

Estimación de las Densidades de Langosta Espinosa (*Panulirus argus*) y Caracol Rosado (*Strombus gigas*) en el Área Central del Arrecife Alacranes, Yucatán, México

GLORIA VERÓNICA RÍOS LARA¹, KENNETH CERVERA CERVERA¹,
JUAN CARLOS ESPINOZA MÉNDEZ¹, MANUEL PÉREZ PÉREZ¹,
CARLOS ZETINA MOGUEL^{1,2} y FREDDY CHABLÉ EK¹

¹Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén.

Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP

A.P. 73. Progreso, Yucatán. México C.P. 97320.

²Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería.

Av. Parque Industrial Yucatán. Admón de correos No. 10 Cordemex Mérida,
Yucatán, México

RESUMEN

Se realizó una prospección en el área central del Arrecife Alacranes, entre el 14 y 21 de Febrero de 1997. El objetivo de esta prospección fue evaluar la abundancia de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y del caracol rosado o reina (*Strombus gigas*) en una de las principales áreas de pesca de langosta dentro del Arrecife Alacranes y estimar la tasa instantánea de mortalidad total del caracol. La toma de datos se hizo mediante buceo libre, a una velocidad promedio de 750 m/h y en recorridos de 15 a 30 minutos de duración. Se realizaron un total de 41 transectos, que suman un tiempo de buceo de 14:31 horas y un área revisada de 101,646 m². La estimación de abundancia se hizo utilizando un diseño de muestreo aleatorio irrestricto. La estimación de abundancia consideró un área de 171,495,200 m² (50 mn²) (entre las coordenadas 22° 22'-22° 35' LN y 89° 37' 89° 47' LO) de las cuales solo el 80% de área se supuso habitable por langosta y un 60% por caracol. Se construyeron mapas de densidad para cada recurso. Se obtuvieron estimaciones de la edad de los caracoles, utilizando estimaciones de parámetros de la ecuación de von Bertalanffy reportados para el Caribe Mexicano. A partir de la frecuencia de edades se estimó la tasa instantánea de mortalidad total. La densidad media fue de 3.31 y 4.78 organismos/ha de langosta y caracol, respectivamente. La abundancia estimada fue de 45 435 langostas (\pm 302, intervalo de confianza del 95%) de langosta y una abundancia de caracol rosado de 49 166 (\pm 516, intervalo de confianza del 95%) organismos. El peso medio abdominal de las langostas fue de 0.159 kg (DS = 0.073) y el peso medio del músculo comercializable de los caracoles fue de 0.393 kg (DS = 0.056). Las estimaciones de biomasa de cola de langosta son de 7,204 kg y la biomasa de callo de caracol rosado es de 19,322 Kg. Los caracoles capturados tienen edades probables entre 3 y 13 años y la tasa instantánea de mortalidad total está entre 1.045 a 1.386.

PALABRAS CLAVE : Arrecife Alacranes, Caracol, Langosta.

Spiny Lobster (*Panulirus argus*) and Queen Conch (*Strombus gigas*) Density Estimation in the Central Area of Alacranes Reef, Yucatan, Mexico

ABSTRACT

A diving survey was carried out in the central area Alacranes reef between February 14 to 21 of 1997. The objective was to obtain spiny lobster and queen conch density, abundance and queen conch instantaneous mortality rate estimations in one prominent fishing areas inside Alacranes reef. Data were collected by free dive with average velocity of 750 m/h, diving time between 15 to 30 minutes. In total 41 transects and 14 :31 diving time hours and total search area 101,646 m² were carried out. Abundance estimation was performed using a random sampling design in a total inference area of 171,495,200 m² (50 nautical miles) between 22° 22' to 22° 35" LN and 89° 37' to 89° 47' LW and under assumption that 80% and 60% of the area is lobster and conch potential habitat respectively. Density distribution maps are show for each resource. Ageing of conchs were obtained using a key done with growth parameters reported for Mexican Caribbean coast and age structure was used for approach instantaneous mortality rate estimations. Lobster and conch average density was 3.31 lobster/ha and 4.71 conch/ha respectively ; abundance estimation was 45,435 (± 302; 95% confidence level) lobsters and 49 166 (± 516) conch. Lobster tail and conch meat average weigh was 0.159 (SD = 0.073) and 0.393(SD = 0.056) respectively. Biomass estimation was 7,204 kg of lobster tails and 19,322 kg of conch meat. Probable age of conch captured was between 3 to 13 years and instantaneous mortality rates was between 1.045 to 1.386.

KEY WORDS: Alacranes Reef, conch, lobster.

