AGUA FRÍA	16	17 ATARRAYAS 65 LÍNEAS	13
S.S.S. TICUMAN	19	5 ATARRAYAS 5 LÍNEAS	4
S.S.S. TILZAPESCA	20	34 ATARRAYAS 21 JAULAS	17
XALOSTOC	21	8 ATARRAYAS	8
S.P.R. PRESA CAHUACAN	34	7 ATARRAYAS 7 LÍNEAS	6
S.S.S. EL SITIO TLACOTEPEC	53	6 LÍNEAS	
S.S.S. SAN JUAN COATETELCO	34	4 ATARRAYAS 82 LÍNEAS	41

Para éstos se han elaborado dos condicionantes a los permisos de pesca comercial para regular las actividades de captura, y en el otro embalse se tiene un acuerdo de regulación de la pesca. En los oficios de condicionantes, se aplicaron las recomendaciones del Instituto Nacional de la Pesca.

- En términos generales 70% de la producción generada en el Estado de Morelos tiene un registro real. Para pesquerías el 90% de la producción tiene su registro en avisos de arribo y para el programa de Acuicultura Rural el 65% de la producción está registrada.

<b>CUADRO-2- RENDIMIENTO POR HA EN EMBALSES EXPLOTADOS PARA PESCA COMERCIAL</b>				
<b>Organización</b>	<b>Superficie</b>	<b>Núm. Embalses</b>	<b>Producción (Ton.)</b>	<b>Rendimiento (kg/ha)</b>
<b>S.S.S. San Juan Coatetelco</b>	280	2	23	88
S.S.S. Telixtac	50	2	47	940
S.S.S. Tilzapasca	15	1	31	2000
S.S.S. Presa Cahuacan	15	1	19	1260
S.S.S. Francisco Leyva de Palo Blanco	20	1	56	2800
S.S.S. El Jagüey de Ticuman	2	1	5.5	2750
S.S.S. El Sitio de Tlacotepec	9	3	3.4	377
S.S.S. San José de Pala	7	1	5.5	785
Comité Xalostoc	8	2	11.5	1440
<b>TOTAL</b>	<b>406</b>	<b>14</b>	<b>201</b>	<b>495</b>

- Se aumentó en 75% el número de embalses que se atienden en 1999 por el Programa de Acuicultura Rural con respecto a 1998.
- Todos los embalses que están en el área de influencia del Programa de Acuicultura Rural ,42 en total, están manejados por 24 grupos de trabajo.

- Se firmó el Convenio de colaboración con el gobierno del estado para trabajar en forma coordinada el manejo de embalses y aumentar los recursos disponibles al programa.

<b>RENDIMIENTO POR HA EN EMBALSES EXPLOTADOS DENTRO DEL PROGRAMA DE ACUACULTURA RURAL</b>				
<b>Embalse</b>	<b>Núm. Socios</b>	<b>Núm. Embalses</b>	<b>Producción (Ton.)</b>	<b>Rendimiento (Kg/Ha)</b>
Atotonilco	4	19	3,565	891
San Antonio	2	10	2,285	1142
Santo Niño	4	5	4,200	1050
Tenango	2	5	1214	607
Chavarría	1	5	2140	2140
En medio	2	5	1365	682
El Centro	1		2103	2103
Piedra Silleta	2	5	1500	700
El Ciruelo	2	5	1420	710
El Potrero	0.1	5	120	1200
El Almacén	7	5	2907	415
El Tilcuate	3	5	2302	767
Contlalco	2	5	1970	985
<b>TOTAL</b>	<b>32.1</b>	<b>79</b>	<b>27,091</b>	<b>843.9</b>

Los grupos pesqueros que explotan embalses aportan recursos económicos para beneficio de sus comunidades

Están en trámite la obtención de recursos de FONAES para artes de pesca, equipos y jornales para echar a andar tres proyectos semintensivos, para mejor aprovechamiento de los recursos.

Se obtuvieron apoyos financieros de otras instituciones para resolver la problemática de tres embalses dedicados a la pesca comercial. Para la laguna de Cotetelco y la presa El Rodeo se obtuvo un recurso de \$94,000.00 (PET) para la limpieza de canales que permita la canalización de mayor volumen de agua a los cuerpos de agua. Para la presa Emiliano Zapata, para la reparación de las bombas que evitan que las aguas negras se

viertan en la presa, \$30,000.00 (COPLADEMUN)

## **CONCLUSIÓN**

Las actividades coordinadas y los acuerdos por consenso permiten la explotación racional del recurso en beneficio del sector productivo.



---

# MANEJO ECOLÓGICO DE MICROEMBALSES PARA LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN EL ÁREA RURAL DE MÉXICO

---

*Biól. Ma. Eugenia Moncayo López*

*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN.*

## RESUMEN

**E**l problema de la alimentación de los grupos marginados de nuestro país es uno de los más apremiantes, es por ello que en la presente contribución se propone desarrollar proyectos de acuicultura sostenible en las comunidades rurales de nuestro país, mediante la capacitación de los campesinos en aspectos básicos de la ecología de pequeños cuerpos de agua (1,000 a 2,000 m<sup>2</sup> de superficie), la biología de los peces que se cultivarán y el uso racional de los recursos naturales disponibles en la región. Con estos elementos es posible implementar el cultivo de peces con la idea básica del policultivo chino, con el fin de obtener cierta producción piscícola en los cuerpos de agua de las poblaciones rurales de nuestro país.

## INTRODUCCIÓN

Los autores estiman que para satisfacer la demanda de alimentos para la creciente población humana se requiere de una producción de 100 a 140 millones de toneladas de productos pesqueros para el año 2000. Si la captura pesquera llega a los 100 millones de toneladas, se espera que entre 70 y 80 millones pueden ser destinadas al consumo humano, por lo tanto, existirá un déficit de 20 a 60 millones de toneladas, mismas que es posible lograrlas mediante la producción de la acuicultura. Pillay, 1997).

En el año de 1991, la producción mundial de los productos pesqueros llegó a 80 millones de toneladas y la de la acuicultura no alcanzó 15 millones de toneladas. El principal producto de la acuicultura en las aguas dulces son los peces (52.7%, del total), siguiendo en importancia las plantas acuáticas, los moluscos y los crustáceos. FAO (1993). Es importante señalar que en el mismo año

la producción de peces en las aguas interiores, por medio de la acuicultura en el continente asiático, se logró 80% de la producción mundial (FAO, 1993). El sistema de producción acuícola de dicho continente es el policultivo, el cual consiste en cultivar simultáneamente diversas especies de peces y otros organismos, como patos o cerdos; las primeras aprovechan los diferentes recursos alimenticios que produce el estanque, las excretas de los segundos fertilizan el agua. La producción de peces en esta forma de cultivo en 1991 fue de más de 4 millones de toneladas en la República Popular China (FAO, 1993).

El policultivo chino fue desarrollado desde hace tres mil años; durante mucho tiempo no traspasó las fronteras, no fue sino hasta principios de este siglo en que se difundió a países como Hungría, Rusia y Japón.

En la República Popular China esta biotecnología se basa en el cultivo de hasta doce especies de peces en un mismo estanque; cada una consume determinado tipo de alimento y se distribuye preferentemente en el cuerpo de agua. Los alimentos necesarios para cada especie se producen naturalmente en el mismo estanque (diferentes tipos de malezas, plancton y necton) por medio de fertilización continua, otros son suministrados al estanque por el personal responsable del cultivo. De este modo, la producción alcanza hasta 33 ton/ha/año (Juárez, 1982) y coloca a esta actividad dentro del Sistema General de Producción del país.

En el Instituto Szarvas de Investigación en el Cultivo de Peces, de Hungría, el policultivo de peces forma parte del Sistema de Rotación de Acuicultura para restaurar suelos sódicos, los que presentan malas hierbas en abundancia o los deteriorados por el pastoreo y el cultivo de arroz y no son apropiados para la agricultura (Müller, 1978).

El policultivo chino empezó a ser difundido en México por Sevilla (1965), posteriormente Del Río Echeverría *et al.* (1975), Juárez (1982), Vega (1986) y García (1986), también describen las bondades del policultivo chino y lo presentan como una alternativa para la producción de alimentos en México y el mundo.

Desde esa época, el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, en el estado de Hidalgo, se constituyó como el principal centro de recepción, mantenimiento y reproducción de ocho de las especies de carpas chinas, introducidas a nuestro país, para implantar el policultivo chino. En el año de 1980 y en el área aledaña al mismo centro Acuícola de Tezontepec se implanta, por poco tiempo, la primera Granja de Policultivo en México. Juárez *et al.* (1987) relatan que en 1978 se presentó un cambio político sustancial para la acuicultura, al fomentarse la producción piscícola en unidades de cultivo intensivo. A pesar de esto, algunos autores como Arredondo (1986) publica sobre las Granjas Integrales de Piscicultura China, y Sánchez y Navarrete (1987), y Navarrete y Sánchez (1989) en nuestro país, experimentan y comparan el rendimiento del monocultivo de *Cyprinus carpio* y el policultivo con tres especies de las carpas chinas, y encuentran que el segundo requiere de menos gastos y mayor producción que el primero.

En la presente contribución se considera que el policultivo chino es una tecnología muy apropiada para países como el nuestro, en donde los problemas de desnutrición, de escasez de recursos económicos y desempleo todavía afectan amplios sectores de la población rural. Sin embargo, para que esta biotecnología se arraigue en la población, se requiere difundir los conocimientos básicos sobre ecología de pequeños cuerpos de agua y biología de las especies que se van a cultivar, así como sobre los recursos naturales regionales disponibles para fertilizar el agua o alimentar a los animales, elementos necesarios para integrar el policultivo chino y lograr la deseada producción de peces.

En nuestro país la acuicultura ha sido de tipo extensivo; recientemente se han tratado de desarrollar los cultivos de tipo intensivo, usando alimentos balanceados. Las principales especies que se cultivan son el bagre de canal y la trucha en sistemas de cultivo intensivo y los diferentes tipos de carpas y tilapias en sistemas extensivos preferentemente; recientemente empiezan a ser incorporados a los sistemas de producción intensiva del agro. En 1995, los dos primeros cultivos lograron producciones de 3,155 y 2,305 toneladas/año, respecti-

vamente, los dos últimos son los más importantes y alcanzan una producción de 22,870 y 77,384 toneladas anuales, respectivamente (Díaz *et al.* 1997).

Actualmente, en México el sector oficial declara apoyo a proyectos de acuicultura armoniosos con el ambiente y de bajo impacto al mismo; los que consideren la diversificación de las especies y el desarrollo de paquetes tecnológicos con especies de preferencia endémicas y de alto rendimiento. Asimismo, deberán integrarse a las demás actividades agropecuarias, como son la agricultura, ganadería, avicultura, tratamiento de agua, turismo, entre otros, y que correspondan claramente a las necesidades de nutrición de la población, a las tradiciones regionales, que evalúen la necesidad de la protección ambiental y brinden fuentes alternativas de empleo (Toledo, 1998). Otros autores, como Martínez (1997), mencionan que el concepto de Acuicultura sostenible debe ser elaborado a partir de la ponderación entre las ganancias económicas y las consecuencias ambientales.

Ramírez (1996) observa que el crecimiento de la acuicultura rural no ha satisfecho las expectativas originalmente planteadas. Señala la falta de arraigo en la población campesina de la actividad, por un lado, y la falta de asesoría técnica interdisciplinaria, por el otro, dos ingredientes fundamentales para lograr modelos exitosos.

Esta propuesta está dirigida a las comunidades rurales con el mayor nivel de pobreza de la población; es decir, aquellas en donde la capacidad económica para invertir en proyectos de acuicultura es nula o prácticamente nula.

## MATERIAL Y MÉTODO

El grupo de trabajo que se responsabilice de estas actividades deberá ser interinstitucional e interdisciplinario, para primero conocer las características del área de estudio o de trabajo y después hacer las recomendaciones pertinentes en cada caso. Las características que deberán ser reconocidas en cada región son:

- a. Localización geográfica y clima, edafología, hidrología, vegetación y fisiografía.
- b. Localización de los cuerpos de agua de la región, determinar la posibilidad de construir algunos más.

- c. Conocer los recursos naturales disponibles en la región y seleccionar los más adecuados para fertilizar el agua de los estanques o alimentar a los peces.

Para hacer las recomendaciones pertinentes al cultivo en cada caso es necesario:

- a. Capacitar a jóvenes del nivel medio superior del área agropecuaria o afines en los aspectos básicos de ecología de cuerpos de agua dulce y los de biología de las especies de peces que se van a cultivar, así como en el reconocimiento de los recursos naturales regionales disponibles para implantar los cultivos.
- b. Establecer un programa de difusión de la acuicultura entre los campesinos del área de trabajo para motivarlos con respecto a la producción de peces, como una forma de resolver parte del problema de su propia alimentación.

El conocer las características ecológicas de un cuerpo de agua permite determinar los factores que detienen la producción piscícola en un momento dado, así como cuáles son los tratamientos que se deben dar al cuerpo de agua para controlar el abasto de oxígeno, mantener un nivel adecuado de pH en el agua e incrementar la capacidad de la misma para producir el alimento natural de éstos.

El conocimiento básico de la biología de las especies de peces permite entender cuáles son las necesidades básicas de éstos y con ello lograr un buen desarrollo y crecimiento. Reconocer los recursos naturales regionales disponibles permitirá hacer una selección adecuada para hacer un uso racional de los mismos tanto en la fertilización de los estanques como en la alimentación directa de los peces.

El manejo de los elementos descritos permite mantener condiciones ecológicas adecuadas en el estanque para que la producción alcance la capacidad biogénica del mismo y, de ser posible, ésta se incremente con la adición de algunos de los recursos regionales que pueden ser incorporados al agua para la alimentación natural de los peces.

La participación de los jóvenes radica en la necesidad de ampliar las acciones de este programa a los diferentes campesinos que estén interesados en desarrollar el policultivo de peces en estanques, en donde los jóvenes harán una serie de observacio-

nes sobre la calidad del agua, los alimentos que se producen en la misma y el desarrollo y crecimiento de los peces; también participarán en la elaboración de una base de datos y la evaluación de los resultados. Para todo esto trabajarán en conjunto con los campesinos, pasando la información originada.

De este modo, puede iniciarse el programa de trabajo para integrar el policultivo chino en cada estanque de acuerdo con los siguientes aspectos:

**A.** Evaluar la producción piscícola de la región. Las tareas realizadas para lograr esta evaluación son:

1. Selección de los cuerpos de agua que existen en la región para realizar actividades de acuicultura, de acuerdo a la disponibilidad de agua con la cual cuentan y la disposición de los campesinos para realizar los cuidados requeridos.
2. Determinación de la necesidad de construcción de nuevos estanques
3. Evaluación de la producción piscícola obtenida hasta antes de iniciarse el proyecto.

**B.** Caracterización ecológica de cada uno de los cuerpos de agua de la región, con fines de producción acuícola; para ello, trimestralmente se determina el tamaño del área de los estanques, los parámetros físicos y químicos más importantes del agua y se caracteriza a la comunidad planctónica de la siguiente forma:

1. Descripción del área en donde se encuentra el estanque; para ello se usa bibliografía y mapas del INEGI correspondientes.
2. Determinación periódica del área y forma del estanque, mediante el uso de una cinta métrica de 50 m de longitud y una brújula.
3. Parámetros ambientales.
  - Transparencia del agua, medida con el disco de Sechii.
  - Temperatura ambiente, medida con un termómetro con escala de 0 a 50 °C.
  - PH, medido con papel pH o con un potenciómetro.

- Concentración de O<sub>2</sub> disuelto, medida con el método de Winkler o con un determinador de campo de oxígeno YSI.
- Concentración de CO<sub>2</sub>, este se fija con tartrato de sodio y fenoftaleína y se titula con hidróxido de sodio.
- Alcalinidad, se usan los indicadores de fenoftaleína y el anaranjado de metilo y se titula con ácido sulfúrico.
- Dureza, se usa una solución a base de hidróxido de amonio, sal de magnesio EDTA y cloruro de amonio, se titula con solución EDTA estandarizada.
- Nitratos y nitritos, se usa un kit apropiado.
- Conductividad, se usa un medidor de conductividad YSI.

#### 4. Producción de plancton.

- En estanques de 01 a 05 has de superficie se hace trimestralmente. Para ello, se filtran dos muestras de 80 l de agua del estanque, una con malla de 52 $\mu$ , la otra con malla de 150 $\mu$ . Las muestras se fijan en formol al 4%.
- La identificación de las especies o los géneros, se hace con las claves de: Edmonson, 1959; Osorio Tafall, 1942; Pennak, 1978, y Tiffany, 1971.
- Se determina la frecuencia por litro, de cada una de las especies o géneros identificados en cada muestra. Los copepodos y cladoceros se contaron a través del microscopio binocular, para las algas, rotíferos y dinoflagelados se empleó la cámara de Neubauer.
- Después de la identificación las especies o géneros, los organismos de las muestras se separan con el uso de cedazos de 52 $\mu$  y 150 $\mu$  y se dejan sedimentar para formar paquetes celulares. El sobrenadante se decanta y se deja secar para pesarlo después y evaluar así el porcentaje en peso que representa cada uno de los grupos mencionados con respecto a la muestra total.

#### C. Aplicar algunos métodos para mejorar la producción piscícola en los cuerpos de agua de la región:

1. Determinar si es o no necesario fertilizar el agua del estanque.

2. Con base en los recursos naturales disponibles en la región, se hará una selección de los mejores para fertilizar el agua de los estanques o como alimento directo de los animales.
3. Cuando se considere pertinente ofrecer un recurso regional disponible como alimento a los animales, la alimentación se hará de acuerdo con un programa establecido.
4. Cuando se considere necesaria la fertilización de los estanques, ésta se hará con los recursos disponibles de manera directa o mediante la elaboración y aplicación periódica de una composta.
5. De acuerdo con las características físicas y químicas de la calidad del agua del estanque se determinará la necesidad de aplicar alguno de los tratamientos que permitan mejorar las condiciones ecológicas del estanque, con el fin de mejorar la producción piscícola.
6. De acuerdo con todos estos elementos se dictaminará el tipo de policultivo más adecuado a cada estanque.
7. Se solicitarán los peces a las entidades correspondientes y se llevarán a cabo las siembras respectivas.

#### D. Evaluar los resultados de las metodologías aplicadas con el fin de mejorar la producción piscícola.

La producción piscícola se hace del siguiente modo:

1. Registro y análisis periódico de los cambios que se presentan en los parámetros ambientales, de acuerdo con los tratamientos aplicados al agua.
2. Relación de las especies de plancton presentes en el estanque con los cambios físicos o químicos del agua del estanque.
3. Evaluación del crecimiento y el factor de condición de los peces. Con un chinchorro de 40 m de largo, 1.5 m de ancho y abertura de malla de 1 cm, provisto de copo de 1.5 m de longitud y 3 m de diámetro, se obtienen las muestras de peces estadísticamente significativa-

tivas. Cada uno de los individuos colectados en cada ocasión se identifica en cuanto a su especie y se registra la longitud total y el peso. Para determinar la producción total se recomienda realizar de dos a tres muestras consecutivas. Se recomienda hacer el análisis por tallas, de acuerdo a las que se registren en las muestras.

4. Elaboración de una base de datos con los resultados obtenidos.
5. Evaluación final de los resultados obtenidos.

### CONCLUSIONES

Si como se dice, la acuicultura todavía no se arraiga en la población rural de nuestro país, se considera que mediante la aplicación de la estrategia aquí planteada se pueden lograr los objetivos siguientes: crear conciencia en los campesinos de que es necesario cuidar los cultivos de peces igual la cría de los animales terrestres; difundir en dos niveles (jóvenes de nivel medio superior y campesinos) los conocimientos básicos de ecología de los cuerpos de agua pequeños, la biología de las especies de peces a cultivar y sobre el uso racional de los recursos naturales regionales disponibles; difundir los conocimientos necesarios para integrar el policultivo chino en los estanques y evaluar los resultados obtenidos.

### BIBLIOGRAFÍA.

- Arredondo Figueroa, J.L., 1986:** Las Granjas integrales de policultivo en China, análisis de su situación actual y perspectivas. Primer Simposio Nacional de Acuicultura, celebrado en Pachuca, Hidalgo, del 8 al 12 de diciembre de 1986.
- Del Río Echeverría, C., L. Saso Yada, E. Herrera Bastida y A. Armijo Ortiz. 1975.** Algunos aspectos de la Piscicultura China de interés para México. Instituto nacional de Pesca, Programa de Piscicultura experimental. Subsecretaría de Pesca. Serie de Información INP/SI: i37:I-VI + 1-35
- Díaz L., C. Y P. Alvarez T. 1997.** Acuicultura o Acuicultura ¿Qué es lo correcto?. REDACUI Bol. Cuatrimestral vol. 1 (2): 12.
- FAO. 1993. Aquaculture Production 1985 – 1991.** FAO Fisheries Circular No. 815 Revision 5. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, June, 1993. 213 pp.
- García Michel, H. 1986.** Una Alternativa: El Policultivo Chino. Técnica Pesquera. La Revista de la Pesca Mexicana. (223): 14-16.
- Juárez Palacios, R. 1982.** La Piscicultura en la República Popular China. Informe de las experiencias adquiridas en la Rep. Pop. China durante la visita oficial efectuada del 4 de agosto al 1º de octubre de 1979. Sria. De Pesca. 105 pp.
- Juárez Palacios, J. R. y G. G. Palomo M. 1987.** La Acuicultura en México: Antecedentes y Desarrollo alcanzado hasta 1982. In: Contribuciones en Hidrobiología. Ed. S. Gómez A y V. Arenas F. UNAM.: 37-89.
- Martínez Palacios, C. A. 1997.** Acuicultura Sostenible. . REDACUI Red. Nacional de Investigación para la Acuicultura en Aguas Continentales. 1 (2):10 y 11.
- Martínez Torres, Z y J. O. Ábrego Ayala, 1986.** Modelo Mexicano de Policultivo. Una alternativa de desarrollo rural. Secretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura. Fondepesca.:1-107
- Müller, F. 1978.** The Aquacultural Rotation. Aquacultura Hungárica. (Szarvas) 1:73-79.
- Navarrete Salgado, N. A. y R. Sánchez Merino. 1989.** El sistema de polcultivo de peces en el medio rural mexicano. Revista Latinoamericana de Acuicultura. (39):45-68.
- Pillay, T. V. R. 1997.** Acuicultura. Principios y Prácticas. Limusa. México. 699 pp.
- Ramírez Rivera, H. 1996.** Necesidades de investigación en la acuicultura rural. Memorias. Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para la Acuicultura en Aguas Continentales. SEMARNAP, Instituto Nacional de Pesca: 32-44.
- Sánchez Merino, R. Y N. A. Navarrete Salgado. 1987.** Rendimiento de carpa espejo (*Cyprinus carpio* var. *especularis*) en bordos del estado de México. Revista Latinoamericana de Acuicultura (33):35.44

**Toledo Díaz-Rubín, M. P. 1997.** Acuicultura y Desarrollo Sustentable en Aguas Continentales. REDACUI Red. Nacional de Investigación para la Acuicultura en Aguas Continentales. 1 (2):13.

**Vega, C. 1986.** La milenaria Acuicultura China. Técnica Pesquera. La Revista de la Pesca Mexicana. (223): 9-13.

**Sevilla Hernández, Ma. L. 1965.** Boletín de Piscicultura Rural. Sria. de Indust. y Com. Dir. Gral. de Pesca e Indust. Con. INIBP. XV:3-34.



---

# NUEVOS ENFOQUES PARA LA EVALUACIÓN LIMNOLÓGICA Y DE CONTAMINACIÓN DE LAGOS Y EMBALSES

---

M. en C. Justo Salvador Hernández Avilés

Profesor de Carrera de Tiempo Completo.

Laboratorio de Limnicultura. Carrera de Biología. FES Zaragoza, UNAM:

## RESUMEN

**E**n México la limnología ha tenido un desarrollo en el análisis de los sistemas lacustres más de tipo descriptivo, evaluando diferentes parámetros dentro de la componente morfométrica, física, química y biológica, que han permitido establecer una caracterización general con un enfoque de clasificación de acuerdo con propuestas realizadas por diversos autores, de los cuales una mayor proporción está dirigida a latitudes templadas y de manera menos específica a condiciones tropicales, lo que ha llevado en muchos casos a tipificaciones inapropiadas.

La limnología en términos globales, se encarga del estudio ecológico de los sistemas acuáticos epicontinentales; en este sentido los estudios en México deben reorientarse en el entendimiento de la dinámica de los ecosistemas lacustres con una visión holística para las condiciones múltiples y particulares existente en este país, a través de preguntas concretas de investigación que tiendan a un mayor conocimiento de los aspectos funcionales. Las investigaciones además de desarrollarse como tradicionalmente se ha hecho en los cuerpos acuáticos *in situ*, otras pruebas de carácter experimental se pueden llevar a cabo bajo condiciones de laboratorio o asociadas más al entorno (mesocosmos).

Asimismo, nuevos enfoques vinculados con aspectos de contaminación acuática, se están en camino no solamente a conocer la concentración de ciertos elementos o compuestos que pudieran tener ciertos efectos negativos para los organismos o actividades productivas, para los cuales ya existe una cierta normalización nacional, sino principalmente entender con mayor precisión los patrones y procesos involucrados en la dinámica trófica, dentro del marco teórico

conceptual de la Ecotoxicología o de la perspectiva de Salud del Ecosistema Acuático que recientemente se han definido.

## INTRODUCCIÓN

En esta presentación se hace una revisión sucinta de conceptos teóricos y metodológicos desde la perspectiva de la ecología, tales como el índice de integridad biótica, el empleo de bioensayos para diferentes niveles tróficos y la Ecotoxicología, en los que podrían estar sustentados de manera particular los nuevos enfoques en la investigación limnológica y de contaminación en lagos y embalses. Finalmente, se presenta a manera de ejemplo una descripción general de la metodología basada en pruebas biológicas, empleadas en un análisis de caso particular correspondiente a la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago.

## ÍNDICES DE INTEGRIDAD BIÓTICA

Uno de los nuevos enfoques desarrollados en Ecología, están vinculados con el concepto de Integridad Biótica, definida como el entendimiento total de los sistemas, incluyendo sus elementos bióticos y los procesos que los generan y mantienen. Así, la integridad biótica implica la capacidad de soportar y mantener una comunidad de organismos de forma balanceada, integrada y adaptada, teniendo una composición y diversidad de especies y una organización funcional comparable a las del hábitat natural de la región.

La integridad biótica depende de una serie de procesos que ocurren en diversas escalas espacio-temporales, incluyendo los procesos celulares determinados por elementos genéticos hasta aquellos de orden ecológica regulados por el reciclaje de materiales y los flujos de energía (Cuadro 1).

Así, la evaluación de la integridad biótica, requiere de la suma de conocimientos relacionados con la composición de elementos y procesos asociados para diferentes niveles de organización, esto se analiza en comparación con condiciones naturales dentro de una región determinada. Para lograr este objetivo, es importante el contar con el trabajo especializado de un equipo interdisciplinario, tendiente al establecimiento de una sustentabilidad biofísica que implica el mantenimiento o mejoramiento de la integridad biótica que soporta un sistema en la tierra. La sustentabilidad biofísica además de incluir a las componentes biológica y física, considera la geológica y química (Holdren *et al.* 1995).

Dentro de los indicadores ecológicos, empleados para evaluar la integridad biótica en ecosistemas acuáticos, así como para proponer las tácticas para su restauración se cuenta con los propuestos por diversos autores (Karr, 1991, Karr *et al.*, 1986 y Gore, 1985), compilados por Angermeir y Karr (1996) (Cuadro 2).

## VINCULACIÓN ENTRE LA SALUD DEL ECOSISTEMA ACUÁTICO Y LA CUENCA DE DRENAJE

Los sistemas acuáticos reflejan la condición de la cuenca de drenaje, y los impactos ocasionados por los patrones de uso de tierra. De esta forma, a partir del análisis de las características de salud de un ecosistema acuático (Shaeffer *et al.*, 1988), es factible conocer con cierta precisión los impactos producidos por los manejos que se dan en una cuenca determinada (descargas residuales municipales o industriales, tierras con diversas actividades productivas agrícola, pecuaria, acuicola, entre otras). Para lograr esto será necesario establecer 1) las relaciones existentes entre el desarrollo de la cuenca y las propiedades del ecosistema acuático, 2) tener un marco de referencia con respecto a la respuesta a un estresor, el cual pueda proveer una metodología integrati-

**Cuadro 1. Elementos, procesos, indicadores potenciales de la integridad biológica para cinco niveles de organización dentro de tres jerarquías biológicas. Las pruebas de integridad de un área determinada debe incorporar indicadores para múltiples niveles (Angermeir y Karr, 1996).**

JERARQUÍA	ELEMENTOS	PROCESOS	INDICADORES
Taxonomía	Especies	-Intervalo de expansión o contracción -Extinción -Evolución	-Tamaño del Intervalo -Número de poblaciones -Mecanismos de aislamiento
Genética	Gene	-Mutación -Recombinación -Selección	-Número de alelos -Grado de relación -Depresión del cruzamiento o entrecruzamiento
Ecología	Población	-Fluctuación de la abundancia -Colonización o extinción -Evolución	-Estructura o tamaño de edad -Conducta de dispersión -Flujo génico
	Agrupación	-Exclusión competitiva -Depredación o parasitismo -Flujo de energía -Reciclaje de nutrientes	-Número de especies -Equitatividad de especies -Número de relaciones tróficas -Redundancia de elementos
	Paisaje	-Perturbación -Sucesión -Formación de suelos	-Fragmentación -Número de comunidades -Persistencia

va para medir tales efectos, 3) un análisis de sistemas para estudiar las componentes del ecosistema 4) un análisis de varios indicadores ecológicos (físicos, biofísicos y bioquímicos) para un intervalo de ecosistemas ribereños (Snodgrass *et al.* 1997).

## BIOENSAYOS

Los ensayos biológicos permiten evaluar la condición de un cuerpo de agua y examinar la salud de un ecosistema acuático. Estos son particularmente útiles, porque reflejan las condiciones de la biota resistente por efectos acumulados como resultado de impactos puntuales y no puntuales (Barbour, 1997).

Las comunidades biológicas integran el efecto de diferentes contaminantes –tales como exceso de nutrientes, sustancias químicas tóxicas, incremento de la temperatura, elevadas cargas de sedimentos, y proveen una medida de los impactos agregados por diversos estresores.

Asimismo, los biomonitoreos permiten tener una medida de los procesos de mortalidad, viabilidad reproductora, retardo del crecimiento, bioacumulación y biomagnificación.

## ECOTOXICOLOGIA

Tradicionalmente, los bioensayos contemplaban únicamente el efecto de una sustancia tóxica sobre una población indicadora considerada como de alta sensibilidad o de respuesta rápida, con la evaluación de las variables fisiológicas básicas (crecimiento, reproducción, sobrevivencia) bajo diferentes concentraciones del tóxico tal como lo propone la Toxicología. Empero, en un ecosistema, la biota está sometida a un conjunto de múltiples estresores ambientales, los cuales pueden tener un efecto sinérgico (incremento del estrés) o antagónico (decremento del mismo), manifestándose de acuerdo con un modelo aditivo, multiplicativo o comparativo simple (Folt *et al.* 1999). Así, una disciplina más incluyente es la Ecotoxicología, cuyo objetivo técnico es la aplicación efectiva y el desarrollo de herramientas y procedimientos para adquirir un mayor entendimiento del destino de las sustancias tóxicas y sus efectos en el ecosistema (Newman, 1996). Así el entendimiento de la respuesta del ecosistema por el efecto de diversos estresores, se puede analizar a partir del conocimiento de la resultante en diferentes niveles de organización ecológica, ya sea de una población, comunidad o del mismo ecosistema por estresores naturales o antropogénicos, tratando de evaluar sus impactos en la estructura y función de los mismos.

## CUENCA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

En la estación ecológica de Chapala, patrocinada por la Universidad de Baylor y la Universidad Autónoma de Guadalajara, realizamos durante el verano un proyecto de docencia-investigación, bajo la Dirección del Dr. Owen T. Lind y la M. en C. Gabriela Velarde intitulado: "Bioensayos

**Cuadro 2. Clases de factores asociados con la organización de los sistemas ecológicos, como marco de referencia para evaluar la integridad en ecosistemas acuáticos.**

CLASES	FACTORES	
Condiciones físico-químicas	-Temperatura -pH -Insolación -Nutrimentos	-Salinidad -Oxígeno -Contaminantes
Base trófica	-Fuentes de energía -Productividad -Tamaño de la partícula alimenticia	-Contenido energético del alimento. -Distribución espacial del alimento -Eficiencia de transferencia energética
Estructura del hábitat	-Complejidad espacial -Refugios -Composición del sustrato -Velocidad de la corriente	-Forma del canal y de la cubeta. -Profundidad del sistema acuático.
Variación temporal	-Diurna -Estacional -Anual	-Predictibilidad. -Régimen Pluvial.
Interacciones bióticas	-Competencia -Parasitismo -Depredación	-Enfermedad -Mutualismo -Coevolución

comparativos con sedimentos y análisis de la calidad del agua de la cuenca del Río Lerma, Lago de Chapala y Río Santiago", para lo cual se tomaron muestras en dos localidades del lago de Chapala: Ocotlán y Ajijic (Región Este y Oeste de éste sistema lacustre), en el Río Lerma localizado en el poblado de Ibarra Michoacán y en el Río Santiago cerca del poblado "Paso de Guadalupe" el cual se localiza en el norte de la ciudad de Guadalajara. Con los sedimentos se realizó el procedimiento para la obtención de elutriados con diferentes concentraciones bajo condiciones aeróbicas, usando un bombeo mecánico.

Posteriormente, se hicieron análisis biológicos considerando dos niveles de organización ecológica (población y comunidad); con organismos en diferentes niveles tróficos (bacterias, fitoplancton, peces), con la finalidad de tener un enfoque global del efecto de la mezcla de complejos y estresores múltiples en la dinámica biótica del sistema.

A continuación se detallan con mayor precisión los análisis realizados:

1) Para la población íctica nativa de *Chaphalichthes* sp., se comparó el índice de deformidad bruta y el índice de condición (K) en dos localidades del lago de Chapala: Mezcala y Jocotepec, ambas seleccionadas por tener diferentes probabilidades de baja calidad de agua. Para este caso, se

partió del supuesto que el estado físico de los peces, en parte, estaba determinado por la calidad del agua de la región de lago del cual ellos fueron colectados.

2) A partir de la composición de la comunidad del perifiton, se calculó el índice autotrófico para muestras de agua de los sitios del sistema Lerma-Chapala-Santiago, evaluando los efectos producidos con y sin elutriados a través de bioensayos en acuarios pequeños colocando en el centro una media esfera de unicel con portaobjetos orientados verticalmente, exponiendo a la luz estos microsistemas, con la finalidad de que en estos se desarrollará dicha comunidad perifítica. El índice autotrófico se expresa como el cociente entre la biomasa de organismos autotróficos evaluada como la concentración de clorofila "a" y la biomasa total a través de la técnica de peso seco, lo que provee una estimación del contenido de materia orgánica en el agua. Así, una comunidad que crece en ausencia de contaminantes orgánicos, los productores primarios proveen la base del sistema trófico y son relativamente abundantes, mientras que cuando la materia orgánica en descomposición (procedente de aguas residuales urbanas, industriales o rurales) está presente en la base del sistema trófico se incrementan significativamente los heterótrofos y los autotrófos son relativamente menos abundantes.

3) El siguiente experimento consistió en la determinación del efecto crónico de elutriados en el crecimiento de juveniles de la tilapia *Oreochromis aureus*, empleando un mesocosmos, consistente en tanques de fibra de vidrio de 3500 l de capacidad, que se ubican aledaños al lago en de la zona de Ajijic, Jalisco; los cuales están sometidos a las mismas condiciones del tiempo atmosférico de la región. En estos se agregaron sedimentos de los puntos de muestreo en una concentración de 400 mg/l, los cuales previamente fueron llenados con agua potable, posteriormente aereados durante un periodo de 24 horas para liberar los compuestos presentes en el sedimento. Una vez realizado este procedimiento, se sembraron 45 peces por tanque, los cuales fueron alimentados con alimento comercial en una ración del 3% del peso del pez por día. Después de quince días, estos fueron cosechados, para evaluar la ganancia o pérdida de peso y el índice de condición.

4) Otro experimento involucró bioensayos de crecimiento de la comunidad bacteriana nativa, con la finalidad de evaluar los efectos de elutriar sedimentos y de las muestras de agua de los diferentes sitios de monitoreo. Se trabajó con tubos estériles a los que se les agregó 25 ml de agua de los sitios de muestreo, elutriados y referencia previamente filtrados con una membrana de 0.2  $\mu\text{m}$ , para dejarlos libres de bacterias. Posteriormente se inoculó con un ml de agua no filtrada de los sitios de colecta respectivos y se incubaron en la obscuridad a temperatura ambiente. Después de periodos de 10 y 24 horas de incubación se tomaron alícuotas, las cuales fueron fijadas con formalina al 4 %. Posteriormente se analizaron a través de la técnica del conteo directo con naranja de acridina, con el empleo de un microscopio de epifluorescencia, diferenciando entre el número de bacilos y cocos por unidad de volumen.

5) El último experimento consistió en determinar el potencial de crecimiento algal utilizando una sepa de *Selenastrum capricornutum* de acuerdo con el protocolo de la USEPA (1977), para elutriados, muestras de agua, referencia y la referencia adicionando nutrimentos. Para este bioensayo, en general se emplean tubos para el cultivo del alga clorofita, bajo una iluminación constante y a una temperatura de 25°C. En todos los experimentos se probaron las diferencias entre los sitios de muestreo y los tipos de muestra por medio de un análisis de varianza. Finalmente, se comparó el porcentaje de incremento relacionando el crecimiento inicial contra el máximo.

Con los resultados obtenidos de estos análisis, es posible hacer una interpretación más completa de la dinámica y respuestas de las comunidades bióticas ante la presencia de diversos estresores múltiples a través del sistema Lerma-Chapala-Santiago, expuestos a condiciones puntuales particulares a lo largo de un continuo.

## LITERATURA CITADA

- Angermeier P. L. y Karr J. R., 1996.** Biological integrity versus biological diversity as policy directives: protecting biotic resources. 264-275. In: Samson, F. B. y F. L. Knopf (eds.) Ecosystem Management. Springer-Verlag. New York.
- Barbour, M. T. 1997.** Measuring the health of aquatic ecosystems using biological assess-

- ment techniques: a National Perspective. 18-33. In: Roesner, L. (De.). Effects of watershed development and management on Aquatic Ecosystems. ASCE.
- Folt C. L., C.Y., Chen, M.V. Moore y J. Burnaford, 1999.** Synergism and antagonism among multiple stressors. *Limnol. Oceanogr.* 44(3 part 2):864-877.
- Gore, J. A., de. 1985.** The Restoration of Rivers and Streams Butterworth, Boston, MA.
- Karr, J. R. 1991.** Biological integrity: a long neglected aspect of water resource management. *Ecological applications* 1:66-84.
- Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant y I. J. Schlosser. 1986.** Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale. Special Publication 5. Illinois Natural History Survey, Champaign, IL.
- Holdren J. P. , G. C. Daily y P. R. Ehrlich. 1995.** The meaning of sustainability: Biogeophysical Aspects. 3-17. In: M. Munaginghe y W. Shearer (Editors). Defining and measuring sustainability. The biogeophysical foundations. The United Nations University and The World Bank.
- Newman, M. C. 1996. Ecotoxicology as a Science.** 1-9. In: Newman, M. C. y C. H. Jago (eds). *Ecotoxicology: A Hierarchical Treatment.* Lewis Publishers.
- Schaeffer D. J., E. E. Herricks y H. W. Kerster. 1988.** Ecosystem Health: I. Measuring Health. *Environmental Management.* 12(4) 445-455.
- Snodgrass, W. J., B.W. Kilgour, M. Jhones y K. Reid. 1997.** Can environmental impacts of watershed development be measured. In: Roesner, L (De.). Effects of watershed development and management on Aquatic Ecosystems. ASCE.
- United State Environmental Protection Agency, 1977.** The *Selenastrum capricornutum* Printz algal assay botte test: Experimental design, application and data interpretation protocol. EPA-600/9-78-018. Corvallis Environ. Res. Lab. Corvallis.





---

# ACUACULTURA, ICTIODIVERSIDAD, TRANSFAUNACIÓN ACUÁTICA Y PECES EN RIESGO EN MÉXICO

---

Dr. Salvador Contreras Balderas

UANL/Bioconservación, A.C.

## INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad mundial que actualmente se caracteriza por la cría de especies exóticas, en condiciones de libertad o semicautiverio, aunque en sus orígenes haya sido la domesticación de especies locales. Sus éxitos y fracasos, pros y contras, se discuten en uno de los casos más fuertes de Punto/Contrapunto, que se vuelve a poner de moda a consecuencia de la Declaración de Río de Janeiro (1992) y la Agenda XXI (ONU), donde se recomienda el uso racional y sustentable de la biodiversidad nativa. En algunos países que originalmente utilizaron trucha de arroyo para poblar muchas localidades, incluso envenenando a todas las especies locales de peces para reemplazarlos con la forma cultivada, ahora han dado marcha atrás y envenenan los stocks sembrados en ríos enteros para restablecer las truchas nativas, que están representadas por numerosas especies, lo que requiere de una planeación y trabajo muy complejos. La introducción o siembra de exóticos en ecosistemas abiertos, con stocks cultivados y estandarizados para todo el país, en mayor o menor grado, es la que se critica en este ensayo.

## TERMINOLOGÍA

Conforme avanza y afina el conocimiento se han ido utilizando diferentes términos, ya que si no se conceptualiza, cada quien entiende como puede. Los términos indicados se presentan en el orden aproximado de uso.

*Exóticas*: especies que no son propias del país o continente, que no han evolucionado de origen en el lugar (después de la siembra, evolucionan todos). Se relaciona con procedencia de otros paí-

ses. Ahora se recomienda restringir su uso para introducciones intercontinentales.

*Introducidas*: especies importadas de otros lugares, hábitats, países o continentes.

*Transfaunadas*: especies transportadas de su fauna original a otra.

*Nacionales*: especies originarias del país, sin consideración a su bioregión. Es un concepto político por fronteras, irrelevante en biología.

*Nativas* (no sinónimo de nacionales): procedentes de unidades naturales dentro de los límites de un territorio. Debe aplicarse a especies in situ.

*Translocadas*: especies cambiadas de cuenca o área natural. Se recomienda restringir el término para introducciones nacionales.

*Invasivas*. especies que tras la introducción o un cambio en el medio tienden a presentar el Síndrome de Plaga (exuberante reproducción, alta competitividad, amplia tolerancia ecológica, y baja selectividad alimenticia).

*Biodiversidad*: la diversidad de los seres vivos a nivel de individuos (genético), especies (poblacional), ecosistemas (comunal) y regiones (biogeográfico). Engarzados en esta secuencia, forzosamente se refieren a las especies en sus ecosistemas nativos, o genéticamente inalteradas.

## MAGNITUD DEL PROBLEMA

La biodiversidad ha sido conceptualizada por Wilson (1992) como la diversidad de los seres vivos, en sus diferentes niveles. Sin embargo, no todos han captado la importancia de la Evolución como la base de dichos conceptos. Todas las especies son nativas del planeta Tierra, pero no todas las especies lo son para toda la Tierra. Cada taxón es peculiar a cierta (s) región (es), donde los niveles de organización: individuo, población, comunidad o ecosistema y región, son producto

**Cuadro-1. Porcentajes de las especies invasivas introducidas de peces continentales en México, en el Siglo XX (1901-1997), comparando a Contreras y Escalante (1984) vs. Contreras (1999) y las espontáneas según Contreras, Edwards, Lozano y García (En Prensa).**

	<u>C&amp;E, 1984</u>		<u>C 1999</u>		Cambio %
	Núm.	%	Núm.	%	
Acuaculturales					
Comerciales	17	30.9	38	42.2	+ 11.5
Ornato	8	14.5	11	12.2	- 2.3
Deportivas					
Piscatorias	9	16.4	9	10.0	- 6.4
Carnada viva	5	9.1	5	5.6	- 3.5
Forrajeras	10	18.2	15	16.7	- 1.5
<b>SUBTOTAL</b>	<b>49</b>	<b>90.7</b>	<b>78</b>	<b>86.7</b>	<b>- 4.0</b>
Control biológico	2	3.6	2	2.2	- 1.4
Accidentales	2	3.6	23	25.6	+ 22.0
<b>SUBTOTAL</b>	<b>53*</b>	<b>----</b>	<b>87*</b>		
Conservación	2	3.6	3	3.3	- 0.3
<b>TOTAL</b>	<b>55*</b>	<b>----</b>	<b>90*</b>	<b>----</b>	<b>+ 60.4</b>
Invasivas** Espontáneas (1995)	30	----	94	----	+314.0
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>85</b>		<b>184</b>		<b>-----</b>

\* Varias especies se encuentran en dos o más categorías, por lo que la suma es mayor del número de especies.

\*\* Diversas especies marinas y salobres costeras locales tienden a ser invasivas "espontáneas" de agua dulce, notablemente entre las costeras. Las acuaculturales también, y el resultado ecológico es similar: eliminación y reemplazo.

de la evolución y son naturales sólo cuando se cumple el postulado para todos los niveles. Un jardín puede calificarse de natural a nivel de especies, pero no lo es a nivel de comunidad, dado que fueron colocadas juntas en forma artificial y pueden no corresponder ni siquiera a la misma región biogeográfica. Estos conjuntos sólo pueden equipararse con verdaderos Frankenstein biológicos: partes naturales en un conjunto no natural. La declaración de Río de Janeiro y la Agenda XXI requieren entender el verdadero sentido del concepto, ya que se refiere a individuos, especies y comunidades que simultáneamente deben cumplir con el requisito de ser nativas, donde las introducidas no son parte de la biodiversidad. En condiciones de cautiverio se podrían defender y utilizar algunos de estos Frankenstein, pero no sucede igual cuando se trata de los medios naturales, donde si la especie invasiva (transgénica, exótica, etc.) tiene éxito, fácilmente presenta el llamado Síndrome de Plaga, ya caracterizado.

La cantidad de especies de peces introducidas en México es elevada, comparada con las especies nativas (aproximadamente 490). En 1901-03, había tres especies introducidas en México (carpa común, dorada, trucha arcoiris; Meek, 1904). Un número de reportes acumularon especies adicionales, resumidas por Contreras y Escalante (1984), para un total de 55, poco menos de 0.7 por año. Una reciente revisión de la situación dio como resultado 90 especies para 1997 (Contreras, en Prensa), un aumento de 35 en 13 años (+63.6%) o sea un incremento de 2.7 anuales.

El cuadro-1 permite una interpretación de la intensidad e importancia de los objetivos (o falta de ellos) de la introducción de las especies. Directamente de las acciones acuaculturales, proceden la mayoría absoluta de las especies introducidas, a las que se podrían agregar las de control biológico y las accidentales, ya que las primeras deben ser cultivadas y las segundas, que aumentan con una frecuencia alarmante, son especies que llegan

confundidas entre las que son intencionalmente introducidas y que reflejan el desconocimiento de los encargados de controlar su distribución en los centros de producción. La acuicultura resulta ser la principal responsable del problema, y una parte de éste proviene de la de ornato, o sean los acuaristas. Debe señalarse que la ictiofauna nativa continental conocida de México alcanza las 490 especies, por lo que las 90 introducidas y las 94 invasivas constituyen 37.6% no natural.

## PRUEBAS: COMUNIDADES DE PECES

### Caso 1, región del Río Bravo

En 25 localidades examinadas con manifiestas pérdidas de ictiodiversidad en el Río Bravo, 19 tenían relación no exclusiva con especies introducidas, correlacionadas con pérdidas de biodiversidad íctica entre 0 y 80% (Contreras, Landa, entre 0 y 80% (Contreras, Landa, Rodríguez y Villegas, 1976), que para 1997 habían subido a entre 14.3 y 88.9%, donde una sola localidad se mantenía sin pérdidas a pesar de la presencia de exóticos (Contreras, Lozano y García, MS). Debe comentarse que en varias de dichas localidades también se presenta pérdida de calidad o cantidad del agua evidente, aunque no medidas, que serán objeto de otro reporte. Otras numerosas localidades presentan situación similar, pero no se las tiene organizadas por región o sumariadas.

### Caso 2. región del río Usumacinta, Chiapas

En la zona de Marqués de Comillas se han realizado investigaciones en biología pesquera de las especies, tanto nativas como introducidas (Rodiles-H.), 1997), y la valoración de su número y biomasa (cuadro-2).

### Caso 3. la Media Luna–Río Verde, San Luis Potosí.

El manantial de la Media Luna es un área de notable endemismo de peces (Miller, 1954; Contreras, 1969), cuya extensión se ha ampliado recientemente a la cuenca alta del río Verde (González, Martínez y Contreras, 1996). En ella se conocen dos géneros y no menos de siete especies endémicos, de las cuales por lo menos dos se encuentran indescritas, y varias en riesgo (Contreras-B., 1975,

1978) y enlistadas en la NOM 094-ECOL. Originalmente rica en número y biomasa de mojarra, en la región se introdujeron una tilapia extranjera, con pérdida notoria de las primeras, más las nacionales *Poecilia latipunctata*, *P. mexicana*, y *Gambusia regani*; la primera se encuentra normada para su región de endemismo, el río Tamesí o Guayalejo. Desafortunadamente, la proliferación de estas cuatro especies introducidas ha coincidido con la reducción poblacional de las especies endémicas locales, como *Cualac tessellatus*, *Ataeniobius toweri*, *Dionda mandibularis* y *D. dichroma*, donde ésta es la menos impactada según la última observación (1996).

### Caso 4: moluscos de agua dulce de México

En moluscos sólo se cuenta con dos artículos sobre el impacto probable del caracol exógeno, llamado caracol tornillo, *Thiara (Melanoides) tuberculata*, cuya introducción en 65 localidades mexicanas (Contreras-A., Guajardo-M., y Contreras-B., 1995a), que siguen aumentando (Contreras-A., y Contreras-B., 1999), está asociada a la pérdida fuerte e incluso total de la moluscofauna nativa en varias localidades de México (Contreras-A., Guajardo-M., y Contreras-B., 1995b). La presencia de esta especie invasiva conlleva otros riesgos, como la introducción de parásitos exóticos que pueden transfaunarse a peces nativos como sucede en un caso en estudio, donde se ha transmitido a especies locales (McDermott *et al.*, 1999)

## PRUEBAS: PESQUERÍAS

### Caso 1. presa Vicente Guerrero, Tamaulipas

La presa Vicente Guerrero (Las Adjuntas), Tamaulipas, se asienta en el Río Soto la Marina, cuya fauna de peces es conocida desde 1903 (Meek, 1904). Entre las especies pesqueras tenía lobina (*Micropterus salmoides*) y mojarra (*Cichlasoma cyanoguttatus*). Se han introducido por lo menos

**Cuadro-2. Porcentajes de número y biomasa de especies de peces en localidades del río Usumacinta (Rodiles-H., 1997**

	Número	Biomasa
Carpa herbívora	19%	38%
<i>Cichlasoma pearsei</i>	21%	13%
Otras especies (19 spp.)*	60%	49%

\* Varias de estas especies son parte de la dieta humana local.

tres especies pesqueras: tilapia, carpa y catán, más algunas accidentales. Reanalizando los datos pesqueros de Elizondo *et al.* (1995), la lobina y la mojarra mencionadas eran las principales especies desde 1973 (poco después del cierre de la presa) hasta 1982, en que comenzaron a declinar y alcanzaron una asintota muy baja. Hacia 1984 comenzó aparecer la tilapia en las estadísticas pesqueras, que debe haber proliferado alrededor de dos o tres años antes para ingresar al reclutamiento pesquero. Su captura fue baja de 1984 a 1985 (tiempo de caída de la lobina), se elevó rápidamente hacia 1987 y presentó altibajos posiblemente climáticos, para luego seguir subiendo hasta 1993, en que alcanzó su máxima productividad registrada. La mojarra tuvo un repunte en 1987, para luego caer a un mínimo. El catán (nativo más abajo en la cuenca) no se ha levantado suficientemente, posiblemente por su larga vida y lento crecimiento, que lo hace presa fácil en sus etapas juveniles, aunque su baja podría estar asociada a competencia con la exuberante tilapia en alguna etapa temprana de vida. Estos cambios se pueden ver en la figura 1. Los cuestionamientos son: ¿económicamente reditúa más la tilapia?, ¿cuál es el precio por kilo al productor?, ¿cuál es el valor de la lobina como pesca deportiva?, evaluada integralmente, ¿hubo pérdida o ganancia?, ¿cuáles fueron los beneficios?.

### **Caso 2. lago de Chapala, Jalisco/Michoacán**

Desde antes de la conquista, el pescado blanco, el charal y el bagre han sido platillos regionales populares; el primero alcanza precios cada vez más alto para peces cada vez más pequeños. En 1950-60, se obtenían blancos (*Chirostoma humboldtianum*) de 16.9 cm., que hoy alcanzan escasamente 12 cm. Elizondo y Fernández (1995) presentaron una tabla que aquí se grafica modificada (figura. 2), de la producción pesquera del lago, donde se aprecian oscilaciones no explicadas de la productividad entre 1980 y 1985, tanto especies nativas como introducidas, para luego mostrar una franca reducción de la captura de blanco y bagre, frente a un aumento notable de la tilapia y la carpa. Considerando que los precios del blanco y del charal son 15 a 20 veces mayores que los de estas últimas, se vuelven a plantear las preguntas, principalmente: ¿hubo realmente ganancia?, ¿en qué?

### **Caso 3. Santa María del Oro, Nayarit**

Antes de 1960, el lago Cráter de Santa María del Oro, Nayarit, era habitado por un charal grande (o blanco pequeño), oficialmente identificado como *Chirostoma humboldtianum*, de cuya pesca vivían de 3 a 4 familias y de 15 de 20 personas. Alrededor de 1960 se sembró lobina. En 1963 ya casi estaba erradicado el blanco, y para 1968 ya no había. En la lobina se podían distinguir tres clases de edad, y nadie que lo pescara, dado que los pescadores tuvieron que emigrar al no poder pescar como sabían, y al no haber recibido capacitación para la pesca de lobina.

### **Caso 4. la trucha dorada de la Sierra Tarahumara**

En la Sierra Tarahumara, noroeste de Durango y suroeste de Chihuahua, es endémica la trucha dorada mexicana o pez de la montaña (*Onchorhynchus chrysogaster*). Según los dirigentes tribales, ellos solicitaron al Gobierno Federal más peces. Los encargados del caso vieron truchas y determinaron sembrar la exótica trucha arco iris. Durante las discusiones del Primer Simposio Internacional sobre Educación y Organización Pesqueras (1979), los tarahumaras señalaron que la trucha sembrada no era vulnerable a sus artes de pesca, adaptados a la especie nativa. Además, es del dominio común que las truchas tienen pocas limitaciones para la hibridación. Se requiere investigación sobre el estatus de la especie nativa, registrada en la NOM 59 ECOL 94, y de la exótica, ya que es probable dicha hibridación, con resultados probablemente desfavorables para ambas truchas y su pesquería. En este caso era más recomendable fomentar la trucha dorada nativa.

## **LA ICTIODIVERSIDAD DE MÉXICO, LAS ESPECIES NACIONALES EN RIESGO Y LAS TRANSFAUNADAS**

La ictiodiversidad dulceacuícola de México es del orden de 504 especies. Esta cifra era de 336 en 1970 (Álvarez, 1970), y se elevó a 448 descritas o reconocidas (Espinoza-Pérez *et al.*, 1993) e incluye 56 descubiertas pero indescritas. Es probable que todavía existan otras más pendientes de descubrir. A este creciente número de especies nativas, corresponde un conjunto de especies en riesgo también en aumento. El estado de conocimiento de estas especies se reporta en el cuadro 3, en el

**CUADRO-3. ESPECIES DE PECES CONTINENTALES MEXICANOS EN RIESGO Y EXTINGUIDOS DE 1963 A 1997**

NIVEL/AÑO	1963	1969	1979	1984	1989	1994	1997
EN PELIGRO	11	33	29	58	41	59	65
AMENAZADOS	?*	?	12	35	26	60	78
RAROS/VULNERABLES	?	?	19	26	54	?	36
EXTINGUIDOS	7	7	(7)**	(7)	11	(11)	29
TOTAL	18	40	>67	>126	132	>130	208

\* ? = Sin datos.

\*\* (-) = Sumando la cifra anterior conocida para el nivel.

cual el aparente descenso en 1989 es producto de criterios más estrictos de calificación, clasificación o de opinión, mientras que el descenso en los raros o vulnerables es un traspaso a un nivel más alto de riesgo y no a acciones de recuperación. En el caso de las extinguidas, ocasionalmente se pueden descubrir nuevas poblaciones de especies que se creían extintas, como es el caso de *Allotoca maculata*, que fue redescubierta (Anónimo, 1991, Mayden *et al.*, 1993).

Según Contreras-B. (1984) la sardina común carácida (*Astyanax mexicanus*) del río Conchos, ha invadido el manantial Ojo de Agua de la Hacienda, Chihuahua, por los canales artificiales de irrigación. En dicho manantial son endémicos y eran únicos habitantes el guayacón de la Hacienda (*Gambusia hurtadoi*) y el cachorrito de la Hacienda (*Cyprinodon macrolepidus*); los hábitos de fuerte tendencia carnívora de la sardina y su fuerte resistencia amenazan con desplazar a los nativos. Por otra parte, el mismo guayacón ha emigrado también al río Conchos, y puede hibridizar con el guayacón del Conchos (*G. senilis*), dañando las cualidades de ambos. Hasta recientemente, el daño ha sido mayor en el Ojo de la Hacienda que en el río Conchos, lo cual guarda proporción con el tamaño de cada cuerpo de agua. Este, más el caso comentado anteriormente de los peces de la Media Luna, donde especies nativas del río Tamesí —una de ellas en peligro (*Poecilia latipunctata*)—, exhibe impacto como exótica y amenaza a las especies nativas locales de la Media Luna (*Cualac tessellatus*, *Ataeniobius toweri*, y otras), y ejemplifican claramente el impacto de especies introducidas (consideradas amenazadas en su hábitat natural) fuera de su área nativa original, aunque sean de la misma nacionalidad.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se recomienda el uso de una terminología internacional apropiada para las categorías de especies introducidas. Se recomienda una comparación de las especies introducidas en México entre 1901-1984, y entre éste y 1997, que cambiaron de 55 a 90 (+38.8%), con fuertes incrementos de las especies acuiculturales comerciales y a las accidentales. Las evidencias de los cambios de composición de especies en el río Bravo, del fuerte impacto en la biomasa de peces en el río Usumacinta, así como de los cambios en las pesquerías en la presa Vicente Guerrero (Tamaulipas), lago de Chapala (Jalisco-Michoacán), lago de Santa María del Oro (Nayarit), y Sierra Tarahumara (Chihuahua-Durango), indican que las pérdidas no sólo pueden ser biológicas, sino también puede haber fuerte impacto de consecuencias económicas. Biológicamente una especie nacional cultivada y liberada fuera de su área natural, es tan exótica o introducida como una extranjera, y puede convertirse en invasiva cuando se cambia de cuenca, e incluso, cuando cambia de hábitats muy especiales, como lo indica la invasión recíproca de especies entre el río Conchos y el Ojo de Agua de la Hacienda, Chihuahua, y la laguna de la Media Luna, San Luis Potosí. Bajo el concepto riguroso de biodiversidad, el uso sustentable de la misma se refiere al uso y fomento de especies nativas (locales), y protegerlas contra los impactos (introducidas).

## RECOMENDACIONES

Se recomienda el fomento, protección y cultivo de las especies nativas en forma regional, así como la explotación intensa de las especies introducidas e invasivas, además la suspensión de introducciones de estas especies y su explotación intensiva, con el fin de restablecer el equilibrio ecológico acuático, y de invertir las presiones de selección que se han practicado hasta la fecha (no control en espe-

cies nativas, distribución masiva de especies invasivas). La conservación de la biodiversidad es un compromiso de México, e incluye la conservación de las especies locales populares, que frecuentemente tienen significados profundamente culturales. Se sugiere dar alta prioridad a la investigación de la biología y reproducción de las especies nativas, para conducir a su aprovechamiento racional y protección en contra de la extinción causada por los humanos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1991.** A rare species of fish, believed to be extinct for 20 years. *Fisheries*, 16:52-53.
- Contreras-Arquieta, AG Guajardo-Martínez, y S. Contreras Balderas. 1995a** Redescrición del caracol exógeno *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae) y su distribución en México. *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2):1-16.
- Contreras-Arquieta, AG Guajardo-Martínez, y S. Contreras-Balderas. 1995.** *Thiara (Melanoides) tuberculata* (Muller, 1774) (Gastropoda: Thiaridae), su probable impacto ecológico en México. *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2): 17-24
- Impacto Ambiental de Obras Contreras-Balderas, S. 1975:** Hidráulicas, Plan Nacional Hidráulicos, Informes.
- Contreras-Balderas, S. 1978.** Speciation Aspects and Man-Made Community Composition Changes in Chihuahuan Desert Fishes. Pp. 405-431 In: R.H. Wauer & D.H. Riskind. 1973 (1978), *Trans. Biol. Resources Chihuahuan Desert Reg., U.S. Mex. USDI, NPS, Trans. Proc.*, 3:1-658
- Contreras-Balderas, S. 1984.** New records of exotic species in México. *Proceed. Desert Fishes Council*, 19:19-30.
- Contreras-Balderas, S. 1999.** Annotated Checklist of the Invasive Fishes of México, with Comments on Recent Introductions. Cap. 2:33-54. En: R. Claudi y J.H. Leach, *Nonindigenous Freshwater Organisms Vectors, Biology, and Impacts*. Lewis Publishers.
- Contreras-Balderas, S., y M:A: Escalante-Cavazos. 1984,** Chapter 6:102-130. *Distribution and Known Impacts of Exotic Fishes in México*, En: W:R: Courtenay, y J.R. Stauffer. *Distribution, Biology, and Management of Exotic Fishes*. Johns Hopkins University Press.
- Contreras-Balderas, S., M.L. Lozano-Vilano, y M.E. García-Ramírez. MS.** Cambios de Biodiversidad Ictica en la Cuenca del Río Bravo, México.
- Contreras-Balderas, S., V. Landa-Salinas,, T. Villegas-Gaytán, y G. Rodríguez-Olmos. 1976.** Peces, Piscicultura, Presas, Polución y Planificación Pesquera y Monitoreo en México, o la Danza de las P. *Simp. Pesq. Continentales, México*. 1:315-346.
- Elizondo-Garza, R., y J.I. Fernández-Méndez. 1995.** Caracterización Biológico-Pesquera del Lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México, con un Análisis de las Capturas de charal, *Chirostoma chapalae* (Jordan y Snyder, 1900), en *Redes Mangueadoras y Atarrayas*. *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2):62-96.
- Elizondo-Garza, R., M.A. Martínez-Zavala, I.Roque-Villada, y J.I. Fernández-Méndez. 1995.** Caracterización Biológica de la Presa Vicente Guerero (Las Adjuntas), Tamps., México, con un Análisis de las Capturas de Tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), y Lobina Negra, *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802). *Publ. Biol. FCB/UANL, Méx.*, 8(1-2): 25-61
- Mayden, R.L, B.M. Burr, L.M. Page, y R.R. Miller. 1992.** The Native Freshwater Fishes of North America. Chapter 29:827-863. En: R.L. Mayden: *Systematics, historical Ecology, & Nort American Freshwater Fishes*. Stanford University Press.
- Meek, S.E. 1904.** The Fresh-water Fishes of México north of the Isthmus of Tehuantepec, *Field Col. Mus. Publ. V:1-250*.
- Miller, R.R. 1954.** A new genus and species of Cyprinodontid fish from San Luis Potosi, México, with Remarks on the subfamily Cyprinodontinae. *Occ. Pap. Mus. Zool, Univ. Mich.*, 581:1-17.
- Rodiles-Hernández, R. 1997.** Plan de Conservación y Manejo de Fauna Acuática en Marqués de Comillas, Selva Lacandona, Chiapas. *PRODERS (SEMARNAP) / ECO-SUR*.



---

# BIOLOGÍA DE LOS LEPISOSTEIDOS Y ESTUDIOS ORIENTADOS HACIA LA RECUPERACIÓN DE LAS POBLACIONES NATURALES DEL CATÁN (*Atractosteus spatula*) (Lacepède, 1803)

---

Roberto Mendoza, Carlos Aguilera, Jesús Montemayor, Gabino Rodríguez y Gabriel Márquez

## INTRODUCCIÓN

Los lepisosteidos constituyen un grupo de peces muy particular, ya que la prevalencia de varias de sus características primitivas los separa del resto de los teleosteos. En relación con esto, Wiley (1976) establece que los lepisosteidos tienen al menos 27 caracteres únicos entre los actinopterigios y éstos corroboran la hipótesis de su origen monofilético como grupo. Suttkus (1963) señala varios rasgos distintivos de los lepisosteidos que sin duda contribuyeron a su supervivencia durante millones de años. Entre los que se encuentra su rígida cubierta protectora proporcionada por escamas rómbicas articuladas entre sí por sus bordes, este tipo de escamas, exclusivas de su género, son únicas entre los peces (*Lepisosteus* = escama osea); la vejiga natatoria está altamente vascularizada y se encuentra conectada con la faringe por el ducto neumático, lo cual los habilita con la capacidad de respirar aire atmosférico; el cono arterial del corazón tiene ocho hileras transversales con 4 a 8 válvulas cada una, lo cual los dota de una capacidad cardíaca particular; poseen vértebras completamente osificadas y opistocélicas, *i.e.* la cara posterior es convexa y la posterior cóncava, una conformación única entre los peces vivientes, esto les permite realizar movimientos rápidos y precisos indispensables en el momento de atacar a sus presas. En el intestino posterior se presentan reminiscencias de válvula espiral, lo cual aumenta su capacidad digestiva, convirtiéndolos en predadores eficaces.

## CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS DEL CATÁN

Dentro del grupo de los lepisosteidos, el catán se distingue por las siguientes características: es un pez de cuerpo cilíndrico con un hocico alargado, aunque relativamente corto (menos de 60% de la longitud de la cabeza), comparado con el resto de los lepisosteidos. Presenta orificios nasales en la punta del hocico y dos hileras de largos caninos en cada lado, así como colmillos dermopalatinos en los adultos. Los huesos craneales tienen pequeños tubérculos redondeados cubiertos de esmalte. Se presentan de 59 a 66 branquioespinas, anchas, y se encuentran comprimidos lateralmente, con convoluciones a lo largo de los márgenes dorsales. Las aletas carecen de espinas; la dorsal y la anal son cortas y se sitúan muy atrás en el cuerpo; mientras que las pectorales y las pélvicas se localizan ventralmente. La aleta caudal está redondeada y es ligeramente asimétrica. Se presentan de 7 a 10 radios en la dorsal, de 7 a 10 en la anal, de 12 a 14 en la caudal, de 8 a 16 en las pectorales y de 5 a 6 en las pélvicas. El cuerpo está totalmente cubierto de escamas ganoideas rómbicas no imbricadas. Las mejillas están cubiertas por numerosas placas. Se presenta una hilera diagonal de 22 a 32 escamas del frente de la aleta anal a la mitad del dorso. Tienen de 49 a 54 escamas predorsales y de 58 a 62 escamas en la línea lateral. El color del dorso va de café oscuro a bronceado, mientras que el vientre va de blanco a amarillento, aunque esta coloración no es común en las especies mantenidas en acuarios (Suttkus, 1963). Ocasionalmente se presentan manchas con pigmentación en el pedúnculo caudal y aletas, particularmente en las tallas más pequeñas.

## NOMBRES CIENTÍFICOS QUE APARECEN EN LA LITERATURA SOBRE EL CATÁN

Además de *Atractosteus spatula*, se le ha denominado *Lepisosteus ferox*, *Lepisosteus belandieri*, *Atractosteus lucius*, *Lepisosteus viridis*, *Litholepsi adamantinus*, *Lepisosteus tristoechus* (No de Bloch y Schneider), *Lepisosteus spatula*.

## NOMBRE COMÚN

De la misma manera se le conoce con varios nombres en las diferentes regiones del país (catán, pejelagarto), así como en EU (alligator gar, garpique alligator) y Sudamérica (gaspar baba).

## ESPECIES SIMILARES

El resto de las especies de lepisosteidos se puede distinguir del catán con base en las siguientes características: poseen un hocico menos ancho con una sola hilera de grandes caninos a cada lado y tienen de 14 a 33 branquioespinas en el primer arco branquial. *L. osseus* (longnose gar) tiene un hocico extremadamente delgado. *L. oculatus* (spotted gar) y *L. platyrhynchus* (Florida gar) tienen un hocico más estrecho que el del catán y presentan manchas en la cabeza. Los juveniles de catán se distinguen de los de *L. osseus*, *L. oculatus*, *L. platyrhynchus* y *L. platostomus* (shortnose gar) por una franja clara en el dorso (Suttkus, 1963). *Atractosteus tristoechus* (confinado al norte de Cuba y la Isla de Pinos) tiene de 67 a 81 branquioespinas en el primer arco branquial y carece de tubérculos en los huesos del techo craneal. *Atractosteus tropicus*, eventualmente se le puede encontrar en aguas salobres, es más pequeño en tamaño y comúnmente tiene el dorso moteado. También presenta una serie de machas oscuras a lo largo de los costados y tiene de 42 a 48 escamas predorsales (Wiley, 1978).

## BIOLOGÍA

Esta especie ha sido a menudo asignada a los *Lepisosteus*. Suttkus (1963), reconoció *Atractosteus* como un subgénero de *Lepisosteus*. Wiley (1976), mostró que los lepisosteidos vivos están comprendidos en dos líneas filogenéticas que datan del Cretácico tardío (75 millones de años), basado en la presencia de un lepisosteido

fósil *Atractosteus strausi* (Kinkelin, 1884), de las formaciones de Messel del Eoceno cerca de Darmstadt, Alemania. Así, Wiley (1976) observó la separación de dos géneros que ocurrieron del inicio a la mitad del Cretácico antes de la separación de la Pangea. Por la antigüedad de esta divergencia concluyó que *Atractosteus* debía ser removido de la sinonimia de *Lepisosteus*, en la cual había sido previamente situado. Sin embargo, por razones de parsimonia en la nomenclatura, algunos autores (E. Robines *et al.*, 1991) mantuvieron la clasificación original. Se desconoce la existencia de fósiles europeos que daten de antes del Cretácico. No obstante, como fue sugerido por Wiley (1976), los lepisosteidos fueron descubiertos en Sudamérica (Santos, 1984; Gayet *et al.*, 1989). Los últimos hallazgos aparentemente confirman el descubrimiento de *Lepisosteus alessandrii* Ameghino (1898), de Argentina, el cual fue puesto en duda por Pascaul (1970) y considerado como incierto por Wiley (1976). Se ha hipotetizado que ambos géneros (*Atractosteus* y *Lepisosteus*) datan al menos de hace 180 millones de años (Wiley, *op. cit.*)

En la actualidad se reconocen siete especies como los únicos representantes vivos de estos dos géneros, las cuales se encuentran restringidas a ciertas zonas de Norte, Centroamérica y el Caribe.

En el género *Lepisosteus* se encuentran:

- L. osseus*
- L. platyrhynchus*
- L. platostomus*
- L. oculatus*

El género *Atractosteus* se encuentra representado por

- A. spatula*
- A. tropicus*
- A. tristoechus*

Según Suttkus (1963) dos de estas especies serían diferentes sólo a nivel subespecífico, considerando la existencia de ciertos indicios de hibridación.

Frecuentemente se ha situado a estos peces junto con los amidos, con los cuales comparten ciertas características tales como la naturaleza abreviada del esqueleto de la caudal heterocerca, la vejiga natatoria dividida en compartimientos y la presencia de una válvula espiral. Sin embargo, difieren en varios aspectos como las escamas, el hocico, los huesos maxilares segmentados y la

quijada inferior que se articula por delante de los ojos (Suttkus, 1963).

## DISTRIBUCIÓN

Como se mencionó, los lepisosteidos se encuentran restringidos al hemisferio occidental (Wiley, 1976), aunque supuestamente existe una especie que se encuentra en China (*L. sinensis*).

El catán se localiza en nuestro país en los estados de San Luis Potosí, Veracruz y Tamaulipas (Morales, 1987). Sin embargo, presenta una amplia distribución hacia el norte a todo lo largo de la costa del Golfo de México hasta Florida, igualmente se le encuentra en el valle del Misisipí y en las partes bajas de los ríos Ohio y Missouri. También se presenta en Nicaragua y en el Noroeste de Costa Rica (Wiley, 1976). El estatus de las poblaciones en ambos países se desconoce.

## HÁBITAT

Se conoce muy poco acerca de la biología de *A. spatula*. A esta especie se le encuentra en las pozas de los grandes ríos y frecuentemente se le ha visto en aguas salobres o marinas a lo largo de la costa del Golfo de México (Goodyear, 1966; Wiley, 1978; Robison y Buchanan, 1988). De hecho, ha sido considerado por diferentes autores como el más tolerante a las salinidades entre los lepisosteidos (Suttkus, 1963). Es capaz de vivir por periodos indeterminados de tiempo en agua totalmente marina, como quedó demostrado por un espécimen que se mantuvo durante varios años en un acuario marino de exhibición (Gilbert, 1992). Goodyear (1967) reportó que al catán se le encontraba en aguas con salinidades de hasta 25 ppt, mientras que Gunter (1945) registró esta especie en las costas de Texas a salinidades de 31 ppt. A diferencia de *L. oculatus* que tiende a ser encontrado principalmente asociado con la vegetación, tanto *A. spatula* como *L. osseus* generalmente se encuentran en hábitats acuáticos más abiertos. Ambas especies parecen preferir lugares profundos dentro de los cuerpos de agua en donde se le localiza. En el caso de *L. platyrhincus*, la escasez de registros en agua marina o salobre indica la poca tolerancia de esta especie a las condiciones salinas (Suttkus, 1963). De manera similar, tampoco se tienen registros de que *L. oculatus* (Suttkus, 1963), ni *A. tropicus*

(Reséndez y Salvadores, 1983) penetren en aguas salobres o lagunas costeras.

## ALIMENTACIÓN

De manera general los lepisosteidos se alimentan principalmente de peces y cangrejos o jaibas (Suttkus, 1963), aunque también se han encontrado restos de aves en sus contenidos estomacales (Raney, 1942) e inclusive basura (Goodyear, 1967). Aunque se han reportado las especies que estos peces consumen con mayor frecuencia, en los cuerpos de agua dulce en donde habitan (*Arius felis*, *Micropogon undulatus*, *Leiostomus xanthurus*, *Mugil cephalus*, *Menticirrhus sp.*, *Brevoortia patronus*, *Lagodon rhomboides*, *Symphurus plagiatus*, *Balistes sp.*, y de manera ocasional *Gallus domesticus*, y *Squilla empusa*), prácticamente se desconoce su dieta en ambientes salobres y marinos (Suttkus, 1963). En el caso del gallo, éste probablemente fue utilizado como carnada. Raney (1942) reportó que eventualmente comía patos y pavos acuáticos (*Anhinga anhinga*), en Cuartex, Resaca, Texas. Gunter (1945) encontró restos de lisas en los intestinos de 50% de los especímenes en Texas. Mientras que el hecho de poder capturarlos utilizando peces muertos como carnada, ha orillado a diferentes autores a considerar que son carroñeros (Gunter, 1945; Suttkus, 1963; Seidens-ticker, 1987).

## Preferencias alimenticias

Parecen depender de varios factores, entre los que se cuentan la disponibilidad del alimento, la etapa de desarrollo y la especie. Así, *L. osseus*, *L. oculatus*, *L. platyrhincus* y *L. platostomus* en su etapa juvenil prefieren insectos, microcrustáceos y peces. A este respecto se ha reportado que los juveniles de *L. osseus* pueden ser mantenidos exclusivamente con larvas de mosquito (Pearson *et al.*, 1979). Sin embargo, dentro de las especies anteriores *L. osseus* muestra mayor preferencia por los peces, con una marcada tendencia a incluir mayor porcentaje de peces en su dieta a medida que crece (Echelle y Riggs, 1972; Holloway, 1954). Por otra parte, se ha observado que en los adultos de *A. tropicus*, los restos de peces, materia orgánica, copépodos y restos de vegetales constituyen los principales componentes alimenticios (Reséndez y Salvadores, 1983). No obstante, en los juveniles aunque el alimento principal siguen siendo los pe-

ces, los restos de insectos forman una parte importante de la dieta, difiriendo así de los hábitos de los adultos (Reséndez y Salvadores, 1983). En menor proporción también se encontraron crustáceos decápodos (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989). Esto indica que *A. tropicus* es un pez carnívoro en su etapa juvenil, sin embargo, poco a poco va aumentando la variedad de su dieta conforme crece, hasta incluir vegetales en ella cuando ya es adulto.

Los lepisosteidos comúnmente son considerados como un estorbo y como detrimentales para las especies de peces que se capturan durante la pesca deportiva y dentro de los lepisosteidos *A. spatula* tiene la peor reputación, aunque este aspecto ha sido objeto de controversias. En efecto, Toole (1971) muestra evidencias de un estudio realizado durante cinco años, cuyos datos indican que tanto *A. spatula* como *L. osseus* y *L. oculatus*, son predadores de especies de forraje. Los tres lepisosteidos ingieren a las especies forrajeras en grandes porcentajes; sin embargo, esto se atribuye a hábitos alimenticios no selectivos que dependen solo de la disponibilidad de alimento. Sobre este propósito, Lagler (1942, citado por Holloway, 1954) señala que las poblaciones de lepisosteidos son mayores en donde se localizan poblaciones importantes de especies forrajeras. A este respecto, también se ha mencionado que debido a la distribución o al comportamiento de las especies forrajeras, estas resultan más vulnerables que las de importancia deportiva (Echelle y Riggs, 1972). Por ejemplo, algunas de estas tienden a asociarse durante la noche en aguas poco profundas cerca de las orillas formando cardúmenes importantes, lo que las hace particularmente susceptibles a la predación por los lepisosteidos. Por el contrario, Netch (1964) indica que debido a los hábitos alimenticios de los lepisosteidos y la gran habilidad de las especies de peces de interés en la pesca deportiva para evitar la predación, existen pocas posibilidades de que las poblaciones de éstas se vean disminuidas. Aunado a esto, los estudios de diferentes autores indican que generalmente los contenidos estomacales de distintas especies de lepisosteidos (*L. oculatus*, *L. platyrhincus*, *L. osseus*) revelan que sólo se alimentan de especies de interés para la pesca deportiva en un mínimo porcentaje y que en su lugar prefieren forrajeras (Crumpton, 1970; Dugas *et al.*, 1976), aun cuando algunas especies, como la perca es abundante en medio. Se ha señalado que el único

daño para las especies deportivas sería el causado por el consumo de las forrajeras, lo que reduciría el suplemento de alimento para las deportivas (Dean, 1895). Por esta razón se considera que son oportunistas en su alimentación.

Los hábitos oportunistas de los lepisosteidos aparecen desde la etapa larval como lo demuestran las observaciones de Pearson *et al.* (1979), quienes mencionan que las poslarvas de *L. osseus* se pueden alimentar indistintamente de microcrustáceos, larvas de insecto o larvas de peces, siendo la disponibilidad de cada una de las especies la que define su preferencia.

Esta falta de selectividad en su alimentación queda de manifiesto al observar los objetos inusuales encontrados en los contenidos digestivos de diferentes especies. A este respecto Crumpton (1970) menciona la ocurrencia de latas, anzuelos, huesos y plumas en el caso de *L. osseus*; Goodyear (1967) señala la presencia no sólo de diferentes tipos de anzuelos, sino también de un pedazo de látigo, un carrete de acero inoxidable y el termostato de una maquina diesel.

### Comportamiento predatorio

La estrategia de predación de los lepisosteidos ha sido descrita en particular para *L. osseus* (Suttkus, 1963; Netch, 1964). Esta especie normalmente no realiza movimientos innecesarios, permanece de preferencia inmóvil hasta que su presa se encuentra a su alcance y en ese momento con un movimiento lateral muy rápido de la cabeza atrapa súbitamente de un mordisco a la víctima. Generalmente mantiene a su presa en el hocico durante varios minutos, hasta que su presa cesa de debatirse, posteriormente la voltea hasta que la cabeza apunta en dirección de su esófago y entonces procede a tragársela.

Vale la pena señalar que a pesar de los poderosos dientes con que se encuentran dotados los lepisosteidos, en los contenidos estomacales prácticamente no se hallan individuos en pedazos o mordidos, lo que sugiere que los dientes son utilizados principalmente para evitar que las presas escapen.

### Hábitos alimenticios

Los escasos organismos bentónicos encontrados en los contenidos estomacales y la abundancia de pelágicos (e.g. *Gambusia*) supone que su alimentación se realiza principalmente en la superficie

(Echelle y Riggs, 1972). Se ha sugerido que este tipo de alimentación tiene cierta relación con su capacidad para respirar aire atmosférico, un proceso que ocurre frecuentemente durante el verano en las aguas poco profundas de los lagos.

Por otra parte, Holloway (1954) menciona que la alimentación de *L. platyrhincus* se lleva a cabo principalmente a la caída del sol, durante las noches o en los días nublados. Esto coincide con lo observado por Reséndez y Salvadores (1983), quienes en función del grado de digestión de los contenidos estomacales de *A. tropicus* y de la hora de captura dedujeron que estos animales eran de hábitos nocturnos. De manera similar Goodyear (1967) menciona que *L. osseus* es un predador activo en aguas abiertas, alimentándose preferentemente en la noche.

Se ha señalado que cuando se encuentran en grupo y alguno empieza a comer, el resto le sigue (Holloway, 1954). Esto podría ser indicativo de cierta jerarquía.

Un aspecto interesante, que se ha observado, es que cuando diferentes especies cohabitan en un mismo cuerpo de agua ocupan nichos ecológicos muy diferentes. En relación con esto, Goodyear (1967) encontró que mientras el catán podía ser carroñero, otras especies (*L. osseus* y *L. oculatus*) eran exclusivamente predadores activos. Adicionalmente, tanto la talla de *A. spatula*, como el mayor tamaño de las especies que normalmente consume, en comparación con las que ingieren otras especies de lepisosteidos, lo excluyen como competidor de *L. osseus* y *L. oculatus*. Seidensticker (1987), observó que los catanes aprecian particularmente aquellas especies mayores de 20 cm (p. ej. bagres) que se alimentan del bentos.

## PARASITOS Y ENFERMEDADES

*A. spatula* es parasitado naturalmente por el tremátodo bucefalido *Rhipidocotyle lepisostei* en la bahía de Barataria, Louisiana (Hopkins, 1954), en el Río Rojo en Oklahoma y Texas (Hopkins, 1967), y en Galveston, Texas (Wardle, 1990). Presumiblemente adquieren el parásito en la etapa de metacercaria mediante de la ingestión de las lisas (*Mugil curema* y *Mugil cephalus*). Comparativamente, en *A. tropicus* se han encontrado más parásitos. Chávez-Lomelí *et al.* (1989) encontraron algunos nemátodos adheridos al mesenterio de la cavidad abdominal. Por otra parte,

Caballero y Caballero (1975; citado por Reséndez y Salvadores (1983), describen un nuevo género y especie de tremátodo: *Neotropicotrema bychowsky*, pequeño parásito intestinal. En tanto que Reséndez (1981; citado por Reséndez y Salvadores, 1983) encontró en *A. tropicus* un ectoparásito del género *Argulus* sp. (Crustáceo Brachiuro) en las axilas pélvicas. Reséndez y Salvadores (1983) reportan la ocurrencia de un Céstodo, *Proteocephalus* sp. Igualmente, se encontró un nemátodo enquistado bajo las escamas perteneciente al género *Cystoopsis* sp. Otro nemátodo que apareció en forma de larva del tercer estadio en mesenterios, musculatura e intestino fue *Contracaecum* sp. (Reséndez y Salvadores, 1983). Entre los ectoparásitos que viven en la superficie del cuerpo de *A. tropicus* se registraron dos crustáceos: *Argulus* sp. y *Ergasilus* sp. El primero suele encontrarse en las axilas de las aletas pares, pero en los pejelagartos examinados se encontró en la superficie del cuerpo. El segundo se encontró a nivel de las branquias.

León *et al.* (1978) reportan la incidencia de una enfermedad de origen bacteriano denominada "emblanquecimiento de la piel" en *A. tristoechus*, ésta surge en forma masiva durante la captura y el traslado de los animales, llegando a provocar mortalidades masivas. Igualmente, menciona mortalidades de *A. tristoechus* por causa de Oodiniasis causada por *Oodinium*. También la ocurrencia de parásitos del género *Argulus*, los cuales llegan a perforar la piel y como consecuencia se desarrollan procesos inflamatorios con hemorragias. Otro parásito reportado en el manjuarí es *Laernea*, éste ataca preferentemente a los alevines debilitándolos a causa de las heridas inflingidas.

## CRECIMIENTO

Los lepisosteidos se encuentran entre los peces con mayor velocidad de crecimiento (Netch y Witt, 1962) y se ubican entre las especies más grandes en el mundo que habitan las aguas continentales. Dentro de los lepisosteidos, la especie que alcanza mayor tamaño es el catán *A. spatula*. Para esta especie se han reportado tallas de hasta 304.8 cm TL y casi 140 kg de peso (Suttkus, 1963; Carlander, 1969). Morales (1987) menciona que la tasa de crecimiento de *A. spatula* en cautiverio es 76 cm/año. *A. tristoechus* llega alcanzar hasta dos metros de largo (León *et al.*, 1978). Dentro de este contexto, se considera que *A. tro-*

*picus* es una especie relativamente pequeña. En efecto, la talla del pejelagarto varía de 37.7 a 90.5 cm y de 1.9 a 5 kg de peso (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989), y en ocasiones llegan a la edad adulta en dos años, alcanzando un metro de longitud (Resendez y Salvadores, 1983). En este caso su precocidad para madurar limita la tallas finales.

Netch y Witt (1962), en un experimento de crecimiento efectuado con *L. osseus*, señalan la extraordinaria tasa de crecimiento que exhibieron los individuos, llegando a seis veces más por día que otros peces. Este crecimiento, principalmente en longitud, lo atribuyen entre otros factores a la forma del cuerpo, argumentando que los peces más esbeltos tienden a alargarse más que los robustos, a la gran cantidad de alimento que pueden consumir (10% de su peso por día) manteniendo, sin embargo, una eficiente utilización del alimento con una tasa de conversión alimenticia de 2.34 y a su relativa inactividad, por lo que la energía estaría canalizada hacia el crecimiento. En efecto, como se mencionó anteriormente, la inactividad que los caracteriza y por ende su carácter relativamente sedentario, indican que no van en busca de sus presas, sino que esperan a que se encuentren en las proximidades para atacarlas (Pearson *et al.*, 1979)

## RELACIÓN CON EL HOMBRE

A pesar de que se han contado muchas anécdotas acerca de la ferocidad del catán, hasta el momento no existen hechos documentados de ataques directos al hombre. La respuesta habitual cuando un catán es perturbado, es nadar hacia aguas más profundas. De acuerdo a Dean (1895), en el sur de Estados Unidos se crearon muchas leyendas sobre su supuesta ferocidad, con el fin de evitar que los negros entraran en los ríos en donde habitaban los catanes y así pudieran escapar. Según Rafinesque (<http://cedar.evansville.edu/~ck6/bstud/hugegar.html>) son capaces de matar un cocodrilo.

En muchas áreas *L. osseus* está considerado no sólo como un pez desagradable y predador, sino como destructivo, ya que a menudo las redes agalleras y de arrastre se encuentran dañadas en las aguas salobres de Louisiana. Debido a esto, muchos pescadores los mutilan antes de arrojarlos de nuevo al agua (Suttkus, 1963). Una frase de Forbes y Richardson (1920 citado por Netch y Witt, 1962) muestra la apreciación de

estos peces "... son una molestia, resultan totalmente inútiles y destructivos en su relación con el hombre. De hecho tienen todos los vicios y ninguna de las virtudes de los peces predadores".

No obstante que se ha exhortado continuamente la erradicación de los lepisosteidos de sus hábitats naturales, aún queda por demostrar de manera clara en qué medida su reducción resultaría en un aumento o disminución de las especies de interés comercial o deportivo (Holloway, 1954).

Una de las maneras de diezmar las poblaciones de lepisosteidos ha sido incentivar la pesca deportiva del catán ("Gar fishing rodeos"), la cual se ha vuelto popular en los últimos años en Louisiana, Arkansas, Mississippi (Suttkus, 1963). En Estados Unidos existe una asociación que reúne a todos aquellos interesados en la pesca del catán *Gar Anglers' Sporting Society* (<http://www.megsinet.net/~garman/>). En esta se dan detalles de las técnicas y artes de pesca necesarios para capturar diferentes lepisosteidos. Actualmente es común ver propaganda relacionada con la pesca de catán como uno de los atractivos turísticos de Costa Rica (<http://fishcostarica.com/charters.html>).

Desde hace varios años se han venido describiendo diferentes métodos para capturarlos o simplemente matarlos, por ejemplo Holloway (1954) menciona diferentes técnicas de pesca para capturar a los lepisosteidos y señala que se atrapan disparándoles cuando salen a la superficie, con electricidad, con senas, con redes agalleras, con anzuelos, entre otros. Destaca igualmente la facilidad para capturarlos o matarlos en grandes cantidades haciendo uso de rotenona.

## TOXICIDAD DE LOS HUEVOS

Existen evidencias que señalan que los huevos de los lepisosteidos son venenosos. A este respecto, Netch y Witt (1962), reportan que la ingestión de los huevos de *A. spatula* fue suficiente para matar a 90 gallinas. Además, mencionan que no se presenta ingestión voluntaria, por lo que es necesario forzar a los animales experimentales a comerlos. Ni perros, ni gatos, ni gallinas los ingieren voluntariamente. Los huevos resultan igualmente tóxicos para los ratones. Sin embargo, en todos los casos registrados, la toxicidad no afecta a los predadores naturales de las diferentes especies de lepisosteidos, por lo que algunos peces pueden ingerirlos sin complicaciones, como es el caso de *Lepomis macrochirus* y una carpa de río (*Car-*

*poides carpio*), por lo que estos peces están considerados como predadores naturales de *L. osseus*.

Dentro de las diferentes especies de lepisosteidos, la hueva de *L. osseus*, *L. oculatus* y *A. spatula* son particularmente tóxicas (Burns *et al.*, 1981). La de las diferentes especies resultó en una mortalidad distinta sobre los ejemplares de langostino en los que se probó en ensayos de inyección y alimentación experimental. Se observó 100% de mortalidad con la hueva de *A. spatula*, 77% con la de *L. osseus* y 38% con la de *L. oculatus*. Se sabe que la toxina actúa sobre el corazón produciendo bradicardia, un efecto inotrópico negativo relacionado con la interferencia de flujo de  $Ca^{++}$  en el músculo cardíaco.

Se ha postulado que la existencia de esta toxina tiene cierta relación con la ecología reproductiva de las especies de lepisosteidos. *L. oculatus* tiene huevos muy pequeños con matices verde-grisáceos que son desovados en áreas de densa vegetación. Por lo que en función de estas características es probable que no se requiera de alto nivel de toxicidad. En cambio, las otras dos especies (*L. osseus* y *A. spatula*) desovan huevos cuya pigmentación es más aparente y esto se lleva a cabo en áreas más desprotegidas, lo que sugiere la necesidad de mayor toxicidad. El hecho de que la hueva sea tóxica limita su utilización en la producción de caviar como en el caso del esturión (Suttkus, 1963).

## IMPORTANCIA

En el caso particular de Centro, Sudamérica y el Caribe, los lepisosteidos se consideran de importancia comestible, ocupando un lugar importante en la dieta de varias poblaciones (Contreras, 1987; León *et al.*, 1978; Morales, 1987).

Igualmente han tenido cierta importancia cultural. Así, en Norte y Centroamérica los indios han venido utilizando tradicionalmente las escamas ganoideas y los huesos para confeccionar puntas de flecha, instrumentos rituales y ornamentos (Suttkus, 1963). Se cree que los indios utilizaban su piel como armadura y las escamas como ornamentos e instrumentos rituales y para fabricar cabezas de flechas (León *et al.*, 1978). También se menciona que utilizaban la piel para forrar las hojas de los arados.

## SITUACION ACTUAL DE LAS POBLACIONES DE LEPISTOIDEOS

Debido a que los lepisosteidos se encuentran en el último eslabón de la cadena alimenticia, son potencialmente más susceptibles de sufrir de toxicidad aguda a través de la bioacumulación. Consecuentemente, es necesario muestrear tejidos de los ejemplares capturados para confirmar la aparición de toxinas a niveles que puedan afectar adversamente la capacidad reproductiva o la sobrevivencia de los individuos.

La pérdida de las poblaciones de catán dejaría sin duda una triste huella dentro de la crisis actual por la que pasa la biodiversidad, ya que los catanes se encuentran entre los sobrevivientes de la ictiofauna que precedió el impacto del asteroide de Yucatán, el cual llevó a la extinción de los dinosaurios. Desafortunadamente, varios aspectos básicos de su biología con interés en la conservación se desconocen o apenas han sido explorados. Las preferencias de hábitats específicos, hábitos reproductivos, localización y prevalencia de sitios de desove y alevinaje, dietas en ambientes salobre o marinos, se desconocen. Éstos y otros aspectos de la biología deben ser entendidos si se desea determinar con mayor precisión el estatus de la especie. Por el momento, es incierto el grado en el cual las poblaciones se encuentran amenazadas y el tipo de medidas específicas que se requieren para protegerlas.

Las áreas pantanosas en donde se les localiza han sido a menudo consideradas como indeseables, ya que contienen agua relativamente estancada y porque se consideran como un obstáculo para la navegación y la construcción de caminos. Hasta recientemente estas áreas se han venido rellenando para construir caminos y desarrollar zonas habitacionales, lo que ha arruinado de manera crítica las zonas de desove. Consecuentemente, la especie esta potencialmente en un riesgo considerable de desaparecer en gran parte del Golfo de México.

A partir de esta reflexión, se deriva la necesidad de realizar estudios prospectivos para determinar con precisión la abundancia de la especie en las aguas continentales aledañas al Golfo de México.

## ESTUDIOS SOBRE EL DESARROLLO LARVARIO DEL CATÁN

En el caso del catán, su explotación desmedida, por efecto de la pesca comercial y deportiva, y los daños causados a su hábitat, a causa de la contaminación y las alteraciones que han venido sufriendo las áreas naturales de reproducción, han provocado que en los últimos años se registren capturas de apenas una tonelada en regiones en donde tradicionalmente se llegaban a pescar hasta 13, la reducción de este volumen no sólo ha significado pérdidas millonarias para los pescadores y restauranteros de la región, sino el riesgo de perder una especie nativa única en el mundo por su importancia científica y cultural.

Estos dramáticos registros de captura en México indican que se debe actuar con premura para establecer medidas como la adoptada para el caso del manjuarí desde hace varios años, el cual se encuentra en veda permanente, prohibiéndose su pesca a particulares, aunque eventualmente se permita la captura de algunos individuos que son objeto de taxidermia para ser vendidos a los turistas en Cuba (León *et al.*, 1978).

Esta situación se ha generado, no obstante haberse incrementado de manera substancial la producción de crías, debido a la carencia de un alimento que permita la sobrevivencia de las larvas hasta una talla adecuada para su liberación en el medio con fines de repoblación. Actualmente se depende enteramente de presas vivas; sin embargo, el acelerado crecimiento de las larvas genera de inmediato un abasto insuficiente debido a los grandes volúmenes que se requieren, esto se traduce en innumerables casos de canibalismo, diferencia de tallas y pésimas condiciones nutricionales de algunas de las larvas sobrevivientes, lo que implica su liberación al medio en un periodo muy corto de tiempo, quedando así interrumpido el ciclo de cultivo.

Evidentemente esta problemática ha venido repercutiendo no sólo sobre la cantidad de larvas producidas, sino sobre su calidad, lo que ha causado gran incertidumbre en cuanto a sus posibilidades reales de sobrevivir en el medio natural.

En un esfuerzo por resolver la problemática que representa la disminución de las poblaciones de catán, se han implementado una serie de investigaciones que generen la información necesaria para caracterizar las diferentes fases del desarrollo de esta especie por parte del Grupo Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Bioló-

gicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Hasta el momento este programa se ha orientado esencialmente hacia la caracterización de las diferentes fases del desarrollo larvario de esta especie, con miras a conocer los aspectos fundamentales de la fisiología digestiva de las larvas, así como los relativos a su zootecnia, con el fin de adecuar una dieta artificial para su cultivo.

Para lograr una aproximación realista a la solución de estos problemas, además de la participación del Grupo Ecofisiología, se han incorporado recientemente los Centros Acuícolas de Tancol y Vicente Guerrero, los cuales han venido trabajando en la producción de crías de catán desde 1980, el CRIP de Tampico, la Asociación de Acuicultores de Tamaulipas, el CIBNOR, el National Research Center de Canadá, la Universidad de Texas en Austin y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Adicionalmente, se ha contado con el financiamiento de proyectos del Conacyt y SIREYES, mediante los cuales se realiza la investigación de tres tesis de licenciatura, cuatro de maestría y dos de doctorado.

Este programa inició sus primeras investigaciones en 1997, enfocándose al estudio del desarrollo de las larvas. Con la finalidad de realizar esta fase de la investigación, se recuperaron huevos y larvas del *Centro Acuícola Tancol*, en donde se llevó a cabo la reproducción con 16 machos de un peso promedio de 22.3 kg y una talla de 105 cm y 9 hembras de 30.1 kg y 125 cm en promedio. Igualmente, se contó con la cooperación del Centro Acuícola Vicente Guerrero, perteneciente al gobierno del estado de Tamaulipas, en donde se recuperaron huevos y larvas a partir de la reproducción de cinco machos de un peso promedio de 14.6 kg y una talla de 80 cm y dos hembras de 17 kg y 97 cm de longitud promedio.

A pesar del corto tiempo que lleva este programa, hasta el momento se han obtenido resultados alentadores que permiten vislumbrar la posibilidad de cultivar las larvas de catán utilizando dietas artificiales. A continuación se presentan los estudios emprendidos en las diferentes fases de la investigación, los resultados obtenidos y las perspectivas que se han venido derivando de estos.

