

Densidad poblacional de langosta (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*) en el área central del arrecife Alacranes, Yucatán, México, del 14 al 21 de febrero de 1997

Ríos-Lara, Gloria Verónica¹; Kenneth Cervera-Cervera¹; Juan Carlos Espinoza-Méndez¹; Manuel Pérez-Pérez¹; Carlos E. Zetina-Moguel² y Freddy Chablé-Ek¹.

¹ Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. INP. A.P. 73. Progreso, Yucatán. C.P. 97320. E-mail: g_veronicar@yahoo.com

² Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería. Av. Parque Industrial Yucatán. Admón. de Correos No. 10, Cordermex, Mérida, Yucatán. E-mail: zmoguel@tunku.uady.mx

RÍOS-LARA, G. V.; K. Cervera-Cervera; J. C. Espinoza-Méndez, M. Pérez-Pérez, C. E. Zetina-Moguel y F. Chablé-Ek. 2000. Densidad poblacional de langosta (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*) en el área central del arrecife Alacranes, Yucatán, México, del 14 al 21 de febrero de 1997. *INP. SAGARPA. México. Ciencia Pesquera No. 14*.

Se hicieron cálculos de densidad y abundancia de langosta *Panulirus argus* y de caracol rosado *Strombus gigas* en el área central del arrecife Alacranes. A partir de la frecuencia de edades se calculó la tasa instantánea de mortalidad total de caracol. La densidad media calculada de langosta fue de 0.00033 ind/m² y de 0.0004778 ind/m² en el caso del caracol, con varianza muestral de 1.285 E-7 y 6.65 E-7 respectivamente. Esto corresponde a densidades de 3.31 ind/ha de langosta y 4.78 ind/ha de caracol. Se calculó una abundancia de 45,435 langostas (± 302 , con intervalo de confianza del 95%) y de 49,166 individuos de caracol rosado (± 516 , con intervalo de confianza del 95%). El peso medio abdominal de las langostas fue de 0.159 kg (± 0.073) y el peso medio del callo de los caracoles fue de 0.393 kg (± 0.056). Los cálculos de biomasa de cola de langosta son de 7,204 kg y la biomasa de callo de caracol rosado fue de 19,322 kg. Los caracoles capturados tenían edad probable entre 3 y 13 años y la tasa instantánea de mortalidad total estuvo entre 1.045 y 1.386. Palabras clave: Evaluación de poblaciones, langosta espinosa, caracol rosado, *Panulirus argus*, *Strombus gigas*, arrecife Alacranes.

Density and abundance estimates of lobster Panulirus argus and pink conch Strombus gigas were made in the central area of Alacranes reef. It was estimated the total instantaneous mortality rate of the pink conchs. The lobster mean density was of 0.00033 ind/m² and 0.0004778 ind/m² in the case of the pink conch, the variance sampling of 1.285 E-7 and 6.65 E-7 respectively. This corresponds to densities of 3.31 lobster/ha and 4.78 pink conchs/ha. An abundance of 45,435 lobsters was calculated (± 302 , with confidence interval of 95%) and of 49,166 individuals of pink conch (± 516 , with confidence interval of 95%). The lobster abdominal mean weight was 0.159 kg (± 0.073) and pink conch callus mean weight was of 0.393 kg (± 0.056). The lobster biomass calculation is of 7,204 kg and pink conch callus biomass calculation is of 19,322 kg. The pink conch individuals captured had probable ages between 3 and 13 years and the instantaneous rate of total mortality was between 1.045 and 1.386.

Key words: Population assessment, spiny lobster, pink conch, *Panulirus argus*, *Strombus gigas*, Alacranes reef.

Introducción

El arrecife Alacranes es un área de pesca utilizada por pescadores que capturan especies de escama, tiburón, langosta y, en el pasado, caracol rosado. El 6 de junio de 1994 fue establecido oficialmente el Parque Marino Nacional Arrecife Alacranes (PMNAA) y esta condición hace necesario establecer un plan de manejo que concilie el aprovechamiento de los recursos por pescadores que tradicionalmente los han usado y la conservación de la biodiversidad. En Alacranes y áreas cercanas las Cooperativas de Producción Pesquera Pescadores de Sisal (17 socios), Golfo de México (41 socios), Jurisdicción (42 socios) y Tigres del Mayab (17 socios), que tienen como base el puerto de Progreso y capturan aproximadamente el 15% (alrededor de 60 toneladas) de la langosta desembarcada en el estado de Yucatán (Ríos *et al.*, 1996). Tanto la im-

portancia económica de este recurso como la necesidad de dar sustento científico a un plan de manejo hacen prioritaria la evaluación de su dinámica poblacional y su estado de salud, lo cual se puede conseguir conociendo la captura, la captura por unidad de esfuerzo y la composición por tallas y edades, o bien mediante métodos basados en observaciones en las áreas de pesca, como son los experimentos de decaimiento en un área limitada o muestreos por transectos (Seber, 1982; Krebs, 1989; Hilborn y Walters, 1992; Sparre y Venema, 1995). En Yucatán la pesquería de langosta tiene gran importancia económica y social y debido a ello se realizan esfuerzos para evaluar la magnitud del recurso y su capacidad de renovación y con métodos ya basados en datos de capturas comerciales (según Ríos y Zetina¹), pero se considera conveniente contar con evaluaciones basadas en prospecciones.

