

Estimación del Tamaño de la Población de la Langosta *Panulirus argus* en las Costas de Yucatán, Usando Diferentes Modelos de Evaluación

CARLOS ENRIQUE ZETINA MOGUEL^{1,2} y
GLORIA VERÓNICA RÍOS LARA¹

¹Centro Regional de Investigación Pesquera de 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

Con el objeto de obtener evaluaciones de la población de langosta espinosa *Panulirus argus* de las costas de Yucatán, México, se realizan acercamientos utilizando cinco modelos: de decaimiento poblacional, dinámico de biomasa, un análisis de cohortes por longitudes, un modelo de estructura de edades y un modelo de diferencia con retraso. Para las estimaciones de los parámetros de los modelos se utilizan datos procedentes de la pesquería, estimaciones de algunos parámetros obtenidas en las pesquerías cubana y del Caribe mexicano y de evaluaciones de densidad por buceo realizadas recientemente; las estimaciones se hacen utilizando estadística Bayesiana. Las evaluaciones muestran diferencias pero el conjunto de resultados indica que la pesquería se encuentra en un nivel de explotación que se puede sostener durante los próximos años.

PALABRAS CLAVE: Bayes, evaluación, *Panulirus argus*.

Stock Assessment of Spiny Lobster, *Panulirus argus*, along the Yucatan Coast Using Different Models

ABSTRACT

Approaches to stock assessment of spiny lobster (*Panulirus argus*) population in the Yucatan Coast, Mexico was conducted using five models: the depletion model, the dynamic biomass model, length cohort analysis, the age structure model, and the delay difference model. Data and some parameters used come from sampling of the Yucatan fishery, parameters estimation of the Cuban and Mexican Caribbean Coast, and diving surveys. Parameters of the models estimation were determined using Bayesian frameworks. Stock assessments indicated significant differences in the results obtained from each model used, but the assemblage was indicative of a sustainable yield of spiny lobsters in the following years.

KEY WORDS: Bayesian, *Panulirus argus*, stock assessment

INTRODUCCIÓN

La pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) es una actividad económica de gran importancia para las comunidades de pescadores de las costas del estado de Yucatán, México. Debido a ello es fundamental basar las decisiones de manejo en la mejor información sobre el tamaño de la población de langosta, su capacidad de renovación y el estado de aprovechamiento al que ha estado sometido en los últimos años (Hilborn *et al.*, 1995; Munro, 1974); con este fin, desde 1989 se ha desarrollado un programa orientado a obtener datos y desarrollar y adaptar métodos que permitan evaluar estas importantes características del recurso. Las actividades del programa se dan en el sentido de buscar cada vez mejores acercamientos al conocimiento de la pesquería y el recurso, debido a ello se han explorado diferentes métodos de evaluación y se han ponderado los resultados mediante el estudio del soporte racional de los modelos así como la confrontación de sus predicciones con las observaciones sobre la población de langosta y la pesquería (Fuentes *et al.*, 1991; Ramírez y Ríos, 1991; Cervera *et al.*, 1996; Ríos *et al.*, 1995; Ríos *et al.*, 1996; Ríos *et al.*, 1997a; Ríos *et al.*, 1997b; Ríos y Zetina, 1997; Zetina y Ríos, 1996a; Zetina y Ríos, 1996b; Zetina y Ríos, 1997a; Zetina y Ríos, 1997b; Zetina y Ríos, 1997c; Zetina y Ríos, 1997d). En este trabajo se presentan los resultados obtenidos con cinco modelos utilizados para evaluar los recursos pesqueros, su tasa de renovación y el estado de aprovechamiento o explotación, se trata de un modelo de rendimiento excedente, un modelo de decaimiento poblacional, un modelo de análisis de cohortes por longitudes, un modelo de estructura de edades y un modelo de diferencia con retraso, los datos utilizados para obtener las estimaciones de los parámetros de los modelos son datos de captura, captura por unidad de esfuerzo, composición de tallas de las capturas y en fechas recientes se incorporaron datos de evaluaciones de la población basados en prospecciones o expediciones de investigación utilizando el buceo para realizar conteos. En algunos modelos como el de estructura de edades la estimación se basó en conocimientos adquiridos en otras pesquerías, principalmente de las costas de Cuba, Florida y de Quintana Roo, y en todos los casos se hicieron estimaciones basadas en el teorema de Bayes.