### Estudios morfológicos

Hasta el momento se han determinado las características morfológicas, la composición química y el grado de desarrollo embrionario en huevos y larvas fijados a intervalos de 6 horas. Se pudo obser-

var que la eclosión de las larvas inicia a las 50 h, cuando los huevos son incubados a 30°C. Las larvas recién eclosionadas presentan una longitud promedio de 7.2 mm y permanecen adheridas a la vegetación hasta el quinto día, momento en que se desprenden para comenzar a alimentarse de zooplancton, cuando tienen una longitud de 17.7 mm. Si existe un suministro adecuado de este alimento, para el décimo día, las larvas llegan a medir 23 mm adquiriendo la forma alargada característica de los adultos. A partir de este momento la velocidad de crecimiento se acelera y para el 15°. día las crías llegan a medir 48 mm. Sin embargo, aquellas larvas que no reciben suficiente alimento tienen un crecimiento significativamente menor, alcanzando apenas 21.2 mm. Esto las convierte en presas fáciles para las larvas más grandes, por lo que no llegan a sobrevivir más allá del 15°. día.

Recientemente se llevó a cabo un estudio comparativo del crecimiento de larvas de catán (*A. spatula*) y pejelagarto (*A. tropicus*), por medio del cual se logró determinar el mayor potencial de crecimiento de las larvas de catán desde sus primeras etapas. Así, durante los primeros 10 días, mientras las larvas de catán crecían en promedio 1.5 mm/día, las de pejelagarto sólo lo hacían 1 mm/día. Esta tasa de crecimiento se mantiene constante en el pejelagarto después del 10°. día, mientras que en el catán a partir del 11°. día se registran tasas de hasta 5.06 mm/día. Paradójicamente esta ventaja en la velocidad de crecimiento del catán ha sido uno de los principales factores que han limitado su cultivo, ya que debido a que las prácticas que se llevan actualmente implican la alimentación de las larvas con zooplancton durante un par de días, una vez iniciada la alimentación exógena (seis días después de la eclosión) y su subsecuente liberación al medio natural, debido a que las cantidades de zooplancton producidas no son suficientes para soportar este crecimiento y porque, prolongando por más tiempo el cultivo, se presentan fuertes diferencias en tallas y las consecuente mortalidades por canibalismo e inanición. O bien, rápidamente presenta una disminución en el consumo de las presas, ocasionado aparentemente por la gran diferencia en el tamaño de la boca con respecto al tamaño de la presa. Por otra parte, también fue evidente el desarrollo más rápido del hocico en el catán, con relación a su longitud corporal, lo cual viene a explicar que se presente

mayor canibalismo en etapas tempranas, en comparación con las larvas de pejelagarto. Lo anterior sugiere un cambio más precoz en los hábitos alimenticios de las larvas de catán, al considerar que la forma alargada del hocico en los lepisosteidos representa una adaptación a los hábitos ictiofagos.

Es notable que las larvas de ambas especies, mantenidas en inanición, no presentan diferencias con aquellas larvas que recibieron alimento exógeno hasta el octavo día después de la eclosión, lo cual indica que las reservas de vitelo son suficientes para continuar su desarrollo. No obstante, en el caso del catán, después del 10°. día, cuando la velocidad de crecimiento se incrementa considerablemente y no existen más reservas de vitelo, la falta de alimento exógeno se refleja rápidamente en la longitud total de las larvas, así como en la mayoría de las variables morfométricas, al ser comparadas con organismos de la misma edad que recibieron alimento. Mientras que en el pejelagarto estas diferencias no son apreciables sino hasta el 13er. día. En función de estos resultados, la liberación de las larvas debería realizarse una vez que la transformación de éstas ha sido completa.

Un aspecto práctico que se deriva a raíz de las observaciones realizadas en este estudio es la pigmentación característica de las larvas alimentadas y aquéllas mantenidas en inanición. A este respecto se observó que las larvas en inanición, en el caso del catán, presentaban áreas de pigmentación negras o grises más intensas y extendidas, cubriendo la mayor parte del cuerpo de la larva y al mismo tiempo se apreciaba un menor contraste con las restantes áreas claras, ya que éstas perdieron la mayor parte del brillo. Por lo cual esta característica puede ser utilizada como un primer indicador de la condición nutricional de las larvas de catán. En el caso del pejelagarto se presentó un patrón similar en la coloración al observado en las larvas de catán, al ser más oscuras aquellas larvas a las cuales no se les había suministrado alimento exógeno. Estos cambios en el patrón de coloración de las larvas en inanición, en ambas especies, pueden tener gran utilidad práctica al realizar este tipo de observación directamente sobre lotes de larvas vivas, de tal manera que inclusive con poca experiencia práctica sobre esta característica se puede contar con un indicador rápido de la condición de las larvas.

Este tipo de experimentos en los que se controla el periodo en que las larvas reciben alimento,

o evaluarse la cantidad y calidad de alimento suministrado, arrojan importante información para determinar las condiciones más adecuadas para el cultivo de este tipo de peces, así como para la evaluación de ejemplares silvestres como lo sugirieron Pearson *et al.* (1979.)

### Estudios histológicos

Debido a que las larvas de peces no presentan un tracto digestivo desarrollado, lo cual limita la posibilidad de utilizar dietas artificiales (Person-Le Ruyet, 1989; Verret *et al.*, 1992; Walford y Lam, 1993; Moyano *et al.*, 1996), fue necesario seguir la formación del mismo, para determinar el momento en que su sistema digestivo estuviera completamente formado. A este respecto, se pudo observar que al tercer día las larvas aún presentaban un intestino recto, formado por epitelio simple, cuya diferenciación se iniciaba en el intestino posterior con la formación de una válvula espiral. Para el sexto día ya era posible apreciar el estómago, la válvula espiral y tejido pancreático diferenciados, a pesar de contar todavía con reservas de vitelo. Por otra parte, un lote de larvas mantenidas en inanición mostró un desarrollo incipiente del sistema digestivo, representado sólo por un intestino tubular con células epiteliales poco desarrolladas. Estas diferencias hicieron posible el establecimiento de un índice de condición de las larvas, basado en la altura de los enterocitos (Theilacker, 1986; Theilacker y Watanabe, 1989; Theilacker y Porter, 1994), el cual resulta útil como punto de referencia para evaluar la utilización y el aprovechamiento de las dietas artificiales.

### Estudios enzimáticos

Dentro de este contexto, a nivel fisiológico, el equipamiento con las enzimas digestivas necesarias para aprovechar las dietas es definitivo. Tomando en cuenta otras investigaciones relacionadas, se ha considerado que la actividad proteolítica ácida es un indicador de la maduración del tracto digestivo y el momento en el que se detecta esta actividad resulta el más apropiado para iniciar la alimentación de las larvas con dietas artificiales (Lauff y Hofer, 1984; Buddington, 1985; Person-Le Ruyet, 1989; Dabrowski y Culver, 1991; Moyano *et al.*, 1996). En el caso de las larvas de catán, en un trabajo conjunto con investigadores del Centro de Investigaciones

Biológicas de la Paz, BCS, se implementó una técnica de sustrato-gel **electroforesis** con la cual se logró determinar la existencia de dos picos de actividad proteolítica total a pH 2.2 y 8.4 bien marcados en las larvas a partir del quinto día. Cabe señalar que la actividad proteolítica ácida se comportó de manera similar a la actividad alcalina, sólo que el nivel de actividad fue diez veces mayor. Lo anterior refleja el efecto de las secreciones pancreáticas y gástricas necesarias para el buen desempeño de la actividad proteolítica alcalina en el intestino, así como de la actividad proteolítica ácida en el estómago, como resultado de la secreción de carbonatos y sales biliares en el intestino y de HCl en el estómago. De la misma forma, estos dos tipos de actividades digestivas se encuentran bien establecidas a partir del quinto día. La presencia precoz, así como los elevados niveles de actividad proteolítica ácida detectados en las larvas de catán, revelan que estos peces presentan un estómago funcional desde que inician la alimentación exógena, lo cual es equiparable a la condición que presentan las larvas de esturiones y algunos salmónidos (Budington, 1985; Budington y Doroshov, 1986; Gawlicka *et al.* 1995). En efecto, el análisis de las actividades proteolíticas específicas detectadas por medio de sustratos sintéticos e inhibidores específicos, revela la presencia de pepsina desde el inicio de la alimentación exógena (quinto día). Mientras que se detectaron actividades de tripsina, quimotripsina y aminopeptidasa a partir del segundo día. Los niveles de fosfatasa ácida observados en larvas de catán se mantuvieron altos hasta el octavo día, lo cual podría estar relacionado con el proceso de asimilación de las reservas de vitelo, ya que la disminución de estos niveles ocurre justo en el momento en que estas reservas se están agotando. En tanto que las los niveles de fosfatasa alcalina presentan pocas variaciones. La actividad amilásica detectada en larvas de catán a partir del tercer día fue muy baja. Esto puede deberse a los hábitos carnívoros del catán, ya que se ha observado que los peces con hábitos herbívoros y omnívoros requieren de niveles más elevados de actividad amilásica con respecto a los peces carnívoros (Vonk y Western, 1984; Munilla y Saborido, 1996).

En función de estos resultados, es posible estimar que la capacidad digestiva de las larvas del catán es muy completa desde el momento en que inicia la alimentación exógena, presentándose un incremento sostenido en la actividad con la edad. Por lo cual es altamente probable que su capaci-

dad digestiva no sea una limitante para que las larvas puedan utilizar dietas artificiales. Al mismo tiempo, considerando que la actividad proteolítica ácida del estómago se encuentra desde que inician la ingestión de alimento, es probable que las larvas de catán puedan ser acondicionadas al consumo de dietas artificiales desde la primera alimentación, de la misma forma que se ha venido realizando en los salmónidos y esturiones (Dabrowski *et al.*, 1985).

### Estudios endocrinológicos

Un factor que ha sido igualmente considerado como determinante para el desarrollo de las larvas de peces, es el control ejercido por las hormonas tiroideas y los corticosteroides sobre la maduración del sistema digestivo (Lam, 1980; Brown *et al.*, 1987; Dabrowski y Culver, 1991; De Jesús, 1991). Tomando en cuenta esta premisa, se llevaron a cabo una serie de bioensayos a partir de los cuales se pudo observar que las larvas recién eclosionadas, al ser sometidas a un tratamiento por inmersión, durante diez días, con hormonas tiroideas (T3 y T4), goitrógenos (Tiourea) y corticosteroides (Hidrocortisona) presentaban diferencias marcadas en el desarrollo del tracto digestivo. De esta manera fue posible notar que con algunos de estos tratamientos era posible inducir una maduración precoz del sistema digestivo. En el caso particular de aquellas larvas tratadas con T3, se observó que iniciaban su diferenciación en etapas más tempranas que las larvas que no habían recibido ningún tratamiento (control), llegando a reflejar las características de la forma juvenil al séptimo día de tratamiento. No obstante, para el décimo día se presentaron evidencias de malformación, presumiblemente debido a una sobredosis, resultando en niveles cuatro veces superiores a los registrados en las larvas control. Otra evidencia del efecto de la T3 en la metamorfosis es la coloración que adquirieron las larvas sometidas a este tratamiento, siendo diferente a la descrita para cualquier estadio larval, ya que los organismos presentaron una coloración grisácea en la parte dorsal y en los costados, mientras que la parte ventral mostró matices claros, en tanto que las aletas impares fueron más oscuras. Este patrón de coloración sólo se puede observar en organismos juveniles. Por otra parte, las larvas tratadas con T4 e Hidrocortisona presentaron un

desarrollo más acelerado. Mientras que las larvas expuestas a Tiourea, el cual es un agente antitirodiano, presentaron características neoténicas, sin alcanzar su transformación a la forma juvenil durante los diez días de tratamiento, aunque el crecimiento corporal (peso y talla) hubiera resultado similar al registrado en el resto de los tratamientos.

Un aspecto relevante es el hecho de que estas hormonas, y particularmente la Hidrocortisona, hayan ejercido un efecto considerable sobre las células del epitelio intestinal, las cuales se encontraron más desarrolladas que en las de las larvas que no habían recibido tratamiento hormonal. Asimismo, fue notable el hecho de que las larvas tratadas con Tiourea presentaran células intestinales más desarrolladas que las larvas control. Sin embargo, las células del estómago de las primeras, no alcanzaron el grado de diferenciación de las larvas tratadas con T3, T4, e Hidrocortisona, lo cual confirma el efecto promotor de estas hormonas en el desarrollo del tracto digestivo.

Estos resultados abren dos nuevas vertientes en una siguiente etapa de investigación: a) la posibilidad de propiciar el consumo de dietas complejas (*e.g.* dietas artificiales) desde las primeras etapas larvales al utilizar hormonas tiroideas y corticosteroides, y b) la posibilidad de controlar el canibalismo al exponer las larvas a agentes antitirodianos, ya que de esta manera se podrían obtener larvas más grandes pero con el hocico menos desarrollado, lo que impediría el consumo de organismos de su misma talla, pero no así de presas vivas más pequeñas.

### Estudios de alimentación

Un aspecto decisivo para la aceptación de las dietas artificiales es la presentación de las mismas, la cual reposa sobre las características físicas y de atracción visual y química que deben tener las partículas alimenticias para las larvas (Person-Le Rauyet, 1989). Para este efecto, se realizó un bioensayo con una dieta comercial para larvas de salmónidos. Esta fase experimental permitió apreciar que estas dietas no eran enteramente consumidas por las larvas de catán debido a su poca flotabilidad, y no resultó posible aumentar la disponibilidad de estas dietas manteniéndolas en la columna de agua mediante la incorporación de air-lifts, como se realiza regularmente en la alimentación de larvas de peces marinos. Conside-

rando estos resultados se iniciarán pruebas con dietas extruidas, las cuales presentan mayor flotabilidad, lo que las hará más disponibles, ya que la alimentación de las larvas de catán se realiza principalmente en la superficie del agua. De manera colateral se intentará asegurar la aceptación de estas dietas por medio de la adición de atrayentes químicos a las dietas.

### Estudio sobre marcadores bioquímicos

Con la finalidad de entender el metabolismo de las larvas y no limitarnos a realizar únicamente evaluaciones morfológicas e histológicas de éstas, se ha venido desarrollando una técnica basada en la relación de los ácidos nucleicos de las mismas, en colaboración con el personal de la *Universidad de Texas en Austin*. Esta técnica reposa sobre la relación del contenido de ácido ribonucleico (RNA) con respecto al contenido de ácido desoxiribonucleico (DNA), como un indicador bioquímico útil para evaluar la condición nutricional de las larvas. El fundamento de la técnica reside en que la cantidad de DNA es virtualmente constante en los tejidos somáticos y no se ve afectada por la condición nutricional, por lo que las concentraciones en los tejidos de las larvas reflejan el número de células. Mientras que, por otro lado, la cantidad de RNA en las células es directamente proporcional a la síntesis de proteínas que se lleva a cabo en las mismas y por ende depende de la condición nutricional (Theilacker y Watanabe, 1989). De esta manera, la tasa RNA/DNA resulta ser un índice de la intensidad metabólica celular que permite predecir de manera confiable las posibilidades de sobrevivencia bajo diferentes regímenes alimenticios (Suthers *et al.*, 1996). Actualmente se ha logrado implementar esta técnica con larvas de *goldfish* y ya se han comenzado los primeros análisis en larvas de catán.

### BIBLIOGRAFIA

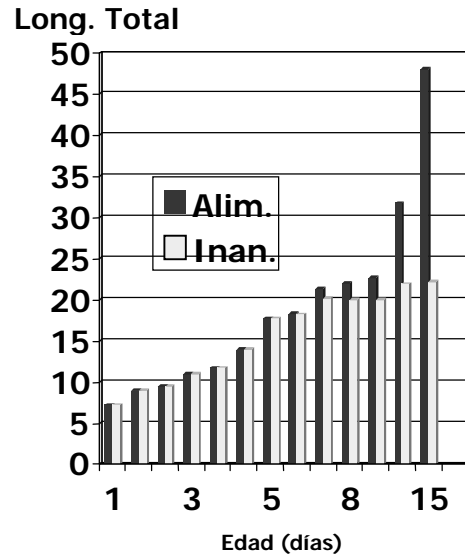
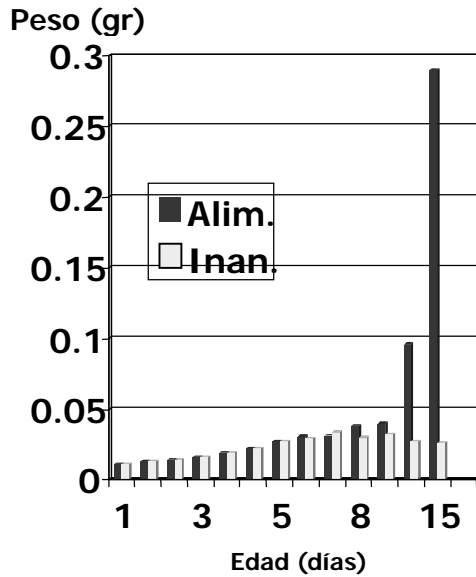
- Ameghino, F. (1898)** Sinopsis geológico-paleontológica. Segundo censo de la República Argentina. Cap. I. Territorio, Tercera Parte, vol. 1. Buenos Aires.
- Brown, C.L., Sullivan, C.V., Bern, H.A. Y Dickhoff W.W. (1987)** Occurrence of thyroid hormones in early developmental stages of teleost fish. *American Fisheries Society Symposium*; 2:144-150
- Buddington, R.K. (1985)** Digestive secretions of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, during early development. *J. Fish Biol.*, 26:715-723.
- Buddington, R.K. & S.I. Doroshov (1986)** Development of digestive secretions in white sturgeon juveniles (*Acipenser trasantanus*). *Comp. Biochem. Physiol.*, 83A(2):233-238.
- Burns, T.A., D.T. Stalling & W. Goodger, (1981)** Gar ichthyotoxin (*Lepisosteus sp.*): its effect on crayfish, with notes on bluegill sunfish. *Southwestern Naturalist*, 25(4): 513-515.
- Carlander, K. D. (1969)** Handbook of freshwater fishery biology. Vol. 1. *Iowa State University Press, Ames*. 752 pp.
- Chávez-Lomelí, M.O. (1989)** Biología de los peces del río San Pedro en vista de determinar su potencial para piscicultura. Instituto de Investigaciones sobre Recursos Bioticos y la Fundación Universitaria para la cooperación, Jalapa, Ver. 19-27.
- Contreras, S.W.M. (1987)** Aspectos reproductivos y desarrollo embrionario del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill), en el estado de Tabasco. Resúmenes IX Cong. Nal. Zoología, Villahermosa, Tabasco, México.
- Crumpton Joe. (1980)** Food Habits of Longnose Gar (*Lepisosteus Osseus*) and Florida Gar (*Lepisosteus Platyrhincus*) Collected From Five Central, Florida Lakes. *Fish Management Specialist Florida Game and Fresh Water Fish Commission Fisheries Research Laboratory Eustis, Florida*. 24: 419-425.
- Dabrowski, K. and Culver, D. (1991)** The physiology of larval fish, digestive tract and formulation of starter diets. *Aquaculture Magazine* march/april: 49-61.
- Dabrowski, K., S.J. Kaushik & B. & B. Fauconneau (1985)** Rearing of sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) larvae I. Feeding Trial. *Aquaculture*, 47:185-192.
- De Jesús, E.G., Hirano, T. and Y. Inui, (1991)** Changes in cortisol and thyroid hormone concentrations during early development and metamorphosis in the japanese flounder *Paralichthys olivaceus*". *General and Comparative Endocrinology* 82:369-376.
- Dean, B., (1895)** The early development of garpike and sturgeon. *J. Morphology*, 11(1):1-55.
- Dugas, C.N., M. Konikoff & M.F. Trahan, 1976,** Stomach Contents of Bowfin (*Amia Calva*) and Spotted Gar (*Lepisosteus Ocula-*

- tus) Taken in Henderson Lake, Louisiana. *Louisiana Academy of Sciences*, 39:28-34.
- Echelle, A.A. & C.D. Riggs, (1972)** Aspects of the early life history of gars (*Lepisosteus*) in Lake Taxoma. *Trans. Amer. Fish Soc.* 101:106-112.
- Gayet, M. and P. M. Brito, (1989)** Ichthyofaune nouvelle du Crétacé supérieur du groupe Bauru (États de Sao Paulo et Minas Gerais, Brésil). *Géobios --Paléontol., Stratigr., Paléocol.* 22:841-847.
- Gilbert, C. R. (1992)** Alligator Gar, *Atractosteus spatula*. Pp. 129-133 in: Rare and endangered biota of Florida. Vol. 2. Fishes, C. R. Gilbert, (ed.), *University Presses of Florida*, Gainesville. 247 pp.
- Goodyear, C. P. (1966)** Distribution of Gars on the Mississippi Coast. *Mississippi Academy of Sciences* 12: 188-192.
- Goodyear, C. P. (1967)** Feeding Habits of Three Species of Gars, *Lepisosteus*, Along the Mississippi Gulf Coast. *Trans. Am. Fish. Soc.* 96: 297-300.
- Gunter, G. Studies on marine fishes of Texas (1945).** *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Tex.* 1(1):1-190.
- Hellman, R. E. (1953)** The alligator gar in Florida. *Q. J. Fla. Acad. Sci.* 16(3):198-199.
- Holloway A. D. (1954)** Notes on the Life History and Management of the Shortnose and Longnose Gars in Florida Waters. *U.S: Fish and Wildlife Service*, Minneapolis, Minnesota. 438-449.
- Hopkins, S. H. (1954)** The American species of trematode confused with *Bucephalus* (*Bucephalopsis*) haimeanus. *Parasitology* 44:353-370.
- Hopkins, S. H. (1967)** *Rhipidocotyle lepisostei* Hopkins, 1954, in gars caught in freshwater. *Journal of Parasitology* 53:491.
- Kinkelin, G. F. (1903)** Die Originale der paläontologischen Sammlung im Senckenbergischen Museum und die auf dieselben bezungliche Literatur. *Ber Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, 3-88.
- Lam, J.T. (1980)** Thyroxine enhances larval development and survival in *Sarotherodon (Tilapia) mossambicus* Ruppell. *Aquaculture* 21:287-291
- Lauff M. and Hofer, R. (1984)** Proteolytic enzymes in fish development and the importance of dietary enzymes. *Aquaculture* 37: 335-346.
- León, L., R. Aguiar & Hernández (1978)** Estudio sobre la biología y el cultivo artificial del manjuari (*Atractosteus tristoechus*). Bloch y Scneider. Ministerio de la Industria Pesquera, Dirección Ramal de Acuicultura, Investigación No. 85, Cuba.
- Morales, G., (1987)** Reproducción y desarrollo embriológico del catán (*Lepisosteus spatula* Lacepede): Primeros resultados. *SEPES*. Dir. Gral. Acuicultura.
- Moyano, F.J., Diaz, M., Alarcon, F.J. and M.C. Sarasquete (1996)** Characterization of digestive enzyme activity during larval development of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 15(2):121-130.
- Netsch, N.F. & A. Witt (1962)** Contributions to life history of the longnose (*Lepisosteus osseus*) in Missouri. *Missouri Wildlife Research Unit:U.S. Fish and Service*, 251-262.
- Netsch, N.F. (1964)** Food and feeding habits of longnose gar in central Missouri. *So. East. Assn. Game and Fish Comm.* 8: 506-511.
- Pascaul, R. (1970)** Evolution de comunicades, cambios faunísticos e integraciones biocinóticas de Argentina. *Actas IV Congreso Latinoamericano de Zoología*, Vol. II. Caracas 10-16 de Novembre de 1968. 991-1088.
- Pearson, William D. Thomas Gregory A. and Aaron L.Clark.. (1979)** Early piscivory and timing of the critical period in postlarval longnose. *Trans. Ky. Acad. Sci.* 49 (3-4):122-128.
- Person-Le Ruyet J. (1989)** Early weaning of marine fish larvae onto microdiets. Constraints and perspectives. *Advances in tropical Aquaculture* Aquacop. IFREMER Actes Colloque 9: 625-642.
- Raney, E. C. (1942)** Alligator gar feeds upon birds in Texas. *Copeia* (1):50.
- Robins, C. R., R. M. Bailey, C. E. Bond, J. R. Brooker, E. A. Lachner, R. N. Lea, and W. B. Scott (1991)** Common and scientific names of fishes from the United States and Canada. 5th ed. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.* 20. 183 pp.
- Robison, H. W., and T. M. Buchanan (1988)** Fishes of Arkansas. *University of Arkansas Press*, Fayetteville. 536 pp.

- Santos, R. d. S. (1984)** *Lepisosteus cominatoi* n. sp., da formação Bauru, Estado de São Paulo, Brasil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 56:197-202.
- Seidensticker, E.P. (1987)** Food selection of alligator gar and longnose gar in Texas reservoir. *Proc. Annu. Conf. SEAFWA* 100-104.
- Suthers, I.M., J.J. Cleary, Battaglione, S.C. and Evans, R. (1996)** Relative RNA content as a measure of condition in larval and juvenile fish. *Mar. Freshwater Res.*, 47:301-307.
- Suttkus, R. D. (1963)** Order Lepisosteii. Pages 61-88 in *Fishes of the western North Atlantic. Mem. Sears Found. Mar. Res.* 1(3):vi-xxi, 1-630.
- Theilacker, G.H. (1986)** Starvation-induced mortality of young sea-caught jack mackerel, *Trachurus symmetricus*, determined with histological and morphological methods. *Fishery Bulletin* 84(1):1-17.
- Theilacker, G.H and Porter, S.M. (1994)** Condition of larval walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in the western Gulf of Alaska assessed with histological and shirkage indices. *Fishery Bulletin* 93(2):333-344.
- Theilacker, G.H and Y. Watanabe, (1989)** "Midguth cell hegith defines nutritional status of laboratory raised larval northern anchovy, *Engraulis mordax*". *Fishery Bulletin* 87(3): 457-469.
- Toole Joe E. (1971)** Food Study of the Bowfin and Gars in Eastern Texas. *Texas Parks and Wildlife Department.* 6: 1-15.
- Verreth, J.A., Torrele E., Spazier E. and Sluiszen, A.V. (1992)** The development of a functional digestive system in the african catfish *Clarias garipinus* (Burchell). *J. World Aquaculture Soc.* 23(4):286-298.
- Vonk H.J. & J.R. Western (1984)** Comparative Biochemistri and Physiology of enzymatic digestion. *Academic Press*, Cap. 5 y 11, London.
- Walford, J. and Lam, T.J. (1993)** Development of digestive tract and proteolytic enzyme activity in seabass (*Lates calcarifer*) larvae and juveniles. *Aquaculture* 109:187-205.
- Wardle, W. J. (1990)** Experimental Verification of the Metacercarial Stage of Rhipidocotyle lepisostei (Trematoda: Bucephalidae) with Notes on the Natural Occurrence of Its Adult Stage in Gars in Texas and Virginia. *J. Parasitol.* 76(2):293-295.
- Wiley, E. O. (1976)** The phylogeny and biogeography of fossil and recent gars (Actinopterygii: Lepisosteidae). *Misc. Publ. Univ. Kans. Mus. Nat. Hist.* 64:1-111.
- Wiley, E. O. (1978)** *Atractosteus spatula* (Lacepede, 1803). In: W. Fischer (ed.), *FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (fishery area 31). Vol III.* Rome, Italy.

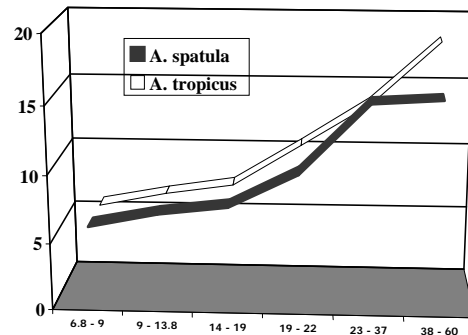
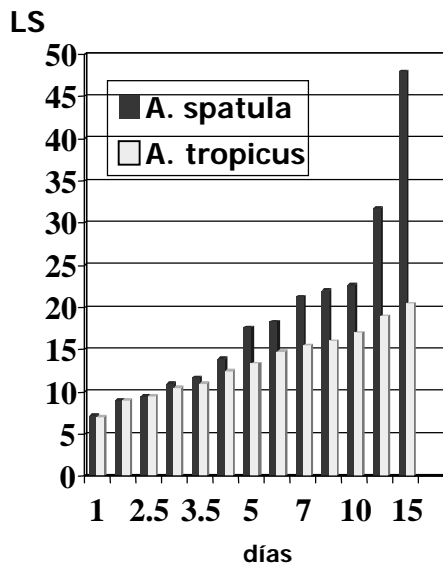


## MORFOLOGÍA LARVAS DE CATÁN

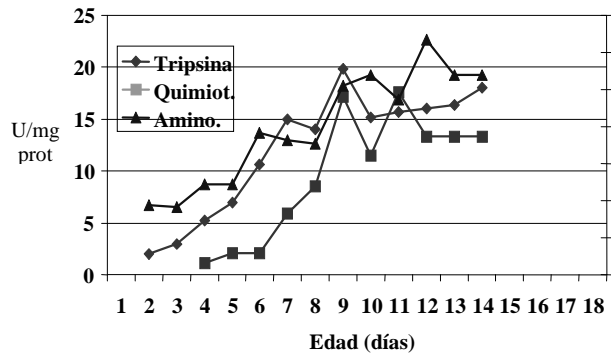


### Crecimiento de larvas de Catán y Pejelagarto

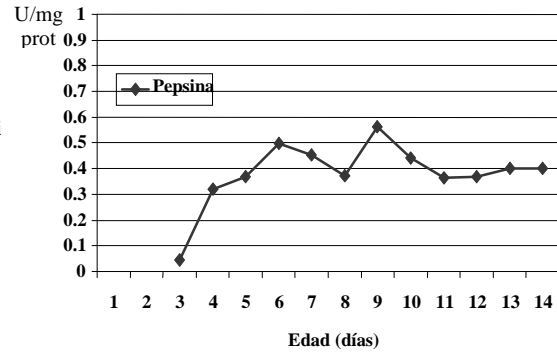
### Formación del hocico en larvas de Catán y Pejelagarto



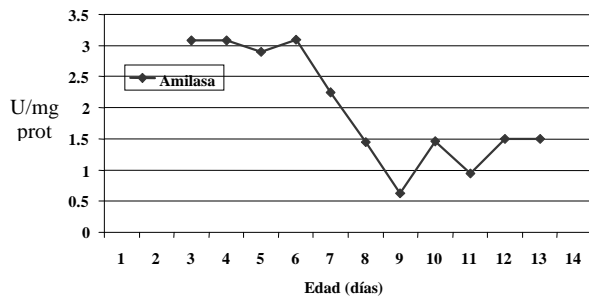
Enzimas digestivas en larvas de catán



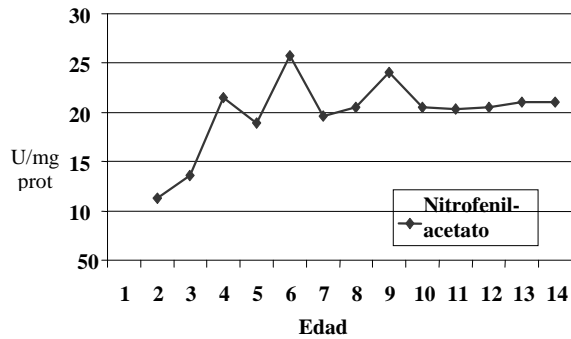
Actividad proteolítica alcalina



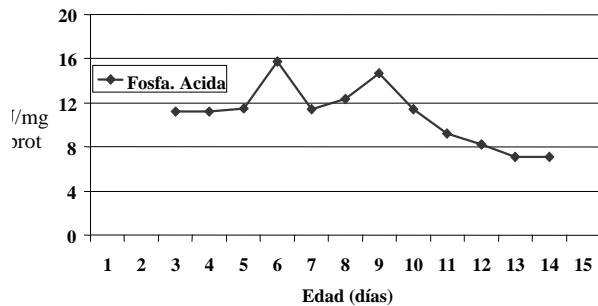
Actividad proteolítica ácida



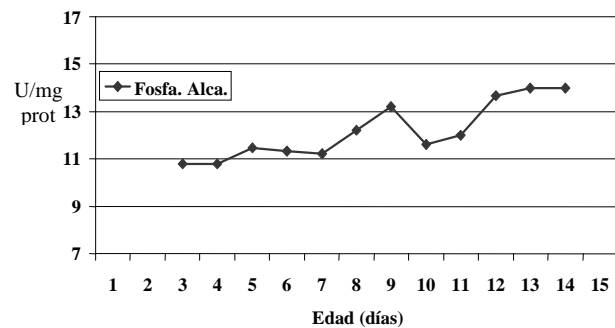
Actividad amilásica



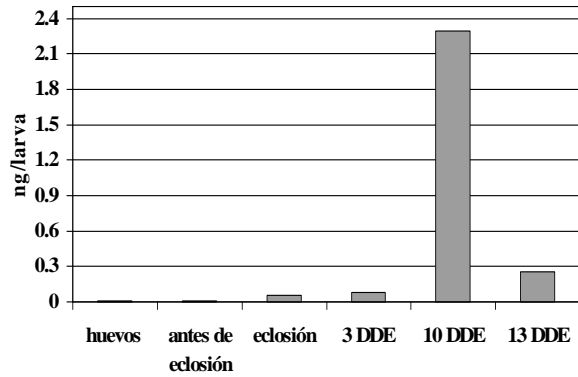
Actividad de tipo Lipasa



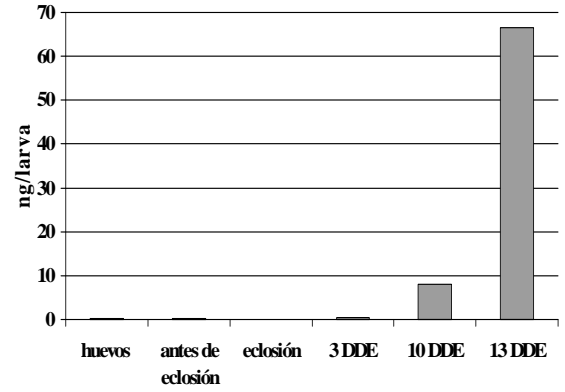
Fosfatasa Acida



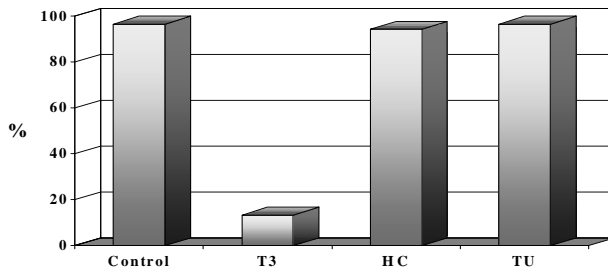
Fosfatasa Alcalina



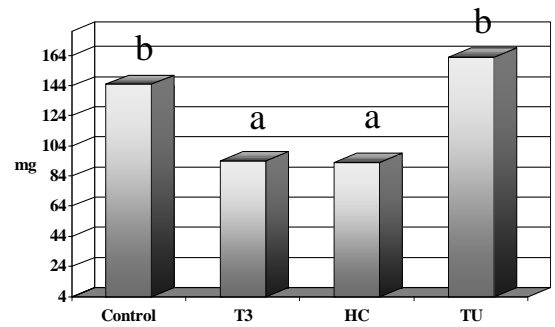
Cambios en los niveles de T3 durante el desarrollo



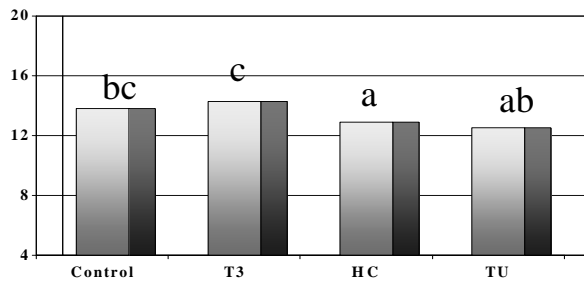
Cambios en los niveles de cortisol durante el desarrollo



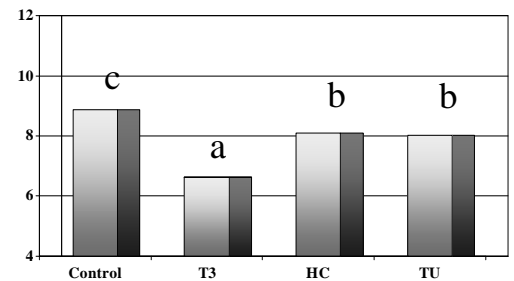
Sobrevivencia en larvas sometidas a hormonas



Peso final de larvas sometidas a hormonas



Proporción del hocico en larvas sometidas a hormonas



Altura corporal en larvas sometidas a hormonas



---

# PECES EN PELIGRO DE EXTINCIÓN EN EL NORESTE DE MÉXICO

---

Carlos Aguilera, Jesús Montemayor y Roberto Mendoza

Apartado postal F-96, Cd. Universitaria San Nicolas de los Garza, N.L., C.P. 66450

## INTRODUCCIÓN

**E**l incremento demográfico en combinación con las características geográficas y climáticas en el noreste de México han producido gran impacto ambiental, principalmente sobre los organismos que dependen directamente del agua, debido a lo limitado de este recurso. De las 160 especies de peces de agua dulce de México que son mencionadas por la Asociación Americana de Pesquerías en alguna categoría de amenaza, 28 se distribuyen en Coahuila, 15 en Nuevo León, 11 en San Luis Potosí y 7 en Tamaulipas (Williams *et al.*, 1989), lo que significa que 38.1% de las especies listadas se encuentran en la región de México. Contreras-Balderas (1977) menciona que de las 107 especies de peces nativas del desierto de Chihuahua cuatro se han extinguido y 25 sufren un impacto por los cambios en el medio ambiente.

La North American Native Fishes Assoc. (1986) lista para México 17 especies de peces en peligro de extinción, 15 amenazadas y 27 de interés especial; para 1989 lista 42 especies de peces en peligro de extinción, 28 amenazadas y 51 de interés especial (Schmidt, 1990). La IUCN (The World Conservation Union, 1990) menciona para México 11 que se han extinguido, 41 en peligro de extinción, 38 vulnerables, 29 raras, una indeterminada y una con insuficiente conocimiento.

El Diario Oficial de la Federación publica, el 2 de agosto de 1993 y el 16 de mayo de 1994, los proyectos de Norma Oficial Mexicana NOM-PA-CRN-001/93 y NOM-059-ECOL-1994, que determinan las especies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas, raras, endémicas, amenazadas, en peligro de extinción y las sujetas a protección especial, en las cuales incluye 25 especies de peces raras, 19 amenazadas, 47 en peligro de extinción y 1 sujeta a protección oficial.

Contreras-Balderas *et al.* (1993) analizaron las alteraciones de la diversidad íctica en 22 localidades del noreste de México, reportando una disminución entre 12 y 100% de la diversidad en 20 localidades; en 17 se encontraron especies introducidas; en 2 se presentaron híbridos y sólo una localidad presentó recuperación. Contreras y Lozano (1994) reportan que de las aproximadamente 200 especies de peces de agua dulce que se distribuyen en zonas áridas de México, 120 están amenazadas y 15 extintas por impacto humano.

Como se puede observar, el problema de desaparición de especies de peces es cada vez mayor, por lo cual es apremiante enfocar mayor esfuerzo para la conservación de las mismas.

Tomando en cuenta la anterior consideración, durante 1996 el Museo de Historia Natural FCB/UANL desarrolló un programa dirigido a contribuir en la conservación de la íctiofauna del noreste de México. Lo anterior mediante un estudio enfocado a incrementar los conocimientos sobre la reproducción en cautiverio de especies en peligro de extinción y el monitoreo de sus poblaciones naturales.

## METODOLOGÍA

Las especies seleccionadas se caracterizan por estar concentradas en tres principales áreas con alto grado de endemismo:

**Coahuila:** el valle de Cuatro Ciénegas, con una superficie de 600 km<sup>2</sup> y 72.2% de endemismo.

**Nuevo León:** El Potosí, con una superficie de 5.5 km<sup>2</sup> y 100% de endemismo.

**San Luis Potosí:** la laguna Media Luna, con una superficie de 50 km<sup>2</sup> y 70% de endemismo (Contreras-Balderas, 1977). Además, se incluyen las especies *Xiphophorus couchianus*, *X. meyeri* y *Etheostoma grahami*.

Cada localidad fue visitada en cuatro ocasiones durante un año, en las cuales se realizó la to-

ma de parámetros fisicoquímicos, muestreo de plancton y parámetros poblacionales de la especie en cuestión. Se consideraron las normas y recomendaciones establecidas para metodologías estándar para la investigación, como son las recomendadas en *Guidelines for the use of animals in research* (Animal Behavior, 1991, 41:183-186) y *Guidelines for use of fishes in field research*, de la American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH), American Fisheries Society (AFS) y American Institute of Fisheries Research Biologists (AIFRB).

### Características fisicoquímicas del hábitat

Se consideró el tipo (río, arroyo, manantial o laguna) y tamaño de hábitat, se registró temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad con un analizador de agua (Prestop 51500), cloro, fenoles, cobre, detergentes, turbidez y color del agua, utilizando un kit para contaminación de agua (LaMotte 7446).

### Reproducción en cautiverio

La reproducción en cautiverio de especies de peces en peligro de extinción representa una estrategia dentro de los programas de conservación, los cuales son en sí mismos más complejos, sin embargo, puede adquirir un papel relevante, sobre todo en especies que se encuentran en mayor riesgo debido a su reducido número o por la pérdida casi total de su hábitat. Así es que, considerando la fragilidad de los ecosistemas acuáticos de las zonas áridas, los cuales debido a su tamaño pueden ser alterados o destruidos en periodos de tiempo relativamente cortos, consideramos reproducción en cautiverio como una medida inmediata que permita prevenir la pérdida de alguna de estas especies.

Primeramente, los peces fueron colectados y se mantuvieron en cuarentena en acuarios con capacidad de 200 litros y en piletas de fibra de vidrio de 1,200 litros. El manejo operacional que se realizó en estas piletas se basa en la creación de un microcosmos en cada una de ellas, al proporcionar cobertura mediante el empleo de vegetación (típica de cada hábitat en particular), troncos o madera anegada, rocas, entre otros, además de la inducción del establecimiento de microorganismos que forman la base de la cadena alimenticia y de los cuales se alimentan los consumidores primarios tales como rotíferos, copépodos,

cladóceros, quironómidos y gamáridos; una vez establecido el microsistema se introducen los peces, pudiéndose utilizar una alimentación complementaria a base de alimento para bagre, alimento en hojuelas para peces de acuario y/o larvas de mosquito.

La metodología para propiciar la reproducción se dividió de acuerdo a los grupos de especies propuestas:

**1) Peces vivíparos:** incluye a especies de las familias Poeciliidae y Goodeidae, su reproducción se considera la más sencilla de obtener en cautiverio, ya que sólo implica el aislamiento de las hembras en gestación hasta el momento en que arrojan las crías. Las recién nacidas se encuentran en avanzado desarrollo y se adaptan con mayor facilidad tanto a las condiciones del medio como al alimento suministrado.

Sin embargo, es necesario realizar observaciones y ajustes para cada especie, ya que algunos factores como el tipo de alimento, la temperatura, la cobertura o el número de organismos en el acuario o pileta, pueden ocasionar problemas como inhibir el cortejo, producir reabsorción de embriones o propiciar combates entre machos.

Cuando la reproducción se realiza en estanques, y debido a que no es posible colectar las hembras en el último periodo de gestación, se incorporan al reservorio algunas plantas acuáticas que sirvan como refugio a las nuevas crías, evitando lo más posible el canibalismo.

**2) Cyprinodontidos:** este grupo se caracteriza por la agresividad entre los machos, por lo que se utilizaron acuarios de cinco galones, colocando un macho y dos hembras, con fibra sintética como sustrato para los huevecillos, la cual se cambia diariamente a acuarios de incubación en los cuales los alevines, después de dos días de eclosionados, se alimentan de *Paramecium* y nauplios de *Artemia*.

Además, se estimuló el comportamiento reproductivo con una adecuada alimentación (especialmente alimento vivo) y se controló la temperatura en un rango de 25 a 30 °C dependiendo de la especie. Estas especies se caracterizan por depositar pocos huevos en cada evento, sin embargo, el periodo en que son depositados puede ser prolongado mientras se mantengan las condiciones apropiadas.

La reproducción en estanque se lleva a cabo colocando plantas acuáticas que sirven como sustrato para depositar los huevos y como refugio pa-

ra las nuevas crías. En estas especies la alimentación es muy importante debido a que sus requerimientos nutricionales no son cubiertos en su totalidad por el alimento en hojuelas para peces de acuario. A este respecto se ha observado que alimentarlos con organismos vivos del tipo pulgas de agua o larvas de mosquito, mejora considerablemente la calidad y cantidad de crías producidas.

**3) Cíclidos:** los cíclidos estudiados en este proyecto incluyen *Cichlasoma bartoni*, *C. labridens* y *C. minckleyi*, y se caracterizan por comportamiento agresivo y despliegue de un cortejo elaborado, con desoves con un mayor número de huevos que en los Cyprinodóntidos, por lo cual se emplearon acuarios de 20 galones por pareja, a la cual se le proporcionó las condiciones adecuadas para la maduración, estando en contacto el macho y la hembra sólo durante el proceso de puesta y fertilización.

**4) Otras especies:** para las de *Etheostoma* se siguió una metodología similar a la desarrollada para los Cyprinodóntidos, con la diferencia principal en el tipo de alimento (ya que requieren exclusivamente presas vivas) y la temperatura para estimular el desove, la cual se encuentra alrededor de 20 °C. Debido a lo anterior y considerando que se debe estimular la reproducción mediante el manejo de parámetros ambientales (variaciones de temperatura, luz, flujo de agua, entre otros), ésta se llevó a cabo principalmente en acuarios.

Para *Astyanax mexicanus*, *Cyprinella xanthicara* y *Dionda episcopa*, se colocaron un grupo de dos machos y 5 hembras en acuarios de 15 galones con doble fondo, para que los huevecillos liberados no sean consumidos por los peces; los reproductores se cambiaron de acuario en el momento en que empiezan a eclosionar las larvas. Estas últimas fueron alimentadas con *Paramecium* y nauplios de *Artemia*.

Cuadro-1. Listado de especies estudiadas

ESPECIE	ESTADO	AFS	IUCN	DO/93	DO/94	PROPUESTA
<i>Cyprinodon alvarezi</i>	N.L.	E	E	E	E	EXTINTA
<i>Cyprinodon ceciliae</i>	N.L.	IE				EXTINTA
<i>Cyprinodon inmemoriam</i>	N.L.	IE				EXTINTA
<i>Cyprinodon longidorsalis</i>	N.L.	IE				EXTINTA
<i>Cyprinodon veronicae</i>	N.L.	IE				EN PELIGRO
<i>Megupsilon aporus</i>	N.L.	E	E	E	E	EXTINTA
<i>Etheostoma grahami</i>	N.L.	IE	R			RARA
<i>Xiphophorus couchianus</i>	N.L.	E	E	E	E	EN PELIGRO
<i>Astyanax mexicanus ssp.</i>	COA	IE		A		RARA
<i>Cyprinella xanthicara</i>	COA	E	E	E	?	VULNERABLE
<i>Dionda episcopa ssp.</i>	COA	E	E	E	E	VULNERABLE
<i>Ictalurus sp.</i>	COA	IE	R			RARA
<i>Cichlasoma minckleyi</i>	COA	E	E	E	E	VULNERABLE
<i>Cyprinodon atrorus</i>	COA		R	A	A	VULNERABLE
<i>Cyprinodon bifasciatus</i>	COA	IE	R	A	A	VULNERABLE
<i>Etheostoma spp.</i>	COA	E	E			EN PELIGRO
<i>Gambusia longispinis</i>	COA	A	V	R	A	EN PELIGRO
<i>Lepomis megalotis ssp.</i>	COA	IE	R	R	A	VULNERABLE
<i>Lucania interioris</i>	COA	E	E	E	E	EN PELIGRO
<i>Micropterus salmoides ssp.</i>	COA	IE	R	E		RARA
<i>Xiphophorus gordonii</i>	COA	E	E	E	E	EN PELIGRO
<i>Xiphophorus meyeri</i>	COA	E	E	E	E	EN PELIGRO*
<i>Ataeniobius toweri</i>	SLP	E	E	E		VULNERABLE
<i>Cichlasoma bartoni</i>	SLP	E	E	E	E	VULNERABLE
<i>Cichlasoma labridens</i>	SLP	E	E	E	E	VULNERABLE
<i>Cualac tessellatus</i>	SLP	E	E	E	E	VULNERABLE
<i>Xenoophorus captivus</i>	SLP	A	E	E	A	VULNERABLE

Distribución: COA = Coahuila; NL = Nuevo León; SLP = San Luis Potosí.  
 Categoría en que eran consideradas: AFS= American Fisheries Soc./1989; IUCN= IUCN/1990; DO= Diario Oficial de la Federación.  
 Categoría "Propuesta" con base en el estudio: E = En Peligro de Extinción; A = Amenazada; IE = Interés especial; R = Rara; V = Vulnerable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Evaluación de las especies y su hábitat

Considerando la cantidad de datos obtenidos al observar 27 especies de peces en siete localidades en Nuevo León, ocho en Coahuila y nueve en San Luis Potosí, además del total de los datos obtenidos de parámetros físico-químicos, sería muy extenso presentar todos los resultados. Por lo que, en el cuadro 1 se listan las especies estudiadas, su distribución por estados, la categoría en que se encuentran según las diferentes organizaciones y la categoría Propuesta por nosotros para

cada especie, tomando en cuenta los factores observados directamente en sus hábitat de origen.

### Reproducción en cautiverio

El número de ejemplares adultos obtenidos a partir de la reproducción en cautiverio se muestran en las figuras 1 a 3.

Cabe señalar que se consideró tanto la reproducción en acuarios como en estanques de fibra de vidrio.

Como se puede observar en las gráficas, el número de organismos en los primeros meses es pequeño, debido principalmente a que fueron colectados en pequeña cantidad y puestos en cuarentena.

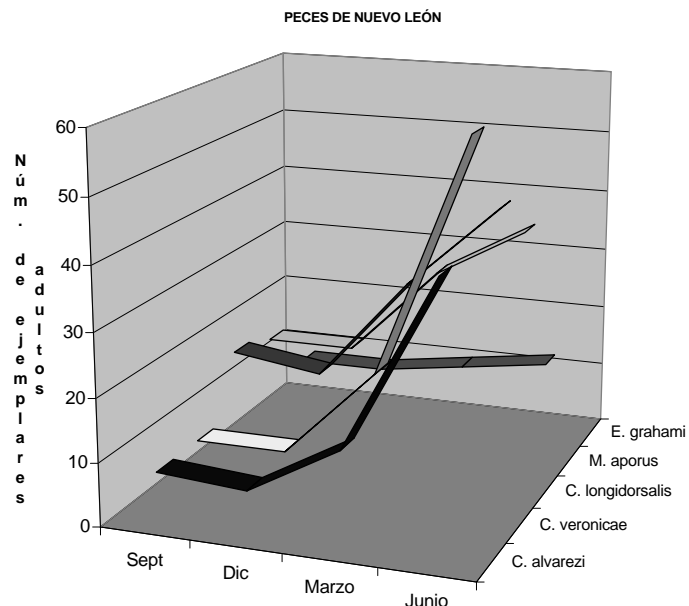
Además, se debe de tomar en cuenta que la disminución en la temperatura afectó la producción, ya que estas especies requieren de 25 a 27 °C para su reproducción, con excepción de *Etheostoma grahami*, cuya temperatura óptima de desove es de 20 °C. Cabe señalar que la baja de temperatura regularmente afecta sólo la reproducción, no así la sobrevivencia, por lo que a medida que aumentó ésta (por el mes de marzo), la reproducción incrementó el número de organismos en cautiverio.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las especies estudiadas en el estado de Nuevo León (un total de ocho) son las que presentan mayor grado de deterioro en sus hábitats y poblaciones naturales. Así, tenemos que han desaparecido de la naturaleza *Cyprinodon alvarezi*, *C. longidorsalis* y *Megupsilon aporus*, además de dos especies que ya habían desaparecido al momento de iniciar el presente estudio (*C. ceciliae* y *C. inmemoriam*). Por otra parte, ejemplares de *Cyprinodon veronicae*, al igual que de *Xiphophorus couchianus*, aún subsisten en la naturaleza pero se encuentran en un proceso irremediable de extinción. La otra especie de Nuevo León, *Etheostoma grahami*, aún presenta poblaciones estables en diferentes arroyos de la Sierra Madre Oriental; sin embargo, se encuentran en proceso de aislamiento, por lo que es necesario intentar un reconocimiento de las localidades donde se encuentran en mayor abundancia.

De tal manera, tenemos que de las ocho especies consideradas bajo algún riesgo de amenaza en Nuevo León, sólo una tiene probabilidad de continuar en su hábitat. Únicamente tres estaban consideradas en todas las listas con la categoría de En Peligro (*Cyprinodon alvarezi*, *Megupsilon aporus* y *Xiphophorus couchianus*), de las cuales dos se extinguieron en el lapso de este estudio, mientras que las especies de *Cyprinodon* del bolsón de Sandia en Aramberri, NL (*C. ceciliae*, *C. inmemoriam*, *C. longidorsalis* y *C. veronicae*) sólo estaban consideradas en la lista de la Sociedad Americana de Pesquerías, debido a no estar formalmente descritas. Lo anterior es un ejemplo de lo que puede ocurrir en otras áreas, considerando que en un periodo no mayor de 15 años fueron descubiertas, clasificadas bajo amenaza y finalmente extintas, lo cual muestra la necesidad de continuar con un programa de emergencia de exploración de áreas con características similares, así como de establecer programas permanentes de monitoreo y reproducción en cautiverio.

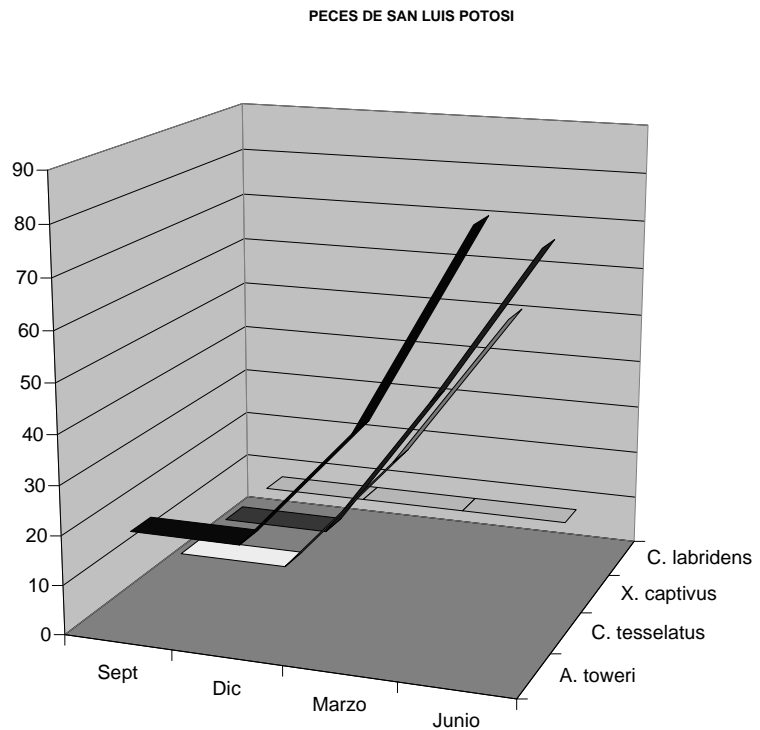
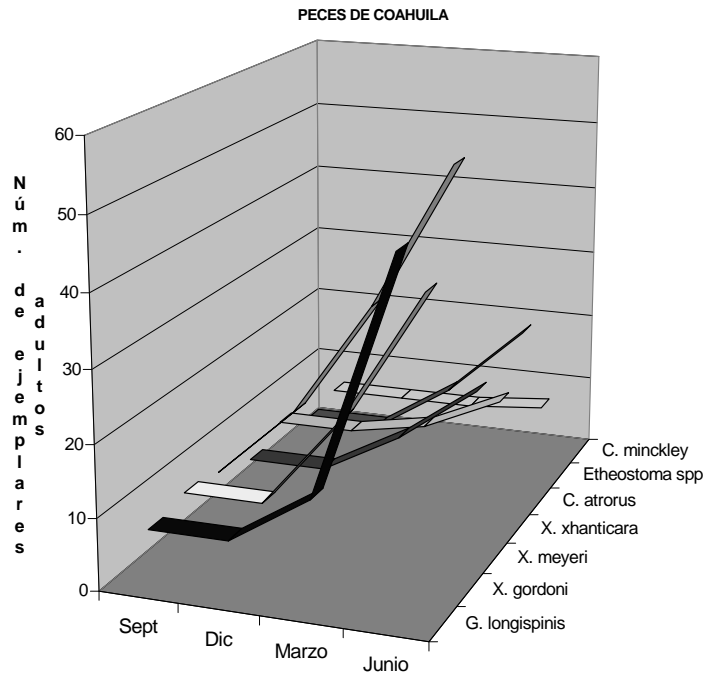
Para el estado de Coahuila se consideraron 14 formas de especies y subespecies, las cuales están concentradas en el valle de Cuatro Ciénegas, con excepción de *Xiphophorus meyeri*, la cual es endémica de un manantial en Múzquiz. La inclusión de *X. meyeri* en este trabajo fue importante, ya que, por una parte, junto con *X. Couchianus*, *X. gordonii* forman el grupo de especies del genero *Xiphophorus* con distribución más al norte del país y con características ecológicas similares,



además era considerada en todas las listas bajo la categoría de En peligro. De esta forma, tenemos que *X. meyeri* es la especie, de las incluidas en este trabajo para el estado de Coahuila, con mayor deterioro en su hábitat, porque La Cascada (su hábitat natural) presenta acelerado deterioro. La situación en el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, aunque no presenta un deterioro tan drástico como en otras localidades, son evidentes las alteraciones que está sufriendo esta zona, la cual merece una atención especial dadas las características únicas que se conjugan con relación al alto grado de endemismo, los procesos evolutivos que se presentan en las especies, así como las condiciones semidesérticas del área, lo cual significa que cualquier alteración puede repercutir rápidamente en la evolución y estabilidad de estos ecosistemas.

Si consideramos la tendencia señalada para las zonas semidesérticas de México, es claro que el valle se encuentra bajo presiones debidas principalmente a las alteraciones producidas por la formación de canales artificiales, lo cual ha ocasionado el contacto de especies anteriormente aisladas, al mismo tiempo esto a contribuido a la desecación de ciénegas y charcos de baja profundidad, lo anterior también como consecuencia de un mayor número de pozos que explotan el agua subterránea en el área cercana con fines agrícolas y ganaderos, principalmente. Siendo estas ciénegas el principal hábitat de *Lucania interioris*, la cual no fue posible observar en las repetidas búsquedas, y de *Gambusia longispinis*, que también es extremadamente escasa. Por lo anterior, consideramos que estas especies deben listarse en la categoría de "En Peligro de Extinción".

Por otra parte, un grupo de formas que se encuentra en el valle ha sido marcado con algunas características diferenciales de otras poblaciones de sus especies, con lo cual podrían ser reclasificadas y



convertirse en formas igualmente endémicas. En este caso se encuentran *Astyanax mexicanus ssp.*, *Dionda episcopa ssp.*, *Ictalurus lupus ssp.*, *Lepo-*

*mis megalotis ssp.* y *Micropterus salmoides ssp.*, siendo necesarios estudios que puedan esclarecer su posición taxonómica, que ayudarían a definir el grado real de amenaza que presentan estas formas.

En cuanto a las especies estudiadas con distribución en San Luis Potosí, éstas presentan una condición semejante a las de Coahuila, ya que se caracterizan por ser endémicas a un área de manantiales, en este caso a los conocidos como la "Media Luna" en el valle de Río Verde. Estos manantiales también han sufrido alteraciones producidas por la construcción de canales de riego, sin embargo, los cambios incluso no son muy evidentes. Aun así, presentan un marcado problema debido a la introducción de especies exóticas, particularmente del cíclido africano tilapia, el cual ha producido alteraciones en gran cantidad de hábitats acuáticos de México, debido a su gran proliferación y plasticidad para adaptarse. Otras especies exóticas encontradas fueron *Cyprinus carpio*, *Poecilia mexicana* y *Poecilia latipunc-tata*, siendo esta última nativa del río Tamesí, en Tamaulipas, en donde actualmente es muy escasa; no obstante, las poblaciones de la Media Luna se encuentra bien establecidas.

Las alteraciones han impactado principalmente en las poblaciones de *Cualac tessellatus* y *Ataeniobius toweri*, las cuales son muy escasas en el manantial de la "Media Luna", lo anterior había generado la suposición de que *C. tessellatus* se encontraba extinta. Sin embargo, las observaciones realizadas en este manantial permitieron establecer que estas especies aún están presentes y que la escasez es debida a variaciones estacionales y de distribución a nivel de microhábitat, lo cual hace más difícil su observación.

En tanto que se encontraron en menor grado afectadas las poblaciones de *Cichlasoma bartoni* y *C. labridens*. Y, al mismo tiempo, gracias al trabajo de exploración realizado fue posible detectar otras poblaciones de estas especies, con lo cual se amplió el rango de distribución en al menos un radio de 50 km al norte. Esta área incluye una zona de manantiales entre Río Verde y Cerritos. Por otra parte, existen otros manantiales que no han sido explorados, lo que convierte a esta zona en una región importante para estos peces y con la posibilidad de encontrar poblaciones desconocidas. Debido a lo anterior es importante continuar con el trabajo de exploración en esta zona, ya que presenta características se-

mejantes a las del valle de Cuatro Ciénegas, con manantiales aislados en una zona semidesértica y suelo salitroso.

## PROPUESTAS PARA EL MANEJO DE LAS ESPECIES Y HÁBITATS

Para las especies de Ciprinodontidos del sur de Nuevo León, las cuales han sufrido una pérdida total del hábitat, debe establecerse en primer término una red de lotes en cautiverio, con lo cual se facilitaría mantener la pila genética. Para realizar lo anterior, deben establecerse las bases para un flujo de ejemplares bajo las normas legales en el conocimiento que esto representa una alternativa importante para su conservación. Por otra parte, se ha realizado una solicitud formal ante la Subsecretaría de Ecología para que las zonas sean incluidas en el Sistema Estatal de Áreas Protegidas y continuar con propuestas para la recuperación de cuerpos de agua, involucrando a los habitantes de la zona, el gobierno y universidades. Al mismo tiempo, es importante que las dependencias de gobierno involucradas en la utilización y explotación de los mantos acuíferos realicen un censo de los pozos, así como de la extensión y nivel adecuado de explotación que pueden soportar, para de esta forma promover los sistemas más adecuados de riego y cultivos adaptados a las condiciones del área, lo anterior ayudaría a detener el proceso de desertificación y promover el desarrollo sustentable de estas zonas.

En el caso de *Xiphophorus meyeri* en Múzquiz, Coahuila, es inminente la desaparición del manantial "La Cascada", el cual forma parte de un área recreativa con estanques artificiales parcialmente acondicionados, por lo que se propone que se finalice el acondicionamiento de éstos para evitar pérdidas de agua y funcione como lago artificial, sólo permitiendo la introducción de las especies nativas. En el caso del valle de Cuatro Ciénegas, consideramos que ésta es una zona de máximo interés por lo que debe continuarse con el programa de área protegida, situación que afortunadamente ya se inició con un marcado interés por los habitantes y gobierno de esta ciudad, siendo necesario ampliar un sistema de observación y vigilancia del área y al mismo tiempo impulsar y favorecer los proyectos de investigación de la ecología y especies endémicas como el presente trabajo. Lo anterior, se debe relacionar con un programa global de desarrollo del área, el cual permita la utilización de los recursos y proteja las especies nati-

vas, en el que puede estar incluido un proyecto de turismo ecológico. Al mismo tiempo existen especies que por su situación deben ser incluidas en los programas de reproducción en cautiverio.

Para las especies de San Luis Potosí se puede proceder de forma similar al caso anterior. Por otra parte, es importante continuar con la exploración de áreas con características similares.

El presente programa inició varios años atrás, con lo cual se establecieron las bases y se logró evitar la extinción de algunas especies. Con esto se refuerza la intención de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, de continuar a la vanguardia en la investigación y conservación de los hábitats de agua dulce de México, lo que no sería posible sin el apoyo y respaldo de otras instituciones como el Conabio, el Consejo Consultivo de Flora y Fauna, de Nuevo León, y el Consejo de los Peces del Desierto, entre otras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Brawn, A. 1972.** Reporte de actividades realizadas en el campo. *Proceedings of the Desert Fishes Council*, IV:67.
- Castro, A.L. 1971.** Steinhart Aquarium log for Devil's Hole pupfish Colony *Cyprinodon diabolis*. *Proceedings of the Desert Fishes Council* 111:30-31.
- Contreras-Balderas, S., 1967.** Lista de peces del estado de Nuevo León. *Cuad. Inst. Cient.*, UANL.
- Contreras-Balderas, S., 1977.** Speciation Aspects and Man-Made community composition changes in chihuahuan desert fishes. *Mem. First Symp. Chih. Desert*, pp. 405-431.
- Curtois, L.A and S. Hino. 1979.** Egg deposition of the desert pupfish *Cyprinodon macularis*, in relation to several physical parameters. *Cal. Fish and Game*, 65 (2):100-105.
- Echelle, A.A., A.F. Echelle, S. Contreras-Balderas y L. Lozano-Vilano, 1995.** Genetic variation in the endangered fish fauna (Atheriniformes: Cyprinodontidae) associated with pluvial lake Sandia, Nuevo Leon, México. *The Southwestern Naturalist* 40(1): 11-17.
- Garret, G.P. 1980.** Unusual secondary sex characteristics in *Cyprinodon* or puzzling pupfish patterns. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. XII:41-47
- Gerking, S.D.1978.** Reproductive performance of the desert pupfish *Cyprinodon n. nevadensis* in relation salinity. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. X:35
- Gerking, S.D. and Lee and J.B. Shrode 1977.** Effects of generation-long temperature acclimation on reproductive performance of the desert pupfish *Cyprinodon n. nevadensis*. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. IX:315
- Hass, R. 1971.** Report on attempt to maintain aquarium populations of endangered death valley Cyprinodonts. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. 111:29
- Hass, R. 1978.** Intergeneric hybridization in a sympatric pair of Mexican Cyprinodont Fishes. *Copeia*, 1979 (1),152.
- Hieronimus, V., 1985,** *Xiphophorus couchianus*, Der Monterrey Platy. *DGLZ*: 2/85:4-11.
- Isla, D., 1991,** Livebears Interview: Dr. Klaus Kallman. *Livebears: ALA* 115:7-10.
- Kodric-Brown, A.1978.** The breeding system of the Bottomless Lakes pupfish *Cyprinodon peconensis*. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. X:38.
- Kodric-Brown, A. 1980.** Effects of population density on the breeding system of *Cyprinodon peconensis*. *Proceedings of the Desert Fishes Council*. XII:94
- Lambert, D., 1990,** The wild platies and swordtails. *Livebears, ALA* 114:3-7.
- Loiselle, P. 1982.** Male spawning-Parter preference in an area-breeding Teleost *Cyprinodon macularis californiensis*. *Am. Nat.* 120:721-732
- Loiselle, P. 1983.** Filial cannibalism and egg recognition by males of the primitively custodial teleost *Cyprinodon macularis californiensis*. *Et. and Sociobiology*, 4;1-9.
- Lozano, V.L. & S. Contreras B. 1993** Four new species of *Cyprinodon* from southern Nuevo Leon, Mexico, with a key to the *C. eximius* complex (Teleosti: Cyprinodontidae). *Ichtyol. Explor. Freshwater*. 4(4): 295-308.
- Miller, R.R., 1968,** Two new fishes of the genus *Cyprinodon* from the Cuatro Ciénegas basin, Coahuila, México. *Occasional papers of the Museum of Zoology, University of Michigan*, 659:1-13.
- Miller, R.R., 1976,** An evaluation of Seth E. Meek's contributions to Mexican ichthyology. *Fieldiana: Zoology*, Vol.69 No.1:1-31
- Miller, R.R., 1977,** Composition and derivation of the native fish fauna of the chihuahuan

- desert region. *Mem. First Symp. Chih. Desert*, pp.365-381.
- Miller, R.R. y V. Walters, 1972**, A new genus of cyprinodontid fish from Nuevo Leon, México. *Contributions in Science, Natural History Museum*, 232:1-13.
- Minckley, W.L., 1984**, Cuatro Ciénegas fishes: Research review and a local test of diversity versus habitat size. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:13-21.
- Obregon-Barbosa H. y Contreras-Balderas S., 1988**, Una nueva especie de pez del genero *Xiphophorus* del grupo *couchianus* en Coahuila, México. *Pub. Biol., F.C.B., U.A.N.L.*, 2(3):93-124.
- Page, L.M. y Burr, B.M. 1991**, A field guide to freshwater fishes North America North of Mexico. Peterson field guide series, Houghton Mifflin Company.
- Schartl, M. y Schroder, J. 1987**, A new species of the genus *Xiphophorus* Heckel 1848, endemic to northern Coahuila, México. *Senckenbergiana Biol.* 68:311-321
- Shrode, J.B. and S.D.Gerking 1976**. Effects of constant and fluctuating temperatures on reproductive performance of desert pupfish, *Cyprinodon n. nevadensis*. *Proceedings of the Deserts Fishes Council*. VIII:222-229.
- Williams, J.E, J.E. Johnson, D.A. Hendrickson, S. Contreras-Balderas, J.D. Williams, M. Navarro-Mendoza, D.E. McAllister y J.E. Deacon, 1989**, Fishes of North America endangered, threatened or of special concern: 1989. *Fisheries*, 14 (6):2-38.



---

# COMPORTAMIENTO DE REPRODUCTORES DE PEZ BLANCO *Chirostoma estor* DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICH., EN CONDICIONES DE CAUTIVERIO

---

Mares, B. L., Morales, P.J., Hernández, Z. N., Sabanero, M.S., León, J. F.

## RESUMEN

Se observó el proceso de desove en un grupo de peces blancos (*Chirostoma estor*), mantenidos en cautiverio, lo que ocurrió en organismos de 1.5 años de edad y cuando un grupo de peces se aparta del cardumen principal durante un breve tiempo con un nado rápido y agitado, el conteo de los huevos es colectado de los tanques de confinamiento, se describe que el proceso de desove en la especie ocurre únicamente de noche y no ocurre de manera sincronizada por grupo; se discute las implicaciones del comportamiento, de desove, la talla y la edad en que sucede la primera reproducción en el stock.

## INTRODUCCIÓN

El pez blanco *Chirostoma estor* es una de las especies nativas del lago de Pátzcuaro de mayor importancia, no sólo por su valor económico sino por el valor cultural que se ha desarrollado en torno a la especie en las poblaciones de la ribera de este cuerpo de agua; sin embargo, su pesquería se encuentra en gran riesgo debido a diversos factores ambientales, así como la presión antropogénica a la que se han visto sujetas sus diferentes etapas de vida.

Con respecto a los hábitos reproductivos del pescado blanco, autores como De Buen, 1940a, 1940b, 1941a, 1941b, 1944a y 1944b; Solórzano, 1955 y 1963; Rosas, 1970 y 1977; Lara, 1974, y Lizárraga, 1980, realizaron investigaciones exhaustivas que, sin embargo, aportan conclusiones contradictorias, como ha sido el caso de autores como García (1985), quien además ha llevado a cabo una revisión completa de los estudios hasta el momento realizados con la

especie, en los que sobresalen aquéllos de índole taxonómico, biológico y ecológicos, comparativamente poco se conoce lo relacionado al comportamiento del pez blanco durante la fase de desove (reproducción), por lo que aún existen grandes vacíos con relación a la biología reproductiva de *C. estor*.

García (1985) y Peralta (1991), entre otros, han caracterizado a *C. estor* como una especie con desoves múltiples durante su estación reproductiva; la que se ha estimado comprende el periodo de diciembre a julio con picos en los meses de marzo y junio. Rojas y Mares (1988) realizaron estimaciones de la fecundidad potencial para un intervalo de tallas de  $25 \pm 2$  cm, la cual varía de 2,910 a 3,880 huevos para hembras grávidas en estado de maduración VI de acuerdo a la clasificación de Nikolski (en Bagenal y Braum, 1971). Hasta el momento no existe información de los intervalos de tiempo en que ocurren los desoves, la duración individual de un desove o la periodicidad diaria en que ocurren éstos.

Si bien desde el decenio de 1970 autores como Rosas (1970) realizaron descripciones de las condiciones físicas requeridas por la especie durante la etapa de reproducción, a pesar de ello no existe descripción alguna del comportamiento en condiciones silvestres, ya que técnicamente es difícil de registrar; sin embargo, bajo cuidado constante mediante del desarrollo de lotes de cardúmenes desde sus primeras etapas ha sido posible observar algunas características del comportamiento durante el desove del pez blanco bajo condiciones de cautiverio.

El propósito de este documento es describir el comportamiento durante el desove y producción de óvulos en peces de la especie *Chirostoma estor* mantenidos en cautiverio en el laboratorio de Acuicultura del Centro Regional de Investigación

Pesquera en Pátzcuaro, durante el periodo reproductivo 1997-1998.

## MATERIALES Y MÉTODOS

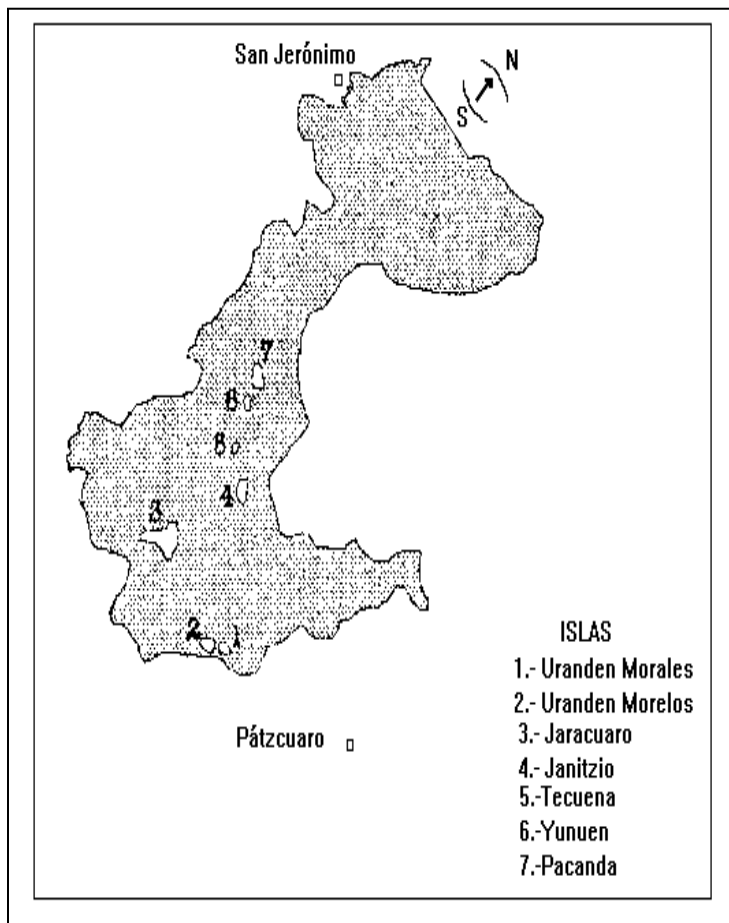
Los ejemplares reproductores de *Chirostoma estor* utilizados, nacieron en cautividad por inducción manual al desove durante el periodo reproductivo de 1996 en peces silvestres, capturados en la zona norte del lago de Pátzcuaro, en la localidad de San Jerónimo (figura-1); debido al riesgo que existe de la posible hibridación con alguna otra de las especies que incluye el género y que están presentes en el lago de Pátzcuaro, los organismos reproductores fueron identificados taxonómicamente de acuerdo a los parámetros descritos por Barbour (1973), en sus claves para la familia Atherinidae, en el cuadro 1, describe algunos detalles de los organismos en cautiverio, como son: talla, edad, sexo y peso.

Las primeras etapas de vida de los organismos de estudio (incubación, larva y cría), se desarrollaron en sistemas cerrados (tinas circulares), con un diámetro de 80 cm y 60 cm de profundidad. La alimentación durante los primeros cinco meses de vida fue inicialmente a base de rotíferos y un medio de microalgas clorofíceas, cultivados en instalaciones del laboratorio y posteriormente con un alimento balanceado teniendo harina de pescado como fuente de proteína, a partir de los 10 cm el régimen alimenticio se buscó adecuar a los grupos taxonómicos más importantes descritos por García (1985), para tallas grandes de la especie *C. estor*. Se alimentaron diariamente aproximando su ración a 3% de la biomasa.

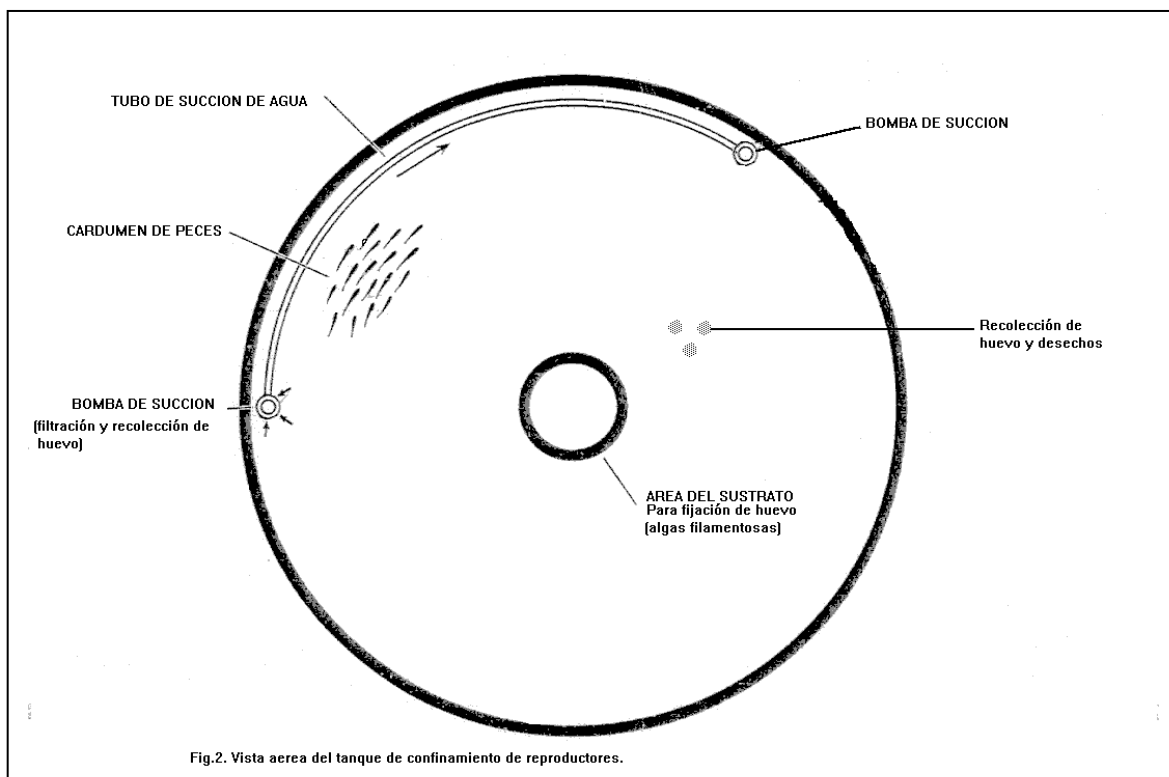
Para todos los casos los organismos se mantuvieron en condiciones de fotoperiodo de 12X12, con aireación continua, los tanques de confinamiento de los reproductores contienen un volumen aproximado de 650 l de agua filtrada y de clorada, la cual es reciclada a través de filtros Aquaclear con esponjas de poliuretano,

de carbón activado y para reducir el ión amonio tóxico, la temperatura del agua se mantuvo constante a  $20 \pm 1$  °C.

El comportamiento de los peces adultos en los tanques circulares fue monitoreado por observación directa, la producción de huevo fue descubierta la primera ocasión en la tubería de succión del sistema de filtración y en el fondo de los tanques durante la limpieza de restos de comida y excretas el 27 de septiembre de 1997 y al año siguiente, 22 de septiembre de 1998; cada revisión y colecta posterior de huevo consistió en la recolección tanto en la tubería del flujo de entrada a la unidad de filtración, como durante la limpieza del fondo con sifones y aquel que era adherido a algas filamentosas, que fueron colocadas para que sirvieran de sustrato (figura 2), las muestras fueron clasificadas como nocturnas.



**Figura-1- Localización del área de captura de reproductores (San Jerónimo), en el Lago de Pátzcuaro.**



**Cuadro-1a. Características morfométricas de los organismos en cautiverio (para el caso de los machos, maduros sexualmente)**

Machos	Longitud patrón (mm)	Altura (mm)	Peso (gr)	Edad (meses)
Mínima	88	14	8.1	12
Máxima	114	22	21.0	16

**Cuadro-1b. Para hembras sexualmente maduras**

Hembras	Longitud patrón (mm)	Altura (mm)	Peso (gr)	Edad (meses)
Mínima	105	19	14.0	14
Máxima	137	22	32.0	16

**Cuadro-1c- Composición de sexos en porcentaje**

Año	Machos (%)	Hembras (%)	Núm. de org/lote
1997	46.6	53.3	15
1998	41.7	58.3	12

Se sacrificó un tercio de la población de cada uno de los lotes en cautiverio con el propósito de corroborar la autenticidad de la especie mediante su identificación taxonómica y para comprobar si

existe consumo de huevo por el grupo de peces que participa en el cardumen confinado.

El cuadro 1, describe algunos detalles de los organismos en cautiverio, como son: talla, edad, sexo y peso.

## RESULTADOS.

### Comportamiento de los peces

En cada una de las réplicas de los lotes de peces se observa un nado continuo a velocidad constante y de forma agrupada, durante todo el día y la noche. Este comportamiento es interrumpido únicamente cuando los peces son alimentados.

Durante los primeros dos meses de observación (septiembre y octubre), del ciclo de 1997 a 1998 a pesar de que fueron colectados regularmente desoves por los medios descritos no fue posible identificar algún movimiento que indicara actividad de desove, no obstante, durante el mes de marzo de 1998 se pudo observar cómo un grupo de 4 a 5 peces tiende a separarse del cardumen principal, nadando rápida y bruscamente, llegando a golperse ligeramente en las paredes de los tanques. No es posible identificar el sexo de cada uno de los organismos que participan en cada evento de desove, ya que la liberación de los huevos parece ser muy rápida, cuando cesa el nado rápido, menor a cinco segundos, los peces se reagrupan en un lapso no mayor de un minuto.

De un total de 16 organismos en los que se revisó su tracto estomacal, 10 contenían huevos y un máximo de 350 fue encontrado en el estómago de un pez.

### Producción de huevo

De la estación de desove comprendida del 27 de septiembre de 1997 al 6 de julio de 1998 y la estación del 22 de septiembre de 1998 al 15 de julio de 1999, la producción de huevo durante los meses de septiembre y octubre de ambos periodos de estudio se caracteriza por presentarlos atresicados en su totalidad (lo que se observó a las 24 horas de incubación), la figura 3 presenta el número de huevos colectados por día en que ocurrió el desove en cada periodo.

Para los dos periodos de estudio los meses de diciembre y marzo presentaron los valores más altos en número de huevos producidos por día, así como la mayor frecuencia en el número de desoves producidos por lote por mes, para ambos periodos los picos en producción de huevo son seguidos por un abatimiento total durante los

meses de mayo y junio para el periodo de 1998, el mes de abril tampoco presentó producción de huevo; sin embargo, para ambas temporadas se observó una ligera producción en el mes de julio.

## DISCUSIÓN

A pesar de que Rosas (1970) reporta el desove de *C. estor* en medios controlados, éstos fueron observados en lotes confinados en estanques rústicos de aproximadamente 15X15 m, por lo que hasta donde se conoce es la primera vez que ocurren desoves de pez blanco en cautiverio en volúmenes de confinamiento menores a un metro cubico.

De acuerdo con los datos observados y la frecuencia en que ocurren los desoves en los organismos en cautiverio solamente una hembra ha participado en cada pulso de desove, ya que el número de huevos recolectados nunca excede el de huevos, que es posible encontrar en hembras maduras, estimado por Mares (1988) en un estudio de fecundidad para hembras silvestres de esta especie. Puede concluirse tentativamente que cuando la hembra está lista para el desove se aparta bruscamente del grupo principal de peces y es seguida por algunos machos. De muestras colectadas en los mismos tanques se ha observado que es posible encontrar mayor proporción de machos maduros en cualquier momento que hembras.

La atresia observada de forma acentuada durante los meses de septiembre y octubre de ambos periodos, de acuerdo con Wallace y Selman (1981) y Peralta (1991), no juega un papel importante funcional de la fase reproductora de los organismos en cautiverio, ya que son óvulos que generalmente están presentes en peces con reproducción asincrónica (desoves múltiples), como es el presente caso.

El canibalismo que sobre el huevo se ha registrado y observado en los organismos sacrificados ha sido corroborado en peces silvestres por García (1985), así como para algunos grupos de peces pelágicos como la anchoveta, descritos por Hunter (1980).

Con respecto a la periodicidad de los desoves de *C. estor* en cautiverio, durante los ciclos de 1997 y 1998, y a pesar de que en dos ocasiones se presentó un comportamiento como el antes descrito previo al desove durante el día; uno en 1997 y uno más en 1998, puede decirse que la especie muestra actividad de desove solamente



actividad reproductora descritos por García (1985) y Rosas (1970).

García (1985) reporta las tallas mínimas en que ha sido posible encontrar organismos sexualmente maduros en condiciones silvestres, siendo éstas: 108 mm en machos y 149 mm en hembras de longitud patrón; Peralta (1991) señala como talla mínima para hembras maduras 123 mm de longitud patrón. Debe señalarse que para los organismos estudiados la talla mínima encontrada en machos sexualmente maduros fue de 88 mm de longitud patrón y para hembras de 105 mm; sin embargo, un rasgo morfológico que ha caracterizado a los lotes en confinamiento ha sido mayor ganancia en la altura del cuerpo como resultado del reducido espacio. Con respecto a la edad de la talla mínima de organismos maduros, no hay mención alguna, para este caso y en las condiciones del estudio la edad estimada de primera madurez es de 1.5 años

## BIBLIOGRAFIA

- Baguena, T.B. y E. Braum, 1971.** Eggs and early life history. *En:* Ricker W.W. Methods for assessment of fish production in freshwater. Blackwell Scientific Pub. London. 169-198 pp.
- Barbour, C.D. 1973:** The sistematic and evolution of the genus *Chirostoma* Swainson (Pisces Atherinidae). *Tulane Stud.Zool. and bot.* 141p.
- De Buen, F. 1940 a:** Sobre una colección de peces de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo. *Ciencia, México, (7):* 306-308.
- 1940 b.** Pescado blanco, Chauami y Charari del lago de Pátzcuaro. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro. (10):* 26 p.
- 1941 a.** Temas de Limnología. La piscicultura en el lago de Pátzcuaro. *Rev. Gral. de Marina. 2a. ep. (5):* 49p.
- 1941 b.** El *Micropterus* (Huro) *salmoides* y los resultados de su aclimatación en el lago de Pátzcuaro. *Rev. Soc. México de Hist. Nat. II (1):*78 p.
- 1944 a.** Limnología de Pátzcuaro. *An. del Ins. Biól. UNAM. México. XV (1):* 261-312.
- 1944 b.** Huevos, crías, larvas y jóvenes de *Chirostoma* en el lago de Pátzcuaro. *Invest. Est. Limn. Pátzcuaro:* 14p.
- García de León L.F.J. 1985:** Relaciones alimenticias y reproductivas entre *Chirostoma estor* Jordan y *Micropterus salmoides* Lacepede en el lago de Pátzcuaro, Mich. *Esc. de Biología UMSNH. Bolitín SIC. No. (8 enero-junio):* 8-15 p.
- Hunter, J.R. & Kimbrell, C.A. 1980:** Egg cannibalism in the northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin* 78,811-816.
- Lara, V. A. 1974:** Aspectos del cultivo extensivo e intensivo del pescado blanco de Pátzcuaro, *Chirostoma estor* Jordan 1879. Simposio FAO/Carpas sobre acuicultura en América Latina, Montevideo, Uruguay. 5 p.
- Lizárraga, de T. E.Y. 1981:** Composición de tallas, pesos, sexos y relaciones biométricas del pescado blanco (*Chirostoma estor* Jordan 1879) a partir de la captura comercial en el lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis profesional CICM. INP. 31p.
- Peralta, C.L. 1991:** Ciclo gonádico a nivel histológico en hembras de *Chirostoma estor copandarto* (pescado blanco) en el lago de pátzcuaro, Mich. Tesis Fac. de Ciencias UNAM. México. 116 p.
- Rojas, C.P.M. y B.L.G. Mares, 1988.** Cultivo de pescado blanco (*Chirostoma estor*). Informe 1986-1988. Instituto Nacional de la Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera Pátzcuaro. 18 p.
- Rosas, M. M. 1970:** Pescado blanco (*Chirostoma estor*) *Sec. de Ind. y Com. Comisión Nal. de Pesca.* 29 p.
- 1977.** Peces dulce acuícolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Instituto Nacional de la Pesca. SIC./Subsecretaría de Pesca. 135 p.
- Solórzano, P.A. 1955:** La pesca en el lago de Pátzcuaro, Mich., y su importancia económica regional. *Sec. de Marina Dir. Gral. de Pesca.* 58 p.
- 1963.** Algunos aspectos biológicos del pescado blanco del lago de Pátzcuaro, Mich. *Sec. de Ind. y Com.* 15 p.
- Wallace R. and Selman K. 1981:** Cellular and dynamic aspects of oocytes growth in teleosts. *Amer. Zool.* 21: 325-343.
- Yamamoto, K. and Yamazaki, F. 1961:** Rhythm of development in the oocytes of the gold fish *Carassius auratus*. *Bull. Fac. Fish Hokkaido Univ.* 12:93-110.



# CULTIVO EXPERIMENTAL DEL PESCADO BLANCO (*Chirostoma promelas*) EN ESTANQUERIA RÚSTICA

Biól. Felipe Villicaña Vázquez

Jefe del Centro Acuícola "Tizapán el Alto, Jalisco"  
SEMARNAP Delegación Jalisco

## GENERALIDADES

**G**eográficamente el lago de Chapala se ubica en su mayor parte en el estado de Jalisco y una pequeña porción pertenece al estado de Michoacán, a una altura sobre el nivel del mar de 1,250 m y a una distancia de 50 km al sur de la ciudad de Guadalajara. Junto con otros lagos, como Pátzcuaro y Cuitzeo, forma parte de la meseta central. Por su tamaño es considerado como el vaso natural más grande del país (110,000 ha con una longitud máxima y anchura promedio de 77 km y 15 km, respectivamente, y una profundidad máxima de 10 m. Los dos principales alimentadores son los ríos Lerma y Zula, en ese orden de importancia.

En lo que respecta a la ictiofauna de este embalse, se reporta la presencia de ocho especies de aterínidos, cinco de ellas comúnmente consideradas como charales y tres como pescados blancos (Barbour, 1984). La diferencia de ambos términos, básicamente está relacionada a la talla que llegan a alcanzar los adultos. La presencia de

las tres especies de pescado blanco está restringida al lago de Chapala. Desde tiempos remotos, la actividad pesquera en el lago ha constituido una importante fuente de ingresos para las poblaciones ribereñas. Dentro de las pesquerías que se explotan, la de los aterínidos consttuye junto con la tilapia y la carpa una de las más importantes. (SEMARNAP -Jal.)

La pesquería del charal ha generado la única actividad de tipo semiindustrial pesquero de la zona mediante su procesamiento en presentaciones de seco-salado, enchilado, empanizado y frito.

Por su parte, la captura del pescado blanco posee mayor importancia económica, ya que es la especie que mayor precio alcanza en el mercado. Sin embargo, su pesquería ha disminuido de manera notable, presumiblemente a causa del deterioro ambiental, manejo inadecuado de la pesquería y la introducción de especies exóticas. Lo anterior, al punto de que *Chirostoma promelas* se encuentra amenazada, de acuerdo con el listado de la Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059-

94. Buscando colaborar en la solución de la problemática de las pesquerías en el lago de Chapala, y en especial de las especies nativas, y a petición expresa de los pescadores, la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, por medio del Centro Acuícola Tizapán, desde 1996 realiza trabajos encamina-dos al desarrollo de la biotecnología del cultivo del pescado blanco y bagre nativo del lago de Chapala con el fin de restablecer sus poblaciones en este embalse

CUADRO 1		
ESPECIES DE <i>Chirostoma</i> EXISTENTES EN EL LAGO DE CHAPALA.		
Nombre Científico	Nombre común	Talla máxima mm. (Long. patrón)
<i>C. lucius</i>	Pescado blanco (ojón)	300
<i>C. sphyraena</i>	Pescado blanco	200
<i>C. pomelas</i>	Pescado blanco (pico prieto)	150
<i>C. consocium consocium</i>	Charal	120
<i>C. chapalae</i>	Charal	83
<i>C. labarcae</i>	Charal	80
<i>C. jordani</i>	Charal	65
<i>C. arge</i>	Charal	75

(Barbour, 1984)

mediante la producción de crías y su posterior siembra.

Por considerarlo importante, hará una breve descripción de la infraestructura disponible en el Centro Acuícola Tizapán, situado en la parte sur del lago dentro del municipio de Tizapán el Alto, Jalisco. La superficie total del Centro es de 49.2 has, contando con 18 estanques rústicos, 12 con una superficie de 0.25 has, y los seis restantes de .5 has, lo que en suma hacen un total de seis has de espejo de agua.

Se dispone de una sala de incubación y alevinaje con una superficie total de 800 m<sup>2</sup> cubierta con lámina acanalada de asbesto, con 89 canaletas de concreto. De igual forma se cuenta con un laboratorio con una superficie de 130 m<sup>2</sup>, el cual aún se encuentra sin equipar y su propósito es la producción de alimento vivo, contando para ello con áreas para el cultivo de microalgas, de rotíferos y artemia. El sistema de abastecimiento de agua está compuesto por un canal de llamada, con longitud de 3 km, que permite el acceso al lago. Cuenta con una bomba tipo barqueña de ocho pulgadas de diámetro que da un gasto de 64 l.p.s. Además, a partir de 1998 se dispone de un pozo profundo que provee una cantidad de 9.0 l.p.s. de calidad suficiente para los procesos de la sala de incubación y laboratorio. Debido a los bajos niveles de agua que ha presentado en los últimos dos años el lago de Chapala, el pozo profundo ha sido la única fuente de abastecimiento de agua durante los meses de estiaje.

### **CULTIVO DE PESCADO BLANCO (*Chirostoma promelas*)**

Las actividades que se han realizado para el cultivo del pescado blanco en el Centro Acuícola dependen, hasta el momento, de la captura silvestre de reproductores, aplicando básicamente la técnica expuesta por Mateo Rosas (1970). Esta actividad se efectúa con el apoyo de redes agalleras de monofilamento, con una longitud total de 100 m y una apertura de luz de malla de 1" 3/8 que son instaladas en el lago de Chapala durante los meses de febrero marzo y abril. La revisión de estas redes se efectúa diariamente y los organismos capturados son trasladados a las instalaciones del Centro Acuícola y seleccionados, aquellos que presentan un avanzado estado de madurez sexual, para efectuar su desove manual. Por la agresividad de este método, además de ser una especie en extemo

sencible, prácticamente la totalidad de los organismos muere; sin embargo, es posible disponer de productos sexuales viables.

El peso de las hembras es registrado antes y después del desove manual y los productos sexuales de ambos sexos son recibidos en una bandeja de plástico y mezclados mediante movimientos ondulatorios del recipiente para la fertilización del huevo. Por la característica adherente de este último, es utilizada la raíz del lirio acuático como sustrato. Una vez obtenido el huevo de esta forma, el lirio acuático es depositado directamente en el estanque de crianza, en donde se efectúa el proceso de incubación; su dimensión es de 0.25 has, y es previamente preparado fertilizándolo con vacaza a una tasa de una tonelada por ha y la aplicación de dipterex a 1 p.p.m. Esto último es realizado dos días antes de introducir el huevo. La alimentación del alevín y la cría se efectúa mediante la aplicación de zooplancton colectado en la estanquería del centro, además de utilizar alimento balanceado elaborado para trucha, por sus hábitos carnívoros, al no existir uno específico en el mercado. Para determinar el crecimiento de los organismos se realizaron muestreos periódicos mensuales registrando el peso, longitud total, longitud patrón y ancho.

### **RESULTADOS**

En 1997 se colectaron un total de 390 organismos, de los cuales 201 fueron hembras (51.5%) y 189 machos (48.5%), con pesos y longitudes totales de 35.9 y 34.1 gramos y 16.8 y 16.5 centímetros, respectivamente (figura 1). De estos ejemplares, por presentar un avanzado estado de madurez sexual, fueron seleccionados 91 hembras y 97 machos, a los que se les practicó el desove manual. La cantidad de huevo obtenido por hembra desovada, por diferencia de peso pre-postdesove, se observó que en promedio es posible obtener 1.87 g. de huevo.

Muestras de huevo de diferentes hembras se pesaron y contaron el número de huevos, estimando el peso de cada huevo en 0.72 mg, por lo que puede decirse que de una hembra con un peso de 35.9 g. y una longitud total de 16.8 cm es posible obtener 2,600 huevos mediante su desove manual. Con respecto a los porcentajes de fertilización observados, éstos fueron muy variados, estando en función de la calidad de

**CUADRO 2**  
**CAPTURA SILVESTRE DE PESCADO BLANCO.**  
**(C. promelas) EN EL LAGO DE CHÁPALA.**

No. total de organismos. 390			
Hembras		Machos	
201		189	
(51.5%)		48.5%	
peso: 35.9 gr.		peso: 34.1 gr.	
long. Total: 16.8 cm.		long. Total: 16.5 cm	
hembras Desovadas	hembras no desovadas	machos desovados	machos no desovados
91 (23%)	110 (28%)	97 (25%)	92 (23%)

ambos sexos y cantidad de machos disponibles. Debido a que en ocasiones los organismos se colectaban muertos o la cantidad de machos no cubría el número de hembras útiles. Tomando en cuenta lo anterior, el porcentaje de fertilización promedio fue de 40%.