INTRODUCCION

El Arrecife Alacranes es un área de pesca utilizada por pescadores yucatecos, que capturan especies de escama, tiburón, langosta y en el pasado, caracol rosado. El 6 de junio de 1994 el Arrecife fue declarado Parque Marino Nacional Arrecife Alacranes (PMNAA) y esta condición hace necesario el establecimiento de un plan de manejo que concilie el aprovechamiento de los recursos, por parte de los grupos de pescadores que tradicionalmente los han usado, y la conservación de la biodiversidad. En Alacranes y áreas cercanas se captura más del 15% (alrededor de 60 toneladas) del volumen de langosta que se produce en el estado de Yucatán (Ríos *et al.*, 1996), recurso concesionado a Sociedades Cooperativas de

Producción Pesquera. Tanto la importancia económica de la producción de langosta en el Arrecife Alacranes, como la necesidad de dar sustento científico a un plan de manejo, hacen prioritaria la evaluación de los recursos y su estado de salud. Las evaluaciones de los recursos pesqueros y los estudios de su dinámica se pueden conseguir utilizando datos de las capturas comerciales, ya sea de captura por unidad de esfuerzo o utilizando la estructura de tallas o edades de las capturas o bien se pueden utilizar métodos basados en observaciones en las áreas en las cuales se desea evaluar los recursos, 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 una gran importancia económica y social. Debido a ello, se están realizando esfuerzos para obtener evaluaciones de la magnitud del recurso y de su capacidad de renovación. Para ello se han usado ya métodos basados en datos de capturas comerciales (Ríos *et al.*, 1996; Ríos y Zetina, 1996; Zetina y Ríos, 1996), 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 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. La pesca de caracol en la Península de Yucatán se lleva a cabo desde los años 1950s y hay registros de uso de este recurso por los mayas desde mucho antes de la llegada de los españoles a Yucatán (De la Torre, 1984). Entre 1988 y 1994, el gobierno estatal estableció una veda permanente sobre todas las especies de caracol, debido a la disminución en los volúmenes de captura. A partir de marzo de 1994, se establece la veda en forma oficial (Diario Oficial de la Federación 16 de marzo de 1994) para las especies: *Xancus angulatus* que sería *Turbinella angulata* (tomburro), *Pleuroploca gigantea* (chacpel), *Strombus costatus* (lanceta o caracol blanco), *Strombus gigas* (caracol rosado o reina) y *Melongena corona* (chivita). En años recientes, en Yucatán, se han hecho prospecciones y estimaciones de las densidades de caracol en la costa central del Estado (Dzilam de Bravo), en donde las especies más abundantes fueron *Strombus costatus* (57%) y *Turbinella angulata* (28.6%), mientras que en la costa oriental (San Felipe), *Strombus costatus* es la especie más abundante (95%) (Vélez *et al.*, 1994; Pérez y Cervera, 1994). La composición del recurso caracol en Yucatán, está conformado por *Turbinella angulata* (tomburro), *Pleuroploca gigantea* (chacpel), *Busycum contrarium* (trompillo), *Strombus costatus* (caracol blanco) y *Strombus gigas* (caracol rosado o caracol reina) (Quijano, 1988). En el Arrecife Alacranes, la especie de mayor importancia es el caracol rosado o caracol reina, especie endémica de las aguas de la región del Caribe (Abbot, 1974). Los reportes de densidad de caracoles para las áreas del

Caribe tienen un mínimo de 0.5 org/ha, un máximo de 1866 y una mediana de 16.75 org/ha. En el Caribe Mexicano se han reportado densidades entre 19 y 10,500 org./ha. En las Tablas 1, 2 y 3 se presentan las densidades reportadas para diferentes áreas del Caribe incluyendo el Caribe Mexicano.

El objetivo de este trabajo es estimar la abundancia de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y caracol rosado (*Strombus gigas*), en una de las zonas tradicionales de pesca de langosta. Además se estima la tasa instantánea de mortalidad total del caracol rosado.

METODO

Area de Estudio

El Arrecife Alacranes constituye el complejo coralino más importante del Golfo de México. Se encuentra localizado a 66.4 millas náuticas al norte del puerto de Progreso (Yucatán) entre los 22° 21' 45" y 22° 34' 55" N y los 89° 36' 47" y 89° 47' 53" O. La zona en donde operan las embarcaciones de las cuatro cooperativas que capturan langosta, muestra en la Figura 1. En la Figura 2 se muestra un mapa del Arrecife y se señala el área en donde se llevó a cabo la prospección y la red de estaciones.

Colecta de Datos

Para la estimación de la abundancia de ambos recursos se realizó una prospección en el Arrecife Alacranes entre el 14 y el 21 de Febrero de 1997. La colecta de datos se realizó por medio de buceo. Se ubicaron 19 estaciones en las áreas de pesca tradicionales para los pescadores de langosta, y se hicieron 41 transectos, buceados a una velocidad media de 750 m/h y el tiempo de buceo varió entre 15 y 30 minutos. Se revisaron 101,646 m² del área arrecifal. En la Tabla 4 se presentan las localizaciones de las estaciones (tomadas con un 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. Algunos organismos fueron colectados y para 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 el sexo, el peso húmedo total, el peso húmedo de tejidos (callo o tejido comercializable), la longitud de heliconcha, la longitud de la espira, la altura, el ancho, el ancho de la apertura, el grosor del labio y el ancho del labio.

Tabla 1. Densidades de caracol rosado *Strombus gigas* en las costas mexicanas las unidades son organismos por metro cuadrado.