METODO

En las siguientes líneas se describirán los modelos determinísticos que se usaron para hacer las evaluaciones, el modelo de decaimiento es una variación a los presentados en Hilborn y Walters (1992) y Seber (1982), los modelos de análisis de cohortes es presentado en Sparre y Venema (1995), el modelo dinámico de biomasa que aquí a veces se menciona como de rendimiento

excedente y el modelo de diferencia con retraso se tomaron de Hilborn y Walters (1992), por último el modelo de estructura de edades fue elaborado bajo la dirección de Hilborn en diciembre de 1996 en un taller de evaluación del estado de los recursos pesqueros del Golfo de México organizado por el Instituto Nacional de la Pesca y se le hicieron ajustes posteriores. Las ecuaciones que expresan las funciones de verosimilitud fueron construidas siguiendo básicamente a Punt y Hilborn (1996) así como Hilborn y Walters (1992).

Modelo de Decaimiento

Para estimar la biomasa al inicio de la temporada se modeló el comportamiento de las capturas diarias de las embarcaciones (cpue) durante los primeros 30 días. Se usaron submodelos de captura, de decaimiento de la población y se maximizó una función de verosimilitud. Para cada año se hicieron 50 000 corridas incluyendo incertidumbre en el a) tiempo de buceo o de pesca, b) el área recorrida c) la probabilidad de encuentro de un organismo de langosta en el área recorrida d) el peso medio de los individuos f) el número de embarcaciones que salieron a pescar.

Los datos utilizados son registros diarios de captura por embarcación durante los primeros 30 días de la temporada y para los años 1989 a 1995.

Se usaron los siguientes submodelos

De captura :

$$C_t = N_t * q_t * f_t \quad (1)$$

Donde:

C_t = Captura el día t

N_t = Número de individuos el día t

q_t = coeficiente de capturabilidad el día t

f_t = esfuerzo de pesca en número de embarcaciones que salieron a pescar el día t = entre 1 y 750 embarcaciones

$$q_t = \mu * (ar/A) * (N_t/A)$$

Donde:

μ = es la probabilidad de que si se encuentra a un organismo este sea capturado
 ar = área recorrida en un día = área recorrida en una hora de pesca (1 a 3.6 Has) * tiempo de pesca (2 a 6 horas)

A = área de pesca del oriente del Estado de Yucatán = 688,960 hectares

De evolución de la población :

$$N_{t+1} = N_t - C_t \quad (2)$$

$$B_0 = N_0 * p_m \quad (3)$$

Donde:

B_0 = Biomasa al inicio de la temporada

pm = peso medio de las langostas al inicio de temporada = 100 g a 600 g

N y C fueron definidos previamente

La estimación se hizo con un estimador de máxima verosimilitud, se maximizó la función :

$$L(B_0, q, \mu / \text{datos}) = \prod (1/\sqrt{2\pi} s^2) \text{EXP} - ((\text{cpueo} - \text{cpuec})^2 / (2s^2)) \quad (4)$$

Las corridas de simulación se hicieron en Visual Basic para EXCEL.

