



SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE
RECURSOS NATURALES Y PESCA



INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION PESQUERA

YUCALPETEN, YUCATAN, MEXICO

CONTRIBUCIONES DE INVESTIGACION PESQUERA

LA PESQUERIA DE LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus* EN LAS
COSTAS DEL ESTADO DE YUCATAN.



DOCUMENTO TECNICO 6

ABRIL 1998

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE RECURSOS NATURALES Y PESCA
INSTITUTO NACIONAL DE LA PESCA
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION PESQUERA DE YUCALPETEN

DIRECTORIO

JULIA CARABIAS LILLO
Secretaria de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca

ANTONIO J. DIAZ DE LEÓN CORRAL
Presidente del INP

MAURICIO GARDUÑO ANDRADE
Director del CRIP-Yucalpetén

LA PESQUERIA DE LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus* EN LAS COSTAS DEL ESTADO DE YUCATAN.

Ríos Lara Gloria Verónica¹
Zetina Moguel Carlos E^{1,2}
Cervera Cervera Kenneth¹
Mena Aguilar Roberto W.¹
Chablé Ek Freddy¹



¹ Centro Regional de Investigación Pesquera. Instituto Nacional de la Pesca. SEMARNAP. Apartado Postal 73. Progreso, Yucatán. México. C. P. 97320. e-mail: cripyucalpeten@mail.multired.net.mx

² Universidad Autónoma de Yucatán. Facultad de Ingeniería. A. P. 150. Admon de Correos No. 10 Cordemex. Mérida Yucatán. México. C. P. 97111. e-mail: zmoguel@tunku.uady.mx

INDICE

I INTRODUCCION	5
II DESCRIPCION DE LA PESQUERIA	5
1. RECURSO	5
1.1 NOMBRE CIENTIFICO Y COMUN	5
1.2 DESCRIPCION EXTERNA DEL ORGANISMO	5
1.3 DISTRIBUCION GEOGRAFICA	5
1.4 BIOLOGIA	6
1.5 HISTORIA DE LA PESQUERIA EN EL ESTADO DE YUCATAN	7
1.6 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO	7
1.7 ESTRUCTURA DE LA POBLACION	8
1.8 EVALUACIONES DEL TAMAÑO DE LA POBLACION	8
1.8.1.- Estimacion del tamaño de la población de langosta en la costa oriente de Yucatán utilizando un modelo de decaimiento	8
1.8.2.- Estimación del tamaño de la población de langosta espinosa <i>Panulirus argus</i> en las costas de Yucatán mediante un modelo de rendimiento excedente	10
1.8.3.- Estimación de la población de langosta utilizando el método análisis de cohortes por longitudes.	12
1.8.4.- Estimación de la biomasa y tasa de explotación con un modelo de estructura de edades	14
1.8.5.- 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	16
1.9 PUNTOS DE REFERENCIA	17
2. UNIDAD DE PESCA Y FLOTA	18
2.1 TOTAL DE EMBARCACIONES	18
2.2 TIPO DE BARCO Y CAPACIDAD	18
2.3 PARTICIPANTES EN EL PROCESO DE CAPTURA	19
2.4 ARTES DE PESCA	19
2.5 DURACION DE LAS OPERACIONES	20

3 REGIMEN DE PESCA	21
3.1 BASES DE OPERACION Y PUERTOS DE DESCARGA	21
3.2 TEMPORADA DE PESCA	21
3.3 AREAS DE PESCA	21
3.4 DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES	21
3.5 LEGISLACION Y NORMATIVIDAD	22
4. CAPTURA	22
4.1 VOLUMEN Y VALOR	22
4.2 COMPOSICION DE LA CAPTURA	22
4.3 RENDIMIENTO: CPUE	23
5. INDUSTRIALIZACION	24
5.1 INDUSTRIAS PROCESADORAS	24
5.2 ORGANIZACION INDUSTRIAL	24
5.3 ELABORACION DEL PRODUCTO	24
5.4 CAPACIDAD INSTALADA DEL PROCESO	24
6. DISTRIBUCION Y MERCADO DEL PRODUCTO	24
6.1 MERCADO INTERNO	24
6.2 MERCADO EXTERNO	25
7. DIAGNOSIS DE LA PESQUERIA	25
7.1 EFICACIA OPERATIVA	25
7.2 MARCO SOCIOECONOMICO	25
7.3 BALANZA COMERCIAL	26
7.4 ORGANIZACION Y CAPACITACION	26
7.5 INVESTIGACION	26
7.6 INFORMACION ESTADISTICA	27
7.7 FINANCIAMIENTO	28
7.8 CONTEXTO INTERNACIONAL	28

7.9 FOMENTO A LA PESCA Y LA ACUACULTURA	28
8 CONCLUSIONES Y PRIORIDADES	28
8.1 CONCLUSIONES	28
8.2 PRIORIDADES	28
9 LITERATURA CONSULTADA	30
AGRADECIMIENTOS	34
ANEXO I Lista de tablas	35
ANEXO II Figuras	36

LA PESQUERIA DE LANGOSTA ESPINOSA *Panulirus argus* EN LAS COSTAS DEL ESTADO DE YUCATAN.