Localidad	Autor	Min	Máx	Media	DS	Otros
Litoral Q. Roo		De la Torre (1984)	1			523
Banco Chinchorro	Basurto et al. (1996)*	0.02		0.16	0.100	
Banco Chinchorro	Chávez (1990)	0.95		1.05		
Banco Chinchorro	Dominguez-Viveros(1992)	0.02		0.25		0.04
Banco chinchorro	Basurto et al. (1995b)			0.200	0.18	
Sur de Q. Roo	Quijano (1988)			0.038		
Centro de Q. Roo	Quijano (1988)			0.0024		
Norte de Q. Roo	Quijano (1988)			0.0019		
Cozumel	Quijano (1988)			0.002		
Cozumel	Cruz (1989)			0.007		
Cozumel	Martínez (1995)			0.082		
Cozumel	Basurto et al. (1996b)			0.082		

Tabla 2. Densidades de caracol rosado reportados para el Caribe. Citados por Stoner and Ray (1996).

Localidad	Densidad Prof (Ind/ha) (m)	Fecha de estudio	Referencia	Método de estudio
Bermuda	0.52	1988	Berg et al. (1992)a	Transectos con buzo remolcado
Florida Keys,	0.5	1987-1988	Berg et al. (1992)b	Transectos estratificados con arrastre de buzos
United States				
Bahamas	28.5	1983-1984	Smith and vanNierop	Transectos con natación
Little Bahama	20.79			
Great Bahama	0-18			
Cuba				
Diego Pérez	1582	1872-1974	Alcolado (1976)	Transectos con natación
Cabo Cruz	130			
Turks & Caicos	255	1974-1975	Hesse (1979)	Transectos con natación
Puerto Rico	2.62	1985-1986	Torres Rosado (1987)	Transectos de natación
Virgin Islands	9.7		Wood and Olsen (1983)	Transectos con trineo
St. Thomas	7.6			
St. Croix	11.79	1990	Friedlander et al. (1994)	Transectos caminados
St. Thomas	12.64	5-30		
St. John				
Los Roques, Venezuela		1981-1983	Weil and Laughlin (1984)	Cuadrantes fijos
Fished	1602	1-4		
Unfished	18862	1-18		

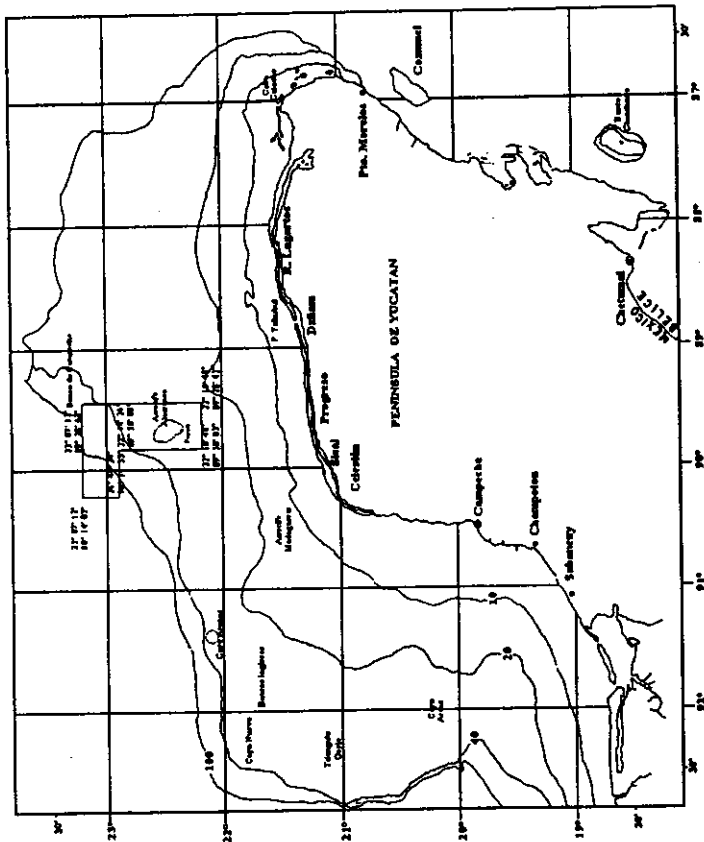


Figura 1. El recuadro alrededor de Alacranes marca la zona de pesca de langosta indicada en los permisos de caputra de las cooperativas que participan en esta actividad en el area.