Modelo de Rendimiento Excedente

La hipótesis sobre la forma en que se comporta la biomasa de la población de langosta en las costas de Yucatán es el modelo dinámico en tiempos discretos presentado por Punt y Hilborn (1996):

$$B_{y+1} = B_y + g(B_y) - C_y \quad (5)$$

Donde:

B es la biomasa el año y

C es la captura el año y

y $g(B_y)$ es la función de crecimiento poblacional que toma la forma $r \cdot B \cdot (1 - (B/K))$

r es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional y K es la capacidad de carga

La estimación de los parámetros r y K se hizo utilizando una serie de captura de langosta en Kg de cola reportada desde 1976 a 1995. Como índice de densidad se usó la cpue (lyo) del primer mes de las temporadas de pesca 1989 a 1995 de las embarcaciones del oriente del estado de Yucatán obtenidas de boletas en que se registra la captura diaria de las embarcaciones. En el proceso de estimación se supuso que la población un año antes al inicio de la serie de captura era una proporción de la capacidad de carga, es decir $B_i = p \cdot K$, por otra parte la cpue se modeló como $lyc = q \cdot B_y$ donde ly es la cpue tomado como un índice de abundancia, q es una constante de proporcionalidad entre la biomasa y la cpue y B es la biomasa al tiempo y. Se maximizó la función de verosimilitud

$$L(K, r, q, p / \text{datos}) = \prod (1/\sqrt{2\pi} s^2) \text{EXP} - ((lyo - lyc)^2 / (2s^2)) \quad (6)$$

Para la reconstrucción de la historia y las predicciones de la biomasa de langosta en las costas de Yucatán se supuso que la biomasa poblacional puede modelarse con el modelo logístico expresado en unidades de tiempo discretas y se reprodujo una población desde el año 1900 hasta el 2020. Se utilizaron las

capturas observadas desde 1976 y se aproximaron hacia atrás las capturas desde 1940 hasta 1975 siguiendo la tendencia observada. El área concesionada actualmente para la captura de langosta es de aproximadamente 2 952 983 Has, se hipotetizaron capacidades de carga definidas por densidades de 1,3,5,7,9 y 11 ind./ha con un peso medio individual de .250 kg de cola, que corresponden a las siguientes biomazas: 738,245, 2,214,737, 3,691,228, 5,167,720, 6,644,211 y 8,120,703 kg. Para cada valor de K se utilizaron valores de r de 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5. Para el primer año de la simulación se supuso que la biomasa poblacional era un 60% de la capacidad de carga.

Metodo Analisis de Cohortes por Longitudes

Se siguió el procedimiento de análisis de cohortes de Jones. Se utilizó el número de individuos por clase de talla entre 10 y 31 cm con intervalos de 1 cm (puntos medios de clase 10.5, 11.5, etc.) por temporada de pesca para los años 1987 - 1995. En la primera parte del análisis se calculó el número total de organismos en la captura por clase de talla por temporada de pesca. El peso medio por clase de talla se calculó mediante : $P_{medio} = (a * L_t^b) / 1,000$ donde : $a = 0.08248$, $b = 2.7861$. Los parámetros de la relación peso-longitud se obtuvieron de muestras tomadas de la captura comercial por categorías. Los parámetros utilizados, procedentes de otras pesquerías son $L_{\infty} = 32$, $K = 0.29$, $t_0 = 0.55$, $M = 0.28$ (González-Cano 1991); $F_t = 0.04$ (Mortalidad por pesca de la talla más grande representada en la muestra) se aproximó con base en los resultados de evaluaciones con otros modelos. Se estimó la Biomasa media en el Mar durante los últimos 9 años partiendo de un promedio del número de organismos por clase de talla entre 1987 y 1995 (C_t promedio = Promedio = Captura en número de las temporadas 1987 a 1995 para cada clase de talla). En estos cálculos de biomasa, mortalidad por pesca promedio (F promedio) y tasa de explotación promedio (F/Z promedio) también se usaron otros valores de el parámetro K de la ecuación de von Bertalanffy y de la mortalidad natural (M) reportados en la literatura, se usaron los valores mínimos ($K = 0.12$ y $M = .12$), máximos ($K = 0.58$ y $M = 0.58$) y el promedio ($K = 0.28$ y $M = 0.39$), en el caso de K también se usó el valor medio reportado para experimentos de marcado recaptura ($K = 0.34$) (Cruz *et al* 1987). El método de cálculo fue el descrito por Sparre y Venema (1995) y se usó un programa elaborado en VisualBasic para EXCEL.