Por otra parte, debido a que la pesca de langosta se realiza por buceo, los pescadores de langosta han insistido en obtener también permisos de captura de caracol, un recurso que se encuentra en veda permanente desde hace varios años pero que en opinión de los pescadores muestra signos de recuperación y podría ser nuevamente aprovechado.

¹ Ríos-Lara G. V. y C. E. Zetina-Moguel. Spiny lobster (*Panulirus argus*) biomass estimation in Eastern coast of Yucatan State, Mexico. Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. INP. (Inédito)

La pesquería de caracol en la península de Yucatán se lleva a cabo desde los años cincuenta y hay registros del uso de este recurso por los mayas desde mucho antes de la llegada de los españoles a Yucatán (Juera, 1974, citado por De la Torre, 1984). De 1986 a 1994 el gobierno estatal estableció una veda permanente sobre todas las especies de caracol, debido a la disminución de la captura, y fue hasta el 16 de marzo de 1994 cuando se estableció la veda en forma oficial (D.O.F., 16/03/94) sobre las especies: *Xancus angulatus* (tonburro, que realmente debería corresponder a la especie *Turbinella angulata*), *Pleuroploca gigantea* (chacpel o rojo), *Strombus costatus* (lanceta), *Strombus gigas* (rosado) y *Melongena corona* (chivita).

El propósito de este estudio fue calcular la abundancia de langosta (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*) y de esta última especie la tasa instantánea de mortalidad total. Para ello se realizó una campaña de prospección por buceo en el arrecife Alacranes entre el 14 y el 20 de febrero de 1997 y se revisaron 98,076 m² del área arrecifal.

Antecedentes

Según Quijano (1988), el recurso caracolero en Yucatán está conformado por *Turbinella angulata* (tonburro), *Pleuroploca gigantea* (chacpel), *Busycon contrarium* (trompillo), *Strombus costatus* (caracol blanco) y *Strombus gigas* (caracol rosado o caracol reina). En años recientes, Vélez *et al.*² y Pérez y Cervera³ hicieron en Yucatán prospecciones y cálculos de la densidad de caracol en la costa central (Dzilam de Bravo) en donde las especies más abundantes fueron

Strombus costatus (57%) y *Turbinella angulata* (28.6%) y en la costa oriental (San Felipe) encontraron el predominio de *Strombus costatus* (95%). En el arrecife Alacranes la especie de mayor importancia es el caracol rosado o caracol reina, especie endémica en la región del Caribe (Abbot, 1974). Los juveniles son más numerosos en aguas bajas y en llanos de arrecifes donde abundan las macroalgas como alimento (Randall, 1964; Alcolado, 1976; Stoner *et al.*, 1994). Sin embargo, en un estudio realizado en las Bahamas Lee⁴ encontró que la distribución de juveniles está más relacionada con la influencia de las corrientes marinas que con la presencia de una cubierta vegetal. Los juveniles de esta especie se entierran en los sedimentos arenosos de aguas bajas y posteriormente emergen y se mueven hacia las zonas de pastos donde el detritus de plantas y algas es abundante. Los caracoles juveniles continúan relacionados con los lechos de pasto marino por los siguientes dos años. Los adultos se encuentran en praderas de pastos marinos, y en arenas costeras y en llanos de algas, usualmente en profundidades distintas de los hábitats de los juveniles. Los reportes de densidad de caracoles en las áreas del Caribe tienen un mínimo de 0.5 ind/ha, un máximo de 1,866 y una mediana de 16.75 ind/ha. En el Caribe mexicano se ha reportado densidad entre 19 y 10,500 ind/ha. En las tablas 1, 2 y 3 se presentan los datos de densidad reportados de diferentes áreas del Caribe, incluyendo la parte mexicana.

Área de estudio

El arrecife Alacranes es el complejo coralino más importante del Golfo de México y se encuentra a 66.4 millas náuticas a los 358°

Tabla 1. Densidad (ind/m²) de caracol rosado *Strombus gigas* en las costas mexicanas.

LOCALIDAD	AUTORES	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIA	DS	OTROS
Litoral de Quintana Roó	De la Torre (1984)	1	5	2		3
Banco Chinchorro, Q. Roó	Basurto et al. (1996)*	0.02	0.16	0.1000		
Banco Chinchorro, Q. Roó	Chávez (1990)	0.95	1.05			
Banco Chinchorro, Q. Roó	Dominguez-Viveros(1992)	0.02	0.25			0.04
Banco chinchorro, Q. Roó	Basurto et al. (1995)			.2000	0.18	
Sur de Quintana Roó	Quijano (1988)			0.0380		
Centro de Quintana Roó	Quijano (1988)			0.0024		
Norte de Quintana Roó	Quijano (1988)			0.0019		
Cozumel, Q. Roó	Quijano (1988)			0.0020		
Cozumel, Q. Roó	Cruz (1989)			0.0070		
Cozumel, Q. Roó	Martínez (1995)			0.0820		
Cozumel, Q. Roó	Basurto et al. (1996)			0.0820		

² Vélez B., J. A., M. Pérez y K. Cervera. Prospección y evaluación del recurso caracol en la zona concesionada a la SSCP "Pescadores de Dzilam de Bravo" S.C.L. durante el periodo agosto-septiembre de 1994. CRIP Yucalpetén. INP. Doc. Interno. 1994.