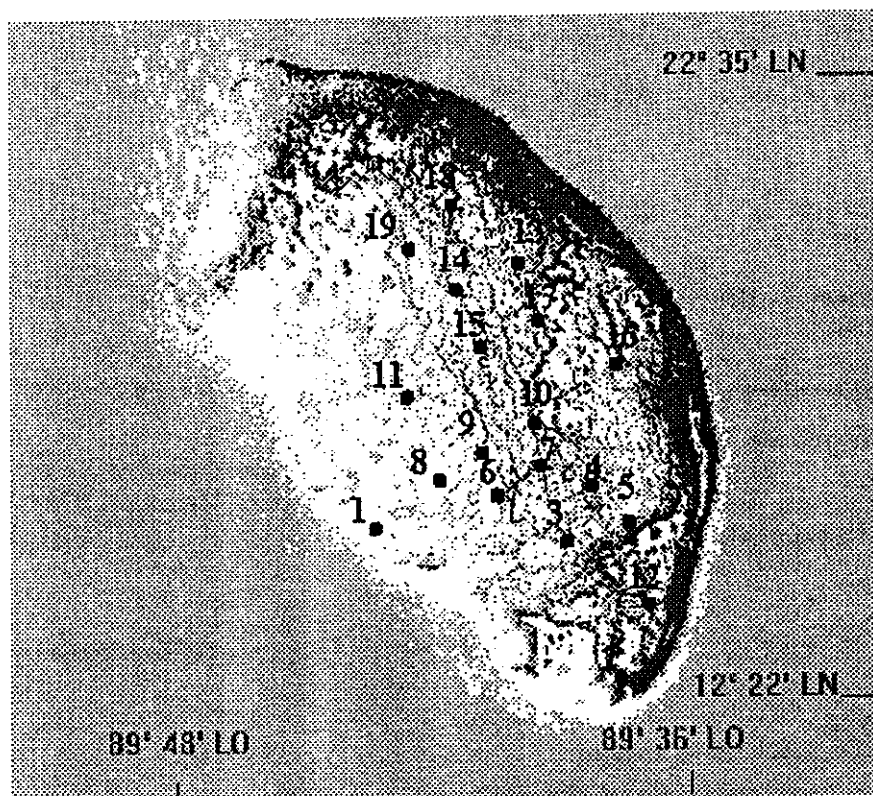


Figura 2. Red de estaciones en donde se hicieron los transectos de prospección de los recursos langosta (*panulirus argus*) y caracol rosado o reina (*Strombus gigas*)

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

Autor y Año	Especie	Localidad	Densidad No/m²
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 agregación	0.002
		Dzilam de Bravo	Yucatán

Metodo de Analisis

La estimación de la densidad media de langostas y caracoles en las estaciones se obtuvo mediante (Seber, 1987; Krebs, 1989; Thompson, 1992; Cochran, 1987) :

$$D_i = \frac{n_i}{a_i} \qquad D = \sum \frac{D_i}{nt} \qquad S^2(\bar{D}) = \frac{\sum (D_i - \bar{D})^2}{nt - 1}$$

Donde,

D_i = densidad en la estación i

n_i = número de organismos observados

a_i = área recorrida por el buzo = velocidad de recorrido (V)* tiempo de buceo (t_{bi})* visibilidad (v_{si})

V = 750 m/h

t_{bi} y v_{si} se presentan en la Tabla 1 para cada estación.

nt= número de estaciones

La abundancia se estimó con :

$$N = D * A * pa$$

$$Var(N) = \left(\frac{S^2}{am} \right) * (A * pa)^2$$

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

Donde,

N = abundancia o número de organismos en el área de interés

A = área central del Arrecife Alacranes = 50 millas náuticas cuadradas = 171, 495, 200 m²

pa = proporción del área que puede ser efectivamente habitada por la especie, langosta = 0.8 y caracol = 0.6

am = área revisada en el muestreo = 101,646 m²

LPEE = Limite para el error de estimación con un intervalo de confianza del 95%

La biomasa en el área fue estimada por la relación :

$$B = N * \overline{W}$$

Donde,

B = biomasa de langosta (kg cola) o tejido de caracol comercializable (kg)

wmed = peso medio abdominal de las langostas o peso medio del tejido de caracol comercializable en kg

wmedL (abdomen de langostas) = 0.159 kg (Desviación estándar = DS = 0.073)

y wmedC (el peso medio del músculo comercializable de los caracoles) = 0.393 kg (DS = 0.056).

Se construyeron mapas de densidades de Langosta y Caracol, transformando las densidades observadas a una escala de 1 a 5. En la Tabla 5 se presentan las equivalencias. Se elaboraron cuadros del efecto de variaciones en la velocidad de buceo sobre las estimaciones de abundancia de las dos especies estudiadas y se calcularon tablas de estimaciones 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. Con esa información se calculó la probabilidad de velocidades entre 550 y 900 metros por hora. Aunque las estimaciones suponen que la muestra puede representar 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 (to, K y L_∞) reportados para el Caribe Mexicano en años recientes. En la Tabla 6 se presentan los valores de las estimaciones de estos parámetros. A partir de los datos de frecuencias por edad, se hicieron estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total (Z).

Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute

Tabla 4. Fecha, profundidad mínima y máxima en brazas (1 braza = 1.8 m), localización geográfica, visibilidad y tiempo total de buceo de cada estación.

Fecha	Profundidad mínima (brazas)	Profundidad máxima (brazas)	Latitud	Longitud	Visibilidad (m)	Tiempo total 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	0.53	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 5. Equivalencias de densidad de langosta y caracol en una escala de 1 a 5.

Clase de densidad	Número de Langostas / ha	Número de Caracoles /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 estimados para *Strombus gigas* de las costas de Quintana Roo, 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 las estimaciones de densidad, abundancia y biomasa de los productos comercializables de langosta y caracol. La densidad media de langosta fue de 0.00033 individuos/m² y la densidad media de caracoles fue de 0.0004778 individuos/m², que equivalen a 3.3 org/ha y 4.78 org/ha, respectivamente. La abundancia de langosta esta en el orden de 45 435 (± 302) individuos, con una biomasa de peso abdominal de 7,204 kg. Por otra parte, la estimación de la abundancia de caracol es de 49,166 (± 516) individuos, con un peso de tejido comercializable de 19,322 kg. En la Tabla 8 se muestra el efecto de variaciones de la velocidad de buceo sobre las estimaciones de abundancia. Los valores más probables de abundancia de langosta, considerando una variación del orden del 40% en la velocidad de buceo, son es del orden de 42,596 a 48,681 organismos. En el caso del caracol, los valores más probables están en el intervalo de 46 094 a 52 679 organismos. En las Tablas 9 y 10 se presentan las implicaciones de la elección de área del arrecife (en millas²) y la proporción de hábitat efectivo de la especie, en relación al área total sobre la cuál se hicieron las estimaciones de abundancia de langosta y caracol, respectivamente. Las Tablas 11 y 12 presentan estos mismos cálculos, pero para la biomasa. Las Figuras 3 y 4 muestran la distribución de las densidades de langosta y caracol en el área de muestreo.