Ríos Lara Gloria Verónica
Zetina Moguel Carlos E.
Cervera Cervera Kenneth
Mena Aguilar Roberto
Chablé Ek Freddy

INTRODUCCION

La pesquería de langosta en las costas de Yucatán es una de las más importantes debido al alto valor comercial del recurso en el mercado internacional. Cada día alcanza mayor trascendencia en los volúmenes que se capturan, en el número de cooperativas que se dedican a su explotación y en el número de personas interesadas en la explotación y la comercialización. La península de Yucatán (Quintana Roo y Yucatán) ocupa el séptimo lugar mundial como productor de langosta (Cruz *et al.* 1995) con una producción de alrededor de 1 200 toneladas (langosta entera viva) por temporada de las cuales el estado de Yucatán aporta aproximadamente el 35%.

DESCRIPCION DE LA PESQUERIA

1. RECURSO

1.1 NOMBRE CIENTIFICO Y COMUN

Nombre Científico: *Panulirus argus* (Latreille, 1804)

Nombre común: Langosta espinosa, langosta del Caribe, spiny lobster, bogavante

1.2 DESCRIPCION EXTERNA DEL ORGANISMO

El cuerpo de las langostas está cubierto por un exoesqueleto y consta de dos partes principales, el cefalotórax y abdomen o cola. El cefalotórax tiene al frente dos pares de antenas, los ojos y cinco pares de patas, en esta parte del cuerpo se encuentran los órganos vitales. El abdomen es la parte posterior del organismo, que se trata de una estructura muscular con segmentos en el exoesqueleto, tiene apéndices natatorios que en la hembra sirven para sostener la masa ovígera y remata en una pieza central con dos paletas a cada lado. Se han estudiado las relaciones de longitud-peso de las langostas con el fin de poder calcular la longitud o el peso de alguna de las partes del cuerpo (cefalotórax o abdomen) cuando se cuenta con la biometría de alguna de ellas. En Yucatán dada la forma en que se hace el desembarco (colas de langosta), solo se puede obtener de las capturas el peso del abdomen y muchas veces es necesario calcular el peso de la langosta entera, en este caso la relación más importante es que el peso de una langosta es igual a 2.59 veces el peso de su abdomen (Zetina *et al.* 1996).

1.3 DISTRIBUCION GEOGRAFICA

La langosta *Panulirus argus* posee uno de los rangos de distribución más amplios de todos los palinúridos conocidos. Se distribuye en el Atlántico Oeste desde las costas de Río de

Janeiro, Brasil hasta Beaufort en Carolina del Norte, incluyendo las Bahamas, Bermuda, Yucatán y las Islas del Caribe. Se encuentran a temperaturas entre los 16 y los 28 °C (Munro, 1974; Marx y Herrnkind, 1986; Cruz *et al.* 1987). La distribución vertical de *Panulirus argus* va desde zonas sublitorales hasta 100 m de profundidad (Kanciruk, 1980). Las principales pesquerías de esta especie se encuentran en Cuba, Bahamas, Florida y Brasil. En México toda la producción proviene de Quintana Roo y Yucatán, aunque algunas estadísticas muestran captura de langosta eventuales en Tamaulipas, Veracruz y Tabasco (SEPECSA, 1987).

1.4 BIOLOGIA

La langosta espinosa *Panulirus argus* (Figura 1) tiene un ciclo de vida largo. Los machos y hembras se aparean en zonas arrecifales, las hembras se desplazan a aguas profundas a incubar los huevos y a liberar las larvas (filosomas), que después de un período de 6 a 11 meses pasan a ser postlarvas (puerulus). Los puerulus (Figura 2) regresan a la zona costera donde se asientan y adoptan hábitos bentónicos. Los juveniles adquieren hábitos gregarios y van cambiando de hábitat conforme se acerca la madurez sexual, se encuentran principalmente en zonas someras (menores de 10 m de profundidad) y los adultos ocupan diferentes hábitats, desde las zonas donde habitan los juveniles hasta arrecifes coralinos o rocosos profundos arriba de los 60 m de profundidad (Lozano y Negrete, 1990). El crecimiento de las langostas se da mediante un proceso que consta de dos fases, una de acumulación de materia y energía (período intermuda) y un incremento en longitud y peso que se presenta con un cambio de exoesqueleto (muda o ecdisis). La talla mínima de primera madurez sexual promedio reportada para el Caribe mexicano por Ramírez (1996) es de 85.7 ± 4.9 mm de longitud del cefalotorax y de 151 ± 8.9 mm de longitud abdominal. Las épocas de maduración sexual de la langosta varía de acuerdo a las zonas donde se encuentra distribuida. En Yucatán existen pocos trabajos de investigación sobre este tema pero se ha encontrado que existe un desplazamiento en la época de mayor actividad reproductiva entre el poniente y el oriente del Estado.