En cuanto a los resultados de la incubación del huevo directamente en el estanque fue posible producir 10,000 crías con tallas entre 3 y 6 cm en un tiempo de 75 días. En tanto que una muestra de huevo fue incubada en un acuario con capacidad de 30 litros y una temperatura constante de 23 °C, bajo estas condiciones el periodo de incubación fue de 164 horas. Mateo Rosas (1970) reporta a esta misma temperatura un periodo de incubación de 120 horas para *Chirostoma estor*.

Si consideramos el número de huevos obtenidos, el porcentaje de fertilización y la cantidad de crías producidas tenemos una sobrevivencia de 10% durante la etapa de eclosión a la talla de cría arriba mencionada. El crecimiento de éstas alcanzó a los dos años una talla y peso promedio de 15.5 cm y 26.3 g, es importante hacer mención que las condiciones de cultivo no fueron las ideales, debido principalmente a la insuficiencia de agua disponible por los bajos niveles de agua presentados en el lago de Chapala, no obstante el crecimiento de esta especie puede verse notablemente mejorado, preparando adecuadamente el estanque previa a la introducción del huevo o alevín. En otras palabras, la producción de alimento vivo con la fertilización es de gran importancia en la producción de crías de pescado blanco en estanquería rústica.

Los índices de sobrevivencia pueden elevarse, de efectuarse la incubación en sistemas más controlados, evitando principalmente las pérdidas por predación ocasionados por insectos acuáticos. Con relación al manejo, es posible la domesticación de *C. promelas* al haberse observado pérdidas mínimas (2%) durante la toma de datos morfológicos, después de los 5 cm de longitud. Tallas mínimas a esta cifra se observa la muerte de la mayor parte de los organismos durante este procedimiento (85%) por lo que debe tomarse en cuenta en el proceso de cultivo.

Por último, bajo el esquema de cultivo expuesto resalta la necesidad de aplicar mayores controles que permitan conocer mejor el crecimiento del pescado blanco. Un ejemplo sería utilizar estanques rústicos más pequeños para evitar la presencia de organismos con grandes diferencias de edad provocada por la introducción gradual de huevo.

## BIBLIOGRAFIA

- Barbour, Clyde D. (1973):** The Systematics and Evolution of the Genus *Chirostoma* Swainson (Pisces, Atherinidae), Tulane Studies In Zoology and Botany, Vol. 18, Núm. 3, pp. 97-141.
- Barbour, Clyde D. (1973):** A Biogeographical History of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species flock from the Mexican Plateau. Copeia, No. 3 pp. 533-556.
- Biotec, S XXI (1990):** Determinación del Potencial Acuícola de los Embalses Epicontinentales mayores de 10,000 Has. y Nivel de Aprovechamiento. Lago de Chapala, Informe Final. Secretaría de Pesca.
- Rosas, Mateo (1970):** "Pescado blanco (*Chirostoma estor*)". Inst. Nal. de Ciencias Biológicas-Pesqueras. Comisión Nacional Consultiva de Pesca, Dirección Nacional de Pesca e Industrias Conexas. Secretaría de Industria y Comercio.





---

# PROGRAMA PILOTO DE CONSERVACIÓN Y MANEJO DE GOODEIDOS MEXICANOS

---

Biól. Omar Domínguez Domínguez,  
Biól. Mario M. Romero Tinoco

Laboratorio de Biología Acuática y Acuicultura, Facultad de Biología  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

**M**éxico esta considerado como uno de los 12 países megadiversos del planeta, los cuales albergan en conjunto el 70% de la diversidad biológica existente, esta diversidad esta dada tanto por especies como por ecosistemas y genes. Englobados en esta megadiversidad se encuentran los cuerpos de agua epicontinentales, registrándose para México alrededor de 14 mil de ellos, destacando por su importancia los cuerpos de agua artificiales repartidos a todo lo largo y ancho del territorio nacional, mientras que la región lacustre más importante de México se encuentra enclavada en la zona centro occidente, principalmente en los estado de Michoacán y Jalisco (CONABIO 1998). Esta abundancia de cuerpos de agua, aunado a la historia evolutiva de nuestro país, tanto geológica como biológica, nos da como resultado una gran diversidad de hábitats y ecosistemas acuáticos, y por ende una gran riqueza de especies, con un alto índice de endemismos.

A pesar de la importancia que tiene esta gran diversidad de cuerpos de agua, llámese río, lago, laguna, manantial, charca etc., en nuestro país los

ecosistemas acuáticos son de los mas impactados por la acción del hombre, la contaminación de las aguas, disminución de los mantos acuíferos, la deforestación de las cuencas, introducción de especies exóticas, y una desmedida sobre pesca son solo algunos de los factores que están contribuyendo a su continuo y acelerado deterioro, por lo que las medidas encaminadas a la conservación de los cuerpos de agua y de los organismos que en ellos habitan son acciones urgentes. Por desgracia hay casos en que este deterioro viene siendo tan acelerado y desmedido y sus soluciones igualmente complejas, no solo en el ámbito ecológico, sino en el político, social y cultural, que en ocasiones se torna imposible salvar de la agonía a los ecosistemas acuáticos como tales, requiriéndose, en este y otros casos, de acciones inmediatas encaminadas a poder rescatar del fantasma de la extinción a su biota. En este sentido una medida emergente y de acción rápida, que puede dar frutos a corto o mediano plazo, es la conservación exsitu de los organismos acuáticos, esto mientras se dan soluciones a la problemática ecológica, que evidentemente es a largo plazo.



**Figura-1. Localidad de Guadalupe Aguilera, hábitat de una población muy restringida de *Characodon lateralis*, especie en peligro de extinción NOM-059-ECOL-1994.**



**Figura-2. Localidad de Jesús María, hábitat restringido de una población de *Xenophorus captivu*, especie amenazada NOM-059-ECOL-1994.**

En este sentido los peces juegan un papel primordial para la salud de estos ecosistemas. Son el grupo de vertebrados más numeroso del planeta, aproximadamente 21700 especies han sido descritas y se considera que aun falta por describir más del 30% de ellas. Para nuestro país los registros de la fauna ictica asciende a 2120 especies, de las cuales 500 corresponden a especies de aguas interiores, de estas, 163 son endémicas de las aguas mexicanas, y más aun gran parte de ellas están restringidas a pequeñas porciones del territorio nacional (CONABIO 1998), tal es el caso de *Hubbsina turneri*, *Characodon audax* (fig., 3 y fig., 4) y *Allotoca meeki* entre otras. Se tienen datos que la mesa central, área comprendida entre la ciudad de Mazatlán Sinaloa y Acapulco, Guerrero, contiene una única y fascinante colección de peces de agua dulce, con aproximadamente 100 especies nativas, de las cuales 70% son endémicas (Guzman-Arroyo 1994), mientras que para la cuenca del Lerma-Santiago se tiene un endemismo del 66% (Lyons et. al 1998). De este total de especies endémicas un grupo de gran importancia, que es exclusivo de la mesa central, son los miembros de la subfamilia Goodeinae, los cuales son peces vivíparos y algunos de ellos son utilizados para consumo humano o para ser incluidos como forraje en la alimentación de especies de granja, más sin embargo, en lo general, son peces que por su pequeño tamaño no revisten ninguna importancia económica para el hombre, pero que sin lugar a dudas tienen un papel vital en la salud de los ecosistemas en donde habitan, un distinguido lugar como parte de nuestra biodiversidad y como parte de nuestra fauna nativa.

Por desgracia, debido a que presentan una escasa importancia económica para nuestro país, estas especies de peces mexicanos han sido olvidadas e incluso algunas se han presumido extintas. En este sentido, en la mayoría de los casos, se observa que las políticas encaminadas a la investigación y conservación de los peces, están enfocadas principalmente a especies nativas con importancia económica, dejando de lado a las especies menores, despectivamente llamadas charales. A pesar de lo anterior, gracias al gran auge internacional que han tenido como especies predilectas en el estudio de la evolución, la reproducción, así como al interés de los acuaristas internacionales, algunas especies de Goodeidos

mexicanos han sido cultivadas en el extranjero durante décadas, incluso hay especies que han sido salvadas de la extinción por estos entusiastas amantes de los peces, tal es el caso de *Skiffia francesae* y *Zoogoneticus tequila*, especies que se presumen extintas en nuestro país, pero que en el extranjero se venían manteniendo en cautiverio por más de 20 años y que gracias a los esfuerzos del acuarista inglés Sr. Ivan Dibble han regresado a nuestro país después de 20 años de exilio. Cabe señalar que estas especies alcanzan en el mercado acuarista internacional precios muy elevados, de hasta \$200 pesos por ejemplar, y algunas ya se cultivan comercialmente en Europa (Ivan Dibble com. Per.), mientras que irónicamente en nuestro país no tienen importancia y son despreciadas. Así mismo otro número importante de especies de esta familia están en riesgo de correr la misma suerte tal es el caso de; *Allotoca maculata*, *Ameca splendens*, *Allotoca meeki*, *Hubbsina turneri* y *Characodon audax* entre otras. Por todo lo anterior y debido a la ubicación estratégica de nuestras instalaciones con respecto a la distribución de esta familia, en el Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de La Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, nos hemos dado a la tarea de estructurar un programa de preservación, conservación y manejo de Goodeidos mexicanos, cuyo objetivo pilar es el mantener una colección viva de goodeidos de todo el país con el fin de estudiarlas, reproducirlas y mantener un banco de germoplasma, y así resguardar de la extinción a las diversas especies de esta familia. Aunado a ello se han planteado proyectos colaterales que puedan encaminarse al estudio de la biología, ecología, así como la situación actual de las especies, para que todos estos resultados y experiencias nos puedan dar la pauta en las estrategias de conservación y nos indique las especies prioritarias o más vulnerables, y de esta forma dirigir los esfuerzos a la conservación o restauración de estos ecosistemas y su biota.

Después de 18 meses de trabajo de campo y laboratorio, los resultados obtenidos son alentadores y prometedores, de las aproximadamente 36 especies de Goodeidos registradas en México, ya se tienen representadas y estudiándose un total de 29 de ellas y algunas con diferentes poblaciones, estas especies han sido colectadas y transportadas de los estados de San Luis Potosí, Durango, Colima, Morelos, Jalisco, Guerrero, Nayarit y

Michoacán. Se tienen representadas 10 de las 11 especies enlistadas en la NOM-059-Ecol-1994. Se manejan otras tantas que son consideradas extintas por algunos autores (UICN 1996, CONABIO 1998 Y Webb S., A. 1998), y que más sin embargo ha la fecha hemos encontrado escasas poblaciones, la mayoría de ellas fuertemente diezmadas y en verdadero riesgo, mientras que a su vez se estudian otras especies que no se han podido redescubrir en su hábitat natural (*Skiffia francesae* y *Zoogoneticus tequila*). Cabe señalar que de este total de especies y poblaciones el 98% se han logrado reproducir con éxito en cautiverio, y actualmente se cuenta con crecientes poblaciones de la mayoría de ellos, las cuales son manejadas de manera especial con el fin de evitar el deterioro del pool genético.

Asimismo los estudios de biología y ecología han comenzado a arrojar datos, ya que hay otro grupo de especies que con la información obtenida en nuestros muestreos y con la información recopilada de otros autores, hemos considerado especies prioritarias a estudiar y conservar, tal es el caso de *Allotoca meeki*, endémico de la cuenca

de Zirahuen (ver tabla 1 y 2), y cuyas poblaciones están fuertemente diezmadas por la introducción de especies exóticas, dichos estudios también nos arrojan datos acerca de la forma de mantenerlos y reproducirlos en cautiverio.

Así pues los resultados obtenidos nos dejan muy motivados y con un gran entusiasmo para seguir adelante en este ambicioso pero necesario programa de preservación y conservación. Cabe señalar que también se tiene el interés de crear paquetes biotecnológicos para la reproducción intensiva de estos organismos, esto no solo con fines de repoblación, sino también pensando en una forma controlada de su comercialización y así poder dar alternativas de aprovechamiento de nuestra rica fauna nativa a los pobladores que más lo necesiten y no esperar a que los investigadores de otro país lo haga por nosotros. Se dice que la mejor forma de conservar una especie de pez menor es introduciéndolas al negocio del acuarismo internacional, y así no solo se mantiene una población de ellas en un laboratorio, sino miles de ellas en cautiverio en todo el mundo (Jim Lanhamer com. Pers).



**Figura-3.** Hábitat natural de *Hubbsina turneri* en la Laguna de Zacapu, especie enlistada en peligro de extinción. NOM-059-ECOL-1994.



**Figura-4.** El Toboso, hábitat muy restringido e impactado, único refugio donde se encuentra *Characodon audax*, especie amenazada. NOM-059-ECOL-1994.

**TABLA 1. ALGUNOS DATOS DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA GOODEIDAE PRESENTES EN LA COLECCIÓN VIVA.**

Especie	Area de colecta	Estatus de conservación	Estado en cautiverio	Observaciones
+ <i>Girardinichthys multirradiatus</i>	Laguna de Zempoala. Mor.	**Rango en contracción	Reproduciéndose	
<i>Hubbsina turneri</i>	Laguna de Zacapu. Mich.	***En peligro de extinción	Reproduciéndose	Especie difícil de mantener en cautiverio y con una distribución muy restringida
<i>Skiffia bilineata</i>	Colonia Guadalupe, Mich.	***Amenazada	Reproduciéndose	Con rango muy restringido debido a la contaminación
<i>Skiffia lermae</i>	La Mintzita, Mich.	***Amenazada	Reproduciéndose	Población amenazada por la contaminación
<i>Skiffia lermae</i>	La Maiza, Mich.	***Amenazada	Reproduciéndose	Población reducida a un pequeño manantial
<i>Skiffia sp</i>	Zacapu, Mich.	Amenazada	Reproduciéndose	Posiblemente sea una especie no descrita
* <i>Skiffia francesae</i>	Teuchitlan, Jal.	***En Peligro de Extinción	Reproduciéndose	Presumiblemente extinta (UICN 1996)
* <i>Skiffia multipunctata</i>	Lago de Camecuaro, Mich.	Población desaparecida	Reproduciéndose	Aparentemente es una población desaparecida
<i>Skiffia multipunctata</i>	Restaurante la Isla, Zamora, Mich.	Poblaciones fuertemente diezmadas	Reproduciéndose	Colectada en estanques para carpa con fuertes problemas de parasitosis
<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Zacapu, Mich.	Estable	Reproduciéndose	
<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Lago Orandino, Mich.	Estable	Reproduciéndose	
<i>Zoogoneticus tequila</i>	Teuchitlan, Jal.	Aparentemente extinta	Reproduciéndose	Especie poco documentada y de reciente descubrimiento
<i>Allophorus robustus</i>	Pátzcuaro, Mich.	**Rango en contracción	Inmaduros	Especie pescada para alimento
<i>Allotoca maculata</i>	Presa Palo Verde, Jal.	++Extinta	Reproduciéndose	Población redescubierta, se presumía extinta
<i>Allotoca regalis</i>	Ríos de los Reyes, Mich.	Rango en contracción	Reproduciéndose	Los ríos donde habita están fuertemente contaminados
<i>Allotoca diazi</i>	Rancho el Molino, Mich.	**Estable	Reproduciéndose	Creemos que es una especie en riesgo
<i>Allotoca dugesi</i>	La Maiza, Mich.	***Amenazada	Reproduciéndose	Es una población muy escasa, difícil de mantener y reproducir, se dice es la población más colorida de esta especie
<i>Allotoca catarinae</i>	Presa Cupatitzio, Mich.	Estable	Reproduciéndose	Especie muy vulnerable, la presa esta fuertemente contaminada por descargas domesticas
<i>Allotoca meeki</i>	Lagunita de Opoepo, Mich.	** Estable	Reproduciéndose	Especie en grave riesgo, restringida a una pequeña población, la creemos una especie prioritaria para nuestro estado
<i>Characodon audax</i>	El Toboso, Dur.	***Amenazada	Reproduciéndose	Especie en grave riesgo, restringida a un pequeño manantial
<i>Characodon lateralis</i>	Amado Nervo, Dur.	***En Peligro de Extinción	Reproduciéndose	Población en riesgo por la contaminación

Especie	Area de colecta	Estatus de conservación	Estado en cautiverio	Observaciones
<i>Characodon lateralis</i>	Guadalupe Aguilera, Dur.	***En Peligro de Extinción	Reproduciéndose	Población en grave riesgo, restringida a un pequeño manantial donde se sembró lobina
<i>Characodon lateralis</i>	Ojo de Agua de San Juan, Dur.	***En Peligro de Extinción	Reproduciéndose	Se colecto en el balneario
<i>Ilyodon furcoidens</i>	Ríos de los Reyes, Mich.	Estable	Reproduciéndose	Esta población habita en canales de riego muy contaminados
<i>Ilyodon furcoidens</i>	Río Armeria, Col.	Estable	Reproduciéndose	Localizado en una granja de tilapia
<i>Ilyodon whitei</i>	Río Huamito, Mich.	Estable	Reproduciéndose	Ampliamente distribuida
<i>Ameca splendens</i>	Balneario Teuchitlan, Jal.	***En peligro de extinción	Reproduciéndose	Grave deterioro de su hábitat. Presumiblemente extinta (UICD 1996), sin embargo se colecto en Marzo de 1999
<i>Chapalichthys encaustus</i>	Lago Orandino, Mich.	**Estable	Reproduciéndose	Probablemente sea una población introducida
<i>Chapalichthys encaustus</i>	Chapala, Jal.	**Estable	Reproduciéndose	
<i>Chapalichthys pardalis</i>	Balneario de Tocumbo, Mich.	Rango en contracción	Reproduciéndose	Creemos que es una especie en grave riesgo por la destrucción de su hábitat
<i>Xenotoca variata</i>	Jesús María, S.L.P.	**Estable	Reproduciéndose	Población muy escasa
<i>Xenotoca variata</i>	El Parian, Mich.	**Estable	Reproduciéndose	
<i>Xenotoca variata</i>	Huingo-Araro, Mich.	**Estable	Reproduciéndose	
<i>Xenotoca eiseni</i>	San Marcos, Jal.	Estable	Reproduciéndose	Población amenazada, localizada en un arroyo de temporal
<i>Xenotoca melanosoma</i>	San Marcos, Jal.	Estable	No se ha tenido reproducción	
<i>Xenophorus captivus</i>	Río Tierra Quemada, S.L.P.	***Amenazada	Reproduciéndose	Colectada en época de estiaje, por lo que la población era muy escasa
<i>Xenophorus captivus</i>	Jesús María, S.L.P.	***Amenazada	Reproduciéndose	Población muy escasa, aparentemente su rango de distribución se contrajo debido a la nevada de 1998 en S.L.P
+++ <i>Xenophorus captivus</i>	Allescas, S.L.P	***Amenazada	Reproduciéndose	Población desaparecida
+++ <i>Ataenobius toweri</i>		***En Peligro de extinción	Reproduciéndose	Población donada, presumiblemente en riesgo
<i>Godea atripinis</i>	Lagunita de Opopeo, Mich.	**Estable	Reproduciéndose	Población en grave riesgo, posiblemente una subespecie
<i>Godea atripinnis grasilis</i>	Jesús María, S.L.P	**Estable	Reproduciéndose	Población restringida a un pequeño manantial

TABLA 2. REPRESENTANTES DE OTRAS FAMILIAS PRESENTES EN LA COLECCIÓN VIVA

Especie	Area de colecta	Estado en cautiverio	Observaciones
<i>Cichlasoma istlanum</i>	Río Huamito, Mich	Reproduciéndose	Colectado en granja de Tilapia
<i>Ictalurus balsanus</i>	Río Huamito, Mich	Inmaduros	Con importancia para consumo, colectada en granja de tilapia
<i>Gambusia sp</i>	La Media Luna, S.L.P	Reproduciéndose	
<i>Poecilia mexicana</i>	La media Luna, S.L.P	Reproduciéndose	

+++ <i>Xiphophorus maculata</i>	Bajo Grijalva, Tab.	Reproduciéndose	
+++ <i>Ribulus tenius</i>	Arroyo a 15 km al NO de Villahermosa, Tab.	Inmaduros	
<i>Ciprinodon nazas</i>	Pequeño manantial a un lado del río aguanaval, Dur.	Reproduciéndose	Es una población muy pequeña en un pequeñísimo manantial
<i>Ambystoma andersonni</i>	Zacapu, Mich	No se ha logrado reproducción	Poblaciones en franco decremento y muy restringida, se ha observado cortejo más no han desovado
<i>Ambystoma ordinarium</i>	Atecuaro, Mich	No se ha logrado reproducción	Se colectaron en estanques para carpa

\*Organismos donados por el acuarista Ingles Sr. Ivan Dibble.

\*\*Reportada por Lyons et. al 1998.

\*\*\*NOM-059-1994.

+ Organismos donados por el CIB de la Universidad Autónoma de Morelos.

++ CONABIO 1998.

+++ Organismos donados por el Ing. Juan Miguel Artigas

## ESTUDIO DE CASO, EL Allotoca meeki DE LA SUBCUENCA DE ZIRAHUEN

Como se menciona anteriormente, un número importante de las especies de Goodeidos son endémicas de una región o de un pequeño cuerpo de agua, donde, en la mayoría de los casos, un deterioro o alteración de su medio natural puede poner en grave riesgo la sobrevivencia de esta especie en nuestro planeta, tal es el caso del llamado Tiro de Zirahuen (*Allotoca meeki*) el cual habita exclusivamente en la cuenca del lago de Zirahuen, pero que en la actualidad ya no se le encuentra en este lago del cual tomas su nombre esta importante cuenca, pero que más sin embargo esta especie se ha redescubierto en un pequeño y restringido manantial localizado en la parte alta de la cuenca en el poblado de Opopeo (figura 5).

El Lago de Zirahuen es un lago oligotrófico, posiblemente el lago michoacano con menor



Figura 5.- Localidad de Opopeo, único refugio de *Allotoca meeki*, especie que consideramos en grave riesgo y por lo tanto prioritaria en el programa de conservación.

índice de contaminación, sin embargo desde los años 40's se han venido sembrando especies de peces exóticos como la lobina negra (*Micropterus salmoides* fig., 6) y la Carpa (*Cyprinus carpio*), las cuales al parecer han contribuido directamente a la disminución de las poblaciones de estas especies nativas en el lago, e incluso la desaparición de una de ellas (*Allotoca meeki*) o también llamado Tiro de Zirahuen.

Debido a la preocupación por la conservación de ésta especie, se ha abierto una línea de investigación que ayude a determinar el estado actual que guardan las poblaciones de esta especie en la cuenca y que a su vez nos determine las acciones a seguir para poder conservarla. De esta forma el primer objetivo que se planteó fue la localización de esta especie y determinar su distribución dentro de la cuenca, así, durante dos años, los integrantes del equipo de investigación nos hemos dado a la tarea de realizar una intensa búsqueda en esta región, para lo cual se han realizado 15 salidas de campo, en dichas salidas

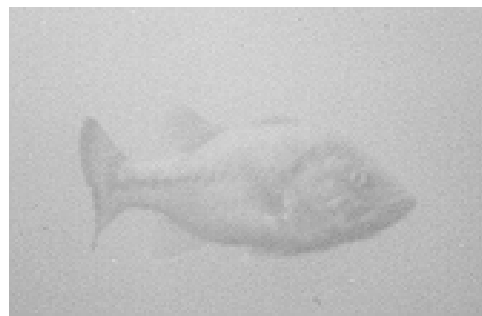


Figura 6.- Lobina negra *Micropterus salmoides*, foto tomada en el Lago de Zirahuén, pensamos que ésta es una de las principales causas de la desaparición de *A. meeki* en el lago.

nos hemos apoyado de los pescadores para la pesca con chinchorro y la pesca con redes de mano o atarraya en zonas someras, seguido de esto y al ver el nulo éxito que tuvimos para la localización de la especie nos enfocamos a realizar búsqueda de visualización directa con ayuda de equipo de buceo, con los mismos resultados, cabe señalar que en los muestreos realizados dentro del algo solo se colectó y visualizó escasas poblaciones de pescado blanco y charal, así como escasas colectas de *Allophorus robustus* y *Goodea atripinis*, mientras que para la lobina sus capturas fueron abundantes. Posteriormente nos dimos a la tarea de buscar esta especie en los tributarios del lago, por lo que se realizaron muestreos a lo largo del río conocido con el nombre de La Palma o El Silencio, con resultados alentadores, ya que se colectaron dos organismos en las estaciones de muestreo ubicadas para el río, lo cual nos impulsó a seguir la búsqueda hasta el mismo origen del río, en nuestro afán de localizar la especie y siguiendo el cauce del río, llegamos a una pequeña laguna que se alimenta de varios manantiales, en esta pequeña laguna de escasos 8000 metros cuadrados y rodeada de caseríos fue localizada una restringida población de *Allotoca meeki*, lo que nos corroboró que esta especie no estaba extinta, sin embargo los pobladores mencionaron que en épocas recientes se sembró carpa y lobina en la lagunita, por lo que creemos que su población está gravemente amenazada. Cabe señalar que en este periodo se ha buscado la especie en otras partes de la cuenca sin resultados positivos, por lo que creemos que esta población debe ser protegida de inmediato.

En la actualidad se están realizando trabajos de biología y ecología básica, encaminados al conocimiento de sus poblaciones y a la obtención de medidas de manejo y conservación de esta especie gravemente amenazada, todo ello considerando que es de las especies en mayor riesgo de desaparecer en el estado de Michoacán y por ello una especie considerada por nosotros como prioritaria para los programas de conservación.

## BIBLIOGRAFÍA

- CONABIO. 1998.** “La Diversidad Biológica de México: Estudio de País. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. CONABIO. México.
- Domínguez-Solares H. 1999.** “Contribución al Estudio de los Peces de la Familia Goodeidae de Michoacán. Tesis Profesional. UMSNH. México.
- Guzman-Arroyo F. 1994.** “Osteología y Variación no Geográfica de la Suspensión de la Aleta Anal de *Goodea luitpoldi*”. Universidad, Ciencia y Tecnología. Vol. 3, No.2, Julio, pp 33-41.
- Lyons, J., Gonzalez-Hernandez, G., Soto-Galera E., Guzman-Arroyo M., 1998.** “Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west-central México”. Fisheries. Vol 23, No. 4, April, pp 10-17, USA.
- Medina N. M., 1997.** “Ictiofauna de la Subcuenca del Río Angulo Cuenca del Lerma Chapala, Michoacán”. Zoología Informa. No. 35, ENCB-IPN, pp 25-52, México.
- UICN, 1998.** IUCN “Red List of Threatement, Database Search Results”. [www.wcmc.org.uk/cgi-bin](http://www.wcmc.org.uk/cgi-bin).
- Webb S. A., 1998,** “ A Phylogenetic Analysis of the Goodeida (Teleostei: Cyprinodontiformes)”. Tesis Doctoral. University of Michigan, USA.





---

# EXPERIENCIAS DE CULTIVO CON LA MOJARRA CRIOLLA

## *Cichlasoma istlanum*

---

M. en C. Jorge Luna-Figueroa

Laboratorio de Acuicultura, Centro de Investigaciones Biológicas, UAEMor.

### INTRODUCCIÓN

Considerando la importancia de la conservación de especies nativas, se presenta el resultado de experiencias de cultivo de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* en el estado de Morelos. Así como las perspectivas de la especie dentro de la acuicultura.

La cuenca del río Balsas es uno de los sistemas hidrológicos más importantes del territorio mexicano, representa el río más grande del país, y desemboca en el Océano Pacífico. En Morelos, el río se divide en tres subcuencas: Amacuzac, con una superficie de 4,303.39 km<sup>2</sup>; Atoyac, con 673.17 km<sup>2</sup> y la del Balsas-Mezcala, con 1.6 km<sup>2</sup>. Entre los ríos de la entidad sobresale el Amacuzac, que tiene su origen a partir de los ríos Chontalcoatlán y San Jerónimo, que emergen en las grutas de Cacahuamilpa ya con el nombre de Amacuzac. En Morelos, con un recorrido de 68.8 km, se interna por el occidente, recibiendo los caudales de los ríos Chalma, Tembembe, Apatlaco, Tetlama, Yautepec, Cuautla y otros de menor importancia.

En el estado de Morelos existen actualmente 21 especies ícticas pertenecientes a ocho familias y 16 géneros, cuatro de las cuales son endémicas, otras cuatro nativas y 13 exóticas que han sido introducidas para diversos fines, entre los que se cuentan la producción pesquera y para actividades ornamentales. Dentro de las especies nativas y endémicas están *Astianax fasciatus*, *Poecilia sphenops*, *Cichlasoma istlanum*, *Hybopsis boucardi*, *Ictalurus balsanus*, *Girardinichthys multiradiatus*, *Ilyodon whitei* y *Poeciliopsis balsas*. Mientras que las especies introducidas son representadas por *Ctenopharingodon idella*, *Cyprinus carpio*, *Heterandria bimaculata*, *Poecilia reticu-*

*lata*, *Poeciliopsis gracilis*, *Xiphophorus helleri*, *Cichlasoma nigrofasciatum* y *Oreochromis mossambicus*, asimismo, *Onchorynchus mykiss*, *Girardinichthys multiradiatus*, *Xiphophorus variatus*, *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides* y *Cichlasoma cyanoguttatum*, estas últimas no se encuentran presentes en el río Amacuzac.

La ictiofauna que habita en aguas del Estado de Morelos se agrupa en ocho familias, las cuales representan un grupo ecológico muy atractivo, donde desgraciadamente predominan las especies introducidas, sin embargo, las especies nativas y endémicas a pesar de estar representadas por un número menor son de gran importancia no sólo desde el punto de vista ecológico que sin duda es un factor de gran relevancia, sino desde el punto de vista de la pesquería artesanal, la cual ha permitido la incorporación de proteína de origen animal a la dieta de los pobladores de las márgenes de los principales ríos y arroyos de la región. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de ejecutar proyectos de investigación que permitan generar información biológica básica de estas especies con el objetivo de desarrollar la biotecnología de cultivo apropiada para estos organismos.

Particular interés presenta la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*, especie que comparte el hábitat a lo largo del río Amacuzac con el resto de las especies antes mencionadas, de la cual analizaremos algunos aspectos importantes de la situación que guarda actualmente, con esto no se considera de mayor o menor importancia una especie con respecto de las otras, sino que el Laboratorio de Acuicultura de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ha desarrollado durante los últimos cinco años un programa enfocado al estudio en cautiverio de la mojarra criolla.

El hombre en su afán por crecer y demostrar su dominio sobre los diferentes hábitats que lo rodean, ha colaborado directamente en el deterioro de la calidad del medio ambiente, tanto terrestre como acuático, a través de la producción indiscriminada de contaminantes, esto ha contribuido a disminuir las posibilidades de vida de especies que requieren atención y cuidados, de lo contrario la única posibilidad de organismos como la mojarra criolla será el mantenimiento en condiciones de cautiverio.

Actualmente en el Estado de Morelos, es notoria la forma en que ha disminuido la pesquería de la mojarra criolla, manifestándose en el número de capturas y en menor talla de los organismos, esto como consecuencia de una serie de desaciertos entre los que se encuentran la sobreexplotación del recurso, la utilización inadecuada de métodos de captura, así como la introducción de especies exóticas que han desplazado a *Cichlasoma istlanum* de lugares donde hasta hace algunos años eran abundantes. Esto ha ocasionado diversos problemas, uno de los cuales y que afecta a la mojarra criolla, es el desplazamiento de su hábitat natural como sucede en los lagos de Tequesquitengo y El Rodeo, así como en el río Amacuzac.

La mojarra criolla, es una especie nativa de la cuenca del río Balsas y se distribuye en los Estados de Morelos, Michoacán, Puebla, Guerrero, así como el Sistema Armería Coahuayana en Colima. Estos organismos constituyen una especie que se encuentra en una amplia variedad de hábitats acuáticos, como son ríos, lagos y bordos, también es posible encontrarlos en estanques de granjas piscícolas dirigidas en su mayoría a mantener especies exóticas de interés comercial, mientras que la presencia de la mojarra criolla en estos sitios es generalmente accidental.

### Importancia de la mojarra criolla

En México la acuicultura surgió con el propósito firme de verla convertida en una actividad de beneficio social en las comunidades rurales, con la cual los habitantes de las riveras de los cuerpos de agua podrían incrementar el consumo de proteína de origen animal y por lo tanto mejorar su nutrición. Actualmente, a esta actividad se le promueve además como una práctica redituable que puede generar alimento, empleos y divisas para los

grupos que se encargan de desarrollar proyectos

Tabla 1- Características de reproducción en condiciones de cautiverio de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*

REGISTRO/ALIMENTO	Alimento vivo <i>Daphnia pulex</i> <i>Culex quinquefasciatus</i>	Alimento comercial Api-Tilapia
Número de huevos	1150	832
Número de crías	827	512
Sobrevivencia (2 meses), %	71.91	61.53
Mortalidad (2 meses), %	28.08	38.46
Frecuencia de desove, días	21	34

productivos en el país. Desafortunadamente la piscicultura en nuestro país, se basa principalmente en el manejo de especies alóctonas, sin embargo, cabe destacar la existencia de un gran número de especies nativas susceptibles de cultivo, que ofrecen diversas ventajas, que las hacen recomendables para ser utilizadas en cultivos extensivos e intensivos como son la disminución de importación de tecnología y mayores posibilidades de éxito al efectuarse los cultivos en condiciones ambientales propias; preservación de las especies nativas, de lograr su reproducción en cautiverio, además de que los ambientes naturales no son alterados al evitar la introducción de especies ajenas a estos.

En particular en el Estado de Morelos, *Cichlasoma istlanum* es muy importante, a pesar de ser afectada gravemente en su hábitat natural; por un lado por el incremento constante de los contaminantes vertidos al medio, y por el otro, por la introducción de especies exóticas que han influido fuertemente en el desplazamiento de la mojarra criolla. Así la importancia de la especie se fundamenta en el hecho de que forma parte de la alimentación básica de los habitantes en las márgenes de los principales cuerpos de agua de la entidad y por formar parte del patrimonio endémico de la región.

### Reproducción y crecimiento en condiciones de cautiverio.

La reproducción constituye uno de los factores más importantes desde la óptica conservacionista, por lo cual es indispensable dentro del manejo de especies amenazadas o en peligro de extinción, desarrollar programas que incluyan no sólo el mantenimiento en cautiverio sino también la reproducción y la planeación a través de estudios especializados para llevar a cabo la repoblación de aquellos hábitats que en otro tiempo albergaron diferentes poblaciones. Es también de primordial

interés no cerrar los ojos a la necesidad de realizar un mayor esfuerzo para lograr estas metas, sin olvidar que no sólo es trabajo de especialistas sino de la sociedad en general. En muchos de los casos las alteraciones que sufre un hábitat son irreversibles, al igual que para los organismos que en él habitan, por lo que se tiene como consecuencia prioritaria que trabajar en diferentes áreas para mantener las condiciones adecuadas que permitan la reproducción y el crecimiento de especies amenazadas o en peligro de extinción.

En condiciones de cautiverio ha sido posible el manejo de la mojarra criolla tanto en estanques de fibra de vidrio de 1.20 X 1.20 X .45 m, como en acuarios de cristal de dimensiones variables, obteniendo reproductores con una longitud total máxima de 27.5 cm (machos) y 22.5 cm (hembras) y un peso de 245 y 200 g respectivamente, aunque la reproducción se ha logrado en organismos con una talla mínima de 13 cm y un peso de 12 g, por otra parte se ha observado que la madurez sexual es alcanzada aproximadamente a los 10 cm y 10 g en promedio para ambos sexos. Una característica distintiva de la etapa reproductora de la especie es la coloración; las hembras presentan un color rosado en el vientre y verde en el dorso, mientras que los machos una coloración blanca en el vientre y azul-verdoso en el dorso. La reproducción bajo estas condiciones se ha obtenido durante el período comprendido de Febrero a Octubre, con un número promedio de huevos de 1150, esto en función del peso y talla de la hembra, así como de la cantidad y calidad del alimento. La hembra deposita hileras de huevos de color miel hasta constituir una placa uniforme, por su parte el macho sigue de cerca a la hembra fertilizando los huevos. El cortejo consiste principalmente en la defensa de su territorio o nido, así como de la limpieza minuciosa del área que se utilizará, la cual generalmente consiste de piedras o tubos de barro o PVC, son peces con una conducta mucho menos agresiva que otros integrantes de la familia Cichlidae. El cuidado de los huevos y la cría lo realizan ambos progenitores, éstos pueden mover a la cría de un sitio a otro durante los primeros días posteriores al desove, hasta que estos nadan libremente por el estanque.

Tabla 2 Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa crecimiento específico (TCE) en peso de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*. Promedio  $\pm$  ES.

REGIS-TRO/ALIMENTO	Alimento vivo <i>Daphnia pulex</i>	Alimento comercial "Pedregal"
Peso inicial, g	0.019 $\pm$ 0.002	0.023 $\pm$ 0.002
Peso final, g	4.44 $\pm$ 0.11	3.06 $\pm$ 0.12
CA, g	4.42	3.04
TCA, g/día	0.049	0.034
CR, %	23278.94	13217.39
TCR, %/día	261.71	149.01
TCE, %/día	6.13	5.49

Respecto al crecimiento en cautiverio se han obtenido resultados prometedores en las primeras semanas de vida de estos organismos (Tablas 2, 3, 4 y 5). Sin embargo es necesario realizar investigación con peces adultos en estanquería especial para producción intensiva o semi-intensiva.

### Perspectivas de *Cichlasoma istlanum*

Hoy en día el panorama que afronta esta especie es bastante difícil debido a la presión ejercida por el entorno del hábitat natural de la mojarra criolla. Por lo que resulta imprescindible la implementación de proyectos de investigación que permitan desarrollar biotecnologías de cultivo incluyendo obviamente aspectos básicos de su biología, mantenimiento y reproducción en condiciones controladas.

Como respuesta a la problemática anterior, el Laboratorio de Acuicultura de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, desarrolla actualmente un programa destinado al manejo en cautiverio de la mojarra criolla, con dos proyectos; "Reproducción y crecimiento de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae)" y "Comportamiento termorregulador y campo de creci-

Tabla 3- Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE) en longitud total de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*. Promedio  $\pm$  ES.

REGIS-TRO/ALIMENTO	Alimento vivo <i>Daphnia pulex</i>	Alimento comercial "Pedregal"
LT inicial, cm	0.89 $\pm$ 0.02	0.94 $\pm$ 0.02
LT final, cm	6.26 $\pm$ 0.05	4.45 $\pm$ 0.06
CA, cm	5.37	3.51
TCA, cm/día	0.060	0.039
CR, %	603.37	3.73.40
TCR, %/día	6.77	4.19
TCE, %/día	2.19	1.67

miento de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae)", siendo este último un proyecto de tesis Doctoral. Lo anterior permitirá conocer las condiciones propias de la especie para optimizar la reproducción, así como sus tasas de crecimiento y por otro lado, la determinación de la temperatura preferida facilitará la selección de áreas de cultivo y el conocimiento de los óptimos térmicos de algunos procesos fisiológicos como son la reproducción, la velocidad de natación y en particular el crecimiento, se obtendrán también los conocimientos para relacionar las tasas de alimentación y de crecimiento de un organismo con las condiciones ambientales, ya que estas están relacionadas con la tasa de la energía contenida en el alimento, las transformaciones y la utilización en las funciones fisiológicas del organismo.

Existen reportes que aseguran que algunas especies del género *Cichlasoma* no alcanzan más de 50 g en peso, por lo que son de poco interés para los acuicultores, sin embargo, no es el caso de la mojarra criolla de la cual hay registros de peso y longitud entre 123.1 g-19.2 cm y 228.6 g-23.5 cm, estos intervalos se pueden considerar dentro de lo comercialmente requerido para consumo. Lo anterior permite visualizar la posibilidad de la especie desde el punto de vista acuicultural basado desde luego en experimentación dirigida a comprobar o negar la suposición anterior y a determinar el tiempo en que son alcanzadas estas tallas, así como el costo económico que determine la viabilidad de la especie.

Este tipo de trabajos permitirá contribuir a contrarrestar la problemática de la especie en su hábitat natural; en primer lugar al obtener la reproducción en condiciones controladas y en segundo al llevar a cabo el crecimiento en cautiverio y posteriormente la posible repoblación de aquellos cuerpos de agua que constituyen su hábitat natural, así como el desarrollo de estrategias de cultivo en Unidades de Producción. Sin embargo, es importante mencionar que se requiere un gran esfuerzo para sentar las bases del desarrollo acuicultural de la mojarra criolla, el cual sólo se logrará con la realización de una serie de estudios enfocados a implementar las condiciones apropiadas

Tabla 4- Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE) en longitud patrón de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*. Promedio  $\pm$  ES.

REGISTRO/ ALIMENTO	Alimento vivo <i>Daphnia pulex</i>	Alimento comercial "Pedregal"
LP inicial, cm	0.84 $\pm$ 0.02	0.87 $\pm$ 0.02
LP final, cm	5.22 $\pm$ 0.04	3.71 $\pm$ 0.04
CA, cm	4.37	2.84
TCA, cm/día	0.049	0.032
CR, %	520.23	326.43
TCR, %/día	5.84	3.66
TCE, %/día	2.05	1.62

para el manejo de la especie en laboratorio y posteriormente en granjas piscícolas.

Finalmente, el trabajo con especies amenazadas o en peligro de extinción requiere una integración de todas las áreas involucradas en el manejo y conservación de los organismos, ya que no es un problema particular de cierto sector, sino la consecuencia de las interrelaciones entre la naturaleza y la sociedad. Por lo que la colaboración entre sectores es vital para contribuir satisfactoriamente a la solución de problemas originados por el mal manejo del recurso y a la contaminación tanto del medio terrestre como del acuático, ya que tal parece que la acción de contaminar es condicionante del nivel de desarrollo social, debido a que a mayor nivel mayor cantidad y complejidad de contaminantes. Lo anterior no significa que deba detenerse el avance social, por el contrario, encaminar parte del esfuerzo y experiencia lograda para evitar la contaminación de ríos y lagos, los cuales cada día funcionan más como canales de desagüe que como corrientes que proporcionen albergue a las distintas especies de organismos que habitan el medio. Es importante hacer notar que esto no es tarea exclusiva de gobiernos o universidades, sino tarea de la sociedad en la cual cada individuo debe participar en diferente nivel de compromiso para evitar o por

Tabla 5- Tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento relativo (TCR) y tasa de crecimiento específico (TCE) en altura corporal de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum*. Promedio  $\pm$  ES.

REGISTRO/ ALIMENTO	Alimento vivo <i>Daphnia pulex</i>	Alimento comercial "Pedregal"
AC inicial, cm	0.25 $\pm$ 0.01	0.25 $\pm$ 0.01
AC final, cm	2.45 $\pm$ 0.02	1.73 $\pm$ 0.03
CA, cm	2.20	1.48
TCA, cm/día	0.024	0.016
CR, %	880.00	592.00
TCR, %/día	9.88	6.65
TCE, %/día	2.56	2.17

lo menos disminuir los problemas antes mencionados.

### LECTURAS RECOMENDADAS

**Contreras, MacBeath, T. (1988).** Desarrollo embrionario y larval de *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae). Tesis Profesional, Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.E.M.

**Contreras-MacBeath, T. (1995).** Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos, con énfasis en peces. *Ciencia y Desarrollo*, 122, 42-50.

**De La Lanza-Espino G. y Arredondo, F. J. L. (1990).** La acuicultura en México: de los conceptos a la producción. Instituto de Biología, U.N.A.M.

**Luna-Figueroa, J. y Figueroa, T. J. (1999).** La mojarra criolla de la subcuenca del río Balsas. *Especies*, 8 (2): 25-27.

**Luna-Figueroa, J. y Figueroa, T. J. (1999).** Producción de huevos y crecimiento de juveniles de la mojarra criolla *Cichlasoma istlanum* (Pisces:Cichlidae). *Acta Universitaria*, 9 (1): 57-62.





---

# CULTIVO EXPERIMENTAL DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* var *stirling*) EN JAULAS FLOTANTES EN LA PRESA DEL INFIERNILLO, MICH.-GRO.

---

Morales, P.J.J., Mares, B. L.G., Hernández Z. N. , Arredondo V. E.,  
Osuna P.C. y Sabanero M.S.

Centro Regional de Investigación Pesquera de Pátzcuaro, Michoacán  
Instituto Nacional de la Pesca

## RESUMEN

Se presentan los resultados preliminares en el cultivo de *Oreochromis niloticus* var *stirling*. Se evaluó la eficiencia de los sistemas de cultivo para tres diferentes densidades de siembra, hasta una talla comercial en un volumen de confinamiento de  $6 \text{ m}^3$ . Se determinó los modelos de crecimiento para cada densidad tanto para datos de longitud como para peso, se aplicó un análisis de varianza de clasificación doble a un nivel de confianza del 95%, para determinar diferencias entre los tratamientos de las densidades manejadas. Encontrando diferencias solo con respecto al crecimiento en peso. Se establece que la densidad que presenta un mejor rendimiento es la de  $12 \text{ Kg. / m}^3$ . Se analiza el comportamiento de los principales factores físicoquímico durante el ciclo de cultivo

## INTRODUCCION

La acuicultura ha sido considerada como una alternativa capaz de incrementar la producción de alimento de origen acuático con el desarrollo de una acuicultura extensiva e intensiva a través del manejo de encierros y/o jaulas flotantes.

La operación de jaulas flotantes ofrece las ventajas de reducir enormemente los costos de operación con respecto a otros sistemas de producción, el contacto directo con toda la masa de agua le confiere una serie de atributos, como: la capacidad de modificar una serie de procesos que de manera natural se presentan en los ambientes

acuáticos, autores como Beveridge (1986), Flores (1986) y Olvera (1992), mencionan que la mayor parte de cambios en el ambiente acuático, son el resultado de una incorporación de nutrientes, los cuales modifican principalmente la calidad del agua.

Por lo que es de gran interés manejar de una manera integral los recursos y conocer las repercusiones que el cultivo en jaulas produce con respecto a la calidad del agua del embalse, no solo para la producción de peces sino también para otros usos, con el propósito de establecer lineamientos para el desarrollo de esta actividad.

La presa Adolfo López Mateos (Infiernillo), ocupa un lugar relevante a nivel nacional en lo que a producción pesquera se refiere y es considerada como un embalse de los más productivos en América Latina por sus altos rendimientos (Bernal, 1984), es fuente de ingresos económicos y alimenticios de un considerable número de habitantes ribereños.

Sin embargo, a partir de 1988, se ha reportado un decremento en producción y reducción de las tallas de captura, lo que manifiesta una sobreexplotación, Orbe et al. (en prensa), cita para ese año una captura de 16,996 ton. en el que las tilapias contribuyeron con un 88.56% mientras que para 1997 se reportó una captura global de 7,166 ton., lo que representa el 57.83% de la captura con respecto a 1988. Con relación a la captura de tilapia para 1997 tan solo se cita una captura del 38.47% con respecto a 1988, estos grandes descensos en los volúmenes de captura han repercutido substancialmente en la economía del sector pesquero que de ellos dependen, los cuales

se ven sujetos a los intereses de intermediarios que determinan las condiciones de venta de su producto.

Por lo que, establecer alternativas pesqueras productivas a través de sistemas controlados como lo ofrece la acuicultura con especies que no solamente representan una fuente alterna de alimento sino además mejorar su economía, permitirá diversificar el mercado del sector pesquero de esa región.

Con base en lo anterior, el presente trabajo se plantea dos objetivos fundamentales:

1) Evaluar la operación de una unidad piscícola del cultivo de tilapia (*O. niloticus* var. *stirling*) en la presa Adolfo López Mateos y

2) Evaluar las repercusiones que sobre la calidad de agua produce el cultivo en jaulas flotantes.

## ÁREA DE ESTUDIO

La Presa Adolfo López Mateos se localiza en la Cuenca del Río Balsas entre los límites de los estados de Michoacán y Guerrero, abarcando los municipios de Arteaga, la Huacana, Churumuco Mich. y Coahuayutla Gro., sus coordenadas geográficas son 18° 52' 00" latitud norte, 18° 11' 00" latitud norte, 101° 03' 00" longitud oeste 102° 07' 00" longitud oeste, (Secretaría de Gobernación y Gob. de Michoacán, 1988). La capacidad de

nivel de agua máximo extraordinario corresponde a 176 m sobre el nivel del mar y equivale a un embalsamiento de 11 860 Mm<sup>3</sup> y a una superficie inundada de 40 000 hectáreas, sin embargo por razones de seguridad se controla los niveles de máxima y mínima operación, el máximo de operación se controla a los 169 m de elevación, con un embalsamiento de 9 340 Mm<sup>3</sup> y una área inundada de 34 600 hectáreas (Juárez, 1989). Se registró una profundidad máxima de 70 m y una profundidad media de 35 m (Bernal, 1984).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un cultivo intensivo de engorda en seis jaulas flotantes con tilapia nilotica variedad *stirling* (*Oreochromis niloticus*). El diseño experimental consistió en probar tres densidades diferentes, cada una por duplicado: 12 Kg./m<sup>3</sup>, 15 Kg./m<sup>3</sup> y 18 Kg./m<sup>3</sup>, (Coche, 1979, Reyes, 1993. y SEPESCA, 1994). Las unidades experimentales fueron jaulas metálicas forradas de PVC con unas dimensiones de 2.40 X 2.40 X 1.20 m (6 m<sup>3</sup>). Estas unidades disponían de un sistema de flotación de poliuretano integrado a la jaula.

## Alimentación y Ración Diaria.

Se proporcionó alimento balanceado para tilapia, marca "Purina" con un 30% de proteína (Reyes, 1993) y 5 % de grasa, la ración alimentaria diaria fue del 3% de su biomasa distribuida ésta tres veces al día, (Reyes, 1993, SEPESCA, 1994), siete días a la semana hasta alcanzar 300 gr.

Se evaluó la eficiencia del cultivo y de los tratamientos en términos del crecimiento logrado por los lotes en cultivo a través de la determinación de los parámetros (longitud total, longitud patrón, altura y peso en mm y g).



Fig. 1 Presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo)

Tabla 1.

Factor	Técnica
Transparencia	Medición con Disco de Secchi
Temperatura	Medición con Termómetro (-10 a 120 °C)
pH	Potenciómetro Exttech Meter 607
Conductividad	Medición por conductímetro
Alcalinidad	Titulación con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0.02 N utilizando como indicadores fenolftaleína y Verde de Bromocreso (mixto)
Dureza	Titulación con EDTA utilizando como indicadores murexida y eriocromo negro T
Oxígeno Disuelto	Método de Winkler modificado
Ortofosfato Disuelto	Método de Azul de Molibdeno
Fósforo Total	Método de Azul de Molibdeno con la oxidación de la materia orgánica para liberar el fósforo.
Nitritos	Método basado en la Reacción de Griess
Amonio	Método del Azul de Indofenol

El tipo de crecimiento en longitud que mostró la especie en cultivo se ajustó a un modelo matemático de tipo exponencial, cuya expresión fue la siguiente:

$$L_p = a (X)^b$$

Mientras que para el crecimiento en peso se ajusta a un modelo cuya expresión de forma linealizada fue:

$$W = a e^{b(x)}$$

donde:

$L_p$  = Longitud Patrón

$W$  = Peso

$X$  = Variable de tiempo

$a, b$  = constantes de regresión

Para obtener las variables necesarias para la aplicación del modelo anterior, se realizaron muestreos merísticos mensuales de los peces en cultivo, considerando el 10 % de la densidad de siembra.

Con el propósito de ponderar los resultados referentes a la eficiencia de cada tratamiento se aplicó un análisis de varianza de clasificación doble (Steele y Torrie, 1985) con el objeto de determinar si existía una diferencia entre los distintos tratamientos aplicados en el estudio, esta prueba se aplicó tanto a los datos de longitud como los de peso a un nivel de confianza del 95%.

### Calidad del Agua.

Se establecieron tres estaciones de muestreo: una de ellas localizada en

las inmediaciones de las jaulas, otra antes de las jaulas localizada en la mayor corriente de afluente y la última después de las jaulas en la corriente mayor de efluencia.

Se llevó a cabo en cada estación de muestreo, monitoreos una vez al mes durante nueve meses, la evaluación de los factores descritos a continuación se realizaron de acuerdo con el método estándar (APHA, 1981) (Tabla 1).

### RESULTADOS

En relación al análisis de varianza aplicado para determinar si existía una diferencia entre las 3 densidades (tratamientos) con las que se trabajó en el experimento se obtuvieron los siguientes resultados: Cuando se analizaron los datos de la longitud, el valor calculado de F fue de 1.63 ( $\alpha = 0.05$ ) inferior al tabulado por lo que se deduce que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, cuando se analizaron los de peso, el valor de F fue de 7.44 ( $\alpha = 0.05$ ), superior al valor tabulado y por lo tanto se infiere que en este caso si existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 2. Modelos de Crecimiento para Longitud Patrón.

12 Kg./m <sup>3</sup>	15 kg./m <sup>3</sup>	18 Kg./m <sup>3</sup>
$L_p = 7.08(X)^{0.566}$	$L_p = 7.11(X)^{0.603}$	$L_p = 7.03(X)^{0.583}$
$L_p = 7.10(X)^{0.573}$	$L_p = 7.00(X)^{0.6126}$	$L_p = 6.95(X)^{0.568}$

Tabla 3. Modelos de Crecimiento para Peso.

12 Kg./m <sup>3</sup>	15 kg./m <sup>3</sup>	18 Kg./m <sup>3</sup>
$W = 5.909 e^{0.6755(t)}$	$W = 6.147 e^{0.6379(t)}$	$W = 6.332 e^{0.6083(t)}$

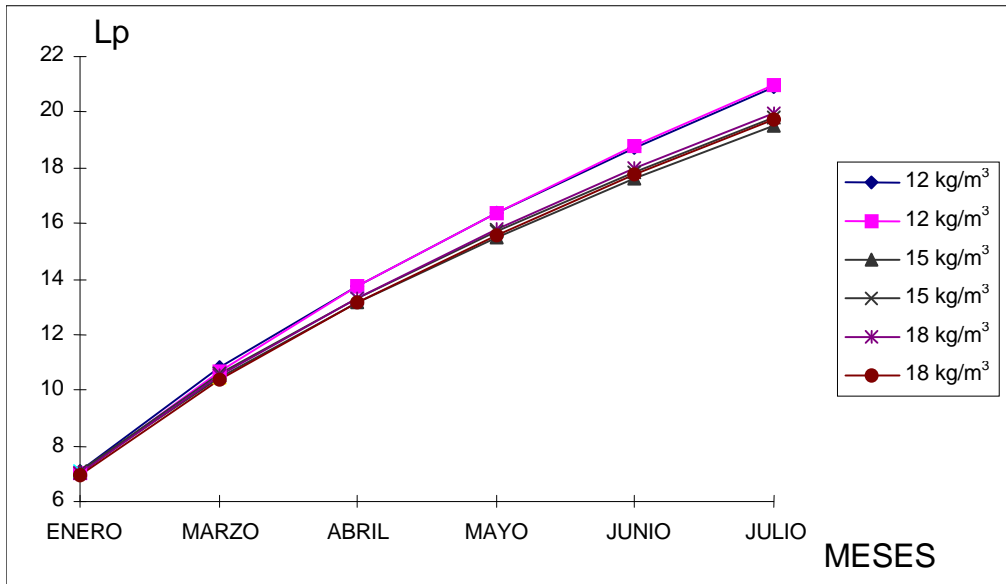


Fig. 2. Curvas de Crecimiento para Longitud por densidad

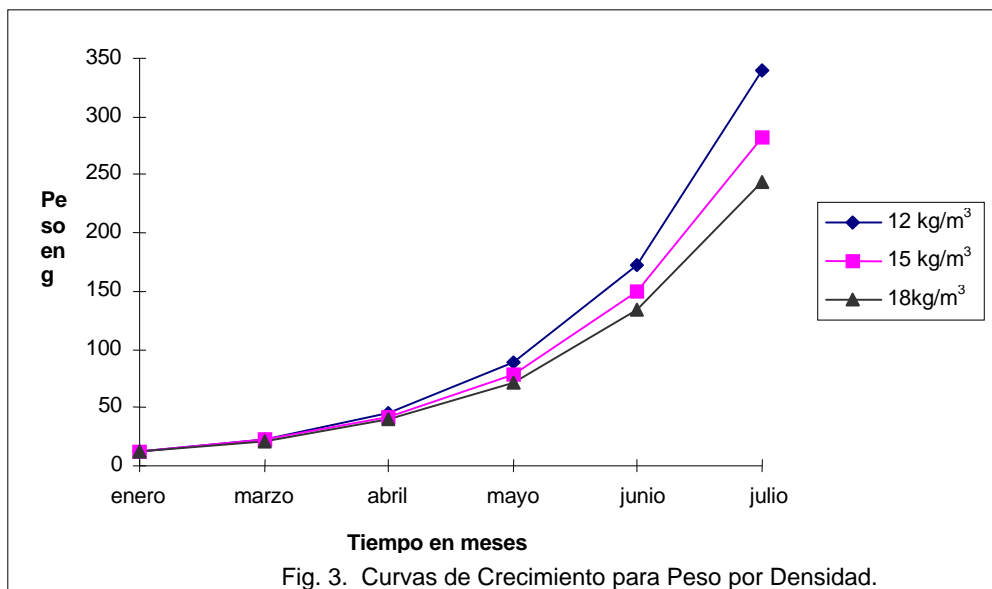


Fig. 3. Curvas de Crecimiento para Peso por Densidad.

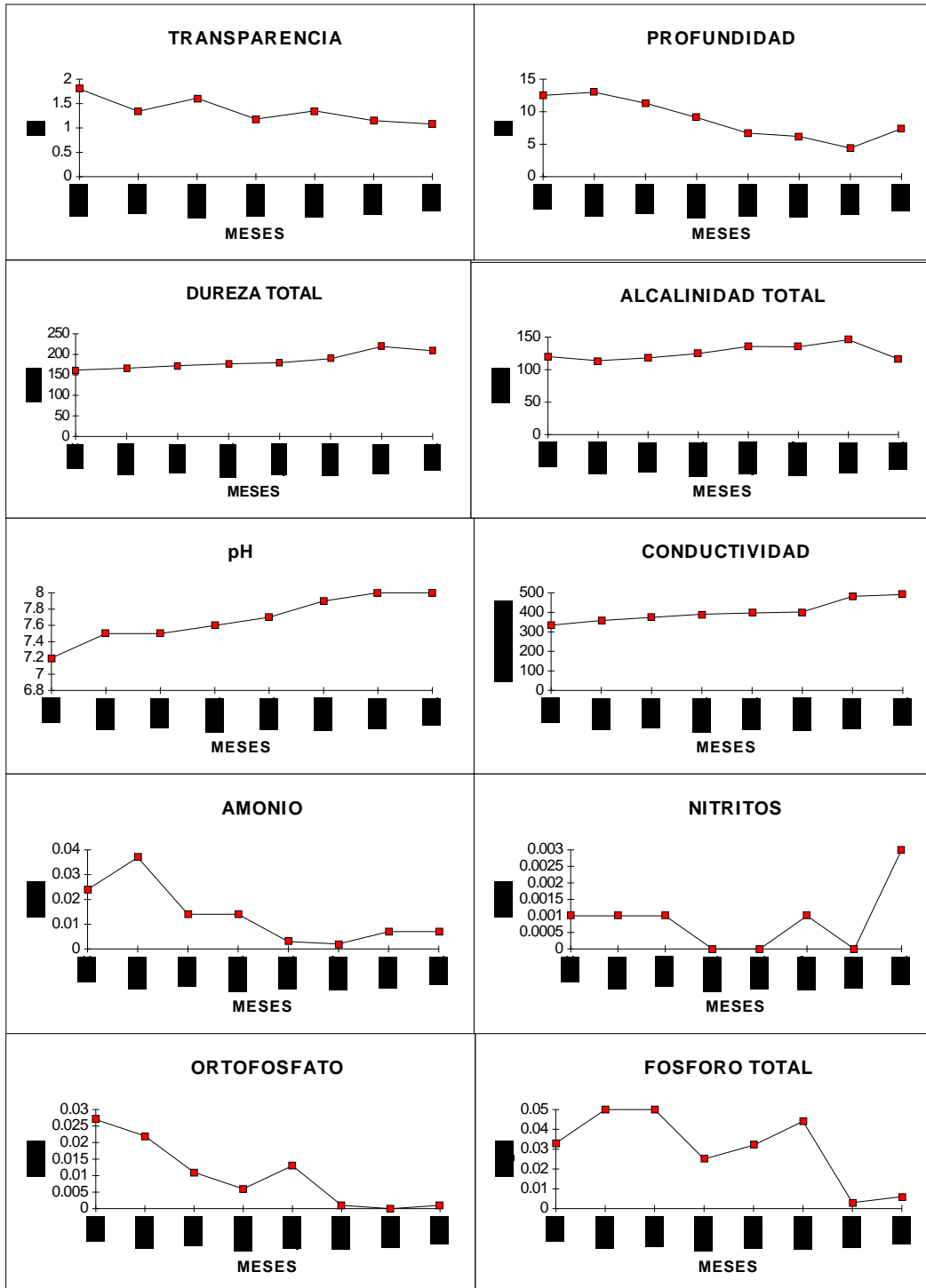


Fig. 4. Comportamiento de los principales factores fisico-químicos.

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

### Crecimiento de los organismos en las diferentes densidades.

Las figuras 2 y 3 presenta los valores calculados de crecimiento en longitud y peso para cada tratamiento (Densidades), durante el periodo de cultivo y donde se puede observar un mejor rendimiento para la densidad de siembra de 12 Kg./m<sup>3</sup>, cumpliendo con las expectativas que se tenían a principio del experimento en las que se esperaba que a menor densidad los organismos crecieran más rápido. Esta tendencia a un mejor rendimiento se observa mucho mejor en la curva de crecimiento en peso, lo que es avalado también por la aplicación del análisis de varianza, donde se encontraron diferencias significativas entre las diferentes densidades en relación al peso más no en longitud.

El Factor de Conversión de Alimento (FCA) promedio obtenido en el cultivo fué de 1.55 : 1

### Factores fisicoquímicos, relacionados al cultivo de tilapia.

#### Perfiles de Temperatura y Oxígeno

La temperatura, uno de los factores de mayor importancia para la piscicultura, presentó un valor máximo de 31 °C y mínimo de 26 °C, con una media de 27.7 °C (Tabla 3, Fig. 4), valores que se encuentran dentro del rango de temperatura óptima recomendado para la etapa de crecimiento de especies tropicales, de acuerdo a Rouse, D. (1979) y SEPESCA (1994); quienes han descrito un intervalo de 25 a 32 °C, para obtener las mejores condiciones para crecimiento.

En relación al oxígeno disuelto, la concentración más elevada se encuentra en la superficie del embalse (8.5 mg/l), siendo la media de 7.3 mg/l, (Fig. 4) a los dos metros de profundidad donde todavía la columna de agua interactúa con el cultivo de las jaulas, el oxígeno del agua no es menor a 5.0 mg/l, favoreciendo en

este caso el cultivo. A mayor profundidad, la producción de oxígeno disminuye, teniendo una media a los 8-9 m de 5.5 mg/l, por lo que se encuentra en el rango óptimo para el cultivo de tilapia. Los valores míni-mos obtenidos durante el ciclo de muestreo es de 2.9 mg/l y a profundidades de 11 m.. por lo que no afecta directamente al cultivo.

Los valores de pH, Alcalinidad, Dureza y Conductividad mostraron una tendencia a incrementarse a medida que los niveles de profundidad disminuían (Tabla 3, Fig. 4), hecho que se explica por la relación entre la concentración y el volumen (a menor volumen mayor concentración). Sin embargo, los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites tolerables por la especie estudiada (SEPESCA, 1994, Clayde, 1977)

Con respecto a la transparencia obtenida en el área de influencia a la zona de trabajo, ésta ha presentado un valor máximo de 1.80 m y un mínimo de 1.10 m, lo que indica una baja productividad y abundancia de plancton. Estos valores coinciden con los niveles de transparencia recomendados por Rouse, (1979) y SEPESCA, (1994) que es de 30 a 60 cm.

El contenido de compuestos fosforados y nitrogenados, importantes debido a su función como nutrimento de la vegetación acuática y por lo tanto, limitantes de la producción primaria en los cuerpos de agua, no reflejó valores altos que pudieran tener efectos nocivos sobre la vida acuática (Tabla 3) ya que tan solo para los niveles

TABLA 3. FACTORES AMBIENTALES PRESENTES EN LA PRESA EL INFIERNILLO A LO LARGO DEL CULTIVO.

FACTOR	MAXIMA	MEDIA	MINIMA
pH	8.0	7.6	7.2
O <sub>2</sub> mg/l	7.6	6.3	3.8
Alcalinidad total mg/l de CaCO <sub>3</sub>	146	128	114
Dureza total mg/l de CaCO <sub>3</sub>	219	181	162
Dureza de calcio mg/l de CaCO <sub>3</sub>	109	87	60
Conductividad $\mu$ mhos / cm	430	414	402
Temperatura °C	31.0	27.7	26.0
Transparencia ( m )	1.80	1.40	1.10
Profundidad ( m )	12.5	7.5	3.5
Nitritos mg/l	0.003	0.001	<0.001
Amonio mg/l	0.024	0.012	0.002
Ortofosfatos mg/l	0.027	0.010	<0.001
Fósforo total mg/l	0.044	0.030	0.003

de amonio en relación al pH promedio de 7.6 la fracción de amonio en su forma no ionizada (tóxica), siempre fue menor al diez por ciento del nivel máximo de amonio estimado de 0.024 mg/l, durante la fase de cultivo.

Los valores promedio de fósforo total (0.030 mg/l) permiten clasificar tróficamente la zona de estudio de acuerdo al modelo de clasificación de Vollenweider, 1983 (en Olvera, 1992) como mesotrófico. Los valores registrados de transparencia apoyan esta clasificación.

Debido a que la presa del infiernillo al igual que otros embalses, tiende a comportarse mostrando un gradiente trófico por lo que no es posible por el momento establecer límites al desarrollo de una actividad piscícola basada en la operación de jaulas flotantes ya que aun falta estimar el aporte puntal en carga de nutrientes que aporla la unidad de producción (experimental)

## BIBLIOGRAFIA.

- APHA, ANWA y WPCF., 1980.** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15a. de, Washington, D.C.
- Bardach, 1986.** Acuacultura, Crianza y Cultivo de Organismos Marinos y de Agua Dulce. 1a. Ed. Español Ed. AGT.
- Bernal B. W.F., 1984.** Análisis de los Factores Relacionados con la Producción Pesquera de Tilapia nilótica en la Presa Adolfo López Mateos (Infiernillo) Mich.-Gro. Tesis Profesional. Fac. de Ciencias UNAM
- Beverdige, C.M. 1986.** Piscicultura en Jaulas y Corrales. Modelos para Calcular la Capacidad de Carga y las Repercusiones en el Ambiente. FAO Documento Técnico de Pesca No. 255. 101 p.
- Boyd Claude E. and Lichtkoppler Frank, 1979.** Water Quality Management in Pond Fish Culture. Research and Development. International Center For Aquaculture Auburn, University. Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama, U:S.A. No.22: 30 pp.
- Castrejón, O.L.; Porras, D.D., 1990.** Algunos Aspectos del Cultivo en Jaulas. Lab. de Hidrobiología y Acuicultura. Univ. Autónoma del Edo. de Morelos. 20 p.
- Clayde, D. 1977.** Preliminary Observation on salinity Tolerance of *Clarias lazera* from Israel. Bamidgeh, 29:102-109 pp.
- Coche, A.C., 1979.** A Review of Cage Fish Culture and Its Application In Africa. En: Advances in aquaculture, de. T.V.R. Pillay y W. A. Dill. Farnham, Surrey, Fishing News Books Ltd., FAO. 428-441pp.
- Departamento de Pesca, 1980.** El Factor de Condición Múltiple y El Factor de Conversión de Alimentos. Manuales Técnicos de Acuicultura, Año 1 No.1 34p.
- Flores N.A., 1986.** El Uso de Jaulas Flotantes en el Cultivo de Peces. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN-Unidad Mérida, Yucatán, México. 30 pp.
- Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero, 1986.** La Tilapia y su Cultivo. Secretaría de Pesca, México. 64pp.
- García, E. 1977.** Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto Geográfico UNAM: 246 pp.
- Huet, M., 1986.** Textbook of Fish Culture. Fish Cultivation in Floating Cage, Section IV. 242-243 pp.
- Juárez, P.R., 1989.** Presa Adolfo López Mateos El Infiernillo. Caracterización. Informe Preliminar SEPESCA 62 pp.
- Koronuma, K.** Carp Cultive in Floating Ret Cages in Lakes. Tokyo Univ. of Fisheries. FAO Fish Rep. 44 (5): 123-142 p.
- Milne, P.H., 1976.** Selección de Sitios y Diseño de Jaulas y Encierros para Acuicultura. Advances in Aquacultura, FAO, Kyoto.
- Olvera, V.V., 1992.** Estudio de Eutroficación de la Presa Valle de Bravo, México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA. Ingeniería Hidráulica en México. 148-161 pp.
- Orbe M. A y Romero. A. C.** (En prensa). Producción pesquera de la presa Lic. Adolfo López Mateos. Infiernillo. Michoacán-Guerrero 1981-1997.
- Reyes, R.C., 1993.** Manual de Operación para la Engorda de Tilapia Roja. Ingeniería Piscícola S. A. de C.V., México. 117 pp.
- Rosales Hoz M.T.L. (1980).** Manual de Laboratorio de Oceanografía Química. UNAM. Centro de Ciencias del Mar y Limnología.
- Rouse, R.D., 1979.** Research and Development. Water Quality Management in Pond Fish Culture. International Center For Aquaculture

Auburn, University. Agricultural Experiment Station, Auburn, Alabama, U:S.A. No.22: 30 pp.

**Secretaría de Gobernación y Gobierno de Michoacán, 1988.** Los Municipios de Michoacán. Colección: Enciclopedia de los Mpios. de México. 154-156 pp

**Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1996.** Programa de Pesca y Acuicultura 1995-2000. Poder Ejecutivo Federal. 96 pp.

**Secretaría de Pesca, 1994.** Cultivo de Tilapia. Colección Nacional de Manuales de Capacitación, Dirección General de Organización y Capacitación Pesqueras, Delegación Federal de Pesca en Morelos, México. 48 pp.

**Steel, R.G.D. y Torrie, J.H., 1986.** Bioestadística. Principios y Procedimientos. Mc. Graw Hill. 622 pp.

**Strickland, J.D.H. y T.R. Parsons, 1972.** A Practical handbook of seawater analysis. 2nd. ed. Bull. Fish. Res. Board. Can. 167: 310pp.

**Von Bertalanffy L., 1938.** A Quantitative Theory of Organic Growth. Hum. Biol. (10) : 181-243.



---

# LANGOSTINOS DE MÉXICO

---

Biól. Eliana Paola Acuña Gómez

Laboratorio de Carcinología, Instituto de Biología,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

**M**éxico es considerado un país megadiverso debido a su ubicación geográfica, a la interacción de las regiones biogeográficas neárticas y neotropical, y por su heterogeneidad de hábitats producto de la intrincada topografía de su territorio (Toledo, 1988). Características que, en el caso particular de los crustáceos dulceacuícolas, han favorecido la creación y el establecimiento de un elevado número de especies (Villalobos *et al.*, 1993).

La historia geológica y el clima, pasado y actual, de México han sido factores claves tanto en la dispersión de las especies como en los procesos de especiación que han sufrido estos invertebrados; tal vez desde el Mesozoico Tardío, cuando en la configuración del relieve mexicano empezaban a aparecer cadenas montañosas como la Sierra Madre Oriental y Occidental y el Eje Neovolcánico o la extensa planicie central, delimitada por las cordilleras recién formadas (Cantú *et al.*, 1991). Estos levantamientos orográficos así como los que posteriormente ocurrieron, en el sur de México, entre los que se destacan la emersión de la Península de Yucatán y la formación de las cadenas montañosas en el estado de Chiapas, han sido las principales causas del intrincado patrón de distribución geográfico que presentan muchos géneros de decápodos dulceacuícolas (Villalobos, 1982).

Los crustáceos decápodos, en general, presentan patrones reproductivos que difieren marcadamente entre especies marinas y dulceacuícolas; en éstas últimas, las posibilidades de dispersión son reducidas debido a la naturaleza discontinua y en ocasiones efímera de los cuerpos de agua, por lo que hay especies que presentan desarrollo temprano abreviado o directo con producción de pocos huevos de gran tamaño y provistos de mucho vitelo y estadíos juveniles que tienden a permanecer cerca de su lugar de origen. El patrón de estas modificaciones, es uno en el que la variación geográfica y la

especiación son comunes debido al reducido flujo génico entre poblaciones. Por este aislamiento espacial, las únicas oportunidades que estas poblaciones tienen para invadir nuevas áreas y establecer contacto con poblaciones, previamente aisladas, son los eventos catastróficos como inundaciones, cambios en el curso de los ríos o movimientos terrestres, entre otros (Álvarez y Villalobos, 1997).

Dentro de la vasta fauna carcinológica mexicana se encuentra la familia Palaemonidae, que incluye organismos marinos y dulceacuícolas (Holthuis, 1952); a su vez, ésta familia está integrada por tres subfamilias: *Euryrhynchinae*, *Pontoniinae* y *Palaemoninae*. Los géneros que se incluyen en la subfamilia *Palaemoninae*, habitan en ambientes dulceacuícolas, en estado adulto, se caracterizan por tener una pleurobránquia en el tercer maxilípodo y presentar, en el margen posterior del telson, dos pares de espinas y uno o más pares de cerdas (Villalobos, 1982).

Sin lugar a dudas el género más relevante esta subfamilia es *Macrobrachium*, cuyas especies son conocidas comúnmente como: “acamayas”, “camarones de río”, “cauque”, “chacales”, “piguas” o como “langostinos”, propiamente tal. El género se caracteriza por presentar un palpo mandibular con tres articulaciones, dactilos de los últimos tres pares de pereópodos simples, presencia de una espina hepática y ausencia de la espina branquiostegal (Holthuis, 1993).

Estos crustáceos significan un interesante material para estudios faunísticos, tanto por el elevado número de especies que lo integran, amplia distribución geográfica y diversificación, como por la biología de los organismos y la importancia económica de algunas especies (Hulbert y Villalobos, 1992).

Actualmente, se han reportado alrededor de 175 especies y subespecies del género *Macrobrachium* en el mundo, las cuales tienen distribución circuntropical y continua. En el continente americano se encuentran a lo largo de ambas

vertientes, desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 1500 m snm, altitud que en la mayoría de los casos implica una penetración en las cuencas fluviales de varios centenares de kilómetros. Sobre la vertiente Atlántica, se distribuyen desde Florida hasta el norte de Argentina; y a través de la vertiente del Pacífico, desde la península de Baja California hasta Ecuador (Chace y Bruce, 1993). En México se han reportado trece especies (Tabla 1), distribuidas en 21 estados de la República Mexicana; además del “langostino malayo”, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), el cual es una especie introducida, siendo la más estudiada y de mayor interés comercial. Doce de estas especies tienen desarrollo extendido y sólo *Macrobrachium villalobosi* y *M. acherontium* presentan desarrollo abreviado.

Dentro de la controversia que ha significado el origen del género *Macrobrachium*, el Dr. Alejandro Villalobos, en 1969, consideró a *Macrobrachium olfersii* como el tronco original de este complejo faunístico y lo llamó “El grupo olfersii”, por una serie de rasgos característicos que, más o menos modificados, son el denominador común del grupo y porque ésta especie se distribuye por todos los sistemas hidrológicos de la vertiente Atlántica, desde el norte de Tamaulipas, México, hasta el sur de Brasil; así como, muy cerca del litoral Pacífico, donde pudo establecerse gracias a las condiciones topográficas e hidrográficas del Istmo de Tehuantepec. La presencia de especies afines al grupo, que pueblan la costa pacífica, lleva a pensar en una antigua dispersión del tronco original a través del Istmo de Tehuantepec, hasta establecerse en la costa oriental de la Península de Baja California, teniendo tales especies tiempo suficiente para evolucionar en forma independiente.

El doctor Alejandro Villalobos, en el año 1982, reportó la presencia de especies vicariantes a ambos lados del continente americano, especies que quedaron separadas definitivamente al levantarse el Istmo de Panamá. Si esta barrera centroamericana se estableció en el Mioceno (Jordan 1908) o en el Plioceno (Mayr, 1946), las

poblaciones originales, ubicadas en las vertientes Atlántica y Pacífica, imposibilitadas de intercambio genético tuvieron la oportunidad de evolucionar de manera independiente pero no al grado de adquirir rasgos específicos que permitan diferenciarlas morfológicamente.

Villalobos (1982), considera que las especies de *Macrobrachium*, en Mesoamérica, se han establecido básicamente en tres tipos de hábitat:

1. En las partes altas de los ríos hasta 1500 metros, en donde las corrientes son rápidas, las aguas cristalinas y templadas y la concentración de oxígeno es alta (6 a 7 ml/L), allí podemos encontrar, permanentemente, a especies como: *M. carcinus*, *M. americanum*, *M. acanthochirus* y *M. occidentale*.
2. En las partes bajas de las cuencas hidrográficas, con corrientes lentas, aguas entre turbia y clara, temperaturas de 23 a 26 °C y oxígeno disuelto de 4 a 5 ml/L, éstas condiciones son las preferidas de *M. acanthurus* y *M. tenellum*.
3. En las aguas lénticas de las lagunas costeras, que se caracterizan por presentar temperaturas de entre 26 a 28 °C, aguas con salinidades de hasta 15 ppm, turbias y con concentraciones de oxígeno de 3 a 5 ml/L. En este tipo de ambiente podemos encontrar a la mayoría de las especies sobre todo en los primeros estadios de su ciclo biológico hasta la fase juvenil, en la que remontan a los ríos hasta llegar a las partes altas donde se reproducen. Las hembras ovígeras migran hacia las partes bajas de los ríos para liberar a las larvas, iniciando así un nuevo ciclo.

Tabla 1. Distribución de las especies mexicanas del género *Macrobrachium*.

Vertiente Pacífica	Vertiente Atlántica
<i>M. acanthochirus</i> , Villalobos	<i>M. carcinus</i> , Linnaeus
<i>M. tenellum</i> , Smith	<i>M. heterochirus</i> , Wiegmann
<i>M. michoacanus</i> , Nates y Villalobos	* <i>M. hobbsi</i> , Nates y Villalobos
<i>M. digueti</i> , Bouvier	* <i>M. olfersi</i> , Wiegmann
<i>M. americanum</i> , Holthuis	** <i>M. acherontium</i> , Holthuis
<i>M. occidentale</i> , Holthuis	** <i>M. villalobosi</i> , Hobbs
* <i>M. hobbsi</i> , Nates y Villalobos	<i>M. acanthurus</i> , Wiegmann
* <i>M. olfersi</i> , Wiegmann	

\* Especies vicariantes, se distribuyen en ambas vertientes.

\*\* Especies cavernícolas con desarrollo abreviado.

Los aspectos biológicos de las especies citadas para México (Tabla 1), excepto *M. villalobosi* y *M. acherontium* convergen en características comunes para el grupo como por ejemplo: todas las especies producen de miles a cientos de miles de pequeños huevos (de 0.04 a 0.07 mm) por puesta, presentan un desarrollo extendido con 10 a 12 etapas larvianas, habitan en extensas áreas de distribución (mayores de 3,000 Km de costa) y tienen una dependencia estricta de salinidades, moderadas y altas en las zonas litorales, para el desarrollo de la postlarva hasta el estado juvenil. Contrariamente, *M. villalobosi* y *M. acherontium* son especies cavernícolas que fueron descubiertas en los estados de Oaxaca y Tabasco y que se distinguen, entre las especies de langostinos mexicanos, porque presentan desarrollo larvario abreviado, aunque su patrón morfológico sigue siendo el de un langostino y por las condiciones propias de un ambiente escaso de luz han sufrido adaptaciones morfológicas notables como la pérdida de la coloración corporal, la pérdida o reducción de la córnea de los ojos y el alargamiento de los apéndices torácicos.

Ya en décadas pasadas se encontraron especies con distribución puntual, encerradas en cuencas de difícil acceso o en arroyos que no tienen salida al mar, cuyas hembras ovígeras presentan pocos huevecillos de gran tamaño; estas características permitieron a Villalobos (1969), plantear la posibilidad de que estas especies abreviaban las etapas larvianas de su desarrollo. Hoy en día se conocen alrededor de 39 especies epígeas de *Macrobrachium*, con desarrollo abreviado, en el mundo: 17 en Sudamérica, 2 en Australia, 11 en Asia, 6 en África, 2 en la India y 1 en Japón (Pereira y García, 1995), las que se caracterizan por exhibir un desarrollo larval directo, es decir, que las etapas larvianas se desarrollan adentro del huevo, eclosionando un organismo de mayor tamaño y más desarrollado. Estas especies producen, naturalmente, pocos huevos (hasta 50) muy grandes (+/-2 mm de diámetro) y efectivamente se han desarrollado en cuerpos de agua dulce que no tienen acceso al mar, o bien, que se encuentran tan distantes de la costa que la migración al mar y después río arriba es impracticable. Típicamente, el desarrollo abreviado implica la independencia de estas especies del agua salada, siendo mínimos o inexistentes los

estadios inmaduros, favoreciendo los procesos de especiación.

Hasta ahora, las especies de *Macrobrachium* con desarrollo abreviado en el Continente Americano estaban restringidas a la Cuenca del Amazonas: Venezuela, Colombia y Brasil (Pereira, 1986; 1993 y Pereira y García, 1995). Sin embargo, en colectas recientes realizadas por los integrantes del Laboratorio de Carcinología, del Instituto de Biología, U.N.A.M., en diferentes regiones del sureste de México, se han encontrado cinco poblaciones de pequeños langostinos con desarrollo abreviado (tres en Veracruz, una en Tabasco y una en Chiapas). Los ambientes en los que se han encontrado estos paleomonidos se caracterizan por ser arroyos de montaña, que nacen en manantiales aislados que vierten sus aguas a cañadas y finalmente desembocan en ríos más caudalosos o en lagos volcánicos, como sería el caso de un arroyo cercano al pueblo de Coyame, en Los Tuxtlas, Ver., que es tributario del Lago de Catemaco, lugar en que se recolectó la primera especie de *Macrobrachium* con desarrollo abreviado recientemente descrita como *M. tuxtlaense* (Villalobos y Alvarez, 1999). Morfológicamente *M. villalobosi*, *M. acherontium* y *M. tuxtlaense* son muy parecidas, excepto por las adaptaciones que presentan las dos primeras especies, debido a su relación con el ambiente cavernícola; particularmente, *M. villalobosi* podría considerarse como una forma totalmente troglobia (ojos sin córneas ni pigmento corporal y un alargamiento en los apéndices torácicos), *M. acherontium* aunque es cavernícola, aún no presenta cambios morfológicos típicos de una especie troglobia, ya que tiene las córneas reducidas y los apéndices torácicos son esbeltos y poco elongados.

Si bien las cinco nuevas poblaciones de *Macrobrachium* colectadas tienen apariencias morfológicas muy similares, no son idénticas; por ello, la gran interrogante a resolver es si estamos frente a varias poblaciones de la primera especie epígea del género *Macrobrachium*, con desarrollo abreviado, o frente a poblaciones en vías de especiación, o frente a especies completamente distintas. Si se confirma la presencia de una serie de especies distintas, entonces se tendrán los primeros reportes de especies endémicas del género *Macrobrachium*, con desarrollo abreviado, distribuidas en áreas muy pequeñas y puntuales,

además de que habría un 30% más de especies de *Macrobrachium* en México.

Con el fin de determinar el estatus taxonómico de estas poblaciones, hemos acordado estudiarlas bajo distintos aspectos y técnicas, que nos permitan diferenciarlas a nivel específico:

1. *Análisis morfométrico*: mediante la digitalización de imágenes de video del caparazón y segundo pereiópodo y utilizando el programa computacional MorphoSys ver.1.26 (Meacham y Duncan, 1989).
2. *Análisis morfológico*: se realizó caracterizando y comparando la forma del caparazón y del segundo pereiópodo, de cada individuo, y de la imagen consenso de cada población, mediante la digitalización de imágenes de video del caparazón y segundo pereiópodo. La variación en la forma de estas estructuras se estimó utilizando el programa TPS (Thin Plate Splines) Relative Warps ver. 1 (Rohlf, 1996), que se basa en ideas de Thompson (1917).
3. *Desarrollo larvario*: con animales en acuario, simulando ambiente y condiciones naturales hasta el momento de la eclosión de los huevecillos y posteriormente siguiendo el desarrollo de los pequeños juveniles en forma individual.
4. *Análisis Citogenético*: mediante la descripción cariotípica de cada población y para ello se modificó la técnica de Salema (1985).
5. *Análisis de variación isoenzimática*: mediante electroforesis, en acetatos de celulosa, para ocho loci polimórficos utilizando la técnica de Richarson *et al.*, 1986 y Herbert & Beaton (1986).
6. *Análisis de variación genética*: utilizando los electromorfos, de la lectura de los acetatos de celulosa, que sirvieron de base para correr el programa Tools for Population Genetic Analysis (TFPGA, Mark P. Miller, 1997 Northern Arizona University), con el que se estimó: Polimorfismo (P), Heterocigosidad media (H), Coeficiente de endogamia (F), Los estadísticos F de Wright (Fis, Fit y Fst), Número promedio de migrantes (Nem) y

Distancia (D) e Identidad (I) genética (Nei, 1978).

7. *Análisis de Ultraestructura*: mediante la observación, a microscopía electrónica de barrido (MEB), de la forma y número, disposición y ornamentación de las espinas del apéndice masculino.

Hasta el momento los resultados obtenidos para dos poblaciones de Veracruz y la de Tabasco indican que estamos frente a especies distintas de *Macrobrachium* de desarrollo abreviado (Tesis de maestría del autor, en proceso).

Finalmente, el descubrimiento en el sur de México, de estas formas epicontinentales del género *Macrobrachium*, con desarrollo abreviado como estrategia reproductiva diferente a la generalidad del grupo (desarrollo extendido), permite suponer que la presencia del género, en la región tropical de América, es muy antigua; ya que, sólo así se podrían explicar la distribución de especies con una capacidad de dispersión muy limitada, en un área geográfica tan amplia como lo es desde Sudamérica hasta la parte meridional de México. Esta idea de antigüedad coincide con la existencia de estos langostinos en strictly landlocked freshwater habitats (Bueno y De Almeida, 1993), particularmente manantiales, pequeños arroyos de montaña e incluso cuevas, sin ninguna comunicación con la costa (Villalobos y Alvarez, 1999). De igual forma se debe considerar la propuesta del doctor Guido Pereira, quien en los últimos años ha planteado la idea de que este grupo de especies, caracterizadas por presentar desarrollo abreviado, al menos en nuestro continente, pudo haberse realizado antes de que lo hicieran las especies de desarrollo larval extendido. Y por qué no pensar que la distribución tan puntual de las poblaciones, de estas especies, pueda corresponder a relictos que lograron sobrevivir en cuerpos de agua epigeos, alejados de la costa y en ocasiones efímeras, producto de los movimientos de los continentes en épocas remotas. Por último no puedo dejar de mencionar las interesantes e "intermedias" observaciones hechas por Mashiko, (1983 a,b,c y 1990) y por Almirante (1993), para poblaciones de *M. nipponense*, en islas del Japón. Esta especie que se podría considerar "facultativa", con respecto a su estrategia reproductiva al parecer es dependiente del hábitat en el que se encuentre, (lagunas, lagos o estuarios con distintos niveles de salinidad) para utilizar

una u otra estrategia reproductiva, ya sea desovando muchos huevos pequeños en la boca de los ríos, pocos huevos grandes en aguas interiores y un número moderado de huevecillos de talla intermedia en lagunas de agua salobre; esto podría entenderse como un indicio de que la especie sé esta separando, mediante aislamiento reproductivo en aguas interiores o continentales, entre otras consideraciones.

## LITERATURA CITADA

- Almirante, N. 1993.** Differentiation of the Palaemonid shrimp, *Macrobrachium nipponense* in Japanese Islands.
- Alvarez, F. & J. L. Villalobos, 1997.** *Pseudothelphusa ayutlaensis*, a new species of freshwater crab (Crustacea: Brachyura: Pseudothelphusidae) from Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington, 110: 388-392.
- Bueno, S. L. de S. & S. de Almeida, 1995.** Abbreviated larval development of the freshwater prawn, *Macrobrachium iherengi* (Ortmann, 1897) (Decapoda, Palaemonidae), reared in the laboratory. Crustaceana, 68(6): 665-686.
- Cantú, A. F. Eccardi, E. Lira, J. Ramirez, M. Serrato y A. Zavala. 1991.** México diverso, un encuentro con su naturaleza. ISSSTE, México. 254pp.
- Chace, F y A. Bruce. 1993.** The caridean shrimps (Crustacea: Decapoda) of the Albatros Philippine Expedition 1907-1910, part 6: superfamily Palaemonoidea. Smithsonian Contribution. Zool. 543, p 1-152.
- Herbert, P. & Beaton. 1993.** Cellulose acetate gel electrophoresis. Helena Laboratories., Beaumont -Texas.
- Holthuis, L. 1952.** A general revision of the Palaemonidae (Crustacea: Decapoda: Natantia) of the Americas. II. The subfamily Palaemoninae. Allan Hancock Occasional Paper 12: 1-396.
- Holthuis, L. 1993.** The recent genera of the caridean and stenopodidean shrimps (Crustacea, Decapoda). National Natuurhistorisch Museum, Leiden., p, 1-328.
- Mashiko, K. 1983a.** Differences in the egg and clutch sizes of the prawn *Macrobrachium nipponense* (de Haan) between brackish and fresh waters of a river. Zool. Mag., 92: 1 – 9.
- Mashiko, K. 1983b.** Comparison of growth pattern until sexual maturity between the estuarine and upper freshwater populations of the prawn *Macrobrachium nipponense* (de Haan) within a river. Japan. J. Ecol., 33: 207 – 212.
- Mashiko, K. 1983c.** Evidence of differentiation between the stuarine and upper freshwater population inhabiting the same water system in the long armed prawn *Macrobrachium nipponense* (de Hann). Zool. Mag. , 92: 180 – 185.
- Mashiko, K. 1990.** Diversified egg and clutch sizes among local populations of the freshwater prawn *Macrobrachium nipponense* (de Haan). J. Crustaceana Biol., 10: 306 – 314.
- Nei, M. 1978.** Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. Genetics, 89: 583 – 590.
- Pereira, G. 1986.** Freshwater shrimps from Venezuela. I. Seven new species of Palaemoninae (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Proceedings of the Biological Society of Washington, 99: 198-213.
- Pereira, G. 1993.** A description of a new species of *Macrobrachium* of Perú, and distributional records for *Macrobrachium brasiliense* (Heller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). Proceedings of the Biological Society of Washington, 106: 339-345.
- Pereira, G. y J. V. Garcia, 1995.** Larval development of *Macrobrachium reyesi* Pereira (Decapoda: Palaemonidae), with a discussion on the origin of abbreviated development in palaemonids. Journal of Crustacean Biology, 15(1): 117-133.
- Toledo, V. 1988.** La Diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo, XVI (81): 17-30.
- Villalobos, 1982.** Decapoda. In: S. H. Hulbert and A. Villalobos-Figueroa (eds.). Aquatic Biota of Mexico, Central America and West Indies. San Diego State University, San Diego, California, U. S. A. 215-239.
- Villalobos, J. L., A. Cantú & E. Lira, 1993.** Los Crustáceos de agua dulce de México. 267-290 p. In: R. Gío-Argaéz y E. López-Ochoterena (eds.). Diversidad Biológica en México.

Volumen Especial, Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, XLIV: 1-457.

**Richardson, B. J., P. R. Baverstock & M. Adams. 1986.** Allozyme electrophoresis. A Handbook for animal systematic and population studies. Academic Press. Harcourt Brace Jovanovich Publishers. 409 pp.

**Villalobos, J. L. & F. Alvarez. 1999** *Macrobrachium tuxtlae* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae), a new species of freshwater prawn with abbreviated development from Mexico.

**Villalobos, A. 1969.** Problemas de especiación en América de un grupo de Palaemonidae del género *Macrobrachium*.



---

# LA INVESTIGACION EN EL CULTIVO DEL LANGOSTINO EN MÉXICO AL TÉRMINO DE 1995: Versión original

---

Jesús T. Ponce Palafox<sup>a,b</sup>, Héctor Cabanillas Beltrán<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Mazatlán. Acuacultura y Manejo ambiental.

<sup>b</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Laboratorio de Bioingeniería Acuícola.

<sup>c</sup>Instituto Tecnológico de Tepic.

## INTRODUCCIÓN

**E**n México, las especies del género *Macrobrachium* se conocen con el nombre común de langostinos, acamayás, camarón prieto, cauque, etc. De las 11 especies nativas pertenecientes al género, existen en el litoral del golfo de México, *M. acanthurus* y *M. carcinus* y dos en el litoral del Océano Pacífico, *M. tenellum* y *M. americanum* que actualmente sujetas a explotación. El langostino se clasifica como una especie fina por su exquisito sabor, alto contenido proteico y elevado precio en el mercado. Debido a las pocas investigaciones sobre el cultivo en nuestro país no se ha logrado profundizar lo suficiente para tener pleno dominio de la tecnología de cultivo de las especies nativas; sin embargo, se tienen algunas experiencias positivas en el semicultivo basadas en la captura de postlarvas silvestres principalmente con las especies *M. acanthurus* y *M. tenellum*. Actualmente la tecnología más desarrollada a nivel mundial, es para el langostino asiático *M. rosenbergii*. El mercado nacional es abierto, ya que la demanda está condicionada por la oferta que se comercializa, su precio es alto y de gran aceptación en el mercado.

Las primeras investigaciones que se llevaron a cabo en el mundo sobre el langostino se concentraron sobre la producción de larvas en laboratorio (New, 1990). En México se copiaron y adaptaron las tecnologías desarrolladas en otros países para la producción masiva de larvas por lo que se siguieron dos tendencias: el cultivo en agua verde tipo oriental y el cultivo en agua clara utilizado en el hemisferio occidental, el cual puede ser de sistema cerrado (o de

recirculación) y el sistema abierto. Posteriormente al desarrollo de los laboratorios de producción de larvas de langostino, las investigaciones se concentraron en estudiar el engorde en estanque. Dentro de las más importantes, se estudiaron métodos para incrementar los beneficios y ganancias del cultivo en estanques de langostino, incluyendo policultivo, cosechas selectivas, cultivo de monosexos machos y mejoras en las estrategias de alimentación, principalmente en Israel y Estados Unidos.

El langostino *Macrobrachium rosenbergii* se introdujo por primera vez al país en septiembre de 1973 procedente de la India, posteriormente se introdujo de Honduras, Hawaii y Estados Unidos. En las primeras etapas de la fase de operación comercial (1987) del cultivo de langostino en México se contaba con 47 granjas de los sectores social y privado y 13 laboratorios productores de postlarvas. En esa etapa el desarrollo tecnológico en las unidades de producción no fue satisfactorio, ya que los rendimientos máximos reportados alcanzaron en promedio solo 700 kg/ha/año; mientras que los rendimientos obtenidos en el Caribe y Sudamérica eran de 3,000 kg/ha/año. A pesar de esto se produjeron 161 toneladas de langostino cultivado en 1986-1987. Además de los problemas técnicos en la producción, se presentaron problemas en cuanto al financiamiento, ya que la mayoría de las unidades de producción habían caído en cartera vencida y algunos de ellos estaban en peligro de quiebra total y por consecuencia en el cierre de sus operaciones. Por otro lado, debido a una mala planeación de los laboratorios productores de postlarvas, existía como hasta ahora una sobre oferta superior al 90%

de la capacidad instalada, que era alrededor de 115 millones de postlarvas al año. En esta etapa la investigación asociada a la producción y el desarrollo tecnológico fue muy limitado por lo que no contribuyó a la solución de los problemas. Solo tuvo algún efecto en aquellos sistemas de producción que fueron subsidiados o tuvieron el apoyo.

## EVOLUCIÓN DEL CULTIVO DE LANGOSTINO EN MÉXICO

La introducción y cultivo de langostino ha pasado por tres frases:

### Fase I. Introducción de *M. rosenbergii* al país.

- a. Importación de hembras cargadas con huevos, juntos con macho para la fertilización de esas hembras y subsecuentes puestas.
- b. Cría de larvas en laboratorios desde huevo hasta estado juvenil en criaderos piloto.
- c. Siembra de juveniles en estanques.

En esta fase las investigaciones fueron llevadas a cabo por la iniciativa privada y por el gobierno, como producto de la necesidad de adaptar la tecnología de cultivo a la infraestructura creada y a las condiciones locales, por lo que la información generada no fue publicada. En cuanto al estudio de las especies nativas las investigaciones se orientaron hacia la ecología y biología de las poblaciones silvestres.

### Fase II. Manejo de estanques a pequeña escala.

- a. Expansión de laboratorios productores de larva para incrementar la producción de juveniles y la producción de las granjas todo el año.
- b. Estudios sobre la alimentación y métodos de alimentación.
- c. Máxima densidad de siembra en pequeños estanques simulando las condiciones comerciales a pequeña y gran escala para estimar los rendimientos promedios anuales.

Universidades y Centros de Investigación se incorporan a los estudios sobre la tecnología de cultivo de granjas de *M. rosenbergii* públicas y privadas. Se inician los primeros estudios sobre la producción de larvas de laboratorio de algunas especies nativas.

### Fase III. Operación comercial.

- a. Construcción de unidades de engorde a escala comercial.
- b. Producción de juveniles en laboratorios, siembra y manejo de estanques de engorde.
- c. Diseño y prueba de estrategias para el manejo del cultivo.
- d. Comercialización y procesamiento de langostinos adultos.

Se reduce el número de unidades de producción debido a problemas al interior de las empresas y a la falta de apoyo tecnológico, solo quedan aquellas que lograron consolidarse. La investigación y desarrollo tecnológico, generados por la mayoría de los centros de estudio finalizó por varias causas lo que ocasionó el cierre de la línea de investigación o se cambio al estudio del camarón de mar del género *Litopenaeus spp.* La investigación se llevó a cabo en diferentes instituciones (ver lista de investigaciones desarrolladas) pero no pudo ser aplicada porque hubo problemas en la transferencia de la tecnología generada, solo la producida con muchas limitaciones por los propios productores fue de aplicación inmediata. A la fecha son pocos los estados donde se mantienen abiertas líneas de investigación sobre el estudio del cultivo de langostinos a nivel comercial, entre los mas importantes se tienen los estados de Morelos, Veracruz y Guerrero.