Las estimaciones de la edad indican que los organismos encontrados en el área de muestreo tienen una edad probable de 4 años o más. Las estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total (Z) para grupos de edad entre 5 y 9 años, están entre 0.65 y 1.38. En la Tabla 13 se presentan todas las estimaciones y los promedios para tres diferentes frecuencias de número de individuos por edad calculadas a partir de tres curvas de crecimiento.

Tabla 7. Estimaciones de abundancia de langosta y caracol para el área central del Arrecife Alacranes

Especie	Densidad media/m ²	S ² (d)	Densidad media/ha	Abundancia a(N)	Var (N)	LPEE	Area de hábitat (ha)	Biomasa (kg)
Langosta	0.000331167	1.3E-07	3.31	45,435	23,784	302	13720	7,204.7
Caracol	0.00047782	6.6E-07	4.78	49,166	69,246	516	10290	19,322.3

Tabla 8. Efecto de la velocidad de buceo sobre las estimaciones de abundancia de langosta (*Panulirus argus*) y caracol osado (*Strombus gigas*). Las estimaciones sombreadas son consideradas las más probables.

Velocidad de buceo (m/h)	550	600	650	700	750	800	850	900
Probabilidad	2.55E-31	1.18E-18	1.32E-09	0.00035	0.023	0.00035	1.33E-09	1.19E-18
Langosta(N)	61,957	56,794	52,425	48,681	45,435	42,596	40,090	37,863
Caracol(N)	67,046	61,459	56,731	52,679	49,167	46,094	43,382	40,972

Tabla 9. Efecto de la elección de área del Arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (filas) sobre las estimaciones de abundancia de langosta (*Panulirus argus*). Las estimaciones sombreadas son consideradas las más probables.

	30	40	50	60	70
0.5	17,038	22,717	28,397	34,076	39,756
0.6	20,446	27,261	34,076	40,891	47,707
0.7	23,853	31,804	39,756	47,707	55,658
0.8	27,261	36,348	45,435	54,522	63,609
0.9	30,669	40,891	51,114	61,337	71,560

Tabla 10. Efecto de la elección de área del Arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (filas) sobre las estimaciones de abundancia de caracol (*Strombus gigas*). Las estimaciones sombreadas son consideradas las más probables.

	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 área del Arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (filas) sobre las estimaciones de biomasa de langosta (*Panulirus argus*). En el centro de la Tabla se presenta la estimación que consideramos más probable.

	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

Tabla 12. Efecto de la elección de área del Arrecife (columnas) y proporción de hábitat ocupado (filas) sobre las estimaciones de biomasa de caracol (*Strombus gigas*). En el centro de la Tabla se presenta la estimación que consideramos más probable.

	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

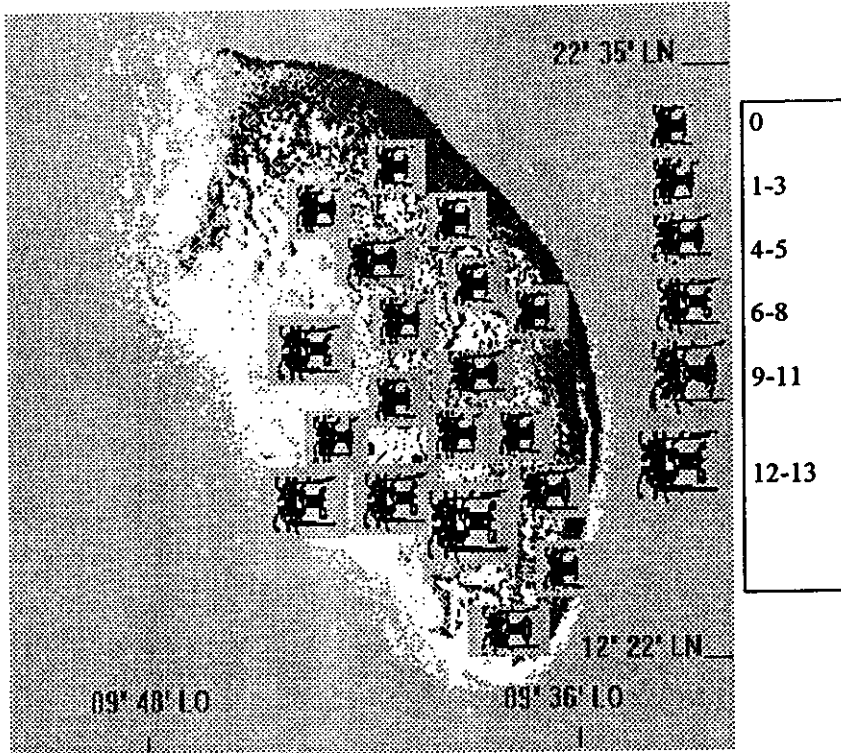


Figura 3. Distribuciones de las densidades de langosta epsinosa, *Panulirus argus*. A la derecha se muestran los intervalos de densidad en No. de org./ha que corresponden a cada tamaño de la figura.