Modelo de Estructura de Edades

Se utilizó el modelo :

$$N_{a+1,t+1} = S_a(1 - v_a * u_t) N_{a,t} \quad (7)$$

Donde:

a = edad , t= año

Sa = tasa de sobrevivencia para la edad a

va = proporción de los individuos de la edad a vulnerables a la captura

ut= Tasa de explotación de los animales vulnerables el año t

$$B_t = \sum v_a * N_{a,t} * w_a \quad (8)$$

Donde w_a = peso medio de los organismos de edad a

El número de organismos a cada edad se puede establecer como :

$$N_a = L_a * R_e \quad (9)$$

R_e = Reclutamiento en equilibrio

L_a = Sobrevivencia a la edad a que se puede calcular por la relación recursiva :

$L_a = 1$ para la edad 1

$L_{a+1} = L_a * S_a (1 - v_a * u)$ $a > 1$

La biomasa en equilibrio se puede expresar en términos de R_e y L_a :

$$B_e = (\sum v_a * N_a * w_a = R (\sum v_a * L_a * w_a = R (\sum v_w \quad (10)$$

Donde (es la función incidente obtenida de la suma de los sobrevivientes de cada edad multiplicados por cantidades como v_a y w_a :

$\sum v_w = (\sum v_a * L_a * w_a$ (biomasa vulnerable por recluta)

$\sum Y = u (\sum v_a * L_a * w_a$ (producción por recluta)

$\sum f = (\sum f_a * L_a$ (huevos por recluta si f_a = fecundidad por edad)

$\sum N = (\sum v_a * L_a$ (Número de organismos vulnerables por recluta)

Algunas cantidades que se pueden calcular de (y de una biomasa vulnerable inicial a ser estimada (B_e) son :

$w(\text{media}) = (\sum v_w / \sum N)$ (peso medio del cuerpo de los animales vulnerables)

$R_e = B_e / (\sum v_w)$ (reclutamiento inicial en equilibrio)

$C_e = R_e / \sum Y$ (captura en equilibrio)

$E_e = R_e \sum f$ (producción de huevos en equilibrio)

Se proyectó la población de 1965 a 1995 y se estimó la biomasa inicial B_{01965} maximizando la función:

$$L(B_{01965} / \text{datos}) = [\prod (1/\sqrt{2 * s^2 * \pi}) \text{EXP} - ((\text{cpueo} - \text{cpuec})^2 / (2s^2))] * [\prod 1/\sqrt{2 * s^2 * \pi} \text{EXP} - ((w_m - w_m)^2 / (2s^2))] \quad (11)$$

Se usaron datos de captura por unidad de esfuerzo promedio (cpueo) para los años 1988 a 1994 (estimados de registros de captura en boletas, de datos

obtenidos durante los muestreos de longitudes) y peso medio individual de los organismos (wm) de 1987 a 1995 (estimados de los muestreos de pesos y tallas de embarcaciones y en planta).

Modelo de Diferencia con Retraso

Se utilizó el siguiente modelo :

$$\text{Reclutamiento: } R_{t+1} = aS_{t-k+1}/(1+abS_{t-k+1})^c \quad (12)$$

$$\text{Biomasa: } B_{t+1} = s(1-u_t)[\alpha N_t + \rho B_t] + w_k R_{t+1} \quad (13)$$

$$\text{Número: } N_{t+1} = s(1-u_t)N_t + R_{t+1} \quad (14)$$

Los parámetros de crecimiento son (α, ρ) y w_k . Los de reclutamiento son a, b y c

R = Reclutamiento

S = Población desovante

N = número de individuos

B = biomasa

sobrevivientes: $s = (e^{-M})$

biomasa inicial: B_0

$u_t = C_t/B_t$ = tasa de explotación (captura/biomasa)