³ Pérez, M. y K. Cervera. Dictamen técnico para la administración del recurso caracol en la zona concesionada a la SSCP "Pescadores de Dzilam de Bravo" S.C.L. CRIP Yucalpetén. INP. Doc. Interno. 1994.

⁴ Lee Jones, R. The integration of GIS and remote sensing in an ecological study of queen conch, *Strombus gigas*, nursery habitat. In 49th Gulf and Caribbean Fisheries Institute, (submitted 1996).

Tabla 2. Densidad (ind/ha) de caracol rosado reportada para el Caribe (Stoner y Ray, 1996).

LOCALIDAD	DENSIDAD (No./ha)	PROF. (m)	FECHA DEL ESTUDIO	REFERENCIA	MÉTODO DE ESTUDIO
Bermuda	0.52	0-20	1988	Berg et al. (1992a)	Buzo al remolque
Florida Keys, U.S.A.	0.50	0-25	1987-1988	Berg et al. (1992b)	Muestreo estratificado con buzo al remolque
Little Bahama Bank	28.50	0-18	1983-1984	Smith and van Nierop	Nado libre
Great Bahama Bank	20.79	0-18			
Diego Pérez, Cuba	1582	3-4	1972-1974	Alcolado (1976)	Nado libre
Cabo Cruz, Cuba	130	0-5			
Islas Turcas y Caicos	255	0-4	1974-1975	Hesse (1979)	Nado libre
Puerto Rico	2.62	0-30	1985-1986	Torres Rosado (1987)	Nado libre
Islas Vírgenes, EU.	9.70	--	1981	Wood y Olsen (1983)	Buzo con trineo
St. Thomas/St. Croix	7.60	--			
Islas Vírgenes, EU.	11.79	5-30	1990	Friedlander et al. (1994)	A pie
St. Thomas/St. John	12.64	5-30			
Los Roques, Venezuela			1981-1983	Weil y Laughlin (1984)	Cuadrantes fijos
Sometido a pesca	160 ²	1-4			
No sometido a pesca	1886 ²	1-18			

Tabla 3. Comparación de la densidad relativa del caracol en diferentes localidades del Golfo de México y Mar Caribe.

AUTOR Y AÑO	ESPECIE	LOCALIDAD	DENSIDAD (ind/m ²)
Wood y Olsen (1981),	<i>Strombus gigas</i>	Islas Vírgenes	0.0009 y 0.00076
Berg et al. (1992)	<i>Strombus gigas</i>	Florida	0.0001, 0.0003, 0.0007, 0.001,
Berg et al. (1992)	<i>Strombus gigas</i> y <i>Strombus costatus</i>	Bermudas	0.00006 y 2.60
Stoner y Ray (1993)	<i>Strombus gigas</i>	Bahamas	0.002
	agregación	Dzilam de Bravo, Yucatán	0.01

Norte del puerto de Progreso, Yuc. (tomando como punto de referencia la Isla Pérez), entre los 22°21'45" y 22°34'55" N y los 89°36'47" y 89°47'53" O.

El área de pesca de langosta se encuentra en las coordenadas geográficas: 22°44'24" N, 90°14'03" O; 23°07'12" N, 90°14'03" O; 23°07'12" N, 89°28'43" O; 22°16'48" N, 89°28'43" O; 22°16'48" N; 89°50'00" O; 22°44'24" N. 89°50'00" O. En la figura 1 se muestra un mapa del arrecife y se señala el área en donde se llevó a cabo la prospección.

Métodos y materiales

Colecta de datos

Se realizó una prospección en el área central del arrecife Alacranes del 14 al 21 de febrero de 1997. El muestreo se realizó en 19 estaciones, la toma de datos se hizo mediante buceo libre a una velocidad promedio de 750 m/h, en recorridos de 15 a 30 minutos, cubriendo 41 transectos y un área de 101,646 m² en 14:31 horas de buceo. En la

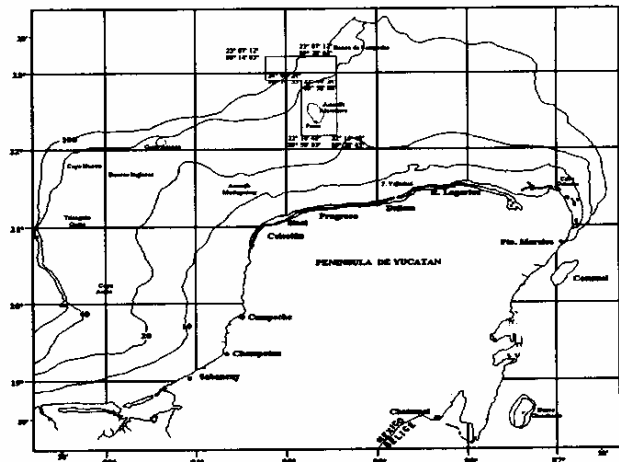


Fig. 1. El recuadro alrededor de Alacranes marca la zona de pesca de langosta indicada en los permisos de captura de las cooperativas que participan en esta actividad en el área.

Tabla 4. Fecha, profundidad mínima y máxima, localización geográfica, visibilidad y tiempo total de buceo de cada estación.