A diferencia de otros países, el desarrollo de fases del cultivo de langostino en México a sido muy lento ya que la fase I debería de haberse realizado entre uno o dos años, la fase dos debió de haberse realizado de dos a cuatro años y la fase III debería de haber iniciado a los seis años y consolidado entre los nueve y doce años. Para tener una idea del problema la última fase se presenta en nuestro país alrededor de los 20 años después de la introducción de *M. rosenbergii*. En relación al estudio de las especies nativas se ha investigado su rendimiento en condiciones semi-comerciales y desarrollado tecnología para el cultivo comercial en estanques rústicos con *M.*

*tenellum* en el estado de Morelos, y con *M. acanthurus* y *M. carcinus* en Veracruz, mostrando el potencial de las especies nativas como una alternativa importante en las regiones altas del país.

## AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN DEL CULTIVO EN MÉXICO.

Es difícil poder tener un registro de los avances de la investigación del cultivo de langostino en

México ya que el cultivo ha tenido muchos problemas y fracasos. La mayoría de los resultados se encuentran a nivel de reportes internos de las instituciones, publicaciones locales o tesis de licenciatura. La intención de presentar algunos de los temas que se han investigado en el país es para dar una idea de los principales aspectos que se han abordado en la investigación del cultivo del langostino.

La lista no es completa porque faltan algunas instituciones y estados importantes donde se ha

**Tabla-1**  
**Instituciones donde se han desarrollado trabajos sobre el cultivo de langostino en México\***

Institución y Temas de Investigación	Estado
Universidad de Colima. • Engorde de langostino <i>M. rosenbergii</i> . • Crecimiento y alimentación de <i>M. tenellum</i> .	Colima
Universidad Autónoma de Guerrero. • Cultivo de <i>Macrobrachium tenellum</i> en encierros en la laguna de Coyuca.	Guerrero
UNAM-Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. • Ecología, parasitismo, reproducción y maduración del langostino <i>M. tenellum</i> , y biología y reproducción de <i>M. americanum</i> .	México, D.F.
UNAM-Instituto de Biología. • Producción de larvas en laboratorio y fisiología de <i>M. tenellum</i> .	México, D.F.
Instituto Politécnico Nacional. Escuela de Ciencias Biológicas. • Biología y reproducción de <i>M. americanum</i> .	México, D.F.
Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. • Técnicas en el manejo de estanques de engorde para langostino <i>M. rosenbergii</i> y tilapia, y desarrollo de un modelo de producción integral de langostinos con peces en el edo. de Morelos. • Reproducción y producción de postlarvas y juveniles de <i>M. americanum</i> .	México, D.F.
Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. • Evaluación del crecimiento del langostino <i>M. rosenbergii</i> y peces en estanques rústicos a nivel comercial. • Fisiología de <i>M. tenellum</i> .	México, D.F.
Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. • Producción de postlarvas de langostino <i>M. americanum</i> y <i>M. rosenbergii</i> . • Engorda de langostino <i>M. rosenbergii</i> con cultivo de bagre. Formulación de dietas para el engorde de <i>M. rosenbergii</i> .	Sonora
CESUES • Evaluación del crecimiento, mortalidad y calidad del agua a escala piloto y comercial de <i>M. rosenbergii</i> y <i>M. tenellum</i> .	Sonora
Universidad Autónoma del Estado de Morelos. • Evaluación del crecimiento, mortalidad y calidad del agua del langostino <i>Macrobrachium rosenbergii</i> y <i>M. tenellum</i> en estanques rústicos a nivel comercial. • Evaluaciones económicas del rendimiento del cultivo de <i>M. rosenbergii</i> y de sistemas de cultivo continuo, por etapas y por lotes. • Investigación sobre el cultivo mixto de tilapia-langostino, policultivo tilapia-carpa-langostino.	Morelos.
CRECIDATH • Producción de postlarvas de langostino <i>Macrobrachium rosenbergii</i> .	Veracruz
ITMAR • Producción de postlarvas y crecimiento en estanques de langostino <i>Macrobrachium rosenbergii</i> , producción y manejo de estanques de engorde de <i>Macrobrachium carcinus</i> y <i>M. acanthurus</i> en sistemas de mono y policultivo; además de cultivos monosexuales de <i>M. acanthurus</i> .	Veracruz

\*.-Los resultados de las investigaciones se encuentran en informes, publicaciones locales, regionales o nacionales. Es importante señalar que en algunas los investigadores han cambiado de institución y/o de especie de estudio, y en otras se ha cerrado a la investigación.

**Tabla-2**  
**Investigaciones realizadas por productores en granjas comerciales \***

Tema	Estado
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de crecimiento, mortalidad, calidad del agua y densidades de langostino <i>M. rosenbergii</i> en cultivos de producción comercial.</li> </ul>	Campeche
<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de sistemas cerrados para la producción de larvas de langostino <i>M. rosenbergii</i> en agua clara.</li> <li>Determinación de la densidad óptima para el engorde de <i>M. rosenbergii</i>.</li> </ul>	Colima
<ul style="list-style-type: none"> <li>Estudio de la eficiencia de nurserys en el cultivo de juveniles de <i>M. rosenbergii</i>.</li> <li>Engorda comercial de <i>M. rosenbergii</i>.</li> <li>Cultivo extensivo de langostino nativo <i>M. tenellum</i> en estanques rústicos.</li> </ul>	Jalisco
<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinación de densidades y estrategias en el cultivo de <i>M. rosenbergii</i>.</li> <li>Selección de procesamiento y empaque de langostinos adultos para su comercialización.</li> <li>Elaboración de dietas para el cultivo comercial.</li> </ul>	Morelos
<ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluación de crecimiento, mortalidad y calidad del agua en estanques rústicos de los langostinos <i>M. rosenbergii</i> y <i>M. tenellum</i>.</li> </ul>	Sonora
<ul style="list-style-type: none"> <li>Producción intensiva de langostino <i>M. rosenbergii</i> en estanques rústicos con aireación.</li> <li>Evaluación de densidades y estrategias de alimentación de langostino en cultivos comerciales.</li> <li>Engorde de <i>M. rosenbergii</i> a gran escala.</li> <li>Producción de langostino en cultivos de <i>M. rosenbergii</i> y peces a nivel comercial.</li> <li>Alternativas para la optimización del cultivo de langostino.</li> </ul>	Veracruz

\*.-Los resultados de las investigaciones se encuentran en poder de los productores y muchas de ellas no están registradas ni a nivel de informe y algunos productores ya no se dedican a esta actividad.

trabajado como Michoacán, Querétaro, Tabasco y Tamaulipas, pero con ésta se cubre a la mayoría de los estados e instituciones donde se ha estudiado el cultivo del langostino (Tablas 1 y 2).

### Aspectos que se requiere investigar asociados al cultivo en México.

Para mejorar la calidad de larvas, se requiere de estudios sobre manejo y producción de reproductores, apareamiento, inseminación artificial y genética, así como métodos para incrementar la frecuencia de desove y eclosión del huevo a través de incubación artificial, inseminación artificial y criopreservación del espermatóforo. En cuanto a los sistemas de manejo de las poblaciones de langostinos en los estanques, no se ha probado la selección mecánica en ninguna de las etapas del cultivo ni de la cosecha; a pesar de que en otros países se ha demostrado la factibilidad económica en cultivos comerciales. Solamente se seleccionan las poblaciones en estanques manualmente, con redes y se transfieren por tamaño de un estanque a otro.

No se ha automatizado el control de inventario de los estanques, que permita predecir los costos y el tiempo necesario para producir animales

requeridos por el mercado. Lo anterior es consecuencia de falta de investigación y técnicas de muestreo para estimar la población con el menor error en los estanques en cualquier momento del cultivo. Los estudios sobre el efecto de la selección por tamaños de juveniles, sobre los rendimientos pesqueros en los Estados de Morelos y Veracruz han generado aumentos notables en la producción. Debido al problema que se origina en la disminución del rendimiento por los morfotipos, se requiere desarrollar métodos que detecten los langostinos que tienen bajo potencial de crecimiento en los primeros estadios, mediante diferenciación de morfotipos, machos a nivel de postlarva y juveniles. La manipulación genética y ambiental puede aumentar la producción tanto de *M. rosenbergii* como de las especies nativas que han demostrado rendimientos satisfactorios a nivel comercial. La variabilidad en el tiempo de desarrollo de larvas, tolerancia a la temperatura de las postlarvas, y salinidad y temperatura relacionadas con el crecimiento, han sido detectadas en poblaciones de diferente origen geográfico. Híbridos inter-específicos de razas de langostino han demostrado mejorar la tasa de crecimiento. Substratos sumergidos artificialmente en estanques han mostrado incrementar la producción y el tamaño promedio, principalmente en postlarvas y juveniles. No obstante, se requiere investigar el verdadero

beneficio de los substratos artificiales en los diferentes estadios de desarrollo en estanques. Estrategias para el crecimiento en estanques y el desarrollo de poblaciones monosexuales son probablemente las áreas de investigación más críticas para el avance técnico del cultivo. El desarrollo de estrategias de mercado domésticas y para exportación es necesario para expandir mejor la producción.

## CONCLUSIONES

La especie importada, *Macrobrachium rosenbergii* es ideal para fines instructivos y en condiciones en las cuales se requiere una aplicación inmediata de la tecnología ya existente. Además existe un mercado abierto para esta especie y muy buena aceptación en la mayor parte del país. Las especies nativas de *Macrobrachium* no deben de ser descartadas. Es muy posible que un mayor conocimiento de sus condiciones ambientales óptimas y requisitos nutricionales; así como estudios destinados a determinar una tasa de máximo crecimiento y sobrevivencia en estanques, pueden generar resultados importantes. Es necesaria la evaluación económica de las especies nativas en estanques de engorde para el establecimiento de las técnicas de criadero. Poblaciones naturales de juveniles podrían ser empleadas para ese fin, dejando para más tarde el desarrollo de la tecnología de la producción de criadero. Aunque son muchas las investigaciones que faltan por hacer, el cultivo comercial de camarones de agua dulce parece ser una buena alternativa para la diversificación de la producción acuícola como ha sido demostrado en los estados de Morelos, Querétaro y Veracruz. No obstante, si no se invierte en el desarrollo tecnológico, mejoramiento de los lotes de *M. rosenbergii* adaptados a las condiciones de nuestro país y se deja de subsidiar la producción de postlarvas el cultivo de langostino tenderá a desaparecer en el país por la fuerte competencia con cultivos de alta rentabilidad como el camarón en la costa, y la tilapia, peces de ornato y nuevas especies en el altiplano mexicano.

## BIBLIOGRAFÍA

**Anonymous.** 1973. Rearing and culture experiment with *Macrobrachium America-*

*num* in Mexico. FAO Aquaculture Bulletin, 5(2):12-13.

**Arana, M.F.** 1974. Experiencias sobre el cultivo del langostino *Macrobrachium americanum* en el Noroeste de México. Simposio FAO/Carpas sobre acuicultura en América Latina:1-8.

**Choudhury, P.C.** 1970. Complete larval development of palaemonid shrimp *Macrobrachium acanthurus* reared in the laboratory. Crustaceana, 18(2):113-132.

**Choudhury, P.C.** 1971. Complete larval development of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* reared in the laboratory. Crustaceana, 20(1):51-69.

**Choudhury, P.C.** 1971. Laboratory rearing of larvae of the palaemonid shrimp *Macrobrachium carcinus* to variations in salinity and diet. Crustaceana, 21(2):113-126.

**De Oliveira-Soares, L.** 1956. Observaciones ecológicas acuariotécnicas de *Macrobrachium carcinus*, pitu de familia Palaemonidae. Memorias del Instituto Oswaldo Cruz, 54(3):549-556.

**Hueg, T.L., Jinn, C.J., Hueng, M.T., Romolina, C.R. Torres, M.J., de Nogales, C., Cardonas, M.M. y Riveros, G.** 1977. Propagación artificial del camarón marino *Penaeus duorarum* y el camarón de río *Macrobrachium carcinus*. Proyecto de Acuicultura IINDERENA, misión China. Informe Avance No. 3. 17 pp.

**Kensler, C.B. de Restori, A.W. and Grande-Vidal, J.M.** 1974. El desarrollo y cultivo del langostino de río en Michoacán y Guerrero, México y pesquería de langosta en Michoacán, México. Contrib. Estud. Pesque. Mex. , 11:33 pp.

**Martínez-Silva, L.E., Pedini, M. and New, M.B.** 1977. Mullet (*Mugil incilis*) and freshwater prawn (*Macrobrachium acanthurus*) polyculture in Colombia. Proc. World Maricul. Soc., 8:195-206.

**New, M.B.** 1977. El potencial del cultivo de *Macrobrachium* en Latinoamérica. I Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura, Maracay, Edo. Araguas, Venezuela. 5 al 12 de Noviembre de 1977. 14 pp.

**New, M.B.** 1980. El potencial del cultivo de *Macrobrachium* en Latinoamérica. Rev. Lat. Acui. México. D.F. (6):25-37.

- New, M.B. 1990.** Freshwater prawn culture: a review. *Aquaculture*, 88:99-143.
- Pedini, M. 1977.** Experimento de policultivo de lisa, *Mugil incilis* y camarón de agua dulce (*Macrobrachium acanthurus*) en Colombia. *FAO Aquaculture Bulletin*, 8(2):18 pp.
- Ponce-Palafox, J. y Navarrete, E. 1986.** El cultivo de *M. tenellum* en estanques rústicos en el Estado de Morelos. *Universidad y Ciencia. Rev. De la UAEMor.* (8):25-31.
- Sánchez, C. 1974.** Desarrollo larval de *Macrobrachium tenellum*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Salvador). Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Servicio de Recursos Pesqueros, 13 pp.
- Sánchez, C. 1976.** Desarrollo larval de *Macrobrachium tenellum*. *FAO Technical Conference on Aquaculture, Kyoto, Japan, Experience Paper 57:8 pp.*
- Smitherman, R.O., Moss, D.D. and Díaz, E.L. 1974.** Observations on the biology of *Macrobrachium americanum* from a pond environment in Panama. *Proc. World Maricul.Soc.*, 5:29-40.



---

# CULTIVO DE LANGOSTINOS NATIVOS DEL PACÍFICO AMERICANO: *M. tenellum* (SMITH, 1871) Y *M. americanum* (BATE, 1968)

---

Jesús T. Ponce-Palafox<sup>a,b</sup> y Fernando C. Arana-Magallón<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Unidad Mazatlán. Acuacultura y Manejo Ambiental.

<sup>b</sup>Laboratorio de Bioingeniería Acuícola. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

<sup>c</sup>Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. Departamento de El Hombre y su Ambiente.

## INTRODUCCIÓN

Desde que Holthuis (1952) reportó la presencia de *M. tenellum*, *M. americanum* y 24 especies más en México, América Central y Sudamérica, varias de éstas han sido objeto de estudios taxonómicos, morfológicos, biogeográficos y ecológicos, pero muy pocas han sido consideradas candidatas para operaciones de acuicultura (New, 1977). Por lo que las especies que crecen más y presentan una buena disponibilidad son mejores conocidas en el mercado y por lo tanto han recibido la mayor atención hacia dichos estudios.

Muy pocos trabajos han sido efectuados sobre su crecimiento en estanques, aunque comparaciones entre el comportamiento de las diversas especies nativas de *Macrobrachium* y *M. rosenbergii* han sido, en términos generales, menos favorables con respecto a las especies nativas. Después de la disminución drástica en la producción y cierre de varios proyectos del cultivo del camarón de agua dulce malayo *M. rosenbergii*, se contempla la posibilidad de reactivar los estudios orientados a la domesticación y producción en estanques de las especies nativas, lo cual es muy atractivo debido a la importancia biológica, ecológica, acuícola y comercial que tienen estas especies en el continente desde el sur del estado de Sonora en México hasta el norte del Perú en Sudamérica.

Por tal motivo, en el presente trabajo se pretende dar un panorama actual del estado y arte de los avances sobre la biología, ecología y cultivo de los camarones de agua dulce o langostinos *M. tenellum* y *M. americanum*.

La importancia de *M. tenellum* y *M. americanum* se observa al analizar los datos de producción pesquera de su zona de distribución (Cabrera *et al.*, 1977; Guzmán *et al.*, 1977), ya que estas especies soportan una intensa pesquería artesanal, en ríos y lagunas costeras, lo cual es considerable tanto por su volumen como por la extensión donde esta se realiza, creando una importante derrama económica en toda su área de distribución (Guzmán, 1978).

A partir de la segunda mitad del decenio de 1970, el langostino *M. tenellum* ha sido considerado como un buen candidato para ser cultivado, ya que se encuentra en altas densidades en condiciones naturales; no es agresivo; puede tolerar un amplio y fluctuante intervalo de temperaturas, salinidades y concentraciones de oxígeno. Además, posee tenazas débiles, es incapaz de lesionar al que los manipula y presenta aparente incapacidad de desplazarse fuera del agua por sus pereopodos débiles en comparación con el peso de su cuerpo (Sánchez, 1976).

Guzmán (1987), al efectuar una evaluación del nivel de potencialidad acuícola de esta especie, obtiene un coeficiente de 0.71, el cual es de altas posibilidades de cultivo. En el caso del langostino *M. americanum* representa una especie con un gran potencial para su cultivo comercial dado su gran tamaño, mercado y valor económico.

## ANTECEDENTES DEL CULTIVO

Los primeros trabajos sobre el cultivo de *M. tenellum* se llevaron a cabo en la República del Salvador y tuvieron como finalidad conocer el desarro-

llo larval. Fueron realizados por Sánchez (1976), quien efectuó ensayos mediante cuatro técnicas de incubación sin lograr la transformación de larvas a juveniles. Cabrera *et al.* (1979), en México, logran el desarrollo larvario y obtiene postlarvas en condiciones de laboratorio.

Entre 1977 y 1978, el grupo del doctor Cabrera, del Instituto de Biología de la UNAM, siembra postlarvas capturadas en la desemboca-dura del Río Balsas en cuatro micropresas del estado de Morelos, logrando resultados satisfactorios, ya que se obtienen langostinos de tamaño comercial, lo que demuestra la posibilidad de cultivo de la especie en embalses.

Posteriormente, al iniciarse el programa acuícola del estado de Morelos como una alternativa de cultivo se contempla la posibilidad de introducir cultivos de langostino en estanques y como una primera iniciativa se siembran postlarvas de *M. tenellum* capturadas en la laguna de Coyuca, Guerrero, donde se inician los primeros estudios sobre el engorde de esta especie (Ponce, 1986 y 1988), pero como no se tenía dominada la tecnología para esta especie se introdujo el langostino malayo *M. rosenbergii* y se dejó de cultivar la especie nativa; no obstante, esta sirvió para interesar y estimular el cultivo del langostino en el estado.

Finalmente, en 1992 y 1993 el grupo del maestro Ponce demuestra la factibilidad comercial del cultivo de *M. tenellum* en estanques a nivel comercial, obteniendo organismos hasta de 60 g. En los últimos cinco años sólo se ha trabajado con la especie en pruebas de alimentación en estanques en la Universidad de Colima y, en densidades en condiciones de laboratorio, en la UAM-X, pero a nivel comercial están interrumpidos los estudios.

Los primeros intentos para el cultivo de *M. americanum*, llamado "cauque" en Sinaloa y "pi-gua" en Chiapas, se llevaron a cabo en forma simultánea en los poblados de Cacalotán y El Rosario, en el sur del estado de Sinaloa.

En El Rosario, desde el año de 1970, se iniciaron los trabajos para establecer una granja de cultivo de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) y de langostino nativo (*M. americanum*) a nivel comercial, con apoyo de la iniciativa privada. De esta forma, durante cuatro años se realizaron investigaciones sobre esta especie de langostino, principalmente enfocadas a su ciclo de vida en cuanto a su reproducción, incubación, desarrollo larvario, crecimiento y alimentación, todo esto con el fin de establecer las bases biológicas y técnicas para su cultivo. Esta investigación fue presentada en el Primer

Simposio sobre Acuicultura en América Latina, organizado por FAO en 1974 (Arana, 1974).

Sin embargo, debido a los problemas técnicos para desarrollar el cultivo comercial de esta especie a corto plazo en la granja de El Rosario, se decidió importar un lote de postlarvas de la especie asiática (*M. rosenbergii*) en 1975, por ello se abandonó el proyecto del cultivo de la especie autóctona.

La investigación sobre esta especie fue reiniciada en el año de 1992, en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, con un proyecto enfocado a mostrar las ventajas o desventajas para el cultivo que presenta *M. americanum* en comparación con la especie introducida *M. rosenbergii*.

En ese año se realizó un estudio en coordinación con el Centro Acuícola de El Carrizal, en el estado de Guerrero, por medio de un servicio social (Baltasar 1992), para la obtención de postlarvas de *M. americanum*, éstas fueron traídas al laboratorio C-4, del Departamento El Hombre y su Ambiente de la UAM-X, donde se realizó un estudio comparativo de crecimiento y supervivencia entre esta especie y la asiática; resultados que se publicarán posteriormente.

El grupo de esta universidad ha continuado con los estudios en laboratorio para desarrollar las técnicas de reproducción, obtención de postlarvas, alimentación y crecimiento, con el fin de contribuir al desarrollo de la biotecnología para el cultivo de *M. americanum*.

## ASPECTOS BÁSICOS DE LAS ESPECIES

La distribución de las dos especies en América abarca desde Baja California, México (27° N) hasta el río Chira, Perú (5° S) (Holthuis, 1952). Dentro de los primeros trabajos de biología y ecología de la especie se encuentra el de Román (1979), quien analiza la estructura de la población, compara el crecimiento de ambos sexos, establece el intervalo de fecundidad y el periodo de reproducción.

Guzmán (1982) describe el ciclo anual de maduración y reproducción en condiciones naturales, encontrando que se inicia el uno de mayo en las costas del estado de Guerrero, y encuentra una relación con los promedios de varios años de precipitación, así como el efecto de factores densodependientes sobre el tamaño de la población.

Trabajando con poblaciones naturales, Cabrera (1983) observó y comprobó una diferencia sexual

macroscópica que correspondía al tamaño de la segunda pleura abdominal, la cual es significativamente mayor en hembras que en machos y al aumentar la longitud del cefalotorax esta diferencia es más marcada; Nagamine y Knight (1980) reportan una situación similar para langostino malayo.

Guzmán (1987) escribe el resultado de las investigaciones realizadas durante seis años (1975-1981) en cuatro lagunas del estado de Guerrero, relacionadas con la biología, ecología y pesca de *M. tenellum*. Tal documento es el más completo hasta el momento en cuanto a los temas de referencia.

En ese estudio se determinó que la época de reproducción masiva se efectúa entre agosto y noviembre; entre otros aspectos describe el dimorfismo sexual, escalas de madurez sexual, proporción sexual, apareamiento, desove, fecundidad, así como el desarrollo embrionario y larval.

Con un enfoque hacia el diseño de sistemas de control y manejo de la especie durante las operaciones de producción, Cuevas (1980) mide la tasa rutinaria de consumo de oxígeno bajo condiciones controladas y encuentra que la relación entre el peso y el consumo de oxígeno se expresa como una relación de tipo exponencial; presenta una tabla con los resultados individuales del consumo de oxígeno total y del peso específico, y encuentra que este crustáceo consume menos oxígeno en promedio (0.11 mg O<sub>2</sub>/g/h, de 1.05 a 4.23 g ) que *M. rosenbergii* (1.51 mg O<sub>2</sub>/g/h de 0.01 a 6 g).

Signoret *et al.* (1997) compararon la respuesta osmótica de *Macrobrachium tenellum* con la de *M. acanthurus* y encontraron un comportamiento similar de 0 a 20%, llegando al punto isosmótico a 632 y 640 mOsm/kg, respectivamente. Por arriba de este punto ambos son hiporeguladores. La osmolaridad de *M. tenellum* se incrementa por arriba del punto isosmótico. La máxima salinidad tolerante por *M. tenellum* fue de 25 ‰.

Aguilar *et al.* (1998) estudiaron el efecto de la salinidad de 0, 3, 6, 9, 12, 17, 22 y 27 ‰ sobre el consumo de oxígeno y la osmorregulación de *Macrobrachium tenellum*. La curva metabólica de la salinidad es del tipo "U", la tasa metabólica se reduce en 38% en agua dulce. El consumo de oxígeno observado sobre este intervalo de salinidades corresponde al tipo II de Kinne (1971). En *M. tenellum* la concentración osmótica de la hemolinfa permanece constante alrededor de 531 mmol/kg, lo que significa que esta especie es un fuerte hiperhipo osmorregulador. El punto isosmótico fue de 533 mmol/kg, lo cual sugiere que es una especie

que recientemente invadió el ambiente dulceacuícola.

En relación con el efecto de los factores abióticos sobre el langostino se han orientado principalmente hacia el efecto de la temperatura sobre la respuesta fisiológica de los langostinos, dentro de los cuales Hernández *et al.* (1995) investigaron el preferendum de temperatura para *M. tenellum* mediante el método gravitacional y utilizaron temperaturas de aclimatación de 22, 25, 28 y 32 °C. Obteniendo como resultado que el preferendum final de temperatura fue de 28 °C, con intervalo de 27 a 30.6 °C.

Hernández *et al.* (1996) encontraron que la respuesta al estrés termal de *M. tenellum* fue diferente significativamente ( $p < 0.01$ ), y se observó una baja sobrevivencia en los organismos que fueron expuestos a un gradiente termal hasta la total desorientación. El incremento en la temperatura causó desorientación termal. Finalmente, encontraron que la respuesta que corresponde al máximo termal crítico es la desorientación total.

Hernández *et al.* (1997) estudiaron la respuesta específica de la eficiencia termal (STER) de *M. tenellum*, cubriendo 50.2% de la temperatura promedio sobre un periodo de 10 años del ambiente natural.

Román (1991) estudió la estructura de la población y el comportamiento de *M. tenellum*, así como la asociación con otras especies de decápodos en la laguna de Coyuca, en las costas del Pacífico Mexicano. Colectó 13,757 langostinos, de los cuales 17% fueron parasitados por el isópodo *Probopyrus pandalicola*. El tamaño mayor de *M. tenellum* capturado en la laguna fue de 76.6 mm en el mes de abril. Además encontró que en condiciones naturales *M. tenellum* habita con nueve especies de decápodos bénticos.

Roman (1992) encontró que el intervalo de tamaño de las hembras ovígeras está entre 2.8 y 13.0 mm de longitud total. El parásito *P. pandalicola* tiene una preferencia para hospederlo a las hembras de *M. tenellum*. Seis cohortes de parásitos fueron registrados, lo que sugiere una continua reproducción durante todo el año. Las especies de *Probopyrus*, que parasitan a *M. tenellum* son *P. pandalicola*, *P. panamensis* y *P. pacificensis* (Roman, 1993).

En cuanto a *M. americanum*, Granados (1984) llevó acabo una revisión de los aspectos más importantes de la biología, ecología y pesquerías de las especies del género *Macrobrachium* nativas de las costas del Pacífico y Atlántico de México. En

ese trabajo presenta datos sobre la distribución de las especies, nombres comunes, hábitos alimentarios, hábitat, proporción de sexos, madurez sexual, desove, fecundidad, estadios larvarios, reproducción, crecimiento, parásitos y depredadores, influencia de los parámetros físico-químicos que influyen sobre el ciclo de vida y migración.

En relación con las características biológicas, Álvarez *et al.* (1996) colectaron organismos de *M. americanum* en el río San Andrés y Santa Cruz, en Guanacaste, Costa Rica, de marzo de 1984 a abril de 1985. De 290 organismos colectados se obtuvieron las relaciones longitud total contra peso total de  $\log WT = -4.3554 + 2.9756 \log LT$  para machos y  $\log WT = -3.7797 + 2.6118 \log LT$  para hembras. El mínimo tamaño comercial fue de 55 a 60 mm de longitud total, entre 3.6 a 4.8 g de peso abdominal y entre 6.9 a 9.8 g de peso total.

Cabrera *et al.* (1979) clasifica de acuerdo a la fecundidad de las especies más importantes de *Macrobrachium* en México a *M. americanum* como una especie de alta fecundidad con un promedio de 900,000 huevos producidos por año. En cuanto a los parásitos del langostino Román (1996) describió una nueva especie de *Probopyrus* Giard & Bonnier, 1888, que parasita al langostino *M. americanum*, Bate, 1868. La cual se denomina *Probopyrus markhami* y es diferente de las especies americanas principalmente en algunas características de la hembra.

## ESTUDIOS SOBRE EL CULTIVO DESARROLLO DE SISTEMAS DE CULTIVO Producción de larvas y postlarvas

### *M. tenellum*

Al respecto, los primeros intentos por conocer el desarrollo larval del organismo en estudio fueron realizados por Sánchez (1976), quien efectuó ensayos mediante cuatro técnicas de incubación sin lograr la transformación de larvas a juveniles.

En cambio, Cabrera *et al.* (1979) obtienen el desarrollo larvario de juveniles en condiciones de laboratorio, identifican 12 mudas y proponen tres etapas: la primera, con alta supervivencia e incremento de peso y longitud considerable, que abarca las dos primeras intermudas; la segunda, con mortali-

dad alta y con pequeñas ganancias de peso y longitud, que abarca de la tercera a la sexta y octava intermuda; en la última etapa incluyó a las demás intermudas larvarias y se caracterizó por una ganancia importante de peso y longitud. Además, reporta que la duración del desarrollo larvario fue de 24 días. También, en cuanto al desarrollo larvario, identifica dos grupos, uno donde el desarrollo es corto y los juveniles son pequeños, que incluye *M. tenellum*, y otros que comprenden un desarrollo larval prolongado y juveniles grandes como en *M. americanum*.

A continuación se presentan algunas características de la reproducción y desarrollo larvario de *M. tenellum* basadas en los trabajos de Cabrera *et al.* (1979) y Guzmán (1987) (cuadros 1 y 2).

### Fase de engorda

Guzmán *et al.* (1977) reportaron la distribución de varios millones de larvas de *Macrobrachium* sp. para propósitos de siembra mediante actividades de extensionismo. También calcularon el reclutamiento al área en 744,069,389 postlarvas, con una densidad de 62.7 ind./m<sup>2</sup> y el reclutamiento al arte de pesca en 220,907,387 juveniles, con una densidad de 18.6 ind./m<sup>2</sup>.

Martínez *et al.* (1980) señalaron el potencial de la especie para ser de cultivada en forma extensiva con resultados prometedores en cuerpos de agua temporales en sistemas de monocultivo o con especies de peces no carnívoros, realizando algunas introducciones en bordos temporales del

Cuadro-1. Reproducción

Madurez Sexual	3.0 cm.
Periodo de puesta	10 a 20 veces/ año
Fecundidad	2,500 a 10,000 huevos /hembra
Temperatura	25 a 29 °C
Oxígeno	2 a 3.5 ppm
PH	7.25 a 8
Periodo de nacimiento.del huevo	0.55 mm

Cuadro-2. DESARROLLO LARVARIO

Cultivo	Laboratorio
Duración	24 días
Fases	Pelágicas
Crecimiento	12 mudas
Salinidad	12‰
Temperatura	28.6°C
Hábitos	Nocturno
Dieta	<i>Artemia</i>
Tamaño comercial	2 g.
Desarrollo embrionario	16.5 días

estado de Morelos.

En 1979, el grupo del laboratorio de acuicultura del instituto de Biología de la UNAM introduce 30,967 juveniles de *M. tenellum* provenientes de la desembocadura del río Balsas, distribuidos en cuatro embalses de diferente temporalidad de inundación en el estado de Morelos (El Móvil, 6,483 postlarvas; Jonacatepec, 11,481; Chalcatzingo, 8,020, y los lavaderos 4,983), donde se observó buen crecimiento, alcanzando una talla comercial ( $12.0 \pm 0.85$  cm) entre los 6 y 7 meses. Al respecto, el doctor Villalobos (1982) diseña y da recomendaciones para la captura de juveniles, localización de cuerpos de agua con posibilidades de extensión de langostino, así como siembra masiva en grandes embalses y evaluación de siembra específica de langostino.

De igual modo, son de interés las introducciones en la costa de Guerrero de juveniles de esta especie a la estanquería rústica del estado de Morelos durante los años de 1984 a 1986 en varias unidades de producción acuícola, entre las que se encuentra Tlayca y el Higuerón, entre otras. Estas siembras se realizaron bajo el sistema de mono y policultivo con mojarra-tilapia *O. mossambicus* línea roja; *O. u. hornorum* y el híbrido de las dos, iniciando con esto la preferencia en algunas unidades de producción rural por el cultivo del langostino.

Se llegó a sembrar en el año de 1984, 600,000 juveniles de *M. tenellum* capturados en las costas de Guerrero, y 350,000 de *M. rosenbergi*, donadas del centro acuícola El Carrizal; en 1985, 500,000 y 481,000, respectivamente. Actualmente, después de 1986, sólo se cultiva *M. rosenbergii*.

### Cultivo en estanques

A pesar de los escasos trabajos que existen sobre el cultivo de postlarvas y juveniles de *M. tenellum* se han realizado algunos ensayos tanto en sistemas de monocultivo (Sánchez, 1978, Martínez *et al.*, 1980, y Ponce *et al.*, 1986) como de policultivo (Sánchez, 1975; Ponce y Cabanillas, 1996) utilizando estanques de concreto y rústicos. Por lo tanto, es de esperarse que resulte un poco difícil tratar de establecer una correlación entre los trabajos realizados.

Los sistemas de cultivo empleados hasta ahora muestran que existe, por el manejo y otras causas, alta mortalidad, la cual se produce en mayor tasa entre los 21 días de cultivo iniciales (Martínez *et al.*, 1980); se han probado tasas de siembra desde 0.1 organismos por metro cuadrado hasta 16 ( $\text{org./m}^2$ ) en sistemas pequeños e intensivos. Se

observa que esta especie consume alimento balanceado, cladoceros, larvas de culicidos, y responde a la fertilización con estiércol de ganado y con fertilizantes inorgánicos. Las tasas de alimentación van de 10 a 3% del peso corporal en la etapa de engorda. Los rendimientos alcanzados han sido desde 472.2 a 2,310 kg/ha/año, con una ganancia en peso promedio por individuo de 0.3 a 0.84 g/semana. Se ha registrado que a partir de los 160 días de cultivo se empiezan a presentar proporciones importantes (alrededor de 40%) de organismos de tamaño comercial (12 cm). Al cosechar las poblaciones cultivadas comercialmente en el estado de Morelos se han obtenido de 35 a 70 organismos por kg. En cuanto a enfermedades y parásitos se ha detectado en la población sujeta a cultivo la presencia del isópodo *P. Pandalicola*, con mayor incidencia en organismos de 6 y 7 cm, en los meses de julio y agosto en una proporción de 1 a 3% de la población, así como la presencia de bacterias quitinolíticas en todo el organismo (telson, abdomen y céfalotorax) (Ponce, 1990).

Para *M. americanum* los estudios se inician con los trabajos de Arana (1974), quien capturó organismos adultos de *M. americanum* en el río Baluarte, Sinaloa, y los transportó a estanques rústicos y de concreto con circulación de agua, iniciando los primeros ensayos sobre cultivo de larvas mediante una modificación de la técnica utilizada por Ling (1969) para el cultivo de *M. rosenbergii*. Al respecto, Holschmit (1984) reportó las salinidades óptimas para la sobrevivencia y desarrollo de las larvas de *M. americanum*. Esos estudios muestran que la salinidad óptima varía durante el desarrollo larval. Además, encontró una relación entre la temperatura y el crecimiento de las larvas. El engorde de esta especie lo realizó suministrando alimento balanceado y carne de pescado en los estanques. Se ha observado que esta especie consume alimento balanceado, pan, plátano, piña, peces, camarones, gallinaza, plantas acuáticas, como *Chara sp.*, *Elodea sp.*, y responde a la fertilización con estiércol de ganado y con fertilizantes inorgánicos. Lizárraga (1974) reportó el inicio del proyecto de cultivo de bagre y de *M. americanum* por el maestro Fernando Arana, en el estado de Sinaloa, México.

### Consideraciones finales y perspectivas del cultivo de *M. tenellum* y *M. americanum*

Encontramos que existe una diferencia marcada en el tamaño de las hembras y los machos de *M. tenellum*, por lo que es necesario investigar sobre

las diferencias en el crecimiento de los sexos y determinar la rentabilidad del cultivo de monosexos. Se requiere estudiar la relación entre la densidad, tamaño de siembra y la respuesta del crecimiento bajo condiciones de mono y policultivo. Se requiere la aplicación de la genética para seleccionar razas con mayor tasa de crecimiento, ya que se han obtenido en sistemas de cultivo comercial en estanques rústicos langostinos de 50 a 60 g., lo que demuestra la potencialidad de la especie bajo un adecuado manejo. Esta especie puede tener potencial para ser manejada bajo las diferentes estrategias utilizadas en acuicultura; por un lado para acuicultura rural integral de beneficio social y bajo estricto control en sistemas intensivos de alta rentabilidad, previa obtención de razas mejoradas.

En cuanto a *M. americanum*, representa una especie con gran potencial para su cultivo comercial en el próximo siglo, dado su gran tamaño y valor económico, lo que debe animar a investigadores e instituciones de apoyo financiero, para dar preferencia a estas líneas de investigación. El esfuerzo deberá estar enfocado principalmente a la domesticación de la especie por métodos de selección, así como a las técnicas de manejo en cautiverio inhibiendo de algún modo sus instintos migratorios o adecuando las instalaciones de cultivo.

En otra ocasión se ha recomendado que para la investigación en el cultivo de las especies nativas de langostino es necesario utilizar la infraestructura ya establecida en los centros de producción de postlarvas, como es el caso del Centro de El Carrizal, Guerrero, por lo que se deberán establecer convenios de las universidades con la Dirección General de Acuicultura de la SEMARNAP, o con el Instituto de la Pesca, así como procurar los apoyos económicos necesarios por parte de instituciones como Conacyt y becas para tesis o servicios sociales.

Finalmente, encontramos que después de 26 años de esfuerzo y trabajo realizado por un grupo de investigadores, en su mayoría mexicanos, se considera que mantener el interés de investigación por estas especies nativas del litoral del Pacífico no ha sido inútil, ya que el inicio de este siglo contempla la integración del continente con la revaloración y rescate de sus recursos y especies a nivel regional para su mejor utilización y desarrollo sustentable, por lo que cada día es más necesario el estudio de las especies nativas acuáticas que son elementos claves en la recirculación de la energía de los ecosistemas frágiles y tienen importancia

social y económica primordial, como es el caso de los langostinos nativos.

### BIBLIOGRAFÍA PARA *M. tenellum*.

- Aguilar, M., Díaz, F. and Bueckle, L.F., 1998;** The effect of salinity on oxygen consumption and osmoregulation of *Macrobrachium tenellum*. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 31(2):105-113.
- Cabrera, P.J., 1983:** Carácter práctico para diferenciación de sexos en *Macrobrachium tenellum* (Crustácea: Decapoda: Natantia). Revista de biología tropical. San José [REV. BIOL. TROP.] (1):159-160.
- Cabrera-Jiménez, J.A., Chávez, C, y Martínez, C., 1979:** Fecundidad y Cultivo de *Macrobrachium tenellum* (Smith) en el laboratorio. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología. México D.F. [AN. INST. BIOL. UNIV. NAC.AUTON. MEX. ZOOL.], 50(1):127-152.
- Cuevas, F., 1980:** Tasa respiratoria del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith). Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. 65 p.
- González, G.L., 1979:** Estudio sobre la reproducción del chagal *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), (Crustácea: Decápoda: Palaemonidae) en las lagunas de Tres palos y Mitla, Guerrero, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias de la UNAM.
- Guzmán, A.M., Rojas, S., y González, L., 1982:** Ciclo anual de maduración y reproducción del chagal *Macrobrachium tenellum* y su relación con factores ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres Palos, Guerrero, México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. [AN. INST. CIENC. DEL MAR Y LIMNOLOGÍA. UNIV. NAC.AUTON. MEX.], 13(2):47-66.
- Guzmán, A.M., 1987:** Biología, ecología y pesca del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1971), en las lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM. 306 p.
- Hernández, R.M., Bueckle, L.F and Díaz, H.F . 1995.** Preferred temperature of *Macrobrachium tenellum* (Crustacea, Palaemonidae). Rivista italiana di acquacoltura. Verona, 30(2):93-96.
- Hernández, R. M., Fernando, L., Ramírez, B., and Díaz, H. F., 1996:** Critical thermal maximum of *Macrobrachium tenellum*. Journal of Thermal Biology, 21(2):139-143.
- Hernández, R. and Bueckle, L.F., 1997:** Thermal preference area for *Macrobrachium tenellum* in the context of global climatic change. Journal of Thermal Biology, 22(4-5):309-313.

- Martínez, P.C., Chávez, C., y Palomo, G., 1980:** Avance sobre el semicultivo del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith). 643-662 p. En Anónimo, Memorias del Segundo Simposio Latinoamericano de Acuicultura, Departamento de Pesca, México.
- Negrete, R.P., 1977:** Fecundidad en el langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), (Decápoda: Palaemonidae) en la laguna de Tres Palo, Guerrero México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias de la UNAM. 50 p.
- Ponce-Palafox, J.T., Navarrete y Salazar, O., 1986:** Análisis del crecimiento del langostino *M. tenellum*, en la Unidad de producción Acuícola El Higuero, Mor. En: I Simposio de la Asociación Mexicana de Acuicultura, A.C. Palacio de Minería, México.
- Ponce-Palafox, J.T. 1987.** Avances del semicultivo del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith 1871). En memorias del Seminario Nacional de Producción y Comercialización del Langostino. Acapulco, Guerrero, abril de 1987. FONDEPESCA. 250 pp.
- Ponce-Palafox, J.T., y Navarrete, E., 1988:** Cultivo del langostino *Macrobrachium tenellum* en el Municipio de Jotutla. Expresión Universitaria. Universidad Autónoma del Estado de Morelos (18):6-13
- Ponce-Palafox, J.T., 1990:** Enfermedades del langostino durante el cultivo en estanques rústicos, en el estado de Morelos. Revista de Acuavisión. FONDEPESCA. año V (21):25-29.
- Román-Contreras, R., 1976:** Contribución al conocimiento de la biología del langostino *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871), en algunas lagunas costeras de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias de la UNAM.
- Román-Contreras, R. 1979.** Contribución al conocimiento de la biología y ecología de *M. tenellum* (Smith) (Crustácea: Decapoda: Palaemonidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 12:137-160.
- Román-Contreras, R. 1991.** Ecología de *Macrobrachium tenellum* (Decapoda; Palaemonidae) en la Laguna de Coyuca, Guerrero, Pacífico de México. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México, 18(1):109-121.
- Román-Contreras, R., 1992:** Population structure of *Probopyrus pandalicola* (Packard) (*Isopoda: Bopyridae*) in a tropical lagoons on the Pacific coast of Mexico. First European Crustacean Conference, Paris, August 31-September 5, 1992, Abstracts. Premiere Conference Europeenne Sur Les Crustaces, Paris, 31 August-5 September 1992, Resumes, MNHN, Paris (France), 1992, p. 128.
- Román-Contreras, R., 1993:** *Probopyrus pacificensis*, a new parasite species (*Isopoda: Bopyridae*) of *Macrobrachium tenellum* (Smith, 1871) (Decapoda: Palaemonidae) of the Pacific coast of Mexico. Proceedings of the Biological Society of Washington. Washington DC., 106(4):689-697.
- Sánchez, C., 1975:** Desarrollo de juveniles del camarón de río, *Macrobrachium tenellum* (Smith) en estanques de arcilla y concreto. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Soyapango, El Salvador C.A., 2(2):1-13.
- Sánchez, C., 197:** Desarrollo larval de *M. tenellum* en el Salvador. En: Conferencia Técnica de la FAO sobre acuicultura, Kyoto, Japón. 311-314 p.
- Signoret P., Brailovsky, G. y Soto, E., 1997:** Comportamiento osmorregulador de *Macrobrachium tenellum* y *Macrobrachium acanthurus* (Decapoda: Palaemonidae) en diferentes salinidades. Revista de Biología Tropical, 45(3):1085-1091.

### BIBLIOGRAFÍA PARA *M. americanum*

- Álvarez, M.D., Cabrera, J y Solano, Y., 1996:** Morfometría, época reproductiva y talla comercial de *Macrobrachium americanum* (Crustacea Palaemonidae) en Guanacaste, Costa Rica. Revista de Biología Tropical. San José [REV. BIOL. TROP.]44(1):127-132.
- Arana-Magallón, F. 1974.** Experiencias sobre el cultivo del langostino *Macrobrachium americanum* Bate, en el noroeste de México. Actas del Simposio sobre Acuicultura en America Latina. Volumen 1. Documentos de Investigación. Montevideo, Uruguay, 26 de noviembre a 2 de diciembre de 1974. ;FAO Fish. Rep., Publ.by:FAO, Rome (Italy), Dec 1977, p.139-147, (no.159.1)
- Baltasar-Tenorio G., 1992.:** Estudio comparativo del desarrollo larvario de dos especies de langostino *Macrobrachium americanum* Bate y *Macrobrachium rosenbergii* De Mam (Decapoda: Palaemonidae) en el Centro de Producción de post-larvas de langostino de El Carrizal, Guerrero (Informe de Servicio Social): p.56
- Figueroa, G., Hernández, C., Martínez, F., y Pérez-chi, A., 1986:** Notas sobre la biología de *Macrobrachium americanum* importantes para su cultivo. Escuela de Ciencias Biológicas. Lab. de Ecología Marina. Instituto Politécnico Nacional. México. D.F. 11 pp.
- Granados, A.A., 1984:** Contribución al conocimiento de la biología y aspectos poblacionales de *Macrobrachium americanum* Bate, 1968, en algunas áreas de los estados de Michoacán y Guerrero, México. Universidad, Ciencia y Tecnología [UNIV. CIENC.], 1(1):27-51.
- Holtzman, K.H. and Pfeiler, E. 1984.** Effect of salinity on survival and development of larvae and postlarvae of *Macrobrachium Americanum* Bate (Decapoda Palaemonidae). Crustaceana, 46(1):23-28.
- Lin, M.N., Lu, D.T. y Ting, Y.Y., 1976:** La biología general y del desarrollo del camarón de río o lan-

- gostino (*Macrobrachium americanum*). Serie de Pesca No. 2, pp 1-17. San Lorenzo, Valle Honduras, C.A.
- Ling, S.W. 1969.** Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). FAO Fisheries Reports 3(57):607-620.
- Lizárraga, M. 1974.** Bases técnicas del proyecto de granja acuícola múltiple de El Rosario, Sinaloa, México. Actas del Simposio sobre Acuicultura en América Latina. Volumen 1. Documentos de Investigación. Montevideo, Uruguay, 26 de noviembre a 2 de diciembre de 1974. ;FAO Fish. Rep., Publ.by:FAO, Rome (Italy), Dec 1977, p.106-112, (no.159.1)
- Martínez, F.R., 1981:** Aspectos ecológicos de la reproducción del langostino de río *Macrobrachium americanum* Bate, en el Río Armería, estado de Colima, México. Tesis de Licenciatura en Biología. UNAM. México.
- Monaco, J., 1975:** Laboratory rearing of larvae of the Palaemonida shrimp *Macrobrachium americanum* (Bate). Aquaculture, 6:365-369.
- Román-Contreras, R. 1996.** A new species of *Protopyrrus* (Isopoda, Bopyridae), parasite of *Macrobrachium americanum* Bate, 1868 (Decapoda, Palaemonidae) Crustaceana, 69(2):204-210.
- Rodríguez de la Cruz, M.C., 1968:** Contribución al conocimiento de los Palemonidos de México: III Palemonidos del Golfo de California con notas sobre la biología de *Macrobrachium americanum*. FAO, Fish. Rep., 2(57):373-380.
- Smitherman, R.O., Moss, D.D. and Diaz, E.L. 1974.** Observations on the biology of *Macrobrachium americanum* Bate from a pond environment in Panama. 5<sup>th</sup> World Mariculture Soc. Meet. 29-40.
- BIBLIOGRAFÍA PARA LAS DOS ESPECIES CITADAS Y PARA CONSULTA DE *M. teneillum* Y *M. americanum*.**
- Cabrera, J., Guzmán, M., and Kensler, C., 1977:** *Macrobrachium* fishery and market in Mexico. 315-316. In: Hanson and Goodwin. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state of the art reviews and status assessments. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. E.U.A. 439 p.
- Granados ,A.A. y Guzmán, M., 1984:** Biología ecológica y pesquería de los langostinos de México. Universidad, Ciencia y Tecnología [UNIV. CIENC.], 1(1):5-23.
- Guzmán, M., Cabrera, J. and Kensler, C. 1977.** Notes on *Macrobrachium* species in Mexico. 207-209. In: Hanson and Goodwin. Shrimp and prawn farming in the western hemisphere state of the art reviews and status assessments. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc. EUA 439 p.
- Guzmán, M., y Kensler, C., 1977:** Posibilidades del cultivo de langostino *Macrobrachium*, en el área de Ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán, y zona de influencia. An. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM 19 pp.
- Guzmán, M. y Kensler, C. 1978a.** Los langostinos del género *Macrobrachium* en México. Un Resumen. An. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM 112 pp.
- Guzmán, M. y Kensler, C., 1978b:** Los langostinos del género *Macrobrachium* en México. (Posibilidades de cultivo.) II Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Instituto Nacional de Pesca. México.
- Kensler, C., Weller, A., y Grande, J.M., 1974:** El desarrollo y cultivo del langostino de río en Michoacán y Guerrero, México. Const. Est. Pesq. México. PNUD/FAO. México. 36 pp.
- New, M.B. 1977.** El potencial del cultivo de *Macrobrachium* en Latinoamérica. En: I Simposio de la Asociación Latinoamericana de Acuicultura. Maracay, Edo. Aragua, Venezuela.
- New, M.B. 1980.** El potencial del cultivo de *Macrobrachium* en Latinoamérica. Revista Latinoamericana de Acuicultura. México, D.F. No. 6. 1-40pp.
- Ponce-Palafox, J.T., y Cabanillas, H.B, 1996:** La investigación en el cultivo de langostino en México al término de 1995. 103-111p. Memorias de las Reuniones Técnicas de la Red Nacional de Investigación para Acuicultura en Aguas Continentales. Pátzcuaro, Michoacán, diciembre de 1996. Instituto Nacional de Pesca. 223 pp.
- Ponce-Palafox, J.T. 1997.** Current and future trend of freshwater prawn culture in Mexico. 3 pp. Martinique 97. Martinica del 4 al 9 de mayo de 1997. European Aquaculture Society, World Aquaculture Society and IFREME.



# CRUSTACEOS NATIVOS DE AGUA DULCE: CONOCIMIENTO Y UTILIZACIÓN

Gabino A. Rodríguez Almaraz y Roberto Mendoza-Alfaro

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León

## INTRODUCCIÓN

### Generalidades

Los crustáceos dulceacuícolas incluyen especies con notables diferencias ecológicas y biológicas entre sí, tanto en la forma de alimentación (por ej., herbívoros, omnívoros, carnívoros, filtradores, ramoneadores y las especies parásitas), así como la estrategia de reproducción y el tipo de desarrollo (por ej., partenogénesis y producción de quistes). Estos crustáceos pueden ser clasificados en dos grandes grupos, de acuerdo las tallas observadas; los macrocrustáceos y los microcrustáceos. Ambos grupos ocupan ambientes tanto lóticos como lenticos, ya sea como miembros del bentos, perifiton, zooplancton o de la meiofauna.

### Taxonomía

Los grupos taxonómicos más representativos y más conocidos de los ambientes dulceacuícolas se listan a continuación:

#### *Subphylum Crustacea*

##### **Clase Branchiopoda**

Orden Ctenopoda	Pulgas de Agua
Orden Anomopoda	Pulgas de Agua
Orden Anostraca	Camarón duende y Artemias
Orden Notostraca	Camarón renacuajo
Orden Conchostraca	Camarón almeja

#### *Clase Maxillopoda*

##### **Subclase Copepoda (copépodos)**

Orden Cyclopoida	De vida libre y parásitos
Orden Calanoida	De vida libre
Orden Harpacticoida	De vida libre

#### **Subphylum Crustacea**

##### **Clase Branchiopoda**

Orden Ctenopoda.....	Pulgas de Agua
Orden Anomopoda.....	Pulgas de Agua
Orden Anostraca.....	Camarón duende y Artemias
Orden Notostraca.....	Camarón renacuajo
Orden Conchostraca.....	Camarón almeja

##### **Clase Maxillopoda**

##### **Subclase Copepoda (copépodos)**

Orden Cyclopoida.....	De vida libre y parásitos
Orden Calanoida.....	De vida libre
Orden Harpacticoida.....	De vida libre

##### **Subclase Branchiura (piojo de los peces)**

Familia Argulidae.....	Parásitos de peces
------------------------	--------------------

##### **Clase Ostracoda (camarón semilla)**

Orden Podocopida.....	De vida libre y comensales
-----------------------	----------------------------

##### **Clase Malacostraca (crustáceos superiores)**

Orden Isopoda.....	Cochinillas
Orden Amphipoda.....	Pulgas saltonas
Orden Decapoda	
Infraorden Astacidea.....	Acociles
Infraorden Caridea.....	Langostinos o acamallas

**Subclase Branchiura (piojo de los peces)**

Familia Argulidae Parásitos de peces

**Clase Ostracoda (camarón semilla)**

Orden Podocopida De vida libre y comensales

**Clase Malacostraca (crustáceos superiores)**

Orden Isopoda Cochinillas

Orden Amphipoda Pulgas saltona

Orden Decapoda

Infraorden Astacidea Acociles

Infraorden Caridea Langostinos o acamallas

**CONOCIMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES NATIVAS DE MÉXICO****Microcrustáceos**

Los estudios sobre el conocimiento taxonómico y distribucional de la fauna de microcrustáceos en México, son escasos, algunos datan desde principios de siglo, y en muchos casos no se especifica con precisión la localidad de recolección, aportando sólo el nombre del estado. El centro y sureste de México se consideran las áreas mejor estudiadas con respecto a copépodos y cladóceros, y poco se ha hecho sobre otros grupos como ostrácodos y branquiópodos, los primeros son conocidos por las obras de Furtos (1936), en cenotes de Yucatán y los estudios de Rioja (1940b, 1941, 1942b, 1943, 1945), quien trabajó con los ostrácodos cavernícolas y comensales del centro y occidente de México. En el norte de México, los branquiópodos no cladóceros son conocidos por el trabajo de Maeda-Martínez (1982).

Los antecedentes iniciales sobre la biodiversidad de copépodos y cladóceros se pueden clasificar de acuerdo a la región geográfica de México, donde fueron realizados:

Región Centro: Pearse (1904), Juday (1915), Rioja (1940a, b, 1942b), Osorio-Tafall (1941, 1942a, b, 1943), Brehm (1955) y Linderberg (1955a).

Región Occidente: Brehm (1932), Kiefer (1938), Ueno (1939) y Rioja (1940a, b).

Región Sureste: Pearse (1911, 1938), Wilson (1936), Cole (1963), van de Velde et al. (1978) y Yeatman (1977).

Región Norte: Comita (1951).

Los estudios más recientes que han actualizado el conocimiento de estos microcrustáceos en México, es el listado taxonómico de Villalobos-Hiriart et al. (1993), que presenta las especies mexicanas, no sólo de microcrustáceos sino también de macrocrustáceos. Otros estudios, pero que tratan específicamente sobre copépodos son los de Fernando y Smith (1982), Reid (1988, 1990), Silva-Briano y Suárez-Morales (1998), Suárez-Morales y Reid (1998), Suárez-Morales et al. (1993, 1996) y Zamudio y Reid (1990). Para cladóceros podemos citar a Ciro-Pérez y Elías-Gutiérrez (1996), Ciro et al. (1996) y Elías-Gutiérrez et al. (1997), Dodson y Silva-Briano (1996), Elías-Gutiérrez (1995), Frey (1982), Rodríguez-Almaraz y Leija-Tristán (1995), Suárez-Morales et al. (1986) y Suárez-Morales y Elías-Gutiérrez (1992). Los anteriores antecedentes es el producto del esfuerzo taxonómico realizado principalmente hacia localidades del centro y sureste de México.

El único crustáceo que no habita en ecosistemas netamente dulceacuícolas, pero sí en ambientes salobres continentales, es el camarón salino *Artemia*. El cual es considerado un crustáceo típico de lagos salinos o de salmueras y presenta una amplia distribución mundial. La especie tipo *Artemia salina* Linnaeus, 1758, nombre específico que se adoptó por mucho tiempo para todas las poblaciones o cepas del mundo, hoy en día se considera una especie extinta, ya que la localidad tipo, las salinas de Lymington, Inglaterra, han desaparecido (Stappen, 1996). En México se han localizado diferentes poblaciones naturales del camarón salino, que incluyen a estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora, Coahuila, Chiapas, Estado de México, Oaxaca, San Luis Potosí, Sinaloa y Yucatán (Castro et al., 1987; Hontoria y Amat, 1992; Stappen, 1996; Castro et al., 1997). Los estudios de las poblaciones mexicanas indican que la especie que ocurre en México, es *Artemia franciscana* (Castro et al., 1987; Stappen, 1996). Sin embargo, es necesario una caracterización morfológica y ecológica para algunas poblaciones, para confirmar la identidad de la especie anterior.

**Macrocrustáceos**

Los crustáceos peracáridos (isópodos y anfípodos) de agua dulce de México, son conocidos por numerosas especies descritas en distintos

ambientes subterráneos o cavernícolas (p. ej. Bowman, 1975; Contreras y Purata-Valverde, 1982; Rodríguez-Almaraz y Bowman, 1995). La especie *Hyaella azteca* es un anfípodo gamarídeo ampliamente distribuido en distintos ambientes epigeos de México. Holsinger (1982) considera que es necesario una revisión sistemática de esta especie. De todos los crustáceos conocidos en México, los decápodos son el grupo mejor documentado, la información se remonta desde 1815, con la descripción del carideo *Atya scabra*, y el número de especies descritas en México es de 133 (Villalobos-Hiriart *et al.* (1993). Sin embargo, este número ha sido rebasado por el hallazgo y descripción de nuevas especies de langostinos, acociles y cangrejos braquiuros de agua dulce (p. ej. Pseudothelphusidae). Las anteriores especies se pueden separar en dos grandes componentes zoogeográficos, las formas provenientes de la región neártica y las de la región neotropical (Villalobos-Figueroa, 1982; Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993); el primer grupo incluye las especies pertenecientes a los acociles de los géneros *Procambarus* y *Cambarellus* y el segundo grupo incluye a los carideos (Alpheidae, Palaemonidae y Atyidae) y los braquiuros (Pseudothelphusidae y Trichodactylidae) (Villalobos-Hiriart, *et al.*, 1993).

Los acociles mexicanos se distribuyen principalmente hacia la vertiente del Golfo de México, con algunas especies residentes hacia el occidente de México (Hobbs Jr., 1984; 1989, y Villalobos-Figueroa, 1982). De las 48 especies descritas, 38 de estas se incluyen en el género *Procambarus*, seguidas por 9 especies de *Cambarellus* y solamente se ha registrado en Chihuahua al acocil exótico *Orconectes virilis* (Campos & Contreras-Balderas, 1985). Otra especie exótica en México es *Procambarus clarkii*, la cual se ha registrado en todos los estados norteños (Hobbs Jr., 1962; Campos & Rodríguez-Almaraz, 1992; Rodríguez-Almaraz y Campos, 1994). Del género *Cambarellus* se ha señalado que es necesario revisar el estado taxonómico de las especies, debido a las variaciones morfológicas y los traslapes de distribución observados.

De los langostinos, los palemónidos son los que presentan mayor riqueza de especies, tal es el caso del género *Macrobrachium* con 15 especies. Villalobos-Hiriart *et al.* (1993), mencionan que es necesario revisar la distribución y la variación morfológica existente entre las especies de langostinos. Los cangrejos seudotelefúsidos, decá-

podos neotropicales constituyen un grupo formado por más de 44 especies (Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993).

## ESPECIES SUSCEPTIBLES PARA CULTIVO O DE APROVECHAMIENTO COMERCIAL

### Grupos de crustáceos de agua dulce con importancia en la acuicultura y pesquerías

En la Tabla 1 se presenta información resumida de la importancia y utilización de algunos grupos de crustáceos de agua dulce.

## COMENTARIOS DE ESPECIES SELECTAS POR GRUPO TAXONÓMICO

### Copépodos

Los copépodos calanoides son los de mayor talla y pertenecen a la comunidad del zooplancton, en algunas especies como *Diatomus tyrrelli* se han observado densidades superiores a los 11,000 individuos por litro (Byron *et al.*, 1983). El cultivo de especies límnicas permite una excelente fuente de alimentación para la producción piscícola (Watanabe, *et al.*, 1983). Se han establecido técnicas de cultivo, tanto para especies de ciclópodos y calanoides (Williamson, 1991). Pennak (1953) y Williamson (1991), mencionan que los copépodos son de interés como alimento vivo, principalmente para peces y algunos invertebrados. El orden cyclopoida, incluye copépodos litorales y zooplanctónicos, las especies como *Macrocyclops albidus* y *Mesocyclops longisetus*, entre otras, son las que alcanzan la mayor talla y tienen hábitos carnívoros, alimentándose de una variedad de microinvertebrados, como larvas de dípteros; por lo anterior estas especies se han incorporado a los programas de control biológico de larvas de mosquitos de los géneros *Aedes* y *Anopheles*, que son transmisoras de enfermedades al humano (Marten, 1989, 1990). Estos copépodos son fáciles de cultivar, y en un periodo de cultivo como de 15 días, se puede obtener una significativa biomasa, esto se debe a su alto potencial reproductivo y un desarrollo larvario rápido (observaciones personales).

## Cladóceros

La pulga de agua más conocida es la del género *Daphnia*, por el uso biológico y ecológico de algunas especies que se han utilizado en la acuicultura, como alimento vivo principalmente de peces, además de distintos estudios de fisiología comparativa y pruebas de toxicidad de organismos acuáticos (Anónimo, 1990; Dodson y Frey, 1991; APHA-AWWA-WPCF, 1992). En la actualidad la Norma Oficial Mexicana **NOM-074-ECOL-1994** ha establecido que para las pruebas de toxicidad aguda en organismos acuáticos la especie de referencia es *Daphnia magna*.

## Camarón salino

Entre los alimentos vivos que han sido usados en la larvicultura de peces, moluscos y crustáceos, los nauplios de *Artemia* constituyen el tipo de alimento vivo más ampliamente usado. Anualmente, más de 2,000 toneladas métricas de quistes deshidratados de este crustáceo son comercializadas en todo el mundo (Stappen, 1996). Actualmente en el mercado existe una oferta competente de quistes de distinto origen geográfico. México, no ha sido la excepción, y es un país importador de quistes provenientes de los Estados Unidos de América (Castro *et al.*, 1987). El consumo de quistes en México, se debe principalmente por el desarrollo y el incremento de las inversiones para la acuicultura de camarones peneidos. Este crustáceo es un habitante natural en diferentes áreas geográficas de México, pero la

utilización de cepas nativas es prácticamente nula, a pesar de los diversos estudios donde se ha comparado bioecológicamente las poblaciones nativas con quistes de origen comercial (Castro *et al.*, 1987; Correa-Sandoval y Buckle-Ramírez, 1993; Castro *et al.*, 1997).

## Langostinos

Las especies de langostinos de agua dulce o salobres, que alcanzan las mayores tallas corresponden a las especies incluidas en el género *Macrobrachium*, que se caracterizan por habitar tanto sistemas estuarinos y ríos cercanos a las costas. De las especies registradas en México, cuatro especies son económicamente atractivas, por la actividad pesquera que se ejercen sobre ellas (Instituto Nacional de la Pesca, 1994). Las especies *M. acanthurus* y *M. carcinus*, se distribuyen principalmente en ríos y sistemas estuarinos del Golfo de México, por otra parte, *M. tenellum* y *M. americanum*, se distribuyen en la vertiente del Pacífico (Rodríguez de la Cruz, 1965; Villalobos-Figueroa, 1982; Villalobos-Hiriart *et al.*, 1993). A pesar de la gran diversidad de especies de *Macrobrachium*, que cuenta nuestro país, las actividades de acuicultura comercial se han centrado prácticamente en la utilización de la especie asiática *M. rosenbergii* y solamente se tienen registros aislados del cultivo de especies autóctonas. Sin embargo, hay que reconocer que son pocos los estudios sobre las especies nativas, y que pudieran contribuir a un desarrollo tecnológico para la producción de langostinos mexicanos.

**Tabla-1. Grupos de crustáceos nativos de agua dulce con amplia distribución en México y susceptibles a un aprovechamiento en acuicultura o pesquerías**

Grupos	Conocimiento Taxonómico	Importancia	Uso actual	Problemas
Copépodos	Limitado	Alimento vivo, control de mosquitos e indicadores ecológicos	Escaso	Desconocimiento bioecológico y técnicas de cultivo
Cladóceros	Limitado	Alimento vivo e indicadores ecológicos	Escaso	Desconocimiento bioecológico
<i>Artemia</i>	Amplio	Alimento vivo	Escaso	Uso de quistes de distinto origen
Camarón duende	Relativamente amplio	Alimento vivo	Escaso	Desconocimiento bioecológico y técnicas de cultivo
Camarón renacuajo	Relativamente amplio	Alimento vivo y consumo humano	Escaso, artesanal	Igual que el grupo anterior
Anfípodos	Limitado	Alimento vivo para peces	Escaso	Técnicas de cultivo
Langostinos	Amplio	Alimento para el hombre	Amplio	Pesquerías y técnicas de cultivo
Acociles	Amplio	Alimento para el hombre	Escaso	Desconocimiento bioecológico y cultivo

## Acociles

Los acociles se caracterizan por habitar exclusivamente en cuerpos de agua dulce, tanto en ambientes lénticos como lóticos. El cultivo de acociles es relativamente fácil en comparación con otras especies de crustáceos decápodos de interés comercial (p. ej., camarón y langostinos). Esto es considerando las condiciones o requisitos para establecer una granja de cultivo de acociles. Además por sus características bioecológicas, ya que presentan un ciclo de vida abreviado, rápido crecimiento y la alimentación no representa en sí, un alto costo para la producción de biomasa. En México, a pesar de la diversidad de acociles (48 especies), principalmente hacia la vertiente del Golfo de México, no hay una producción comercial a gran escala, tanto en pesquerías como en acuicultura. Rodríguez de la Cruz *et al.*, (1994) presentan datos de captura de este recurso de 1985 a 1990; sin embargo, no especifica las regiones geográficas que aportan los mayores rendimientos y tampoco la especie más capturable. La utilización de este recurso se puede considerar artesanal, y data desde tiempos memorables; cuando los antiguos pobladores del valle de México consumían este recurso, particularmente especies del género *Cambarellus*. En la actualidad, el acocil enano puede ser adquirido para consumo humano, en los mercados populares en diversos estados del centro de México. Otra especie de interés comercial es *Procambarus clarkii*, ampliamente distribuida en el norte de México y se considera exótica en la mayoría de las localidades donde se ha registrado (Campos y Rodríguez-Almaraz, 1993; Rodríguez-Almaraz y Campos, 1994). Esta especie es notablemente tolerante a los cambios ecológicos (Hobbs, 1984), y pudiera ser la razón por lo que ha sobrevivido y permanecido en los cuerpos de agua de las zonas áridas del norte de México. La región geográfica de Estados Unidos de América, con la mayor producción de acociles, corresponde al estado de Louisiana, donde 85% de la producción corresponde al acocil rojo *P. clarkii* y 15% al acocil blanco *P. zonangulus*, en los últimos años los rendimientos promedio alcanzan valores de 25,000 toneladas métricas (Huner, 1997). Debido al interés del acocil rojo en acuicultura, se corre el riesgo que esta especie pudiera ser introducida no sólo en el norte de México, como ha ocurrido, sino también hacia el centro y sur de nuestro país, con la posibilidad de

competir con las especies nativas, lo cual podría reducir o amenazar estas poblaciones mexicanas. Este efecto se observó en el centro de Nuevo León, donde *P. clarkii* ha desplazado y prácticamente extinguido a la especie autóctona *P. regiomontanus* (Rodríguez-Almaraz y Campos, 1994). El acocil o langosta de garra roja *Cherax quadricarinatus*, oriundo de Australia, es otra especie de interés en la acuicultura; en los últimos años este crustáceo ha sido introducido en diferentes partes del mundo, con fines comerciales. En México no podría ser la excepción, esta especie ha sido introducida en diferentes partes, como Baja California Sur, Baja California, Tamaulipas, Colima, Jalisco, Morelos, Veracruz y Yucatán. El primer registro de introducción data de 1986 (Ponce-Palafox, comunicación personal), y originalmente se importó con el propósito de realizar estudios biológicos con esta especie en condiciones controladas y de laboratorio, por parte de varios centros de investigación de México. No obstante, hay noticias que el acocil de uña roja está siendo explotado comercialmente, a pequeña y mediana escala en granjas de cultivo. Desconocemos si posteriormente se otorgó un permiso de explotación comercial en diferentes estados de México. Es importante considerar los señalamientos de Hernández-Martínez (1999), con respecto al estado actual de la langosta de uña roja en México, concluye: a) no se conoce el efecto de *Cherax quadricarinatus* sobre especies nativas, b) establecer técnicas y métodos de diagnóstico de enfermedades, c) establecer un procedimiento de certificación y d) promover la investigación de las especies nativas.

### Tipo de conocimiento bioecológico que se considera necesario para el uso y aprovechamiento de las especies nativas

Para un buen manejo y aprovechamiento de las especies nativas de crustáceos se requiere realizar una serie de estudios biológicos y ecológicos, que se resumen en la figura 1.

### Estrategias y metas para la producción de crustáceos nativos en áreas naturales y de cultivo

La utilización o uso de recursos naturales depende de un conocimiento básico de biología y ecología,

además de reconocer la identidad taxonómica de cada una de las especies sometidas a un estudio, para no dar atributos bioecológicos a una especie diferente. Las especies mexicanas de crustáceos de agua dulce, con mayor interés económico, pertenecen a los llamados comúnmente como camarones salinos, langostinos y acociles. Sin embargo, el cultivo de tales recursos, ha sido enfocado hacia especies exóticas, argumentando las siguientes razones:

1) *Desconocimiento bioecológico de las especies nativas*

En el caso particular de acociles, muchas de las especies mexicanas descritas por el doctor Horton H. Hobbs, Jr. y el doctor Alejandro Villalobos-Figueroa, sólo son conocidas taxonómicamente, incluso en algunos acociles, desde su descripción no se tienen datos de su estado actual, ya sea en su localidad tipo o bien datos adicionales que proporcionen nuevos rangos de su distribución. Por lo que cabe esperar una carencia de información bioecológica.

2) *Disponibilidad de una tecnología de cultivo establecida*

Ante la carencia de un conocimiento bioecológico de las especies nativas, se ha justificado que es más fácil la producción de especies importadas, argumentando las experiencias de otras regiones del mundo, donde han obtenido buenos rendimientos, al utilizar una determinada zootecnia, lo cual podría garantizar un máximo aprovechamiento del recurso. Hay que reconocer, mientras no se estudien las especies locales, se mantendrá el uso y manejo de especies exóticas ante la carencia de información científica y tecnológica, que pudieran proveer los investigadores mexicanos.

3) *Las especies exóticas son atractivas en el mercado interno o externo*

La existencia de un mercado nacional o internacional hacia un determinado recurso, es una de las razones que ha justificado la producción o uso de especies no indígenas. En México, los casos concretos ocurren con los quistes de *Artemia franciscana* provenientes de Estados Unidos de América, el langostino asiático *Macrobrachium rosenbergii*, el acocil rojo *Procambarus clarkii* y la langosta de uña

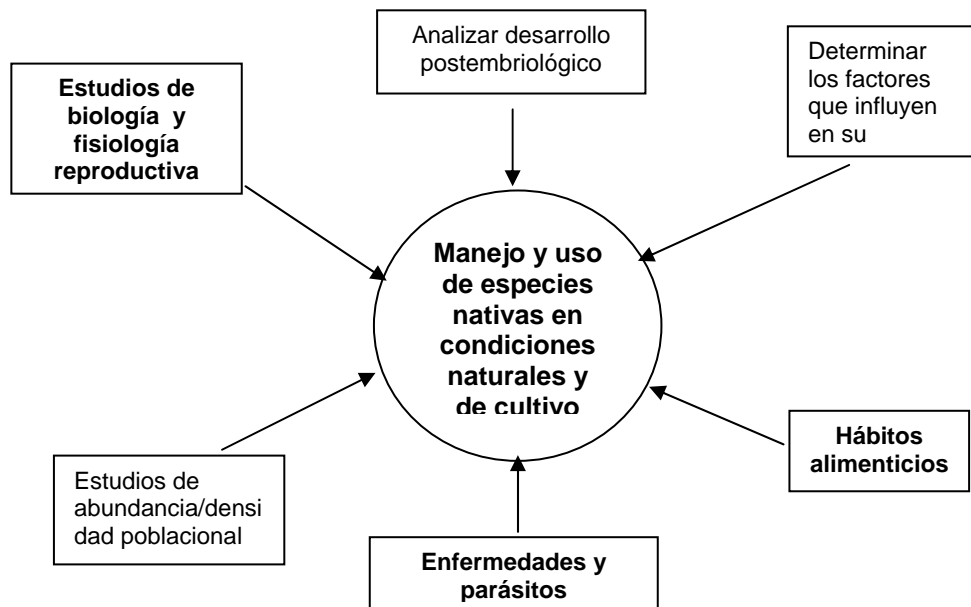
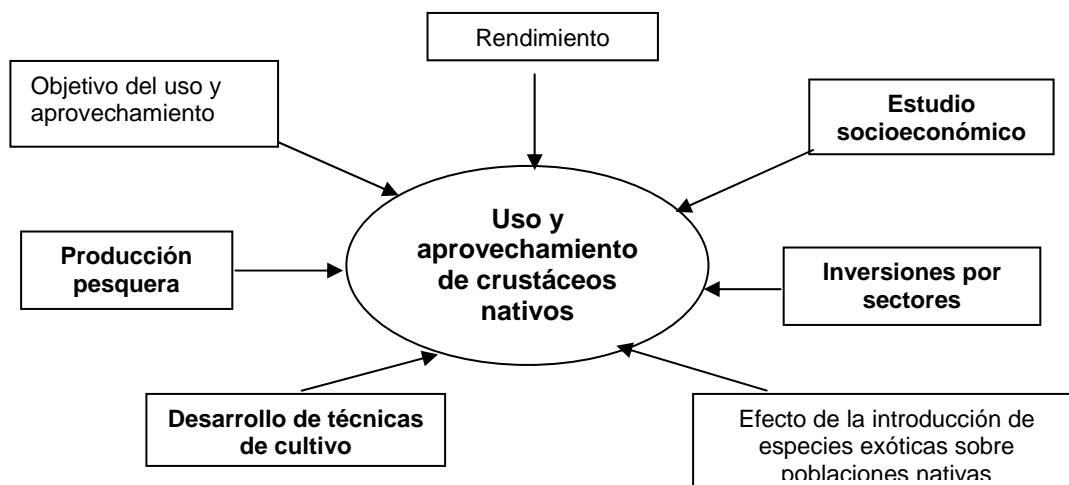


Figura-1. Tipo de conocimiento bioecológico necesario para el uso y aprovechamiento de crustáceos dulceacuícolas



**Figura-2. Estrategias y metas para el cultivo de crustáceos dulceacuícolas nativos de México**

roja *Cherax quadricarinatus*.

En la figura 2 se presenta un modelo de las posibles estrategias para el uso de crustáceos nativos en áreas naturales o de cultivo:

## BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo. 1990.** Biological test method: Acute lethality test using *Daphnia* spp.. Environmental Protection Series. Environment Canada. 59 pp.
- APHA-AWWA-WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz Santos, S.A..
- Brehm, V. 1932.** Notizen zur Süßwasserfauna Guatemalas und Mexikos. Zool. Anz., 99: 63-66.
- Bowman, T. E. 1975.** Three new troglobitic asellids from Western North America (Crustacea: Isopoda: Asellidae). Intern. J. Speleol. 7: 339-356.
- Byron, E. R., p.T. Whitman & C.R. Goldman. 1983.** Observations of copepod swarms in Lake Tahoe. Limnol. Oceanogr., 28:378-382.
- Campos E. & S. Contreras-Balderas, 1985.** First record of *Orconectes virilis* (Hagen) (Decapoda: Cambaridae) from Mexico. Crustaceana, 49:218-219.
- & G. A. **Rodríguez-Almaraz. 1992** Distribution of *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) (Decapoda: Cambaridae) in Mexico: an update. Journal of Crustacean Biology, 12:627-630.
- Castro, T., L. Sánchez & R. D. Lara. 1987.** Natural Sources of brine shrimp (*Artemia*) in Mexico. *In:* Artemia Research and Its Applications, vol. 3. Ecology, culturing, use in aquaculture. P Sorgeloos, D. A. Bengston, W. Declair & E. Jaspers (eds.). Universa Press, Wetteren, Belgium, 556 pp.
- Castro, T., G. Castro, J. Castro, A. Malpica & R. De Lara. 1997.** Características morfológicas y calidad de los quistes de *Artemia* sp. (Crustacea: Anostraca), habitante de aguas sulfatadas de Coahuila, México. Ciencias Marinas, 23:491-503.
- Ciros-Pérez, J. & M. Elías Gutiérrez., 1996.** Nuevos registros de Cladóceros (Crustacea: Anomopoda) en México. Rev. Biol. Trop. 44: 297-304.
- Ciros-Pérez, J., M. Silva Briano & M. Elías-Gutiérrez., 1996.** A new species of *Macrothrix* (Anomopoda: Macrothricidae) from Central México. Hydrobiologia 319: 159-166.
- Cole, G. A. 1963.** The American Southwest and Middle America. In: Frey, D. G. (ed.). Limnology in North America. The University of Wisconsin Press. Madison, Wis.: 393-434.
- Comita, G. W. 1951.** Studies on Mexican copepods. Transactions of American Microscopical Society, 70: 367-379.
- Contreras-Balderas, S. & D.C. Purata-Velarde. 1982.** *Speocirolana guerrai* sp. nov.,

- cirolanido troglobio anoptalmo de la Cueva de la Chorrera, Linares, Nuevo León, México (Crustacea: Isopoda). *Assoc. Mexican Cave Stud. Bull.*, 8:1-12/*Texas Mem. Mus. Bull.*, 28:1-12.
- Correa-Sandoval, F. & L.F. Buckle-Ramírez. 1993.** Morfología y biometría de cinco poblaciones de *Artemia franciscana* (Anostraca: Artemiidae). *Revista de Biología Tropical*, 41:103-110.
- Dodson S. I. & D. G. Frey. 1991.** Cladocera and other Branchiopoda, 723-786 *In:* Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. J.H. Thorp & A. P. Covich (eds.). Academic Press, Inc., New York, 911 pp.
- & M. Silva-Briano. 1996. Crustacean zooplankton richness and associations in reservoirs and ponds of Aguascalientes State, México. *Hydrobiologia* 325: 163-172.
- Elías-Gutiérrez, M., 1995.** Notas sobre los cladóceros de ensambles a gran altitud en el estado de México, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, México*, 40: 197-214.
- Elías-Gutiérrez, M., J. Ciro-Pérez, M. Gutiérrez-Aguirre & A. Cervantes-Martínez. 1997.** A checklist of the litoral cladocerans from México, with descriptions of five taxa recently recorded from the Neovolcanic Province. *Hydrobiologia* 360: 69-73.
- Fernando, C. H. & K. W. Smith. 1982.** Copepoda. *In:* Hurlbert, S. H. & A. Villalobos (eds.). *Aquatic Biota of México, Central America and the Caribbean*. San Diego State University Press. San Diego: 192-195.
- Frey, D. G. 1982.** Cladocera. Pp. 177-186, in *Aquatic biota of México, central America and West Indies* (S. H. Hurlbert and A. Villalobos-Figueroa, eds.) San Diego State University Foundation, San Diego, California.
- Furtos, N.C. 1936.** On the ostracoda from the cenotes of Yucatan and vicinity. *Publ. Carnegie Inst. Washington*, 457:89-115.
- Hernandez-Martinez, M. 1999.** Aspectos sanitarios de la langosta australiana de agua dulce *Cherax quadricarinatus*. IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura, Instituto Nacional de la Pesca, SEMARNAP, Cuernavaca, Morelos.
- Hobbs H.H. Jr. 1962.** La presencia de *Procambarus clarkii* (Girard) en los estados de Chihuahua y Sonora, México (Decapoda: astacidae). *Anales de Instituto de Biología, U.N.A.M.*, 23:273-276.
- , 1984. On the distribution of the crayfish genus *Procambarus* (Decapoda: Astacidae). *Journal of Crustacean Biology*, 4:12-24.
- , 1989. An Illustrated Checklist of the American Crayfishes (Decapoda: Astacidae: Cambaridae, and Parastacidae). *Smithsonian Contribution to Zoology*, (480): 236 pp.
- Holsinger, J. R. 1982.** Amphipoda, 209-214 pp. *In:* *Aquatic Biota of México, Central America and the West Indies*. Hurlbert, S.H. & A. Villalobos-Figueroa (eds.) San Diego State University, San Diego, California. 529 pp.
- Hontoria, F. & y F. Amat. 1992.** Morphological characterization of adult *Artemia* (Crustacea, Branchiopoda) from different geographical origins. *American populations*. *Journal of Plankton Research*, 14: 1461-1471.
- Huner, J.V. 1997.** The Crayfish Industry in North America. *Fisheries- American Fisheries Society*. 22: 28-31.
- Juday, C. 1915.** Limnological studies on some lakes in Central America. *Trans. +Wisc. Acad. Sci. Arts. Lett.*, 18:237-242.
- Kiefer, F. 1938.** Ruderfusskrebse (Crust. Cop.) aus México. *Zool. Anz.*, 123: 274-280.
- Maeda-Martinez, A. 1982.** Contribución al estudio de los branquiópodos: anostracos, notostracos y conchostracos de charcas temporales del norte de Nuevo León, sur de Coahuila y noreste de Durango. Tesis inédita, Facultad de Ciencias Biológicas, U.A.N.L., México, 117 pags.
- Marten, G. 1989.** A survey of cyclopoid copepods for control of *Aedes albopictus* larvae. *Bulletin of the Society of Vector Ecology*, 14:232-236.
- , 1990. Evaluation of cyclopoid copepods for *Aedes albopictus* control in tires. *Journal of American Mosquito Control Association*, 6:681-688.
- Osorio-Tafall, B. 1941.** Materiales para el estudio del microplankton del lago de Pátzcuaro (México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, (México)*, 2: 331-383.
- Osorio-Tafall, B. 1942a.** Un nuevo *Diaptomus* del México central. *Rev. Brasil. Biol.*, 2: 147-154.

- Osorio-Tafall, B. 1942b.** *Diaptomus (Mixodiaptomus) cokeri*, un nuevo subgénero y especie de Diaptomidae de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí, México. *Ciencia*. 3:206-210.
- Osorio-Tafall, B. 1943.** Observaciones sobre la fauna acuática de las cuevas de la región de Valles, San Luis Potosí (México). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 4:43-71.
- Pearse, A. S. 1904.** A new species of *Diaptomus* from México. *Amer. Nat.*, 38:889-891.
- Pearse, A. S. 1911.** Report on the Crustacea collected by the University of Michigan-Walker Expedition in the state of Veracruz, México. *Rep. Michigan Acad. Sci.*, 13:108-113.
- Pearse, A. S. 1938.** Fauna of the caves of Yucatan. *Carnegie Institution of Washington, Publ.* 457: 17-28.
- Pennak, R. W. 1953.** Fresh Water Invertebrates of the United States. The Ronald Press Company, New York, 769 pp.
- Reid, J. W. 1988.** Cyclopoid and harpacticoid copepods (Crustacea) from México, Guatemala, and Colombia. *Transactions of the American Microscopical Society*, 107: 190-202.
- Reid, J. W., 1990.** Continental and Coastal free-living Copepoda (Crustacea) of México. Central América and the Caribbean Region. *In*: Navarro, D., Robinson, J. G. (eds.), *Diversidad biológica en la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an Quintana Roo*. CIQRO, México, pp. 175-213.
- Rioja, E. 1940a.** Observaciones acerca del plancton del Lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 11:421-422.
- Rioja, E. 1940b.** Notas acerca de los crustáceos del Lago de Pátzcuaro. *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 11:473-478.
- Rioja, E. 1941.** Estudios carcinológicos. VIII. Las especies del género *Entocythere* (Crustacea: Ostrácodos). *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 12(1):193-198.
- Rioja, E. 1942a.** Descripción de una especie y una subespecie nuevas del género *Entocythere* Marshall, procedentes de la Cueva Chica (San Luis Potosí, México). *Ciencia (México)* 3(7): 201-204.
- Rioja, E. 1942b.** Observaciones acerca del plancton de la laguna de San Felipe Xochiltepec (Puebla). *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 11:469-475.
- Rioja, E. 1943.** Estudios carcinológicos. XIV. Nuevos datos acerca de los *Entocythere* (Crust. Ostrácodos) de México. *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 14(2): 553-566.
- Rioja, E. 1945.** Estudios carcinológicos. XVIII. Observaciones acerca de las variaciones de la pieza copuladora en *Entocythere dobbini* Rioja (Crust. Ostrácodos). *Anales del Instituto de Biología, U.N.A.M., México*, 16(2): 419-423.
- Rodríguez-Almaraz, G.A. & E. Campos. 1994.** Distribution and status of the crayfishes (Cambaridae) of Nuevo Leon, Mexico. *Journal of Crustacean Biology*, 14:729-735.
- & **T. E. Bowman. 1995.** *Sphaerolana karenae*, a new species of hypogean isopod crustacean from Nuevo Leon, Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 108:207-211.
- & **A. Leija-Tristan. 1995.** Cladocerans (Branchiopoda: Anomopoda; Ctenopoda) of the Nuevo Leon State, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 40:322-350.
- Rodríguez De La Cruz, M.C. 1965.** I. Contribución al conocimiento de los palemonidos de México. II. Palemonidos del Atlántico y vertiente oriental de México con descripción de dos especies nuevas. *Anales del Instituto Nacional de Investigación Biológico-Pesqueras, Secretaría de Industria y Comercio, México*. Vol. I.:71-112 pags.
- , **M.R. Palacios Fest, R. Cruz Santabalbina & C. I. Díaz Pulido. 1994.** Atlas Pesquero de México. Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Pesca, México, 234 pags.
- Silva-Briano, M. & E. Suarez-Morales, 1998.** The copepoda calanoida (Crustacea) of Aguascalientes State, Mexico. *Scientiae Naturae*, 1:37-69.
- Stappen van G. 1996.** *Artemia*: Introduction, biology and ecology of *Artemia*, 79-106 pp. *In*: Manual on the production and use of live food for aquaculture. Lavens, P.K. & P. Sorgeloos (eds.). FAO, Rome.
- Suárez-Morales, E., L. Segura & M. A. Fernández. 1986.** Diversidad y abundancia del plancton en la Laguna de Catemaco, Ver.

- durante un ciclo anual. Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. 13(3): 313-316.
- & **M. Elías Gutiérrez. 1992.** Cladóceros (Crustácea: Branchiopoda) de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo y zonas adyacentes. *In:* Navarro, D. y E. Suárez-Morales. Diversidad Biológica en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. CIQRO/SEDESOL. México: 145-162.
- , **E., A. Vázquez-Mazy y E. Solís. 1993.** On the zooplankton community of a Mexican eutrophic reservoir. *Hydrobiologica*, 3(1-2): 71-80.
- , **J.W. Reid, T. M. Iliffe & F. Fiers. 1996.** Catálogo de los copépodos (Crustacea) continentales de la Península de Yucatán, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)-ECOSUR. 296 pags.
- & **J. W. Reid 1998.** An updated list of the free-living freshwater copepods (Crustacea) of Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 43(2): 256-265.
- Uéno, M. 1939.** Zooplankton of Lago de Pátzcuaro, México. *Annot. Zool. Japon.*, 18: 105-114.
- Van De Velde, I., H. J. Dumont & P. Grootaert. 1978.** Report on collection of Cladocera from México and Guatemala. *Arch. Hydrobiol.*, 83: 391-404.
- Villalobos-Figueroa, A., 1982.** Decapoda, 215-239 pp. *In:* Hulbert, S. H. & A. Villalobos-Figueroa, A. Decapoda, 215-239. *In:* Aquatic Biota of México, Central America and the West Indies. 1982. Hurlbert S. H. & A. Villalobos-Figueroa (eds.). San Diego State University, San Diego, California. 529 pp.
- Villalobos-Hiriart, J. L., A. C. Díaz-Barriga & E. Lira-Fernández. 1993.** Los crustáceos de Agua Dulce de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, Vol Esp. (XLIV): 267- 290.
- Watanabe, T.C., C. Kitajima & S. Fujita. 1983.** Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, 34:115-143.
- Williamson, C.E. 1991.** Copepoda, 787-822 *In:* Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. J.H. Thorp & A. P. Covich (eds.). Academic Press, Inc., New York, 911 pp.
- Wilson, C. B. 1936.** Copepods from the cenotes and caves of the Yucatan Peninsula, with notes on cladocerans. *Carnegie Inst. Wash. Publ.*, 457: 77-88.
- Yeatman, H. C. 1977.** *Mesocyclops ellipticus* Kiefer from a Mexican cave. *In:* Reddell, J. R. (ed.). Studies on the caves and cave fauna of the Yucatan Peninsula. *Bull. Am. Ass. Mex. Cave Stud.* 6: 5-7.
- Zamudio, V. J. A. & J. W. Reid. 1990.** A new species of *Leptocaris* (Crustacea, Copepoda, Harpacticoida) from inland waters of México. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M., México.* 17(1): 123-128.



---

# REPOBLAMIENTO DE LANGOSTA ROJA (*Panilurus interruptus*): OPCIÓN PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA ESPECIE

---

M. en C. Antonio Silva Loera

Facultad de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California

## ANTECEDENTES

**E**n México la pesquería de la langosta espinosa está constituida por varias especies en ambos litorales. En el sur del Golfo de México y mar Caribe las especies son: *Panulirus argus*, *P. guttatus* y *P. laevicauda*. Mientras que en el océano Pacífico se pescan *Panulirus penicillatus*, *P. gracilis* (langosta verde), *P. inflatus* (langosta azul) y *P. interruptus* (langosta roja). La distribución de ésta última es la costa oeste de la península de Baja California. Además se reconocen otros crustáceos como langostas zapateras que pertenecen al grupo Scyllaridae. Estas no representan capturas importantes, se le considera como un recurso potencial del cual se conoce mucho menos de su biología, ecología y acuicultura, que de las propiamente llamadas langostas.

El desarrollo tecnológico de la acuicultura de la langosta no ha logrado avanzar desde los primeros intentos de cultivo realizados hace ya casi 30 años. El cuello de botella en el cultivo de langosta ha sido el desarrollo larvario, pues en estadios larvarios tardan alrededor de ocho meses para alcanzar el estadio de juvenil. Poco se conoce de sus requerimientos larvarios a pesar que se han experimentado diversas condiciones y alimentos. Sin embargo no todo es adversidad, se conoce el manejo en condiciones de cautiverio para inducir a la maduración y reproducción hasta el punto de obtener larva, lo que ha estado haciendo falta es conocer un poco mas sobre la fisiología de la larva para poder ser manejada en procesos de repoblamiento. En instalaciones de la Facultad de Ciencias Marinas estamos trabajado desde hace cinco años sobre la fisiología de adultos y recientemente en larvas. El enfoque en ambos casos ha sido conocer sus

capacidades fisiológicas para entender mejor las estrategias de manejo en aspectos de cultivo.

Entre los antecedentes biológicos importantes de estos organismos, están el crecimiento y la reproducción. Para entender como crecen los crustáceos es importante recordar que el grupo Crustacea se caracteriza por la ausencia de un esqueleto interior y la corteza externa que los cubre, además de protección funciona como un real esqueleto (externo) con movilidad, articulaciones y lo demás. Los crustáceos para crecer necesitan dejar el exoesqueleto anterior, pero antes es primordial que haya desarrollado el nuevo, solo que éste es blando. Precisamente ésta flexibilidad y elasticidad le permiten cuando recién ha salido del anterior exoesqueleto, aumentar su tamaño con agua más que con tejido, una vez que se endurece la corteza exterior ya tiene un tamaño mayor. Con el tiempo sustituirá el agua por músculo. Este proceso, brevemente descrito, se le llama “muda” e implica cambios fisiológicos muy importantes que es necesario conocer y entender si queremos hacer acuicultura de la langosta y sobretodo recordar que el tiempo requerido para la primera madurez sexual es de 4-5 años.

La reproducción de las langostas espinosas es externa. El macho acumula los espermatozoides en una sustancia gomosa blanca llamada espermatóforo (portador de espermatozoos) que tiene la consistencia de “chicle”. El macho coloca el espermatóforo en la parte ventral de la hembra, casi al final del último par de “patas”. Los pescadores al espermatóforo lo nombran “parche” y a la hembra en esta condición la llaman “parchada”. A los dos-tres días se empieza a poner negro, mas no por eso pierde la capacidad de fertilizar los óvulos, los espermatozoides permanecen vivos en el interior del “parche”. En

esta condición, la hembra puede desovar o no, y cuando lo hace rasga el espermatóforo para fecundar los óvulos. Los huevos fecundados se adhieren en estructuras especiales que posee la hembra en la parte ventral del abdomen. La hembra no alimenta los embriones tan solo los cuida. Dependiendo de la temperatura, en 20 días promedio los huevos eclosionan apareciendo en un estadio avanzado de larva nombrado phyllosoma que tardará varios meses en alcanzar el siguiente estadio “puerulus” para finalmente metamorfosear a juvenil, para lo cual habrán de transcurrir alrededor de 8 meses, tiempo variable de acuerdo a la especie.

En lo que respecta a larvas, existen investigaciones sobre los requerimientos alimenticios, sin embargo la sobrevivencia final no ha sido halagadora. Falta mucho por investigar. Se le considera larva fitoplanctónica y hay quienes la consideran zooplanctónica y han intentado alimentarla con artemia (nauplios?). Sobre la fisiología de larvas la investigación es muy escasa.

## PROBLEMÁTICA.

La regulación y protección de la pesquería de la langosta en México se ha atendido de acuerdo a las condiciones de cada localidad. Partiendo de que existen varias especies de langosta en regiones climáticamente distintas sus ciclos reproductivos y numero poblacional son diferentes y por ende las medidas regulatorias de protección no podrían ser iguales.

En la costa oeste de la península de Baja California el recurso es la langosta roja (*Panulirus interruptus*). En esta región, con propósitos de explotación se reconocen tres zonas de captura diferenciadas por criterios ecológicos y reproductivos, en consecuencia se tienen temporadas de veda diferentes. En la zona norteña la veda inicia el 15 de febrero y termina el 15 de septiembre, en la intermedia se retrasa 15 días, del 28 febrero al 30 de septiembre y la sureña la retrasa 15 días mas. En todas las regiones se aplica una talla mínima legal de captura definida en 82.5mm (medida del cefalotórax).

Al respecto, llama la atención la falta de aplicación de una tercer medida de protección al recurso como es la cuota pescable por temporada o ciclo de desarrollo, que seria lo adecuado y objetivo.

Del análisis del comportamiento de las capturas durante las temporadas de pesca (cinco meses) resalta la disminución de éstas, hasta casi llegar a volúmenes menores del 5% respecto las capturas del primer mes. Al analizar las capturas anuales respecto al tiempo, los volúmenes extraídos han estado disminuyendo con una tendencia marcada hacia la baja. Asimismo, es significativo el hecho que en los últimos cinco años se haya tenido que implementar ventanas de escape para las langostas juveniles. Sin lugar a duda, todo lo anterior, es un claro indicador del deterioro de las poblaciones de langosta roja, cada vez hay menos adultos (reproductores), cada vez hay menos adultos viejos (burros) y cada vez hay mas preadultos (en las trampas). ¿Será que las medidas de protección (veda y talla mínima legal) no alcanzan a resolver el problema de la afectación de las poblaciones reproductoras de langosta roja por efecto de la pesca?. A esto debemos de sumar el efecto de la pesca furtiva, que no respeta vedas, ni tallas mínimas legales.

## OPCIÓN: ACUACULTURA

Modificar lo anterior es una situación delicada y complicada por los intereses y acciones que involucra, de tal manera que la opción que hemos planteado es buscar aumentar el número de larvas, pero a partir de los mismos adultos que se reprodujeron antes de ser capturados. Esto ha sido posible cuando a los reproductores se les ha inducido a la reproducción una vez mas, antes de ser comercializados. Con las larvas obtenidas en laboratorio se realiza repoblamiento de la langosta en el medio natural. Esta propuesta no es innovadora o experimental puesto que lo mismo se ha hecho en otras especies pescables, mediante lo que se conoce como repoblamiento de las especies. Las experiencias que se conocen y reportan como exitosas son las que se vienen haciendo en Japón y Australia con langostas de sus costas.

## ACCIONES

En la región concesionada a un grupo pesquero en las costas de Baja California, hemos venido trabajando en investigar las oportunidades y potencialidades que representa hacer acuicultura en langosta roja. Considerando que debido a que actualmente no es posible pensar en cultivar la larva de langosta roja, por el tiempo que tarda el

desarrollo larval y la falta de información consistente y suficiente sobre los requerimientos alimenticios y de manejo. Además, debido a que el conocimiento del arte del manejo de larva es muy escaso en sus requerimientos alimenticios y prácticamente ausente en lo que se refiere a enfermedades, la estrategia propuesta fue de inducir a la maduración, desove y producción de larva para realizar replamiento de langosta con larva producida en laboratorio. Como dijera una persona que se acercó a nosotros cuando colocábamos las primeras larvas en el mar: "...ya es hora de dar al mar lo que tanto tiempo le han quitado..."

Para lo propuesto utilizamos adultos capturados en el período autorizado de captura, mantenidos en condiciones de cautiverio para inducir el proceso de reproducción. Estos animales al mantenerlos en cautiverio se les dio una oportunidad mas de aportar larva al medio natural. Situación que no se hubiera aprovechado de haberlos comercializado inmediatamente después de su captura. Esta es la doble ventaja de la propuesta de replamiento, al utilizar adultos que hasta ahora se les priva la oportunidad de una última reproducción.