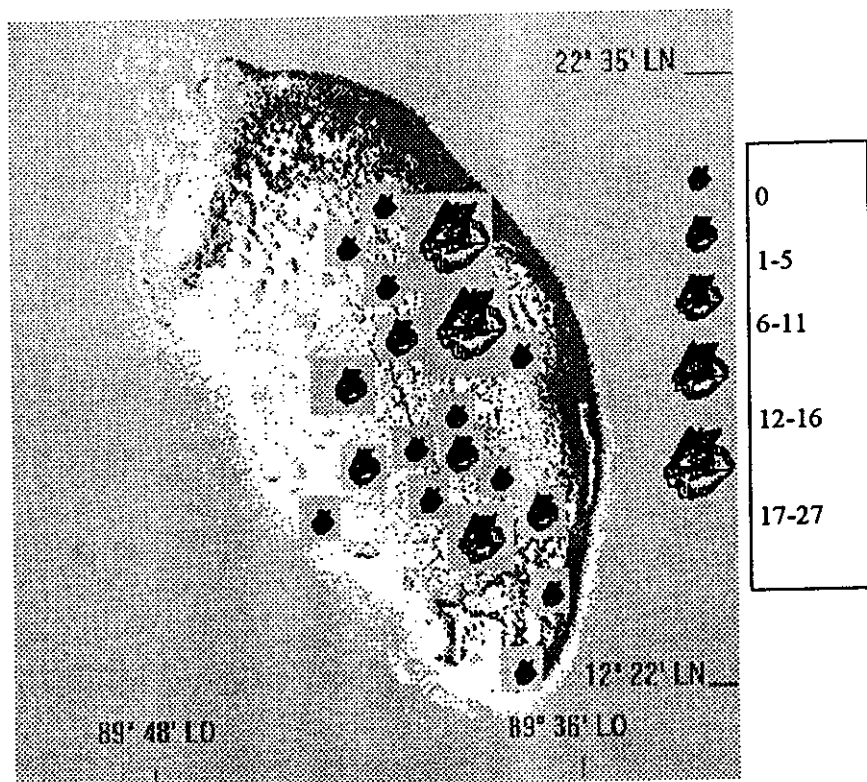


Figura 4. Distribución de la densidad de caracol rosado o caracol reina (*Strombus gigas*). A la derecha se muestran los intervalos de densidad en número de caracoles/ha que corresponden a cada tamaño de la figura.

Tabla 13. Estimaciones de la frecuencia de organismos por clase de edad con base en tres curvas de crecimiento de *Strombus gigas* reportadas para el estado de Quintana Roo (Navarrete, 1994 y Cruz *et al.* 1994).

Edad (Años)	Clave1 Frec.	Clave 2 Frec.	Clave 3 Frec.	Clave1 Z	Clave 2 Z	Clave 3 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

DISCUSION

Las principales fuentes de error en las estimaciones de densidad y que se reflejan en la abundancia se pueden resumir en :

- i) el área recorrida que depende de la franja de visibilidad, la velocidad, el tiempo de buceo y en cierto modo, de la apreciación del buzo y su experiencia
- ii) el área sobre la cuál se hace la inferencia que depende de apreciaciones sobre el área total o número de cuadrantes de 1 milla cuadrada sobre los que se decidió inferir y de la proporción de hábitat en relación al área total sobre la cuál se hizo la inferencia
- iii) la capacidad de los buzos para detectar a los organismos (que tiene que ver con la experiencia).

En este trabajo se consideraron condiciones medias que son subjetivas, pero en opinión de los buzos, las más probables. Las estimaciones de biomasa se basan en muy pocos datos de peso, tanto de colas de langosta como de tejido comercializable de caracol rosado y es conveniente utilizar un mayor número de datos sobre estas variables.

Tanto la densidad, como las estimaciones de abundancia y de biomasa

actualmente comercializable de langosta (abdomen) se deben interpretar bajo dos consideraciones: a) las estimaciones se hicieron en los últimos días de la temporada de pesca de langosta, por lo cuál puede esperarse que la explotación a que fueron sometidas las áreas haya mermado el recurso, b) que se mencionó con anterioridad es que las langostas no siempre son fácilmente detectables durante el recorrido de los transectos y puede esperarse que no se hayan contabilizado todos los organismos que habitan las áreas donde se hicieron los muestreos. Esta situación hace que las estimaciones de densidad y abundancia obtenidas estén subestimadas y por tanto sean conservadoras. Sin embargo, suponemos la detectabilidad de organismo que está en el orden del 80 al 90 %. Las estimaciones de densidad de langosta obtenidas en este trabajo están dentro del rango de las reportadas para otras áreas del Caribe (Cruz *et al.*, 1987) y pueden considerarse altas en relación a las otras zonas langosteras de la costa de Yucatán (Ríos y Zetina, 1996).