FECHA	PROF. MINM (BRAZAS)	PROF. MAX (BRAZAS)	LATITUD	LONGITUD	VISIBILIDAD (m)	TIEMPO DE BUCEO
14/02/97	4	7	22° 26.205	89° 44.655	10	0:18
17/02/97	2.2	2.5	22° 22.520	89°40.280	5	0:40
17/02/97	1.5	3	22° 25.506	89°41.474	2	0:45
17/02/97	0.5	3	22° 25.697	89° 41.403	2	0:46
17/02/97	0.5	6	22° 25.706	89° 41.403	2	0:35
18/02/97	0.5	2.5	22° 26.162	89° 41.569	5	0:46
18/02/97	2	5	22° 26.163	89° 41.568	5	1:30
18/02/97	0.5	7	22° 26.530	89° 42.96	5	1:00
18/02/97	2	3.5	22° 26.762	89° 42.174	5	0:40
18/02/97	0.5	7	22° 27.405	89° 41.411	5	1:10
18/02/97	2	2	22° 28.099	89° 43.838	5	0:40
19/02/97	0.5	2	22° 23.530	89° 39.033	5	0:40
19/02/97	0.5	4	22° 30.032	89° 40. 738	5	1:00
19/02/97	0.5	3.5	22° 30.033	89° 41.603	5	0:40
19/02/97	0.5	4	22° 29.132	89° 41.033	5	0:40
20/02/97	3.5	3.5	22° 28.620	89° 39.300	5	0:20
20/02/97	3	3	22° 29.420	89° 39.300	5	1:00
20/02/97	3	3	22° 31.520	89° 41.500	5	0:40
20/02/97	2	2	22° 31.532	89° 42.500	5	0:41

tabla 4 se da la ubicación de las estaciones tomadas con un Global Position System (GPS) y los tiempos de buceo en cada una de ellas.

Se contabilizó el número de langostas y caracoles en cada transecto y se tomaron datos de profundidad, temperatura superficial y de fondo, transparencia, visibilidad a ambos lados del buzo, velocidad del viento en una escala ordinal y tipo de fondo. Se colectaron algunos individuos y en el caso de las langostas se tomaron datos de longitud y peso total del cefalotórax y abdominal, y también se determinó el sexo. A los caracoles se les determinó sexo, peso húmedo total, peso húmedo de callo (tejido comercializable), longitud de la heliconcha, longitud de la espira, altura, ancho, ancho de la apertura, grosor y ancho del labio.

La abundancia se calculó a partir de muestreo aleatorio irrestricto en un área de 50 millas náuticas cuadradas (entre las coordenadas 22°22'-22°35' N y 89°37'-89°47' O) de las cuales sólo el 80% se supuso habitable por langosta y un 60% por caracol. Se construyeron mapas de distribución agrupando la densidad por hectárea, en una escala de densidad de 1 a 5 individuos, entre la mínima y máxima observadas. Se calculó la edad de los caracoles usando los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy reportados para el Caribe mexicano.

Método de análisis

El cálculo de la densidad media de langostas y caracoles se obtuvo mediante las ecuaciones:

$$D_i = \frac{n_i}{a_i}; \quad \bar{D} = \sum \frac{D_i}{n};$$

y

$$\text{Donde: } S^2(\bar{D}) = \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{n-1}$$

D_i = densidad en la estación i

n_i = número de individuos observados

a_i = área recorrida por el buzo = velocidad de recorrido (V) * tiempo de buceo (tb) * visibilidad (vs)

V = 750 m/h

tb , y vs , se presentan en la tabla 1 para cada estación

n = número de estaciones

La abundancia se calculó con:

$$N = \bar{D} * A * pa;$$

$$Var(N) = (\bar{D})^2 * (A * pa)^2$$

y $LPEE = 1.96 * \sqrt{Var(N)}$

Donde:

N = abundancia en número de individuos en el área de interés
 A = área central del arrecife Alacranes = 50 millas náuticas cuadradas = 171,495,200 m²
 pa = proporción del área habitable por la especie, langosta = 0.8 y caracol = 0.6
 am = área revisada en el muestreo = 101,646 m²
 $LPEE$ = límite del error de cálculo con intervalo de confianza del 95%

La biomasa en el área se calculó por la relación:

Donde: $B = N * \bar{W}$

B = biomasa de langosta (kilogramos de cola) o callo de caracol (kg)
 w_{med} = peso medio abdominal de las langostas o peso medio del callo de caracol en kilogramos
 w_{medL} (abdomen de langostas) = 0.159 kg (desviación estándar DS = 0.073)
 w_{medC} (el peso medio del callo de los caracoles) = 0.393 kg (DS = 0.056).
 (Seber, 1982; Krebs, 1989; Thompson, 1992; Cochran, 1989)

Se elaboraron mapas de densidad observada de langosta y caracol transformada a una escala de 1 a 5. En la *tabla 5* se presentan las equivalencias. Se elaboraron tablas del efecto de la variación de la velocidad de buceo sobre los cálculos de abundancia de las dos especies estudiadas y se elaboraron tablas del cálculo de abundancia de cada especie ante hipótesis de diferentes áreas totales (A) y diferentes proporciones de estas áreas que corresponden al hábitat efectivo de la especie (pa). En el caso de la velocidad de buceo se observó que las variaciones no sobrepasaban un 40% de la velocidad media y con esa información se calculó la probabilidad de velocidad entre 500 y 950 metros por hora. Aunque los cálculos suponen que la muestra puede presentar la densidad media de un área de 50 millas náuticas cuadradas, se calcularon tablas que suponen que la densidad media es aplicable a 30, 40, 50, 60 y 70 millas náuticas cuadradas y proporciones de hábitat efectivo de la especie del orden de 0.5 a 0.9 en el caso de la langosta y de 0.4 a 0.8 en el caso del caracol.