Pensamos que la importancia de esta propuesta es que ha dejado de estar en blanco y negro, pues las acciones se realizaron en laboratorio y campo, y lo reconfortante es que se tiene la experiencia y sobretodo el conocimiento mas claro de la solución a la problemática de la pesca de la langosta roja y orientar las acciones a una mayor sustentabilidad.

Pensamos en algunas de las ventajas de producir larva en laboratorio y sembrarla son: Primero, las hembras ovígeras en condiciones de laboratorio se les alimenta y protege de predadores mejor que en su habitat natural. Y sobre todo la hembra tiene mejor oportunidad de cuidar los huevos fecundados. De tal manera que cuidando a la madre se protege a las futuras larvas. Segundo, al colocar la larva en el medio, en los lugares y fechas en que suceden los eventos de reproducción naturales asumimos que la misma oportunidad de sobrevivencia hasta juvenil y adulto tendrá la larva eclosionada naturalmente que la producida en laboratorio.

## CONSIDERACIONES FINALES

La producción de larva es un proceso conocido relativamente sencillo respecto al cultivo larval. La larva producida en laboratorio deberá de utilizar en el replamiento, en los primeros dos días después de eclosionada para evitar su debilitamiento, no obstante de proveerle microalgas con densidad de hasta dos millones de cel/ml. En base a nuestros resultados sabemos que su resistencia a los cambios de temperatura, sin previa aclimatación, le permite soportar un rango de 10 a 28 °C. En periodos de hasta 6 horas sobreviven 90-100% en un intervalo de los 18-25 °C. Respecto a la salinidad ante variaciones inmediatas se presenta inmovilidad, sin embargo ante cambios lentos de salinidad soporta un rango amplio. En lo que respecta a su alimentación al parecer no discrimina el tipo de microalgas, sin embargo hemos observado que tiene la capacidad de ingerir alimento de mayor tamaño. Al parecer la larva no es exclusivamente fitoplantófaga y consideramos la hipótesis de que utiliza otros recursos, lo cual estamos actualmente investigando. De todas maneras los resultados de estas investigaciones nos darán mayor evidencia para mejorar los intentos de alimentar las larvas en cautiverio, lo que nos asegura mayor sobrevivencia en el medio al momento de sembrarla. La respuesta a la luz no ha presentado un patrón común a otros organismos, sin embargo es explicable al relacionarlos con migraciones verticales que asociamos a la búsqueda de alimento.

Finalmente, además de las bondades de esta opción tenemos presentes ciertas limitantes para medir los impactos y beneficios. Los resultados difícilmente podrían ser parte de un programa de seguimiento, ya que el marcaje no sería lo adecuado para éste propósito. Por otra parte, los resultados se reflejarían 3-5 años mas adelante, tiempo en el cual éstos se podrían enmascarar con algún otro factor incidente, no contemplado por ahora, en las poblaciones pescables de langosta roja.





---

# AVANCES EN EL CULTIVO DEL CAMARON ROJO DEL CARIBE (*Farfantepenaeus brasiliensis*) EN RIO LAGARTOS, YUCATAN

---

Javier Hirose López\*, Mario Guevara Ortiz\*, Olga Lidia Anguiano Hernández\*\*, Manuel Valenzuela Jiménez \*\*\*

\* Centro para el Manejo Integrado de los Recursos Naturales, A.C., Río Lagartos, Yuc.

\*\* Universidad Autónoma del Carmen., Cd. del Carmen, Camp.

\*\*\* Laboratorio de Biología Marina Experimental, Fac. de Ciencias, UNAM, Cd. del Carmen, Camp.

## INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera en la Reserva de la Biósfera Ría Lagartos (estado de Yucatán) está pasando actualmente por una crisis de producción reflejada en una disminución de los rendimientos de captura. La sobrepesca derivada del incremento en el número de embarcaciones dedicadas a la captura de recursos cada vez más limitados y la falta de tecnologías apropiadas son las principales causas de esta crisis.

Aunque la mayor parte de la actividad se lleva a cabo en el mar, la pesca de camarón en el sistema estuarino de Ría Lagartos representa, sobre todo durante la época de nortes, la única opción de subsistencia para los pobladores de la región. Sin embargo, debido al gran número de embarcaciones que se dedican a la captura de este crustáceo, así como el uso de artes de pesca inadecuadas hacen necesaria tanto la regulación de la pesquería como la implementación de sistemas acuícolas que permitan incrementar la producción conservando el recurso.

Tomando como punto de partida el criterio de la sostenibilidad, los sistemas de cultivo a emplear deberán provocar la retroalimentación entre las especies en cultivo y su ambiente y estimular el reciclamiento. Con ello se disminuirá la dependencia energética del sistema del exterior ya que la permanencia de la energía es mayor y la materia orgánica y los nutrientes son reciclados a través de variados, complejos y más cercanos ciclos, haciendo al sistema más diversificado y eficiente.

La principal característica de los cultivos de este tipo es su cercana interacción con los procesos ecológicos, de tal modo que a partir del conocimiento de las especies y sus interrelaciones se estimula la estructura de la comunidad biótica

a fin de lograr un máximo aprovechamiento de la energía, evitando con ello la pérdida de materiales y la generación de desechos que se acumulan y degradan el ambiente, obteniendo además una considerable producción.

Por otra parte, se ha encontrado que el tamaño de las instalaciones acuícolas va en proporción directa con la transformación del ambiente que su construcción conlleva, a la vez que el riesgo de alterar las interacciones entre el sistema productivo y el ecosistema es también mayor. Partiendo de este hecho, resulta entonces más conveniente manejar unidades de producción pequeñas que además puedan quedar en manos de las propias comunidades costeras, en lugar de cultivar en grandes extensiones de tierras que solo benefician a las pocas gentes que las poseen.

De este modo en la comunidad costera de Río Lagartos hemos planteado el desarrollo de la tecnología para el cultivo del camarón rojo del Caribe (*Farfantepenaeus brasiliensis*), especie nativa de la región, integrado a la producción de artemia (*Artemia franciscana*), utilizando también una cepa local.

## ANTECEDENTES

La gravedad de la problemática ambiental en el mundo ha provocado que los gobiernos así como diferentes instituciones internacionales dediquen considerables recursos para su atención.

En nuestro país los recursos destinados en específico para las reservas naturales se administran con base en criterios fundamentalmente técnicos, sin tomar en cuenta que en muchas de estas regiones existen asentamientos humanos que dependen de los recursos existentes en estas zonas para su subsistencia.

Es por lo tanto un error hacer a un lado a las comunidades considerándolas incapaces de aportar elementos importantes para la toma de decisiones sobre el manejo de las reservas. Los asentamientos humanos se establecieron mucho antes que fueran decretadas las áreas protegidas y si bien en algunos casos las formas de aprovechamiento de los recursos naturales disponibles no fueron las adecuadas, los años de experiencia producto del contacto con el ambiente natural han generado un importante cúmulo de experiencias que muy bien pueden ser utilizadas para la elaboración de programas de manejo.

A partir de esta inquietud y viendo que los recursos pesqueros cada día escasean más, el Centro para el Manejo Integrado de los Recursos Naturales, A.C. ha venido acompañando a las organizaciones pesqueras del puerto de Río Lagartos en la tarea de buscar nuevas alternativas de producción, enfocando los esfuerzos fundamentalmente a la acuicultura, en particular en el cultivo del camarón por ser un producto con gran aceptación en el mercado, además de disponerse de una tecnología básica para su cultivo.

Varios han sido los intentos por desarrollar la actividad acuícola en esta zona pero todos por una u otra razón han fracasado. Ante esta situación y como producto de un proceso participativo de reflexión, se decidió iniciar un proceso de capacitación que les permitiera a los pescadores no solo contar con un entrenamiento sino que además les proporcionara los elementos para ser capaces de tomar decisiones por ellos mismos.

El camarón rojo del Caribe (*F. brasiliensis*) es una especie poco ensayada para su cultivo, no habiendo aún hasta la fecha experiencias a nivel comercial.

### Reproducción

En cautiverio se ha logrado la cópula de *Farfantepenaeus brasiliensis*, con resultados satisfactorios después de un período de dos meses de confinamiento (Barros, Quintanilha y Costa, 1982). Se ha encontrado que en algunas regiones esta especie desova de manera continua, como en el caso de las costas de Venezuela (Scelzo, 1982), mientras que en otras, como las costas del Caribe mexicano, el desove se lleva a cabo durante un período que va de febrero a septiembre, presentando dos picos: uno en febrero y otro en agosto (Sandoval, 1996). En cautiverio se han logrado desoves que van desde 55 000 hasta 200 000 huevos por hembra. Los huevos miden en pro-

medio 0.28 mm de diámetro externo (Barros, Quintanilha & Costa, 1982; Huang, et. al., 1979).

### Desarrollo larvario y postlarvario

El desarrollo larvario de *F. brasiliensis* es similar al de otros camarones peneidos y se lleva a cabo en un período de 12 días en promedio.

De acuerdo al trabajo realizado por el grupo Colombo-chino (Huang, et. al., 1979), el desarrollo larvario y postlarvario de *F. brasiliensis* es el siguiente:

Después de un período de 12 a 15 horas, los huevos eclosionan dando lugar al primer estadio larval libre, o **nauplio**, el cual presenta un cuerpo piriforme con tres pares de apéndices nadadores. La larva pasa por cinco subestadios, desarrollándose durante los dos últimos otros apéndices, especialmente los bucales, mientras que los maxilípedos son aún rudimentarios. Esta fase dura un período aproximado de 48 horas.

El segundo estadio es la **protozoa**, caracterizado por tener el cuerpo dividido en cefalotórax y abdomen. El caparazón solo cubre la porción cefálica. Las anténulas y antenas son los principales órganos locomotores. Los ojos compuestos son pedunculados a partir del segundo subestadio. El telson es espatulado, con dos lóbulos que presentan de 7 a 8 espinas cada uno. Los urópodos aparecen en la tercera muda. Este estadio se compone a su vez de tres subestadios y tiene una duración de cuatro días.

El tercer estadio es la **mysis**, compuesta a su vez por tres subestadios con sus respectivas mudas. La principal característica de esta fase es el desarrollo de los pereiópodos provistos de setas muy largas, cuyo movimiento permanente permite la locomoción del animal. La larva presenta también los pleópodos, en forma muy rudimentaria, y en el último subestadio se observa la aparición de la primera espina dorsal del rostro. Al igual que la protozoa, esta fase también tiene una duración de cuatro días.

Una vez concluida la fase larval aparece la primera **postlarva**, caracterizada por la presencia de un rostro largo y de extremo agudo que sobrepasa los ojos, armado con 2 a 3 dientes dorsales. Los pleópodos son segmentados y birrámeos (exo y endopoditos), provistos de setas muy largas que con su movimiento continuo hacen que el animal se desplace. La postlarva nada continuamente con la cabeza hacia adelante, aunque ya empieza a adquirir hábitos bentónicos.

### Ecología

Los camarones peneidos pueden dividirse en dos grupos en relación a sus modos de vida. Uno es el grupo "errante" y el otro es el "excavador". Las especies que pertenecen al primer grupo forman grupos de edad bien diferenciados y densas agrupaciones de organismos que están siempre en movimiento. Prefieren aguas turbias y fondos lodosos y están en actividad día y noche, sin enterrarse en el sustrato o haciéndolo solo ligeramente.

Las especies que pertenecen al segundo grupo, de los "excavadores" o enterradores", prefieren un determinado hábitat en un área bien definida, la cual, sin embargo, puede ser muy extensa abarcando desde los estuarios a la zona litoral externa. Sus poblaciones no forman grupos de edad claramente diferenciados y presentan un marcado hábito nocturno, enterrándose en el sustrato durante el día y emergiendo durante la noche para buscar alimento. Este ritmo de actividad está en estrecha relación con los cambios en la intensidad de la luz, pero también se puede ver afectada por otros factores. Una deficiencia en la concentración de oxígeno disuelto en el agua (menos de 1-2 ppm), baja salinidad (menos de 11‰) o la necesidad de alimento, también pueden provocar que los camarones emerjan del sustrato.

Los miembros de los géneros *Litopenaeus* y *Fenneropenaeus* pertenecen al grupo de los camarones "errantes", mientras que los miembros del género *Farfantepenaeus*, al que pertenece *F. brasiliensis*, forman el grupo de los que presentan el hábito de enterramiento. Se considera que las especies del grupo errante son más primitivas y que el hábito de enterramiento fue adquirido posteriormente por las especies más avanzadas. Cabe aquí comentar que las especies errantes habitan las aguas costeras turbias a lo largo de los continentes, mientras que las de hábito de enterramiento prefieren aguas más transparentes y cálidas (Kurata, 1975).

En cuanto a *F. brasiliensis* se refiere, se ha observado que la presencia y abundancia de la especie en las zonas estuarinas se ve afectada por factores como los sedimentos, la salinidad y las corrientes, habiéndose encontrado una gran resistencia de la misma a cambios fisicoquímicos y biológicos en el ambiente (Robleto, Freddy & Scelzo, 1982). Al respecto la especie comúnmente habita aguas hiperhalinas (40-50 ‰) y

experimentalmente se ha observado que a valores altos de salinidad las postlarvas y juveniles presentan una mayor tolerancia a la temperatura (Criales & Chung, 1980).

En el estero de Ría Lagartos se ha encontrado una amplia tolerancia de esta especie a los niveles de salinidad, habiéndose colectado juveniles desde las 22.5 ‰ hasta las 56.8‰.

### Hábitos alimenticios

Durante el primer estadio larval (nauplio) los camarones se alimentan de sus reservas del vitelo, empezando a partir de la fase de zoea a ingerir alimento del exterior, constituido principalmente por algas microscópicas, en su mayoría diatomeas. A partir de la fase juvenil y adulta su alimentación se vuelve omnívora, siendo capaces de digerir celulosa de organismos planctónicos y quitina. Los contenidos estomacales más comunes son pequeños crustáceos (anfípodos, mysis, copépodos y camarones), poliquetos, bivalvos, gasterópodos y en menor proporción detritus y material de origen vegetal (Kurata, op.cit.).

Bajo condiciones de cultivo se ha encontrado que los juveniles de *F. brasiliensis* **aceptan artemia adulta viva** (Zúñiga, 1983) así como alimento peletizado conteniendo 38.6% de proteína, siendo ésta en un 65% de origen vegetal y 35% de origen animal (Scelzo, Marcano & Millan, 1980). Con pélets elaborados a base de caseína se han obtenido los mejores resultados con niveles de proteína del 50%, mientras que con pélets elaborados con harina de una mezcla de animales marinos se obtuvieron mejores resultados aún (Scelzo, Millan & Marcano, 1980).

### Crecimiento

En base a los estudios llevados a cabo con la especie, en ambientes naturales, a salinidades de 42 - 50‰ y temperaturas de 26 - 30 °C el crecimiento es de 0.92 - 1.16 mm al día (longitud total), a partir de la talla juvenil (Scelzo, op.cit.).

En condiciones naturales también, se ha observado que la frecuencia de muda es mayor durante las fases de luna llena-cuarto menguante, habiéndose encontrado que la tasa de crecimiento es mayor en las hembras que en los machos (Brisson, 1979).

Bajo condiciones de cultivo, los mejores resultados de crecimiento (0.336 y 0.383 g en 28 días, a partir de juveniles) se han obtenido con niveles de proteínas de 50% (pélets) y 72.5 % (alimento fresco) (Scelzo, Millan & Marcano, op.cit.).

En otra experiencia, durante un período de 90 días y utilizando una dieta artificial conteniendo 38.6% de proteína, se ha obtenido una tasa de crecimiento del 2.81% en peso diario y de 0.68% de incremento en longitud total. Utilizando una dieta a base de anchoa fresca, (71.5% de proteína), en los primeros 90 días de cultivo se obtuvo un crecimiento del 1.09% de incremento en peso diario y 0.53% en longitud, aumentando al 2.72% de incremento en peso al final de 149 días de cultivo (Scelzo, Marcano & Millan, op.cit.).

## OBJETIVOS

Actualmente el camarón rojo del caribe (*Farfantepenaeus brasiliensis*) que es la especie que habita en la ría, es explotada comercialmente por las cooperativas de la localidad con producciones de alrededor de 30 toneladas por temporada de tres meses. La captura se lleva a cabo con dos tipos de artes de pesca: la atarraya y el jamo. Aunque para ambos existe una regulación en cuanto al tipo y abertura de malla en el caso del segundo por el efecto del arrastre la malla se cierra quedando atrapados los camarones pequeños, causando un gran desperdicio ya que estos animales son demasiado chicos, no son aceptados por el comprador y por no poderse pelar se tienen que desechar. Se sabe además que existen otros efectos negativos del uso de este arte de pesca ya que en la malla quedan atrapados juveniles de peces y crustáceos y la circulación constante de las embarcaciones remueve el fondo afectando la vida bentónica.

Bajo esta perspectiva el **objetivo general** de proyecto consiste en lograr el cultivo intensivo de camarón, integrado a la producción de artemia, lo que permitirá un aprovechamiento más eficiente del recurso al evitar el desperdicio del producto, ayudará a la conservación de la especie y favorecerá la protección de los recursos de la ría en general al disminuir el tráfico de embarcaciones.

Como objetivos particulares tenemos:

- 1). Desarrollar un sistema integrado de producción de camarón y artemia en estanquería semi-rústica.
- 2). Disminuir la presión de pesca sobre los juveniles de camarón en el estero de Ría Lagartos e incrementar la producción mediante prácticas de cultivo.
- 3). Favorecer la conservación de las especies de importancia pesquera que habitan en la ría así

como de la fauna y el medio estuarino en general.

- 4). Hacer partícipes a los pescadores de la zona en el manejo y la conservación de la reserva y sus recursos.

## RESULTADOS

El proceso de capacitación mencionado, llevado a cabo con el apoyo brindado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y la Red de Organizaciones del Sureste para el Desarrollo Sustentable, A.C. ha concluido en su fase inicial. Como resultado de dicho proceso las cooperativas pesqueras de Río Lagartos cuentan con un grupo de diez pescadores con conocimientos básicos de acuicultura y con entrenamiento práctico en lo que se refiere a la selección de sitios, diseño de estanquería, medición de parámetros hidrológicos y evaluación de disponibilidad de postlarvas para su cultivo.

Como parte del proceso de capacitación, se llevaron a cabo tres experiencias de engorda en estanques, logrando llegar en la última de ellas hasta la talla de cosecha, partiendo de juveniles silvestres. Para el primer ensayo se produjeron postlarvas en laboratorio, sentando con ello las primeras bases para el cultivo de la especie con ciclo completo.

Como producto también del entrenamiento se avanzó en la elaboración de un proyecto para la instalación de una granja de cultivo integrado de camarón y artemia, la cual se ubicará en una superficie de 18 has, sobre los terrenos ganados al mar al oriente de la escollera del canal de navegación de Río Lagartos.

### Resultados del desove y cultivo larvario

En el mes de julio de 1997 se llevó a cabo la colecta de hembras grávidas, seleccionadas de los arrastres de un barco camaronero, a 23-25 brazas de profundidad en la zona de pesca comercial al noroeste de Isla Contoy, Q. Roo. Las hembras fueron empaquetadas individualmente en tubos de PVC de 24 cm de largo y 5.6 cm de diámetro, en proporción de 10-15 tubos por cada 20 lts de agua de mar (a 22 °C), y trasladadas al laboratorio de Biología Marina Experimental, ubicado en Cd. del Carmen, Camp.

Las hembras fueron mantenidas en tanques ovalados de 10 toneladas de capacidad, a razón de 2 organismos/m<sup>2</sup>. Se dispuso un fotoperíodo de 14 luz por 10 hrs de obscuridad, manteniéndose las condiciones fisicoquímicas del agua a 27 °C de temperatura, 36‰ de salinidad y 6.39 mg/l de

oxígeno. El alimento suministrado consistió en una dieta fresca de ostión y calamar, a razón del 10% de la biomasa.

Con el fin de acelerar el proceso de maduración, se ablacionaron 5 hembras, lográndose el desove de dos de ellas. Los huevecillos fueron puestos a eclosionar, obteniéndose 11,916 nauplios vivos, los cuales se colocaron en "cunas" a razón de 60 organismos/litro.

Hasta el estadio de protozoa II, las larvas fueron alimentadas con *Chaetoceros ceratosporum*, a una concentración de 25,000 cel/ml y *Tetraselmis chui*, a una concentración de 1 000 cel/ml. A partir de protozoa III, hasta mysis II, la concentración de *Chaetoceros* se incrementó a 35,000 cel/ml y la de *Tetraselmis* a 2 500 cel/ml. A partir de mysis III hasta Pl 10, las concentraciones fueron de 40,000 y 3 500 cel/ml, respectivamente. A partir de protozoa III, se añadieron nauplios de artemia a una concentración de 0.5 nauplios/ml, incrementándose de mysis I en adelante a 1.5 n/ml. Desde Pl1 hasta Pl10 se adicionó un microencapsulado con 50% de proteína y 50 micras de tamaño de partícula, a razón de 130 mg/litro.

A los cuatro días (96 hrs) de cultivo las larvas alcanzaron el estadio de protozoa III, y el de mysis III a los ocho días (192 hrs). Estas pasaron a postlarva I a los nueve días (216 hrs). El crecimiento de las larvas fue de 2.06 mm de protozoa I a protozoa III, mientras que de mysis I a mysis III fue de 3.83 mm.

La sobrevivencia del cultivo larvario fue del 37.7%, ya que al finalizar el proceso se obtuvieron 4,500 postlarvas (Pl9).

## Resultados de los ensayos de engorda

### Primer ensayo

En este primer ensayo se cultivaron las postlarvas producidas en laboratorio en estanques circulares de 8 m de diámetro (63 m<sup>2</sup> de superficie) por 80 cms de columna de agua, recubiertos con "liner" de neopreno.

Las postlarvas, en fase de Pl 10, se sembraron a una densidad de 23 individuos x m<sup>2</sup> (1500 pl's por estanque).

Se aplicaron recambios de agua del 15 al 30% diario, utilizando agua de un pozo de playa de 14 m de profundidad. Para mantener el oxígeno disuelto a niveles aceptables se suministró

aire de manera continua mediante una turbina. Los valores promedio de las condiciones fisicoquímicas del agua durante el cultivo fueron de 33.7 °C de temperatura, 35.9‰ de salinidad, 4.65 mg/litro de oxígeno disuelto y 8.73 de pH, para el estanque 1, y de 34.2 °C de temperatura, 36.0 ‰ de salinidad, 4.65 mg/litro de oxígeno y 8.73 de pH, para el estanque 2.

El cultivo tuvo una duración de 12 días, lográndose una talla promedio de 3.6 cm y un peso también promedio de 0.34 gr. Se utilizó alimento marca "Rangen", con 40% de proteína a razón del 10% de la biomasa.

Como estos estanques nos fueron proporcionados en comodato por la SEMARNAP, después de varios meses de haber estado en desuso bajo los rayos del sol, el recubrimiento ("liner") se rompió, interrumpiéndose el ensayo de cultivo mucho antes de lo programado.

### Segundo ensayo

Una vez reparados los estanques, en el estero de Río Lagartos se capturaron juveniles de 0.4 gr de peso promedio, sembrándose a una densidad de 20 individuos por metro cuadrado. Los organismos se cultivaron durante 21 y 38 días, en los mismos dos estanques del ensayo anterior, logrando una talla de cosecha de 1.5 y 3.65 grs, para cada período.

La sobrevivencia a los 21 días (estanque 1) fue de 32.75 %, mientras que a los 38 días (estanque 2) fue del 8.7 %.

La tasa de crecimiento en el estanque 1 fue de 0.43 g/semana con un incremento en longitud de 1.83 cm/semana, mientras que para el estanque 2 fue de 0.60 g/semana y 1.41 cm/semana. La tasa específica de crecimiento fue de 0.056 g/día a los 21 días de cultivo (estanque 1) y a los 38 días (estanque 2) de 0.058 g/día.

Al igual que en el ensayo anterior, se suministró alimento marca "Rangen", en pélets (3/32") con 40% de proteína, a razón del 10% de la biomasa. El factor de conversión de alimento fue de 4.7 para el estanque 1 y 2.8 para el estanque 2.

Se aplicaron recambios de agua que iniciaron con el 15% diario, finalizando con el 85% y utilizando agua del pozo de playa mencionado.

Los valores promedio de las condiciones fisicoquímicas del agua durante el cultivo fueron de 30.1 °C de temperatura, 36.3 ‰ de salinidad, 3.8 mg/litro de oxígeno

Tabla 1

Parámetro	Estanque 1		Estanque 2	
	Media	Rango	Media	Rango
Salinidad (‰)	38.35	36-42	38.39	36-42
Temperatura (°C)	29.42	25.9-32.8	29.34	26-32.6
Oxígeno (ppm)	4.58	2.2-9.9	4.42	2.15-9.77

disuelto y 8.24 de pH, para el estanque 1, y de 30.71 °C de temp., 36.45 ‰ de salinidad, 4.4 mg/lit de oxígeno y 8.16 de pH, para el estanque 2.

### Tercer ensayo

Para este tercer ensayo se montaron dos estanques de 5 m de diámetro (19.63 m<sup>2</sup> de superficie), con una columna de agua de 80 cms. Se suministró agua con una bomba de 2 ½ HP de fuerza y un gasto de 130.8 lts/min, haciéndose recambios diarios del 30% del volumen total del estanque. La fuente de agua fue el estero de Ría Lagartos.

Para mantener el oxígeno disuelto en un nivel aceptable se suministró aireación de manera continua con una turbina de ¼ de HP.

Las condiciones fisicoquímicas del agua fueron las que se observan en la Tabla 1.

Se suministró alimento peletizado (3/32") marca "Rangen", con 40% de proteína, en dos raciones durante la noche.

El ensayo duró 120 días cosechándose organismos de 8 grs. de peso promedio.

La sobrevivencia fue de 64% para el estanque 1 y de 95% para el estanque 2.

### CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Hasta la fecha los avances logrados en el desarrollo del cultivo de *F. Brasiliensis* nos abren la posibilidad de pasar a un nivel de cultivo precomercial, para lo cual será necesario lograr la producción larvaria de manera sistemática.

Actualmente se está desarrollando un modelo de granja de cultivo intensivo de esta especie de camarón, integrado a la producción de artemia, con un sistema semiabierto de recirculación, bio-filtración y tratamiento de aguas residuales, para disminuir al mínimo los impactos sobre los ecosistemas circundantes. El proyecto se desarrollará en dos etapas, la primera de ellas incluye la construcción de un cárcamo de bombeo, canal de distribución, 6 estanques de una hectárea cada uno para camarón, 2 estanques de una hectárea para cultivo de artemia, un estanque de 2 has. para la biofiltración y tratamiento de aguas residuales y una fosa de oxidación y biofiltración. La segunda fase incluye 4 estanques de 1 ha. para el cultivo de camarón y 2 estanques de 1 ha. para artemia.

Como ya se mencionó, para la construcción de la unidad de cultivo se dispone de una superficie de 18 has, sobre los terrenos ganados al mar al oriente de la escollera del canal de navegación de Río Lagartos.

Para la producción de postlarvas, nuestra organización, en asociación con las cooperativas pesqueras de Río Lagartos, estamos en proceso de instalación de un laboratorio con el cual abasteceremos la granja.

### BIBLIOGRAFÍA

- Barros, R.L.P., J.T. Quintanilha & P.F. Costa, 1982.** Maturacao, acasalamento e descova de *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) em cativeiro. Atlantica, Vol. 5, No. 2, p: 12.
- Brisson, S., 1979.** Influencia da temperatura e da periodicidade lunar sobre atividade biologica de *Penaeus brasiliensis* Latreille. Publ. Inst. Pesqui. Mar., Rio de Janeiro, No. 137.
- Criales, M.M. & K.S.Chung, 1980.** Tolerancia térmica en postlarvas y juveniles del camarón rosado *Penaeus brasiliensis*. Inf. Mus. Mar. Bogota, No. 27, 14 pp.
- Huang, et. al., 1979**
- Kurata, H., 1975.** Culture of the Kuruma Shrimp. En: Outline of Aquaculture. Japan International Cooperation Agency, Government of Japan, pp: 15-50.
- Pérez-Farfante, I., 1971.** Range estension of the Shrimp *Penaeus (Melicertus) brasiliensis* Latreille, 1817 (Decapoda, Penaeidae). Bull. Mar. Sci. Vol. 21(3): 745-747.
- Robledo, L., R. Freddy & M.A. Scelzo, 1982.** Some ecological observations on the shrimps genus *Penaeus* (Crustacea, Decapoda) in Laguna la Restinga, Isla de Margarita, Venezuela. Atlantica, Vol. 5, No. 2, p: 104.
- Sandoval, M. E., 1996.** Madurez Gonadal y Patrón Reproductivo de Hembras de Camarón Rojo *Penaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) en Contoy, Quintana Roo. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 76 pp.
- Scelzo, M.A., 1982.** Crecimiento y migración del camarón *Penaeus brasiliensis* Latreille (Decapoda, Penaeidae) en la laguna de manglar la Restinga, Isla Margarita, Venezuela. Atlantica, Vol. 5, No. 2, pp: 107-108.
- Scelzo, M.A., G. Marciano & J. Millan, 1980.** Resultados sobre el crecimiento de juveniles del camarón *Penaeus brasiliensis* Latreille (Decapoda, Penaeidae), cultivados en estanques de concreto. 1er. Simposio Brasileiro de Aquicultura, pp: 397-412.
- Scelzo, M.A., J.Millan & G.Marciano, 1980.** Efecto del nivel de proteínas en juveniles del camarón *Penaeus brasiliensis* Latreille alimentados con dietas semipurificadas a base de caseína. Memorias del 2º. Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Vol. 1, pp: 1543-1563.
- Zúñiga, 1983.** Distribución de la energía en juveniles de *Penaeus brasiliensis* alimentados con dietas diferentes. Ciencia y Tecnología del Mar (Valparaíso), No.7, pp: 27-45.



---

# PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE ALMEJAS DE AGUA DULCE EN ESTANQUES RUSTICOS

---

Biól. Marcos Puente Gómez,  
Biól. Fernando Ascencio Borondón

Centro Regional de Investigación Pesquera-Manzanillo  
del Instituto Nacional de la Pesca

## RESUMEN

Se presentan los resultados obtenidos de las observaciones sobre una especie de almeja o mejillón de agua dulce efectuadas en laboratorio y campo. Para la fase de laboratorio se seleccionaron organismos de 7 a 12 cm de longitud con madurez gonádica desconocida, se introdujeron en tinas de fibra de vidrio de 1.2 m<sup>3</sup>. La temperatura del agua se mantuvo constante; se dispuso de un sistema de aireación continuo durante 18 horas diarias, realizándose recambios parciales de agua de 50% cada tercer día. El mejillón presentó un estadio de su fase larvaria (denominada "gloquidio"), donde requiere un organismo huésped. En las pruebas de identificación de hospederos se notó la preferencia del "gloquidio" por invadir a la tilapia roja híbrida (*Oreochromis hornorum* macho X *O. mossambicus* hembra), tilapia nilótica (*O. niloticus*) y cuatete (*Arius semanii*) en ese orden. Esta etapa tiene un periodo aproximado de 12 días. El análisis taxonómico de las partes blandas permitió ubicar el molusco como miembro de la familia MYCETOPODIDAE (Gray) Modell, 1942; género ANODONTITINAE Bruguiere, 1792; especie *Anodontitis ciconia* (Gould).

En la fase de campo se probaron tres densidades de siembra 50, 100 y 150 organismos por m<sup>2</sup>, en encierros de alambre de criba de 1 m<sup>2</sup> cada uno dentro de un estanque rústico de 4000 m<sup>2</sup> donde se cultivaba tilapia roja. Los datos merísticos se efectuaron mensualmente, se observaron incrementos en peso de 20.62 g y de 2.67 cm en longitud. El crecimiento fue descrito mediante la ecuación de Von Bertalanffy y la linealización de ésta permitió observar el efecto

de la densidad comparando sus pendientes bajo un análisis de varianza (ANDEVA), encontrando que en general existen diferencias significativas entre los encierros al nivel  $\alpha = 0.05$ .

## INTRODUCCIÓN

El mejillón o almeja de agua dulce es un molusco de la familia de los bivalvos que forma parte de la riqueza malacológica del estado; se trata de un recurso poco explotado en la actualidad por el escaso conocimiento que se tiene de su presencia en varios embalses, así como por sus cualidades de adaptación que podrían ser utilizadas para desarrollar la biotecnología de su cultivo. Para ello, es de primordial importancia el conocimiento de las principales características biológicas del recurso tales como: ubicación taxonómica, el ciclo reproductivo y su crecimiento en condiciones naturales, entre otros aspectos.

Las ostras de la República Mexicana, como en muchos otros países, han sido objeto de estudios por tratarse de un recurso que desde hace muchos años ha contribuido en la alimentación. El hombre ha intervenido en su producción mediante técnicas de cultivo que actualmente precisan de una revisión, debido a problemas relacionados con la contaminación en áreas ostrícolas. Además de considerar un reajuste en la aplicación de las técnicas ostrícolas, provenientes incluso de otros países adaptándolos a patrones estacionales de distribución de larvas, gradientes estacionales en los parámetros fisicoquímicos óptimos para su desarrollo y reproducción, parásitos, así como sus adaptaciones ecológicas y anatómicas (Castillo, 1986).

El cultivo de bivalvos ofrece varias ventajas, de entre las que destaca la de utilizar cadenas

cortas de alimento en las que el fitopláncton representa su principal fuente transformándolo directamente en carne comestible (Bautista, 1989).

Las almejas son un grupo dentro de los bivalvos, que presentan una gran aceptación en el mercado y que ofrecen amplias e interesantes perspectivas al acuicultor, sin embargo, actualmente sólo se ha centrado el interés por especies marinas, conociéndose en el país una diversidad de ellas con valor comercial como son: *Argopecten circularis*, *Megapitaria squalida*, *Mya arenaria*, *Mercenaria mercenaria*, entre otras. Existe también en México una gama de bivalvos dulceacuícolas, que aunque no representan la misma importancia comercial que las anteriores especies, sí pudieran catalogarse desde el punto de vista ecológico y acuacultural como un recurso potencial de cultivo.

El presente trabajo se origina como una inquietud hacia el aprovechamiento de un recurso endémico aún no explotado comercialmente en el estado de Colima, mostrando aceptación en el medio rural como una fuente de alimento y rápido crecimiento en el medio natural, lo que hace considerarlo como un recurso potencial para acuicultura.

## ANTECEDENTES

Hasta hace pocos años, el estudio taxonómico de las ostras ha estado basado en caracteres exclusivamente conchológicos como lo señalan: Vialov (1936), Thomsom (1954), Sowerby (1871), Olsson (1961), Ranson (1948), Keen (1958,1971), Hertlein y Strong (1946), Abbott (1974), entre otros, de tal manera que se considera que existe un relativo desarrollo en el estudio taxonómico de este recurso a nivel fisiológico y anatómico (Castillo,1986).

Se tienen antecedentes de que la almeja *Lampilis clairbornensis* de los valles de los ríos Mississippi y Tenesí, en EU, era muy buscada por su concha, utilizada en la producción de botones y objetos de ornato como uso principal y de consumo como uso secundario. Se cita, además, que las conchas de *L. clairbornensis* reducidas a pelotitas son la "semilla" ideal para el cultivo de perlas y se explotan para ese fin de EU a Japón (Bardach,1990).

Algunos experimentos efectuados por H.S. Swingle en la Estación Agrícola Experimental de la Universidad de Auburn, en Alabama, indican que la almeja de la especie *L. clairbornensis* tiene gran potencial para el cultivo en estanques, sola o en asociación con peces (Bardach, 1990).

Un estudio realizado en Costa Rica por Ruiz (1982), muestra la viabilidad en el cultivo de almeja, al realizar un policultivo de tilapia roja (obtenida de la cruce entre *Oriochromis mossambicus* hembras X *O. hornorum* machos) con carpa común (*Ciprinus carpio*), carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), guapotes (*Ciclazoma managuense*) y almeja de agua dulce (*Glabaris luteolus*) en estanques rústicos, obteniendo buenos resultados, concluyendo que la inclusión de las almejas en el policultivo es de gran importancia desde el punto de vista ecológico y de la producción, ya que aumenta la eficiencia del sistema por la remoción del fondo del estanque, liberando y reintegrando nutrientes.

Parte de la riqueza faunística acuática del estado de Colima, lo constituye el molusco bivalvo objeto del presente estudio, mismo que fue detectado en los embalses de agua dulce denominados: laguna de Amela, en el Municipio de Tecomán; bordo La Frontera y Rosa Morada, en el Municipio de Cuauhtémoc, donde se observaron ejemplares de hasta 14 cm de longitud, lo que permitió pensar que es un molusco de rápido crecimiento. En los mencionados embalses, la principal especie explotada de manera extensiva para fines comerciales es la tilapia, dejando su explotación en un segundo término el molusco de este estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a las dificultades que implica llegar a una determinación específica de especie y/o género, basada exclusivamente en los caracteres conchológicos, los organismos se sometieron a una comparación de partes blandas con ejemplares de colecciones; Para ello, se estudiaron un total de 370 organismos de diferentes tallas, todos procedentes de los bancos detectados en la laguna de Amela, efectuándose la colecta manualmente removiendo el fondo.

Una muestra de 20 organismos se utilizó para hacer comparaciones con los ejemplares existen-

tes en las colecciones del museo de Paleozoología del Instituto Nacional de Antropología e Historia y de la colección Malacológica del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM. Un lote de 50 organismos de las mayores tallas se eligieron como reproductores y 300 se destinaron a ser utilizados en las pruebas de crecimiento en campo, confinados en encierros de alambre de criba dentro de un estanque rústico.

El estudio se dividió en dos partes:

**Fase de laboratorio:** comprendió las actividades del análisis de concha, análisis de las partes blandas, selección de hospederos y observación del desarrollo del gloquidio.

**Fase de campo:** siembra, morfometrías, análisis de la calidad del agua y estadístico.

## Fase de laboratorio

### Descripción de la concha

Al respecto se siguieron algunos criterios establecidos por Stenzel,(1971) para el análisis conchológico del ostión, tales como: forma de la concha, espesor, tamaño de las valvas, posición y coloración de la impresión del músculo aductor, tipo de umbo/charnela, número de anillos, coloración interna y externa.

### Descripción general de las partes blandas

El método utilizado fue por comparación con organismos de colección y consulta bibliográfica para moluscos pelecípedos.

Para dicha observación se requirió una buena fijación de los organismos en la sustancia a conservar, misma que se logra con el previo relajamiento mediante de la aplicación en baño por inmersión prolongado con sustancias relajantes. En el caso particular se experimentó con tabaco comercial de cigarrillo y cristales de mentol, para conocer cuál representaba la mejor opción como sedante.

### Selección de hospederos

Dada la incertidumbre de saber si esta especie requiere de algún organismo o sustrato especial donde hospedarse en cierta etapa de su desarrollo, se adecuaron dos tinas rectangulares de fibra de vidrio de un área de  $1.3 \text{ m}^2$  cada una, con una

capa de tierra de 6.0 cm y una columna de agua de 20.0 cm, se introdujeron los mejillones de mayor tamaño a razón de 25 organismos por tina, además de introducir dos peces de tamaño promedio de 7.0 cm de longitud total, de las especies: *Oriochromis mossambicus* (tilapia roja), *Oriochromis niloticus* (tilapia gris) y *Arius seemani* (cuatete) y algunas plantas de lirio acuático (*Eichornia crassipes*), con la finalidad de determinar la preferencia de la larva para fijarse en alguno de estos sustratos en particular.

Se realizaron revisiones diarias de los peces para detectar: la posible presencia de larvas parásitas del mejillón, la preferencia de éstas por un hospedero en especial y las principales partes del huésped con mayor preferencia a ser invadidas por la larva.

### Observación del desarrollo del gloquidio

El desarrollo del gloquidio se siguió a través de observaciones al microscopio en diferentes tiempos; para ello fue necesario desprender las larvas parásitas de los organismos huéspedes mediante una aguja de disección, colocándolas en portaobjetos y observándolas con el lente de 10 x.

## Fase de campo

### Siembra

Para los estudios de crecimiento se realizó la siembra de los mejillones en campo, seleccionando por tallas uniformes, de longitud total entre 3.0 y 3.5 cm. Para ello, se construyeron tres corrales de alambre metálico (malla de criba de 1 cm de abertura) de  $1.0 \text{ m}^2$  cada uno, con una altura de 50 cm; éstos se introdujeron en la parte de mayor profundidad de un estanque rústico de  $4000 \text{ m}^2$  en el que se desarrollaba el cultivo de tilapia roja. Los corrales fueron abiertos en su parte superior con el fin de permitir el libre acceso de los peces para que cumplieran sus funciones de hospederos; en dichos corrales se dispersaron los mejillones directamente al suelo manejando las densidades de 50, 100 y 150 individuos por metro cuadrado, correspondiendo a los encierros números 3, 2 y 1, respectivamente.

### Biometrías y parámetros fisicoquímicos

Sistemáticamente se registraron morfometrías de los individuos con una periodicidad mensual, tomando como parámetros merísticos el peso y la

longitud total, con una balanza granataria OHAUS y Vernier, respectivamente, y como factores fisicoquímicos la temperatura del agua, la temperatura ambiente, el pH y la dureza del agua, con un equipo portátil para análisis de agua marca HACH de acuerdo al Standard Methods of Freshwater and Wastewater Quality.

### Crecimiento

El crecimiento en longitud del molusco se ajustó por medio de la ecuación de von Bertalanffy (Csirke, 1980; Sparre, 1985 *op.cit.*)

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

El crecimiento en peso se ajustó por medio de la ecuación:

$$W_t = a(L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)}))^b$$

El valor del parámetro  $L_{\infty}$  se calculó mediante el método de Ford-Walford, que consiste en graficar  $L_t$  contra  $L_{t+1}$ , ajustando una línea recta mediante el método de mínimos cuadrados y encontrando su intersección con la recta de pendiente igual a 1 y ordenada 0;  $Y=X$  (Sparre, 1985, *op.cit.*).

$$L_t = a + bL_{t+1}$$

La constante de crecimiento "k" y  $t_0$  se estimaron linealizando la ecuación de crecimiento en longitud ajustándose a una línea recta donde  $k=-b$  y  $t_0=a/k$ , estos valores se consideraron como una primera estimación del parámetro buscado y se utilizó como valor inicial para su optimización mediante un método iterativo basado en la reducción de la suma de cuadrados, mediante de un algoritmo de la hoja de cálculo Microsoft Excel, ver. 7.0.

La relación Longitud-Peso se ajustó de acuerdo a la ecuación:

$$W = qL^b$$

Donde los parámetros "q" y "b" fueron calculados linealizando la expresión y aplicando la técnica de "mínimos cuadrados" (Pauly, 1983; Csirke, 1980; Sparre, 1985), optimizando a través de un proceso iterativo de reducción de la suma de cuadrados, con el fin de disminuir los errores introducidos al hacer los ajustes entre los

logaritmos de las variables.

Para evaluar el efecto de la densidad de siembra, se efectuó un análisis de varianza de una vía con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$ ; para conocer si existieron diferencias significativas en el crecimiento de los organismos entre los encierros.

## RESULTADOS

### Fase de laboratorio

#### Descripción de la concha

De acuerdo con Castillo (1986), el molusco presenta el carácter distintivo de los bivalvos siendo la presencia de dos valvas calcificadas, unidas sobre la línea dorsal por un ligamento flexible que forma el istmo con escaso carbonato de calcio y gran cantidad de proteínas. Estas valvas que constituyen una sola pieza son el resultado de la adaptación morfológica efectuada durante la historia filogenética de la clase Bivalvia donde, a partir de la forma ancestral, la modificación básica involucra una comprensión lateral y elongación dorsoventral.

#### Descripción de partes blandas

Por lo que corresponde a las sustancias utilizadas como tranquilizantes o elajantes, los mejores resultados se obtuvieron con el mentol, logrando 100% en el adormecimiento de los organismos a partir de las 20 horas de inmersión; con el tabaco no se observaron resultados positivos.

#### Selección de hospederos

Se observó la preferencia como organismo huésped para las larvas del mejillón al híbrido de tilapia, detectando su invasión a nivel de aleta caudal desde el pedúnculo, aletas pectorales, aleta dorsal, pélvicas y algunas distribuidas a lo largo del cuerpo; mientras que en los ejemplares de tilapia negra fue considerablemente menor dicha invasión, y en el caso de cuatete y lirio acuático no se observaron.

#### Observación del desarrollo del gloquidio

Se corroboró que el mejillón tiene una fase parásita en su desarrollo embrionario, en la cual requiere fijarse en un organismo huésped, denominándose esta fase "gloquidial".

El gloquidio es de color amarillo muy tenue, formado por dos valvas provistas de un gancho o diente con el que se fijan a la epidermis del

huésped, presenta forma de riñón o frijol y mide aproximadamente 0.01 mm.

Se observó que a medida que pasa el tiempo el color del gloquidio se fue acentuando a un amarillo más definido para posteriormente desprenderse del huésped y caer al fondo abandonándolo. Es notable que al "organismo sustrato" no le causó la muerte pero sí una disminución de sus facultades de desplazamiento y una pérdida de peso. El desprendimiento de las larvas ocurrió a partir del onceavo día de que se observó la invasión o fijación al huésped.

Las características observadas en la fase de laboratorio permitieron ubicar taxonómicamente al mejillón de la siguiente manera:

Familia: *Mycetopodidae*  
 Subfamilia: *Anodontites*  
 Género: *Anodontitis*  
 Especie: *Anodontitis ciconia* (Gould)

**Fase de campo**

**Siembra**

Se instalaron tres encierros de tela de alambre de 1.0 m<sup>2</sup>, cada uno conteniendo 50, 100 y 150 mejillones, respectivamente; dichos encierros o corrales se colocaron cerca del tubo de drenado del estanque.

**Crecimiento**

La relación longitud-peso para *A. ciconia* en cada encierro se muestra en la tabla-1.

La longitud infinita (L<sub>∞</sub>) calculada por el método de FORD - WOLFORD para los organismos de cada encierro, se muestra en la tabla-2.

El análisis de los datos merísticos de las muestras de *Anodontitis ciconia* por el método de von Bertalanffy, para cada encierro, establece las relaciones de crecimiento en longitud siguientes:

ENCIERRO 1  
 $L = 6.13758(1 - e^{-0.00829(t+26.8661)})$   
 n= 7  
 r= 0.9787

ENCIERRO 2  
 $L = 6.7394(1 - e^{-0.00279(t+90.73)})$   
 n= 7  
 r= 0.9971

ENCIERRO 3  
 $L = 6.8561(1 - e^{-0.0037(t+87.53)})$   
 n= 7  
 r= 0.9766

Los valores de crecimiento en peso de *Anodontitis ciconia* fueron:

Encierro 1  $W_1 = 23.44(1 - e^{-0.00829(t-26.8661)})^{2.7445}$   
 Encierro 2  $W_2 = 30.60(1 - e^{-0.00279(t-90.73)})^{2.5977}$   
 Encierro 3  $W_3 = 33.7(1 - e^{-0.0037(t-87.53)})^{2.7909}$

El efecto de la densidad de siembra se comparó mediante el método de análisis de varianza de una vía, tanto para peso como para la longitud en cada encierro arrojando los datos mostrados en la Tabla 3.

**Tabla 1.- Relación Longitud - Peso para *Anodontitis ciconia*, para cada uno de los encierros.**

ENCIERRO 1 W=0.1764 L <sup>2.6948</sup> n= 151	ENCIERRO 2 W=0.1021 L <sup>2.9892</sup> n= 137	ENCIERRO 3 W=0.1636 L <sup>2.7682</sup> n= 135
--	--	--

**Tabla 2.- Valores comparativos de parámetros de crecimiento del mejillón de agua dulce.**

ENCIERRO 1 L <sub>∞</sub> = 6.13758 n= 6 r= 0.9005	ENCIERRO 2 L <sub>∞</sub> = 6.7394 n= 6 r= 0.9853	ENCIERRO 3 L <sub>∞</sub> = 6.8561 n= 6 r= 0.9205
---	--	--

Tabla 3.- Comparativo mensual del análisis de varianza en peso y longitud, por encierro.

MES	ENCIERRO 1		ENCIERRO 2		ENCIERRO 3		R.deVARIANZA	
	P	L	P	L	P	L	PESO	LONG
JUN	4.44	3.37	4.5	3.33	5.22	3.50	1.01	0.64
JUL	7.25	4.03	5.82	3.75	5.75	3.73	11.80	6.70
AGO	8.44	4.07	8.67	4.21	10.95	4.35	14.93	5.19
SEP	12.51	5.15	10.41	4.89	14.25	5.30	15.74	15.76
OCT	17.20	5.38	14.48	5.34	17.98	5.42	5.77	0.17
NOV	19.67	5.61	21.35	5.84	18.86	5.47	10.43	8.8
DIC	20.85	5.77	23.67	5.98	25.05	6.04	18.64	8.72

Bajo este análisis de varianza (ANDEVA) se determinan diferencias significativas tanto en peso como en talla entre los encierros, manteniéndose por lo general una relación directa entre dichos parámetros, a excepción del mes de octubre en el que se observa que con respecto al crecimiento en longitud no existen marcadas diferencias entre los encierros pero sí lo hay en cuanto al crecimiento en peso.

## CONCLUSIONES

- El mejillón de agua dulce es un molusco que presenta gran adaptabilidad a distintos ambientes acuáticos del estado de Colima.
- El desarrollo larvario de *Anodontitis ciconia* presenta una etapa parásita denominada "gloquidio", la que requiere de un organismo huésped donde fijarse sin provocarle mortalidad siendo transitoria su estancia en él.
- La larva "gloquidio" está provista de ganchos o dientes con los que se fija a los huéspedes.
- Los hospederos preferidos por las larvas del mejillón en su fase parasítica, en este experimento, fueron los juveniles de tilapia roja.
- Es factible el cultivo de mejillón de agua dulce en estanques rústicos, combinando con otras especies acuícolas, incrementando así la productividad.
- La tasa de crecimiento de *A.ciconia* en estanques rústicos es equiparable a la que muestran algunos peces y crustáceos, pudiendo por lo tanto realizarse policultivos o cultivos poliespecíficos.
- Las densidades de siembra utilizadas muestran que están por debajo de su nivel máximo de explotación, pudiendo incrementarse.

## RECOMENDACIONES

- Dar seguimiento al aspecto de laboratorio, con el fin de que se logre dominar la técnica del ciclo completo para la producción de semilla de mejillón de agua dulce.
- Promover el consumo del molusco en la región.
- Desarrollar cultivos experimentales como el similar, pero por periodo más prolongado, con el fin de obtener datos sobre la densidad óptima de siembra, talla óptima de cosecha, especies que pueden asociarse, entre otros.
- Contemplar el aspecto sanitario en el cultivo del molusco, de acuerdo a los lineamientos del Programa Nacional de Sanidad de Moluscos Bivalvos (NSSP).
- Buscar alternativas de presentación del producto (ahumado, salmuera, escabeche, entre otros), ofreciendo así al mercado una diversidad y dando valor agregado al mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbot, R.T. (1974).** American sea shells. Van nostrand reinhold: E.U.
- Aguilera, H.P., Noriega, C.P., Guzmán, Ch. J. (1985).** Qué es acuicultura. Fondepesca: México.
- Arnold, E.O. (1912).** Notes upon the families and genera of the najades. Anales of carnegie museum: E.U.
- APHA, AWWA, WPCF. (1971).** Standard Methods for the Examination of freshwater and wastewater quality. 13<sup>a</sup> Edition.-
- Ascencio, B.F. (1983).** Contribución al conocimiento del cultivo del híbrido de tilapia roja, *Sarotherodon hornorun* X *S. Mossambicus*, en Potrero Grande, Colima. Tesis prof. UAG.

- Avilés, Q.A., Muciño, D.M. (1989).** Acondicionamiento gonádico y desove de *Argopecten circularis*. Doc. de trab. n°1 INP: México.
- Bardach, R.D. (1990).** Acuacultura. AGT editor: México.
- Barnes, R.D. (1978).** Zoología de los invertebrados. Interamericana: México.
- Bautista, P.C. (1989).** Moluscos. Tecnología de cultivo. Mundiprensa: México.
- Burch, J.B. (1973).** Freshwater ecosystems identification. Environmental protection agency: E.U.
- Castillo, R.Z.G. (1986).** Taxonomía y anatomía comparada de las ostras en las costas de México. Anales Inst. ciencias del mar y limnología. UNAM: México.
- Csirke, B.J. (1980).** Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO Doc. Tec. Pesca.
- Galtsoff, P.S. (1964).** The American oyster *Crassostrea virginica* (Gmelin). U.S. Bur. Commercial Fisheries, Fish. Bull.
- Hertlein y Strong. (1946).** Mollusks of Mexico and Central America. Zoológica, New York Zoological Society.
- Juarez, P.J.R., Palomo, M.G. (1985).** Acuicultura. CECSA. MEXICO.
- Lison, L. (1942).** Caracteristiques geometrique naturelles des coquilles de Lamellibranches. Bull. Class. Sci. Acad. Roy. Belgique.
- Lizárraga, M. (1974).** Técnicas aplicadas en el cultivo de moluscos en América Latina. Simposium FAO. Uruguay.
- Martens, E.V. (1901).** Land and Freshwater mollusca. Biología Central-Americana.
- Modell, H. (1942).** The natural systems of the naiades, Rev. sterkiana. The Ohio State Univ. Col.
- Olsson, A.A. (1961).** Mollusks of the tropical eastern pacific particularly from the southern half of the Panamic- Pacific faunal province (Panamá to Perú). Paleont. Research Inst. Ithaca, N.Y.
- Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado de Colima. (1992).** Dirección de Ecología. Gobierno del Estado. Colima.
- Puente, G.M. (1994).** Avances en el estudio de almeja de agua dulce. Bol.13. INP-CRIP Manzanillo.
- Ranson, G. (1960).** Les prodissoconques (coquilles larvaires) des ostreïdes vivants. Bull. Inst. Ocean.
- Ruiz, B.R. (1982).** Ensayo del crecimiento del híbrido de tilapia en policultivo con carpas, almejas y guapotes. Asociación bananera Nacional. Costa Rica.



---

# CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS Y VALIDACIÓN DE TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO DE LAS ENFERMEDADES DE ORGANISMOS ACUÁTICOS EN GRANJAS DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA

---

*Dra. Ana Bertha Montero Rocha*

*Investigadora del Instituto Nacional de la Pesca*

**E**l estudio de las enfermedades en organismos acuáticos es un campo muy amplio y fascinante en el área de investigación. Hoy en día los numerosos avances técnicos y herramientas con las que se llevan a cabo el estudio y diagnóstico de las enfermedades de los organismos acuáticos han potenciado una excitante especialidad para los microbiólogos. Particularmente el desarrollo y accesibilidad de las técnicas de biología molecular han creado una creciente y popular área de investigación. Sin embargo, a pesar de todos los avances en las técnicas de diagnóstico con los que se cuenta hasta ahora (histología, bioquímica, inmunología, genética, biología molecular), aún no existe una homologación de criterios en la aplicación e interpretación de éstas, entre los laboratorios que llevan a cabo el diagnóstico de las enfermedades de los organismos acuáticos y aún menos en la metodología adecuada para llevar a cabo las investigaciones en esta área. Los estudios de patogenicidad y la expresión de los factores involucrados en la virulencia han sido frecuentemente enmascarados por falta de sistemas experimentales adecuados. Todos los modelos experimentales usados en el estudio de las enfermedades deben estar compuestos por dos partes: el organismo patógeno o sus productos y el hospedero o un hospedero equivalente. Es necesario remarcar constantemente que una inapropiada selección de cualquier parte del modelo reducirá invariablemente la validez y relevancia de cualquier conclusión que se derive del estudio sin importar el cuidado que se tomó para llevar a cabo el experimento.

Muchas son las diferentes técnicas que hasta el momento se han utilizado en el diagnóstico y caracterización de los diferentes agentes infecciosos de las enfermedades de los organismos acuáticos, principalmente en peces y crustáceos usando la histología, bioquímica, inmunología, genética y biología molecular (Alsina *et al.*, 1994; Austin *et al.*, 1993; Bell *et al.*, 1988; Conroy *et al.*, 1989; Dempsey *et al.*, 1987; Jiravanichpaisal *et al.*, 1994; Johnson, 1980; Lightner, 1993, 1996), pero ninguna de estas herramientas está exenta de limitaciones; sin embargo, éstas pueden ser superadas a través de la combinación de cuando menos dos de ellas. Así, usando la bioquímica es posible purificar moléculas que se sospeche puedan jugar un papel importante en el curso de la enfermedad. La actividad biológica de estas moléculas son valoradas usando sistemas de ensayo *in vitro* y/o animales experimentales que son expuestos a la sustancia, generalmente por medio de inyecciones o por baños. Los animales son monitoreados para observar las evidencias de los efectos patológicos como: daños en tejidos, reducción de células de defensa y muerte, con la finalidad de correlacionar los resultados con los síntomas observados en las situaciones de las enfermedades “naturales”. Hay numerosos ejemplos de modelos experimentales para peces y crustáceos en la literatura (Bjarte *et al.*, 1999; Gudmundsdottir, 1996; Song *et al.*, 1997;) y no hay lugar a duda que estas aproximaciones experimentales han generado gran cantidad de datos valiosos, particularmente aquéllos enfocados a la naturaleza físico-química de los numerosos factores de virulencia putativos en los patógenos. No

obstante, esta herramienta descarta el hecho de que la patogenicidad de un organismo es una propiedad multifactorial y la enfermedad es el resultado de un sinergismo entre numerosos factores de virulencia (McIntosh, 1998). La expresión de estos factores puede estar regulada por el medio ambiente en donde los patógenos se encuentran presentes en los diferentes estados de infección. Por tanto, es poco probable que la medición de las actividades de una molécula dé una estimación precisa del papel que juega una molécula en las enfermedades que se están investigando. De igual forma es imposible crecer un patógeno *in vivo* que nos represente la infección de una población crecida *in vivo*, ya que en la primera las condiciones de crecimiento en el laboratorio están bastante alejadas de la "realidad".

Así, sucesivamente el resto de las aproximaciones metodológicas con herramientas tanto inmunológicas como genéticas y de biología molecular, tienen sus límites en la interpretación de la realidad.

Una vez entendido el porqué son importantes los métodos que aplicamos en la búsqueda de las respuestas de los procesos infecciosos, así como la importancia de contar con modelos experimentales adecuados, que reflejen las interacciones entre patógeno-hospedero y sus relaciones con el medio ambiente, es necesario hacer una validación de estas técnicas.

Uno de los mejores ejemplos que tenemos en la variación en la aplicación de las técnicas en el diagnóstico y detección de patógenos de organismos acuáticos, es citando aquellas basadas en la aplicación de sondas genéticas de ADN/ARN, así como la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Stanley *et al.*, 1997). Estas técnicas tienen un claro potencial en el diagnóstico de las enfermedades, pero también igual de interesante será ver la posibilidad de usarlas para determinar cuál es el curso y los movimientos de los patógenos fuera del hospedero. Como ya hemos dicho, las técnicas de detección basadas en ADN son en nuestros días una de las más avanzadas y por ello se ha tomado como ejemplo para analizar su validación. Esta técnica de diagnóstico se basa en una secuencia de ácidos nucleicos (Schleif, 1985), que presumiblemente son un signo único propio del organismo patógeno.

Puesto que el uso de las técnicas moleculares nos da una medición indirecta, existe un incremento en la probabilidad en la mala interpretación y por lo tanto conclusiones erróneas en el

diagnóstico (Hiney *et al.*, 1997). Es por eso que la legitimación de cualquier dato que se obtiene por medio de esta metodología requiere de un proceso de verificación al cual se le denomina validación.

La adecuada validación de una técnica es indispensable para la obtención de datos que puedan ser usados apropiadamente. Cuando se tienen mediciones indirectas con técnicas como las basadas en ADN, la importancia de la validación es todavía mayor.

La validación de las técnicas es el puente entre la técnica y su aplicación (Hiney *et al.*, 1998). Hoy en día este concepto está fuertemente unido al concepto de calidad total que está surgiendo a nivel mundial. Una técnica de detección puede ser solamente validada si es capaz de medir lo que se supone debe medir. Así, la validación no es propiedad de una técnica, pero sí de la aplicación de una técnica para un fin definido. Las evaluaciones de la validación no da respuestas de un sí, o un no en la validez de cualquier técnica, mejor entendido, da un grado de validez en el que se observan cuáles son los alcances y los límites de la técnica validada.

De este modo, entonces para todas aquellas personas involucradas en la toma de decisiones en granjas en operación, es un gran riesgo utilizar técnicas de muy baja validez, pues las posibilidades de una mala interpretación de los resultados son mayores, lo cual puede llevar a una inadecuada decisión y puede provocar un desastre económico en la granja. Por otra parte, es importante remarcar que los requerimientos más exigentes para la validación de técnicas deben de ser aplicadas por aquellas personas cuya función es comercial o de regulación.

Las propiedades claves para tener técnicas validadas son aquellas que contestan a diferentes preguntas aplicables tanto cualitativamente, como cuantitativamente. Las propiedades cualitativas están en función de la especificidad de la técnica, al saber si detecta solamente la especie que se quiere identificar, asimismo saber si es capaz de detectar a todos los miembros de dicha especie y si es posible que detecte cualquier especie cercanamente relacionada. Las propiedades cuantitativas se evalúan en términos de concentraciones mínimas y máximas que pueden ser detectadas, así como saber si es posible detectar la concentración de la especie a identificar en la muestra tratada. Por último, la propiedad de confiabilidad es necesaria con el fin de saber con qué frecuen-

cia se pueden producir resultados similares cuando sea repetida la técnica.

Hiney y Smith (1997) proponen que la validación de los estudios basados en el laboratorio son aquellos que pueden llevarse a cabo en los sistemas diseñados por el investigador. Por ejemplo, proponen que las técnicas basadas en ADN, cuya última aplicación se realizará en muestras del medio ambiente, deberían ser estudiadas en tres diferentes sistemas experimentales: en tubos de ensayo, en ambientes de microcosmos estériles y en ambientes de mesocosmos no estériles, para posteriormente poder ser aplicadas a muestras del medio ambiente.

Finalmente, el propósito de la validación de los estudios de laboratorio será identificar cualquier técnica cuya validez sea inaceptablemente baja examinada según sus propiedades cualitativas, cuantitativas y de confiabilidad. De esta forma, seleccionar las técnicas más confiables con el fin de poder obtener una adecuada interpretación de los resultados y por lo tanto una acertada decisión ante una problemática en los centros de producción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alsina, M. and Blanch, A.R., 1994.** Improvement and update of a set of keys for biochemical identification of *Vibrio* species. *Journal of Applied Bacteriology* 77, 719-721.
- Austin, B. and Austin, D.A., 1993.** *Bacterial Fish Pathogens: Diseases in Farmed and Wild Fish, 2nd ed.* pp 384. Chichester: Ellis Horwood.
- Bell, T.A y Lightner, D.V., 1988.** A handbook of normal penaeid shrimp histology. *World Aquaculture Society*. Baton Rouge. Louisiana.
- Bjarte, L. y Rune Waagbo.** The *in vitro* effects of micronutrients on the chemiluminescent response of Atlantic salmon (*Salmo salar*) phagocytes. *Methodologies in Fish Diseases Research*. (eds. A. Barnes, G. Davidson, M. Hiney and D. McIntosh) Albién Press, Aberdeen.
- Conroy, D.A. and Conroy, G., 1989.** Clinical examinations of diseased animals with emphasis on shellfish. In: *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish*. (ed. by B. Austin and D.A. Austin) pp 59-68. Chichester: Ellis Horwood, England.
- Dempsey, A.C. and Kitting, C.L., 1987.** Characteristics of bacteria isolated from penaeid shrimp. *Crustaceana* 52, 90-94.
- Gudmundsdóttir, B.K., 1996.** Comparison of extracellular proteases produced by *Aeromonas salmonicida* strains, isolated from various fish species. *Journal of Applied Bacteriology* 80, 105-113.
- Hiney, M., 1997.** How to test a test: Methods of field validation for non-culture-based detection techniques. *Bulletin of European Association of Fish Pathologist* 17, 245-250.
- Jiravanichpaisal, P., Miyazaki, T. and Limsuwan, C., 1994.** Histopathology, Biochemistry and Pathogenicity of *Vibrio harveyi* infecting black tiger prawn *Penaeus monodon*. *Journal of Aquatic Animal Health* 6, 27-35.
- Johnson, P.T., 1980.** Histology of the blue crab *Callinectes sapidus*. A model for the Decapoda. Praeger, New York.
- Lightner, D.V., 1993.** Diseases in cultured penaeid shrimp. In: *Handbook of Mariculture Crustacean Aquaculture second edition* (ed by McVey, J.P.). pp 393-486. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Lightner, D.V., 1996.** *A Handbook of Shrimp Pathology and Diagnostic Procedures for Diseases of Cultured Penaeid Shrimp*. World Aquaculture Society Baton Rouge Louisiana.
- McIntosh, D., 1997.** Bacterial Pathogenesis; Environmental Considerations. *Methodologies in Fish Diseases Research*. (eds. A. Barnes, G. Davidson, M. Hiney and D. McIntosh) Albién Press, Aberdeen
- Scheleif, R., 1986.** Genetics and Molecular Biology. (ed. Addison Wesley). USA.
- Song, Y.L., Liu, J.J., Chan, L.C. and Sung, H.H., 1997.** Glucan-induced disease resistance in tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Fish vaccinology, Developments in Biological Standardization Basel, Karger* 90, 413-421.
- Stanley, C., Hiney, M., Padley, D., Powell, R. and Smith, P., 1997.** Comparison of the application of culture – and non culture based techniques for the detection of *Aeromonas salmonicida* in laboratory simulation of a hatchery environment. *Abstract 8<sup>th</sup> International Conference of European Association of Fish Pathologist*, Edinburgh.



---

# DETECCIÓN DEL VIRUS DE “MANCHA BLANCA” EN CAMARÓN DE GRANJA MEDIANTE LA TÉCNICA PCR

---

Mejía-Ruiz, C. H., Morales-Chapa, C., Unzueta-Bustamante M., Ascencio-Valle, F., y Vázquez-Juárez, Ricardo

## RESUMEN

La técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) es la más valiosa de las herramientas desarrolladas hasta la fecha para la investigación en biología molecular. La capacidad de amplificar un fragmento específico del genoma de un organismo a partir de una secuencia de DNA conocida, ha sido utilizada para determinar desde los niveles de expresión de un gen en particular, en un determinado tejido y en un momento específico, hasta el desarrollo de sistemas de diagnóstico molecular que detectan la presencia de una bacteria, hongo o virus, patógenos para el humano u organismos de cultivo. En la acuicultura, esta técnica ha sido utilizada para la detección de enfermedades cuyo agente causal ha sido un virus, una bacteria o una rickettsia (Lightner y Redman, 1998). Auxiliados por dos juegos de “primers” que fueron diseñados para detectar la presencia del virus mancha blanca (WSSV) en la especie *Penaeus monodon* o camarón tigre (Lo, *et al.*, 1999), en el laboratorio se ha implementado un innovador sistema de diagnóstico para la detección de este virus en el camarón de granja.

Fundamentados en las bondades de la técnica PCR y en la alta sensibilidad y especificidad de su sistema, se han diseñado dos juegos de “primers” que amplifican una región del genoma del WSSV, cuya especificidad reconoce una región de DNA diferente a la de los “primers” diseñados por Lo *et al.* (1998), aun cuando éste se encuentra en pequeñas cantidades (copias) con respecto al DNA del hospedero. El sistema de diagnóstico que hemos implementado fue utilizado para detectar la presencia de WSSV en muestras de camarón (*P. vannamei* o *P. stylirostris*) obtenidas en zonas acuícolas con problemas del noroeste del país. Las ventajas que aporta el sistema contra los kits comerciales son: 1) su sensibilidad y especificidad es duplicada, debido a que permite reconocer dos lugares, regiones diferentes del

genoma viral, y 2) un solo producto de amplificación de cuatro posibles con los que se realiza el diagnóstico, es considerada como positiva, esto permite que pocas copias puedan ser amplificadas y por lo tanto la detección del virus puede realizarse en su etapa inicial.

La calidad de los DNA extraídos de camarón fue primero evaluado con “primers” específicos que amplifican por PCR el gen ribosomal 16S específico del orden decápoda. Posteriormente, se realizaron “pooles” de 10 muestras correspondientes a cada granja y se corrieron con los cuatro juegos de “primers”. Las muestras fueron finalmente corridas usando un kit comercial de PCR, obteniéndose los mismos resultados. De esta forma, el sistema de diagnóstico desarrollado en nuestro laboratorio fue ampliamente validado con el kit IQ2000, el cual es utilizado en todo el mundo. Actualmente se está optimizando el sistema para mejorar el tiempo de ejecución y abaratar los costos por reacción. Por otro lado, se presenta además la caracterización parcial del DNA viral a nivel de secuencia, la cual se está realizando a partir de los productos de PCR clonados y mantenidos en nuestro laboratorio.

## INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre las enfermedades de los camarones de granja datan de la década pasada, por lo que en muchas de ellas se desconoce el agente causal. Según Lightner *et al.*, (1985), existen 30 virus caracterizados, cuatro de ellos (*Baculovirus Penaei*, BP; Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus, IHNV; Hepatopancreatic Parvo Virus, HPV y; Taura Syndrome Virus, TSV) se les reconoce por tener impacto significativo en los laboratorios y granjas de camarón del continente americano (Lightner, 1996a, Lightner and Redman, 1998). No obstante, existen otros dos virus que actualmente están en proceso de ser evaluados en América: WSSV y YHV (White Spot Syndrome Virus y Yellow Head).

El WSSV o “Mancha Blanca” se describió primeramente en el noreste de Asia a principios de 1993, y rápidamente se observó su dispersión a otros países. En enero de 1999, la presencia de WSSV fue detectada en muestras de tejidos de camarón de granja en tres países centroamericanos: Nicaragua, Guatemala y Honduras. El primer reporte de epizootia se realizó en Honduras, donde los organismos de cultivo mostraron signos de estrés, los cuales son considerados no comunes para el periodo de cultivo. Más adelante, la sintomatología observada fue similar a la del síndrome de Taura (TS) (Jory, D.E., 1999). No obstante, se apreciaron los síntomas característicos para WSSV: letargia, anorexia y presencia de organismos moribundos nadando cerca de la superficie de los estanques. Los organismos presentaron, además, coloración rosada a café rojizo por la expansión de los cromatóforos cuticulares y la presencia de inclusiones blancas embebidas en la cutícula de *P. vannamei*, aunque en *P. stylirostris* no se observaron en fresco. Finalmente, se presentó una rápida y elevada mortalidad, alcanzando tasas de 100% en 3 a 10 días después de los primeros signos clínicos (Jory, D.E., 1999). Por otro lado, aunque en otros países se han identificado variantes no virulentas de WSSV, en México los estudios de una nueva variedad de WSSV aún no son conclusivos. Afortunadamente, es posible la detección rápida y definitiva del WSSV antes de o en los primeros estadios de la enfermedad, mediante técnicas de diagnóstico molecular como: PCR y Dot blot, entre otras (Lo *et al.*, 1999; Jory, D.E., 1999). Aquí se presentan los resultados obtenidos en la detección del WSSV en diferentes muestras de camarón, mediante un sistema de diagnóstico desarrollado en el laboratorio.

## METODOLOGÍA

### Muestreo y Fijación de muestras

De los camarones seleccionados en cada granja se seccionaron dos pares de pleópodos del abdomen de los organismos, y se fijaron en etanol al 75%, almacenándose a 4 °C, dentro de un tubo de microcentrífuga de 1.5 ml hasta su procesamiento.

### Extracción y evaluación de la calidad del DNA

El DNA se extrajo por el método reportado por Sambrook *et al.* (1989), y modificado según Lo *et al.*, (1999). A partir de 10 µg de DNA obtenidos de cada uno de los diez organismos muestreados por granja, se analizaron primeramente utilizando los “primers” 143F y 145R (todos los “primers” fueron sintetizados en el Instituto de Biotecnología de la UNAM) reportados por Lo *et al.* (1999), y diseñados para amplificar regiones internas del DNA genómico del propio camarón, con el fin de establecer la calidad del DNA para ser amplificado por PCR.

### Organización de las muestras de DNA y análisis por PCR

Posteriormente, se realizaron “pooles” de los DNA de cada granja que presentaban buena calidad, y se analizaron contra cuatro diferentes juegos de “primers” diseñados específicamente en el laboratorio para amplificar DNA de WSSV. Los diferentes “pooles” de DNA quedaron definidos como aparece en la tabla 1. Dos juegos de “primers” (146F/R1 y 146F/R2) fueron sintetizados según el reporte de Lo y *et al.*, (1999), mientras que los otros dos (WSF/R1 y WSF/R2) se diseñaron estratégicamente a partir de las secuencias de DNA de WSSV reportadas en el banco de datos GenBank (Access number: Q92007). El criterio para definir un resultado positivo se estableció obteniendo al menos una amplificación de cada juego de los cuatro “primers”. El DNA de WSSV extraído de camarones con infección severa fue utilizado como control positivo, los cuales produjeron amplificaciones de 1447, 941, 436 y 413 pb para los “primers” 146F/R1, 146F/R2, WSF/R1 y WSF/R2, respectivamente. Los parámetros de reacción fueron 94 °C por 12 minutos, un ciclo; 94 °C por 30 segundos, 55 °C por 30 segundos, 72 °C por dos minutos por 40 ciclos; y un ciclo de 72 °C por cuatro minutos para extensión final. En cada corrimiento de las muestras se ensayó un tubo de reacción con agua bidestilada y estéril como control negativo.

### Clonación y Secuenciación de productos de PCR

Los productos de PCR obtenidos con la Taq polimerasa correspondientes a la amplificación de

las muestras positivas para WSSV, con cada uno de los juegos de "primers" (146F/R1=1447; 146F/R2=941, WSF/R1= 436, y WSF/R2=413 pb), fueron clonados independientemente en el vector pGEM de Promega. La secuenciación de estos fragmentos está siendo realizada con un secuenciador Abi Prism 310 de Perkin-Elmer.

## RESULTADOS

En la figura 1 se observan los PCR analizados con los "primers" 143F y 145R que amplifican la región que codifica al RNA ribosomal 16S de decápodos, con ellos se determinó que la calidad del DNA para PCR era óptima en tales muestras. La evaluación con los "primers" WSF1/ WSR1; WSF2/ WSR2; 146F1/146R1; y 146F2/146R2 permitió detectar la presencia de DNA viral específico de WSSV en cuatro de los nueve "pooles". Las muestras que fueron positivas para WSSV se presentan en la figura 2, donde se puede observar con claridad que las muestras CIB2/99, CIB3/99, CIB5/99 y CIB7/99 generaron un único producto con al menos dos de los cuatro juegos de "primers", o sea amplificaron el fragmento de DNA esperado de 316 pb y 1447 pb con los "primers" WSF2/ WSR2 y 146F1/146R1, respectivamente. Un análisis de los nueve "pooles" de DNA corrido posteriormente con el kit IQ2000 de PCR para detectar WSSV y ampliamente utilizado en Centroamérica y Asia produjo exactamente los mismos resultados (figura 3) que los obtenidos con los "primers" diseñados y analizados en el laboratorio.

La caracterización de los productos de PCR clonados, realizada mediante análisis de restricción y secuencia, muestra el tamaño de fragmento de DNA esperado y, simultáneamente, la secuencia nucleotídica correspondiente al fragmento de 917 pb, que es hasta el momento la secuencia que más datos se tiene. El alineamiento de su secuencia, utilizando el algoritmo BLAST, contra las secuencias nucleotídicas del banco de datos GenBank, muestran una identidad de 99% con la secuencia reportada del WSSV (baculovirus) aislado de *P. monodon* (Lo y Kou 1997; GenBank accession number: U50923).

## DISCUSIÓN

Los resultados arriba descritos evidencian la presencia del Síndrome de la Mancha Blanca en camarones peneidos de algunas granjas del noroeste

del país. La sensibilidad y especificidad de la técnica de PCR, junto con los criterios manejados para determinar si un resultado es positivo o negativo, permitió observar que sólo las muestras CIB2/99, CIB3/99, CIB5/99 Y CIB7/99 (4 de 9) fueron positivas, las restantes cinco granjas no evidencian la presencia de DNA de WSSV, bajo ninguno de los juegos de "primers". Estos resultados fueron ampliamente confirmados con el kit comercial para detectar WSSV mediante PCR. Por tanto, se puede concluir: 1) la implementación de la técnica de PCR para detectar WSSV en muestras de camarón infectado es exitosa; 2) los "primers" seleccionados y diseñados amplifican exclusivamente regiones de DNA del WSSV y no de DNA de camarón; 3) el tratamiento de fijación para ser procesadas para PCR fue el adecuado en la mayoría de los organismos muestreados; 4) en la fecha que fueron muestreados, 4 de las 9 granjas de camarón resultaron con organismos infectados con WSSV.

## PERSPECTIVAS

- 1) Es posible definir cuántos y cuáles de los organismos de cada "pool" estaba infectado; lo que se piensa realizar cuando sea requerido.
- 2) Se están secuenciando los productos de PCR de las muestras positivas para iniciar la caracterización de la variedad de WSSV.
- 3) Los mismos fragmentos amplificados han sido clonados para que sean utilizados en la optimización del kit de diagnóstico, así como en su caracterización y desarrollo de sondas moleculares.
- 4) Se diseñarán otros sistemas de diagnóstico molecular que detecten otros patógenos que afectan la camarinocultura, tanto bacterias como virus. Actualmente se están haciendo los primeros análisis para detectar el virus "cabeza amarilla" o "Yellow Head".

## BIBLIOGRAFÍA

- Jory, D.E., 1999.** Shrimp white spot virus in the western hemisphere. *Aquaculture Magazine*. Vol. 25 No. 3. Pp. 83-91.
- Lightner, D.V., 1985.** A Review of the diseases of cultured penaeid shrimp and prawns with emphasis on recent discoveries and developments. pp 79-103. En: Taki, Y; J.H. Primavera, J.A. Llobrera (eds.) 1985. *Proceedings of*

the first international conference on the culture of penaeid prawns/shrimp.

**Lightner, D.V., 1996a.** The penaeid shrimp viruses IHNV and TSV: apizootiology, production impacts and role of international trade in their distribution in the Americas. *Revue Scientifique et Technique Office International des Epizooties*, 15(2):579-601.

**Lightner, D.V., 1996b.** A handbook of shrimp pathology and diagnostics procedures for diseases of cultured penaeid shrimp. Section 3: Viruses. World Aquaculture Soc. Baton Rouge, LA.

**Lightner, D.V. and Redman, R.M., 1998.** Shrimp diseases and current diagnostics methods. *Aquaculture*. 164:201-220.

**Lo, C.F. Hsu, H.C. Tsai, M.F. Ho, C.H. Peng, S.E. Kou, G.H. Lightner, D. V., 1999.** Specific genomic DNA fragment analysis of different geographical clinical samples of shrimp white spot syndrome virus. *Dis. Aqua. Org.* 35: 175-185.

**Sambrook, A. Maniatis, F. Fritsh, A., 1989.** *Molecular Cloning Protocols*. Cold Spring Harbor.



**Tabla 1.-Resumen de resultados de la prevalencia al WSSV en muestras analizadas colectados en granjas de cultivo de camarón en las costas de Sonora y Sinaloa.**

CLAVE GRANJA	No. ORGS/MUESTRA	"POOL" PCR (+)
CIB1/99	10	-
CIB2/99	10	+
CIB3/99	10	+
CIB4/99	4	-
CIB5/99	10	+
CIB6/99	10	-
CIB7/99	10	+
CIB8/99	10	-
CIB9/99	10	-

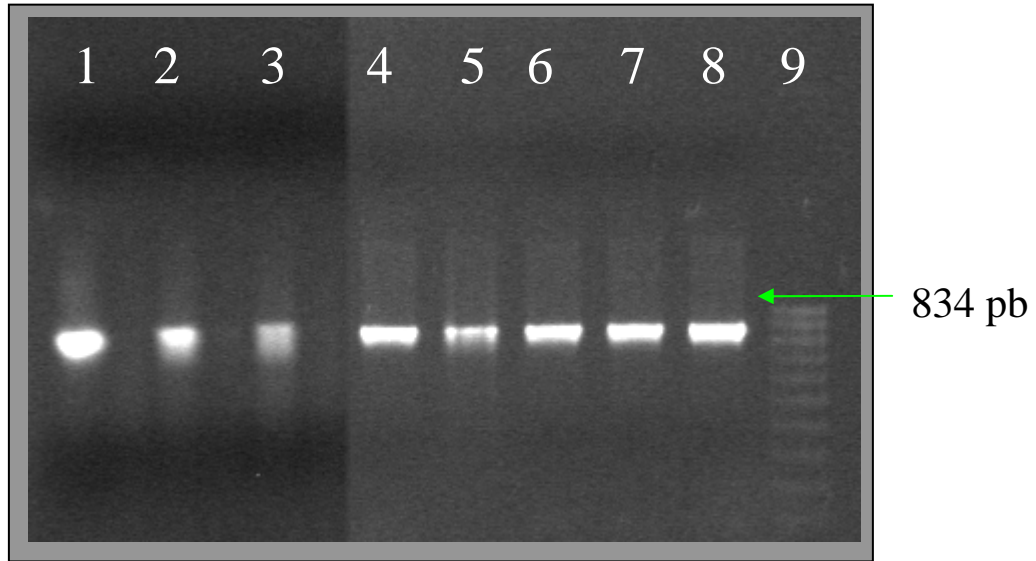


Figura 1.- Control externo: Amplificaciones de DNA de camarón obtenidas con los “primers” 143F y 145R. La figura muestra que la calidad de los DNAs es apta para ser utilizado en la detección de DNA viral

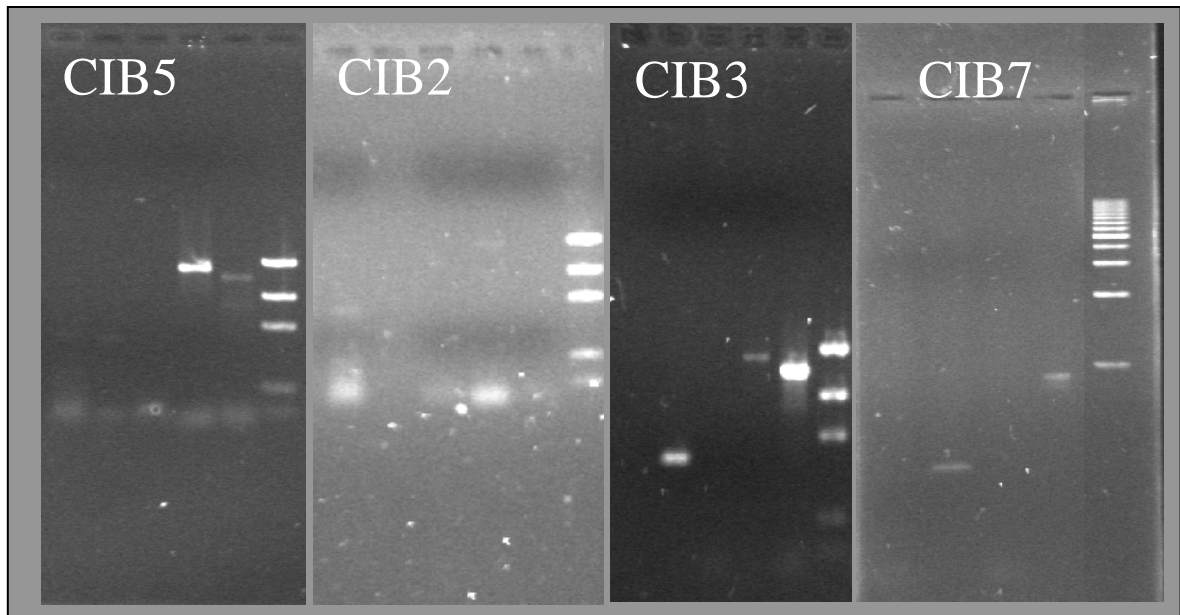
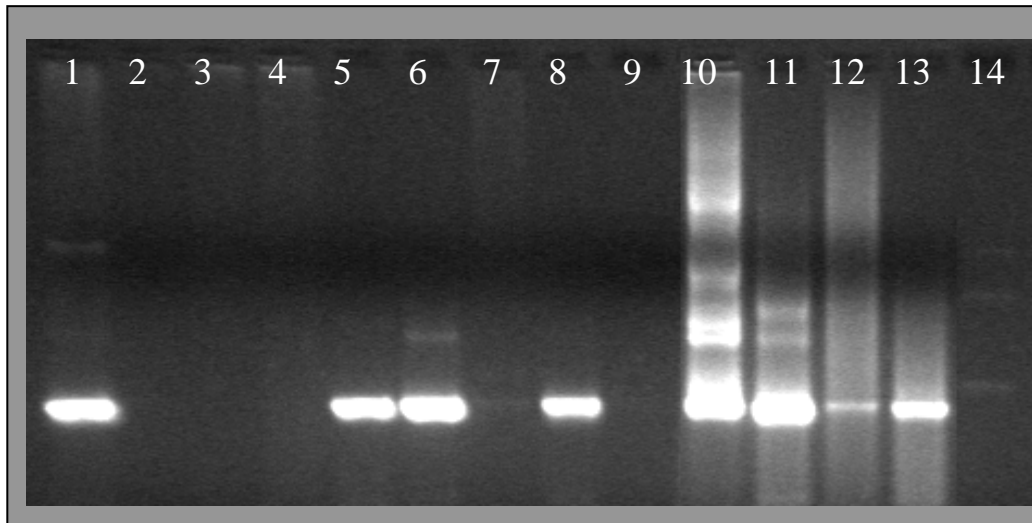


Figura 2.- Los geles muestran las amplificaciones obtenidas con diferentes juegos de “primers”. En las cuatro muestras donde resultó positiva la detección de WSSV, se amplificaron al menos dos de cuatro regiones de DNA.



**Figura 3.- Resultados del PCR para las muestras de camarones de 9 granjas de Sonora y Sinaloa, vistas en un gel de agarosa al 1.5%. Las muestras positivas a WSSV están representadas en los carriles 1, 5, 6 y 8. Los carriles 2, 3, 4, 7, y 9 son muestras con resultados negativos. Los carriles 10, 11, 12 y 13 son controles positivos. El carril 14 es el Marcador de Pesos Moleculares.**

# ¿MEJORABLE LA CALIDAD DEL AGUA QUE DRENAN LAS GRANJAS DE CAMARÓN?

M. en C. Antonio Silva Loera

Facultad de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California

**E**stá ampliamente documentado que toda actividad humana incide en modificar en alguna medida el entorno. Entre los elementos del entorno que más se emplean por las actividades del humano está el agua, misma que una vez utilizada en alguna forma se modifica su condición inicial.

Ante esta premisa, no escapan las consecuencias de la actividad de la acuicultura, que en función de la especie, características del sistema y condiciones de cultivo, así como del volumen de producción, entre otros factores, llega a ser mayor o menor la incidencia en la calidad del agua que se utiliza en esta actividad productiva.

Está documentado que la camaricultura, dada la magnitud de ésta, incide en alterar en alguna medida las condiciones del agua que se utiliza en las granjas y que en algún momento es retornada al cuerpo de agua costero de donde se tomó. Esto se debe a que es característico del proceso renovar constantemente determinado volumen. Esta agua drenada, llamada de desecho, es regresada, la mayoría de las veces al mismo cuerpo de agua de donde se tomó.

Considerando la extensión de las granjas que son surtidas de agua de algún cuerpo costero en particular, éste podría resultar con un potencial hidrodinámico limitado, restringido para asimilar cualquier cambio de las condiciones del agua. Bajo este esquema el riesgo de modificación o alteración del medio es grande. Esto plantea la necesidad de contar con la debida caracterización de los cuerpos de agua costeros susceptibles de ser utilizados en acuicultura. La evaluación de sus condiciones físicas, capacidad de asimilación a factores externos, deber estar enmarcada en términos de su uso sustentable, de lo contrario cualquier medida de control, regulación o mitigación será inadecuada y de escasa utilidad.

Es común que los cuerpos de agua sean esteros o lagunas costeras y escasamente mar abierto,

en donde esta actividad tendría un impacto mínimo.

Las investigaciones y análisis de las condiciones del agua que drenan las granjas camaroneeras revelan que los niveles de materia orgánica (disuelta y suspendida) nutrientes y sólidos suspendidos totales, de manera general, son mayores que los del agua que ingresa a la granja.

Como medida reguladora y control para esta actividad acuicultural existe el proyecto de norma NOM-089-ECOL-1994, que establece "... límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos de agua receptores, provenientes de las actividades de cultivo acuícola". Los valores ahí definidos para aguas salobres o marinas son los mostrados en la tabla 1.

Además de distintas regulaciones que proponen niveles mínimos de otros parámetros de calidad de agua, específicamente para descarga de agua derivada de la actividad "acuicultura".

La importancia de conocer valores de DBO, estriba en conocer qué potencial de materia orgánica y microorganismos están presentes en el agua que se acumulará en un cuerpo de agua receptor del agua drenada por la granja. La relación entre microorganismos y materia orgánica es la demanda de oxígeno molecular, que, de ser considerable y la capacidad de asimilación del cuerpo de agua receptor mínima, entonces se estaría en peligro que el cuerpo de agua receptor se torne anóxico.

Con respecto a los análisis de sólidos totales presentes en aguas drenadas, éstos detallan las

Tabla 1

Elemento	Promedio diario mg/L	Valor instantáneo mg/L
pH	6-9	6-9
DBO	35	70
SST	40	80

características de cuanta materia sólida y disuelta está presente. De esta última, la materia inorgánica disuelta estaría caracterizada por la presencia de minerales (principalmente cloruro de sodio, típico en agua de mar). En lo que respecta a materia disuelta orgánica ésta corresponde fundamentalmente a compuestos orgánicos disueltos como amonía, proteína, entre otros.

Es importante la regulación de sólidos suspendidos totales, ya que son acumulables en el cuerpo receptor de las aguas drenadas por las granjas de camarón y si no se conocen los patrones de circulación, tasas de renovación del agua y la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua receptores, la incertidumbre aumenta. Es conveniente conocer, al menos lo anterior, en los cuerpos receptores de las aguas drenadas para asegurar que las medidas recomendadas sean las adecuadas para la conservación del estado de salud inicial de estos cuerpos de agua.

En lo que concierne al pH, cuando se habla de agua de mar no hay que olvidar la gran capacidad amortiguadora que posee el agua de mar, debida al sistema del dióxido de carbón (carbonato-bicarbonato). Lo anterior favorece que sea característico del agua de mar tener un pH ligeramente básico (pH marino 8.2 promedio), por esta razón se considera que no es preocupante como variable contaminante la variación de pH en las aguas marinas drenadas por granjas de camarón.

Como solución a este problema de contaminación debido al cultivo de camarón, se han investigado varias estrategias, todas ellas funcionales, al menos experimentalmente, en la eliminación de algunos de los elementos contaminantes. Estas medidas no han sido tomadas en serio por los productores de camarón, aunque demuestran interés en el tema. Lo anterior se debe en buena medida a que se trata de opciones no probadas ni vistas operando en granjas, además que consideran que "añadir" algo más al cultivo podría tener efectos no deseados en la producción.

La evidencia experimental, de las opciones que a continuación se explicarán, confirman el funcionamiento positivo para retirar algunos de los elementos contaminantes regulados en las aguas de desecho de la actividad acuacultural.

Entre las estrategias experimentadas está el uso de macroalgas que se caracterizan por utilizar los nutrientes presentes en el agua drenada; sin embargo no son eficaces para retirar otro tipo de contaminantes, como son sólidos suspendidos, entre otros. El uso de macroalgas como un ele-

mento alternativo de purificación del agua drenada por las granjas, presenta el inconveniente en cuanto a la manera de aplicación y mantenimiento en las granjas. Se ha hablado de colocarlas dentro del estanque de cultivo y que teóricamente representaría un ingreso extra por la venta del subproducto, como sería el alga misma. Sin embargo, no se sabe cuáles son los efectos reales sobre los camarones en cuanto a su desarrollo, mortalidad y enfermedades. Es necesaria mucha más información generada en los climas y condiciones naturales donde se cultiva camarón. Se nos ha preguntado como serían las estructuras para "retener" a las macroalgas para que no se dispersen en el estanque, la respuesta tendría gran importancia para el productor. Otra consideración importante es si se piensa colocar las macroalgas sobre los canales. Además del riesgo potencial de escape de las macroalgas, o de sus esporas reproductoras, hacia el cuerpo de agua receptor en donde sería un vegetal transfaunado, es sumamente importante considerar mantener los flujos libres del agua en los canales de drenaje.

Con la intención de remover sólidos particulados, se ha pensado en utilizar organismos filtroalimentadores, como almejas, ostiones o mejillones. Se ha propuesto que éstos, al igual que las macroalgas, podrían llegar a ser un subproducto de la camaronicultura. Está documentado y es de todos conocido que estos organismos, dependiendo de la especie y condiciones fisiológicas, cuando están en presencia de concentraciones elevadas de material particulado, producen pseudoheces que no es otra cosa que el mismo material filtrado, el cual retorna al medio. Definitivamente, lo que sí son capaces de retirar del agua eficazmente serían microalgas, de quienes se debe de evaluar su impacto en los cuerpos receptores de agua, antes de ser consideradas como contaminantes como tal.

Es importante resaltar los comentarios de algunos granjeros sobre el potencial de comerciar con subproductos, como las macroalgas o bivalvos. Se considera un riesgo añadido el practicar policultivos en donde el cultivo de camarón tiene su propia problemática aún no resuelta en su totalidad (enfermedades, producción larval, eficiencia, entre otros).

Además de lo anterior, se ha probado de manera experimental la operatividad de reactores biológicos, cuya eficiencia es evidente para abatir los niveles de materia orgánica presente en el agua de las granjas de camarón. Al parecer el

tamaño necesario de un equipo de estas características, para tratar los volúmenes de agua que se manejan en las granjas, debería de ser considerable. El principio operativo es el tiempo de residencia del agua en el biorreactor para dar oportunidad a que las bacterias realicen su trabajo.

Existe una opción alterna de gran eficiencia, como son utilizar lagunas de oxidación. La limitante es el espacio, pues para tratar los volúmenes de agua de una granja se ocuparía casi una quinta parte del espacio de la granja, que obviamente, se aplica a la producción.

Asimismo, se ha evaluado la aplicación del concepto de fraccionamiento de espumas, cuyo principio operativo ha sido ampliamente utilizado en la industria y en varios procesos químicos. El principio físico fundamental estriba en la capacidad que tienen las moléculas orgánicas de ser polares y por ende tienden a ordenarse en toda superficie.

Al respecto hemos diseñado un prototipo que funciona aplicando este principio. Éste ya se probó en una granja camaronesa, entre los elementos separados del agua del dren de la granja se encontró: materia orgánica disuelta, posteriormente analizada, identificada como elementos de origen proteico. También se registraron altos niveles de sólidos suspendidos. Los análisis de la DBO fueron menores en el agua saliente del prototipo con respecto a la entrante, lo cual es el reflejo de los sólidos suspendidos y disueltos retenidos. Una característica de esta infraestructura es que no limita el flujo de los drenes del agua utilizada en la granja.

Finalmente, es importante resaltar el interés y esfuerzo que por parte de los investigadores nacionales han venido desarrollando en la última década para aportar una solución al problema de la conservación del ambiente, en particular lo que se refiere a la sustentabilidad de la camaricultura. Asimismo, es evidente que sigue haciendo falta más investigación, en particular en este tema; es necesario que el sector productivo sea el soporte de las investigaciones que hagan falta. Es importante que en nuestras propuestas de investigación intentemos involucrar al sector productivo, ofertándole los costos de su ausencia en los resultados de la investigación.



---

# SANIDAD ACUÍCOLA: ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA

---

M. en C. Víctor Ildelfonso González Gallardo

Centro Regional de investigación Pesquera de Mazatlán  
Instituto Nacional de la Pesca - SEMARNAP

## INTRODUCCIÓN

La camaronicultura en México ha tenido un desarrollo importante desde finales del decenio de 1980, lo que le ha permitido constituirse como una actividad floreciente, y los estados costeros de Sonora, Nayarit y Sinaloa son los principales productores. En 1989, Sinaloa produce 2,806 ton, que significó 98.6% de la producción nacional (González, 1993). En 1998, Sinaloa sigue siendo el estado con mayor participación en la industria camaronícola en el ámbito nacional con 14,643 has en operación, distribuidas en 188 granjas que funcionan con los sistemas de cultivo extensivo, semiintensivo e intensivo, con una producción de 13,370 ton (Departamento de Acuicultura en Sinaloa, SEMARNAP, 1999).

Estos niveles alcanzados son debidos al gran esfuerzo y confianza que los productores han depositado en esta actividad acuícola, así como al conocimiento adquirido en el manejo del cultivo por parte del personal técnico de las diferentes granjas camaroneras.

Las prácticas de manejo que se desarrollan actualmente en el cultivo de camarón principalmente se basan en contar con una poslarva vigorosa que le permita altos valores de sobrevivencia, tener un alimento de óptima tasa de conversión alimenticia y con alto contenido de proteínas, procesos de fertilización para estimular el crecimiento del fitoplancton y la medición de algunas variables físicas, químicas y biológicas con el fin de conocer con qué calidad de agua están llevando el cultivo. Estas últimas actividades a pesar de su importancia e interés, en algunas granjas no se evalúan rutinariamente, y las que lo hacen se concretan a ciertas variables ambientales como temperatura, salinidad, pH, oxígeno disuelto y transparencia y esporádicamente a la determinación de nutrientes y metabolitos tóxicos. Esta

falta de evaluaciones es más notoria en los centros de acopio de poslarvas de camarón, y como consecuencia pone en riesgo la sobrevivencia de los organismos, o bien, la venta de una poslarva de mala calidad.

La importancia del conocimiento de las principales variables de la calidad del agua puede ayudar a determinar el potencial del cuerpo de agua que se está utilizando (Boyd, 1997) y detectar a tiempo los factores que están causando algún tipo de inhibición o limitación en el crecimiento y sobrevivencia del camarón, además de reducir factores que pueden poner en estrés a los organismos en cultivo y consecuentemente problemas de enfermedades bacterianas y virales, principalmente (Teichert, 1994).