Se hizo un análisis de la relación de equilibrio con u , para esto se calcularon las siguientes relaciones de equilibrio para cualquier $s_0 = s(1-u_0)$ donde u_0 es una tasa de explotación inicial o una opción de manejo de la pesquería:

$$\text{Peso medio: } w = [s_0\alpha + w_k(1-s_0)] / [1-\rho s_0]$$

$$\text{Factor de crecimiento: } g_0 = s_0[\alpha/w + \rho]$$

$$\text{Parámetro b de reclutamiento: } b = 1 / (B_0 a) [(aw_k/1-g_0)^{1/c} - 1]$$

$$\text{Biomasa en equilibrio: } B_e = 1 / ba [(aw_k(1-u_0)/(1-g_0))^{1/c} - 1]$$

$$\text{Número en equilibrio: } N_e = B_e / w$$

Se usaron los parámetros $\alpha = 0.2$, $\rho = 0.87$ y $w_k = 0.08$. α y ρ fueron estimados mediante el gráfico de Ford-Walford y w_k fue seleccionada tomando como criterio las observaciones de las capturas. Se utilizaron valores de $a = 10$ y $b = 0.0001692$ y $c = 1$ basados en los trabajos de Ramírez (1996) y Ramírez y Ríos (1991). Se utilizó un valor de sobrevivencia (s) de 0.6, un valor de $k = 4$. Se modeló la población de 1965 a 1995 y se estimó la biomasa inicial B_0 maximizando la función de verosimilitud :

$$L(B_0/1965 / \text{datos}) = [\prod (1/\sqrt{2\pi} s^2) e^{-((ly_{\text{obs}} - ly_{\text{calc}})^2 / (2s^2))}]^* \\ [\prod (1/\sqrt{2\pi} s^2) \text{EXP} -((pm_{\text{obs}} - pm_{\text{calc}})^2 / (2s^2))] \quad (15)$$

Donde q es un coeficiente de proporcionalidad entre la biomasa y un índice de abundancia (ly) que en este caso fue la captura por unidad de esfuerzo obtenida durante el primer mes de la temporada en la costa oriental de Yucatán. Los datos de ly abarcaron el período 1989 a 1995. El coeficiente de proporcionalidad q fue calculado mediante $e^{((\ln(ly/B)/n))}$. Por otra parte pm es el peso medio de los organismos estimado de muestreos en planta y durante el desembarco de la captura, los datos son de 1987 a 1995.

RESULTADOS

Modelo de Decaimiento

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las estimaciones obtenidas con este modelo, en biomasa y en número de organismos por hectare. Las estimaciones son del orden de las 1079 a 1914 toneladas de cola de langosta en el área oriente.

Modelo de Rendimiento Excedente

Las estimaciones de K , r , q y p se presentan en la Tabla 2. La estimación de la capacidad de carga (K) es de 4,810,745 kg que equivalen a 6.5 organismos por hectare en el área concesionada para el aprovechamiento del recurso langosta. La estimación de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) es de 0.411 y el rendimiento máximo sostenido estimado es de 494,815 kg de cola. De acuerdo a estas estimaciones en los últimos años la tasa de explotación ($F_t = C_t/B_t$) se ha mantenido entre 0.02 y 0.05. Los resultados de las simulaciones de la población desde al año 1900 al 2020 muestran que si la densidad de langosta es de 1 organismo/ha ($K = 738,245$ kg), la población se habría desplomado con cualquiera de los valores de r a excepción de 1.5 y este es poco probable, con densidades de 3 org/ha ($K = 2,214,737$ kg) y un valor de $r = 0.25$ la población alcanzaría su fin hacia el año 2002. En cualquiera de los otros casos de densidades y valores de r , la población soportaría un nivel de explotación como el que tiene actualmente sin desplomarse totalmente.