Se calculó la edad de los caracoles colectados utilizando tres juegos de parámetros de la ecuación de von Bertalanffy (t_0 , K y L) reportados para el Caribe mexicano en años recientes. En la *tabla 6* se presentan los parámetros calculados. A partir de los datos de frecuencia por edad se calculó la tasa instantánea de mortalidad total (Z).

Tabla 5. Densidad equivalente de langosta y caracol en escala de 1 a 5.

CLASE DE DENSIDAD	LANGOSTAS/HA	CARACOL/HA
0	0	0
1	1-3	1-5
2	4-5	6-11
3	6-8	12-16
4	9-11	17-22
5	12-13	23-27

Tabla 6. Parámetros de la curva de crecimiento de von Bertalanffy de *Strombus gigas* en las costas de Quintana Roó, México.

Autor	t_0	K	L
Navarrete (1994)	-0.5	0.27	293
Navarrete (1994)	-0.54	0.26	310
Navarrete (1994)		0.23	318
Navarrete (1994)			256
Cruz et al. (1994)	0.002	0.3	297

Resultados

En la *tabla 7* se resumen los resultados de densidad, abundancia y biomasa de los productos comercializables de langosta y caracol. La densidad media de langosta fue de 0.00033 individuos por metro cuadrado (ind/m²) y la densidad media de caracoles fue de 0.000477 ind/m², que equivalen a 3.3 y 4.7 ind/ha. La abundancia de langosta es del orden de 45,435 (± 302) individuos con peso abdominal de 7,204 kg. Por otra parte, la abundancia de caracol es de 49,166 (± 516) individuos con un peso de callo de 19,322 kg. En la *tabla 8* se muestra el efecto de las variaciones de la velocidad de buceo sobre los cálculos de abundancia, los resultados más probables de abundancia de langosta, considerando una variación del 40% en la velocidad de buceo, es de 42,596 a 48,681 individuos y en el caso del caracol los más probables están en el intervalo de 46,094 a 52,679 individuos. En las *tablas 9 y 10* se presentan las implicaciones de la elección del área total sobre la cual se calcula A en millas náuticas cuadradas y de la proporción del área total que corresponde al hábitat efectivo de la especie (pa) en relación con el área total considerada en los cálculos. Las *tablas 11 y 12* presentan estos mismos cálculos, pero referidos a la biomasa. Las *figuras 2 y 3* muestran la distribución de la densidad de langosta y caracol en el área de muestreo.

Tabla 7. Abundancia de langosta y caracol en el área central del arrecife Alacranes, Yucatán, México.

Especie	Dens. media	S2 (d)	Dens. media	Abundancia	Var	LPEE	Area de hábitat	Biomasa
Langosta	0.000331167	1.3E-07	3.31	45,435	23,784	302	13720	7,204.68
Caracol	0.00047782	6.6E-07	4.78	49,166	69,246	516	10290	19,322.37

Tabla 8. Efecto de la velocidad de buceo sobre el cálculo de abundancia de langosta (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*).

CONCEPTO	VELOCIDAD DE BUCEO (metros por hora)									
	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
Probabilidad	1.32E-47	2.55E-31	1.18E-18	1.32E-09	0.00035	0.02303	0.00035	1.33E-09	1.19E-18	2.58E-31
Langosta (N)	68,153	61,957	56,794	52,425	48,681	45,435	42,596	40,090	37,863	35,870
Caracol (N)	73,750	67,046	61,459	56,731	52,679	49,167	46,094	43,382	40,972	38,816

Tabla 9. Efecto de la elección de áreas del arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (frecuencia relativa, FR, en filas) sobre los cálculos de abundancia de langosta (*Panulirus argus*). En las casillas sombreadas se dan los cálculos más probables.

FR	30	40	50	60	70
0.5	17038	22717	28397	34076	39756
0.6	20446	27261	34076	40891	47707
0.7	23853	31804	39756	47707	55658
0.8	27261	36348	45435	54522	63609
0.9	30669	40891	51114	61337	71560

Tabla 12. Efecto de la elección de áreas del arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (frecuencia relativa, FR, en filas) sobre los cálculos de abundancia de langosta (*Panulirus argus*). En las casillas sombreadas se dan los cálculos más probables.

FR	30	40	50	60	70
0.4	7,729	10,305	12,882	15,458	18,034
0.5	9,661	12,882	16,102	19,322	22,543
0.6	11,593	15,458	19,322	23,187	27,051
0.7	13,526	18,034	22,543	27,051	31,560
0.8	15,458	20,611	25,763	30,916	36,068

Tabla 10. Efecto de la elección de áreas del arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (frecuencia relativa, FR, en filas) sobre los cálculos de abundancia de langosta (*Panulirus argus*). En las casillas sombreadas se dan los cálculos más probables.