Por tanto, la calidad de agua juega un papel muy importante en el cultivo de camarón, ya que influye considerablemente en la salud de los camarones en cultivo y los niveles de producción pueden ser afectados fuertemente. De aquí el interés de que la evaluación de la calidad de agua en granjas camaroneras se considere como un factor relevante en la investigación de la sanidad acuícola.

## ANTECEDENTES

A pesar que el cultivo de camarón en México se viene desarrollando en forma acelerada desde 1984, como una alternativa de producción, los estudios de calidad de agua en los estanques de camarón son relativamente pocos, y los que existen están enfocados principalmente al registro de variables físicas y químicas a través de un ciclo de cultivo y a la evaluación de aquellas variables ambientales que tienen una relación con variaciones diurnas del fitoplancton y flujo de nutrientes, entre los que podemos citar a Páez *et al.* (1997) y Cortés *et al.* (1995). Ninguno de ellos relacionados con aspectos que pueden detonar un proble-

ma con la salud de los camarones. Un ejemplo claro de la importancia del conocimiento de la calidad de agua en las granjas, se presentó en mayo de 1995 en Sinaloa, con la aparición de la enfermedad parecida al Síndrome de Taura, donde a falta de registros de variaciones ambientales no se pudo relacionar algo que indicara si existió una(s) variable(s) que detonaron este problema sanitario.

Otro tipo de información que se produce es la generada en los monitoreos que se realizan en cada uno de los ciclos de cultivo de las granjas camaroneras, la cual es de gran importancia, pero sólo queda al nivel de manejo en estas unidades de producción.

El manejo de la calidad de agua en las granjas camaroneras de Sinaloa se ha llevado a cabo principalmente basándose en diversos artículos y manuales de investigadores extranjeros como Boyd (1986,1990,1998), Brune y Tomaso (1991), Chien (1992) y Clifford (1992). Además de los manuales de operación de empresas acuícolas como Super Camarón (1997) y C.P. Acuicultura México (1993).

En Sinaloa, las instituciones de investigación como el Centro de Ciencias de Sinaloa, CIAD-Mazatlán, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (UNAM) y la Facultad de Ciencias del Mar (UAS), prestan servicios de análisis de la calidad de agua a granjas camaroneras, independientemente de los trabajos de investigación que desarrollan. Por su parte, el Centro Regional de Investigación Pesquera de Mazatlán (INP) tiene implementado el proyecto de sanidad acuícola desde hace tres años, el cual contempla en sus actividades; monitoreos de calidad de agua en granjas camaroneras y centros de acopio de poslarvas de camarón. Estos análisis de agua son: la evaluación de la carga bacteriana de heterótrofas totales y del género *Vibrio spp.* y las variables físicas y químicas que se consideran esenciales para el desarrollo de los camarones.

La información generada por el proyecto Sanidad Acuícola del CRIP-Mazatlán ha permitido a los responsables del manejo de las granjas y centros de acopio, implementar medidas de prevención y corrección a través del ciclo de cultivo.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO SANIDAD ACUÍCOLA CRIP- MAZATLÁN

### Calidad de agua

#### Objetivo general:

Evaluar e identificar las condiciones adversas de la calidad de agua que limitan el crecimiento y sobrevivencia de camarones en cultivo.

#### Objetivos particulares:

- Evaluar la carga bacteriana de heterótrofas totales y del género *Vibrio spp.* en el agua de cultivo de granjas camaroneras y centros de acopio de poslarvas.
- Evaluar las variables físicas y químicas del agua que se consideran esenciales para el desarrollo de los camarones en cultivo y centros de acopio de poslarvas.

#### Metas

- Contar con información cuantitativa de las cargas bacterianas heterótrofas totales y del género *Vibrio spp.*, presentes en el agua de granjas y centros de acopio, con el fin de establecer regionalmente las concentraciones óptimas para el cultivo.
- Contar con información cuantitativa de las variables físicas y químicas del agua utilizada en granjas camaroneras y centros de acopio de poslarvas, con el fin de establecer regionalmente los intervalos óptimos para el crecimiento y sobrevivencia de los camarones en cultivo.
- Proporcionar a los cultivadores de camarón en Sinaloa información técnica del manejo de la calidad de agua en el área de la sanidad acuícola, lo que les permitiría obtener mejores niveles de producción.
- Continuar con la operación e instrumentación del laboratorio de sanidad acuícola, para afrontar la problemática sanitaria de la camaronicultura en aspectos de la calidad de agua.

#### Problemática

1. Carencia de personal con experiencia y capacitación para afrontar y resolver en el campo los problemas biotecnológicos que se presentan en el proceso de producción, en este caso se ha observado que las medidas a

- tomar no se manejan con rapidez y madurez técnica.
2. La falta de personal y equipo técnico en las granjas camaroneras no permite que se diagnostique en primera instancia la variabilidad de las condiciones medio ambientales que pueden detonar un desajuste biológico en los organismos en cultivo, lo que produce riesgos de problemas sanitarios.
  3. Se carece de una capacitación de respuesta inmediata en la entrega de resultados de los análisis de agua por parte de los laboratorios particulares y centros de investigación, lo que no permite tomar las medidas convenientes en el momento de un cambio de las variables físicas, químicas y biológicas, debido éstas al medio ambiente o al manejo de la técnica utilizada, lo que puede conducir a problemas sanitarios.
  4. El sector productivo desconoce los trabajos regionales de investigación de calidad de agua que se están realizando en el área de la sanidad acuícola. Lo que conlleva a la consulta de manuales, publicaciones científicas, libros, entre otros, llevados a cabo en otras regiones del planeta y con especies en algunos casos diferentes a las que se cultivan en México. Lo anterior si la empresa tiene los mecanismos a su alcance.
  5. Existe un desconocimiento general de la calidad de agua que se está utilizando de los sistemas lagunares, lo que ha llevado en ocasiones a instalar granjas camaroneras en sitios inadecuados, con los riesgos de manejo de la técnica de cultivo, bajos niveles de producción y con tallas comerciales chicas, problemas sanitarios y fuertes pérdidas económicas.

## Propuestas

- Fortalecer los servicios y estudios al sector productivo camaronícola en el renglón de la calidad de agua, así como su participación, para asegurar un sistema productivo confiable y sano, donde se viertan las nuevas tecnologías del cultivo de camarón.
- Implementar un sistema de capacitación en sanidad acuícola dirigido al personal técnico de las granjas camaroneras, en el cual se cubran aspectos de calidad de agua, donde se les dé las herramientas para un manejo sano del agua y así minimizar los problemas sanitarios y obtener producciones exitosas.
- Integrar a la Red de Investigación en Acuicultura a los laboratorios particulares que prestan los servicios de análisis de agua, para obtener información de apoyo a los proyectos de investigación y a los problemas que enfrenta el sector.
- Incorporar estudios más profundos en calidad de agua, como los sedimentos, plaguicidas, metales pesados, entre otros, que en el presente y futuro ayuden a resolver los problemas sanitarios en la camaronicultura.
- Integrar los niveles de información científica en forma ordenada y jerarquizada, procurando que ésta llegue al sector productivo en tiempos cortos, por medio de revistas nacionales de divulgación técnica.



---

# ASPECTOS SANITARIOS DE LA LANGOSTA AUSTRALIANA DE AGUA DULCE *Cherax quadricarinatus*

---

M. en C. Margarita Hernández Martínez,  
Dr. Porfirio Álvarez Torres,  
Biól. Alejandro Pérez Velázquez

Instituto Nacional de la Pesca  
Dirección General de Investigación en Acuicultura

## INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de especies de alto rendimiento económico y técnicamente adaptables para la acuicultura, en los últimos años muchos países han realizado introducciones de organismos acuáticos exóticos vivos para su cultivo. En algunos casos, las estadísticas de dichas introducciones reportan grandes volúmenes de producción con perspectivas favorables hacia un desarrollo, incluyendo impactos económicos y sociales considerables. Sin embargo, también se tienen ejemplos bien documentados y escenarios que, por el contrario, son considerados nocivos para la acuicultura, los recursos naturales nativos, las otras actividades productivas e incluso para la salud humana.

Entre las especies que destacan por su interés para el cultivo se encuentra la langosta de agua dulce del género *Cherax*, introducidas recientemente en Estados Unidos (a mediados del decenio de 1980), Cuba y México (1990), Ecuador (1994), y cuya promoción alcanza sin lugar a dudas amplias expectativas económicas.

El objetivo del presente trabajo es proporcionar información específica sobre las principales enfermedades reportadas que afectan a la especie *Cherax quadricarinatus*, a partir de una exhaustiva revisión bibliográfica de literatura especializada. Esto, debido a que en México se carece, hasta el momento, de estudios publicados en esta materia y por considerar a las enfermedades y patógenos presentes de esta especie como potencialmente peligrosos para otros organismos acuáticos cultivados y para las especies nativas mexicanas. Adicionalmente se discuten algunos aspectos re-

lacionados con el panorama de su producción mundial y sobre los impactos ecológicos.

Entre los principales elementos requeridos para llevar a cabo introducciones bajo un marco de prácticas de control sanitario, es contar con unidades adecuadas de cuarentena, servicios de laboratorio de análisis sanitario y diagnóstico de enfermedades, con capacidad para estudiar aspectos de virología, bacteriología, micología, parasitología y análisis de calidad de agua entre otros. Asimismo, se requiere contar con personal altamente capacitado y especializado en esta disciplina y conocimiento detallado y actualizado de los agentes patógenos potenciales.

Se conocen más de cien especies de langostas de agua dulce australianas, pero sólo tres de éstas se cultivan actualmente. Éstas son el “marrón”, *Cherax tenuimanus*, el “yabbie”, *Cherax destructor*, y el “red claw”, *Cherax quadricarinatus*, que son nativas de diferentes regiones de Australia y presentan distintas historias naturales.

Entre las especies del género *Cherax* consideradas con gran potencial para la acuicultura se encuentran *C. quadricarinatus* debido a su tamaño, rápido desarrollo y alta fecundidad (Herbert, 1988; Grofft *et al.* 1993).

## MERCADO

De acuerdo a la información estadística disponible (1986-1995), sólo unos cuantos países reportan a la FAO informes de producción de acuicultura de estas especies; en orden de importancia se encuentran: Australia y Sudáfrica (figura 1). De las tres especies descritas, conviene destacar al “yabbie”, *C. destructor*, como la que más divisas genera principalmente en Australia, y ello lo de-

muestra la tendencia de la producción a incrementarse para 1995 con 273 toneladas en peso vivo con un valor aproximado en el mercado de 2,188,000 de dólares. Esta información refleja el panorama general del crecimiento que ha tenido la producción por acuicultura de estos crustáceos y cuál de éstas especies ha visto intensificado su cultivo.

## ENFERMEDADES

Es posible que las enfermedades reportadas en el presente documento incluso sean especies comunes de otros organismos acuáticos similares (Brett, 1987), sin embargo, algunas de éstas son difícilmente detectables con métodos tradicionales de diagnóstico y se caracterizan por su gran agresividad.

Con respecto a la presencia de agentes virales Anderson (1990), Groff *et al.*, (1993); y Villareal *et al.* (1986), han identificado a un baculovirus no ocluido en las células del hepatopáncreas. Asimismo, se ha reportado la presencia del *Cherax baculovirus* y *Cherax giardiavirus-like* (CGV) en granjas de Australia (Edgerton *et al.*, 1995), además del virus *Cherax quadricarinatus bacilliforme* (CqBV) (Edgerton y Owens, 1997).

Las enfermedades bacterianas de la langosta de agua dulce no son tan comunes o severas como las fúngicas, aunque existen excepciones, como la septicemia de la langosta por el *Aerococcus viridans*. Además, existen reportes de la presencia de *Vibrio cholerae* y *Pseudomonas sp.*

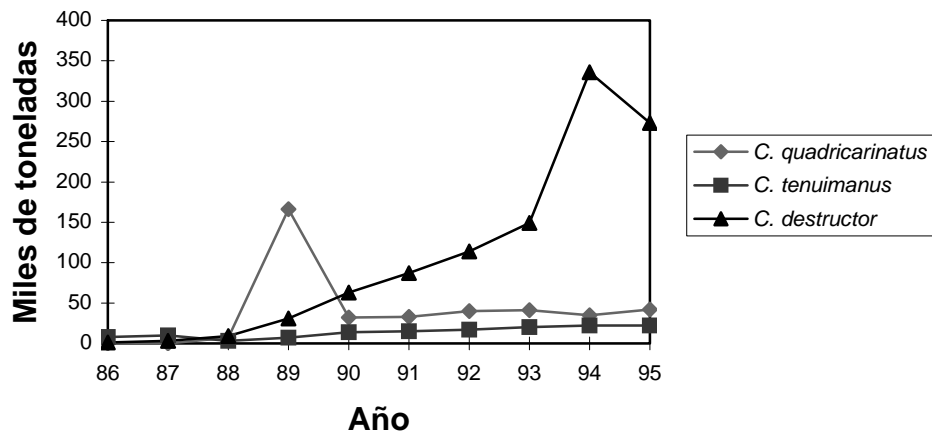
Los protozoarios del tipo de los microsporidios al parecer son los únicos parásitos que se cree puedan ser potencialmente peligrosos en las langostas cultivadas en Australia. Otros patógenos observados son los ciliados *Zoothamnium sp.* y *Epistylis sp.* Brett (1987), *Vorticella sp* y *Lagenophrys sp.* (Herbert, 1987).

Por otra parte, se ha denominado a el hongo *Aphanomyces astaci* como el causante de la enfermedad denominada “plaga de la langosta”, la cual al parecer fue introducida en Europa hace más de 100 años, devastando las poblaciones de langostas europeas debido a su baja resistencia a este patógeno (Herbert, 1987).

Igualmente, se ha reportado la presencia de nemátodos (Evans, 1986; en Huner, 1994), sin que hasta el momento hayan sido identificados, además de algunos platelmintos como son los Temnocéfalos (Sammy, 1989; en Lester, 1991).

## ETOLOGÍA E IMPACTO ECOLÓGICO

Debido a que este crustáceo es una especie introducida, hay muy poca información sobre el comportamiento poblacional de este género, distribución por tallas y pesos, condiciones de cautiverio, particularmente en latitudes diferentes a su lugar de origen. *C. quadricarinatus* es una especie que presenta agresividad intraespecífica, en etapa juvenil, observándose además un canibalismo muy marcado (Jones, 1995; en Romero y Murillo, 1996).



**Figura-1 Producción mundial (Ton) por acuicultura de 3 especies del género *Cherax*, durante el periodo de 1986 a 1995.**

Fuente: *Aquaculture production statistics (1986-1995)* FAO, 1997.

Existen múltiples incertidumbres con respecto al efecto que una especie introducida a un nuevo ambiente puede causar, es por esto necesario determinar y orientar la investigación que es necesaria realizar con esta especie, tales como identificación de organismos patógenos del *Cherax spp.*, que pueden representar un riesgo para otras especies de organismos acuáticos cultivados y silvestres; vías de transmisión de enfermedades hacia otras especies acuáticas y áreas libres de estos patógenos; determinación de tratamientos profilácticos y terapéuticos; etología bajo condiciones de cautiverio.

## CONCLUSIONES

La introducción de las especies del género *Cherax spp.* a México podría tener consecuencias negativas inesperadas, las cuales aún es posible evitar, por consiguiente se recomienda que las instituciones de investigación nacionales realicen diversos estudios que aporten los elementos necesarios para el establecimiento de medidas y regulaciones precisas y claras para controlar su importación, tanto de organismos vivos como para el consumo y garantizar de esta manera la inexistencia de riesgos potenciales para las especies nativas por la introducción de enfermedades.

Otro aspecto de igual magnitud es considerar el impacto que pueden ejercer organismos liberados incidental o intencionalmente al medio silvestre a través de descargas de los centros de producción o por aficionados sin cultura ecológica del daño que representa esto. Este impacto puede reflejarse en daños al ambiente físico (suelo) hasta desplazamiento y/o eliminación de especies nativas por interacciones con la especie introducida como pueden ser de competencia por el hábitat, alimento o por depredación de huevecillos, larvas u otras fases de desarrollo de especies nativas que debido a su historia evolutiva se encuentran más especializadas a ciertos ambientes, lo que las vuelve más vulnerables a cualquier perturbación del mismo.

Asimismo, se requiere realizar una evaluación de los sitios en que esta especie ya ha sido introducida, verificando que las actividades concernientes al cultivo se realicen con estricto apego a las leyes y reglamentos vigentes, como son el adecuado manejo de la(s) especie(s), así como un correcto mantenimiento de las instalaciones e infraestructura utilizada en su cultivo. De igual

modo, es patente la necesidad de realizar estudios tanto sanitarios como de comportamiento en cautiverio y los efectos de estos organismos sobre la fauna nativa de las cuencas y aguas mexicanas.

Todo ello será sin duda un gran paso para garantizar la conservación de los recursos naturales nativos de nuestro país, como las inversiones de los interesados en el desarrollo de proyectos productivos, en el contexto del desarrollo sostenible de la acuicultura.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson I.G., 1990.** Diseases- what type and how to prevent them. *Australian Fisheries* 49(11): 32-34.
- Brett, H., 1987.** Notes on Diseases and Epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*, (64): 165-173.
- Edgerton, B., L. Owens, A. Harris, A. Thomas y M. Wingfield, 1995.** A health survey of farmed redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens), in tropical Australia. Freshwater-Crayfish-Tenth-International-Symposium-of-Astacology. Louisiana, U.S.A. 322-338
- Edgerton B. y L. Owens, 1997.** Age at first infection of *Cherax quadricarinatus* by *Cherax quadricarinatus* bacilliform virus and *Cherax giardiavirus* like virus, and production of putative virus-free crayfish. *Aquaculture* 152(1-4): 1-2
- FAO Fisheries Circular, 1997.** Aquaculture production statistics 1986-1995. No. 815, Rev. 9, Rome, FAO. 195 p.
- Groff, J.M., T. McDowell, C.S. Friedman y R.P. Hedrick, 1993.** Detection of Nonoccluded Baculovirus in the Freshwater Crayfish *Cherax quadricarinatus* in North America. *Journal of Aquatic Animal Health*. (5):275-279.
- Herbert, B., 1987.** Notes on diseases and epibionts of *Cherax quadricarinatus* and *C. tenuimanus* (Decapoda: Parastacidae). *Aquaculture*. 64(3): 165-173.
- Herbert, B.W., 1988.** Infection on *Cherax quadricarinatus* (Decapoda: Parastacidae) by the microsporidium *Thelohania* sp. (Microsporida: Nosematidae). *Journal of Fish Diseases*. (11): 301 -308.
- Huner, J.V., 1994.** Freshwater Crayfish Aquaculture in North America, Europe and Aus-

tralia: Families Astacidae, Cambaridae and Parastacidae. Haworth Press Inc. 220-263 pp.

**Jones, C.M., 1995.** Production of juvenile redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens) (Decapoda: Parastacidae). II. Juvenile nutrition and habitat. *Aquaculture* . (138): 239-245.

**Lester R.G., 1991.** Temnocephalan symbionts of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* from northern Australia. *Hidrobiologia* 227:341-347

**Romero, M.X. y P. Murillo, 1996.** Estimación de la biomasa y distribución de pesos en langosta de agua dulce. *Acuicultura del Ecuador*. (16): 15-17

**Villarreal H. y R.W. Hutchings, 1986.** Presence of Ciliate Colonies on the Exoskeleton of the Freshwater Crayfish *Cherax tenuimanus* (Smith) (Decapoda:Parastacidae). *Aquaculture*. (58): 309-312.



---

# PANORAMA Y PERFILES DE UNA ZONOSIS MEXICANA: GNATOSTOMIASIS

---

Dr. Emilio Cruz Aubry

Instituto Nacional de la Pesca

## DENOMINACIÓN

Larva migratoria, Paniculitis, Migratoria Paniculitis Nodular Eosinofílica, enfermedad serpigino-sa.

## DEFINICIÓN ETIOLÓGICA

**E**nfermedad parasitaria producida por un nematodo del género *Gnathostoma*, descubriéndose en nuestro país tres especies de las veinte conocidas en el mundo *Binucleatum*, *Procyonis* y *Turgidum*, pudiéndose encontrar en diferentes estadios, en animales terrestres, aves y acuáticos, y al ser consumidos como alimento por el hombre se parasita.

## ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En 1836 el doctor. Richard Owen descubre por primera vez este parásito, denominado *Gnathostoma*, en la cavidad gástrica de un tigre de bengala, que murió en el parque zoológico de Londres; 1869 el doctor H. Levinsen descubre el primer caso en humanos, en el seno de una mujer tailandesa.

Resultaría importante continuar con citas históricas científicas, pero se hará mención de algunas importantes realizadas por investigadores científicos mexicanos: 1956, el doctor Eduardo Caballero Caballero *et al.* fueron los primeros en descubrir la existencia de este nematodo en el estómago de un tlacuache (*Didelphis marsupialis*), en el estado de Chiapas; en 1970 al doctor Dioniseo Peláez *et al.* se les atribuye ser los primeros en descubrir un *Gnathostoma* en un hombre joven proveniente del bajío mexicano; de esta manera, los investigadores fueron realizando trabajos para diferentes instituciones o de manera independiente.

## OBJETIVOS

### General

Mediante encuestas epidemiológicas conocer la incidencia de la gnatostomiasis en nuestro país.

### Específico

#### Inmediato

Establecimiento de bases para determinar la magnitud del problema a nivel nacional.

#### Mediato

Determinar el grado de infestación de los peces acuáticos que habitan en diferentes cuerpos de agua en los estados de Campeche, Chiapas, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas, Sinaloa, Yucatán y Veracruz.

#### Circunstancial

Motivar a las secretarías de Estado involucradas desde su producción hasta su consumo a cumplir con su responsabilidad ante este gran problema de salud pública. Tales como Pesca, Educación, Salubridad, Agricultura, Ganadería (sanidad animal), Turismo; universidades; instituciones científicas; medios de comunicación, con el fin de cooperar, atender y resolver esta zoonosis en su endemia y epizootia.

Con base en el estudio integral de los objetivos aplicativos, se establecerá un marco propositivo para ejercer la medicina preventiva y, consecuentemente, la curativa y obviamente las medidas de control.

## METODOLOGÍA

Se ha diseñado el formato que se aplicará en el sector salud, pesquero, académico y científico, para determinar los casos clínicos, patológicos en peces (sanidad acuícola).

Se aplicará la técnica adecuada para el aislamiento de larvas gnathostomicas en los peces muestreados.

Se ha definido el método que establece una correlación entre los hallazgos parasitólogos del pescado y los casos clínicos en humanos con *Gnathostoma*.

Complementario al estudio de los cuerpos de agua en cuestión, se ha realizado una evaluación inicial, longitudinal y los informes oportunos acerca de los avances en este proyecto.

Se llevará a cabo un informe final con los resultados respectivos, conclusiones, recomendaciones y medidas propositivas para el establecimiento de un mecanismo de coordinación interinstitucional para buscar soluciones ante esta problemática, propuestas sobre medidas de control sanitario y para el consumo de estos productos alimenticios. Asimismo, adicionar el estudio importante de los cuerpos de agua (programas de ictiocultura).

A la fecha no existe en nuestro país un estudio técnico-científico completo de la situación real que prevalece de esta zoonosis. No existen datos estadísticos del número de casos o parámetros, en ninguna entidad federativa; no hay pruebas de ingeniería estadística; a pesar de que existen instituciones que en forma parcial han contribuido a esta investigación, entre ellos el Instituto de Biología de la UNAM, la división de Salud y Biología de la UNAM y este caso, que de alguna manera ha contribuido para su estudio.

Conocemos las zonas consideradas como enzooticas y endémicas, cuya incidencia varía, ocupando el primer lugar el estado de Nayarit, por su alto índice, le siguen los estados de Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas, Sinaloa, Guerrero, Jalisco, entre otros, que no han sido cuantificables a la fecha, como son: Chiapas, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Estado de México, Morelos y Distrito Federal.

### Factor determinante

Los hábitos alimenticios como el consumo de **ceviche** preparado con carne o pulpa de pescados acuidulces principalmente de *Petenia splendida*, *Crochromis*, *Cichlosoma*, *Micropterus salmoides*.

Agregando que actualmente es considerable el consumo de platillos orientales como el **sushi** y **sashimi**, que pueden causar daño a las personas consumidoras si no se tiene un control sanitario estricto.

### Metas

Determinar el grado de infestación causado por el nematodo *Espiruroideo* del género *Gnathostoma* y sus diferentes especies que habitan en su tercer estadio en peces ya mencionados y cuyo hábitat es el agua dulce de lagos, lagunas y presas ubicados en los estados de Guerrero, Tamaulipas, Michoacán, Jalisco, Oaxaca, Nayarit, Sinaloa, Morelos, Tabasco, Veracruz, Colima, Estado de México, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

### Funciones y actividades

Como investigador Titular C del Instituto Nacional de la Pesca y como responsable de este proyecto a nivel nacional; se ha procurado establecer contacto y trabajar en algunos casos conjuntamente en el campo, aprovechar las propias instalaciones (laboratorio central para los estudios de gabinete), recabar toda la información a nivel nacional e internacional; asistir a reuniones y congresos, así como presentar trabajos al respecto y, por supuesto, publicaciones de carácter científico.

### Patología

Después de la ingestión de pescado en estado crudo se presenta el siguiente cuadro clínico:

A los ocho días alteraciones gástricas (sialorrea, náuseas, vómito, diarrea); dermatológicas (alteración del tejido dérmico, urticaria); sensación de cuerpo extraño circulando en todo el cuerpo, para después localizarlo en la región estacionaria o limitante cuando se trata del parásito considerado como *larva nigrans cutanea*, *paniculitis nodular migratoria eosinofílica*. Lo más grave puede ocurrir cuando alguna especie parasite algún otro órgano y afecte gravemente su sistema –hígado, estómago, pulmón, cerebro y aparato óptico.

### Diagnóstico

Es indispensable la realización de la historia clínica del paciente. Sus antecedentes alimenticios, hábitos, localización geográfica, estudios serológicos, histopatológicos, aplicación de antígenos homólogos (biopsia), técnica de inmunoensayo enzimático (ELISA).

### ***Tratamiento***

Cuando es localizada en el tejido dérmico, de ser posible efectuar cirugía menor y extirparla. Medicamentos: albendazol (Zentel), mebendazol (Vermox), tiabendazol (Mintezol) e Ivermetina que deben ser aplicados bajo un control médico estricto; pudiéndose aplicar el siguiente aforismo “hay enfermedades y lo que se necesita son enfermos”.

### ***Recomendaciones***

Programas de ictiología, control de sanidad acuícola para poder garantizar la mejor calidad del producto. En humanos no consumir ningún producto comestible de origen carnívoro en estado **crudo**.

### ***Agradecimientos***

A las autoridades de las delegaciones estatales del SEMARNAP, por el gran apoyo brindado en los avances de este proyecto de **gnatostomiasis**.



---

# RECICLAMIENTO DE SUBPRODUCTOS COMO UN PASO HACIA LA SUSTENTABILIDAD DE LA ACUACULTURA: UTILIZACIÓN DE PLUMA COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN DIETAS PARA *Litopenaeus vannamei*

---

Roberto Mendoza, Antonio de Dios, Camilo Vázquez, Elizabeth Cruz, Denis Ricque,  
Carlos Aguilera y Jesús Montemayor

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas

## INTRODUCCIÓN

**E**l reto más importante que actualmente enfrenta la acuicultura es la necesidad de asegurar su sustentabilidad a largo plazo (Pillay, 1996), y una de las vías para lograr esto es considerar la premisa de que en la naturaleza nada se desperdicia; los subproductos o desperdicios de un organismo son aprovechados naturalmente como fuente nutricional para otro. Este proceso de reciclamiento de nutrientes es el fundamento para la sustentabilidad de nuestro planeta.

Con base en esto ha venido surgiendo una aproximación de ingeniería ambiental, que implica la utilización de subproductos que no son adecuados para la nutrición humana, lo que no sólo significa mayor rentabilidad, sino también una disminución en el impacto sobre el medio ambiente (Adler *et al.*, 1996; Hopkins, 1996).

Actualmente, la intensificación del cultivo de camarón ha permitido alcanzar volúmenes importantes de producción, lo que ha traído como consecuencia un incremento en la demanda actual de alimento balanceado. Sin embargo, considerando el alto precio que representa el alimento dentro de una operación comercial (50%), se ha suscitado gran interés por abatir su costo, tanto por el sector de la industria de los alimentos como por el de los acuicultores.

En términos prácticos de formulación, una fracción importante de la proteína procede de las harinas de pescado debido a su excelente calidad

nutricional (McCoy, 1990). No obstante, su creciente demanda, supeditada al abastecimiento finito de los recursos pesqueros, y su alto precio, han motivado la búsqueda ineluctable de fuentes alternativas de proteína. A raíz de esto, se han venido formulando objetivos en torno a la identificación de nuevas fuentes de proteína, cuantificación y certificación de su valor nutricional e innovación de métodos para su transformación. A pesar de que la alta calidad de esta fuente proteica hace difícil encontrar una sustitución adecuada, estas aproximaciones deberán repercutir en la disminución de los niveles de inclusión de harina de pescado en los alimentos acuícolas, aunque sólo sea en forma parcial, mediante la inclusión de otras fuentes proteicas debidamente complementadas para cubrir los requerimientos en aminoácidos esenciales (De la Higuera, 1985).

Al respecto, es pertinente mencionar que en México se encuentran disponibles gran variedad de materias primas procedentes de los rastros y desperdicios de las cosechas. Muchos de estos ingredientes son ricos en proteínas tanto cuantitativa como cualitativamente y, con excepción de algunos cuantos, generalmente no se utilizan a nivel nacional para propósitos de producción, a pesar de su potencial nutricional; sin embargo, resultan ideales para la elaboración de dietas para animales hechas en las zonas de producción.

En la actualidad, una de las soluciones a corto plazo se encuentra en la amplia gama de subproductos generados por la industria avícola. Dentro

de este contexto, estos subproductos, aunque muy disponibles, han sido poco estudiados. En efecto, hasta el momento prácticamente no existe información acerca de la viabilidad de estos ingredientes como fuente de proteína para la elaboración de dietas para crustáceos. No obstante, numerosos estudios efectuados con otras especies de organismos acuáticos muestran el potencial de estos subproductos debido a su contenido proteico, su perfil de aminoácidos y la posibilidad de hacerlos más digestibles mediante procesos tales como la acción enzimática y la extrusión. A este respecto, la pluma representa una de las fuentes proteicas más atractivas. Paradójicamente, el volumen de este desecho de la industria avícola ha venido significando un problema de magnitud creciente, el cual se agrava día con día, debido a que los métodos que se emplean tradicionalmente para su eliminación (por ejemplo, incineración, rellenos sanitarios, etc.) tienen requerimientos operacionales y regulatorios particulares que limitan su utilización. Adicionalmente, la eliminación implica diversos problemas, tales como malos olores, proliferación de insectos y condiciones de mala sanidad (Vandelapopuliere *et al.*, 1976). En el caso de las industrias de segunda transformación también rechazan este tipo de subproductos debido a su dificultad para transportarlos por su gran contenido de humedad (Geddes, 1991; Pope, 1991; Miller, 1984; Steffens, 1994). Hasta el momento, si bien la harina de pluma se ha utilizado en alimentos para diferentes animales, nunca se ha empleado en dietas prácticas para camarón. Esto se debe principalmente a la escasez de información nutricional y porque aún no se han explorado métodos económicos adecuados para su manejo, almacenamiento y conversión en un ingrediente alimenticio aceptable.

Tomando en cuenta lo anterior, se desarrolló el presente estudio con el fin de elucidar el potencial de la harina de pluma como fuente de proteína en dietas para camarón, considerando que su adecuado perfil de aminoácidos y gran disponibilidad la hace sumamente atractiva para sustituir cantidades importantes de harina de pescado.

## OBJETIVOS

Se definió como objetivo principal la determinación del valor nutricional de la pluma transformada por hidrólisis enzimática y coextruida con pasta de soya y su comparación con la pluma obtenida por el método tradicional de cocción, para poste-

riormente probar estos ingredientes proteicos en dietas prácticas para el camarón blanco del Pacífico, *Litopenaeus vannamei*.

En función de este objetivo, se derivaron los particulares:

- a) Determinar el tiempo de hidrólisis enzimática al cual debería ser sometida la pluma cruda para alcanzar el mayor grado de digestibilidad y promover la mejor tasa de crecimiento en el camarón.
- b) Establecer las eventuales diferencias nutricionales existentes entre los siguientes ingredientes proteicos experimentales: harina de pluma procesada por cocción (HppC) coextruida con pasta de soya (HppCex) e hidrolizados enzimáticos de pluma (Hep) con diferentes tiempos de hidrólisis, coextruidos con pasta de soya (Hepex).

## METODOLOGÍA

Se diseñó una ruta para la transformación de la pluma cruda, con la finalidad de obtener, a partir de este subproducto, un ingrediente proteico de calidad nutricional adecuada (figura 1 y 2), capaz de sustituir cantidades importantes de harina de pescado. La valorización biológica del ingrediente proteico obtenido se llevó a cabo en dos etapas. Durante la primera fase fue un bioensayo nutricional dirigido a evaluar el crecimiento de camarones juveniles en laboratorio. Los animales fueron alimentados con dietas isoproteicas e isolipídicas formuladas para contener 9% de los ingredientes proteicos resultantes, después de exponer durante 30, 60 y 120 minutos la pluma a una mezcla enzimática comercial estos hidrolizados enzimáticos de pluma (Hep) fueron enseguida coextruidos con pasta de soya en una proporción de 1:1, (Hep30ex, Hep60ex y Hep120ex). Adicionalmente, se formuló una dieta con 18% del Hep60, el cual fue igualmente coextruido con pasta de soya en una proporción de 2:1 (Hep60ex) para probar la capacidad de reemplazo de una mayor cantidad de pluma con miras a disminuir aún más el costo de la dieta. Con estos ingredientes se elaboraron las dietas experimentales que fueron comparadas con una formulada para contener 13.7% de harina de pluma procesada por cocción (HppC) coextruida con pasta de soya en una proporción de 1:1 y con una dieta control diseñada para contener 18.4% de harina de pescado (harina de pescado, sin pluma). En este experimento, los

individuos (0.33 g de peso promedio) fueron alimentados a razón de 10% de su biomasa, dos veces al día, durante cuatro semanas. Cada tratamiento (dietas) se corrió por cuadruplicado y se asignaron 15 camarones por cada tanque de 60L.

Posteriormente, se llevó a cabo un segundo experimento con la finalidad de confirmar los resultados obtenidos en el bioensayo anterior y evaluar el potencial de los ingredientes proteicos bajo condiciones comerciales. Para esto se realizó un bioensayo en el cual se probaron dos dietas experimentales que contenían 20% de Hep obtenidos después de 60 y 120 minutos de exposición a la mezcla enzimática y coextruidos con pasta de soya en una proporción de 1:1 (Hep60ex y Hep120ex, respectivamente), mismos que fueron comparados con una dieta control que contenía 20% de harina de pescado. En este experimento se utilizaron organismos de 3.4 g de peso promedio, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente en jaulas de plástico de 1m<sup>3</sup>. Los animales se alimentaron dos veces al día durante 28 días. Se manejó una densidad de 15 animales por m<sup>3</sup>, de acuerdo a la densidad utilizada en la granja y se corrieron tres repeticiones por tratamiento.

En ambos bioensayos se determinó el valor nutricional de las dietas mediante la evaluación de la Tasa de Conversión Alimenticia, Tasa de Eficiencia Proteica, Ganancia en Peso, Tasa de Crecimiento Específico, Supervivencia, Consumo de alimento, Estabilidad y Digestibilidad *in vitro* con tripsina.

Las diferencias en el crecimiento de los camarones alimentados con las distintas dietas fueron comparadas mediante un análisis de varianza de una vía. Cuando se observaron diferencias significativas se conformaron utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan (Steel y Torrie, 1980). Para comparar las mortalidades entre los tratamientos, el porcentaje fue sujeto a una transformación  $\text{Arcsin}(\%)^{1/2}$  (Zar, 1974) y los resultados se analizaron mediante un ANOVA, como el descrito anteriormente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El factor más relevante en el presente estudio fue la ausencia de diferencias significativas en el crecimiento de los camarones que fueron alimentados con las dietas experimentales y aquellos a los que se les suministró la dieta control (Figura 3).

Vale la pena considerar que no obstante que entre 85 y 90 % de la proteína de la pluma proviene de la queratina (Moran *et al.*, 1966), debido a las particularidades de su estructura, este material debe ser hidrolizado como un prerrequisito para ser digestible por los animales. A este respecto, el grado de hidrólisis, evaluado por la concentración de proteína soluble, después de exponer la pluma a la mezcla enzimática, se incrementó con el tiempo. Sin embargo, después de 30 minutos de hidrólisis, la concentración de proteína soluble era del mismo orden de magnitud que la pluma molida, por lo cual este ingrediente fue descartado de los tratamientos experimentales. En el otro extremo, la mayor concentración de proteína soluble se obtuvo con la pluma procesada por cocción. La hidrólisis excesiva y poco selectiva ejercida sobre las plumas como resultado de la combinación de altas presiones (60 psi) y temperaturas (120 °C, 60 min), normalmente conducen a la formación de una importante cantidad de aminoácidos libres y péptidos de diferente talla (Menassa, 1982). En contraste, la acción altamente selectiva de las proteasas sobre los puentes disulfuro inter e intra-peptídicos trae como resultado un grupo de péptidos de tamaño uniforme con una gran similitud en sus propiedades estructurales. Esto es probablemente el origen de las diferencias en crecimiento entre los animales alimentados con Hep y aquellos a los cuales les fue suministrada la dieta a base de HppC.

De manera similar, experimentos realizados con trucha han mostrado que el material parcialmente hidrolizado es superior en cuanto a valor nutricional, comparado con aquél obtenido cuando se permite que la proteólisis continúe, produciendo altos niveles de aminoácidos (Dong *et al.*, 1993; Hardy *et al.*, 1983). Esto se explica porque la gran cantidad de aminoácidos libres en el material completamente hidrolizado causa una absorción prematura de ciertos aminoácidos esenciales presentes en forma libre con respecto a la absorción de otros aminoácidos esenciales presentes como polipéptidos o proteínas intactas. Estos aminoácidos esenciales, si se absorben prematuramente, pueden ser irreversiblemente metabolizados, quedando indisponibles para la síntesis de proteínas. Por el contrario, la liberación gradual de aminoácidos de las proteínas intactas por las enzimas digestivas, asegura que los aminoácidos se encuentren disponibles para el crecimiento por un periodo de tiempo prolongado. Como resultado, la

utilización de la proteína y el crecimiento son más eficientes cuando la proporción correcta de todos los aminoácidos esenciales están disponibles de manera simultánea (Hardy, 1991). Por otra parte, la presencia de péptidos de un tamaño adecuado puede contribuir a ahorrar la energía normalmente invertida para la digestión, lo que propiciaría que esta energía quedara disponible para el crecimiento.

De aquí que los resultados del bioensayo de laboratorio mostraran que no existían diferencias en cuanto al crecimiento de los grupos de organismos alimentados con las dietas experimentales con respecto a la dieta control (figura-3). Las mejores tasas de crecimiento y conversión alimenticia se obtuvieron con el hidrolizado a 60 minutos incluido en una proporción 2:1 (Hep60ex), con el hidrolizado a 120 minutos (Hep120ex) y con la dieta control (harina de pescado). Esto fue consistente con la Razón de Eficiencia Proteica. El éxito de estas dietas se debió sin duda a su mayor aprovechamiento como lo mostraron los resultados de digestibilidad. Con base en lo anterior se concluyó que era factible lograr porcentajes de inclusión de hasta 18% de pluma transformada coextruída con soya en sustitución de 50% de la harina de pescado, lo que resultaba en una disminución del costo del alimento en una proporción de 9 a 12%.

En la segunda fase, destinada a evaluar el potencial de los ingredientes proteicos por medio de un bioensayo en condiciones comerciales, los resultados indicaron igualmente una ausencia de diferencias significativas entre las dietas con relación al crecimiento, mortalidad y consumo, lo que permitió concluir que el uso de la pluma hidrolizada coextruída con pasta de soya (proporción 2:1) constituye un ingrediente proteico capaz de sustituir hasta 55% de harina de pescado al ser incluido a 20% en una dieta para camarón, lo que implica una reducción de 15% en los costos con respecto a un alimento comercial.

Estos resultados demuestran que la ruta de transformación propuesta es adecuada para la valorización de un subproducto como la pluma. En efecto, el resultado de la coextrusión de la pluma con pasta de soya resultó ventajoso desde el punto de vista funcional y nutricional. Por una parte, a nivel funcional, la adición de un ingrediente seco (7% de humedad) como la soya a los hidrolizados de pluma contribuyó a frenar parcialmente la reacción de hidrólisis, al disminuir la cantidad de agua (Harvey, 1992) y al mismo tiempo proporcionó un exceso de sustrato para las enzimas. Aun

más, fue posible alcanzar un contenido de humedad menor a 22%, lo cual es un requisito para los materiales que se introducen en el extrusor (Woodrofe y Kerns, 1993).

Por otra parte, la principal ventaja desde el punto de vista nutricional fue la complementación del perfil de aminoácidos de ambas fuentes proteicas. Esto es porque la kereatina es generalmente baja en lisina, pero alta en aminoácidos sulfurados (cistina, cisteína y metionina), mientras que la pasta de soya tiene un bajo contenido de aminoácidos sulfurados, pero es alta en lisina. Esta aproximación resulta más práctica y económica que la adición de aminoácidos sintéticos a las dietas que contienen pluma (Tiews *et al.*, 1976; Hughes, 1990; Stephens, 1994).

Adicionalmente, el proceso de extrusión ofrece varios beneficios al reciclar hidrolizados de pluma con pasta de soya. Primeramente, la reacción enzimática se anula completamente por la temperatura alcanzada, sin llegar a dañar los nutrientes, debido a que el material está sujeto al calor sólo por un breve lapso de tiempo (30 segundos). En segundo término, hace posible la obtención de un solo ingrediente con mejores características nutricionales (perfil de aminoácidos, digestibilidad, PER, TCA). En tercer lugar, al reducirse la humedad final de los ingredientes, es posible su almacenamiento por periodos prolongados a temperatura ambiente. Una ventaja extra es la esterilización del producto, lo cual es un requisito indispensable al reciclar subproductos animales.

Por otra parte, los ingredientes resultantes mostraron no sólo un buen nivel de proteína (54.5 a 61.46%), sino también una cantidad reducida de lípidos (1.02 a 1.64%). Esto resultó en una ventaja al formular, ya que una cantidad tan pequeña de lípidos permitió la introducción de ácidos grasos poliinsaturados (C20 y C22) de fuentes marinas, los cuales son esenciales para el crecimiento del camarón.

Otros aspectos remarcables en las dietas elaboradas con los ingredientes obtenidos son la estabilidad y la palatabilidad de las mismas. En efecto, la estabilidad de las dietas a base de Hepex no difirieron significativamente de la de la dieta control (harina de pescado), a pesar de que las primeras contenían hidrolizados de pluma. Con respecto al consumo, estas dietas fueron tan bien aceptadas como la dieta control, a pesar de que existen numerosos reportes que señalan problemas con la ingestión de dietas con un contenido considerable de pasta de soya (Lim y Dominy, 1990; Reigh y

Ellis, 1992; Davis *et al.*, 1995). En el mismo sentido, se han asociado bajas tasas de ingestión con la presencia de diferentes subproductos avícolas en las dietas de organismos acuáticos, lo que probablemente está en relación con el alto contenido de energía digestible originado por la adición de cantidades importantes de aceite de pescado para compensar el perfil de ácidos grasos de la dieta (Fowler, 1990). La aceptación de las dietas experimentales probablemente se debió a la lixiviación de aminoácidos y péptidos y posiblemente al hecho de que hubiera ocurrido cierta descomposición en la pluma durante el proceso, ocasionado la formación de aminas biogénicas, las cuales se sabe que actúan como incitantes alimenticios en los crustáceos (Mendoza *et al.*, 1997).

Estos datos indican que el reciclamiento de los subproductos avícolas representa una alternativa viable para la elaboración de alimentos para la acuicultura. Dicha opción, a pesar de ser dispendiosa comparada con los métodos tradicionales de eliminación (composta, quema y rellenos sanitarios), podría resultar rápidamente amortizable e incluso atractiva desde el punto de vista económico, debido a la gran cantidad de nutrientes que se pueden encontrar en estos residuos y particularmente en los que se refieren al componente proteico (Harvey, 1992). De esta manera, quedan abiertas nuevas perspectivas con respecto al enorme potencial nutritivo de la gran miscelánea de subproductos que ofrece la industria avícola, el cual queda de manifiesto siempre y cuando las tecnologías de transformación aplicadas propicien la biodisponibilidad de sus nutrientes. Así, el aprovechamiento de los desechos orgánicos generados por esta industria puede contribuir a la disminución del costo de los alimentos balanceados para organismos acuáticos, al incluir menor cantidad de harina de pescado. Lo cual es fundamental y definitivo si se desea que la industria acuícola se encauce dentro de la sustentabilidad.

En efecto, el elevado consumo de harina de pescado en las operaciones comerciales acuícolas (15% de la harina de pescado producida en el mundo en 1995; New, 1996) ha propiciado que diversos grupos ambientalistas cuestionen la sustentabilidad de la acuicultura, basados en la observación de que por cada kilogramo de peces producidos por acuicultura se requiere de la captura de 4 o más kilogramos de pescado para producir harina que se incorporará en los

alimentos acuícolas (De la Higuera, 1985; Hardy, 1997). A esta situación vienen a sumarse las proyecciones que indican que existirá un aumento en la utilización de harina de pescado en los próximos 15 años para cubrir la demanda de las operaciones acuícolas (Rumsey, 1993). Esta perspectiva se verá agravada, ya que por el momento las capturas silvestres se encuentran sobreexplotadas a nivel del máximo rendimiento sostenible (Ratafia, 1995; New, 1997). La situación se torna aún más crítica si se considera los ciclos naturales de las capturas, fenómenos ambientales como el Niño (Barlow y Pike, 1992) y la contaminación (Lawrence y Lee, 1997). Accesoriamente, a pesar de los grandes volúmenes producidos por acuicultura en la actualidad (25 millones de m<sup>3</sup> en 1996) (Lawrence y Lee, 1997), es un hecho que los productos derivados de este sector prácticamente no son utilizados para la producción de harina de pescado (New, 1997).

A estos argumentos se viene a agregar el hecho de que en futuro próximo, la industria de los alimentos para acuicultura compita con otras industrias que elaboran dietas para especies diferentes, como los alimentos para ganado y mascotas, sin considerar que el margen de ganancias es mayor en este último caso (New y Csavas, 1995; Tacon, 1996). Dentro de este contexto se debe tomar en cuenta igualmente la creciente demanda mundial por productos "light", nutricionalmente sanos, dentro de los que se encuentra el pescado, lo que sin duda originará el aumento del precio en el mercado de estos productos (Ratafia, 1995; Barlow, 1997; Hardy, 1997).

Por otra parte, siendo América Latina una de las regiones más afectadas por el colapso de la economía internacional y en donde la acuicultura viene experimentando uno de los crecimientos más rápidos, los ingredientes importados resultan menos accesible para los productores de alimentos, causando la cancelación de contratos y resultando en una menor demanda de estos ingredientes (Hardy, 1998). En efecto, la demanda ha propiciado el desarrollo de harinas de calidad especial (Barlow, 1997), lo cual es una limitante para su adquisición en los países en vías de desarrollo, debido al reducido valor de su moneda (New y Csavas, 1995).

De aquí se desprende que el aumento de la materia prima y consecuentemente de los costos de operación, en conjunto con los precios estáticos

o en disminución de muchas de las especies cultivadas, particularmente de las especies carnívoras, significará que los acuicultores deberán reducir los costos de producción para mantener la rentabilidad de los cultivos (Tacon, 1996). Esto ya ha originado una necesidad urgente de reducir la dependencia casi total de la industria acuícola, con este ingrediente finito y de alto costo, cuyo suministro y precio son inciertos en el futuro (Tacon, 1984). Como consecuencia para que los sistemas intensivos sean sostenibles a largo plazo, será esencial que se disponga de fuentes alternativas de proteína (Chamberlain y Rosenthal, 1995).

De manera general, esta investigación contribuyó a solventar otros problemas de orden económico y ecológico tales como la disminución de gastos de transporte de los subproductos avícolas a los rellenos sanitarios y la reducción de grandes volúmenes de desechos orgánicos derivados de la industria avícola. A este respecto cabe mencionar que en México se producen aproximadamente 280 millones de gallinas ponedoras por año, las cuales, al término de su ciclo, se venden a bajo precio para consumo humano o para la elaboración de embutidos. Considerando que 30% del peso total de una gallina no es comestible, se podrían obtener de dichos volúmenes un promedio de 56 mil toneladas métricas de pluma. Este último aspecto es de gran relevancia si se considera que de acuerdo a ciertos industriales se requiere de un mínimo de 80 mil aves sacrificadas/semana para vislumbrar una recuperación y valorización de este tipo de subproductos. De este volumen se podrían recuperar aproximadamente 14.9 toneladas de pluma por semana. Para ejemplificar la dimensión de este potencial en nuestra región, cabe señalar que tan sólo en el área de Monterrey, N.L., se producen 126 toneladas de pluma, las cuales, adecuadamente procesadas, podrían generar un ingrediente proteico atractivo, tanto a nivel nutricional como económico. Esta producción permitiría ahorrar un total de \$945,000 en la producción de alimento balanceado, lo que se traduciría en un ahorro significativo en los costos de producción de camarón, considerando que el alimento representa 50% de éstos. Esto permitiría, a su vez, que los acuicultores tuvieran mayores utilidades y en consecuencia les conferiría mayor competitividad en el mercado, particularmente en el de exportación. Al mismo tiempo, para el sector avícola significaría la

posibilidad a mediano plazo de obtener cierta ganancia sobre un subproducto que hasta ahora le genera gastos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Adler, P. R., F. Takeda, D. M. Glenn and S. T. Summerfelt, 1996:** Utilizing byproducts to enhance aquaculture sustainability. *World Aquaculture*. 27: 24-26.
- Barlow, S., 1997:** World fishmeal production, products and specifications. *World Aquaculture Society*, Book of Abstracts. 39.
- Chamberlain, G. and H. Rosenthal, 1995:** Aquaculture in the next century: Opportunities for growth challenges of sustainability. *World Aquaculture*, 26: 21-25.
- Davis, D.A., D. Jirsa and C.R. Arnold, 1995:** Evaluation of soybean proteins replacements for menhaden fish meal in practical diets for the Red drum *Sciaenops ocellatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26: 48-58
- De la Higuera, M., 1985:** Fuentes de proteína y de energía alternativas en acuicultura. Trabajo presentado en el seminario sobre avances tecnológicos y necesidades en acuicultura, organizado por la ASA / Madrid. Sep. 1985. 8 pp.
- Dong, M.F., R.W.Hardy, F.N.Haas, F.T.Barrows, B.Rasco, W. Fairgrieve y I. Forster, 1993:** Chemical composition and digestibility of poultry by-product meals for salmonid diets. *Aquaculture*. 116: 149-158.
- Fowler, L. G., 1990:** Feather meal as a dietary protein source during parr-smolt transformation in fall chinook salmon. *Aquaculture*, 89:301-314
- Geddes, R. B., 1991:** Regulatory programs. *Poultry Science*. 70: 1115-1117.
- Hardy, R.W. (1991)** Fish hydrolysates. Production and use in aquaculture feeds, in: *Proceeding of aquaculture feed processing and nutrition workshop*. De. *Dean M. Akiyama and Ronnie K.H. Tan. Thailand and Indonesia, 19-25/Sep/1991. American Soybean Association*. pp. 109-115.
- Hardy, R. W., 1997:** Sustainable aquaculture and aquatic feeds. *Aquaculture*. 23: 72-77.
- Hardy, R. W., 1998:** Back to the future. *Aquaculture*. 24: 78-81
- Hardy, R.W., K.D. Shearer, F.E. Stone y D.H. Wieg (1983).** Fish silage in aquaculture diets. *Journal of the World Mariculture Society* 14: 695-703.

- Harvey, J.D., 1992:** Changing waste protein from a waste disposal problem to a valuable feed protein source. A role for enzymes in processing offal, feathers and dead birds. Biotechnology in the feed industry. *Proceedings Alltech's Eight Annual Symposium. T. P. Lyond (ed.) Oakville, Ontario, Canada, pp. 109-119*
- Hopkins, J. S., 1996:** Aquaculture sustainability: avoiding the pitfalls of the green revolution. *World Aquaculture*, 27: 13-15.
- Hughes, S., 1990:** Feather meal can displace fish meal in aquaculture rations. *Feed International*, 15: 13-15
- Lawrence, A. and P. Lee, 1997:** Research in the Americas. In: *Crustacean Nutrition, Advances in World Aquaculture*. D'Abramo, L., D. Conklin & D. Akiyama (eds.) The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. Vol.6:567-587.
- Reigh S. and S. Ellis, 1992:** Effects of dietary soybean and fish-protein rations on growth and body composition of red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed isonitrogenous diets. *Aquaculture*, 104:279-292.
- Lim y Dominy, 1990:** Evaluation of soybean meal as a replacement for marine animal protein in diets for shrimp (*Penaeus vannamei*). *Aquaculture* 87: 53-63.
- McCoy, H., 1990:** Fishmeal - The critical Ingredient in Aquaculture. *Aquaculture Magazine*, March / April, 1990 : 43-50.
- Mendoza, R., J. Montemayor y J. Verde, 1997:** Biogenic amines and pheromones as feed attractants for the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture Nutrition*, 3:167-173.
- MENASSA, S. A., 1982:** Les farines de plumes, leur valeur nutritionnelle en relation avec les traitements physico-chimiques et enzymatiques. Aspects de leur valorisation en tant que protéines de substitution en alimentation animale. Tesis de doctorado en veterinaria, Universidad de Paul Sabatier en Toulouse, Francia, pp 67.
- Miller, B., 1984:** Extruding hatchery waste. *Poultry Science*, 63:1284-1286.
- Moran, E., J. Summers y S. Slinger, 1966:** Keratin source of protein for the growing chick. *Poultry Science*, 45:1255-1257
- New, M., 1996:** Responsible use of aquaculture feeds. *Aquaculture Asia*, 1(1): 315
- New, M., 1997:** Aquaculture and the capture fisheries. *World Aquaculture*, June, 1997:11-30
- New, M. y Y. Csavas, 1995:** A summary of aquafeed production in eleven Asian countries. In: *Farm made aquafeeds*. FAO Fisheries Technical paper 343. New, M., A. Tacon & I.Csavas (eds). pp. 397-419.
- Pillay, T. V. R., 1996:** The challenges of sustainable aquaculture. *World Aquaculture*, 27: 7-9.
- Pope, C., 1991:** Poultry Production's Environmental Impact on Water Quality. *Poultry Science*, 70:1123-1125.
- Ratafia, M., 1995:** Aquaculture today: a worldwide status report. *World Aquaculture*, 26: 18-24.
- Rumsey, G. L., 1993:** Fish meal and alternate sources of protein in fish feeds update 1993. *Aquaculture* 18(7): 14-19.
- Steel, R. y J. Torrie, 1980:** Principles and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Co., New York, 663 pp.
- Steffens, W., 1992:** Replacing fish meal by means of poultry by-products meal in diets for salmonids. *V International Symposium on Fish Nutrition and Feeding*, Santiago de Chile. Sept.7-10: 8.
- Steffens, W., 1994:** Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124: 27-34
- Tacon, A. G. J., 1996:** Feeding tomorrow's fish. *World Aquaculture*, 27: 20-32
- Tacon, A. G. J., 1984:** Feed ingredients for carnivorous fish species: Alternatives to fishmeal and other fishery resources. Rome, *FAO Fisheries Circular*.: 89-114.
- Tiews, K., J. Groop and H. Kroop, 1976:** On the development of optimal rainbow trout pellet feeds. *Arch. Fisch-Wiss.*, 27 (Beih.1): 1-29.
- Vandepopuliere, J., 1976:** Convert hatchery wastes into feedstuffs. *Poult.Digest*, 35:247-248
- Woodroffe, J. M. and J. Kerns, 1993:** Dry extrusion applications in the feed industry. American Soybean Association, Technical Bulletin. AQ40 1993/5:1-16.
- Zar, J.H., 1974:** Bioestatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., N.J.. pp.345.

### PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN INGREDIENTE PROTÉICO A BASE DE PLUMA

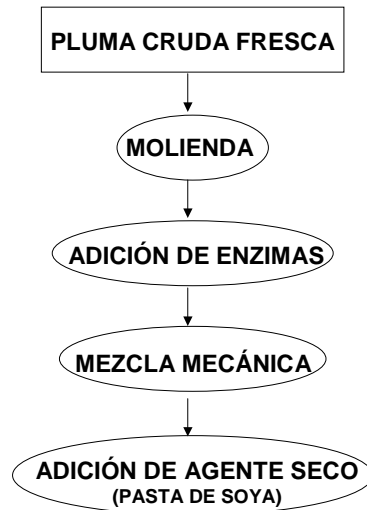


Figura 1.- Proceso de la transformación de la pluma

### CO-EXTRUSIÓN DE LA PLUMA HIDROLIZADA CON PASTA DE SOYA

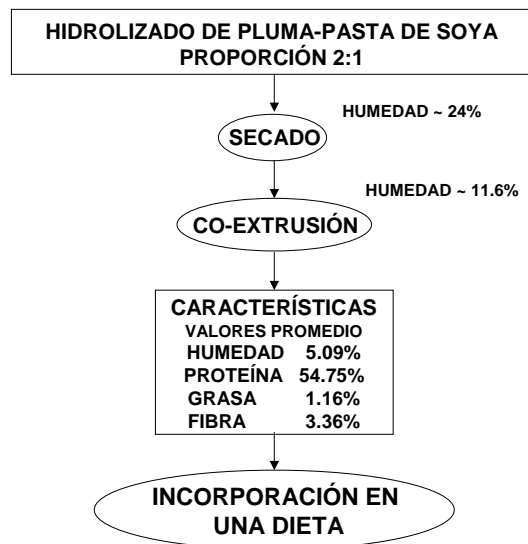


Figura 2

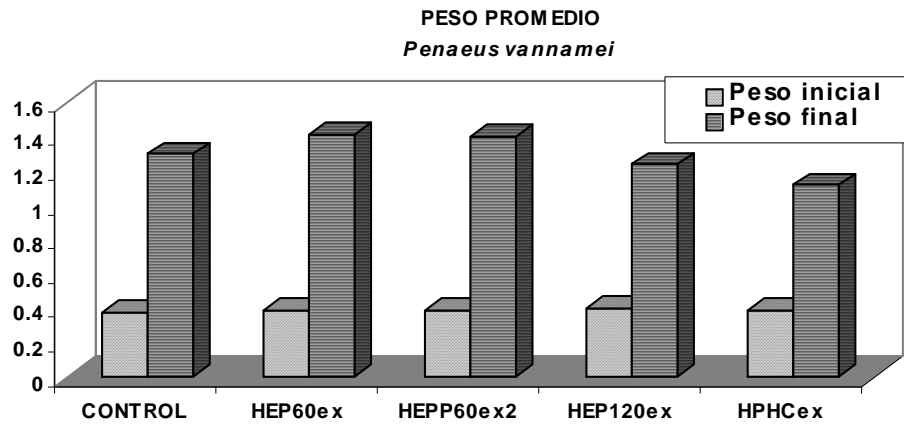


Figura 3

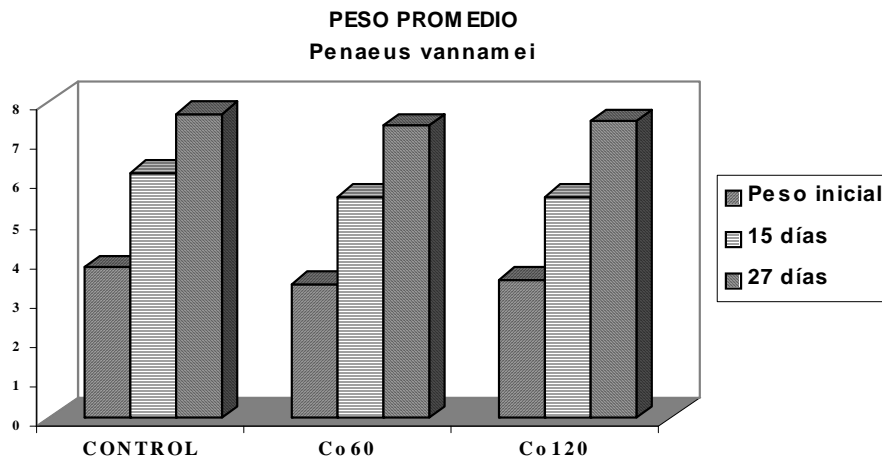


Figura 4



---

# LA ALIMENTACIÓN EN LA ESTRUCTURA DE COSTOS DE OPERACIÓN DE LOS PARQUES ACUÍCOLAS DEL SUR DE SONORA

---

M. en C. Odilón Valdenebro Ruiz

Investigador del Departamento de Acuicultura  
de la Dirección de Investigación y Estudios de Posgrado del  
Instituto Tecnológico de Sonora

## PARQUES ACUÍCOLAS DEL SUR DE SONORA

**E**l modelo de producción de camarón mediante parques acuícolas en el sur de Sonora tiene sus orígenes en 1988, cuando el gobierno del estado, por medio del Programa Agrario Integral de Sonora (PAIS), inició los estudios tendientes a establecer 5,500 hectáreas de estanquería, y solucionar así un problema de repartición de tierras de cultivo en los valles del Yaqui y Mayo, para un gran número de productores y campesinos solicitantes de las mismas.

De esta forma el PAIS, en coordinación con la Subsecretaría de Asuntos Agrarios del estado, la Secretaría de la Reforma Agraria y las centrales campesinas dotaron de 10,423 ha de tierra con vocación acuícola a 2,500 solicitantes integrando 64 núcleos campesinos en cuatro zonas ubicadas en el sur de Sonora. Las granjas del sur de Sonora están integradas en cuatro parques, los cuales conforman el proyecto acuícola La Atanasia. Todos los parques acuícolas se localizan desde el sur de la Bahía de Lobos hasta el sur de la bahía del Tóbari; específicamente entre los paralelos localizados a 27°11'00'' y 26°55'30'' latitud norte y los meridianos 110°16'00'' y 109°52'30'' longitud oeste. Entre cada uno de los parques existe una distancia aproximada de 20 km y se encuentran a 60 km de distancia de Ciudad Obregón.

La infraestructura proyectada se dividió en cuatro módulos de producción retomando el modelo de parques acuícolas, considerando la construcción de estanques de ocho ha de promedio y diseñándose las granjas en función del tamaño del grupo de solicitantes, los cuales a su vez se

integraron en Nuevos Centros de Producción (NCP), Nuevos Centros de Producción Ejidal (NCPE) y Sociedades de Producción Rural (SPR).

Los parques acuícolas están constituidos por un grupo de granjas, con estanques en sistemas de producción semiintensivos, que usan en común un canal de llamada, un cárcamo de bombeo y un canal distribuidor y requieren, para su más costea operación, servicios comunitarios y apoyos que, concertados en conjunto, representan una considerable reducción de los costos para los participantes.

Las principales especies cultivadas en los parques acuícolas son el camarón azul *Litopenaeus stylirostris* y el camarón blanco *L. vannamei*. A partir de 1995, debido a problemas de enfermedades, se ha venido sustituyendo casi a 100% el cultivo de camarón blanco por líneas domesticadas de camarón azul. La tecnología de cultivo se basa principalmente en la engorda directa de poslarvas de camarón producidas en laboratorio en estanquería rústica bajo el sistema semiintensivo con densidades que varían de 12 a 20 organismos por metro cuadrado.

Las limitaciones climatológicas de la región permiten realizar el cultivo de abril a noviembre, lográndose producciones por arriba de los 3,000 kg/ha en un ciclo largo de 5 a 7 meses o dos ciclos cortos de 3 a 4 meses. La tecnología implementada ha permitido superar con mucho las expectativas de producción y rentabilidad proyectadas, siendo la región del sur de Sonora líder nacional en producción por hectárea, esto es considerando el sistema de cultivo semiintensivo.

## LOS ESQUEMAS OPERATIVOS DE LOS PARQUES

En 1991 se iniciaron las operaciones de las primeras tres granjas ejidales de cultivo de camarón construidas en el parque acuícola La Atanasia, bajo el esquema de la asesoría técnica y administrativa del Fondo de Fomento a la Acuicultura del Estado de Sonora (FFAES). Para fines de 1997 ya operaban bajo el mismo esquema 10 grupos ubicados en tres diferentes parques acuícolas (La Atanasia, El Siári y El Tobari). A inicios de 1998, a solicitud de las mismas organizaciones sociales son desincorporadas las granjas del FFAES obteniendo su autonomía técnica y administrativa mediante de la Unión de Ejidos Acuícolas del Sur de Sonora (UEASS), auspiciada por la UGOCP, y la Asociación en Participación La Atanasia, bajo el apoyo de la UGOCM. Con los nuevos esquemas de producción propuestos por estas organizaciones se pretende: a) que los productores tengan mayor acceso a la toma de decisiones y b) incrementar las utilidades de los socios por medio de la disminución de los costos de operación. Actualmente se encuentran en operación más de 3,500 ha en los cuatro parques de la 5,500 proyectadas

## ANÁLISIS DE COSTOS DE PRODUCCIÓN

Para establecer las estrategias de cultivo que permitan la disminución de los costos de operación, sin que se afecte la rentabilidad de las granjas, se requiere conocer la estructura de dichos costos. Esto es, se debe determinar de manera precisa el monto de cada uno de los conceptos y porcentaje con respecto al costo total. Lo anterior permite identificar los conceptos de mayor inversión y determinar las áreas prioritarias de optimización, además de generar la información requerida para el análisis comparativo de los esquemas de organización.

En la tabla-1 se puede observar que el costo del alimento balanceado es el concepto más importante dentro de los de operación al significar 38.43% del total. El alimento y las poslarvas comprenden 59.82% de los costos de producción, convirtiéndose en los conceptos prioritarios de optimizarse en el proceso de producción.

Los costos promedio de producción por hectárea y por kilogramo de camarón adquieren singular importancia debido a que los parques acuícolas están en proceso de expansión y se requiere de esta información para elaborar los proyectos de inversión para la gestión de los recursos necesarios para la operación de las nuevas granjas.

Para la obtención de recursos financieros mediante un crédito de avío, además del monto total por ciclo por concepto de alimentación, se requieren los costos calendarizados mensualmente para la elaboración del programa de ministraciones. Al ser la alimentación el concepto más importante dentro de los costos de operación resulta imprescindible una buena planeación del manejo de los recursos económicos, dado que es común que las

**Tabla-1. Costos de operación e ingresos por kilogramo y por hectáreas en pesos y el porcentaje del monto total por concepto de las granjas de los parques acuícolas del sur de Sonora en 1997**

Concepto	Costo	/kg	Costo	/ha	%
	MEDIA	D S	MEDIA	D S	
Costos variables					
Poslarva	5.38	0.73	13,723	2,807	21.39
Alimento	9.67	0.82	24,653	4,423	38.43
Sueldo	2.94	0.55	7,497	1,331	11.69
Comb. y lub.	0.74	0.25	1,876	432	2.93
Fertilizante	0.13	0.08	327	210	0.51
Mant.y conserv.	1.38	0.48	3,530	1,016	5.50
Bombeo	1.32	0.82	3,358	2,181	5.24
Otros	1.43	0.62	3,634	1,750	5.66
Imprevistos	0.19	0.14	477	315	0.74
Subtotal	23.17	4.48	59,075	14,466	92.09
Costos fijos					
Gastos de oficina	0.36	0.10	930	305	1.45
Gastos de admón.	0.92	0.45	2,343	1,312	3.65
Previsión social	0.40	0.11	1,011	295	1.58
Seguros	0.30	0.22	758	633	1.18
Subtotal	1.98	0.88	5,042	2,545	7.86
Totales	34.80	6.18	88,717	21,025	100
Ingresos brutos	64.11	9.35	166,404	25,276	
Margen de contribución	29.31		77,687		
Costos de proc. y com.	9.64	0.52	24,594	2,474	
Utilidad bruta	19.67		53,093		

granjas se queden sin alimento por falta de liquidez de las granjas.

En el caso de los gastos de alimentación calendarizados, se recurrió a los consumos diarios de alimento reportados en 16 estanques de los parques camarícolas durante el ciclo de 1997. En la tabla-2 se presenta el consumo diario promedio en cada mes del periodo de cultivo (abril-noviembre), el consumo total por mes y el porcentaje mensual de la cantidad total de alimento.

Con esta tabla y conociendo el precio del alimento por kilogramo, es posible calcular los recursos requeridos cada mes para cubrir los gastos de alimentación, esto es en el caso de las granjas de los parques acuícolas del sur de Sonora, que tienen estanques de ocho hectáreas y son sembrados a una densidad de 20 cam./m<sup>2</sup>.



Tabla-2.- Calendarización de los costos de alimentación en porcentajes del monto total en el cultivo semiintensivo de camarón (20 cam/m<sup>2</sup>) en los Parques del Sur de Sonora por estanque de 8 ha.

Concepto	Meses								Total
	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov *	
Cosumo diario prom. (kg)	26	138	386	468	514	402	231	188	
Consumo mensual (kg)	780	4,140	11,580	14,040	15,420	12,060	6,930	202	65,152
Porcentaje del costo total	1.20	6.35	17.77	21.55	23.67	18.51	10.64	0.31	100

\* solo se considera 14 días de alimentación

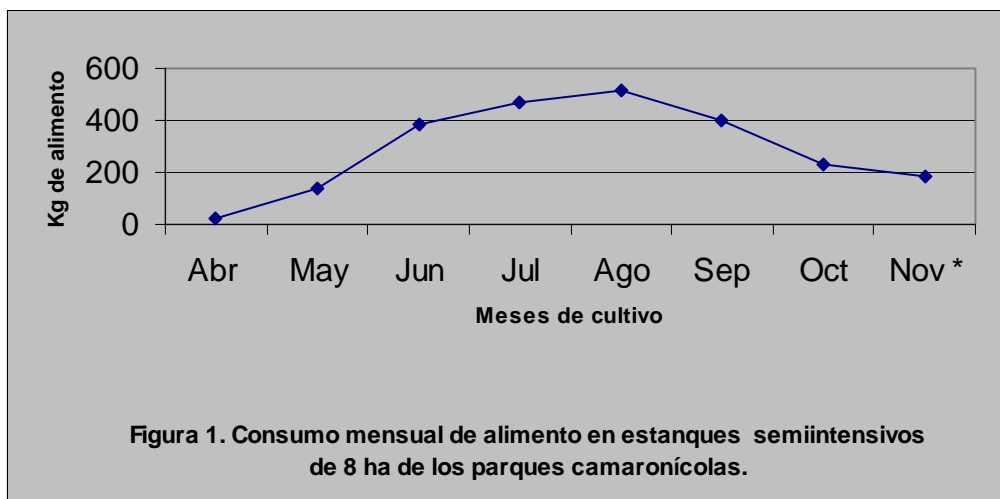


Figura 1. Consumo mensual de alimento en estanques semiintensivos de 8 ha de los parques camarícolas.



---

# NUTRICIÓN ACUÍCOLA EN MÉXICO, UN RETO ANTE EL NUEVO MILENIO

---

*M. en C. Martha Patricia Hernández Vergara*

*Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN - Unidad Mérida  
Laboratorio de Nutrición Acuícola*

## RESUMEN

**D**entro del ámbito de la nutrición acuícola existen una serie de investigaciones que son requeridas para el avance científico y productivo de esta biotecnia, de tal forma que se pueda obtener un costo beneficio real y económicamente eficiente en nuestro país. El uso de alimentos balanceados dentro de la acuicultura si bien está asociado con un incremento en la producción, también se interrelaciona con impactos negativos en varios niveles de la producción, como son en la calidad del agua, enfermedades y, en especial, en la calidad del producto. Por lo que las investigaciones futuras dentro de este ámbito deberán enfocarse a la optimización del uso de dietas artificiales amables con el entorno, a partir de estudios para lograr una eficiente utilización del alimento, mediante el incremento de la palatabilidad, digestibilidad y suministro de una relación óptima entre proteína:energía, dando con ello mejor calidad del agua de cultivo. Además de evitar pérdidas de nutrientes por lixiviación, incremento en las cargas de fósforo y eutroficación del agua. Asimismo, la búsqueda de fuentes alternativas de proteína resolvería en parte el impacto que implica la extracción continua de especies, en lugar de dirigir las al sector productivo (harina de pescado) canalizarla directamente a consumo humano, lo que traerá beneficios económicos y ecológicos de las pesquerías que soportan esfuerzos cada vez mayores.

El conocimiento de los requerimientos nutritivos para peces y crustáceos, a partir de nuevas investigaciones o de repetir las anteriores, asegura la validez de los mismos y su eficiente aplicación en cada sistema de cultivo específico. Lo que traerá beneficios tanto económicos como ecológicos al país. Los alimentos amables con el entorno son un esfuerzo por optimizar al máximo

los recursos y en un futuro deberá ser una realidad dentro de la acuicultura mexicana.

## INTRODUCCIÓN

Las futuras investigaciones dentro de la nutrición acuícola en México deberán estar dirigidas principalmente a reafirmar los conocimientos de requerimientos nutricionales de especies, tanto nativas como introducidas dentro de la acuicultura nacional, para entender los efectos de la calidad nutricional en la salud, estrés, funciones metabólicas (como la maduración sexual en reproductores) y desarrollo de crías (metamorfosis de pos-larvas).

Una vez teniendo los conocimientos básicos de las necesidades nutritivas de las especies, es indispensable aplicarlos para así determinar el tipo de alimento y las estrategias de alimentación económicamente más viables en cada estadio de vida, como pueden ser larvas, reproductores y organismos en crecimiento, de tal manera que los costos operacionales sean mínimos en los diversos sistemas de cultivo empleados. De igual modo, el efecto de las dietas sobre la calidad del producto final es aún un área poco estudiada y, sin embargo, crítica.

Los requerimientos nutricionales para algunas especies de peces han sido bien definidos, por lo que será posible obtener cambios económicamente importantes dentro de las explotaciones acuícolas, lo cual repercutirá en los costos por producción al utilizar alimentos específicos para cada tipo de sistema de cultivo de especies con importancia comercial. Esto es, el desarrollo futuro de la acuicultura deberá estar dirigido a disminuir costos de operación y de alimentación con incrementos en la producción. Se deben intensificar los estudios nutricionales de las especies en sus diferentes estadios de vida, en donde las dietas que se obtengan deben ser más eficientes y a un

menor costo beneficio (Kanazawa, 1985; Tacon, 1987; 1988).

El nivel de conocimiento de los requerimientos nutricionales de los crustáceos es menor al que se tiene con los peces; consecuentemente, la formulación de alimentos balanceados para crustáceos está en sus primeras etapas, sin embargo, muchos de los adelantos en la tecnología de producción de alimentos para peces puede ser aplicada en la fabricación de dietas para crustáceos (Guillaume, 1986; D'Abramo, 1997).

En el futuro próximo se deberá poner énfasis en el desarrollo y producción de alimentos artificiales para cultivos intensivos, en donde se minimicen los impactos negativos en los efluentes de los sistemas de cultivo. Las investigaciones deberán centrarse en la formulación, procesamiento y almacenamiento de los alimentos, factores que afectan la palatabilidad, estabilidad y su efecto en la calidad de los productos finales (Tacon, 1987; D'Abramo y Lovell, 1991). La interrelación entre nutrición y estrés o salud, deberá recibir mayor atención.

Otro punto importante es la estimación del aporte nutricional del estanque y a partir de ello, la formulación de dietas suplementarias, si realmente son requeridas, en función del tipo de explotación, por lo que alrededor de estas fuentes de nutrientes deberán hacerse investigaciones en forma prioritaria (D'Abramo y Lovell, 1991; D'Abramo y Sheen, 1994). Por ejemplo, Jones (1995) comprobó que la langosta de agua dulce (*Cherax quadricarinatus*) crece mejor con una dieta con 20.5% de proteína que con niveles superiores. El autor atribuye estos resultados a la presencia de detritus en el sistema de cultivo, lo que aportó un suplemento de nutrientes a los organismos.

## NUTRICIÓN EN PECES

### Requerimientos de energía

Los requerimientos de energía en peces son un campo relativamente poco estudiado, debido a que se ha dado prioridad a elementos como la proteína, fuentes lipídicas, minerales y vitaminas. Una deficiencia o exceso de energía no afecta directamente la salud del organismo, en especial si se cubre satisfactoriamente su requerimiento de proteína; sin embargo, en estudios en donde se determinó la energía digerible para bagres en diferentes estadios de vida (Mangalik, 1986; citado

en D'Abramo y Lovell, 1991) se observó que su requerimiento disminuyó conforme se incrementó su talla.

Es importante continuar con estudios de requerimientos nutricionales de especies en diversos estadios de vida y ambientes; destacando la importancia que tiene la digestibilidad en las dietas, energía digerible y fuentes alternativas de ingredientes, dando con ello mayor eficiencia en la asimilación de nutrientes y una disminución en la excreción de productos nitrogenados y minerales (especialmente fósforo) al medio ambiente (Kanazawa, 1985). Asimismo, una dieta bien balanceada, que cubre los requerimientos energéticos y proteicos de cada especie, promueven su crecimiento a un menor costo y con un máximo de asimilación.

### Proteína y aminoácidos

El requerimiento de proteína y aminoácidos de algunas especies de peces ha sido bien documentado; no obstante, los conocimientos que se tiene hasta hoy (NRC, 1983) consideran en forma parcial o nula algunos puntos fundamentales durante dichas determinaciones, como son: edad de organismos experimentales, temperatura, genética, tasas de alimentación, concentración de energía y otros factores en los organismos y condiciones de los ensayos. De igual modo, el método utilizado durante la determinación también puede influir en el resultado final del requerimiento estudiado. En vista de la importancia que tienen la proteína y aminoácidos dentro de los costos, es fundamental considerar su revaluación para obtener datos más precisos y efectivos, así como la estandarización de las técnicas de determinación (D'Abramo y Lovell, 1991).

Es de todos conocido que la proteína es el ingrediente más caro dentro de la formulación de dietas, y cada vez será más difícil de obtener, por lo que la búsqueda de fuentes proteicas alternativas en poco tiempo será un reto a solucionar por los investigadores de la nutrición animal; estas determinaciones deberán estar directamente relacionadas con estudios de digestibilidad, asimilación, conversión y velocidad de crecimiento, al igual que con estudios ambientales y de saneamiento de aguas residuales de cultivos (NRC, 1983; Tacon, 1987; 1988; D'Abramo y Lovell, 1991).

## Lípidos

El requerimiento de lípidos en peces está directamente relacionado con su hábitat, y en especial con la salinidad y la temperatura. Una explicación a la preferencia dietaria de ácidos grasos de la serie  $\omega 3$  y  $\omega 6$  en especies de agua fría y cálida puede estar relacionada con la estructura de  $\omega 3$ , la cual es necesaria para una mayor flexibilidad y permeabilidad de membranas fosfolípidas a bajas temperaturas. También, se sabe que especies de agua dulce tiene una preferencia dietaria de  $\omega 6$  o bien una mezcla de  $\omega 3$ - $\omega 6$ , porque están presentes en gran parte de los organismos terrestres, mientras que aquéllos de agua marina dominan la serie  $\omega 3$ . Sin embargo, esta área del conocimiento aún tiene mucho por ofrecer (D'Abramo y Lovell, 1991; Cruz Suárez, 1994).

Así también, en las actividades de reproducción, los lípidos representan papeles determinantes. La deficiencia de algunos ácidos grasos esenciales y lípidos específicos se han relacionado con bajos índices de fecundidad, deformidad de organismos en etapas iniciales y baja sobrevivencia en las mismas. Por ello, importante considerar la determinación y formulación de dietas específicas para reproductores (Watanabe, 1982, citado en D'Abramo y Lovell, 1991; D'Abramo Sheen, 1994).

## Vitaminas

Los conocimientos que se tiene a la fecha de requerimientos de vitaminas en peces son escasos, con excepción de las 15 vitaminas reportadas como esenciales para algunas especies. Por lo que un mayor conocimiento de los requerimientos cuantitativos de vitaminas es necesario; en especial, si se considera que están involucradas en funciones metabólicas y crecimiento, respuesta inmune, salud, entre otros, y que su requerimiento depende de factores como la edad del pez o condiciones ambientales de cultivo (D'Abramo and Lovell, 1991).

## NUTRICIÓN EN CRUSTACEOS

El conocimiento de los requerimientos nutricionales de los crustáceos es aún más escaso que el de los peces. Adicional a ello, las metodologías aplicadas en cada estudio, al igual que las condiciones experimentales, varían considerablemente (New, 1980), por lo que es difícil establecer

comparaciones válidas en muchos de los casos. En algunas ocasiones, las variaciones en los resultados pueden estar más relacionadas con la calidad del agua que con los nutrimentos probados (D'Abramo y Lovell, 1991; D'Abramo y Sheen, 1994).

Afortunadamente ya existe un intento por estandarizar este tipo de estudios, iniciando con una serie de propuestas para establecer dietas base, así como condiciones experimentales específicas de acuerdo al tipo de estudio a realizar (D'Abramo y Castell, 1997).

## Proteína

Existe gran diversidad de información concerniente a requerimientos proteínicos en camarones peneidos, variando éstos de 23 a 60%. En esos experimentos se consideró el crecimiento y sobrevivencia como parámetros de respuesta. Es importante tener presente que estos requerimientos pueden cambiar y ser más o menos eficientes para especies omnívoras en comparación con carnívoras, debido a la variación en el perfil y cantidad de aminoácidos requeridos por cada organismo. Por otro lado, también la fuente proteica, disponibilidad, tipo y elementos no proteicos dentro de la dieta pueden afectar el requerimiento de proteína en los organismos (Guillaume, 1986; 1997).

A diferencia de los peces, los estudios encaminados a la determinación cuantitativa de aminoácidos esenciales en crustáceos es un campo que ha arrojado poca información, debido principalmente a sus hábitos alimenticios, ya que comen en forma intermitente; además de que desmenuzan el alimento permitiendo que los nutrientes solubles en agua se pierdan fácilmente, por lo que algunos estudios han tratado de establecer estos requerimientos en forma indirecta usando aminoácidos como la arginina como estimador de los demás requerimientos de aminoácidos esenciales (Guillaume, 1986; D'Abramo y Lovell, 1991; D'Abramo y Sheen, 1994). Las dietas en donde se usa la caseína suplementada con el aminoácido probado en forma de encapsulado, o bien la proteína enriquecida parecen ser las opciones para los próximos estudios cuantitativos y cualitativos de los aminoácidos esenciales en crustáceos (D'Abramo y Sheen, 1994; Guillaume, 1997).

## Vitaminas y minerales

Con respecto a los requerimientos de vitaminas, existen problemas similares a los que se enfrentan al tratar de determinar los de aminoácidos; por lo que en futuras investigaciones deberá considerarse el uso de vitaminas encapsuladas o modificadas para hacerlas más estables y así poder determinar más eficientemente las necesidades de éstas en los organismos (D'Abramo, 1991). Además, la tendencia dentro de los estudios de vitaminas deberá estar encaminada a disminuir los niveles de inclusión de premezclas a las dietas considerando los requerimientos reales de las especies. Así, se deben considerar los aportes naturales de los sistemas de cultivo, pudiendo variar de acuerdo con la temporada de crecimiento, densidad y especie (Conklin, 1997).

La aproximación más precisa para estimar el requerimiento de las vitaminas hidrosolubles será únicamente alcanzada cuando se incorporen fuentes de vitaminas en dietas purificadas o semipurificadas, libres de contaminantes y que se tomen precauciones para minimizar la contribución potencial de la flora intestinal (D'Abramo y Sheen, 1994).

Las investigaciones que se han realizado con respecto a los requerimientos minerales indican que a la fecha no se han determinado las demandas cuantitativas de éstos para crustáceos. Existen numerosas razones para argumentar esta falta de información. La principal justificación es que las deficiencias no se observan a corto plazo, además que el requerimiento puede ser parcialmente satisfecho por el medio de cultivo (D'Abramo y Sheen, 1994).

## Digestión

Los estudios de digestión de nutrientes y asimilación son un tema muy importante de considerar dentro de la nutrición de crustáceos. El uso tradicional de óxido de cromo en estudios de digestibilidad con peces no siempre es posible en crustáceos (D'Abramo, 1997). Un mayor número de investigaciones debe enfocarse a diseñar y estandarizar métodos para este tipo de estudios con el fin de que sirvan de referencia en el futuro. Además de que es un punto fundamental dentro de la relación de costo beneficio en la preparación de dietas.

## Anatomía y fisiología digestiva

Se necesitan más estudios científicos encaminados a la determinación del comportamiento fisiológico y bioquímico del aparato digestivo de crustáceos, especialmente en el ámbito de ácidos nucleicos (Ceccaldi, 1997), enfocados a la fisiología enzimática de crustáceos, la cual puede variar con relación a la taxonomía (Guillaume, 1997). De igual manera, la cantidad y calidad enzimática presente en las especies puede cambiar a diferentes edades y bajo diversos ambientes.

En el futuro, la estimación del valor nutricional de proteína a partir de ingredientes proteicos potenciales para crustáceos deberá incluir un análisis de digestibilidad *in vitro* de acuerdo a las características de los extractos enzimáticos específicos de cada especie (D'Abramo y Sheen, 1994).

## Fibra

La fibra es un componente inevitable en las dietas, por lo que su estudio dentro de alimentos artificiales deberá ser considerado como a partir de su probable valor nutritivo y su función en los procesos de digestión y asimilación de nutrientes. Por lo que si se comprueba que es capaz de prolongar el paso del alimento por el intestino, como pasa con algunos peces, su estudio apoyaría su uso mejorando la asimilación de las dietas por los organismos (D'Abramo y Lovell, 1991; Shiau, 1997). Además, algunas investigaciones indican que el efecto fisiológico de la fibra en las dietas para crustáceos parece depender principalmente del tipo y composición de la misma.

También es importante determinar la relación que existe entre la asimilación, digestión y eficiencia de dietas con el nivel de fibra y carbohidratos presente (D'Abramo y Sheen, 1994).

## Carbohidratos

La utilización de carbohidratos como fuentes nutritivas para especies acuáticas es menor comparada con los animales terrestres. Algunos estudios con Peneidos indican que éstos son capaces de asimilar de mejor manera carbohidratos complejos, como almidón, que azúcares simples, como la glucosa (D'Abramo y Sheen, 1994). Estos estudios requieren de mayor atención, ya que no se han realizado efectivamente para otras especies (Shiau, 1997).

Por lo anterior, el uso de carbohidratos como fuente energética alternativa merece recibir cierta atención, ya que éstos pudieran ser asimilados eficientemente por los crustáceos, de la misma manera que sucede en algunos peces en una o más etapas de su vida (D'Abramo, 1991).

### Relación Proteína: Energía

La digestibilidad de los nutrientes es un punto fundamental para establecer la relación óptima de P:E en los crustáceos; por lo que las futuras investigaciones deben considerar este factor, el cual puede variar con relación a la edad, densidades de cultivo y tipo de actividad de la especie, incluso fase de vida. Durante la reproducción, los organismos podrán tener un mayor requerimiento de energía (D'Abramo y Lovell, 1991).

Los niveles requeridos de proteína pueden verse influenciados igualmente por la cantidad de energía dietaria y forma en que esta es adicionada, por ejemplo como lípidos, proteínas o almidón. Presumiblemente los crustáceos, al igual que otros animales, se alimentan para cubrir sus requerimientos de energía. La cantidad de proteína dietaria debe estar balanceada con la cantidad adecuada de energía. Para de esta manera, alcanzar una ingestión proteica óptima y una eficiente tasa de conversión (D'Abramo y Sheen, 1994).

### Lípidos

A pesar de que existe una amplia serie de informes relacionados con los requerimientos de lípidos en crustáceos y se reporta que niveles entre 5 y 8% son adecuados (New, 1980); es necesario repetir algunos ensayos debido a las variaciones de métodos y condiciones en que se realizaron para así obtener datos más precisos de estos requerimientos (D'Abramo y Lovell, 1991; D'Abramo 1997).

El considerar que estas necesidades varían en función de la calidad de la dieta, fuentes de proteína y nivel de la misma, además del contenido energético dentro de las dietas y adecuado balance de ácidos grasos esenciales, lleva a la investigación de este elemento en forma más precisa y confiable; estableciendo metodologías experimentales para un eficiente esclarecimiento de los niveles más eficientes. (D'Abramo y Lovell, 1991).

Asimismo, reportes indican que estos requerimientos se han enfocado a los juveniles, sin embargo, el rol de los ácidos grasos en la maduración y larvas no está a la fecha, bien documentado (Harrison, 1990 citado en D'Abramo y Sheen, 1994; D'Abramo, 1997).

### FORMULACION DE DIETAS Y ESTRATEGIAS DE ALIMENTACIÓN

La etapa de desarrollo y el tipo de cultivo son factores importantes para el diseño de las dietas. Generalmente los juveniles tienen requerimientos nutricionales mayores que los adultos. Una determinación confiable de los requerimientos nutricionales de las larvas es particularmente difícil debido a problemas relativos a su almacenamiento y suministro de nutrientes. La tasa de alimentación y la talla del alimento deben ser modificados durante el cultivo, de acuerdo a la relación talla/ingestión de los individuos.

Los alimentos eficientes, así como las estrategias de alimentación adecuada se vuelven particularmente importantes en los sistemas intensivos en los que se utiliza recirculación. En los cuales los esfuerzos están dirigidos a minimizar los desperdicios y mantener una buena calidad del agua, maximizando de esta manera la producción y los costos (D'Abramo y Sheen, 1994).

Llegar a conocer los requerimientos nutricionales de las especies en sus fases de vida, cubriendo satisfactoriamente sus requerimientos energéticos y siguiendo una excelente estrategia de alimentación, traerá como consecuencia un producto de alta calidad al mínimo costo. El medio de cultivo, densidad y efecto del alimento sobre la calidad del agua y el resto de la fauna existente dentro del estanque deben ser considerados en forma primordial. El desarrollo, prueba de alimentos y estrategias para utilización de productos alternativos para la preparación de dietas es un paso significativo en la optimización de los productos naturales y pesqueros, pudiendo canalizar una mayor cantidad directamente al consumo humano.

El uso de atrayentes en las dietas es otro factor importante al estimular aparentemente la ingestión, lo que conlleva al aprovechamiento de las dietas artificiales de manera más eficiente (Tacon, 1987). Así mismo es indispensable realizar un esfuerzo para encontrar fuentes alternativas de proteína para especies acuáticas con lo

cual se mejorará considerablemente el entorno. Sin embargo estas sustituciones deben estar cimentadas en estudios que apoyen la sustitución a nivel energético, nutricional, económico y ecológico para que puedan ser consideradas como una realidad.

El llegar a obtener “un alimento amable con el entorno”, implica que éste cubra satisfactoriamente los requerimientos nutricionales y energético de cada especie y en cada fase de cultivo; que sea eficientemente ingerido, digerido y asimilado con el menor gasto energético posible. Ser capaz de producir un máximo en el crecimiento en el menor tiempo y al menor costo. Así mismo el producto final deberá tener ciertas características nutricionales y de presentación (sabor, color, olor, textura, etc. ) de tal manera que obtenga en el mercado precios competitivos.

Al aplicarse lo anterior de forma eficiente, se obtendrá por tanto un alimento que no afecte el entorno, ya que se tendrá la seguridad de que lo que se suministre al organismo será asimilado eficientemente con un mínimo de aporte al agua de cultivo dando con ello una optimización de recursos, reto final de los investigadores del presente para la nutrición acuícola del futuro.

## LITERATURA CONSULTADA

- Ceccaldi H. J., 1997.** Anatomy and Physiology of the digestive System. In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 261-291.
- Concklin D. E., 1997.** Vitamins In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 26-50.
- Cuzon G. and J. Guillaume, 1997.** Energy and Protein : Energy Ratio. In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 51-71.
- D’Abramo L. and R. T. Lovell, 1991.** Aquaculture research needs for the Year 2000; Fish and Crustacean Nutrition. World Aquaculture 22(2). Pp. 57-62.
- D’Abramo L. y S. Sheen, 1994.** Requerimientos nutricionales, formulación de dietas y prácticas alimenticias para el cultivo intensivo del langostino de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii*. Segundo Simposio Internacional de Nutrición Acuícola. Monterrey Nuevo León, México. Pp. 81-101.
- D’Abramo L., 1997.** Triacylglycerols and fatty Acids. In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 71-84.
- D’Abramo L. and J. D. Castell, 1997.** Research Methodology. In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 3-25.
- Guillaume J., 1986.** The protein nutrition in crustaceans. Ocean's., vol. 12. Fasc. 1 pp. 11-19.
- Guillaume J., 1997.** Protein and Amino Acids. In: Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 26-50.
- Jones C. M. 1995.** Evaluation of six diets feed to redclaw, *Cherax quadricarinatus* (Martens), held in pond enclosure. Freshwater crayfish 10. Tenth International Symposium of astacology. L. A.: 21-32.
- Kanazawa A., 1985.** In: Nutrition and Feeding in Fish. C. B. Cowey, A. M. Mackie and J. G. Bell (Editors). Academic Press. London England. Pp. 281-289.
- National Research Council, 1983.** Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press. Washington D. C. pp. 12-56
- New M. B., 1980.** A bibliography of shrimp and prawn nutrition. Aquaculture, 21: 101-128
- Shiau S., 1997.** Carbohydrates and Fiber, 1997. In Crustacean Nutrition. Advances in World Aquaculture, Vol. 6. Pp. 108-122.
- Tacon A. B., 1987.** The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. A training manual. 1- The essential nutrients. FAO Aquila GCPIRLA/075/ITA. Field Document 2. 117 pp.
- Tacon A. B., 1988.** The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. A training manual. 5- Feeding methods. FAO Aquila GCPIRLA/075/ITA. Field Document 7. 208 pp.



---

# DETECCIÓN DEL VIRUS IHNV POR CORRELACIÓN DIGITAL DE COLOR

---

Josué Alvarez Borrego y María Cristina Chávez Sánchez

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, División de Física Aplicada, Departamento de Óptica.

<sup>2</sup>Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., Unidad Mazatlán en Acuicultura y Manejo Ambiental.

## RESUMEN

La presencia de diversas enfermedades en el cultivo de camarón ha ocasionado en las dos últimas décadas enormes pérdidas económicas y ha restringido la producción en muchos países del mundo. Cada año devastadoras epizootias impactan a la industria camaronícola, las causas son complejas y muchas son atribuidas a virus, bacterias, hongos, pesticidas y degradación del medio ambiente. Para diagnosticar e investigar las enfermedades presentes en los camarones actualmente se están desarrollando técnicas novedosas, sofisticadas y altamente sensibles basadas en biología molecular. Sin embargo, existen técnicas como la histopatología que sigue siendo utilizada por ser una herramienta eficaz para comprender los cambios a nivel de célula, tejido y órgano que sufren los organismos como consecuencia de las enfermedades y es una de las formas para determinar que patógenos están ocasionando daños. Sin embargo, ésta técnica requiere para su análisis de un tiempo considerable y los productores demandan conocer en el menor

tiempo posible las causas y efectos de dichas enfermedades con el fin de tomar las medidas preventivas o de control adecuadas y evitar pérdidas en la producción. La histopatología requiere modernizarse con el objeto de poder cubrir éstos requerimientos. La introducción de técnicas como el procesamiento de imágenes digitales en la histopatología podría reducir significativamente el tiempo que toma actualmente a los patólogos en realizar una diagnosis con resultados precisos. En este trabajo se presenta la primera fase de una serie de estudios tendientes a implementar ésta técnica y se comprueba que como una primera aproximación, la correlación de color digital se puede usar para detectar el virus de la Necrosis Infecciosa del tejido Hipodermico y Hematopoyético (IHNV) en tejidos de camarón. En estudios posteriores se llevará a cabo un trabajo más exhaustivo para tomar en consideración aspectos tales como escala, rotación, color, morfología natural de los virus y el uso de diferentes filtros dependiendo de la complejidad del virus a reconocer.



---

# ACONDICIONAMIENTO GONÁDICO DEL HUACHINANGO, *LUTJANUS PERU* (*TELEOSTEI: LUTJANIDAE*)

---

Dumas, S., Ortiz-Galindo, J.L., Ochoa-Báez R.I., Torres-Villegas J. R., Rosales-Velázquez, M.O., Ocampo Cervantes, J. A., Grayeb del Álamo, T.

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-Instituto Politécnico Nacional

## INTRODUCCIÓN

**E**l desarrollo de la acuicultura marina como una actividad rentable no se puede sostener con un abastecimiento de huevecillos obtenidos de desoves inducidos en el campo. Es necesaria la producción de semilla en laboratorio, ya que el mantenimiento de reproductores en cautiverio permite un aporte de juveniles constante, así como la posibilidad de planear un programa de mejoramiento genético.

La maduración gonádica de los teleosteos está bajo control ambiental. El fotoperiodo y la temperatura son los factores ambientales más reportados en la literatura. Aunque sus variaciones no son amplias en regiones subtropicales, se ha observado su influencia sobre la maduración gonádica en muchas especies (Lam, 1983).

El huachinango *Lutjanus peru* es una especie de importancia comercial en México. Se distribuye desde Bahía Magdalena, México, hasta la costa norte de Perú, incluyendo la parte sur del golfo de California (Allen, 1985). Su hábitat son los arrecifes coralinos a profundidad por debajo de 90 metros (Allen, 1985). Hay poca información disponible sobre su biología reproductiva y su ontogenia. En el golfo de California, la temporada de reproducción se extiende de mayo a julio (Reyna-Trujillo, 1993). Este autor menciona también que la talla de primera madurez sexual se encuentra entre 250 a 300 mm. También se reporta talla de primera madurez sexual a los 295 mm en peces capturados en Guerrero. (Santamaría-Miranda, 1998). En cuanto a la ontogenia, Watson y Brogan (1998) describen las características sobre los periodos larvario y juvenil a partir de muestras de campo, faltando información sobre el periodo embrionario.

El acondicionamiento gonádico de *Lutjanus peru* en laboratorio no ha sido mencionado en la literatura; sin embargo, se ha logrado para otras especies de la familia Lutjanidae (Lim *et al.*, 1985; Hamamoto *et al.*, 1992; Doi *et al.*, 1994; Emata *et al.*, 1994; Watanabe *et al.*, 1998). En este caso se presenta la experiencia obtenida en un período de cuatro años en el acondicionamiento gonádico de *L. peru*, con el objetivo de inducir la madurez sexual en condiciones de cautiverio.