En el caso del caracol rosado, las densidades en el área muestreada se pueden considerar bajas en relación a muchos de los reportes para el mar Caribe. Esto se debe a que los transectos se hicieron en zonas arrecifales, de hábitat menos propicio para los caracoles. Basado en la Figura 3 y en las comentarios de los pescadores en el Arrecife Alacranes parece haber dos patrones de distribución espacial de caracoles: una en la zona central (donde la distribución es más bien aleatoria y de baja densidad) y otra hacia los bordes internos de la barrera arrecifal (con una mayor densidad por unidad de área). Esta zona no fue muestreada 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, es conveniente ser cuidadosos en la toma de decisiones sobre la forma en que se puede hacer. Se deben realizar análisis de los efectos del aprovechamiento pesquero considerando las evaluaciones obtenidas mediante prospecciones, los aspectos reproductivos y biológicos inherentes a la dinámica poblacional de la especie, así como ejercicios predictivos sobre la evolución del recurso y los posibles efectos sobre la comunidad arrecifal ante diferentes escenarios de aprovechamiento pesquero de 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 and Pearse, 1996).

La explotación sustentable de un recurso depende de la existencia de una producción reproductiva excedente, que está determinada por el balance entre nacimientos, muertes y crecimiento somático. La magnitud de la producción sustentable está determinada por el excedente reproductivo por unidad reproductiva 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 sostenido es de un 50% del tamaño de la población no pescada (Hilborn, *et al.*, 1995). Bajo esta perspectiva, el límite máximo de explotación del recurso caracol en el Arrecife de Alacranes es del orden de 24,583 individuos, con una 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 14 se presentan los rendimientos sostenibles, como una proporción de la biomasa máxima de la población en el área (capacidad de carga K).

Tabla 14. Rendimiento máximo sostenido en número de individuos (RMS N) y biomasa de tejido comercializable (RMS B) bajo la hipótesis de un crecimiento poblacional logístico de la población y niveles de explotación como una proporción de la capacidad de carga poblacional (K).

Proporción de la capacidad de carga del ambiente (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

Cuando se conoce biomasa de una población, se puede obtener una estimación del rendimiento máximo sostenido (RMS) mediante la fórmula: $RMS = 0.5 * Z * Best$, donde, Z es una estimación de la tasa instantánea de mortalidad total (que en una población no explotada es igual a la tasa instantánea de mortalidad natural) y Best es una estimación de la biomasa, aunque puede usarse una estimación de la abundancia. Las estimaciones de abundancia y biomasa obtenidas para el 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 en número del orden de 7,500 a 87,500 organismos y en biomasa de a 2,948 a 34,388 kg de tejido comercializable.

Al estimar la edad de los organismos con los parámetros de la ecuación de von Bertalanffy reportados para el Caribe mexicano fue posible realizar estimaciones de la tasa instantánea de mortalidad total (Z). Las estimaciones están entre 1.04 y 1.317. La estimación media (1.195) se usó para estimar el RMS y este es de 29,377 individuos, con un peso de tejido comercializable de 11,545 kg. Conviene señalar que estas estimaciones de rendimiento máximo sostenido no tienen un sustento biológico (Sparre y Venema, 1995).

Una de las consideraciones que se deben hacer sobre las estimaciones de densidad y abundancia del caracol rosado, es que el muestreo se realice en áreas de

pesca de langosta y aparentemente en el arrecife existen áreas de mayor densidad de caracol, pero que no fueron evaluadas. Las estimaciones 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 las estimaciones no consideran tallas pequeñas. Las estimaciones de densidades de caracol rosado obtenidas en el Arrecife Alacranes son bajas en relación a las estimaciones reportadas para otras zonas del Caribe mexicano (Tabla 1). Sin embargo, la mayoría de estos reportes se refieren a densidades en los bancos de caracoles y los resultados que se presentan en este trabajo considera áreas que no son los bancos o parches de mayor abundancia y donde se puede esperar que los caracoles se encuentren más dispersos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Sociedad Cooperativa de Producción Pesquera Pescadores de Sisal por su gran apoyo con embarcaciones, motores y combustible para el mejor desarrollo del trabajo en el campo, al Dr. Fernando Acosta por su valiosa ayuda en la definición del área de prospección y al Técnico Pesquero Carlos Mena por apoyo en la preparación del trabajo de campo.

LITERATURA CITADA

- Abbott, R. T. 1974. *American seashells*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Alcolada, 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.
- Basurto M., O. Cruz., M. Pérez., K. Cervera Y P. Cadena. (1996). Prospección y evaluación de caracol rosado (*Strombus gigas*), en zonas profundas de Banco Chinchorro, Quintana Roo, utilizando el vehículo de video submarino autopropulsable phantom. Informe interno del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras de Puerto Morelos. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 18 p. No publicado. MS.
- Basurto, M.; D Martínez; P. Cadena; R. Fanjul Y M.A. Rivero. (1996). Informe de Investigación del proyecto Caracol. Documento Interno. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Puerto Morelos. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 21 p. No publicado. MS.
- Berg, C.J., Jr., F. Couper, K. Nisbet and J. Ward. 1992a. Stock assessment of queen conch, *Strombus gigas*, and harbour conch, *Strombus costatus*, in Bermuda: A progress report. Proc. Gulf Carib. Fish. Inst. 41:439 - 443.
- Berg, C.J. Jr., R. Glazer, J. Carr, J. Krieger and S Acton. 1992b. Status of the queen conch, *Strombus gigas*, in Florida waters: A progress report.

- Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. **41**: 439 - 443.
- Chavez, E. 1990. An assessment of the queen conch *Strombus gigas*, stock of Chinchorro Bank, México. Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst. Ann. Meet 43th. 23 p.
- Cochran W.G. 1987. Técnicas de muestreo. CECSA. México. 513 pp.
- 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. 125 p.
- Cruz, O. (1989). Informe del crucero de evaluación poblacional del recurso caracol marino en las zonas de pesca centro y sur del litoral de Quintana Roo, México. Documento Interno. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Puerto Morelos. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 21 p. No publicado. MS.
- Cruz, O.; M. Basurto; D. Martínez; P. Cadena Y R. Fanjul. (1994). Informe final de investigación biológica pesquera del caracol rosado (*S. gigas*) en Banco Chinchorro, Quintana Roo. Documento Interno. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Puerto Morelos. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 20 p. No publicado. MS.
- De La Torre, R. 1984. Pesquería de caracoles en el estado de Quintana Roo. Instituto Nacional de la Pesca. Ser. Div. (14):21
- Dominguez-Viveros M.E., E. Sosa-Cordero Y A. Medina. (1992). Abundancia y parámetros poblacionales del caracol *Strombus gigas* en Banco Chinchorro Q.Roo, México. Trabajo de Investigación. CIQRO. 24 pág. No publicado. MS.
- Hesse, K.O. 1979. Movement and migration of the queen conch, *Strombus gigas*, in the Turks and Caicos Islands. Bul. Mar. Sci. **29**:303 - 311.
- 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.
- Martínez, D. 1995. ¿Que pasa con las poblaciones de caracol en Cozumel ? CRIP Puerto Morelos Informa. Año 2 (2):8 - 9.
- Navarrete, A.; J. Oliva., A. Pelayo., M. Gongora., A. Medina., M. Dominguez Viveros. (1994). Desarrollo científico y tecnológico para el cultivo de caracol. Convenio CIQRO/SEPESCA. No publicado. MS.
- Padilla, S.C. 1992. Estimación de tamaños poblacionales y patrones de movimiento en poblaciones de (*Strombus gigas*) en Quintana Roo, México. Tesis de Maestría. UNAM. México: 75 p.

Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute

- Pérez, M. y K. Cervera . (1994). Dictámen técnico para la administración del recurso caracol en la zona concesionada a la SCPP "Pescadores de Dzilam de Bravo" S.C.L. Documento Interno. Centro Regional de Investigaciones Pesqueras Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 20 pp. No publicado. MS.
- Quijano, F.A. 1988. El recurso caracolero en el caribe mexicano. Páginas 497-512. en: Los Recursos Pesqueros del País. Memorias XXV Aniversario del Instituto Nacional de la Pesca. SEPESCA.
- Rios 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, B.C.S. del 25 al 27 de Septiembre.
- Rios-Lara G.V. y C.E. Zetina-Moguel (1996). Spiny lobster (*Panulirus argus*) biomass estimation in Eastern coast of Yucatan State, Mexico. Informe Técnico. Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 12 p. No publicado. MS.
- Seber G.A.F. 1982. *The estimation of animal abundance*. Edward Arnold. United Kingdom.
- Sparre P. y S.C. Venema 1995. Introducción a la evaluación de los recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual FAO. Documento Técnico de Pesca No 306/1 Rev. 1. Valparaiso, Chile 1995. 420 p.
- Stoner, A.W. and M. Ray. 1993. Aggregation dynamics in juvenile queen conch (*Strombus gigas*): Population structure, mortality, growth and migration. *Mar. Biol.* 116:571 - 582.
- Stoner, A. W. and M. Ray, 1996. Queen conch, *Strombus gigas*, in fished and unfished locations of the Bahamas: effects of a marine fishery reserve on adults, juveniles, and larval production. *Fish. Bull.* 94:551 - 565.
- Thompson S.K. 1992. *Sampling*. John Wiley & Sons. Inc. USA.
- Vélez B.J.A., M. Pérez y K. Cervera. (1994). Prospección y evaluación del recurso caracol en la zona concesionada a la SCPP "Pescadores de Dzilam de Bravo" S.C.L. durante el período agosto-septiembre de 1994. Informe Técnico. Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 18 p. No publicado. MS.
- 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
- Weil, E. and R. Laughlin. 1984. Biology, population dynamics and reproduction of the queen conch, *Strombus gigas*, Linné, in the Archipeligo de los Roques National Park. *J. Shellfish. Res.* 4:45 - 62.

Wood, R.S. and D.A. Olsen. 1983. Application of biological knowledge to the management of the Virgin Island conch fishery. Proc. Gulf. Carib. fish. Inst. 35:112 - 121.

Zetina-Moguel C.E. y G.V. Rios-Lara. (1996). Risk analysis for different effort in spiny lobster (*Panulirus argus*) fishery off Yucatan Peninsula, Mexico. Informe Técnico. Centro Regional de Investigación Pesquera Yucalpetén. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. 10 p. Unpubl. MS.