Tabla 1. Estimaciones de biomasa y densidades medias de la costa Oriente de Yucatán con un modelo de decaimiento poblacional

Año	Biomasa (kg)	Densidad (ind/ha)
89	1,079,919	6
90	1,569,433	9
91	1,759,945	10
92	1,502,583	9

Proceedings of the 50th Gulf and Caribbean Fisheries Institute

93	1,746,544	10
94	1,221,221	7
95	1,914,603	11

Tabla 2. Estimaciones de K,r,q y p, rendimiento máximo sostenido y estimación de la densidad de langostas por Ha basadas en el modelo de rendimiento excedente.

Parámetro	Estimación
Capacidad de carga (K)	4,810,745 (kg)
Tasa de crecimiento poblacional (r)	0.41142543
Coefficiente de proporcionalidad entre la Biomasa y el índice de abundancia relativa ly (q)	1.53E-06
Proporción de la Capacidad de carga al inicio de la serie de captura (p)	0.89
Máximo Rendimiento Sostenido (Kg)	494,815 (kg)
Area concesionada a la pesca de langosta en Yucatán	2,952,983 ha
Densidad estimada de langostas	6.5 (ind/ha)
Peso medio	0.25 (kg)

Analisis de Cohortes por Longitudes

La estimación de biomasa fue de 302,44 toneladas, F promedio = 0.48721 y $F/Z = 0.510$. Haciendo variaciones a los valores de K y M reportados Cruz *et al.* 1987 para el Caribe se obtienen diferentes estimaciones de biomasa (Tabla 3). La combinación de $K = 0.34$ obtenida de datos de marcado y recaptura y $M = 0.14$ dan como resultado una biomasa que concuerda con los resultados obtenidos con un Modelo de Rendimiento Excedente.

Modelo de Estructura de Edades

La biomasa inicial estimada es de 4,330,401 kg y la mortalidad por pesca el año 1995 es de 0.06. En la tabla siguiente se presenta la tasa de explotación, biomasa vulnerable, captura observada y captura predicha por el modelo.

Modelo de Diferencia con Retraso

Las relaciones en equilibrio estimadas son : Peso medio $w = 0.32$, factor de crecimiento $g_0 = 0.9$, Biomasa en equilibrio: $B_e = 1463$ (ton) Número en

equilibrio: $N_e = 4,600,000$, equilibrio de $R = 1,840,000$. La estimación de biomasa inicial fue de 1,482 ton. La estimación de q es de 0.007. La tasa de explotación promedio de los últimos 10 años es de 0.16 aunque en los últimos tres años alcanza valores hasta de 0.27.

DISCUSION

Los resultados obtenidos en los modelos son heterogéneos, sin embargo los modelos de decaimiento aplicado para el oriente de la costa de Yucatán (MDCO), el modelo de rendimiento excedente (MRE) y el modelo de estructura de edades (MEE) muestran bastante coincidencia en los resultados de las estimaciones de biomasa y tasa de explotación, el modelo de análisis de cohortes por longitudes (MACL) es coincidente solo en condiciones de una baja mortalidad natural ($M = 0.14$) y valores de K del orden de 0.34, por otra parte el modelo de diferencia con retraso (MDRC) arroja resultados de biomasa de cerca de la mitad de los otros modelos. Los resultados obtenidos en una evaluación realizada en los meses de Mayo y Junio de 1997 por medio de buceo muestran que la densidad media de langosta en la mayor parte del área de pesca es del orden de 5 ind/ha y este valor es coincidente con las predicciones de biomasa para estos años obtenidos con los modelos MRE y MEE. En el caso de la pesquería de langosta de Yucatán los puntos de referencia que se consideran convenientes son el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la tasa de explotación ($F = C/B < 0.40$) utilizados como límites.