## MATERIAL Y METODOS

En 1996, 1997 y 1998 se capturaron en la bahía de La Paz, Baja California Sur, un total de 25 reproductores. Se pescaron mediante anzuelos, después de su captura los peces se regresaron al agua en una jaula, a una profundidad de 10 metros para su descompresión. Posteriormente, se transportaron al laboratorio en un tanque de 350 l. Antes de introducirlos en los de cultivo, se les hizo un lavado en agua dulce, éstos se mantienen en condiciones controladas y tienen una capacidad 9 y 11 m<sup>3</sup>, con un sistema de recirculación de agua. Los dos primeros años, los peces estuvieron juntos en un solo tanque. La temperatura del agua se controló por medio del aire acondicionado y fluctuó entre 20 y 27 °C (figura-1). En 1998 se instalaron dos enfriadores para mantener dos tanques teniendo un control independiente de temperatura. En enero 1999 la temperatura del agua del tanque se bajó gradualmente de 18 a 19 °C y se mantuvo constante hasta el mes de marzo, a partir de ese momento, el lote de reproductores se dividió en dos y se ubicaron en dos tanques separados (seis individuos en el tanque 1; cinco en el tanque 2). La temperatura del tanque 1 se mantuvo constante de 18 a 19 °C y la del tanque 2, se subió gradualmente de 21 a 22 °C, sobre un pe-

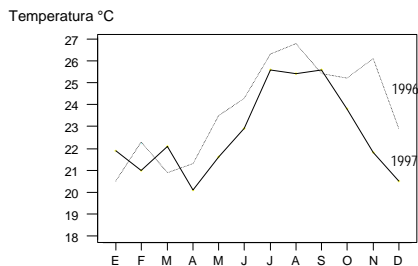


Figura-1

riodo de tres semanas. En los dos primeros años, el fotoperíodo se ajustó con luz artificial, de manera tal que se reprodujeran las variaciones naturales. En el último año se proporcionó luz natural. Los peces se alimentaron a saciedad de pescado fresco o calamar previamente congelado. En 1997 el alimento se proporcionó cada dos días. En el último año se les ofreció alimento con una cápsula de premezcla de vitaminas una vez a la semana (2%/kg de pez) (tabla-1).

Cada año, durante el periodo natural de reproducción, siendo de abril a septiembre para esta población (Reyna-Trujillo, 1993), se realizaron biometrías mensuales. Después de anestresarlos con MS-222 (75-100 mg/L) los peces se midieron (longitud total, LT; 0.1 cm) y pesaron (0.1 g). Se hizo un registro del estadio de madurez sexual presionando suavemente el abdomen del pez. En caso de que no apareciera semen, se intentaba extraer oocitos con una canula de polietileno. El semen se caracterizó de manera semicualitativa con tres categorías: escaso y espeso, medio fluido y poco abundante, fluido y abundante. Las muestras de oocitos se fijaron en solución reguladora de fosfatos formol neutro y se midieron con la ayuda de un analizador de imagen Image ProPlus 4.0 para Windows (0.01 mm). En 1999, los animales maduros se sacrificaron. Se calcularon los índices gonádicos (peso de la gónada/LT<sup>3</sup>), gonadosomáticos (peso de la gónada/peso total-peso de la gónada) hepatosomático (peso del hígado/peso total). La gónada se fijó en formol neutro para después tomarle una muestra de la zona media que se procesó por la técnica histológica para cortes por parafina. Se hicieron cortes de 5 µm con un microtomo de rotación.

Tabla-1. Composición de la premezcla de vitaminas (mg/kg de pez)

Vitaminas	Mg/kg pez
Vit B1 mononitrato (tiamina)	0.485
Vit B2 (riboflavina)	1.615
Vit B6 hidraclorada (piridoxina)	0.3225
Ácido nicotínico	6.4575
Ácido panthoneico	2.26
Myo-Inisitol	32.2925
D-biotina	0.0475
Ácido fólico	0.2425
Ácido ascórbico	16.145
Vit E acetato (tocoferol)	3.23
Vit K (menadiona)	0.3225
Vit B12 (cianocobalamina)	0.00075
Vit A acetato (retinol)	0.025
Vit D3 (colocalciferol)	0.0025

Las preparaciones histológicas se X con hematoxilina-eosina y se montaron con lutoseal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La longitud total mínima a la cual se observaron individuos maduros en la población de huachinango, de la bahía de La Paz, es entre 250-300 mm (Reyna-Trujillo, 1993). En este estudio se observaron longitudes totales superiores a ésta en todos los muestreos, lo que indica que eran reproductores potenciales (tabla-2). Sin embargo, en los dos primeros años de muestreo, a excep-

Tabla-2. Resultado mensual de peso y crecimineto

Fecha	Peso (g)	Longitud Total (cm)	N	Macho (n)(EMM)	Hembra (n) (EMM)
Enero 97	2004.6 (479.0)	47.4 (3.5)	25		
Mayo 97	2362.0 (631.5)	50.5 (3.6)	21	5 (1)	1(PV) <sup>1</sup>
Julio 97	1986.2 (631.5)	50.8 (3.4)	20	4 (1)	5 (PV)
Octubre 97	2201.1 (314.4)	50.7 (2.2)	11	4 (1)	5 (PV)
Diciembre 97	2486.7 (361.2)	51.7 (2.8)	11	3 (1)	6 (PV)
Marzo 98	2222.3 (335.5)	53.7 (2.1)	10	3 (2)	5 (PV)
Abril 98	2754.8 (358.4)	54.7 (2.0)	11	3 (2)	3 (PV)
Mayo 98	2816.1 (413.4)	54.1 (2.0)	9	2 (1)	3 (PV)
Julio 98	2703.8 (587.0)	55.4 (2.9)	9		3 (PV)
Marzo 99	3467.3 (527.4)	57.5 (2.2)	11	1 (1)	7 (PV)
Julio 99 T 1	3425.0 (557.5)	59.1 (1.9)	6	1 (2)	3 (PV)
Julio 99 T 2	3865.0 (804.6)	61.1 (3.5)	5		1 (VA) <sup>2</sup>

**Nota:** Peso promedio (Desv. Est.), longitud total promedio (Desv. Est.), número total de peces (n) y número de machos y hembras con su respectivo estadio máximo de madurez (EMM). Macho: (1): escaso y espeso (2) medio fluido y poco abundante; Hembra: PV: previtelogénico, VA: vitelogénico avanzado.

ción de algunos machos con esperma de calidad 2, no se observaron individuos maduros. Las hembras presentaron oocitos que nunca se desarrollaron más allá de este estadio. Además, fuera de la temporada natural de reproducción, estaba difícil canular las hembras, ni siquiera determinar el sexo de los peces, pues el poro genital no era muy evidente.

Son determinantes las condiciones ambientales en el desencadenamiento del eje cerebro-hipófisis-gónada. Una respuesta positiva a estas condiciones se traduce por el crecimiento del oocito, el cual está relacionado con la síntesis de la vitelogenina. El efecto de la temperatura sobre esta síntesis ha sido observado en el salmón (Olin *et al.*, 1989). Con la respuesta negativa que se obtuvo en este experimento en los dos primeros años, se puede suponer que las condiciones de temperatura y fotoperiodo no fueron adecuadas para permitir el crecimiento de los oocitos, ya que la temperatura subió mucho en verano y nunca bajó más de los 20 °C. En su medio ambiente, el huachinango se encuentra a elevadas profundidades en donde la temperatura del agua es alrededor de 17 a 18 °C.

En 1999, cuando se aplicó el tratamiento de temperatura, se observó que la temperatura de 18 °C acoplada con una subida en la primavera (tanque 2), dio mejores resultados sobre el acondicionamiento gonádico de las hembras que el tratamiento de temperatura constante (tanque-1). En julio se observó en el tanque 2 una hembra madura, mientras que ninguna hembra madura se observó en el tanque 1. La hembra madura presentaba oocitos vitelogenicos. El diámetro de éstos se distribuyó entre 59.1 y 560.3 µm. Esta distribución se caracterizó por tres grupos, uno que corresponde a los oocitos sin vitelo, que miden entre 59.1 y 150.0 µm, otro constituido por oocitos entre 201.0 y 350.0 µm, y un tercer grupo, compuesto de oocitos que miden entre 351.6 y 550.0 µm. Se calculó para esta hembra un índice gonádico de 5.2, un índice gonadosomático de 2.7 y un índice hepatosomático de 1.1. (peso: 5050 g, longitud total: 65.5 cm). Se observaron en los meses de julio y septiembre para la población de huachinangos de la bahía de La Paz valores de índices gonádicos distribuidos entre 3 y 7 (Reyna-Trujillo, 1993).

El análisis histológico comprobó que la mayor parte de los oocitos estaban en etapa de vitelogenesis avanzada. Éstos se caracterizan por tener una zona pelúcida gruesa y bien desarrollada,

granos de vitelo grandes y bien formados; un núcleo ligeramente deformado con nucleolos migrando hacía su centro. También se pudieron observar oocitos en otros estadios de desarrollo, pero eran pocos. Esto podría indicar que se trata de un desovador, total como lo sugirió Reyna-Trujillo (1993), aunque aún no hay toda la evidencia histológica.

Sin embargo, la presencia de atresias tipo  $\alpha$  parecen indicar que el proceso reproductivo se ha detenido. Existe la hipótesis que los mecanismos endocrinos que regulan los estadios finales de maduración y ovulación pueden estar alterados por señales inapropiadas, que son recibidas en la última etapa del ciclo reproductivo (Zanuy *et al.*, 1995). También se ha observado que altas temperaturas durante la vitelogenesis o la maduración pueden impedir la ovulación (Zanuy *et al.*, 1986; Devauchelle y Coves, 1988). En este caso no está claro lo que pudo haber provocado estas atresias. Es posible que las condiciones de temperatura no hayan sido las adecuadas para estimular la maduración final de los oocitos. No obstante, podemos suponer también que esta hembra no había podido desovar, ya que los machos no estaban en buen estado de madurez. Las atresias se pueden presentar también por falta temporal de alimento, lo que no parece haber ocurrido, ya que la hembra presentaba abundantes reservas de grasa peritoneal.

De acuerdo con la información disponible sobre la maduración en cautiverio de otras especies de *Lutjanus*, se han obtenido desoves en laboratorio de algunas especies: *Lutjanus stellatus* (Hamamoto *et al.*, 1992) *Lutjanus argentimaculatus* (Doi *et al.*, 1994; Emata *et al.*, 1994), *Lutjanus analis* (Watanabe *et al.*, 1998). En ningún caso se ha señalado la necesidad de modificar las condiciones ambientales para lograr la maduración gonádica de estas especies en cautiverio, aunque cabe señalar que éstas son más de hábitats costeros, a diferencia de *L. peru*, que se encuentra a profundidades de 90 m (Allen, 1985). Estas condiciones particulares del habitat de *L. peru* nos indican requerimientos específicos de temperatura y de presión.

Es difícil concluir en esta etapa sobre los efectos de las condiciones ambientales en la maduración gonádica del huachinango, ya que solamente una hembra logra su maduración gonádica. Se seguirá experimentando con las condiciones de temperatura en el próximo año y se intentará también la inducción al desove en el campo, de

manera tal que se desarrolle a la par la biotecnología para la producción de semilla.

## Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por dos proyectos institucionales DEPI-988576 Y DEPI- 980054I.

## REFERENCIAS

- Allen, G.R. 1985:** FAO Species catalogue. Snappers of the world. FAO Fish Synop. 125, vol. 6 208 p.
- Allen, G.R. y D.R. Robertson. 1991:** Fishes of the tropical eastern Pacific. Univ. Hawaii Press, Honolulu. 332 p.
- Devauchelle, N. y D. Coves. 1988:** Sea bass *Dicentrarchus labrax* reproduction in captivity: gametogenesis and spawning. *Aquat. Living Resour.*, 1: 215-222.
- Doi, M., Kohno, H., T. Yasuhiko, Ohno, A. y T. Singhagraiwan. 1994:** Morphological development of eggs, larvae and juveniles of the red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Pisces: Lutjanidae). *Journal of Tokyo University of Fisheries*, 81:135-153.
- Emata A. C., B. Ellaran y T.U. Bagarinao. 1994:** Induced spawning and early life description of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus*. *Aquaculture*, 121: 381-387.
- Hamamoto, S., Kumagai, S., Nosaka, K., Manabe, S., Kasuga, A. y Y. Iwatsuki. 1992:** Reproductive behavior, eggs and larvae of a lutjanid fish, *Lutjanus stellatus*, observed in an aquarium. *Japanese Journal of Ichthyology*, 39: 219-227.
- Lam, T. J. 1983:** Environmental influences on gonadal activity in fish. pp. 65-116. In: *Fish physiology*. (W.S. Hoar, D.J. Randall and E.M. Donaldson eds.). Academic Press Inc.Orlando, FLA.
- Lim, L.C., L. Cheong, H.B. Lee y H.H. Heng. 1985:** Induced breeding studies of the John's snapper *Lutjanus johni* (Bloch), in Singapore. *Singapore Journal of Primary Industries*, 13: 70-83.
- Olin, T., Westman, A. y A. Von der Decken. 1989:** Time- and temperature-dependent appearance of vitellogenin in Golgi vesicles and serum after estrogen treatment of salmon (*Salmo salar*). *J. Exp. Biol.*, 249: 213-220.
- Reyna-Trujillo, M.M. 1993:** Desarrollo gonádico y época de desove del huachinango (*Lutjanus peru*) Nichols y Murohy, 1922 (pisces:Lutjanidae) en bahía de La Paz, Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Guadalajara, México. 69 p.
- Santamaría Miranda, A. 1998:** Hábitos alimenticios y ciclo reproductivo del huschinango, *Lutjanus peru*, (Nichols y Murphy, 1922 Pisces:Lutjanidae en Guerrero, México. CICIMAR-IPN, La Paz, México. 64 p.
- Watanabe W.O., E.P. Ellis, S. C. Ellis, J. Chaves, C. Manfredi, R.W. Hagood, M. Sparsisy S. Arnesen. 1998:** Artificial propagation of Mutton snapper *Lutjanus analis*: a new candidate marine fish species for aquaculture.
- Watson, W. y M.W. Brogan. 1996:** Lutjanidae. Snappers. pp. 977-989. In: H.G. Moser (ed.). *The early stages of fishes in the California current region*. Calif. Coop. Ocean. Fish. Investig., Atlas No. 33
- Zanuy, S., M.Carrillo y F. Ruiz. 1986:** Delayed gamatogenesis and spawning of sea bass *Dicentrarchus labrax* Kept under different photoperiod and temperature. *Fish. Physiol. Biochem.*, 2: 53-63.
- Zanuy, S., Prat, F., Carrillo, M. y N.R. Bromage. 1995:** Effects of constant photoperiod on spawning and plasma 17 beta-oestradiol levels of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquatic Living Res.*, 8: 147-152.



---

# BIOLOGÍA Y TECNOLOGÍA PARA EL CULTIVO DEL PEJELAGARTO

## *Atractosteus tropicus* EN EL SURESTE DE MÉXICO

---

M. en C. Gabriel Márquez Couturier

Laboratorio de Acuicultura de la D.A.C.B.  
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

**E**n la política nacional Tabasco es considerado como una de las entidades de la federación con mayor potencial para el desarrollo de la acuicultura como factor detonante para el desarrollo económico y social. Su clima, la disponibilidad de agua todo el año, sus vastas extensiones en lagunas, ríos, sistemas estuarinos, sus recursos pesqueros, entre otros, lo convierten en un atractivo para la inversión de capitales nacionales y extranjeros. Pero, este tipo de actividad tiene que compartir la disponibilidad de suelos no inundables con la agricultura, la ganadería y actualmente debemos añadir a esta lista la acelerada demanda de la industria y de los núcleos de población humana.

Las principales especies nativas con potencial en la acuicultura para Tabasco pueden agruparse en tres grandes grupos biológicos: moluscos (ostión), crustáceos (jaibas, camarón blanco, langostino) y peces (pejelagarto, castarrica, paleta, y robalo). Por su volumen de captura el pejelagarto esta ubicado entre uno de los primeros 5 recursos pesqueros de las aguas continentales de Tabasco. La demanda de su carne es alta y la industria del turismo la oferta durante todo el año. Cuenta con una ancestral tradición como alimento para cualquier nivel social de la entidad, su popularidad se ha extendido porque se le atribuyen poderes afrodisiacos. El pejelagarto es parte del escudo del Estado y de su cultura, existen fábulas, cuentos e historias de origen chontal que narran el valor de la especie en las costumbres, ritos y creencias de los habitantes de los humedales. Es común encontrar taxidermistas entre estos moradores que elaboran artesanías como un medio más para apoyar la economía familiar.

Esta especie habita en ríos, lagunas y pantanos del sureste de México, ha sido reportada en la

cuenca del río Coatzacoalcos en Veracruz, en las Cuencas del Tonalá-Mezcalapa-Grijalva-Usumacinta para Tabasco, en el río Palizada del Estado de Campeche y en dos cuencas más de Chiapas. Su distribución geográfica se extiende hacia Centroamérica; en la cuenca del Usumacinta en Guatemala, en el lago Nicaragua y río San Juan en Costa Rica.

La descripción original fue realizada por Gill en 1863. Posteriormente, se le denominó como *Lepisosteus tropicus*. El trabajo de Alvarez (1970) describe las principales características de la especie. Finalmente, Wiley (1976) realiza la diagnosis de referencia para la especie con criterios filogenéticos y la ubica de nuevo como *Atractosteus tropicus*, siendo su nombre científico vigente.

De los estudios sobre el ciclo de vida de la especie mencionaremos los siguientes: Reséndez y Salvadores (1983) quienes reportan que el pejelagarto en su etapa juvenil se alimenta fundamentalmente de peces e insectos, mientras que los adultos son ictiofagos y de hábitos nocturnos. Alemán y Contreras (1987) señalan que la temporada de reproducción se ubica entre los meses de junio a julio, donde se forman grupos o cardúmenes, pero que es una especie poco gregaria, su reproducción coincide con las inundación de las áreas pantanosas, siendo someras (30-60 cm.) y con abundante vegetación: lirio acuático (*Eichornia crassipes*), pasto (*Paspalum sp*), espadaño (*Typha latifolia*), popal (*thalia geniculata*), lechugilla (*Pistia stratiotes*) y abundante pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*). Las concentraciones de oxígeno disuelto son bajas y fluctúan entre 0.4 y 1.0 mg/l mientras que la variación diurna de la temperatura del agua es de 28.5 a 32.5 °C. (Contreras y Márquez, 1988). La información sobre el

desarrollo embrionario señala que la duración es de 36 a 48 horas (Contreras y Alemán, 1987; Gómez, 1989; Márquez 1998), que eclosionan larvas con un desarrollo incompleto (3.7 mm.) y que es hasta 72 horas después que inician su alimentación, capturando el alimento vivo disponible (pulgas de agua (Cladóceros), larvas de mosquitos, pequeños insectos y crías de peces) en las zonas de desove (Contreras y Márquez, 1988, 1989).

En relación a las experiencias obtenidas en el Laboratorio de Acuicultura de la UJAT sobre el manejo de la especie en cautiverio presentaremos un resumen sobre las líneas de acción para su cultivo.

1.- La reproducción del pejelagarto ha sido obtenida en cautiverio con relativa facilidad desde 1989 a la fecha, en la Ranchería El Espino el primer desove se dio en un encierro rústico de 30x20x0.9 metros construido en un humedal. La relación hembra-macho desde entonces utilizada es de 1:3 o 1:4 y el área ocupada para la reproducción fueron 4 encierros interiores de 4x4x0.6 metros, se utilizaron 46 ejemplares para la selección de progenitores. En un estanque rústico de 3x6x1 metros se obtuvieron desoves por 2 años consecutivos con un lote 12 pejelagartos. Recientemente se están desovado en un estanque de concreto, en albercas de plástico y en jaulas de tela de mosquitero.

La estimulación para el desove natural consiste de la manipulación ambiental, en este caso se simulan las áreas de desove y los progenitores reciben un esquema de alimentación que los prepara para la temporada reproductiva, la dieta básica es pescado fresco y como suplemento se utiliza alimento extruido para trucha con 40% de proteína a razón del 2% de la biomasa total tres veces por semana.

La diferencia hembra-macho es evidente a simple vista en estas fechas por el notorio abultamiento y la plasticidad del abdomen de las hembras. En el laboratorio los ejemplares están marcados para su identificación y evaluación. Actualmente se cuenta con un lote de 28 progenitores con 4 años de trabajo. 65 ejemplares que forman el lote de reemplazo en primera generación 100% de laboratorio, y 70 juveniles de 1 año de edad como segunda generación 100% de laboratorio.

El numero promedio de huevos por kilogramo de hembra es de 12, 930 pero este dato puede variar si se trata de ejemplares en primera maduración. Los huevos maduros son de color verde oli-

vo, con una sustancia que les permite adherirse a cualquier tipo de sustrato, esta sustancia es tóxica para las aves e incluso puede ocasionar su muerte. Los huevos maduros miden en promedio 3 mm de diámetro.

Para planificar los desoves y la producción de crías se han obtenido experiencias buenas y malas en el uso de hormonas comerciales para el desove artificial de peces. En nuestro caso, el mejor resultado se ha obtenido estimulando el desove con OVAPRIM-C empleando una dosis única de 0.2 ml/kg de hembra, los machos no es necesario estimularlos si el desove es natural. El tiempo de respuesta es de 10-12 horas y el desove es total, el porcentaje de fertilización es de un 92% y la eclosión de un 98%. No es recomendable usar 0.5 ml/kg porque causa hipertrofia de los ovarios y la muerte de los ejemplares.

2.- La incubación se está realizando en sistemas abiertos que requieren como primera actividad la eliminación de la mayor cantidad posible del sustrato al cual están adheridos los huevos. Tradicionalmente se ha empleado el pasto estrella para simular las áreas de desove natural y recientemente se ha probado con éxito el uso de sustratos artificiales. Para un buen manejo de la incubación es necesaria agua clara de preferencia, aireada y desinfectada para una eficiencia mayor en el desarrollo de los embriones, la temperatura del agua se recomienda entre los 30° C. La tasa de eclosión varía con la calidad del desove y el manejo en la incubación, siendo de un 65 al 98% en condiciones de laboratorio.

El desarrollo embrionario es rápido y en las siguientes 48 horas puede presentarse la eclosión de las larvas que miden 7.5 mm de longitud total promedio. Estas permanecen fijas a cualquier tipo de sustrato por 24 horas en posición vertical y otras 24 horas en posición horizontal.

3.- La cría de larvas se esta realizando en sistemas abiertos, con recambios de agua que van del 50 al 100% de acuerdo a la biomasa o densidad de carga con la que se decida trabajar. Los mejores resultados se han obtenido cuando la densidad de larvas es alta, se han realizado experimentos de 1 a 40 larvas/litro y los mejores valores en el crecimiento y la supervivencia se obtienen a una densidad intermedia. Esta es una de las etapas críticas donde la disponibilidad, el tipo, tamaño y la calidad del alimento juega un papel fundamental para evitar la agresión y el canibalismo en el sistema.

La duración puede variar de 10 a 12 días y para continuar el crecimiento de los pequeños pejelagartos se requiere realizar un ajuste del espacio vital, del alimento y del manejo del agua. La supervivencia esta entre 75 y 88 % a los 16 días de haber iniciado la alimentación.

Mediante la exposición a un fotoperiodo continuo de 72 horas se pueden obtener ejemplares de mayor talla, sin efectos significativos en la supervivencia. Esta es una ventaja para realizar la sustitución del alimento vivo por dietas artificiales.

La frecuencia, ración y el horario de alimentación influyen significativamente en el crecimiento y la supervivencia. Una y dos raciones al día de alimento se traducen en un aumento de la agresividad y en mayores posibilidades de éxito en que se presente el canibalismo. Las larvas están capacitadas para capturar su alimento durante la noche y se ha visto una tendencia a mejorar los índices biológicos cuando se alimenta con un frecuencia de hasta 6 veces/día y esta incluye 2 raciones en el horario nocturno.

Los alimentos vivos utilizados para la cría de las larvas han variado de acuerdo a su disponibilidad: pulgas de agua (cladóceros), copépodos, nematodos (*Panagrellus redivivus*), larvas de mosca de la fruta (*Drosophyla*), larvas de mosquito, nauplios de *Artemia salina* y crías de peces (Poeciliidos).

Para fines de investigación se cuenta con un esquema de alimentación a base de nauplios, juveniles y adultos de *Artemia* como dieta principal en la larvicultura. Los resultados obtenidos señalan que la *Artemia* cubre las necesidades nutricionales para las etapas tempranas en la vida del pejelagarto.

4.- Para la obtención de juveniles se ha trabajado en la sustitución paulatina del alimento vivo por un alimento fresco, artificial o mixto desde el tercer día de haber iniciado la alimentación exógena de las larvas. Los experimentos realizados muestran que es posible que acepten una dieta seca al 100% a un costo promedio del 50% del crecimiento y la supervivencia a los 36 días de cultivo. La ventaja es que en la etapa siguiente la mortalidad es mínima. En laboratorio un 5% de la mortalidad se atribuye al manejo del agua y de los ejemplares. En campo a la depredación de aves, insectos y peces principalmente. La dieta incluye subproductos cárnicos y recursos no comerciales de la pesca ribereña.

El crecimiento de juveniles se ha determinado que puede llevarse a cabo en jaulas flotantes, encierros rústicos, jagüeyes o cualquier otro tipo de embalses. La densidad por ahora sugerida es de 15 ejemplares/metro. Pero es importante señalar que en esta etapa es posible localizar hasta 400 ejemplares silvestres compartiendo áreas reducidas en los humedales, la validación para intensificar esta etapa esta pendiente. La supervivencia de los juveniles es del 100% y en dos años alcanzan la talla comercial.

Se están realizando evaluaciones sobre el crecimiento-engorda del pejelagarto en jaulas flotantes con alimento artificial, en este aspecto, se ha utilizado alimento para trucha extruido 40% para el acondicionamiento a una dieta seca y como alimento completo para esta etapa, la cantidad es del 5 al 3 % de la biomasa total en dividida en 2 raciones. Los valores de crecimiento y supervivencia se han comparado con ejemplares que están creciendo con alimento vivo en jaulas y con ejemplares libres en un jagüey donde depredan sobre poblaciones silvestres de peces nativos, siendo mejor la supervivencia y el engorde en las jaulas con una dieta completa. Los costos de producción están siendo evaluados todavía.

5.- El destino de la producción ha sido desde los inicios del proyecto de pejelagarto para fines de repoblación en embalses naturales:

- La laguna de las Ilusiones en el vaso Tierra Colorada.
- El Río González en la comunidad de “El Espino”, en dos ocasiones.
- Las lagunas artificiales de la D.A.C Biológicas de la UJAT.
- La laguna “El Camarón”.

Anualmente se liberan de 5 a 10 mil crías, los efectos sobre el mejoramiento de las poblaciones silvestres no esta evaluado, pero es evidente que cada día reciben una mayor presión por el incremento de pescadores, la tecnificación en sus artes de pesca, así como otros factores ambientales y antropogenicos que inciden fundamentalmente en la reproducción de la especie.

Se han realizado acciones para evaluar la rentabilidad del cultivo al destinar parte de la producción de crías como pez de ornato, algunos indicadores económicos obtenidos en la ciudad de México son los valores de venta al mayoreo que fluc-

túan entre los \$ 4.7 y \$ 60. 00 pesos (M.N.) según la talla. La demanda de 15 mil crías como pedido extraoficial al mayoreo de ejemplares de 6-8 cm. y la exclusividad de venta para la exportación al mercado europeo y asiático.

En el ejido Río Playa del municipio de Comalcalco, Tabasco, la comunidad esta engordando 650 juveniles de pejelagartos con alimentos vivos y frescos como actividad secundaria a las labores del campo. Cuentan con un lote de 28 progenitores para producir el próximo año 100 mil crías para un programa de desarrollo microregional. Aquí

se fundará uno de los UMAS para el manejo sostenible de este recurso.

En Tabasco y estados vecinos existe el interés de crecer esta actividad para beneficio de las comunidades rurales y de la iniciativa privada, pero, aún la piscicultura con especies nativas es vista con miedo para la inversión de capitales y en consecuencia los avances para escalar esta actividad tardará algunos años más.

Esperamos en un futuro cercano lograr cultivar pejelagarto como se realiza con otras especies de interés comercial para preservar la cultura de nuestros pueblos.



---

# MARCADORES GENÉTICOS EN LA ACUICULTURA DE LA TILAPIA EN MÉXICO

---

Manuel Uribe Alcocer y  
Píndaro Díaz Jaimes

Laboratorio de Genética de Organismos Acuáticos,  
Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM

La acuicultura en México se ha convertido en una importante alternativa de abastecimiento de proteína de origen animal para la población nacional. Para ello se han introducido a México cerca de diecinueve especies de peces, aproximadamente la mitad de las cuales se explotan en pesquerías en las aguas interiores del país, entre las que destacan diversas especies de carpas, lobinas, truchas, bagres y mojarras (Rosas Moreno, 1976).

Entre las mojarras, destaca la importancia de la familia Cichlidae, de la cual se introdujeron a México en 1964, tres especies de tilapias procedentes de Auburn, Alabama, EUA., *Oreochromis mossambicus*, *O. nilotica* y *T. melanopleura* (*T. rendalli*), originarias de África. Hacia 1981 fueron introducidas la variedad albina de *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum* procedentes de Palmetto, Florida, EUA. En la última década se han importado cepas de *O. niloticus* procedentes una de la Universidad de Stirling y otra de Egipto, así como la variedad híbrida conocida como "rocky mountain", la variedad azul de *O. niloticus* en el estado de Colima y otras más (Arredondo Figueroa, en prensa).

En 1976 se informó que la producción anual fue de 7 a 8,000 toneladas en la presa de Temascal, Oax (Rosas Moreno, 1976). Este volumen ha ido incrementándose gradualmente: en el primer semestre de 1980 se informó de un volumen de producción nacional de tilapias, procedentes de prácticas acuiculturales, de 32,000 toneladas (Secretaría de Pesca, 1986), para alcanzar en 1997 las 83,000 toneladas. (Datos de la Dirección General de Investigación en Acuicultura del INP).

Bajo condiciones de sobrepoblación, el cultivo de la tilapia tiene la limitante de una disminu-

ción de tamaño de los especímenes y de su reproducción precoz (Avtalion, 1982), que causa un abatimiento en la producción. A fin de controlar la sobrepoblación se han establecido diferentes metodologías, como la introducción de depredadores de crías o huevos, y la separación de los machos. En gran parte de las piscifactorías mexicanas se ha utilizado la cruce entre las líneas de *Oreochromis mossambicus* albinas y *O. urolepis hornorum* para producir progenie monosexual masculina que tiene un mayor potencial de crecimiento y rendimiento (Hickling, 1960; Jalabert *et al.*, 1971, Majumdar y McAndrew, 1983). Sin embargo, debido a la complejidad en el monitoreo de los lotes de reproductores y por la gran semejanza de la pigmentación entre la línea albina parental de *O. mossambicus* y la de algunos de los híbridos, y por otras causas (FAO, PNUMA, 1984), posiblemente se hayan incorporado algunos de éstos a las líneas parentales, dando como resultado pérdida de su potencial de producción de progenie monosexual. Esto ha resultado en híbridos de ambos sexos que se cruzan entre sí con fertilidad precoz produciendo gran cantidad de peces pequeños sin importancia económica (Avtalion, 1982).

La identificación de las poblaciones de peces utilizadas, así como la selección de las líneas genéticas adecuadas (Moav *et al.*, 1976) son esenciales para el mantenimiento y mejoramiento de las características deseables en términos de calidad y de producción. En esta situación es imperativo contar con características diagnósticas que permitan reconocer la especie a la que pertenezcan los individuos de los lotes de reproductores. Para ello es importante realizar una evaluación permanente de las líneas utilizadas como progenitoras de lotes híbridos, a fin de probar su grado

de pureza, a través de la utilización de marcadores genéticos que faciliten la exclusión de híbridos de los lotes de reproductores.

Se han realizado varios estudios enfocados a la búsqueda de marcadores genéticos en diferentes especies de tilapias a partir de técnicas electroforéticas y citogenéticas para lograr la identificación precisa de las líneas reproductoras (Avtalion, 1982; Herzberg, 1978; Chen y Tsuyuki, 1970; Majumdar y McAndrew, 1986, Uribe-Alcocer y Arreguín, 1989; Avtalion *et al.*, 1975; Camacho *et al.*, 1984 y Uribe Alcocer *et al.*, 1989).

La determinación de variantes electroforéticas de proteínas y de sus respectivas frecuencias en una población han sido utilizados como marcadores genéticos poblacionales en diferentes grupos de peces (Tsuyuki 1962, 1965, 1967; Johnson, 1975; Avise *et al.*, 1975; Starmach, 1977; Kirpichnikov y Muske, 1979), y en *Oreochromis* en particular (Kornfield *et al.*, 1979; Avtalion *et al.*, 1975; Avtalion, 1982; Camacho *et al.*, 1984). Por ello es conveniente conocer tanto los patrones electroforéticos de algunas proteínas estructurales selectas, presentes en las poblaciones de tilapias sujetas a explotación en nuestro país como otros caracteres relevantes en su identificación (Castorena Sánchez *et al.*, 1983; Arredondo Figueroa, 1984 y Arredondo Figueroa y Tejeda Salinas, 1989). Esta información es útil además en el manejo de las poblaciones y es relevante para la conservación de los recursos genéticos constituidos por el género *Oreochromis*. (FAO Fisheries Technical Paper 217, 1984).

El objetivo del presente trabajo es presentar algunas metodologías de electroforesis de proteínas que han permitido detectar diversos marcadores genéticos, útiles en la identificación tanto de las especies parentales, como de los pies de cría utilizados en las cruas interespecíficas para obtener progenie monosexuales masculina. Estas metodologías están relacionadas con la electroforesis de proteínas estructurales (parvalbúminas y hemoglobinas), de alozimas (esterasas) y de separación mediante electroenfoque. Dichas proteínas fueron analizadas en muestras representativas de tres poblaciones: de *Oreochromis mossambicus*, *O. urolepis hornorum* y del híbrido F1 *mossambicus* x *O. urolepis hornorum*, provenientes de las piscifactorías de la Delegación Federal de la Pesca del Estado de Morelos: El Rodeo y Zacatepec, Mor., y, aunque los resultados de los análisis

han sido presentados anteriormente en publicaciones especializadas (Uribe-Alcocer *et al.*, 1989 y Uribe Alcocer y Díaz Jaimés, 1992) se presentan en este trabajo por la utilidad que pueden presentar actualmente en la acuicultura del país.

Los sistemas proteicos seleccionados permiten una identificación individual clara y consistente; además de conservar vivo al espécimen, con el fin de poder analizar genéticamente a los organismos reproductores, e involucran la menor complejidad posible en equipo y reactivos, y el menor costo de operación, a fin de que puedan ser implementados donde sean requeridos, a costos accesibles.

Se presenta también un panorama de metodologías recientes que permiten realizar el seguimiento genético de líneas ícticas de interés en la acuicultura, a través de técnicas avanzadas de la biología molecular.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los organismos estudiados pertenecen a las especies *O. mossambicus* (línea albina con manchas anaranjadas) y *O. urolepis hornorum*, introducidas a México en 1981 procedentes de Florida y depositadas en la Piscifactoría El Rodeo en el Estado de Morelos. Los híbridos estudiados fueron la F<sub>1</sub> del cruzamiento *O. mossambicus* x *O. u. hornorum* llevado a cabo para producir progenie monosexual masculina. En cada grupo se procesaron 25 organismos, cuya longitud oscilaba entre 10 y 15 cm. Para el análisis de las esterazas se estudiaron adicionalmente 75 organismos de los cuales 30 correspondieron a *O. mossambicus*, 30 a *O. u. hornorum* y 17 a los híbridos.

Se analizaron las proteínas del extracto de músculo y del plasma sanguíneo, las parvalbúminas, hemoglobinas y esterazas, mediante los siguientes procedimientos.

1. La muestra de sangre fue extraída de la vena principal caudal con jeringa de 1 ml y con aguja 25 x 16 conteniendo 0.5 ml de solución heparinizada. Posteriormente fue centrifugada a 1600 rpm durante 10 minutos. El sobrenadante se conservó para estudios posteriores de plasma sanguíneo y transferrinas. Al paquete celular se le añadió NaCl al 2.5 % agitándolo en un vórtex hasta obtener una solución homogénea, y se repitió la centrifugación tres veces. Se virió agua fría al paquete celular a fin de lisar las células, y se

- añadieron unas gotas de solución antioxidante. Dada la facilidad de oxidación de las hemoglobinas, se procedió a hacer su corrimiento electroforético a la brevedad posible.
2. El extracto de músculo fue extraído de un cubo de 1 cm de lado de músculo blanco, limpio de escamas, de la parte media de pedúnculo. Se homogeneizó el tejido en un volumen igual de solución amortiguadora Tris-Glicina pH 8.9 y se centrifugó a 1600 rpm durante un minuto. El sobrenadante se dividió en dos porciones: una para correr proteínas del extracto de músculo y otra para parvalbúminas. Los organismos se sexaron y guardaron en el refrigerador a aproximadamente -5°C para su conservación. Posteriormente las muestras de extracto de músculo fueron dializadas durante 12 horas contra agua destilada.
  3. Las muestras de parvalbúminas se sometieron a baño maría durante cinco minutos a 60°C con el fin de desnaturalizar las otras proteínas.
  4. Las muestras para el análisis de las esterasas fueron tomadas del *mucus* superficial del pez, utilizando algodón esterilizado, y difundidas en una solución de Trizma 0.001 (Herzberg, 1978). Se centrifugaron a 15,000 RPM durante 10 minutos y se colocaron en tubos de vidrio etiquetados. Se congelaron durante 24 hrs a -4° antes de ser procesadas por electroforesis.

Se usaron geles de poliacrilamida (Merck-Schuchardt y Sigma) al 10 % como medio de soporte en la separación de las muestras, según la técnica descrita por Fehrström y Moberg (1977) con las soluciones amortiguadoras Tris-glicina pH 8.9 (cátodo) y Tris-HCl pH 8.1 (ánodo).

Los corrimientos electroforéticos, se llevaron a cabo en una cuba modelo Multiphor horizontal 2117 LKB Norma, conectada a una fuente de poder 2103 y a un Multitemp LKB a una temperatura de 9°C. Se llevó a cabo una preelectroforesis de 30 min a 222 volts, 400 mA y 280 W, a fin de impregnar el gel de la solución amortiguadora y limpiarlo de impurezas. Pasado este tiempo en las concavidades del gel se aplicaron las muestras y azul de bromo-enol como indicador del avance frontal de la electroforesis. Junto con las muestras se corrió un patrón de proteína de peso molecular conocido (albúmina bovina PM 10 000). Las

muestras se corrieron durante 10 minutos a 222 volts, 200 mA con el objeto de que se compactaran en la zona. Pasado este tiempo las condiciones eléctricas se cambiaron a 222 V, 450 mA y 280 W. Según el tipo de corrimiento electroforético, varió entre una hora y media y dos horas.

En el caso de las proteínas totales, concluida la electroforesis, se sumergió la placa de gel en una solución fijadora durante una hora, tiñéndose posteriormente con Kenacid blue R (Coomassie) (BDH Chemicals). El exceso de colorante fue retirado por difusión de la solución desteñidora, y por último la placa se dejó una hora en solución preservadora. Se colocó posteriormente una placa de plástico para su conservación. Las placas se fotografiaron sobre un negatoscopio con una cámara Reflex y rollo Kodak Technical Pan Film.

La tinción histoquímica de las esterasas se llevó a cabo utilizando como sustrato alfa y beta naftil acetato para la detección de la actividad enzimática de las esterasas y azul rápido RR. Los loci detectados fueron nombrados siguiendo los criterios de Allendorf y Utter (1979).

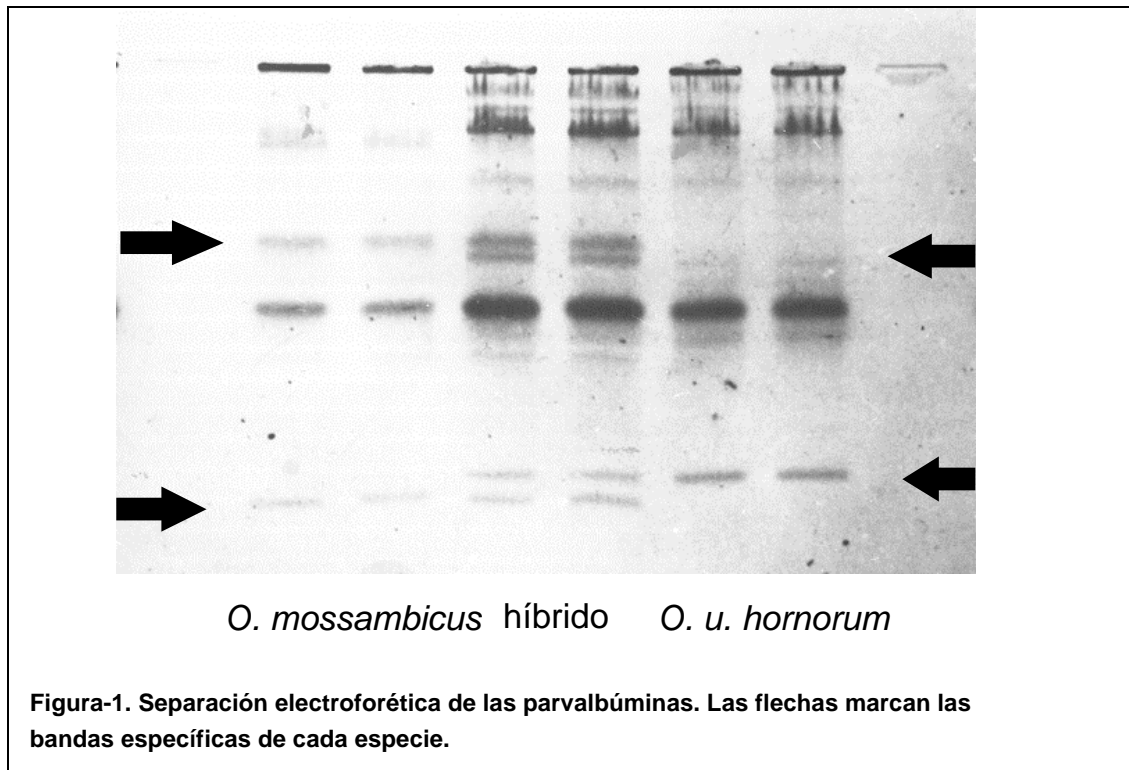
A fin de poder derivar la distancia taxonómica promedio (DTP) (Sokal, 1961), se elaboró la matriz de datos siguiendo la metodología de Crisci y López Armengol (1983), a partir de las frecuencias alélicas de los loci polimórficos detectados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parvalbúminas

El análisis de los electroferogramas de las especies *O. mossambicus*, *O. u. hornorum* y el híbrido, en los sistemas de proteínas estudiados, se hizo de acuerdo a la migración anódica de las bandas, a su presencia o ausencia, y a la intensidad de las mismas, así como en la presencia de bandas comunes.

Se pudieron detectar variaciones en las proteínas provenientes de las dos especies y el híbrido, originando patrones electroforéticos diferentes. Del análisis de las bandas de los electroferogramas, resalta que en todos los sistemas estudiados existen tres o más bandas comunes a las distintas poblaciones, testigos de información genética que ha sido conservada a partir del tronco ancestral común. Por otra parte, se ha encontrado gran variación en los diferentes sistemas, los puntos más relevantes de la cual se mencionan a continuación.

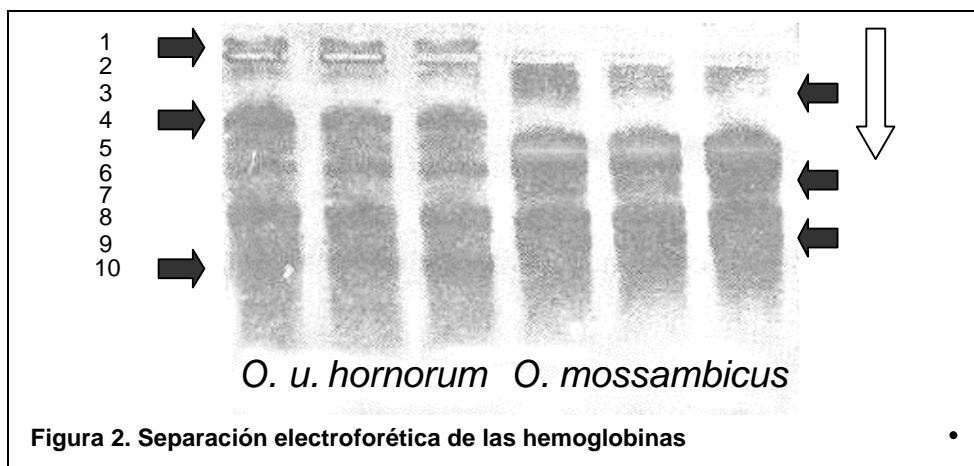


Los corrimientos de las parvalbúminas se presentan en la figura-1 que muestra las bandas presentes en las tres poblaciones estudiadas. En ella se puede apreciar una banda central intensa y ancha, común a todos los organismos estudiados. Dos pares de bandas, la de mayor migración, delgada y poco intensa y la que se encuentra inmediatamente antes de la banda central intensa presentan posiciones particulares en cada una de las

poblaciones representativas, y ambas en los híbridos. Por ello se pueden considerar como marcadores electroforéticos específicos de estas poblaciones.

### Hemoglobinas

Los corrimientos de hemoglobinas se ilustran en la figura 2. En los patrones de hemoglobinas es-



pecíficos de cada población, la especificidad resulta de la presencia de bandas exclusivas de los corrimientos de *O. u. hornorum* (bandas 1, la 4 y 10) ausentes en *O. mossambicus*. Las bandas que se presentan sólo en el patrón de *O. mossambicus* son la 3, 7 y la 9. Como el patrón de bandas de las hemoglobinas de los híbridos se inclina al de *O. u. hornorum* no es posible discriminar entre estas poblaciones, pero sí se puede caracterizar sin ambigüedad a *O. mossambicus*. La banda 1 emigró hacia el cátodo en algunos organismos de la especie *O. u. hornorum* y el híbrido. Estos patrones mostrados consistentemente, puede constituir un marcador poblacional útil y son congruentes con los presentados por Camacho y colaboradores en 1984.

Existen algunos posibles factores que pudieran enmascarar resultados obtenidos a partir de las hemoglobinas y de las parvalbúminas, añadiendo variación artificial. Por ejemplo, la posible utilización de cepas que en alguna etapa hayan sufrido contaminación genética por medio de la incorporación de individuos de otras cepas a las poblaciones reproductivas, hecho que pudiera haberse dado en las piscifactorías. Esta variación se podría demostrar al estudiar muestras más amplias, provenientes de diferentes lugares, en otras fases del estudio, ya que en el desarrollo del estudio no se contó con patrones de comparación procedentes de líneas originales.

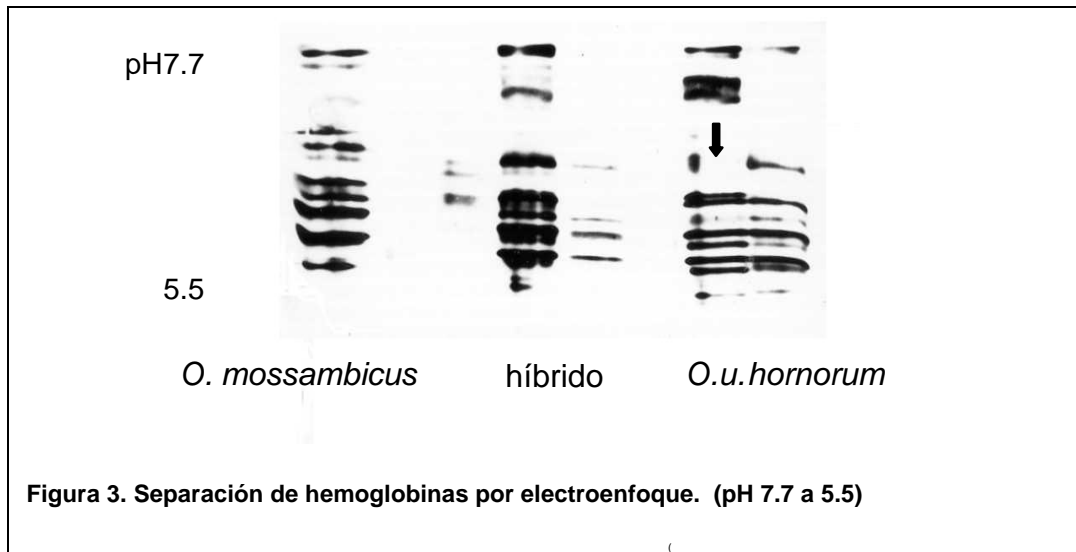
**Electroenfoque**

Se llevó a cabo un estudio preliminar de separación por electroenfoque (Abrams *et al.*, 1983). Se sometieron a electroenfoque muestras de hemoglobinas y de plasma sanguíneo en un intervalo amplio de pH que abarcaba de 3.5 a 9.5, y se observó que las bandas de hemoglobina se situaron en el intervalo 7.6 - 5.3, mientras que el plasma sanguíneo en el intervalo 5.8 - 4.2. Las hemoglobinas fueron sometidas nuevamente al electroenfoque en un rango más estrecho 8.5 - 5.5. Las bandas se establecieron en el gradiente de pH 5.5 a 7.7. (Figura-3).

**Esterasas**

Los patrones electroforéticos de las esterazas provenientes del mucus superficial de estos organismos mostraron la presencia de tres loci (figura-4), dos de los cuales presentaron polimorfismo y se han designado como *EST-1*(100/108) y *EST-3* (100/55). El locus *EST-2* fue monomórfico. Estos loci presentan patrones de estructura monomérica (figura-4).

Por lo que respecta a las esterazas, la distribución de las frecuencias alélicas del locus *EST-1* (100-108), mostró una clara diferenciación interespecífica representada por una mayor frecuencia del alelo *EST-1* (108) en la población de *O. hornorum*, mientras que en *O. mossambica* se encontró una mayor frecuencia del alelo *EST-1* (100) detectado principalmente en estado homólogo (Tablas 1 y 2). En contraste, el Alelo *EST-3*(55) en esta última especie se encuentra única-



mente formando parte de genotipos heterocigotos. Por otra parte en *O. hornorum*, se detectó una frecuencia mayor del alelo *EST-3* (100) que de su alelo complementario *EST-3* (55) ambos presentes principalmente en genotipos heterocigotos, y en equilibrio de Hardy-Weinberg.

La distribución de las frecuencias genotípicas (Tabla 2), correspondió con el equilibrio de Hardy-Weinberg en los loci que resultaron polimórficos de *Oreochromis urolepis hornorum* y en el locus *EST-3* (100/ 55) de *O. mossambicus*. En contraste, el locus *EST-1* de esta última, en el cual las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas fueron significativas ( $\chi^2 = 8.9$ ,  $p > 0.05$ , 1 g.l.), se observa una deficiencia de genotipos heterocigotos, que posiblemente sea el resultado de procesos endogámicos que hayan favorecido la homocigosis, dada la naturaleza recesiva de donde resulta la característica distintiva de la línea albina.

A fin de comprobar la diferenciación poblacional de las muestras estudiadas, así como para evaluar el grado de proximidad de sus genotipos, se elaboró el dendrograma que se muestra en la figura 5. Fue obtenido a partir de la matriz de datos que aparecen en la tabla 1, y pone en evidencia una clara separación en la distribución de las frecuencias alélicas entre las poblaciones de tilapia analizadas, con una distancia taxonómica que muestra un porcentaje de similitud de 74.2% entre el híbrido y *O. mossambicus* (DTP=0.129), que a su vez se separan de *O. u. hornorum* por una DTP=0.329 (46.8% de similitud). Así mismo, el índice de Wright (Allendorf y Phelps, 1981) obtenido de las diferencias alélicas encontradas en las esterasas fue de  $F_{st} = 0.1409$ , confirmando la diferenciación genética presente entre las poblaciones estudiadas.

Resultados similares han sido obtenidos por McAndrew y Majumdar (1983), quienes reporta-

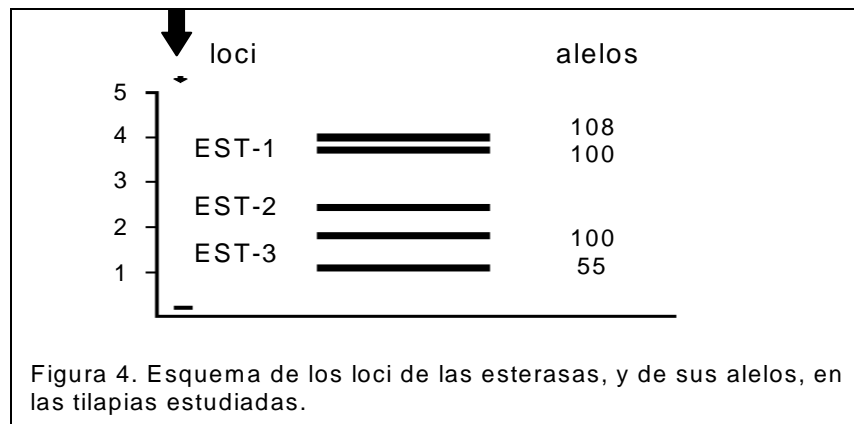


Tabla-1. Frecuencias alélicas de las esterasas.

Lo-cus	A lelo	<i>O. u. hornorum</i>	híbrido	<i>O. mos-sambicus</i>
<i>EST-1</i>	108	0.654	0.500	0.320
	100	0.346	0.500	0.680
		0.577	0.500	0.996

Tabla-2. Frecuencias genotípicas observadas y esperadas

Locus	Alelo	<i>O. u. hornorum</i>		<i>O. mossam-bicus</i>	
		obs	esp	obs	esp
<i>EST-1</i> (100/108)	108/108	12	11	6	3
	108/100	10	12	4	11
	100/100	4	3	15	11
<i>EST-3</i> (55/100)	100/100	7	9	17	17
	100/55	16	13	5	5
	55/55	3	4	0	0

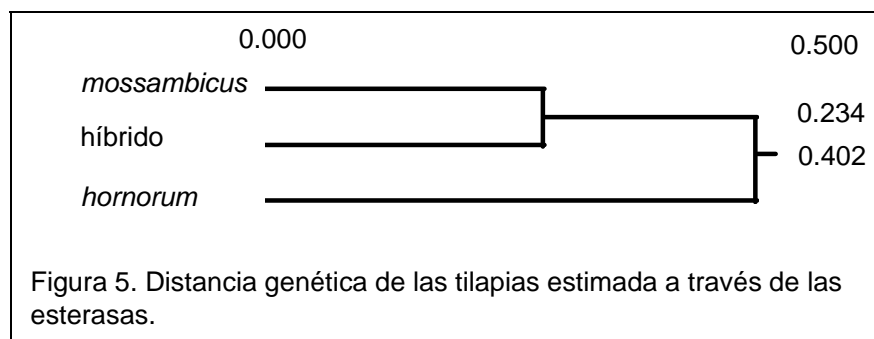
ron un índice de heterocigicidad promedio bajo para *Oreochromis mossambicus*, propiciado probablemente también por la endogamia debida a la manipulación selectiva de la población estudiada para la obtención de líneas albinas con fines de cultivo en la producción de híbridos.

En *Oreochromis urolepis hornorum*, los valores del índice de heterocigicidad por loci ( $h$ ) (Nei y Roychoudhury, 1974), mostraron valores altos ( $h=0.4572$  en la *EST-1* y  $h=0.5078$  en la *EST-3*) y las diferencias entre las frecuencias observadas y esperadas de acuerdo al equilibrio de Hardy Weinberg no fueron significativas debido probablemente a procesos de reproducción abierta, si no panmíctica, presentes en *O. u. hornorum* al tratarse de poblaciones que han sido menos manipuladas genéticamente

Nuestros estudios concuerdan con los resultados obtenidos por diversos autores que han analizado las esterasas en distintas especies de tilapias. Chen y Tsuyuki (1970) describieron la presencia de un locus en las esterasas provenientes del plasma sanguíneo de *Oreochromis u. hornorum* y *O. mossambicus* con alelos diferentes fijados en cada una de las dos especies, y ambos presentes en el híbrido.

No obstante, los resultados de los estudios realizados por McAndrew y Majumdar (1983) en organismos de *O. mossambicus* difieren parcialmente de los del presente estudio, ya que ellos informan haber detectado únicamente dos loci monoméricos fijados en las esterasas de esta especie. Las diferencias pueden deberse a las técnicas seguidas, a los tejidos utilizados, o a que en la población examinada por ellos no se encuentren los alelos presentes en las poblaciones estudiadas debido a eventos de: a) deriva génica, b) de endogamia por ser cepas procedentes de establecimientos comerciales, o bien, lo que se considera más probable, c) que el locus estudiado extraído de vísceras, de sea diferente del expresado en el mucus superficial, origen de nuestra muestra, d) que correspondan a la constitución genética original de las poblaciones de *O. mossambicus*. Si éste es el caso, implicaría que las poblaciones presentes en el estado de Morelos utilizadas como reproductores en las cruza híbridas cuando se realizaron los análisis, habían sufrido cierto grado de mezcla genética. Lo anterior, permite considerar que en *Oreochromis mossambicus*, los alelos *EST-1(100)* y *EST-3(100)* hayan sido los alelos originales, a juzgar por su elevada frecuencia en la muestra estudiada y por los resultados obtenidos en otros estudios (McAndrew y Majumdar, 1983), y asumimos que los alelos complementarios *EST-1(108)* y *EST-3(55)* hayan sido los correspondientes a *O. urolepis hornorum*.

La distribución de las frecuencias génicas de los alelos polimórficos detectados en las poblaciones estudiadas, tanto de *O. urolepis hornorum* como de *O. mossambicus*, no permite utilizar ac-



tualmente estos rasgos genéticos en la identificación específica de sus reproductores a nivel individual, ya que no permiten una discriminación inequívoca entre ellos ni entre sus híbridos.

Existen acercamientos al estudio de la diferenciación interespecífica a través del estudio de los cromosomas, aunque la sensibilidad de esta metodología es variable dependiendo del grupo en estudio. En el caso de las tilapias se ha encontrado gran estabilidad, mientras que otros grupos, incluso de cíclidos, muestran una variabilidad interespecífica suficiente para poder ser utilizada exitosamente como marcador genético (Uribe Alcocer *et al.*, 1992, Uribe Alcocer y Díaz Jaimes, 1996 y en prensa).

Existen además de los marcadores moleculares mencionados, algunos otros que pueden ser utilizados en futuros estudios, de acuerdo a las finalidades y al tipo de especímenes con los que se desea trabajar. Por ejemplo, el desarrollo de nuevas metodologías en la biología molecular, permite estudiar directamente diversos aspectos del DNA, no de sus productos como son las diversas proteínas. Entre estos nuevos acercamientos se encuentran el estudio de las huellas digitales del DNA (Herbinger *et al.*, 1995), los RAPD's (amplificación aleatoria de DNA polimórfico) (Carvalho y Pitcher, 1995, John *et al.*, 1996), los microsatélites (Lee y Kocher, 1996, O'Connell y Wright, 1997); de la longitud de los fragmentos de restricción (RFLP's) (Graves, 1998, Nielsen *et al.*, 1998) y la secuenciación de las bases presentes en algunos segmentos de los ácidos nucleicos, principalmente en algunos genes del DNA mitocondrial (Stepien y Faber, 1998; Bernardi y Crane, 1999;)

Los protocolos y metodologías específicas que se deban utilizar en el estudio de los marcadores genéticos en las poblaciones utilizadas en la acuicultura deben definirse en función de los

objetivos y del tipo de poblaciones que se manejen. En el caso presentado en este trabajo fueron establecidos en función de su capacidad de discriminación de las líneas parentales de diferentes especies que se utilizan para la producción de progenie monosexual masculina entre sí y entre sus híbridos. Otros marcadores serán los indicados cuando se tenga interés en el monitoreo de las líneas parentales intraespecíficas, o bien para seguir progenies de algunas parejas o individuos de interés, por ejemplo a través del estudio de las variantes de microsatélites presentes en su genoma (García de León *et al.*, 1998). Existe incluso la posibilidad de rastrear la línea materna, a través del establecimiento de las variantes presentes en el DNA mitocondrial (O'Reilly *et al.*, 1998).

Es importante señalar la conveniencia de que en nuestro medio haya una asociación entre las entidades de producción acuícola y las de investigación, que complemente las potencialidades de cada una de ellas, ya que la producción puede verse ampliamente favorecida con los aportes de la investigación. Esta, por su parte, se justifica en tanto tenga la capacidad de aplicar sus productos para contribuir a una práctica acuicultural de mayor rendimiento, calidad y eficiencia.

## CONCLUSIONES

Los estudios electroforéticos de las tilapias han mostrado que existen proteínas (hemoglobinas y parvalbúminas) que se separan electroforéticamente en bandas características y diferentes en las poblaciones estudiadas, y que pueden ser utilizadas como características diagnósticas diferenciales.

Se sugiere que, en primera instancia, en los trabajos de selección y mejoramiento de los lotes de reproductores, se incorporen exclusivamente organismos de *Oreochromis mossambicus* portadores homocigóticos de los genes *EST-1 (100)* y *EST-3 (100)*, que se considera corresponden a los alelos originales de esta especie, y, al mismo tiempo, que los organismos de *O. urolepis hornorum* incorporados sean portadores de los loci *EST-1 (108)* y *EST-3 (55)*. Igualmente sería conveniente su complementación con la incorporación de variantes electroforéticas específicas detectadas en otras proteínas, como la hemoglobina (Camacho *et al.*, 1984; Uribe-Alcocer *et al.*, 1989). De esta manera será posible verificar, a nivel individual y sin perjuicio de los especíme-

nes, la pureza de la línea, a fin de mantener el potencial de progenie monosexual masculina, resultante de la cruce híbrida entre las especies estudiadas, y el mejoramiento de la producción acuícola.

Conforme se avance en la práctica del mejoramiento genético de las cepas de peces utilizadas en la acuicultura del país, existen varias alternativas adicionales de marcaje de los especímenes y de las líneas, de acuerdo a las necesidades específicas de los planes de operación de las piscifactorías. Es muy importante recalcar la necesidad de contar con recursos humanos calificados para aplicar las metodologías de la biología molecular a la acuicultura nacional.

## LITERATURA CITADA

**Abrams, R., Verbeke R. y Van Hoof, J., 1983.**

Fish species identification by isoelectric focusing. The use of schematic patterns. *Fleischwirpsch* 63(9):1459-1462.

**Allendorf, F.W. y Phelps, S.R., 1981.** Use of

allelic frequencies to describe population structure. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38: 1507-1514.

**Allendorf, F.W. y Utter, F.M., 1979.** Popula-

tion Genetics. In: W S. HOAR, D.J. Randall y J.R. Brett (Eds.). *Fish Physiology*, vol 8. Academic Press, New York, pp. 417-454.

**Arredondo Figueroa, J.L. y Tejada Salinas,**

**M., 1989.** El hueso faríngeo, una estructura útil en la identificación de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces, Cichlidae) introducidas a México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nac. Autón. México*, 16(1): 59-63.

**Arredondo Figueroa, J.L., 1984.** Situación Ta-

xonómica actual de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces, Cichlidae) introducidas a México. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México.

**Avise, J.C., Smith, J.J. y Ayala, F.J., 1975.**

Adaptive differentiation with little genetic change between two native California minnows. *Evolution*, 29: 411- 426.

**Avtalion, R.R., 1982.** Genetic markers in Sa-

rotherodon and their use for sex and species identification.: In R.S.V, Pullin, and R.II.

- Lowe- McConnell (Eds.) The biology and culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7. International Center for living Resources Management, Manila. Philippines, pp. 432-442.
- Avtalion, R.R., Pruginin, Y. y Rothbard, S., 1975.** Determination of allogeneic and xenogeneic markers in the genus of *Tilapia*: 1. Identification of sex and hybrids in *Tilapia* by electrophoretic analysis of serum proteins. *Bamidgeh*, 27(1): 8-13.
- Bernardi, G. y Crane, N.L., 1999.** Molecular phylogeny of the humbug damselfishes inferred from mtDNA sequences. *J. Fish Biol.* 54 (6): 1210-1217.
- Camacho, A., Rivalta, V., Villaescusa A. y Caballero, R., 1984.** Las isoenzimas en el estudio de *Tilapia* y géneros afines existentes en Cuba. 1. Características electroforéticas de seis sistemas proteínicos. *Ciencias Biológicas*, 12:11-22.
- Castorena-Sánchez, I., Uribe-Alcocer, M. y Arreguín Espinosa, J., 1983.** Estudio cromosómico de poblaciones del género *Tilapia* (Pisces, Cichlidae), provenientes de tres regiones de México. *Veterinaria Méx.* 14: 137-144.
- Carvalho, G.R. y Pitcher, T. J., 1995.** Microsatellites: Genetic markers for the future. *MOLECULAR GENETICS IN FISHERIES.*, Chapman And Hall, Inc., London. pp. 117-121.
- Crisci, J.V., y López-Armengol, M.F., 1983.** Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la OEA. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Wash. D.C. 132p.
- Chen, F.Y. y Tsuyuki, H., 1970.** Zone electrophoretic studies on proteins of *Tilapia mossambica* and *T. hornorum* and their F<sub>1</sub> hybrids, *T. zillii* and *T. melanopleura*. *Fish. Res. Brd. Can.*, 27: 2167-2177.
- Díaz, P. y Uribe Alcocer, M. 1992.** "Utilización de las esterasas como marcadores genéticos en las poblaciones de las tilapias *Oreochromis mossambicus* y *O. urolepis hornorum* cultivadas en el Estado de Morelos, México". *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México* 19(2): 195-200.
- FAO/PNUMA, 1984.** Conservación de los recursos genéticos de los peces. Problemas y recomendaciones. Informe de la Consulta de Expertos sobre los recursos genéticos de los peces. FAO. Doc. Técn. Pesca 217. 42 p.
- Fehnstrom, H. y Moberg, U., 1977.** SDS and convencional poli(acrilamida) gel electrophoresis with LKB 2117 multilphor. Application note 306. LKB.produketer AB, Bromo, Suecia.
- García de León, F.J., Canonne, M., Quillet, E., Bonhome, F. y Chatain, B., 1998.** The application of microsatellite markers to breeding programmes in the sea bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture* 159 (3-4): 303-316.
- Graves, J.E., 1998.** Molecular Insights into the Population Structures of Cosmopolitan Marine Fishes. *J. Hered.* 89 (5): 427-437.
- Herbinger, C.M., Doyle, R.W., Pitman, E.R., Paquet, D., Mesa, K.A., Morris, D.B., Wright, J.M. y Cook, D., 1995.** DNA fingerprint based analysis of paternal and maternal effects on offspring growth and survival in communally reared rainbow trout. *Aquaculture*, 137 (1-4): 245-256.
- Herzberg, A., 1978.** Electrophoretic esterase patterns of the surface mucus for the identification of *Tilapia* species. *Aquaculture*, 13: 81-83.
- Hickling, C.F., 1960.** The Malacca tilapia hybrids. *J. Genet.* 57: 1-10.
- Jalabert, B., Kammacher, P. y Lessent, P. 1971.** Determinisme du sèxe chez les hybrides du gendre *Tilapia*. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Bioph.* 11: 155-165.
- John, M.V., Parwez, I., Sivaram, M.V.S., Mehta, S., Marwah, N. y Ali, S., 1996.** Analysis of VNTR loci in fish genomes using synthetic oligodeoxyribonucleotide probes. *Gene* 172(2): 191-197.
- Johnson, M. S. 1975.** Biochemical Systematics of Atherinid genus *Menidia*. *Copeia*: 662-691.
- Kirpichnikov, V.S. y Muske, O.A., 1979.** Functional differences between allozymes in Pacific sockeye salmon (*Onchorhynchus merka* Walb.) In: *Materials XVI Int. Conf. Anim. Blood Gr. Biochem Plym. Vol.IV.*
- Kornfield, I.L., Ritte U., Richler, F. y Wahrman, J. 1979.** Biochemical and cytological differentiation among cichlid fishes on the Galilee. *Evolution* 33:1 - 14.
- Lee, W.J. y Kocher, T.D., 1996.** Microsatellite DNA markers for genetic mapping in *Oreo-*

- chromis niloticus*. J. Fish Biol. 49 (1): 169-171.
- Majumdar, K.C. y Mcandrew, B.J., 1983.** Sex ratios from interspecific crosses within the tilapias. In: L. Fishelson y Z. Yaron (Eds.). International Symposium on tilapia aquaculture. Nazareth, Israel, pp. 261-269.
- Majumdar, K.C. y Mcandrew, B.J., 1986.** Relative DNA content of somatic nuclei and chromosomal studies in three genera, *Tilapia*, *Sarotherodon*, and *Oreochromis* of the tribe Tilapiini (Pisces, Cichlidae). Genetica 68:175-138.
- Mcandrew, B.J., y Majumdar, K.C., 1983.** *Tilapia* stock identification using electrophoretic markers. Aquaculture, 30. 249- 261.
- Moav, R., Brody, T.B., Wholfarth, G. y Hulata, G., 1976.** Application of electrophoretic genetic markers to fish breeding. 1. Advantages and methods. Aquaculture, 9: 217-228.
- Nei, M., y Roychoudhury, A.K., 1974.** Sampling variances of heterozygosity and genetic distance. Genetics 76: 379-390.
- Nielsen, E.E., Hansen, M.M. y Mensberg, K.L.D., 1998.** Improved primer sequences for the mitochondrial ND1, ND3/4 and ND5/6 segments in salmonid fishes: application to RFLP analysis of Atlantic salmon. J. Fish Biol. 53 (1): 216-220.
- O'connell, M. y Wright, J.M., 1997.** Microsatellite DNA in fishes. Rev. Fish Biol. Fish. 7 (3): 331-363.
- O'reilly, P.T., Herbinger, C, y Wright, J.M., 1998.** Analysis of parentage determination in Atlantic salmon (*Salmo salar*) using microsatellites. Anim. Genet. 29 (5): 363-370.
- Rosas, M.M., 1976.** Peces dulceacuicolas que se explotan en México y datos sobre su cultivo. Inst. Nal. de Pesca. Centro de Estudios Económicos y sociales del Tercer Mundo, A.C., pp. 75-95.
- Secretaría de Pesca, 1986.** Análisis de la Actividad Pesquera. Sistema Nacional Integrado de Información del Sector Pesca. Septiembre 1986.
- Sokal, R.R., 1961.** Distance as a measure of taxonomic similarity. Syst. Zool. 10(70): 40-51.
- Starmach, J., 1977.** Electrophoretic separation of blood serum protein on polyacrilimide gel in seven carp familias. Acta Hydrobiol. 19(2):163-167.
- Stepien, C.A. y Faber, J.E., 1998.** Population genetic structure, phylogeography and spawning philopatry in walleye (*Stizostedion vitreum*) from mitochondrial DNA control region sequences. Mol. Ecol. 7 (12): 1757-1769.
- Tsuyuki, U., Roberts F. y Gadd, A., 1962.** Muscle protein of Pacific Salmon (*Onchorhynchus*). Can. Jour. Bioch. Physiol, 40:929-936.
- Tsuyuki, U., Roberts F. y Kerr, R.H., 1967.** Comparative electropherograms of the family Catostomidae. J. Fish. Res. Bd. Canada, 25:299-304.
- Tsuyuki, U., Roberts, F. y Vanstone, F., 1965.** Comparative zone electropherograms of muscle myogens and blood hemoglobins of marine and freshwater vertebrates and their application to biochemical systematics. J. Fish. Res. Bd. Canada, 22(1):203-1213.
- Uribe Alcocer, M. y Díaz Jaimes, P., 1996.** Chromosome complements of *Gobionellus microdon* (Gilbert, 1891) and *Eleotris picta* Kner and Steindachner (Gobioidea, Perciformes) collected in Mexico. J. Fish Biol, 48: 796-798.
- Uribe Alcocer, M. y Díaz Jaimes, P.** Fish chromosomes as biomarkers of genotoxic damage and proposal for the use of tropical catfish species for short-term screening of genotoxic agents. Biomonitoring and Biomarkers as Indicator of Environmental Change Vol. II: Eds.: Butterworth F.M. y Gonsebatt Bonaparte, M.E. Plenum Press, NY. En prensa.
- Uribe Alcocer, M., Náder García, B.L. y Valdés Morales, N. 1992.** The Chromosomes of two cichlids from Mexico *Cichlasoma ellioti* and *C. trimaculatum*. Jap. J. Ichthyol. 39(2): 174-177.
- Uribe-Alcocer, M., Vera-Muñoz, G. y Arreguín-Espinosa, J., 1989.** Marcadores electroforéticos de *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis urolepis hornorum* (Pisces: Cichlidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 16: 199-206.
- Uribe-Alcocer, M., y Arreguín Espinosa, J., 1989.** Los cromosomas de los peces *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis*



*mossambicus* (Pisces: Cichlidae). An. Ins.  
Cienc. del Mar y Limnol Univ. Nal. Auton.

México, 16 (2): 189-198.

---

# VARIABILIDAD GENÉTICA DE LOS CHARALES DE LOS LAGOS DE PÁTZCUARO Y CHAPALA: ANÁLISIS PRELIMINAR

---

M. en C. Irene de los Angeles Barriga Sosa.

Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Depto. de Hidrobiología. Planta Experimental de Producción Acuícola

## RESUMEN

Los miembros del género *Chirostoma* comprenden a los peces conocidos como charales y peces blancos y son endémicos de la Meseta Central de México. La mayor parte de las especies que conforman al género se encuentran en los lagos de Pátzcuaro y Chapala. En este caso se investiga, por medio de datos de aloenzimas, la variabilidad genética y relaciones de los organismos conocidos comúnmente como charales, que habitan los lagos de Pátzcuaro y Chapala. Se analizan ocho especies y una subespecie, tres especies del lago de Pátzcuaro y cinco del lago de Chapala. Los resultados de los datos electroforéticos (23 loci enzimáticos) muestran que la variabilidad genética de las especies que habitan el lago de Pátzcuaro es menor a la que presentan las especies/poblaciones del lago de Chapala (promedio  $P_{95} = 8.7-16.5$ , promedio  $H_E = 0.042-0.063$ , para Pátzcuaro y Chapala, respectivamente). Las identidades genéticas de Nei ( $I_N$ ) (1978) variaron de 0.827 a 1.000 entre las nueve especies. El análisis de conglomerados basado en la distancia genética de Nei ( $D_N$ ) (1978) indica la separación de *C. grandocule* del resto de las especies, lo cual se debe a la baja variabilidad observada en la especie ( $H_E = 0.002$ ), además de agrupar a los charales en dos conglomerados principales: el primero agrupa a las especies del lago de Pátzcuaro (*ptz* y *att*), las cuales parecen estar más cercanamente relacionados a *gran*, éste con las especies de Chapala (promedio  $D_N = 0.084 - 0.163$ , respectivamente). El segundo agrupa a las especies del lago de Chapala (*con* y *cha*) muy cercanas a las especies *cre* y *lab* (pro-

medio  $D_N = 0.016$ ). Las tres poblaciones de *C. humboldtianum* forman un grupo que se encuentra equidistante de los dos conglomerados Chapala y Pátzcuaro (promedio  $D_N = 0.02$ ). Los estadísticos F de Wright ( $F_{ST}$ ) indican una marcada diferenciación entre las especies/poblaciones (0.432).

## INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las especies del género *Chirostoma* son endémicas de la meseta central de México (Barbour, 1973a; 1973b; Barbour y Chernoff, 1984; Echelle y Echelle, 1984). Su taxonomía y distribución han sido problemáticas (Jordan y Evermann 1896; Meek 1904; Jordan y Hubbs 1919; Álvarez, 1970; De Buen, 1945). Barbour (1973a y 1973b), después de varios análisis, reconoce un solo género (19 especies y 3 subespecies) divididos en: grupo arge y grupo jordani, diferenciados por presentar escamas con poros y escamas con canales, respectivamente. El grupo jordani incluye especies relativamente pequeñas (*C. humboldtianum*, *C. chapalae*, *C. patzcuaro*, *C. jordani*, *C. consocium consocium*, *C. c. reseratum*, *C. compressum*, y *C. grandocule*), además de cinco especies que han evolucionado en tallas más grandes (*C. estor estor*, *C. e. copandaro*, *C. lucius*, *C. sphyraena* y *C. promelas*) y de las cuales las últimas tres han sido sugeridas como simpátricas del lago de Chapala (Chernoff y Barbour, 1984). El resto de las especies pertenecen al grupo arge (*C. arge*, *C. melanocus*, *C. riojai*, *C. charari*, *C. attenuatum attenuatum*, *C. a. zirahuen*, *C. bartoni*, *C. aculeatum* y *C. labarcae*). Algunas

especies del género han sido estudiadas a diferentes niveles con el fin de determinar entre otros aspectos: relaciones interespecíficas, relaciones filogenéticas, caracteres discriminantes a nivel de especies, y para la diferenciación de híbridos (Álvarez 1963, 1970 y 1972; Barbour 1973a y b; Barbour y Chernoff 1984; Rodríguez y Granado 1987, a nivel morfométrico; Echelle y Echelle 1984; Rincón 1992; Alaye 1993a y b, a nivel de proteínas). Se sugiere que el género tiene un origen difiletico, con un ancestro marino parecido a *Menidia* que da origen al grupo *jordani* y con un ancestro marino parecido a *Melaniris* que da origen a los miembros del grupo *arge*. Posteriormente Echelle y Echelle (1984), Barbour y Chernoff (1984) sugieren por medio de datos osteológicos y de proteínas, respectivamente, que *Chirostoma*, comparte con *Menidia* un ancestro común que no comparte con *Melaniris*, además de que los Echelle (1984) también sugieren que *Menidia* y *Chirostoma* divergieron hace aproximadamente 20.1 ma (millones de años) durante el Eoceno (utilizando el reloj molecular más lento, calibrado para datos electroforéticos).

## MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla-1 se citan los sitios de colecta de cada una de las especies incluidas en el estudio, así como el número total de muestra (N) y año de colecta. Se utiliza tejido muscular y de hepatopáncreas para llevar a cabo la electroforesis horizontal en acetatos de celulosa, siguiendo lo descrito por Hebert and Beaton (1989), con algunas modificaciones. A los sistemas con *locus* múltiples se les asignan los números 1, 2, 3, entre otros, de acuerdo a su movilidad en gel (de +cátodo a-ánodo). Con el mismo criterio, a múltiples alelos por *locus* se les asignan como a, b, c, etc. Se estiman las frecuencias alélicas, proporción de loci polimórficos (criterio  $P_{95}$ ), número promedio de alelos por locus, heterocigosidad

**Tabla-1. Especies y poblaciones analizadas en el presente trabajo**

Especie	Sitio de colecta	N	Fecha
<i>C. grandocule</i>	Ichupio y Janitzio, lago Pátzcuaro, Mich.	20	1996 y 1997
<i>C. patzcuaro</i>	Janitzio, lago Pátzcuaro, Mich.	3	1996 y 1997
<i>C. attenuatum attenuatum</i>	Janitzio, lago Pátzcuaro, Mich.	16	1996
<i>C. humboldtianum1</i>	Lago de Zirahuén, Mich.	6	1997
<i>C. humboldtianum2</i>	Lago de Chapala, Jal.	6	1996 y 1997
<i>C. humboldtianum3</i>	Laguna de Zacapú, Mich.	6	1996
<i>C. consocium consocium</i>	Mismaloya, Tepehuaje y Agua caliente, lago de Chapala, Jal.	20	1996 y 1997
<i>C. c. reseratum</i>	Mismaloya, Tepehuaje y Agua caliente, lago de Chapala, Jal.	8	1997
<i>C. chapalae</i>	Mismaloya, Tepehuaje y Agua caliente, lago de Chapala, Jal.	16	1997
<i>C. labarcae</i>	Tepehuaje, lago de Chapala, Jal.	3	1997

observada ( $H_0$ ) y esperada ( $H_E$ ) (BIOSYS, Swofford & Selander, 1981). Se calculan las estimaciones de distancia/identidad genética de Nei ( $D_N/I_N$ ) (1978) a partir de los datos de frecuencias alélicas en el programa BIOSYS (Swofford & Selander, 1981). Se utilizan los estadísticos  $F$  de Weir k Cockerham (1984) para estimar de manera preliminar el nivel de estructura genética de las especies/poblaciones por medio de el coeficiente de endogamia del individuo con respecto a la población ( $F_{IT}$ ); del índice de fijación o diferenciación entre las poblaciones ( $F_{ST}$ ) y el coeficiente de endogamia de la población ( $F_{IS}$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectan un total de 23 loci en 17 sistemas enzimáticos ensayados, de los cuales cinco no presentaron actividad, otras cinco fueron polimórficos y siete monomórficos. En la tabla-2 se muestran las frecuencias alélicas de los loci polimórficos. El sistema PGM parece ser el más informativo en la diferenciación de grupos de especies, puesto que las especies del lago de Chapala son monomórficos para este *locus*, excepto *C. chapalae* y *C. labarcae*, mientras que las especies del lago de Pátzcuaro son polimórficos. De igual manera, para el *locus* GPI-2, las especies del lago de Pátzcuaro no presentan el alelo **a**, mientras que las del lago de Chapala sí, excepto *C. reseratum* y *C. labarcae*. Lo anterior puede ser la causa de la agrupación de estas dos últimas especies para que formen un clado un poco separado de las otras dos de Chapala (figura-1). Los valores de variabilidad genética obtenidos en el presente estudio ( $P_{95} = 15.9$ ;  $H_0 = 0.083$  y  $H_E = 0.065$ ) (tabla-2) son similares a las reportadas por Nevo (1978, en Hartl, 1987) en una revisión de 51 especies de

**Tabla-2. Frecuencias alélicas de los loci polimórficos en las 9 especies de charales analizadas, en paréntesis el número de muestra analizada por locus. Se muestra la variabilidad genética detectada. Error estándar en paréntesis**

Spp.	Gra	ptz	att	hum1	hum2	Hum3	con	cre	cha	lab
<b>Locus</b>										
GPI-1										
(N)	(20)	(3)	(16)	(6)	(6)	(6)	(20)	(8)	(16)	(3)
a	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
b	1.000	0.833	1.000	0.750	0.917	0.583	0.275	0.125	0.219	0.167
c	0.000	0.167	0.000	0.250	0.083	0.250	0.700	0.875	0.781	0.833
d	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.167	0.000	0.000	0.000	0.000
GPI-2	(20)	(3)	(16)	(6)	(6)	(6)	(20)	(8)	(16)	(3)
a	0.000	0.000	0.000	0.417	0.333	0.250	0.300	0.000	0.188	0.000
b	1.000	0.833	1.000	0.583	0.667	0.417	0.700	0.375	0.813	0.167
c	0.000	0.167	0.000	0.000	0.000	0.333	0.000	0.625	0.000	0.833
GPI-3	(20)	(3)	(16)	(6)	(6)	(6)	(20)	(8)	(16)	(3)
A	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
b	1.000	1.000	1.000	0.917	0.667	0.917	1.000	1.000	0.969	1.000
c	0.000	0.000	0.000	0.083	0.333	0.083	0.000	0.000	0.031	0.000
PGM	(20)	(3)	(16)	(6)	(6)	(6)	(20)	(8)	(16)	(3)
A	0.025	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
b	0.975	0.667	0.625	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.563	0.000
c	0.000	0.333	0.313	1.000	0.917	1.000	1.000	1.000	0.458	0.833
d	0.000	0.000	0.063	0.000	0.083	0.000	0.000	0.000	0.000	0.167
GDH	(20)	(3)	(16)	(6)	(6)	(6)	(20)	(8)	(16)	(3)
A	0.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
b	0.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
Promedio alelos/locus	1.0	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.2	1.2
	(0.0)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)	(0.1)
$P_{.95}$	0.0	17.4	8.7	17.4	21.7	17.4	13.0	13.0	17.4	17.4
$H_o$	0.002	0.101	0.049	0.094	0.101	0.094	0.078	0.065	0.071	0.087
	(0.002)	(0.053)	(0.044)	(0.051)	(0.052)	(0.051)	(0.048)	(0.045)	(0.046)	(0.048)
$H_E$	0.002	0.065	0.044	0.066	0.074	0.082	0.059	0.052	0.074	0.058
	(0.002)	(0.032)	(0.030)	(0.033)	(0.033)	(0.041)	(0.033)	(0.030)	(0.034)	(0.028)

peces (15.2 y 0.051, respectivamente), pero ligeramente superiores a las reportadas por Echelle y Echelle (1984) en su estudio de 15 especies de *Chirostoma*, dos especies de Poblana, dos de Menidia y otros aterínidos (13.6 y 0.042). Con excepción de *C. grandocule*, no se encontraron diferencias significativas para  $H_o$  o  $H_E$  o  $P_{.95}$ .

Se observó un valor alto en el coeficiente de diferenciación genética ( $F_{ST}$ ) para todas las especies (0.432), el cual indica que las nueve especies de charales han alcanzado una alta diferenciación genética.

Las identidades genéticas variaron de 0.828 a 1.000 entre las nueve especies. El análisis de conglomerados basado en la distancia genética de Nei ( $D_N$ ) (1978), indica la separación de *C. gran-*

*docule* del resto de las especies, lo cual se debe a la baja variabilidad observada en la especie ( $H_E = 0.002$ ), además de agrupar a los charales en dos conglomerados principales: el primero agrupa a las especies del lago de Pátzcuaro (*ptz* y *att*), las cuales parecen estar más relacionadas a *gran*, este último con las especies de Chapala (promedio  $D_N = 0.084-0.163$ , respectivamente). El segundo agrupa a las especies del lago de Chapala (*con* y *cha*) muy cercanas a las especies *cre* y *lab* (promedio  $D_N = 0.016$ ). Las tres poblaciones de *C. humboldtianum* forman un grupo que se encuentra equidistante de los dos conglomerados Chapala y Pátzcuaro (promedio  $D_N = 0.02$ ).

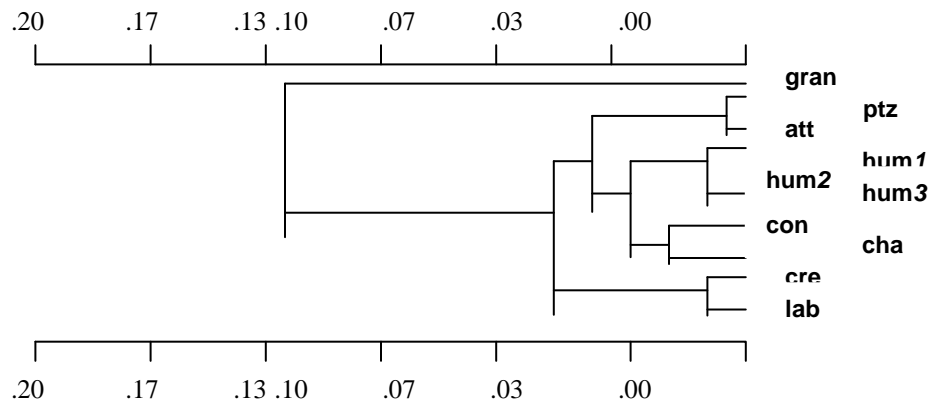


Figura-1. Distancias genéticas de Nei (1978).

## REFERENCIAS

- Alaye, R.N. 1993a:** Hematología de aterínidos de aguas dulces: género *Chirostoma spp.* del lago de Pátzcuaro, Mich. Ciencia Pesquera. 10:97-109.
- Alaye, R.N. 1993b:** El pescado blanco (género *Chirostoma*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, composición de especies. Ciencia Pesquera. 9:113-128.
- Álvarez del Villar, J. 1963:** El pez blanco de Zacapú, nueva especie para la Ciencia. Ciencia. 22(6):197-200.
- Álvarez del Villar, J. 1970:** Peces mexicanos. Secretaria de Industria y Comercio. México. p. 120-128.
- Álvarez del Villar, J. 1972:** Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la ictiofauna Dulceacuícola de Michoacán. Anales Escuela Nacional Ciencias. Biológicas 19:155-161.
- Barbour, C. D., 1973a:** The systematics and evolution of the genus *Chirostoma*, Swaison. Tulane Studies in Zoology and Botany 19 (3):97-141.
- Barbour, C. D., 1973b:** A biogeographical history of *Chirostoma* (Pisces:Atherinidae). A species flock from the Mexican plateau. Copeia 3:533-566.
- Barbour, C. D., and Chernoff B., 1984:** Comparative morphology and morphometrics of the pescados blancos (genus *Chirostoma*) from lake Chapala, México, 111-127 In: A. A. Echelle, I. Kornfield eds. Evolution of Fish Species Flocks. Univ. Maine Press at Toronto.
- De Buen, F. 1945:** Investigaciones sobre Ictiología Mexicana. Revista Sociedad Mexicana Historia Natural p. 435-531.
- Echelle, A. A. and Echelle A. F., 1984:** Evolutionary Genetics of a "Species Flock": Atherinid Fishes on the Mesa Central of Mexico. Pag. 93:110 In: A. A. Echelle, I. Kornfield eds. Evolution of Fish Species Flocks. Univ. Maine Press at Toronto.
- Hartl, D. L., 1987:** A primer of Population genetics. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Mass. 141 p.
- Jordan, D. S. and B. W. Evermann 1896:** The fishes of North and Middle America. Part. I. 793 p.
- Jordan, D. F. S. and C. L. Hubbs, 1919:** A monographic review of the family Atherinidae or Silversides. Stanford Univ. Pub. University Series 87.
- Meek, E. 1904:** The freshwater fishes of México. North of the Isthmus of Tehuantepec. Field Coll. Mus. Chicago, USA. 252 p.
- Rodríguez, R. A. y Granado, L. C. 1987:** Estudio morfológico del aparato mandibular en cinco especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae). Universidad de Sevilla, España. Revista Biología Tropical 35(1):97-106.
- Rincón, C.C. 1992:** Estudio de polimorfismo de hemoglobina para la identificación de las especies del género *Chirostoma* del Lago de Pátzcuaro Michoacán, México. Tesis. Universidad Michoacana, San Nicolas de Hidalgo. 68.



---

# ASPECTOS REPRODUCTIVOS DE LOS LEPISOSTEIDOS, CON ÉNFASIS EN LAS PERSPECTIVAS PARA EL CONTROL DE LA REPRODUCCIÓN DEL CATÁN (*Atractosteus spatula*)

---

Roberto Mendoza, Carlos Aguilera, Jesús Montemayor,  
Gabino Rodríguez y Refugio Castro

Grupo Ecofisiología, Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Autónoma de Nuevo León

## INTRODUCCIÓN

**E**l catán (*Atractosteus spatula*) es la especie dulceacuícola de mayor tamaño que habita en las aguas continentales de México. En nuestro país su localización se restringe a la vertiente del Golfo de México, y se le encuentra específicamente en el estado de Tamaulipas, en donde es apreciado por la calidad de su carne, tamaño y facilidad para filetear. En los estados de Tamaulipas y Nuevo León cuentan con un mercado bien establecido; además, estos peces también son objeto de pesca deportiva, ya que su tamaño los convierte en un atractivo trofeo (pueden alcanzar dos metros de largo). Sin embargo, en la actualidad no existen normas que regulen su captura, lo cual ha provocado una explotación desmedida. Esto, aunado a las alteraciones de su hábitat, ha hecho que los volúmenes de su captura decrezcan. Esta disminución en los niveles poblacionales actualmente implica no sólo la privación de un recurso tradicional para los pescadores y comerciantes de la región noreste, sino también el riesgo de que la especie se extinga. Desde hace varios años se viene argumentando que de no protegerse permanentemente se corre el riesgo de desaparecer de la zona (Morales, 1987). Asimismo, se ha señalado la necesidad de establecer zonas reservadas para la conservación de la especie, dándole oportunidad para que se reproduzca. Esta situación no es exclusiva de nuestro país, ya que en diversas regiones de Norteamérica se ha propuesto que esta especie sea considerada como amenazada o en peligro (Simón y Wallus, 1989).

Considerando el valor faunístico de esta especie, por ser endémica y por la situación actual de sus poblaciones que tienden a desaparecer, su valor científico, por tratarse de organismos pancrónicos y sus posibilidades de explotación comercial, se plantea un problema de índole científico, social y económico, cuya solución requiere de una base teórica que sirva como punto de partida en la elaboración de medidas eficaces para su conservación y aprovechamiento, como lo sugieren León *et al.* (1978). Esta solución radica en el desarrollo de técnicas dirigidas hacia el control de la reproducción en cautiverio, como una medida para incrementar las poblaciones de juveniles y de esta manera recuperar las poblaciones amenazadas.

Hasta el momento, este problema ha sido abordado esencialmente por la vía de la zootecnia, restringiéndose a la definición de condiciones ambientales y no se ha ejercido ningún otro control sobre su reproducción. A nivel nacional únicamente se cuenta con 30 adultos mantenidos en cautiverio en el Centro Acuícola Tancol de la SEMARNAP, en las inmediaciones de Tampico, Tamaulipas. Estos organismos se reproducen y desovan de manera natural sólo durante una semana en el año, lo que limita enormemente la producción de crías necesarias para restaurar los niveles poblacionales de la especie. Debido a la afectación de las existencias del catán y tomando en cuenta que los escasos ejemplares adultos existentes (inventariados) son considerados como un patrimonio de la Nación, resulta difícil realizar

estudios directos con estos organismos, de ahí la necesidad de establecer un lote de reproductores con juveniles silvestres. Igualmente, se requiere de un modelo lo más cercano posible a esta especie, que permita experimentar diversas técnicas de inducción a la maduración sexual, como una alternativa para incrementar la producción de crías, al menos en dos estaciones del año. Dentro de este contexto, en el presente se cuenta con la colaboración del personal de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), misma que proporcionará ejemplares adultos de pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) para realizar los estudios de base y de esta manera tomar los resultados como referencia para su aplicación en ejemplares de catán (*Atractosteus spatula*).

## ESTUDIOS SOBRE REPRODUCCION EN CATÁN Y OTROS LEPISTOSTEIDOS

A pesar de la existencia de algunas descripciones sobre la reproducción de los lepisosteidos, se conoce muy poco acerca de los aspectos básicos sobre los hábitos reproductivos de *A. spatula* (Breder y Rosen, 1966).

Hasta el momento, la información más importante acerca de los aspectos reproductivos de los catanes corresponde a las observaciones realizadas en el medio natural por diversos autores norteamericanos sobre varias de las especies del orden y a los estudios realizados sobre el pejelagarto en Tabasco. Tomando esto como base se presenta una semblanza de la biología reproductiva de los lepisosteidos.

### Proporción sexual

Los lepisosteidos presentan un comportamiento poco gregario: sin embargo, durante la temporada de reproducción se les puede encontrar formando grupos de decenas de individuos, habiéndose observado hasta más de 20 al mismo tiempo (Aleman, 1987; Deán, 1895; Holloway, 1954). Las hembras encabezan los grupos de reproductores, mientras que los machos avanzan detrás expulsando el esperma que fecundará los óvulos, los cuales son adherentes y se fijan a la vegetación sumergida (Contreras, 1987).

De manera general, se observa siempre mayor número de machos que de hembras. Suttikus, (1963) menciona igualmente que cuando las hembras van a desovar se hacen acompañar de 1

a 4 machos. En el caso del pejelagarto *A. tropicus* se han reportado relaciones macho:hembra que van desde 0.82:1 (Chavez-Lomelí, 1989), pasando por proporciones de 1:1.2 (Reséndez y Salvadores 1983), 3:1 (Bejerano *et al.*, 1997), hasta proporciones de 5:1 (Gómez-Gómez, 1989; Pérez-Sanchez, 1995). Holloway (1954) reporta proporciones de 1:2 y de 1:1 machos por hembra para *Lepisosteus platyrhincus* y señala proporciones que varían de 1:2 a 3:1 machos por hembra para *L. Osseus*.

Sin embargo, las observaciones realizadas en el medio natural deben ser tomadas con cautela, ya que como lo señalan Netch y Witt (1962) existe gran diferencia entre machos y hembras con respecto a longevidad y velocidad de crecimiento. Las hembras presentan mayor velocidad de crecimiento y viven más tiempo que los machos. Así, por ejemplo, en el caso de *L. osseus*, para el final del primer año los machos experimentan gran mortalidad y están casi ausentes de la población. En contraste, en los registros se encuentran hembras de hasta 22 años. La diferencia en longevidad entre hembras y machos causa cambios drásticos en la proporción de sexos. Por lo que, esta proporción a partir de muestras combinadas en el caso de *L. osseus* es de 1.2:1 machos por hembra, sin embargo, esto es válido sólo cuando se trata de juveniles, ya que cuando son organismos adultos, por causa de la longevidad, esta tasa se altera y la proporción cambia en sentido contrario.

La proporción sexual que se ha venido utilizando en Tancol durante la época reproductiva en cautiverio de los catanes (*A. spatula*) es de dos machos por hembra (Morales, 1987). Por su parte, Rodríguez *et al.* (1998) marcan una proporción de 1:10.5 machos por hembra en la presa Vicente Guerrero, localizada en Tamaulipas.

### Comportamiento reproductivo

Dean (1895) describe el comportamiento reproductivo para *Lepisosteus spp.* en Black Lake, Carolina del Sur, e indica que primeramente se les percibe en las regiones profundas del lago y posteriormente se les ve cerca de la orilla. Es común ver cardúmenes de 20 o más en la proximidad de las regiones de menor profundidad, en donde desovan. Al aproximarse a la orilla los cardúmenes se fragmentan y se separan por grupos. Cada hembra se hace acompañar de 2 a 8 machos, los cuales nadan unos cerca de otros. El hocico de los machos, de color más claro, probablemente una

coloración relacionada con la época reproductiva, presiona la región abdominal de la hembra. En este momento nadan con las aletas extendidas y particularmente las dorsales y anales se encuentran erectas, de tal manera que estas últimas junto con la caudal son perceptibles desde lejos, mientras comienzan a entrar en aguas muy bajas (12.5 a 15 cm de profundidad). Posteriormente a su arribo, se presenta un periodo de quietud, el cual es seguido por movimientos hacia adelante, hacia atrás y en círculos, cerca de la orilla, y minutos más tarde se presentan movimientos bruscos. Es cuando los huevos son expulsados y fertilizados, pudiéndose apreciar nubes de esperma en el agua. Este evento alterna con otro periodo de quietud de varios minutos el cual es seguido por movimientos circulares y una segunda ovoposición. El desove por lo general no ocurre durante las horas más calurosas del día (12:00 a 15:00 horas), sino que se presenta a intervalos entre las 19:30 y 20:30. Es probable que no todos los huevos sean depositados por la hembra durante un solo día. Los desoves en el caso del pejelagarto (Pérez-Sánchez, 1995) y del catán (Morales, 1987) ocurren durante la noche, llegando a prolongarse hasta el día siguiente. La concentración de individuos que se reúnen en las áreas de desove se dispersa de inmediato a otras áreas después del evento reproductivo (Suttkus, 1963)

Un aspecto notable es la docilidad de los peces, ya que inclusive cuando se están apareando se les puede aproximar de muy cerca. Sin embargo, cuando se llega a capturar una hembra se produce una señal de alarma en la población, la cual es mucho más importante que si se capturan varios machos. En ningún caso se observaron evidencias de rivalidad entre los machos.