FR	30	40	50	60	70
0.4	19,667	26,222	32,778	39,333	45,889
0.5	24,583	32,778	40,972	49,166	57,361
0.6	29,500	39,333	49,166	59,000	68,833
0.7	34,416	45,889	57,361	68,833	80,305
0.8	39,333	52,444	65,555	78,666	91,777

Tabla 11. Efecto de la elección de áreas del arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (frecuencia relativa, FR, en filas) sobre los cálculos de abundancia de langosta (*Panulirus argus*). En las casillas sombreadas se dan los cálculos más probables.

FR	30	40	50	60	70
0.5	2,702	3,602	4,503	5,404	6,304
0.6	3,242	4,323	5,404	6,484	7,565
0.7	3,782	5,043	6,304	7,565	8,826
0.8	4,323	5,764	7,205	8,646	10,087
0.9	4,863	6,484	8,105	9,726	11,347

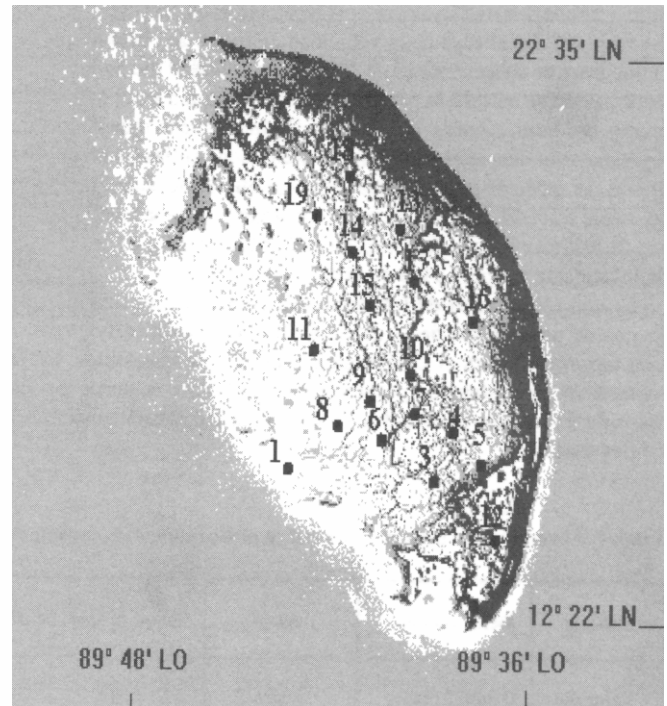


Fig. 2. Red de estaciones en donde se hicieron los transectos de prospección de los recursos langosta (*Panulirus argus*) y caracol rosado o reina (*Strombus gigas*).

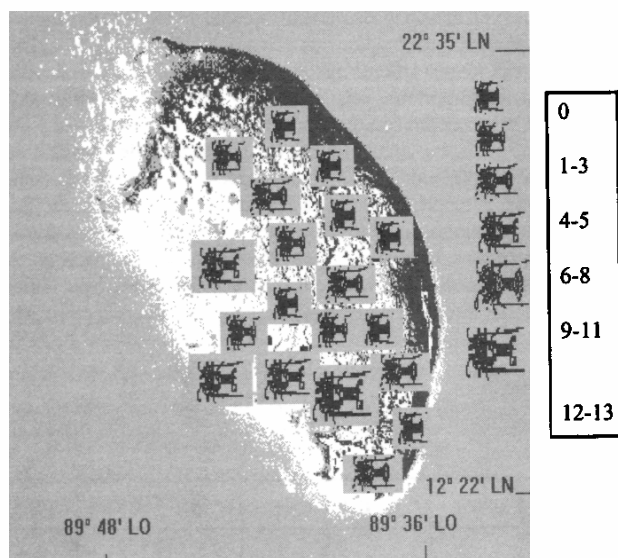


Fig. 3. Distribuciones de las densidades de langosta espinosa *Panulirus argus*. A la derecha se muestran los intervalos de densidad en No de ind/ha que corresponden a cada tamaño de la figura.

Los cálculos indican que los individuos encontrados en el área de muestreo tienen una edad probable de cuatro años o más. La tasa instantánea de mortalidad total (Z) de grupos de edad entre 5 y 9 años están entre 0.65 y 1.38. En la tabla 13 se presentan todos los resultados y la frecuencia media por edad de tres lotes de individuos calculada a partir de tres curvas de crecimiento.

Tabla 13. Rendimiento máximo sostenido (RMS) en número de individuos y biomasa de tejido comercializable (kg) bajo la hipótesis de crecimiento poblacional logístico de la población y niveles de explotación expresada como una proporción de la capacidad de carga del medio (K).

Capacidad de carga relativa del medio	RMS (N)	RMS (kg)
0.1	4,917	1,932
0.2	9,833	3,864
0.3	14,750	5,797
0.4	19,667	7,729
0.5	24,583	9,661

Discusión

Las principales fuentes de error en los cálculos de densidad, que se reflejan en la abundancia, se pueden resumir en 1) el área recorrida, que depende de la franja de visibilidad, la velocidad y el tiempo de buceo y, en cierto modo, también de la apreciación del buzo y de su experiencia; 2) el área sobre la cual se hace la inferencia, que depen-

de de apreciaciones sobre el área total o número de cuadrantes de una milla cuadrada sobre los que se decidió inferir, y de la proporción de hábitat en relación con el área total sobre la cual se hizo la inferencia; y 3) la capacidad y experiencia de los buzos para detectar a los individuos. En este trabajo se consideraron condiciones medias que son subjetivas, pero en opinión de los buzos son las más probables. Los cálculos de biomasa se basan en muy pocos datos de peso, tanto de colas de langosta como de callos de caracol rosado, y es conveniente utilizar un mayor número de datos sobre estas variables.