La implicación de este conjunto de resultados es que el nivel de explotación más probable para esta pesquería está por abajo de los puntos de referencia RMS y $F_{0.1}$. Sin embargo estos resultados se refieren a la biomasa de la población considerada como un conjunto y no toma en cuenta la distribución del esfuerzo pesquero, la distribución de la población explotada en las diferentes áreas y los patrones de movimiento (Herrnkind, 1980; Kancircud, 1980), Rios *et al.*, (1996) indican que para la temporada 1996 era posible incrementar el esfuerzo en las áreas del poniente del estado de Yucatán y en cambio las áreas del oriente del estado se encontraban bajo un régimen de explotación intenso. En esta pesquería de langosta la técnica de pesca constituye la limitante más importante para alcanzar los puntos de referencia biológicos ya que las áreas de pesca actuales comienzan a alcanzar sus límites desde una perspectiva económica (rendimientos por embarcación) en la mayoría de las áreas de pesca. En conclusión aunque desde la perspectiva meramente biológica es posible incrementar el nivel de explotación como se señaló líneas arriba, desde la perspectiva social lo conveniente es regularizar el esfuerzo de pesca ilegal integrándolo mediante la concesión de permisos y limitar entonces el aumento del esfuerzo pesquero.

Tabla 3. Estimaciones de biomasa, mortalidad por pesca (F) y tasa de explotación (F/Z) por el método de análisis de cohortes por longitudes ante diferentes combinaciones de M y K.

Biomasa (kg)		M		
		0.14	0.39	0.6
	0.12	479,692	144,504	94,107
K	0.28	1,766,191	185,718	110,437
MARCADO	0.34	4,294,247	211,024	118,829
	0.58	4407,840,637	460,923	175,632
F (promedio)		M		
		0.14	0.39	0.6
	0.12	0.29954	1.07013	1.71463
K	0.28	0.08064	0.81255	1.42773
MARCADO	0.34	0.03230	0.71557	1.32387
	0.58	0.00038	0.33939	0.91232
F/Z (promedio)		M		
		0.14	0.39	0.6
	0.12	0.59459	0.78842	0.83756
K	0.28	0.19246	0.60485	0.69545
MARCADO	0.34	0.07957	0.54293	0.64942
	0.58	0.00077	0.29837	0.47888

Tabla 4. Tasa de explotación y biomasa vulnerable obtenidas con el modelo de estructura de edades

Año	Tasa de explotación	Biomasa vulnerable
1987	0.0499	3,638,071
1988	0.0454	3,562,858
1989	0.0429	3,522,786
1990	0.0297	3,504,713
1991	0.0315	3,535,749
1992	0.0338	3,557,210
1993	0.0592	3,565,164
1994	0.0485	3,489,662
1995	0.0651	3,463,494

LITERATURA CITADA

- Cervera C. K. , G.V. Ríos y C. Zetina. (1996) Métodos de captura para la langosta *Panulirus argus* utilizados en las costas del estado de Yucatán en forma experimental. II Simposio de Oceanografía Biológica en México. Septiembre 1996. La Paz Baja California, México. Unpub. MS.
- Cruz, R., J. A. Baisre., E. Díaz., R. Brito., C. García., W. Blanco y C. Carrodegas. 1987. *Atlas biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano*. Centro de Inv. Pesq. la Habana, Cuba. 125 p.
- Fuentes, D., P. Arceo y S. Salas. 1991. Consideraciones preliminares para el manejo de la pesquería de langosta en Yucatán. In: P. Briones, ed. Taller Regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. *Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, Publ. Técn.* 1:65 - 74.
- González Cano J. 1991. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster (*Panulirus argus*) in the mexican Caribbean. Tesis Doctoral. INP. México. 448 p.
- 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. Ludwing. 1995. Sustainable exploitation of renewable resources. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 26:45 - 67
- Herrnkind, W. F. 1980. Spiny lobster: patterns of movements. Pages 349 - 407 in: J. S. Cobb y B. F. Phillips (eds.) *The Biology and Management of Lobsters. Vol. 1. Physiology and Behavior*. Academic Press, Nueva

York.

- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). Pages 59-96 in: J. S. Cobb y B. F. Phillips (eds.) *The Biology and Management of Lobsters. Vol. 2. Ecology and management*. Academic Press, Nueva York.
- Munro, J. R. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Part V.1. the biology, ecology and bionomic of Caribbean reef fishes- Crustaceans (spiny lobsters and crabs). *Univ. West Indies Zool. Dep., Res. Rep.* 3: 57 p.
- Punt A. y R. Hilborn 1996. Biomass dynamic models. Computerized Information Series. *Fisheries. FAO.* 62 p.
- Ramírez. E.A. 1996. Reproducción de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la costa noreste de Quintana Roo. Tesis Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias (División de Estudios de Posgrado. UNAM, México.1996.
- Ramírez, J. y V. Ríos. (1991) Epocas reproductivas y tallas promedio de madurez de langosta *Panulirus argus* en dos zonas de las costas de Yucatán. XI Congreso Nacional de Zoología, Octubre 1991, Mérida, Yuc. México. Unpub. MS.
- Ríos L. G. V. , C. Zetina M. y K. Cervera C. 1995. Evaluación de "casitas" o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán para la captura de langostas. *Rev. Cub. e Inv. Pesq.* (19-2):50 - 56. JUL-DIC. 1995. d
- Ríos L. G. V. , C. Zetina M. y K. Cervera C.1996. Análisis del esfuerzo en la pesquería de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán, México. Revista *OCEANIDES* del CICIMAR. In press.
- Ríos L. G. V., C. Zetina y K. Cervera. (1997a) Evaluación de la captura de langosta realizada con el pesquero levable en la costa oriente de Yucatán. Informe de Investigación. CRIP Yucalpetén. INP: SEMARNAP. Unpub. MS.
- Ríos L. G. V. , K. Cervera., J.C. Espinosa., M. Pérez., C. Zetina y F. Chablé. 1997b. Estimaciones de la densidad de langosta *Panulirus argus* y el caracol rosado *Strombus gigas* en el área central del Arrecife Alacranes. *Ciencia Pesquera*. Inst. Nal. de la Pesca. Sria. de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca. México In press.
- Ríos L. G.V. y C. Zetina M. 1997. Estimacion de la población de langosta utilizando el método análisis de cohortes por longitudes. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. Unpub. MS.
- Seber G.A.F. 1982. *The Estimation of Animal Abundance*. Edward Arnold. United Kingdom.
- Sparre, P. y S. Venema. 1995. Introducción a la evaluación de recursos

- pesqueros tropicales. Parte I. Manual. FAO. *Doc. Téc. De Pesca*. 306/1. 420 p.
- Zetina-Moguel, C. y G.V. Ríos L. 1996a. Relaciones morfométricas de la langosta *Panulirus argus* de las costas de Yucatán, México. *Ciencia Pesquera*. Inst. Nal. de la Pesca. Sria. de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca. México 12: 41 p.
- Zetina M. C. y G. V. Ríos. (1996b) Modelos de crecimiento de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y un método para la determinación de la edad. *Ciencia Pesquera*. Inst. Nal. de la Pesca. Sria. de Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca. México. In press.
- Zetina M. C. y G. V. Ríos. 1997a. Estimación del tamaño de la población de langosta en la costa oriente de Yucatán utilizando un modelo de decaimiento. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. Unpub. MS.
- Zetina M. C. y G. V. Ríos (1997b) Estimación del tamaño de la población de langosta espinosa *Panulirus argus* en las costas de Yucatán mediante un modelo de rendimiento excedente. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. Unpub. MS.
- Zetina M. C. y G. V. Ríos (1997c) Estimación de la biomasa y tasa de explotación con un modelo de estructura de edades. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. Unpub. MS.
- Zetina-Moguel C. y G. V. Ríos L. (1997d) Estimación de la biomasa y la mortalidad por pesca de la langosta espinosa en las costas de Yucatán, utilizando un modelo de diferencia con retraso. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. Unpub. MS.