La resistencia de los adultos es remarcable. Así, Dean (1895) describe cómo pueden permanecer hasta dos horas fuera del agua vivos, activos y aún proveer huevos y esperma para la fertilización artificial.

Un comportamiento similar ha sido descrito por León *et al.* (1978) en el caso de la reproducción en condiciones de cautiverio del manjuari (*A. tristoechus*) y por Morales (1987) en el caso del catán (*A. spatula*). No obstante, vale la pena mencionar que en el primero, después de que los grupos de óvulos son fecundados, es necesario sacar a los machos del estanque, ya que comienzan a comerse los huevos.

Existen evidencias de que varias de las especies realizan migraciones para desovar, como el caso de *L. osseus* (Netch y Witt, 1962).

### **Temporada de reproducción**

Los lepisosteidos desovan típicamente durante la primavera y principios del verano (Simon y Wallus, 1989). Durante este tiempo el desove tiene lugar de manera intermitente, por lo que se considera que sólo son 6 o 7 días efectivos durante la temporada (Dean, 1895).

Dentro de los casos más documentados se encuentra el del pejelagarto (*A. tropicus*), para el cual se ha observado, en el río San Pedro, que de marzo a octubre una parte importante de la población de machos y hembras se encuentran en estado de madurez avanzada. En esta localidad se lograron localizar de manera aislada ejemplares maduros en diciembre y febrero. Esto sugiere un potencial de reproducción permanente, con un periodo de reproducción más intenso de abril a septiembre (Chávez-Lomelí, 1989). Esto coincide con las observaciones de Gómez (1987), quien señala que la temporada de desove inicia en mayo y finaliza en septiembre. Dentro de este rango, Reséndez y Salvadores (1983) mencionan que la maduración gonádica inicia en abril, y ya para junio se aprecian organismos bien maduros, a punto de desovar, éste ocurre en los meses de agosto y septiembre. Concorando con lo anterior, Pérez-Sánchez (1995) señala que la temporada reproductiva de esta especie va de junio a agosto.

En contraste, en el lago Taxoma se reporta un corto periodo de reproducción para *L. oculatus* y para *L. osseus*, que va de mediados de abril a finales de mayo, observándose pocos o ningún desove en las primeras semanas de junio (Echelle y Roggs, 1972). De cualquier manera, el pico de desoves se sitúa en el mes de mayo y es precedido por una elevación en la temperatura del agua. Los desoves se observaron a temperaturas de 68 a 86 °F (20 a 30 °C). Esto difiere de lo mencionado por Holloway (1954), quien observó que la temporada reproductiva de *L. platyrhincus* comenzaba a principios de mayo y se prolongaba hacia finales de septiembre. Sin embargo, se señala que el pico de desoves se sitúa en julio y agosto, y que sólo aquellos organismos que no alcanzaron a desovar en agosto lo hicieron en septiembre. Mientras que los desoves de *L. osseus* se enmarcaban dentro de un periodo comprendido entre abril y julio.

La extensión de los periodos reproductivos parecería estar relacionada con la latitud y por supuesto con la temperatura. En este sentido, Suttkus (1963) menciona que el desove siempre se lleva a cabo en agua dulce durante un breve período de la mitad de mayo a la mitad de junio en la latitud de Nueva York. Por su parte, Breder y Rosen (1966) reportan que el periodo de máxima actividad sexual de *L. platostomus* se presenta en julio.

Un dato que viene a confirmar la suposición anterior, es el emitido por Morales (1987), quien describe que los catanes (*A. spatula*) desovan cuando la temperatura promedio del agua se eleva por encima de 27 °C, misma que en la parte sur de Tamaulipas se alcanza en los meses de mayo a julio.

Por otra parte, es notable la preferencia térmica de las especies, ya que en el caso del manjuarí (*A. tristoechus*) en Cuba, la temporada de reproducción va de mayo-junio (Leon *et al.*, 1978) cuando se presentan temperaturas que oscilan entre 24 y 30 °C y al parecer la hora y la luminosidad no importan.

De acuerdo a Dean (1895), la temperatura del agua es el factor más determinante sobre la temporada de desove. La temperatura de las aguas menos profundas, donde el desove tiene lugar en Carolina del Sur, oscila entre 66 y 70 °F (19 a 21 °C). Este mismo autor señala que la temperatura del aire en conjunto con fuertes vientos y lluvias, no tiene un efecto inmediato sobre la temporada de reproducción. No obstante, existen argumentos que indican que la lluvia tiene efectivamente cierta repercusión sobre la temporada de desove. Así, se ha sugerido que es importante que crezca el nivel de agua en las zonas inundables, con el fin de que la maleza sirva como sustrato para los huevos adheribles. Igualmente, se ha postulado un cierta sincronía con relación a la aparición de zooplancton con las lluvias, esta producción se favorecería por el efecto de la putrefacción de los pastos, contribuyendo así a fertilizar el sistema. Lo que sin duda aseguraría la viabilidad de las futuras larvas. Al respecto, Pérez-Sánchez (1995) menciona que la ocurrencia de los desoves depende de factores ambientales, tales como la precipitación pluvial y la consecuente inundación de zonas alledañas a ríos y lagunas, lo que propicia el incremento de poblaciones planctónicas de cladóceros y copépodos. Con relación a esto, se ha señalado que en los peces tropicales intervienen otros factores, además del fotoperiodo y la tem-

peratura, que definen la estacionalidad reproductiva asociada a la temporada de lluvias, la cual está vinculada a su vez con la abundancia de alimento (Norris y Jones, 1987, citado por Pérez-Sánchez, *op cit*). Asimismo, se ha postulado que la lluvia ayuda a liberar y a dispersar los huevos adheridos al sustrato, ya que de otra manera parecerían (Breder y Rosen, 1966).

En el mismo sentido, Simon y Wallus (1989) señalan que la temporada de reproducción *L. osseus* y de *L. platostomus*, que va de abril a junio, coincide con las inundaciones estacionales en las zonas pantanosas, las cuales están consideradas como hábitats importantes para el desove, especialmente tomando en cuenta la disminución concomitante de estos hábitats y las poblaciones de estas especies.

### Fecundidad

De manera general, la fecundidad de los lepisosteidos es elevada, y el número de huevos aumenta con la talla de la hembra (Halloway, 1954). Para *A. tropicus* se reportan fecundidades absolutas de 378 a 22,530 huevos por hembra (de 35,000 a 1,130,000 por kg), con una fecundidad promedio de 12,958 para una talla de promedio 64.5 cm (Chávez-Lomeli *et al.*, 1989). En contraste con estas observaciones, Mendoza *et al.* (1993) reportan fecundidades de 8,787 ovocitos por kg de hembra para la misma especie. En el caso de *L. platyrhincus*, Holloway (1954) señala un promedio de 5,200 huevos por hembra. Para *L. osseus* se han reportado más de 36,000 huevos para una hembra de 100 cm (Breder y Rosen, 1966). La fecundidad para *L. osseus* se estima en 30,000 a 77,156 huevos por hembra (Holloway, 1954). Para esta misma especie se han reportado de 4,000 a 59,000 huevos por hembra, a un promedio de 27,000 por hembra, lo que resulta en 6,000 huevos por kg (Netch y Witt, 1962). Para el manjuarí (*A. tristoechus*) la fecundidad absoluta se calculó en 4,000 y 6,711 huevos/kg en hembras con un índice gonadosomático entre 6 y 10. Mientras que en las de *A. spatula* desovan en promedio 4,000 huevos por kg de peso (Morales, 1987).

Vale la pena mencionar que existen ciertas anomalías registradas en función de la edad de las hembras. Así, se han señalado casos de ejemplares con un número de huevos anormalmente pequeños y muy escasos, como consecuencia de la edad de los progenitores (Holloway, 1954). Igualmente, se ha observado que cuando los cata-

nes no encuentran condiciones adecuadas para desovar, reabsorben los huevos (Morales, 1987).

### Sustrato

Todos los lepisosteidos requieren de un sustrato para desovar (Bejarano *et al.*, 1997). De este modo, en el medio natural *L. osseus* deposita sus huevos sobre rocas o cubiertas de algas. Mientras que *L. platostomus* lo hace en pequeñas masas sobre pastos y algas. *L. ocelatus* desova sobre vegetación muerta y cubiertas de algas (Simon y Wallus, 1989). Se ha señalado que a pesar del carácter relativamente uniforme de la orilla de los lagos en donde se reproducen, existen ciertos lugares en los que prefieren desovar (Dean, 1895).

Considerando estos aspectos, en la reproducción en cautiverio se recurre a la confección de "nidos", en donde los animales colocan sus huevos. En el caso del manjuarí (*A. tristoechus*) se utilizan nidos de pino, ya que tienen menos posibilidad de encontrarse contaminadas con parásitos de los peces y resisten gran cantidad de días bajo el agua sin descomponerse (León *et al.*, 1978). Frecuentemente se construyen nidos con ramas insertadas en trozos de malla, ya que así pueden ser trasladados a otros estanques y por otra parte ofrecen la facilidad de poder retirar los huevos muertos y los óvulos no fecundados para evitar la extensión de la saprolegniosis.

En el caso del catán (*A. spatula*), previamente se colocan ramas de casuarina en los extremos y centro de los estanques que servirán como sustrato para los huevecillos de naturaleza adherente (Morales, 1987).

Para los desoves del pejelagarto (*A. tropicus*) se han ensayado diversos sustratos y actualmente se utilizan pastos (G. Márquez *comunicación personal*).

### Fertilización artificial

La posibilidad de llevar a cabo la fertilización artificial no es de ninguna manera remota, ya que desde 1895 Dean describió la utilización del método seco para llevar a cabo la fertilización artificial de huevos de lepisosteidos. Posteriormente, menciona la extrusión de huevos de una hembra recién capturada y la fertilización de éstos por algunas gotas de esperma de un macho maduro. En seguida los huevos fueron agitados y minutos más tarde se les añadió agua. A medida que se volvieron adherentes se les dispersó sobre una charola de eclosión cubierta por una malla y así fueron transportados hasta el laboratorio. Señala

que resulta más conveniente la excisión de los ovarios que la obtención de huevos por presión abdominal de la hembra. Después, reporta haber realizado diversos ensayos de fertilización artificial, todos con éxito.

De igual manera, Leon *et al.* (1978) realizaron la fertilización artificial con el manjuarí (*A. tristoechus*) mediante el método seco. En este caso la fecundación de los óvulos se realizó a 40 minutos de haber estado desovando las hembras. Se utilizó hialuronidasa durante 10 minutos para librar los huevos de la sustancia adhesiva y posteriormente los huevos se colocaron en una canaleta de incubación para huevos de carpa.

### Eclosión

El periodo de incubación hasta la eclosión es igualmente variable. En el caso de *L. osseus* la eclosión se realiza entre 3 y 9 días dependiendo de la temperatura, regularmente tarda 6 días a 20 ° C. Se ha reportado que los huevos aún secos y fuera del agua pueden ser eclosionados en laboratorio (Breder y Rosen, 1966). Echelle y Riggs (1972) señalan que para diferentes especies de lepisosteidos se requieren de 5 a 10 días para la incubación de los huevos. (20 a 30 °C).

Para el caso del *A. Tropicus*, se ha estimado que un 75 % de los huevos eclosionan a las 48 horas de incubación cuando la temperatura del agua es de 30 °C y las unidades de temperatura celcius (CTU) necesarias para alcanzar el 80% de eclosión están dadas por la relación  $UTC = 216.7 - 5.3 * Temp.$  (Márquez, 1998). Mientras que en el caso del catán el periodo de incubación dura aproximadamente 57 horas (de 50 a 62) horas a 27 °C (Morales, 1987).

### Anatomía interna

En ambos sexos las gónadas se encuentran localizadas en la región posterior de la cavidad abdominal, en posición dorsal con respecto a la vejiga natatoria, suspendidas por un mesorquio (Pérez-Sánchez y Páramo, 1998). Las hembras presentan una particularidad: las gónadas se encuentran desfasadas, *i.e.*, la derecha se encuentra situada de manera anterior a las aletas pélvicas y la izquierda en situación posterior a éstas. Los oviductos izquierdo y derecho se reúnen en los ductos urinarios correspondientes. Existe una pequeña cámara común formada por la unión de ambos ductos. De esta manera, los productos de ambos sistemas salen a través de un sinus urogenital único (Suttkus, 1963).

Los ovarios son pequeños y translucidos en estadios tempranos, pero al avanzar la maduración se van haciendo fusiformes y su color va ir cambiando de acuerdo a la fase de desarrollo en que se encuentren. Los ovarios de hembras jóvenes adquieren una coloración rosa-amarillento correspondiente al color de los ovocitos, al ir madurando, en las etapas avanzadas, va a predominar el color verde olivo o verde grisáceo (Reséndez y Salvadores, 1983; Pérez-Sánchez, 1995). Así, en las hembras, justo antes del desove son evidentes huevos de color verde (Netch y Witt, 1962). Los ovocitos maduros tienen un diámetro aproximado de 3 mm y están cubiertos de una sustancia adhesiva.

El examen de los ovarios indica que la maduración se desarrolla de manera sincrónica en todas las regiones del ovario (Bejerano *et al.*, 1997). Sin embargo, como sucede con el esturión, gran proporción de los huevos no se encuentra madura (Dean, 1895). El ovario izquierdo es más grande que el derecho, por lo que contiene un mayor número de huevos. (Netch y Witt, 1962).

Los testículos de los machos son blancuzcos y de menor tamaño que los ovarios. Son de tipo lobular, y la espermatogénesis ocurre igualmente de manera sincrónica. La forma de los testículos no varía con la maduración, únicamente el tamaño y el color, siendo pequeños, amarillos y translucidos cuando están inmaduros y grandes, blancos y de apariencia cremosa cuando están completamente maduros (Pérez-Sánchez y Páramo, 1998).

### Dimorfismo sexual

Se presenta crecimiento diferencial entre machos y hembras, menos marcado con la edad, aunque no termina con las madurez. Los machos no sólo maduran a una menor talla que las hembras, sino que crecen menos que éstas. Esto se confirma en diferentes reportes concernientes al dimorfismo sexual de otros lepisosteidos (*L. platostomus*, *L. oculatus* y *L. platyrinchus*) (Suttkus, 1963).

Se ha reportado la presencia de dimorfismo en ciertas estructuras, *por ejemplo*, en el tamaño del hocico en *L. oculatus* y *L. platyrinchus*, en ambos casos se ha observado que la hembras poseen un hocico más alargado que los machos (Suttkus, 1963; Hubbs y Lagler, 1942, citado por León *et al.*, 1978). De la misma manera, en el caso del manjuari (*A. tristoechus*) se encontraron diferencias significativas en la relación de algunas medidas anatómicas entre hembras y machos. Las

hembras lucen un vientre muy inflamado debido al crecimiento de las gónadas e igualmente presentan una papila genital más inflamada y más coloreada que en el macho (León *et al.*, 1978). Este parece ser igualmente el caso del pejelagarto (G. Márquez, comunicación personal). A este respecto, Bejerano *et al.* (1997) señalan que las diferencias se acentúan cuando los organismos llegan a un estadio avanzado de maduración.

No obstante, al tratarse de peces inmaduros, éstos resultan muy difíciles de sexar. Es necesario que las gónadas se encuentren algo desarrolladas, ya que el mayor tamaño y forma oval de los ovarios permite diferenciar a las hembras de los machos (Netch y Witt, 1962). Sin embargo, en el caso de diferentes especies de lepisosteidos, esto sólo es posible después de varios años. A título de ejemplo se indica que los machos de *L. osseus* maduran entre los 3 y 4 años, mientras que las hembras maduran sólo después de 6 años (Netch y Witt, *op cit.*). El mismo problema se presenta en el caso de del catán (*A. spatula*) (Morales, 1987). Aún en lepisosteidos, que maduran relativamente rápido, como es el caso de *A. Tropicus*, se tiene cierta dificultad para encontrar diferencias entre hembras y machos (Chávez-Lomelí, 1980). Para tratar de solventar este obstáculo se han propuesto modelos alométricos como una herramienta para el sexado de *A. Tropicus* (Contreras y Marañón, 1991, citado por Pérez-Sánchez, 1995).

La situación se torna más difícil aun cuando se trata de evaluar el grado de madurez sexual de las hembras (Bejerano *et al.*, 1997), ya que por el momento no se dispone de métodos rápidos y precisos.

### Caracterización y purificación de vitelogenina.

Una alternativa práctica para facilitar el sexado de los organismos y estimar su grado de madurez, se encuentra en el aislamiento y purificación de la Vitelogenina plasmática y de la Lipovitelinina ovárica, así como en la implementación de un inmunoensayo para cuantificar los niveles de estas moléculas. Esta aproximación significa no sólo contar con un índice bioquímico confiable, rápido y poco invasivo (no hay necesidad de recurrir al sacrificio de los ejemplares) para estimar el grado de madurez sexual indispensable para la evaluación de las inducciones hormonales, sino también con un método de sexado preciso que resultaría

particularmente útil para la conformación de un lote de reproductores.

Dentro de las diversas técnicas para la caracterización y purificación de la vitelogenina destacan la ultracentrifugación, la cual permite separar las lipoproteínas del resto de las proteínas, con base en su menor densidad; la cromatografía de exclusión molecular, utilizada para aislar las lipoproteínas previamente separadas, con base en su masa molecular; La cromatografía de intercambio iónico, que permite separar aquellas lipoproteínas con rango de peso molecular similar, por medio de su carga iónica; la electroforesis (PAGE), con la cual es posible separar e identificar las moléculas aisladas con base en su masa molecular, carga iónica, o ambas; la técnica de Western-Blot, utilizada para la identificación de las proteínas y péptidos, separados previamente por PAGE; por otra parte, las técnicas de ELISA y Rocket-Inmunolectroforesis han sido por lo común empleadas para llevar a cabo la evaluación cuantitativa de la Vitelogenina.

Algunas combinaciones de estas técnicas han sido utilizadas con éxito para purificar la Vitelogenina de varias especies de peces marinos y dulceacuícolas (Hori *et al.*, 1979; Campbell y Idler, 1980; Sumpter, 1982; Norberg y Haux, 1985; Hamazaki *et al.*, 1987; Tyler y Lancaster, 1993; Naglef *et al.*, 1994; Núñez *et al.*, 1996).

Actualmente, gracias al esfuerzo conjunto y participación de diversas instituciones (Dirección de Investigaciones Acuaculturales del Instituto Nacional de Pesca, Dirección General de Acuicultura, Centro Acuícola Tancol, Delegación de la SEMARNAP del estado de Tamaulipas, CRIP-Tampico, Asociación de Acuicultores de Tamaulipas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad de Texas en Austin y Universidad de Victoria en Canadá), se encuentra purificando vitelogenina y lipovitelina como base para el establecimiento del ciclo tipo de la vitelogénesis secundaria de las hembras de *A. spatula* y *A. tropicus*, como punto de referencia para llevar a cabo la inducción de su maduración sexual por medio de la aplicación de hormonas homólogas y heterólogas.

### Inducción de la madurez sexual

Las investigaciones sobre neuroendocrinología de peces, relacionadas con la maduración gonadal, han tenido aplicaciones potencialmente importantes en el campo de la piscicultura, principalmente sobre el control de diversos procesos relaciona-

dos con la reproducción de los adultos para la obtención de crías (maduración gonadal, ovulación y desove) (Lam, 1980). Para inducir la vitelogénesis y la maduración ovocitaria, normalmente se recurre a dos tipos de estímulos: medioambientales y hormonales. En el primer caso, permite la obtención de crías de mayor calidad, una mínima manipulación de los progenitores, bajas mortalidades y la independencia de inductores químicos (Bejerano *et al.*, 1997). Sin embargo, se requiere de una infraestructura especial para regular la luz diaria y la temperatura, así como de alimentación especial. En el otro extremo, la inducción por medio de la manipulación hormonal, ofrece múltiples ventajas, dentro de las cuales destacan la posibilidad de extender el ciclo reproductivo más allá de la temporada natural de reproducción, lo que repercute invariablemente en la producción de crías y la flexibilidad en la programación de la producción de larvas sin necesidad de emprender modificaciones ambientales onerosas.

### APROXIMACIÓN MEDIOAMBIENTAL

En el caso del pejelagarto, los esfuerzos se han dirigido a simular las condiciones de las áreas naturales de desove para de esta manera provocar la reproducción de la especie en cautiverio (Contreras *et al.*, 1989). Para este efecto se habilitó una zona pantanosa que presentaba vegetación típica de las zonas de desove. Esto permitió la obtención de desoves viables, demostrando así que los reproductores introducidos respondieron en poco tiempo a los estímulos del medio.

### VÍA HORMONAL

Dentro de los escasos estudios que se han llevado a cabo para la inducción a la madurez sexual y desove de los lepisosteidos, vale la pena mencionar los realizados por León *et al.* (1978) con el manjuarí (*A. tristoechus*). Estos autores reportan la ausencia de eficacia de extractos hipofisarios de carpa, así como de un protocolo en el que se utilizaron en conjunto GCH e hipófisis de carpa (150 UI. De GCH y 100 UI. al día siguiente +6 mg de hipófisis de carpa/hembra de 1,500 g). Sin embargo, lograron tener éxito al ensayar inducciones tanto en machos como en hembras con hipófisis de manjuarí (hembras de 3-3.5 kg inyectadas con 6 mg de hipófisis y machos de 1.6-2 kg con 4.5 mg), los organismos fueron inyectados 35 días después nuevamente con 3 mg (hembras y machos). En este caso se seleccionaron los ani-

males por el abultamiento del abdomen y por su papila genital más coloreada y pronunciada. Se obtuvieron desoves con alto porcentaje de eclosión (más de 85%). Se reporta igualmente un intento fallido de inducción, al cual se le atribuye una mala calidad de la hipófisis, ya que ésta llevaba años almacenada.

Pérez-Sánchez (1995) llevó a cabo ensayos de inducción con pejelagarto. Utilizó dos concentraciones de GCH (2,500 y 3,500 UI por kg de peso). La dosis fue fraccionada, administrándola en 10 aplicaciones, una cada 48 h vía intraperitoneal. La GCH tuvo un efecto positivo sobre los machos, los cuales alcanzaron un estadio de desarrollo más avanzado con respecto al control. Sin embargo, las dosis usadas no fueron suficientes para llevar a los organismos hasta la espermiación. Por otra parte, si las condiciones ambientales no son adecuadas, el efecto de la hormona se ve reducido o anulado de acuerdo con lo observado en organismos sacrificados 30 días después de la última inyección. Esto se confirma por las observaciones de Bejerano *et al.* (1997), quienes señalan que la inducción debe llevarse a cabo en la temporada de desove natural para asegurar que los progenitores estén maduros. Éste puede ser inducido con Ovaprim a razón de 0.5 ml/kg de hembra, y los machos no requieren ser inyectados. Hasta el momento, el producto del desove inducido de los pejelagartos ha sido negativo.

Finalmente, se han reportado inducciones exitosas con ejemplares de *A. spatula* utilizando GCH (Colunga-Almazan, 1996), sin embargo, las crías obtenidas no se desarrollaron bien y se desconoce si esto fue por cuestiones de manejo o bien por la calidad de las mismas.

Como se ha observado, los trabajos que se han realizado hasta la fecha con relación a la reproducción del catán han sido incipientes y se han limitado únicamente al mantenimiento de reproductores en cautiverio, por lo que la obtención de crías se ha venido restringiendo a una sola semana durante el año, que evidentemente representa un cuello de botella para su cultivo. De aquí que resulte imperativo ejercer mayor control sobre la reproducción de los adultos, y considerando que la maduración gonadal está regida por el sistema endócrino, la manipulación hormonal representa la vía más directa para el desarrollo de una reserva de crías. De lo anterior, se deriva la necesidad de conocer las bases fisiológicas de la reproducción de la especie.

En efecto, debido a su facilidad de utilización y rápida respuesta, los investigadores han optado por la aplicación de diversos estímulos hormonales, entre los que se encuentran: antiestrógenos (Citrato de Ciomifeno, Tamoxifeno); antagonistas de la Dopamina (Pimozido), los cuales actúan a nivel de hipotálamo; También se han utilizado los GnRH (factores liberadores de gonadotropinas) y sus análogos (GnRH-a), que actúan a nivel de pituitaria; de igual modo, se han utilizado estrógenos (17- $\beta$ -estradiol) para inducir a la vitelogenénesis; a nivel de ovario se han utilizado extractos de pituitaria de peces, para estimular la terminación de la vitelogenénesis; progestágenos para inducir la maduración final del ovocito y prostaglandinas (PGF<sub>2</sub>) para la inducción a la ovulación.

Un protocolo de inducción hormonal adecuado, permitiría extender la temporada de reproducción del catán con el consecuente aumento en el número de crías, lo que beneficiaría el restablecimiento de la pesquería de la especie.

En la búsqueda de una estrategia simple, rápida y eficaz para inducir y controlar la reproducción de los catanes en cautiverio con miras a aumentar la producción de crías para restablecer las existencias naturales de la especie, se ha considerado la inducción a la maduración sexual por medio de la aplicación de: extractos de pituitaria de catán y pejelagarto, extracto comercial de pituitaria de esturión, considerando la distancia filogenética de estas especies, Gonadotropina Coriónica Humana con base en las posibilidades de éxito obtenidas en diferentes lepisosteidos, Factor Liberador de Gonadotropinas (GnRH) nativo (se está tramitando la donación con N. Sherwood) y análogos superactivos (LH-RH). La evaluación de los diferentes estímulos hormonales se llevará a cabo mediante el inmunoensayo establecido.

### **Constitución de un lote de reproductores**

Tomando en cuenta que son muy escasos los ejemplares adultos de catán existentes, resulta imperativo constituir un lote de reproductores a partir de la captura eventual de juveniles silvestres. El manejo y zootecnia de este lote girará en torno a la manipulación de distintos parámetros fisicoquímicos y biológicos, con miras a incrementar su capacidad reproductiva y al mismo tiempo permitirá disponer de organismos en cantidad suficiente para realizar diversos ensayos de inducción hormonal.

La etapa experimental se comenzará con la captura de juveniles silvestres de catán en la presa Vicente Guerrero, así como en las inmediaciones de Tancol. La colecta de ejemplares del medio natural se realizará durante todo el año en lugares someros, no obstante las capturas se hacen preferentemente en los meses de mayor precipitación pluvial. Para ello se utiliza tradicionalmente un chinchorro de 350 m de largo con luz de malla de 1-5", posteriormente, se lleva acabo el arrastre. También se utilizan redes agalleras de hilo nylon de seda núm 6 y luz de malla de 2-5". En este último caso es necesario revisar periódicamente la red, en virtud de que los organismos pueden morir algunas horas después de quedar atrapados (Morales, 1987). Los ejemplares serán mantenidos en las instalaciones de la Asociación de Acuacultores de Tamaulipas, en el Desarrollo Acuícola "El Huasteco", ubicado en el municipio de Gómez Farías, Tamaulipas, en donde serán cultivados a baja densidad y alimentados con una dietas frescas basadas en calamar y pescado, al 3% de la biomasa.

Al momento de contar con los anticuerpos dirigidos contra la Vitelogenina se sexarán y separarán las hembras. Al alcanzar la talla mínima de madurez sexual se procederá a aplicar la combinación de hormonas que haya dado mejor resultado con el pejelagarto.

Es de esperarse que los anticuerpos anti-Vitelogenina de pejelagarto reaccionen positivamente con las hembras de catán y las hormonas que produzcan la mejor estimulación de la madurez sexual con hembras adultas de pejelagarto ofrezcan el mismo resultado con los adultos de catán, ya que se trata de especies filogenéticamente muy cercanas.

### Nutrición

La inducción a la maduración de los progenitores requiere de un adecuado manejo de la alimentación en cautiverio, siendo necesario combinar alimentos vivos y frescos. Sin embargo, es necesario definir, a mediano plazo, una formulación adaptada para satisfacer los requerimientos nutricionales de los reproductores, ya que si la alimentación reposa exclusivamente sobre alimento fresco éste se debe utilizar en grandes cantidades, lo que implica gastos de conservación y problemas eventuales en el suministro. A este respecto, la insuficiencia de alimento ha sido emitida como una de las causas de ausencia de reproducción (Holloway, 1954).

Peces, materia orgánica, microcrustáceos y restos de vegetales constituyen el principal alimento de los adultos de pejelagarto. A diferencia de los juveniles, no ingieren insectos ni crustáceos decápodos. Esto indica que *A. tropicus* es carnívoro cuando joven, pero poco a poco va aumentando la variedad de su dieta conforme crece, hasta incluir vegetales cuando es adulto (Reséndez y Salvadores, 1983). Estas observaciones permiten vislumbrar el desarrollo de un alimento compuesto que no solamente cubra los requerimientos de los reproductores, sino que permita la obtención de huevos de buena calidad. La nutrición de los reproductores es uno de los aspectos más importantes dentro del proceso de la maduración sexual, ya que este factor interviene no sólo sobre el desarrollo de la maduración misma, sino igualmente sobre la calidad del vitelo y por consiguiente de los huevos y crías.

### BIBLIOGRAFÍA

- Alemán, L., 1987:** Algunas consideraciones ecológicas sobre el pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y descripción de sus hábitos alimenticios. Memorias del IX Congreso Nacional de Zoología. 13-16 de octubre, Tabasco, México. pp.56.
- Bejerano, G., G. Marquez y S. Páramo, 1997:** Propuesta metodológica para la inducción al desove del pejelagarto *Atractosteus spatula*. Memoria de la Semana de divulgación y vídeo científico 1997. Secretaría de Servicios Académicos. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. pp 80-83.
- Breder, C. y D.E. Rosen, 1966:** Modes of reproduction in fishes. The American Museum of Natural History. Natural History Press, Garden City, New York. pp. 68-69
- Campbell, C. M. & D. R. Idler, 1980:** Characterization of an estradiol-induced protein from rainbow trout serum as vitellogenin by the composition and radioimmunological crossreactivity to ovarian yolk fractions. *Biology Reproductive*; 22: 605-617.
- Colunga-Almazán, F.J., 1996:** Inducción al desove del Catán (*Lepisosteus spatula*) mediante la aplicación de Gonadotropina Coriónica Humana (HCG). UECYTM, Instituto Tecnológico del Mar SEP. 14. pp.
- Contreras, W., 1987:** Aspectos reproductivos y desarrollo embrionario del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) en el estado de Tabasco. pp.57
- Crim, L. Evans D., y B. Vickery, 1983:** Manipulation of the sasonal reproductive cycle of the land locked atlantic salmon (*Salmo salar*) by LH-RH analogues, administered at various stages of the gonad development. *Can.J.Aquat. Sci.* 40:61-67.
- Chávez-Lomelí, M, A. E. Matthews y M. Pérez-Vega, 1989:** Biología de los peces del río San Pe-

- dro en vista de determinar su potencial para la piscicultura. INIREB FUCID, Xalapa, Veracruz, Mex. 19-27.
- Dean, B., 1895:** The early development of gar-pike and sturgeon. *Journal of Morphology*. 11 (1): 1-53.
- Echelle, A. y C. Roggs, 1972:** Aspects of the early life history of gars (*Lepisosteus*) in Lake Taxoma. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 1: 100-112.
- Fontaine, M., 1976:** Hormones and the control of reproduction in aquaculture. *J. Fish. Res. Board. Can.* 33:922-939.
- Gómez-Gómez, M., 1989:** Reproducción del pejelagarto en estanquería rústica. Primer seminario sobre Acuicultura PEMEX-UJAT en el Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. Marzo, 1989. pp.13-14.
- Hamazaki, T., I. Iuichi & K. Yamagami, 1987:** Purification and identification of Vitellogenin and its Immunohistochemical Detection in Growing Oocytes of the Teleost, *Oryzias latipes*. *The Journal of Experimental Zoology* 242:333-341.
- Holloway, A., 1954:** Notes on the life history and management of the shortnose and longnose gars in Florida waters. *Journal of Wildlife Management* 18(4): 440-449.
- Hori, S. H.; T. Kodama & K. Tanahashi, 1979:** Induction of vitellogenin synthesis in goldfish by massive doses of androgens. *General and Comparative Endocrinology*; 37: 306-320.
- Lam, T.J., 1985:** Induced Spawning in Fish. In *Reproduction and culture of milkfish*. Lee, C.S & I.C. Liao Eds). Taiwan.
- León, R., R. Aguiar e I. Hernández, 1978:** Estudio sobre la biología y cultivo artificial del manjuarí (*Atractosteus tristoechus*). Ministerio de la Industria Pesquera de Cuba, Dirección Ramal de Acuicultura., 35 pp.
- Mendoza, A., E. Mendoza, S. Páramo, W. Contreras y G. Márquez, 1993:** Alternativas de desarrollo piscícola para el manejo de áreas inundadas. Tabasco: Realidad y Perspectivas. Tomo III. Economía y Desarrollo. Gobierno del Estado de Tabasco. Editorial Porrua. pp. 263-303.
- Morales, G., 1987:** Reproducción y desarrollo embrionario del catán (*Lepisosteus spatula* Lacepede) Primeros resultados. Secretaría de Pesca. Manual Técnico para el Aprovechamiento de Existencias Silvestres. pp 41-70.
- Nagler, J. J.; CH. R. Tyler y J. P. Sumpter, 1994:** Ovarian follicles of rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*) cultured within lamellae survive well, and sequester and process vitellogenin. *The Journal of Experimental Zoology*; 269: 45-52.
- Netch L. y A. Witt, 1962:** Contributions to the life history of the longnose gar (*Lepisosteus osseus*). *Trans. Amer. Fish. Soc.* 91(3):251-262.
- Núñez, J.; E. Bon y F. Le Menn, 1996:** Vitellogenin receptors during vitellogenesis in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *The Journal of Experimental Zoology*; 274: 163-170.
- Pérez-Sánchez, E., 1995:** Efecto de la Gonadotropina Corionica Humana (GCH) en la maduración gonádica del pejelagarto (*Atractosteus tropicus* Gill, 1823 ) en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. 46 pp.
- Pérez-Sánchez, E. y S. Páramo, 1998:** Estudio histológico de las gónadas de pejelagarto *Atractosteus tropicus* (Lepisosteiformes:Lepisosteidae). *Universidad y Ciencia*. 14(27):69-82.
- Reséndez, A. y M.L. Salvadores, 1983:** Contribución al conocimiento de la biología del pejelagarto *Lepisosteus tropicus* (Gill) y la tenguayaca *Petenia splendida* Günther, del estado de Tabasco. *Biotica* 8 (4): 413 - 426
- Rodríguez, J., A. Banda, L. González, J. Herrera y F. García 1998:** Evaluación Biológica Pesquera del Catán (*Atractosteus spatula*) en la presa Vicente Guerrero, Tamaulipas. VI Congreso Nacional de Ictiología. Veracruz, México. pp: 182
- Simon, T. y R. Wallus, 1989:** Contributions to the early life histories of gar (Actynopterygii: Lepisosteidae) in the Ohio and Tennessee river basins with emphasis on larval development. *Trans. Ky. Acad.Sci.*50(1-2):59-74
- Sumpter, J. P., 1982:** The purification and radioimmunoassay of vitellogenin from the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Abstract Pap.; International Symposium Comparative Endocrinology*; 9: 11 pp.
- Suttkus, R., 1963:** Order Lepisosteii. *Memoirs Sears Foundation for Marine Research*. 1(3): 61-88.
- Tyler, CH. y P. Lancaster, 1993:** Isolation and characterization of the receptor for vitellogenin from follicles of the rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal Comparative Physiology B.*; 163: 225-233.



---

# CULTIVO DE ROBALO BLANCO

## *Centropomus undecimalis*: ASPECTOS REPRODUCTIVOS Y CRECIMIENTO DE JUVENILES

---

Adolfo Sanchez Zamora, Tsai García Galano  
Luis Manuel Gómez Díaz Durán, Jaime Suárez Bautista

Proyecto ECOSUR-UNAM

### INTRODUCCIÓN

**E**l presente trabajo, resume parte de los resultados obtenidos hasta la fecha en el proyecto que llevan a cabo la facultad de Ciencias de la UNAM y El Colegio de la Frontera Sur, en Cd del Carmen Campeche. Dicho proyecto se relaciona con el cultivo de robalo blanco y en la actualidad tiene tres vertientes principales: Inducción a la maduración y desove, cría de larvas, reproducción natural y engorda de juveniles silvestres.

El objetivo fundamental de este proyecto es, lograr la reproducción en cautiverio de robalo blanco, proponer las bases para la engorda e iniciar un banco de reproductores con animales criados desde juveniles.

### Antecedentes y fundamentación

El robalo blanco *Centropomus undecimalis* es miembro de la Familia Centropomidae, y se distribuye desde la Florida hasta Brasil. y a todo lo largo de su distribución representa un producto pesquero de importancia económica. Otros miembros de la misma familia como *Lates calcarifer* son regularmente cultivados en Asia; En América el robalo blanco es considerado de alto potencial como especie a cultivar.

El robalo blanco es un pez eurihalino que pasa periodos largos de su vida en la zona costera y realiza migraciones del mar a las lagunas costeras y estuarios y *vice versa*. Se reporta que al igual que *Lates calcarifer*, el robalo es un pez protándrico hermafrodita que madura primero como

macho y cambia de sexo cuando alcanza mayor edad (Tringali y Bert, 1996).

Se sabe recientemente que en la región de Campeche, el robalo blanco sexualmente maduro se localiza fuera de las costas en profundidades de entre 6 y 12 brazas, que pueden ser de 10 a 12 Km de distancia, Caballero et al, 1997). Por el contrario, se reporta que en la costa este de los EU. los adultos generalmente se encuentran en ríos y aguas interiores en invierno y en verano se mueven hacia el mar y aguas estuarinas para desovar. Los desoves generalmente ocurren en las bocas de los esteros y lagunas costeras y a lo largo de las playas durante las mareas bajas lo que facilita el ingreso de los juveniles al interior de estuarios y lagunas costeras, (Tringali y Bert, 1996). La hormona liberadora de la luteinizante (LHRH) y su análogo sintético, se han utilizado en algunas especies de peces para inducir a la maduración y desove, ya sea solas o en combinación con otras hormonas, Billard et al. 1984; Crim y Geble (1984); Lee et al. (1986<sup>a</sup>), Lee, et al. (1986b), Almendras et al. (1988). Henderson-Arzapala, et al (1988a) intentaron inducir a la maduración gonádica al Robalo blanco y concluyeron que el estrés por manejo inhibió la maduración en hembras, y en menor intensidad en machos ya que estos tuvieron cierta respuesta de espermiación. Otra de sus conclusiones fue; la recomendación de continuar con este tipo de experimentos, debido a la dificultad de contar con adultos silvestres maduros y en buenas condiciones.

Existe información disponible sobre la reproducción natural del robalo blanco, sin embargo,

falta mucho por conocer acerca de la biología reproductiva de este. Los aspectos más estudiados en este sentido son los relacionados con las pesquerías, en Florida (Gilmore et al. 1983) entre otros y (Caballero et al. 1995) en Campeche. Lo que nos proporciona información básica de la Ecología de esta especie, como la distribución por edades, tallas mínimas de madurez, épocas de reproducción y otros datos necesarios para la obtención de reproductores y crías; Sin embargo, falta información precisa sobre la reproducción en cautiverio y cría de larvas en condiciones controladas.

Un aspecto importante relacionado con la inducción a la maduración final y desove, es el momento preciso para la inyección o implante de inductores externos. En la literatura se recomienda, que las inyecciones o implantes de hormonas u otros inductores externos se realicen cuando los ovocitos tienen un estado de desarrollo adecuado, lo cual se determina con observaciones del diámetro, color y estructura en fresco y esto varía entre especies. Así para conocer con mayor precisión la fase de desarrollo del ovocito se requiere hacer exámenes histológicos. Según Tucker (1998) La mayoría de las inducciones exitosas al desove se hacen cuando los ovocitos están entre la vitelogénesis completa y la hidratación primaria, lo cual se estima fundamentalmente con el diámetro de los ovocitos y observando algunas estructuras internas con sustancias aclaradoras, que proporcionan datos generales de la migración nuclear.

Se han hecho intentos para cultivar al robalo blanco del Golfo de México, principalmente en la costa este de EEUU. En Texas, parten de desoves inducidos de adultos silvestres, crían las larvas hasta juveniles y posteriormente estos se llevan hasta aproximadamente a 800 gr. En Brasil existen experiencias semejantes; Sin embargo, aún falta información para realizar cultivos piloto en nuestras condiciones locales.

La engorda de juveniles es el objetivo último de los proyectos de acuicultura, y para esto la obtención de juveniles es un aspecto básico, que debe resolverse. En el caso del robalo blanco, como no es posible dominar aún la reproducción controlada, es necesario utilizar juveniles silvestres en los ensayos y prácticas de cultivo. A pesar de que el robalo no es considerada en México como una especie en peligro de extinción es claro que no se debe depender de esta práctica para sustentar el cultivo, aunque es necesario hacer uso temporal de ella para avanzar en el desarrollo de la tecnolo-

gía de cultivo paralelamente a la reproducción controlada.

En la zona del municipio del Carmen, en Campeche, recientemente se ha incrementado la demanda por actividades de acuicultura y entre las especies más solicitadas está el robalo blanco, esto se debe principalmente por su precio en el mercado y por su relativa facilidad de colectar juveniles en las zonas de inundación cercanas o en la propia la Laguna de Términos que son áreas de crianza y concentración en ciertas épocas del año.

La cría de robalo ha sido enfrentada por algunos investigadores, uno de los primeros éxitos en el cultivo a nivel piloto, fue el de Tucker, 1987, quien ensayó con animales obtenidos de desoves inducidos y juveniles capturados, propuso un esquema básico de alimentación para larvas y juveniles con alimentos balanceados y con alimento fresco. Sus resultados más relevantes fueron, que crecieron mejor con alimento de atún y de trucha, también obtuvieron buenos resultados en estanquería rústica donde hubo complementos alimenticios tales como larvas de mosco y algunos poecílidos.

En la región de Campeche se han hecho algunos intentos en engorda de robalos, sin embargo, los resultados hasta el momento no son aplicables como alternativa de cultivo, entre otras razones porque se han utilizado alimentos frescos y vivos, situación que hace impráctico el cultivo en muchos aspectos, principalmente en la disponibilidad; y se sabe que en el cultivo de peces, el contar con este en cualquier momento con calidad y cantidades necesarias es básico para el éxito de la actividad; Por lo anteriormente expuesto, se consideró importante utilizar dietas comerciales existentes para evaluar el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de robalo blanco en estanques y así, después de algunos experimentos, proponer un alimento que pueda ser utilizado de manera inmediata por aquellas personas que actualmente intentan engordar robalo y que no cuentan con información que les permita saber que alimento proporcionar y las cantidades adecuadas.

Los objetivos del presente trabajo fueron:

1. Inducir a la maduración y al desove a adultos de robalo blanco, utilizando la hormona análoga de la liberadora de la Luteinizante (LHRHa).
2. Llevar a cabo ensayos preliminares de engorda de juveniles silvestres de robalo blanco uti-

lizando alimentos comercialmente disponibles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Inducción a la maduración

Debido a las dificultades que enfrentamos para disponer de adultos maduros en buenas condiciones, para un primer experimento (datos no publicados) decidimos capturar animales que estuvieran en las tallas de primera maduración según los informes disponibles, Tucker et al. (1988): Machos 1.7 Kg y 49 cm LF y Hembras 2.4 Kg y 58 cm LF; Alvarez- Lajonchere, (1982): Machos, de 30 a 33cm de Lt y Hembras 42 a 45 cm de Lt; Osorio J. L y González L. W. (1986) en Venezuela: Machos, 55 cm, Lt Hembras, 60 cm, Lt.), y cuya cercanía de captura, relativa facilidad de transporte y manejo nos permitiera iniciar los experimentos: Así los animales obtenidos fueron de las siguientes tallas 56 a 77 cm de longitud total, y con peso promedio de 1-1.9 Kg.

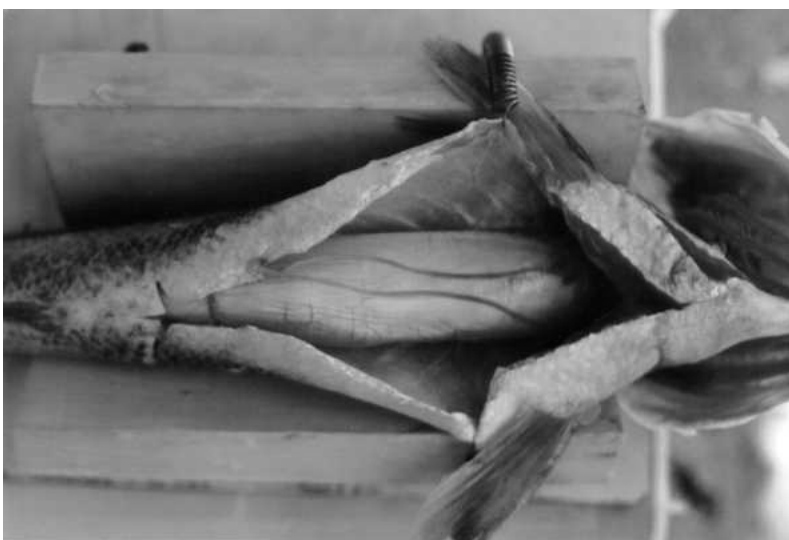
Este primer experimento consistió en colocar implantes de la Hormona (LHRHa) con dos dosis; 50 y 100  $\mu$ gr/animal : este experimento duró 5 meses, (de agosto a diciembre). Los pelets implantados se hicieron siguiendo el método de Lee et al 1999 consistieron de una matriz de colesterol y manteca de cacao mas la hormona LHRHa en dos concentraciones 50 y 100  $\mu$  gr/animal. Estos fueron implantados intramuscularmente con un Trocar con aguja del # 10 en la región dorsolateral a la altura de la segunda aleta dorsal.

Durante este primer experimento que realizamos, no se encontraron indicadores de maduración en alguno de los animales, tampoco hubo respuesta al estímulo manual y la cánula no se pudo introducir, tampoco se noto inflamación u otro indicador del gonoporo, lo que significó que los implantes no tuvieron el efecto de inducir a la maduración a animales de las características utilizadas (Figura 1). Sin embargo, esos organismos crecieron, algunos hasta medio Kg en un mes (Datos no publicados) lo que nos indicó que las condi-

ciones de mantención fueron adecuadas a pesar de la manipulación (captura e implantes), pero no lo fueron para maduración gonadal. Es conveniente señalar que durante los primeros 2 meses de experimentación los animales no crecieron, debido a las deficiencias en la manipulación, lo que posteriormente se corrigió.

Las causas de falta de maduración, al parecer fueron las siguientes: Tallas pequeñas, que no eran de primera maduración, baja dosis de Hormona, cambios en el fotoperíodo (se trabajó de julio a diciembre), cambios en salinidad y temperatura, debido a la época de lluvias y Nortes.

Tomando esto en consideración se inició otro experimento 5 meses después con los mismos animales utilizando la misma hormona y con pelets semejantes a los anteriores y aprovechando la época de reproducción natural. El experimento consistió en realizar implantes mensuales de pelets con 200 y 300  $\mu$  gr.a dos grupos de peces. Se mantuvieron los animales hasta el mes de junio de 1999 en 2 estanques de 5m de diámetro, alimentándolos diariamente con alimento fresco y cada tercer día se les proporcionaron cápsulas de aceite de hígado de bacalao como complemento alimenticio. Se les dio un promedio de una cápsula de 1 gr por animal. En junio se inició el experimento con 8 animales en el estanque 1 (de 300  $\mu$  gr/animal y 3.6 Kg y 77 cm de LT) y 10 animales en el estanque 2 (de 200  $\mu$  gr/animal y 2.8 kg y 71 cm de Lt). En cada estanque se eligieron al azar



**Figura-1. Pez sacrificado de *Centropomus undecimalis* al finalizar el primer ensayo. La gónada se encuentra en fase uno, con ovocitos menores a 100 micras.**

dos animales controles a quienes se les implantaron pelets sin hormona.

Mensualmente se capturaron todos los animales, se anestesiaron con MS-222, se pesaron, midieron, y previo al implante, se hacían intentos de canulación y se les frotó el abdomen para observar si expulsaban material gonádico.

Al final del experimento se sacrificaron algunos organismos para determinar el grado de madurez, identificar el sexo.

### Engorda de juveniles

Se colectaron juveniles silvestres de robalo blanco en las zonas de inundación e la península de Atasta unicipio del Carmen Campeche, estos animales fueron capturados con atarraya y trasladados al laboratorio en bolsas de polietileno con agua del medio e insufladas con oxígeno. Una vez en el laboratorio de colocaron en un tanque de 4000 litros y se les aplico un tratamiento profiláctico con verde de malaquita y formol (Tucker 1998).

Después de 5 días se trasladaron 27 animales a un tanque de 5m de diámetro por 1 m de altura.

El objetivo inicial de este experimento fue probar si aceptaban el alimento balanceado que se les ofrecía. Esto se hizo porque las experiencias en la región decían que hay mucha dificultad en que los robalos silvestres aceptaran el alimento balanceado, lo que nos pondría una limitante importante para iniciar las experiencias de engorda. Se esperaba que de ser aceptado el alimento, se seguiría el experimento para evaluar su eficiencia en el crecimiento.

Esos animales tenían una talla promedio de 45 gr. de peso y 17.5 cm de Lt, y fueron colocados 27 organismos en un estanque de 5 m de diámetro por 1 de altura, con agua de mar de 35-38 ‰ y se les proporcionó alimento balanceado para trucha.

### RESULTADOS Y

## DISCUSIÓN

### Inducción a la maduración

Según Tucker, 1987 los factores claves para el cultivo exitoso de los centropomidos son, a) fuente confiable de huevos de buena calidad; b) Condiciones ambientales correctas y c) dietas prácticas. Por estas razones los objetivos de este proyecto se enfocan a aspectos relacionados con a la obtención de huevos y larvas, así como a ensayos de engorda.

En el mes de julio de 1999 se inicio un experimento con animales que habían sido utilizados el año pasado y que desde diciembre no se les hicieron implantes; así consideramos que fue tiempo suficiente para evitar algún efecto de los implantes anteriores. Se inicio con animales de medidas promedio de 3.6 kg y 77 cm de Lt. en el tratamiento de 300  $\mu$  gr y de 2.8 kg y 71 cm de Lt en el tratamiento de 200  $\mu$  gr/animal.

Hasta la fecha se han realizado 4 implantes de LHRHa a partir del mes de junio, en la figura-2 se presentan los resultados de crecimiento en peso de los reproductores donde se nota que ha habido cierto crecimiento. Durante los primeros dos meses (3 implantes) no se detectaron indicios de maduración gonádica en los animales, sin embargo,

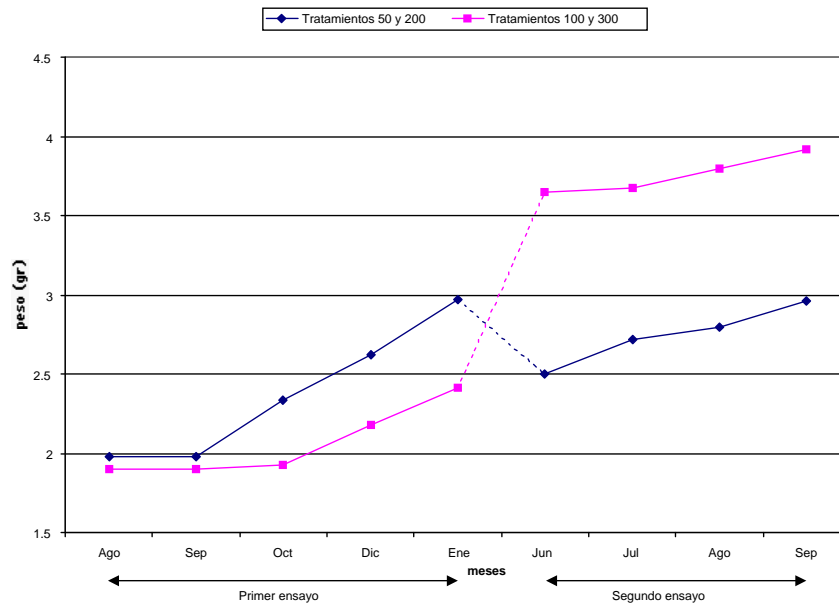
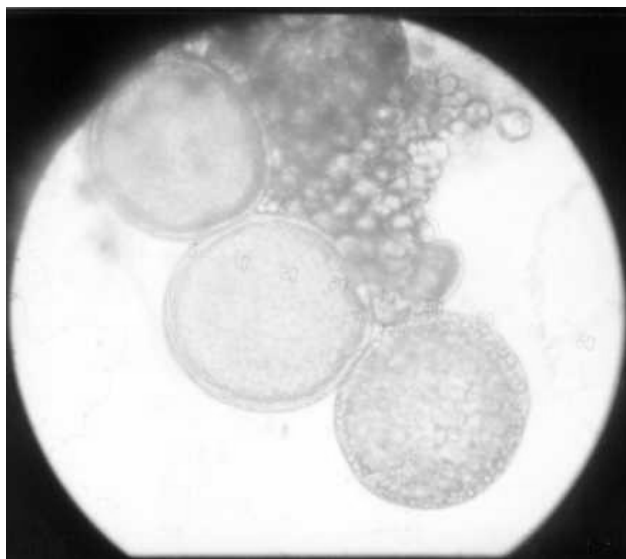


Figura-2. Crecimiento promedio (en gramos) de los reproductores de *Centropomus undecimalis* durante los ensayos de inducción al desove con implantes IM de LHRHa.

posterior al primer implante un organismo murió por mal manejo y al disecarlo observamos que hea hembra y tenía la gónada en estado II de maduración con ovocitos de alrededor de 100  $\mu$ . El siguiente mes no encontramos indicios de maduración al insertar la ánula y fue hasta la revisión del tercer mes 3 animales experimentales del tratamiento de 200  $\mu$  gr/animal y 4 animales experimentales del tratamiento de 300  $\mu$  gr/animal presentaron enrojecimiento e inflamación ligera de la papila genital, lo cual permitió hacer canulaciones; sin embargo solamente una de la hembras del tratamiento de 300  $\mu$  gr de hormona/animal presento ovocitos de entre 350 a 400 micras de diámetro, (figura-3). Esta hembra fue separada y colocada individualmente en un tanque de 1000 litros y se tomaron muestras ováricas durante 5 días cada dos días para observar la evolución de la maduración. Sin embargo, al quinto día de observación, los ovocitos permanecían con el mismo diámetro, por lo que se decidió regresarla al tanque con el resto de los animales para continuar el experimento. Según (Tucker 1998) cuando se hacen implantes durante inducción a la maduración final, las respuestas en la mayoría de las especies esta entre 48 y 72 horas, esta respuesta es semejante cuando se aplica gonadotropina coriónica humana (HGC), aunque cuando son implantes, la respuesta de desove son mas prolongadas y pueden desova varias veces. A los animales del presente trabajo que se les pudo hacer la canulación no se les detectaron ovocitos o esperma.

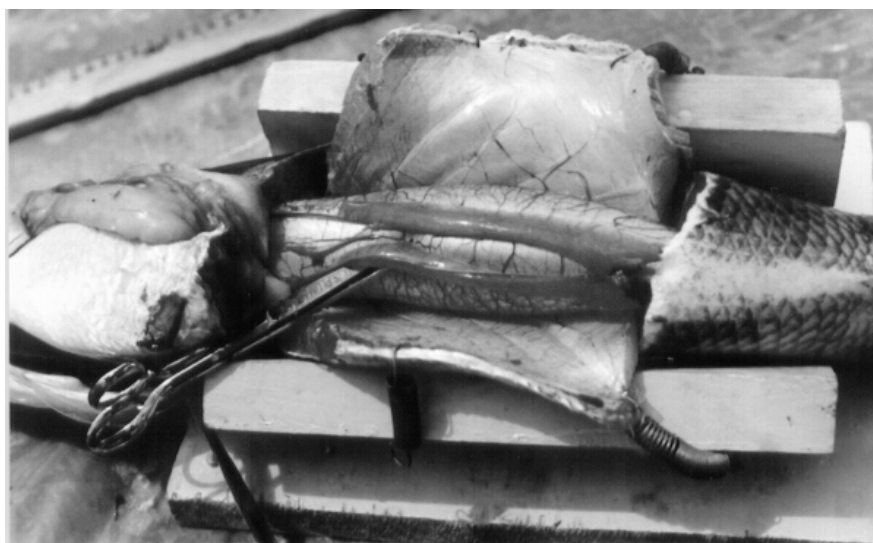
Para el siguiente mes que correspondió al cuarto implante y tercera revisión, la hembra que el mes anterior tenía ovocitos de 400 micras, inicialmente se canuló y se detectaron ovocitos de aproximadamente 100 micras, por lo que concluimos que había reabsorbido la gónada. Había la opción de que pudiera haber desovado durante el mes que duró sin manejo; sin embargo periódicamente se tomaron muestras del agua del estanque con un recipiente que filtraba el agua por una malla de 100 micras y no se detectaron ovocitos. Esa hembra fue sacrificada para observar que grado de madurez y se encontraron ovocitos en fase II de desarrollo con diámetros promedio de 100 micras.



**Fig. 3.** Ovocitos de *Centropomus undecimalis* bajo el tratamiento de 300  $\mu$ g/pelets de LHRHa. Los ovocitos están cerca del final de la vitelogénesis con un diámetro aproximado de entre 350 y 400  $\mu$

amente se tomaron muestras del agua del estanque con un recipiente que filtraba el agua por una malla de 100 micras y no se detectaron ovocitos. Esa hembra fue sacrificada para observar que grado de madurez y se encontraron ovocitos en fase II de desarrollo con diámetros promedio de 100 micras.

No se pudo observar macroscópicamente si



**Fig. 4.** Gónadas de *Centropomus undecimalis* del tratamiento de 300  $\mu$ g, después de ocurrida la reabsorción. La gónada se encuentra en fase dos de madurez gonádica, con ovocitos de hasta 100 micras de diámetro.

había desovado o hubo reabsorción de los ovocitos vitelogenéticos. Consideramos que existe una gran probabilidad de que haya sucedido esto último y que la causa de la reabsorción pudo ser el estrés por manejo puesto que se capturó, anestesió y canuló 3 veces en una semana. Este proceso parece no afectar el desarrollo del siguiente ciclo reproductivo pues a los 30 días después de la última canulación, se observó la gónada en proceso de maduración, con los ovocitos en fase de crecimiento, aprox.  $100\ \mu$  (figura 4). Una información más precisa sobre los eventos ocurridos en el ovario de este ejemplar será obtenida cuando se realice el examen histológico de la gónada.

A partir de la tercera revisión, aproximadamente la mitad de los animales experimentales se les podía canular aunque no se obtuvieron ovocitos, sin embargo, No se pudo hacer alguna canulación a los controles. Así, los datos obtenidos a la fecha nos indican que al parecer es posible acelerar la maduración con la LHRHa, y que los animales no empiezan a madurar hasta una talla determinada, la cual varía dependiendo de la localidad, como se observa en los diferentes reportes donde se dan tallas de primera maduración para la especie estudiada (Tucker et al. 1987): Machos 1.7 kg y 49 cm de LF y Hembras 2.4 kg y 58 cm de LF; Alvarez- Caballero et al. (1998), hembras de 82 cm de Lt y machos de 75; Lajonchere, (1982):

Machos, de 30 a 33cm de Lt y Hembras 42 a 45 cm de Lt; Osorio J. L y González L. W. (1986) en Venezuela: Machos, 55 cm, Lt Hembras, 60 cm, Lt.). Es conveniente continuar con esos experimentos, pero es recomendable que se cuente con animales mayores de 75 cm de Lt.

### Engorda de juveniles

Como se mencionó anteriormente, el objetivo inicial fue hacer que los animales aceptaran el alimento balanceado. Esto se planteó así, debido a que las experiencias hechas con anterioridad en la región habían mostrado fracasos para hacer que los juveniles silvestres aceptaran algún alimento balanceado.

Como los animales de prueba aceptaban el alimento decidimos continuar con ellos sistematizando su alimentación, control de calidad del agua y seguimiento de crecimiento. Así, se estableció darles alimento dos veces al día a saciedad, tomar lecturas de salinidad y temperatura diariamente y tomarles la longitud y peso una vez por mes. Para esto último se capturaron con una red de cuchara, se anestesiaron con MS-222, se pasaron en una balanza electrónica y midieron con un ictiómetro. Conforme avanzaba el tiempo y la adaptación a las condiciones de cultivo era mejor, decidimos prolongar el experimento para conocer cuan efi-

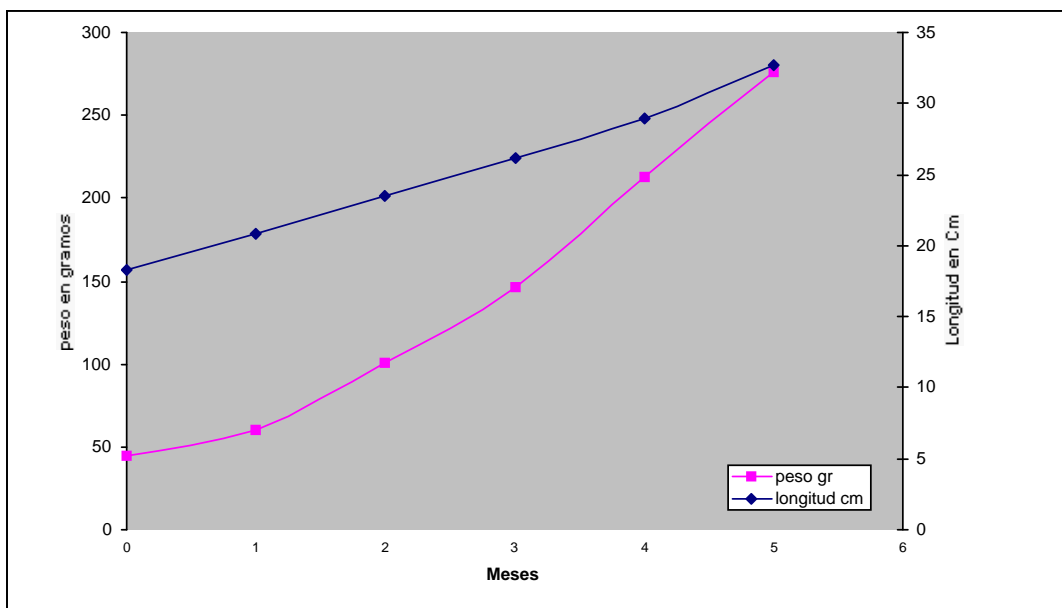


Fig. 5. Promedio de ■ Peso (gr) y ♦ longitud (cm) obtenidos durante los ensayos de crecimiento de juveniles de *Centropomus undecimalis*; en un período de cinco meses. N= 23 organismos.

ciente resultaba ese alimento y si podríamos considerarlo como un punto de partida para ensayos piloto. El experimento hasta la fecha tiene 5 meses y pensamos continuar el seguimiento de esos animales hasta una talla de 800 a 100 gramos.

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos después de 5 meses de experimentación. El crecimiento promedio durante los 5 meses fue de 1.17 gr/día, variando desde 0.54 g/día durante el primer mes, hasta 1.7 en último mes; aquí se obtuvo un peso promedio de 276 gr con intervalo de 160 a 425 gramos. La sobrevivencia fue de 80 %. Tucker, (1987). realizó experimentos de cultivo de juveniles de robalo, iniciando con tallas y densidades semejantes a las evaluadas en el presente trabajo, pero en agua dulce, utilizó también alimento balanceado, con 50 % de proteína y 13 % de grasa en agua de dulce, y el crecimiento fue entre 0.9 y 1.1 gr/día. En el presente trabajo utilizamos alimentos balanceados con 45 % de proteína y 15 % de grasa, y el crecimiento fue de (1.17 gr/día) que es semejante al encontrado por Tucker, 1987. Este mismo autor, realizó experimentos de crecimiento con juveniles silvestre en agua dulce (0, ‰), salobre (10.6 ‰) y salada (23.8) y encontró que en agua dulce y salobre crecen 0.9 y 1.4% diario y en agua salada 0.67 % diario, estos animales fueron alimentados con alimento fresco. En otros experimentos del mismo autor, encontró tasas de crecimiento de entre 2 y 4 gr/día, sin embargo, las tallas que utiliza son mayores de 500 gramos y se sabe que a mayor tallas es mayor el crecimiento por día.

Vemos entonces que el crecimiento en agua salada es menor que en agua dulce, por lo que podríamos esperar que la tasa de crecimiento encontrada por nosotros se mejorará en cultivos en agua dulce.

Estos resultados preliminares nos indican que los juveniles de robalo pueden ser alimentados únicamente con alimento balanceado que actualmente se encuentra en el mercado y que su tasa de crecimiento es de aproximadamente 0.85 gr/día, la cual es muy semejante a la reportada para la naturaleza que es un poco más de 1 gr/día.

Estos alentadores resultados nos permiten hacer hincapié en la necesidad de continuar las investigaciones en este sentido para encontrar las mejores condiciones de cultivo de robalo, y así eficientizar el aprovechamiento de los recursos.

## REFERENCIAS

- Almendras, J. M., C. Dueñas, J. Nacario, N. M. Sherwood y L. W. Crim. 1988.** Sustained Hormone release. III. Use of Gonadotropine release Hormone Analog to Induce Multiple Spawning in Sea Bass, *Lateolabrax niloticus*. *Aquaculture* 74: 97-111.
- Alvarez-Lajonchere L. 1982.** Estudio de la Biología pesquera del robalo de ley *Centropomus undecimalis* (Bloch). (Pisces: Centropomidae) en Tunas de Zaza, Cuba. *Rev. Inv. Mar.* III(1): 59-200:
- Billard R., P.Rienaud, M. C. Hollebecq y B. Breton. 1984<sup>a</sup>.** *Advancement and synchronisation of spawning in salmo gairdneri and salmo trutta following administration of LHRHa combined or not with pimozide.* *Aquaculture.* 43:575-66.
- Crim, L. W, y B. D. Glebe 1984.** Advancement and synchrony of ovulation in atlantic salmon with pelleted LHRH analog. *Aquaculture.* 43: 47-56
- Lee, C.S., C.S. Tamaru, J. E. Banno y C.D. Kelley, 1986<sup>a</sup>.** *Influence of Chronic administration of LHRH analog and/or 17  $\alpha$ -methyltestosterone on maturation of milkfish *Chanos chanos*.* *Aquaculture.* 59:147-159
- Lee, C.S., C.S. Tamaru y C.D. Kelley, 1986b.** Technique for making chronic-release LHRHa and 17  $\alpha$  methyltestosterone pellet for intramuscular implantation in fishes. *Aquaculture,* 58: 87-98.
- Henderson-Arzapala, A., L Colura y J. Van Orman, 1988a.** Effect of LHRHa and testosterone implants on the maturation of Snook. Management data Series Number 140. Texas Park and Wildlife Department, Coastal Fishery Branch.
- Henderson-Arzapala, A., L Colura y A. F. Maciorowski. 1988b.** An evaluation of temperature and photoperiod induced Maturation of snook. Management data Series Number 143. Texas Park and Wildlife Department, Coastal Fishery Branch.
- Osorio, J. L: y L. W. González. 1986.** Aspectos reproductivos del robalo *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Pisces: Centropomidae) de la Isla de Margarita, Venezuela.
- Tucker, J W. 1987.** Snook and tarpon culture and preliminary evaluation for commercial farming. *Prog Fish Culturist.* 49: 49-57. Tucker, J.W. Jr, *Marine Fish Culture* (1 Ed), Kluwer Academic Publisher, Boston (1998).





---

# LA MARICULTURA Y BIOTECNOLOGÍA DE *Strombus*

---

Dr. Luis Alfonso Rodríguez Gil

Instituto Tecnológico de Mérida

## INTRODUCCIÓN

**E**n la península de Yucatán México, el recurso del caracol se encuentra en veda permanente desde 1987 como resultado de su sobreexplotación y ante el peligro de su extinción en el estado de Yucatán, en el de Campeche, no existe veda y se regula por tamaño; en el estado de Quintana Roo, para efectos de su pesquería, se encuentra dividido en tres zonas: norte, centro y sur, las dos primeras se encuentran en veda permanente también como resultado de su sobre explotación y en la zona sur el plan de manejo ha sido con respecto a la estación de veda, cuota de pesca por mes durante el cierre de la veda y limitación en el arte de pesca el cual no permite el buceo con compresora, ni autónomo, solamente el buceo libre. Hasta la fecha, el recurso no se ha podido recuperar, repercutiendo en menores ingresos a los pescadores. Por lo que el propósito de este trabajo está orientado con la finalidad del desarrollo de una acuicultura sustentable, considerando a la maricultura y la biotecnología dentro del plan de manejo como una de las alternativas para recuperar este recurso, aunada a las consideraciones de su biología, ecología y a una de las herramientas más usadas en el control de manejo que incluye la veda permanente cuando el recurso está sobreexplotado.

## ANTECEDENTES

El desarrollo del turismo y la alta demanda han contribuido a la sobreexplotación de poblaciones naturales del caracol de género (*Strombus spp.*), los cuales han mostrado declinaciones drásticas en el Caribe. México no es ninguna excepción, y los recursos del caracol han disminuido dramáticamente desde 1982.

El género *Strombus* es representado por seis especies en el Caribe, *Strombus gigas* Linnaeus, 1758; *S. costatus* Gmelin; 1791, *S.*

*raninus* Gmelin; 1791; *S. pugilus* Linnaeus, 1758; *S. alatus* Gmelin, 1791 y *S. gallus* Linnaeus, 1758. En la península de Yucatán, el recurso caracol está comprendido también por las mismas seis especies del género *Strombus*, que son de desarrollo indirecto (pasan su etapa de vida larvaria en el plancton marino) y por caracoles del desarrollo directo (no tienen vida larvaria en el plancton marino) comercialmente importantes como: *Pleuroploca gigantea* (Kiener, 1840), chacpel; *Busycon spp.*, caracol negro; *Turbinella (Xangus) angulatus* Lightf, caracol tomburro; *Fasciolaria tulipa* (Linnaeus, 1758) y *Melongena corona* (Gmelin, 1791). Todos han declinado debido a la sobrepesca y *S. gigas* y *S. costatus* son las especies más explotadas. A lo largo de la costas del estado de Yucatán y Campeche *S. gigas* no habita, únicamente se le encuentra frente a la península de Yucatán en isla Alacranes, Triángulos y Arenas. En las costas de Yucatán y Campeche *S. costatus*, caracol lechoso, es la especie de más alto valor comercial. Debido a la sobrepesca y ante el peligro creciente de la extinción del recurso caracol, el gobierno mexicano prohibió en 1987 la pesca del caracol en el estado de Yucatán, regulada por tamaño en el estado de Campeche y en el estado de Quintana Roo en las zonas norte y centro existe veda total, quedando en explotación regulada la zona Sur. Sin embargo, los pescadores continúan capturando adultos y juveniles, poniendo a las poblaciones del caracol en niveles críticos de supervivencia.

A pesar de que la regulación pesquera es uno de los medios de controlar las poblaciones en explotación y de recuperar las sobreexplotadas, es la maricultura una alternativa muy fuerte que debe considerarse.

## MARICULTURA

La maricultura es la crianza controlada y protegida de especies marinas, generalmente desde la fase de huevo a juvenil o estado adulto dependiendo de la especie y sus aplicaciones. Por medio de la maricultura se pueden mejorar los efectos de la pesca sobre las poblaciones naturales mediante criar individuos para repoblar áreas explotadas o por sustituir la cosecha de poblaciones naturales con individuos cultivados a tamaño comercial. El éxito a largo plazo de cualquier programa de cultivo descansa en la forma de comprender la biología y ecología de la especie en cuestión.

El desarrollo de técnicas orientadas hacia el cultivo del recurso caracol principalmente hacia el género *Strombus* se ha debido a los esfuerzos que muchos científicos han realizado en las últimas dos décadas en el área del Caribe. Investigadores de empresas privadas, universidades, institutos e instituciones gubernamentales han hecho contribuciones significativas hacia el logro de crear una biotecnología para el cultivo de caracoles del género *Strombus* con énfasis hacia la especie *S. gigas*, en un esfuerzo por restablecer las poblaciones naturales afectadas y permitir el nacimiento de la industria en el Caribe y Latinoamérica. Cada proyecto ha contribuido de muchas maneras a incrementar los conocimientos científicos relacionados a la maricultura, hasta el punto de considerar su cultivo como un hecho más cercano a una aplicación real. En la actualidad ese ánimo continúa con la comunidad científica involucrada para crear biotecnología de punta y estudios de biología básica, nutrición y ecología que permitan aumentar la supervivencia en las diferentes etapas en la práctica de la maricultura, está basada en el conocimiento del ciclo de vida de la especie en estudio, para el caso del género *Strombus* comprende.

### Producción de masas de huevos

Una granja de producción de masas de huevos es necesaria en el ciclo de producción, siempre y cuando que ésta suministre la cantidad de embriones para su cultivo larval. Los caracoles del género *Strombus* no se han podido inducir al desove y éste en condiciones de laboratorio es de baja prioridad. Una densidad de 1 caracol /10 m<sup>2</sup> es recomendada para la especie *S. gigas*. Sin embargo, existe la necesidad de determinar una apropiada relación de sexo de los progenitores dentro del encierro, así como de una densidad apropiada para maximizar la producción de ma-

sas de huevos, sin que el tamaño de la población ocasione un sobrepastoreo que conduzca a falta de alimento (alta prioridad). El encierro debe permanecer después de la estación de desove, para permitir la producción primaria, y los progenitores deben ser liberados a su población original durante la estación de baja temperatura, preferentemente en aguas profundas y que les permitan realizar su migración natural.

### Incubación de las masas de huevos

Generalmente es usada la desinfección de las masas de huevos con cloro comercial (0.5 % por 30 segundos) y es una práctica apropiada para una eclosión viable y de éxito para la larvicultura de *S. gigas*. Sin embargo, la concentración y el tiempo de aplicación deben ser considerados para la desinfección de las masas de huevos en cada especie de *Strombus*.

Estudios de desarrollo embrionario que incluyan la descripción del orden de la aparición de características y eventos que finalizan con la eclosión son necesarios para las estimaciones de la temperatura mínima biológica, temperatura efectiva de desarrollo y la temperatura integral del agua para cada especie de *Strombus*. Con la finalidad de un manejo adecuado y control de la eclosión a una temperatura programada.

### Larvicultura

Existen técnicas de larvicultura que son consideradas adecuadas para la producción de larvas de *S. gigas*. El flujo de agua de mar mediante el sistema de cultivo y el cultivo de algas unicelulares han llegado ser métodos comunes para el cultivo de larvas de caracol. No obstante, estudios nutricionales que mejoren la eficiencia en la alimentación y resulten en un crecimiento larval óptimo y alta supervivencia son apropiados para este tiempo en todas las especies del género *Strombus*.

### Metamorfosis

A pesar que los extractos solubles en agua de las algas rojas de género *Laurencia* se han usado con éxito para inducir a la metamorfosis a larvas competentes de *S. gigas* y *S. Costatus*, una alternativa de investigación es el uso de inductores químicos, particularmente aquellos que son disponibles comercialmente (por ejemplo, KCl) y que puedan ser de más bajo costo e incrementen

el porcentaje de larvas eclosionadas. Estos estudios son considerados de alta prioridad.

### **Cultivo poslarval I (2-30 mm L.S.)**

El cultivo en recipientes de arena con flujo de agua ha llegado a ser un método estándar para el cultivo de poslarvas. Lo importante de este método es la retención de pequeñas partículas de alimento, además de que la arena sirve como filtro. La mezcla líquida de la microalga del género *Chaetoceros*, con la *Spirulina* liofilizada y la *Enteromorpha* licuada han demostrado ser una dieta adecuada para las larvas de *S. gigas* recién metamorfoseadas. Sin embargo, métodos que mejoren la producción de algas como alimento vivo y de dietas artificiales son de prioridad. El cultivo de alimento vivo para poslarvas mayores de 30 mm de L.S. (longitud sifonal) no es costeable en el laboratorio.

### **Cultivo de poslarvas II (30-70 mm L.S.)**

A pesar de aceptables tasas de crecimiento y supervivencia de 3 a 7 mm en sistemas en el laboratorio, la cantidad de algas requeridas, y el costo de la electricidad y el trabajo implicado hacen económicamente incosteable la producción a gran escala. Alternativamente, los caracoles son liberados de menos de 40 mm L.S. en áreas submareales y también proporcionan un costo debido a la alta mortalidad durante los primeros 6 a 9 meses. Por lo tanto, el desarrollo de un sistema apropiado de cultivo y la elaboración de una dieta igualmente apropiada son altamente prioritarias. Dos opciones deberían ser investigadas: 1) un sistema de cultivo usando los efluentes de las larvas y 2) cajas flotantes y estructuras en el fondo del océano "pens". A pesar de los sistemas empleados el desarrollo de una dieta artificial es requerida.

### **Crecimiento de juveniles (fuera del laboratorio)**

Los factores más importantes que afectan la supervivencia durante el crecimiento en el mar son la depredación y la selección de un hábitat seguro. Los caracoles criados en el laboratorio pueden tener diferencias físicas y de comportamiento, comparados con los juveniles crecidos en el mar y esto los hace más susceptibles a la depredación natural. Futuras investigaciones deben ser dirigidas

hacia 1) métodos que impartan apropiadas respuestas de comportamiento a los caracoles criados en el laboratorio antes de su liberación al ambiente marino (por ejemplo, actividad de enterrarse y de evitar la predación), y 2) condiciones de cultivo que produzcan juveniles criados en el laboratorio con características morfológicas similares a su contraparte de juveniles crecidos en el mar. Con respecto al mejoramiento del stock, las recomendaciones en el campo de los ecologistas es la selección de un hábitat seguro y medir el impacto de la predación sobre los caracoles liberados y criados en el laboratorio, el cual pueda servir como una guía para los procedimientos de cultivo de las poslarvas (30-70 mm L.S.), también como para definir apropiados hábitats para la liberación de los caracoles juveniles dentro de su ambiente natural.

## **BIOLOGÍA Y ECOLOGÍA**

### **Distribución, sexo y puestas**

Los caracoles del género *Strombus* son especies de la familia Strombidae, comúnmente habitan en fondos arenosos donde crecen pastizales marinos como *Thalassia testudinum* König y *Syringodium filiforme* Kützing. Al igual que los caracoles de desarrollo directo que habitan las costas de la península de Yucatán, aunque con frecuencia en época de reproducción, se les ve en planicies arenosas carentes de pastizales.

Los caracoles de desarrollo indirecto son herbívoros y los de desarrollo directo son carnívoros. La profundidad donde se les encuentra varía de centímetros hasta metros. Los que integran el recurso caracol en la península de Yucatán y que se han mencionado previamente de interés comercial son diocos (sexo separado), lo cual implica la localización de su pareja para la cópula. Las masas de huevos para los caracoles del género *Strombus* son de forma (de media luna) similar externamente. En los de desarrollo directo sus masas de huevos son cápsulas de diferentes formas, pero se caracterizan por tener varios embriones en cada cápsula, cosa que no sucede con los de desarrollo indirecto, donde cada embrión le corresponde a cada cápsula. El número de caracoles por puesta es mucho mayor en los de desarrollo indirecto comparados con los de desarrollo directo.

### **Requerimientos de hábitat**

Existe variedad de hábitats donde se ha observado a los caracoles en diferentes sitios, por lo que es necesario hacer un trabajo detallado para identificar hábitats específicos requeridos para cada sitio en particular y reconocer que éstos se requieren de acuerdo con la edad. En particular se requieren los caracoles del grupo de edad 0+, de los cuales poco se conoce, por lo que son necesarios estudios en una variedad de áreas para determinar si los requerimientos del hábitat son iguales a través de una región. Tales estudios deben ser conducidos para identificar hábitats críticos (como áreas de asentamiento, de poslarvas I y II, juveniles y de desove) que deben estar incluidos dentro del manejo del recurso. Hay consenso general en la degradación del ambiente, por medio de la destrucción del hábitat o contaminación (pesticidas, metales pesados, hidrocarburos) y que puede estar impactando las poblaciones de caracoles y el daño de esa posibilidad pudiera incrementarse con el tiempo, a menos que los requerimientos del hábitat sean determinados para cada región y entonces proteger a los hábitats críticos.

## Reclutamiento

El reclutamiento para su estudio puede ser dividido en dos áreas: **reclutamiento larval** y **béntico**. El primero considera la producción de larvas y su subsecuente dispersión y supervivencia; el segundo considera los procesos envueltos con la selección del hábitat su asentamiento y subsecuente supervivencia.

### *El reclutamiento larval*

Para su estudio puede además ser dividido en dos áreas: determinar el grado y patrón de la dispersión larval y determinar los factores que afectan la producción larval.

Dos maneras pueden ser usadas para el estudio de la dispersión larval. El primero es con la oceanografía. Esta manera está basada en los modelos oceanográficos y estudios descriptivos para identificar el transporte físico y de retención. Éstos pueden ser acoplados a otros estudios sobre el comportamiento larval, nutrición y desarrollo, para determinar cómo la larva debe usar estos mecanismos y la longitud esperada de vida larval (tiempo a la competencia). La crianza en el laboratorio da resultados burdos comparados con la experimentación en el mar, el cual rinde datos de más relevancia ecológica. Desafortunadamente

los estudios oceanográficos son caros y se requiere trabajo multidisciplinario.

La segunda manera para estudiar la fuente y la dispersión larval es mediante el uso de la genética o con marcadores bioquímicos. Datos de estudios de aloenzimas han mostrado menores diferencias entre poblaciones, excepto con la de Bermuda, que es considerada una población separada. Sin embargo, el uso de la genética molecular con el uso del mtDNA se vislumbra como una más grande resolución, pero aún hay problemas con la interpretación de resultados y lo caro que resulta. Otra posibilidad no tratada es el estudio de la microquímica de conchas larvales y los estatocistos.

La reproducción biológica de los caracoles es pobremente entendida. El mantenimiento de la razón de sexos balanceados es potencialmente importante de acuerdo con el conocimiento de la presión de pesca selectiva en contra de las hembras grandes. El papel de los factores densodependientes y la formación de agregaciones que afectan la reproducción es desconocida. Esta información es crítica en determinar la relación stock-reclutamiento para pesquerías de captura y densidad de población para las operaciones de maricultura, como cuando se construyen encierros para la producción de puestas de masas de huevos.

### *Reclutamiento béntico*

Hay tres áreas a las que se debe prestar atención con respecto al proceso de asentamiento, el papel de los hábitats ontogénicos “*shifts*” y la evidencia de que los caracoles agregados en camas sufren menos depredación que los aislados y que son capaces de mantener su hábitat bajo condiciones óptimas (mantenimiento óptimo del pasto marino a pesar del pastoreo). Esto cuestiona si la presencia de las agregaciones de camas de caracoles son necesarias para el éxito en el reclutamiento y la supervivencia. Por lo que, si la práctica de cosecha de juveniles se realiza, pudiera estar afectando adversamente el reclutamiento y más adelante en los niveles bajos de la población que desova.

Algunos de los trabajos mencionados anteriormente requieren de una serie de datos de largo tiempo. El desarrollo de una relación stock-reclutamiento requiere un periodo de monitoreo entre 10 a 20 años. El acoplamiento entre la variabilidad del reclutamiento y el proceso oceano-

gráfico también requiere de largo tiempo. Es necesario conducir tales estudios sobre un rango geográfico amplio, si la dispersión larval así lo requiere. Sobre ese tema pudiera ser ventajoso desarrollar un programa estandarizado de colección de datos de la región. Para la pesquería los muestreos independientes deberán estandarizarse con respecto al muestreo del plancton con relación al tiempo y la profundidad, los métodos estadísticos empleados y los transectos de muestreo en relación a los juveniles y adultos.

## MANEJO Y PESQUERÍA

El estatus de las poblaciones del caracol en el Caribe, en el cual está incluido México, es bastante variable. Algunas áreas están sin pesca, como en Santa Lucía, donde existen poblaciones sin explotar. En otras, como en la Martinica, Cuba, Turks y Caicos, el recurso es explotado, pero no ha sufrido ningún daño. La sobrepesca está en muchas áreas incluyendo a México, St. Tomas-St. John, Venezuela, Colombia, Puerto Rico y Florida. La experiencia en los lugares sobreexplotados son caracterizados por carencia adecuada en el manejo cuando se encara alta población o presiones económicas. Por otro lado, áreas con estable población tiene una baja presión de pesca debido a la abundancia del recurso y recursos alternos, o oportunidades de empleo relativo al tamaño de la población o han tenido un plan de manejo efectivo. La pesquería en Turks y Caicos es un buen ejemplo del primer caso; los bancos de Caicos son grandes relativo al número de pescadores, hay una alternancia de recursos para la pesca o de fuentes de empleo, y el equipo de buceo autónomo no es usado tradicionalmente entre los pescadores. Martinica es un buen ejemplo donde el manejo ha mantenido a las poblaciones; la pesca con equipo de buceo autónomo es prohibido y las poblaciones de aguas profundas se encuentran en buena salud a pesar del hecho de que el recurso en aguas bajas ha declinado. Poca atención se ha realizado con relación a optimizar la captura de acuerdo con el tamaño de las poblaciones. En la mayoría de los casos el manejo se ha realizado como respuesta a los problemas socioeconómicos que resultan de la declinación severa de la captura, como es el caso de México.

El encarar la continua declinación de las poblaciones, el propósito del manejo deberá ser primero parar la declinación, segundo reconstruir y/o estabilizar las poblaciones a un nivel donde el

recurso no este amenazado y finalmente estar seguros de los niveles de las poblaciones en cuanto a su abundancia y la práctica de la pesca para optimizar el rendimiento. Lo que en pesquería se llama obtener el rendimiento máximo sostenible, lo que en términos de acuicultura equivalen al tratar de desarrollar una acuicultura sustentable con relación a un recurso determinado.

También hay que considerar en el manejo los acuerdos en la región con el propósito de armonizar la regulación en la importaciones y exportaciones donde el comercio del recurso sean ilegales.

El manejo también debe ser concerniente con la viabilidad a largo tiempo y la productividad del recurso caracol. Por lo que, a pesar de las herramientas usadas en el manejo (como: límite de tamaño, estación de veda, cuotas de pesca, áreas restringidas, restricción en el arte de pesca) la maricultura con el apoyo de la biotecnología que se genera con ese propósito debe ser considerado dentro del plan de manejo dentro de un marco ecológico. Por que, el propósito es mantener las poblaciones a un nivel adecuado de abundancia y densidad, con hábitats protegidos que aseguren en un futuro la reproducción y el reclutamiento. El manejo debe también considerar las consecuencias a largo tiempo de la captura del caracol con relación a las características genéticas del recurso. La presión de pesca generalmente coloca una presión selectiva sobre los genes, la magnitud de esta selección y su dirección dependerá sobre el esquema de manejo específico (como ejemplo, la restricción en el límite de tamaño, ocasiona la cosecha de caracoles grandes con una desviación hacia las hembras, la restricción del buceo autónomo y con uso de compresora, resulta en la cosecha de juveniles, la no restricción, resulta en la selección de los caracoles que crecen más rápido). El mantenimiento de la heterocigosidad genética resulta ser importante para la productividad y la supervivencia del recurso. Si la maricultura es contemplada como una herramienta de manejo, el efecto de los caracoles cultivados sobre los genes de los caracoles crecidos en el mar también deben ser considerado.

## BIBLIOGRAFÍA

- A.O.A.C. 1984.** Official methods of analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- Abbott, R.T. 1960.** The genus *Strombus* in the Indo-Pacific. Indo-Pac. Mollusca 1(2): 33-144.
- Aldana, D. 1984a.** Croissance et composition chimique élémentaire de *Mytilus edulis* en relation avec la nourriture fournie. J. Rech. Océanogr. 9(4): 153-155.
- Aldana, D. 1984b.** Croissance et composition élémentaire de larves de *Mytilus edulis* en relation avec les algues monocellulaires et bactéries. Thèse Doctoral, Université de Bretagne Occidentale. Francia. pp. 118.
- Aldana, D., A. Lucas. 1994.** Estudio y caracterización cualitativa y cuantitativa de la nutrición de larvas de moluscos. "In Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture" (R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez eds.), Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 261-274.
- Appeldoorn, R.S. 1984.** The effect of size on mortality of small juvenile conch (*Strombus gigas* Linné and *S. costatus* (Gmelin) J. Shellfish Res. 4: 37-43
- Appeldoorn, R.S. 1985.** Growth, mortality and dispersion of juvenile laboratory-reared conchs, *Strombus gigas* and *S. costatus* released at an offshore site. Bull. Mar. Sci. 37(3): 785-793.
- Appeldoorn, R.S., and I.M. Sanders. 1984.** Quantification of the density-growth relationship in hatchery-reared juvenile conch, *Strombus gigas* L. and *S. costatus* Gmelin. J. Shellfish Res.4:6366.
- Arreguín, S.F., J.C. Seijo, D. Fuentes, y M.J. Solís. 1987.** Estado del conocimiento de los recursos pesqueros de la plataforma continental de Yucatán y la región adyacente. Inst. Nal. de la Pesca. SEPESCA. CRIP Yucalpetén. Doc. Tec. 4. México, pp. 0-41.
- Ballantine, D.L., and R.S. Appeldoorn. 1983.** Queen conch culture and future prospects in Puerto Rico. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 35: 57-63.
- Berg, C.J., Jr. 1976.** Growth of the queen conch *Strombus gigas*, with a discussion of the practicality of its mariculture. Mar. Biol. 34: 191-199.

- Berg, C.J., Jr. 1981.** Proceedings. Queen Conch Fisheries and Mariculture Meeting. The Wallace Groves Foundation. Freeport, Bahamas. pp: 46.
- Brownell, W.N. 1977.** Reproduction, laboratory culture, and growth of *Strombus gigas*, *S. costatus* and *S. pugilus* in Los Roques, Venezuela. *Bull. Mar. Sci.* 27(5): 668-680.
- Brownell, W.N., and J.M. Stevely. 1981.** The biology, fisheries, and management of the queen conch, *Strombus gigas*. *Mar. Fish. Rev.* 43(7): 1-12.
- Coral, J.L., and J. Ogawa. 1985.** Cultivo masivo de larvas de caracol *Strombus gigas* en estanques de concreto. *Proc. Gulf and Carib. Fish. Inst.* 38: 345-352.
- Darcy, G.H. 1981.** Annotated bibliography of the conch genus *Strombus* (Gastropoda, Strombidae) in the W. Atlantic. *Ocean. NOAA Technical Report NMFS SSRF-748*, 12 pp.
- D'Asaro, C.N. 1965.** Organogenesis, development, and metamorphosis in the queen conch, *Strombus gigas*, with notes on its breeding habits. *Bull. Mar. Sci.* 15(2): 359-416.
- D'Asaro, C.N. 1970.** Egg capsules of the prosobranch mollusks from south Florida and the Bahamas and notes on spawning in the laboratory. *Bull. Mar. Sci.* 20(2): 414-440.
- Davis, M. 1994.** Mariculture techniques for queen conch (*Strombus gigas* Linné): egg mass to juvenile Stage. "In Queen Conch Biology, Fisheries and Mariculture" (R.S. Appeldoorn and B. Rodríguez Q., eds.), Fundación Científica Los Roques, Caracas, Venezuela. pp. 231-252.
- Davis, M., and A.W. Stoner. 1994.** Trophic cues induce metamorphosis of queen conch larvae (*Strombus gigas* Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 180: 83-102.
- Davis, M., C. Hesse, and G. Hodgkins. 1985.** Commercial hatchery produced queen conch, *Strombus gigas*, seed for the research and grow-out market. *Proc. Gulf Carib. Inst.* 38: 326-335.
- De La Torre, R. 1982.** La pesquería de caracoles en Q. Roo. Centro de Investigaciones Pesqueras de Isla Mujeres. *Inst. Nal. de la Pesca, SEPESCA, México*, pp. 7-21.
- Gulland, J.A. 1971.** The Fish Resources of the Ocean. Fishing News (Books) Ltd., Surrey, Eng., 225 pp.
- Hesse, C.O., and K. Hesse. 1977.** Conch industry in the Turks and Caicos Islands, *Underwater Nat.* 10(3): 4-9.
- Holland, D.L., and B.E. Spencer. 1973.** Biochemical changes in fed and starved oysters, *Ostrea edulis* L. during larval development, metamorphosis and early spat growth. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 53: 287-298.
- Linder, G. 1977.** Moluscos y caracoles. Ediciones Omega, S.A. The Audubon Society. New York. pp 112.
- Lucas, A. 1982.** La nutrition des larves de bivalves. *Oceanis.* 8(5): 363-388.
- Lucas, A., L. Chulabi., and D. Aldana. 1986.** Passage de l' endotrophie à l'exotrophie chez les larves de *Mytilus edulis*. L. *Oceanoloc. Actv.* 9(1): 97-103.
- Mianmanus, R.T. 1984.** Metamorphosis of *Strombus gigas* (Linné) and *Aplysia brasiliana* (Rang) in laboratory culture. *J. Shellfish Res.* 4(1): 95.
- Morris, P.A. 1975.** A Field Guide to Shells of the Atlantic and Gulf coasts and the West Indies. Houghton Mifflin Company, Boston, pp. 330.
- Morse, D.E., H. Duncan., N. Hooker, A. Baloun, and G. Young. 1980a.** GABA induces behavioral and developmental metamorphosis in planktonic molluscan larvae. *Feder. Proc.* 39: 3237-3241.
- Morse, D.E., N. Hooker, and H. Duncan. 1980b.** GABA induces metamorphosis in *Haliotis*. V. Stereochemical specificity. *Brain Res. Bull.* 5, Suppl. 2, pp. 381-387.
- Morse, D.E., M. Tegner, H. Duncan, N. Hooker, G. Trevelyan, and A. Cameron. 1980c.** "In Induction of settling and metamorphosis of planktonic molluscan (*Haliotis*) larvae. III. Signaling by metabolites of intact algae is dependent on contact" (D. Müller-Schwartz and R.M. Silverste, eds.), "Chemical Signals", Plenum Press, New York. pp. 67-86.
- Ogawa, J., and J.L. Coral. 1985.** Ensayo de la fijación de semilla del caracol reina *Strombus gigas* y su crecimiento inicial en un sistema cerrado de producción masiva. *Proc. Gulf Carib. Fish.* 38: 362-369.

- Percharde, P.L. 1968.** Notes on distribution and underwater observations on the molluscan genus *Strombus* as found in the waters of Trinidad and Tobago. *Carib. J. Sci.* 8: 47-55.
- Randall, J.E. 1964.** The habits of the queen conch. *Sea Front.* 10: 230-239.
- Robertson, R. 1959.** Observation on the spawn and veligers of conch (*Strombus*) in the Bahamas. *Proc. Malac. Soc. Lond.* 33(4): 164-171.
- Robertson, R. 1961.** The feeding of *Strombus* and related herbivores. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia.* 343: 1-9.
- Rodríguez, L.A. 1986.** Desarrollo Embrionario y Metamorfosis del Caracol Rosado *Strombus gigas*. M. Sc. Thesis, CINVESTAV-Mérida, México, 43. pp.
- Rodríguez, L.A.** in press. Desarrollo del cultivo larval intensivo del caracol blanco, *Strombus costatus* Gmelin en la Península de Yucatán, México. *Proc. Gulf and Carib. Fish. Inst.* 44:
- Rodríguez, L.A., J. Ogawa, and C.A. Martínez. 1991.** Hatching of the queen conch, *Strombus gigas* L., based on early life studies. *Aquacul. Fisheries Manage.* 22: 7-13.
- SEPESCA. 1974-1986.** Anuarios estadísticos de pesca, Secretaría de Pesca, México, D. F.
- SEPESCA. 1987.** Consulta popular para la planeación democrática de la pesca en materia de administración de pesquerías. Esquema de regulación propuesto para la administración de la pesquería y del caracol del Caribe. México, D.F.
- Siddall, S.E. 1983.** Biological and economic outlook hatchery production of juvenile queen conch. *Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst.* 35: 46-52.
- Ware, D.M. 1975.** Relation between egg size, growth, and natural mortality of larval fish. *J. Fish. Res. Board Can.* 32: 2503-2512.
- Whyte, J.N.C., N. Bourne, and C.A. Hodgson. 1989.** Influence of algal diets on biochemical composition and energy reserves in *Patinopecten yessoensis* (Jay) larvae. *Aquaculture.* 78: 333-347.
- Whyte, J.N.C., N. Bourne, and C.A. Hodgson. 1990a.** Nutritional condition of rock scallop, *Crassadoma gigantea* (Gray), larvae fed mixed algal diets. *Aquaculture* 86: 25-40.
- Whyte, J.N.C., N. Bourne, and N.G. Ginther. 1990b.** Biochemical changes during embryogenesis in the rock scallop *Crassadoma gigantea*. *Mar. Biol.* 106: 239-244.
- Whyte, J.N.C., N. Bourne, N.G. Ginther, and C.A. Hodgson. 1992.** Compositional changes in the larva to juvenile development on the scallop *Crassadoma gigantea* (Gray). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 163: 13-29.
- Wikfors, G.H., G.E. Ferris, and B.C. Smith. 1992.** The relationship between gross biochemical composition of cultured algal foods and growth of the hard clam, *Mercenaria mercenaria* (L.). *Aquaculture* 108: 135-154.
- Wikfors, G.H., J.W. Twarog, Jr., and R. Ukeles. 1984.** Influence of chemical composition of algal food sources on growth of juvenile oysters, *Crassostrea virginica*. *Biol. Bull.* 167:251-263.