Tanto la densidad como la abundancia y biomasa comercializable de langosta (abdomen) se deben interpretar considerando: a) que los cálculos se hicieron en los últimos días de la temporada de pesca de langosta, por lo cual puede esperarse que la explotación haya mermado la población, de manera que aún después se cuenta con cantidades apreciables de langostas, y b) que las langostas no siempre son fácilmente localizables durante el recorrido de los transectos (se asume una detectabilidad del 80 al 90%) y puede esperarse que no se hayan contabilizado todos los individuos que habitan las áreas donde se hicieron los muestreos. Esta situación hace que la densidad y abundancia obtenidas estén subestimadas y, por tanto, sean conservadoras. La densidad de langosta obtenida en este estudio es semejante a las reportadas en otras áreas del Caribe (Cruz *et al.*, 1987) y se considera alta en relación con otras zonas langosteras de la costa de Yucatán.

En el caso del caracol rosado la densidad en el área de muestreo se puede considerar baja en comparación con muchos de los reportes del mar Caribe, lo cual se debe a que los transectos se hicieron en zonas arrecifales de hábitat menos propicio para los caracoles. En el arrecife Alacranes parece haber dos patrones de distribución espacial de caracoles: en la zona central la distribución es más bien aleatoria y de baja densidad y hacia los bordes internos de la barrera arrecifal, en las zonas arenosas, se presentan bancos de caracoles con mucho mayor densidad por unidad de área. Esta es una hipótesis basada en el patrón de distribución de densidad observado en la figura 3 y en los comentarios de los pescadores de langosta, quienes reportan zonas de alta densidad en el borde nororiental del arrecife Alacranes y que no se incluyeron en el muestreo debido a que la zona de interés fue la zona langostera central del arrecife. Aunque en apariencia la condición actual del recurso permite cierto aprovechamiento, conviene ser cuidadosos en la toma de decisiones y analizar sus efectos considerando, además de las evaluaciones obtenidas mediante prospecciones, aspectos reproductivos y biológicos inherentes a la dinámica poblacional de la especie, así como ejercicios predictivos de la evolución del recurso y los posibles efectos sobre la comunidad arrecifal ante diferentes posibilidades de aprovechamiento pesquero del caracol rosado. Se deben establecer estrategias de cosecha y las más recomendables pueden ser las basadas en evaluaciones anuales que consideren cuotas en función de la magnitud y evolución del recurso (Hilborn *et al.*, 1995; Walters y Pearse, 1996).

La explotación sustentable de un recurso depende de la existencia de una producción excedente, que está determinada por el balance entre nacimientos, muertes y crecimiento somático. La magnitud de la producción sustentable está determinada por el excedente reproductor por unidad reproductora y por el tamaño absoluto de la población. Una teoría simple de la explotación de recursos pesqueros basada en la hipótesis de crecimiento logístico de la población implica que el tamaño óptimo de la población para producir un rendimiento sostenible es de un 50% del tamaño de la población no pescada

(Hilborn *et al.*, *op.cit.*). Con esta perspectiva, el límite máximo de explotación del caracol en el arrecife Alacranes es del orden de 24,830 individuos con biomasa comercializable de 9,661 kg; sin embargo, frecuentemente se adoptan niveles de captura menores del 50% de los efectivos no explotados. En la tabla 13 se presentan los rendimientos sostenibles como una proporción de la biomasa máxima de la población en el área (capacidad de carga K).

Tabla 13. Rendimiento máximo sostenido (RMS) en número de individuos y biomasa de tejido comercializable (kg) bajo la hipótesis de crecimiento poblacional logístico de la población y niveles de explotación expresada como una proporción de la capacidad de carga del medio (K).

Capacidad de carga relativa del medio (K)	RMS (N)	RMS (kg)
0.1	4,917	1,932
0.2	9,833	3,864
0.3	14,750	5,797
0.4	19,667	7,729
0.5	24,583	9,661

Quando se conoce la biomasa de una población se puede obtener el rendimiento máximo sostenible (RMS) mediante la fórmula de Cadima, que es una generalización de la fórmula de Gulland (Sparre y Venema, 1992): $RMS = 0.5Z_{\text{med}}$ donde Z es la tasa instantánea de mortalidad total, que en una población no explotada es igual a la tasa instantánea de mortalidad natural y B_{est} es la biomasa, aunque puede usarse la abundancia (Tabla 14).

Tabla 14. Mortalidad y supervivencia de poblaciones de caracol rosado *Strombus gigas* reportadas para el Caribe Mexicano.

Mortalidad y Supervivencia		S	Z	M	F
Xel-Ha	Padilla (1992)	0.650	0.431		
B. Chinchorro	Chávez (1990)	0.200	1.607	0.185	1.422
	Navarrete (1994)	0.221	1.509	0.585	0.924

Los cálculos de abundancia y biomasa del caracol rosado en el arrecife Alacranes, considerando que la mortalidad de la población en ausencia de explotación tenga un valor entre 0.5 y 2.5, implican un RMS de 7,500 a 87,500 individuos y biomasa de 2,948 a 34,388 kg de tejido comercializable. Al calcular la edad de los individuos con los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy reportados para el Caribe mexicano fue posible obtener la tasa instantánea de mortalidad total (Z) entre 1.04 y 1.317, la media (1.195) se usó para calcular el RMS, que resultó de 29,377 individuos con 11,545 kg de tejido comercializable. Conviene señalar que estos cálculos de rendimiento máximo sostenible no tienen un sustento biológico (Sparre y Venema, 1992).

Una consideración que se debe hacer sobre los cálculos de densidad y abundancia del caracol rosado es que el muestreo se realizó en áreas de pesca de langosta y, aparentemente, en el arrecife existen

áreas de mayor densidad de caracol señaladas por los pescadores, pero que no fueron evaluadas. Los cálculos de densidad y abundancia de caracol rosado reflejan que la explotación, si existe, es de baja intensidad. Es importante señalar que los caracoles contabilizados durante la prospección son de tallas consideradas comerciales y los cálculos no incluyen tallas pequeñas. Los cálculos de densidad de caracol rosado obtenidos en el arrecife Alacranes son bajos en comparación con lo reportado para otras zonas del Caribe mexicano (Tabla 15); sin embargo, la mayoría de estos informes se refiere a densidad en los bancos de caracoles y los resultados que se presentan en este estudio consideran áreas que no son los bancos de mayor abundancia y donde se puede esperar que los caracoles se encuentren más dispersos.

Tabla 15. Frecuencia por clase de edad con base en tres curvas de crecimiento de *Strombus gigas* reportadas para el estado de Quintana Roó (Navarrete, 1994; Cruz *et al.*, 1994).

	CVE1	CVE 2	CVE 3	CVE1	CVE 2	CVE 3
Edad (Años)	Frec.	Frec.	Frec.	Z	Z	Z
0	0	0	0			
1	0	0	0			
2	0	0	0			
3	0	2	0			
4	10	17	13			
5	23	24	26	0.651	1.386	1.179
6	12	6	8	1.099	1.099	1.386
7	4	2	2			
8	0	3	4		1.099	1.386
9	4	1	1	1.386		
10	1	0	0			
11	0	0	1			
12	0	0	0			
13	1	0	0			
		Z (med)	1.045	1.195	1.317	

Referencias bibliográficas

- ALCOLADO, P. M. 1976. Crecimiento, variaciones morfológicas de la concha y algunos datos biológicos del cobo *Strombus gigas* L. (Mollusca, Mesogastropoda). *Acad. Cienc. Cuba Inst. Oceanol.* (34):1-36.
- COCHRAN, W.G. 1989. Técnicas de muestreo. *CECSA. México.*
- CRUZ R., J. Baisre, E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco y Carrodegas C. 1987. Atlas biológico-pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. *Centro de Investigaciones Pesqueras. La Habana, Cuba.*
- DE LA TORRE, R. 1984. Pesquería de caracoles en el estado de Quintana Roó. *INP. Ser. Div. (14):21*

- HILBORN, R. and C. Walters. 1992. Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamic and uncertainty. *Chapman and Hall Inc. New York USA.*
- HILBORN, R., C.J. Walters and D. Ludwig. 1995. Sustainable exploitation of renewable resources. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26: 45-67.
- KREBS, C. 1989. Ecological methodology. *Harper Collins Publishers. USA.*
- QUIJANO, F. A. 1988. El recurso caracolero en el caribe mexicano. En: Los Recursos Pesqueros del País. INP. *Mem. XXV Aniversario. SEPESCA.* pp. 497-512.
- RANDALL, J. E., 1964. Contributions to the biology of the queen conch, *Strombus gigas*. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb.*(14):246-295.
- RÍOS LARA, G. V., C. E. Zetina-Moguel y K. Cervera Cervera. 1996. Análisis del esfuerzo pesquero en la pesquería de langosta de las costas de Yucatán. *II Simposium Sobre Investigación en Biología y Oceanografía Pesquera en México. La Paz, BCS.*
- SEBER, G. A. F. 1982. The estimation of animal abundance and related parameters. Edward Arnold. *Printed in the United Kingdom.* 654 p.
- SPARRE, P. y S. C. Venema. 1992. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. *Manual FAO. Documento Técnico de Pesca No 306.2 Rev.2.*
- STONER, A. W.; M. D. Hanisak; N. P. Smith and R. A. Armstrong. 1994. Large-scale distribution of queen conch nursery habitats: implications for stock enhancement. Pages 169-189. In R. S. Appeldoorn and B. Rodriguez (eds.) *Queen conch biology, fisheries and mariculture. Fundac. Cient. Los Roques. Caracas, Venezuela.*
- THOMPSON, S. K. 1992. Sampling. *John Wiley & Sons. Inc. USA.*
- WALTERS, C. and P. Pearse. 1996. Stock information requirements for quota management systems in commercial fisheries. *Reviews in Fish. Biology and Fisheries.* 6:21-42.