(Cruz *et al.* 1987
González-F...
1991)

Tanto juveniles como adultos son carnívoros dominantes que se alimentan de organismos sedentarios o de aquellos que presentan movimientos lentos. Colinas y Briones (1990) reportan predominancia de crustáceos, moluscos y algas coralinas en la alimentación de *P. argus*. Herrera *et al.* (1994a y 1994b) y Herrera e Ibarzábal (1995) reportan como alimento de las langostas algunos moluscos como *Strombus gigas* y almejas, crustáceos (cangrejos) equinodermos (estrellas de mar y erizos) y poliquetos. Se alimentan durante la noche y se refugian durante el día.

En sus fases juveniles *P. argus* es depredada por los pulpos (*Octopus sp.*) y cangrejos portúnidos (Andrée, 1981). Dentro de refugios artificiales y naturales ubicados en la costa oriente de Yucatán se han encontrado tiburones gata (*Ginglymostoma cirratum*), meros (*Epinephelus morio*), morenas (*Gymnotorax sp.*) y pulpos (*Octopus maya*) todos estos organismos han sido reportados como importantes depredadores de langosta (Cruz *et al.* 1987, Ríos *et al.* 1995). Por su parte Herrera e Ibarzábal (1995) reportan esas mismas especies además de otra especie de mero (*Epinephelus striatus*) y abadejo (*Mycteroperca bonaci*). En las costas de Yucatán se han observado también peces como el angel azul (*Holocanthus barbudensis*) y a la cochinita (*Balistes capriscus*), devorando langostas después de haber sido sacrificadas por los pescadores (Ríos *et al.* 1997a).

La langosta presentan tres tipos de movimientos: a) los desplazamientos nocturnos o migraciones alimentarias, b) las migraciones en masa (filas de langosta) en la cual pueden recorrer hasta 50 km y c) los movimientos nómádicos que son movimientos al azar, individuales y de carácter esporádico (Cruz *et al.* 1987).

1.5 HISTORIA DE LA PESQUERIA EN YUCATAN

En el Estado existen antecedentes de captura de langosta desde los años 50's, cuando 4 barcos la capturaban en el Arrecife Alacranes en aguas poco profundas y con la ayuda de un jamo; la producción era de 150 a 200 kg por viaje y se comercializaba entera viva en el mercado local de la ciudad de Mérida (Cervera *et al.* 1996). En los años 70's los pescadores de la costa oriente del Estado (Río Lagartos, San Felipe y El Cuyo), tuvieron una fuerte influencia de los pescadores de Quintana Roo que capturaban langosta en Holbox y Contoy (utilizando como método de captura el buceo y el gancho) y aprendieron a bucear, iniciándose así la pesquería. Conforme pasó el tiempo ésta se fue extendiendo de oriente a poniente: primero a Dzilam de Bravo después a Progreso y por último a Sisal y Celestún. Al principio los pescadores del oriente buceaban frente a los puertos del poniente igual que habían hecho los de Quintana Roo en sus áreas de pesca y después los pescadores del poniente también aprendieron a bucear y fueron desplazando de sus áreas de pesca a la gente del oriente (este proceso duró aproximadamente 15 años). Por otra parte en estos años (70's) se constituyeron las sociedades cooperativas de producción pesquera (SCPP) que tuvieron también que ver con el establecimiento y desarrollo de la pesquería de langosta ya que esta especie estaba concesionada exclusivamente a este sector. Actualmente y aunque la Ley se ha modificado y permite la participación de otros sectores en la explotación de este recurso, solo las SCPP tienen en algunos casos concesiones por 20 años (5 cooperativas) y en otros permisos anuales (10 cooperativas). La distribución de las zonas de pesca se ha conseguido a través de convenios de colindancia entre las cooperativas, o en algunos casos se trabaja en forma mancomunada.

1.6 ESTUDIOS DE CRECIMIENTO

Se sabe que en el crecimiento de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) los eventos de mayor importancia son el tiempo y longitud de asentamiento, la duración de los períodos de intermuda y los incrementos de longitud que se presentan durante las mudas. Zetina y Ríos (1996) presentan dos modelos de crecimiento de langosta: modelo escalonado en el que las mudas dependen del tiempo y un modelo basado en la duración de los períodos de intermuda como una función de la longitud. El modelo escalonado es: $L_t = L_0 + \sum_{M=1}^M L_M$ donde: $M_t = \text{Entero}(\sum \alpha e^{-\beta^{1(t-t_0)}})$, $L_M = \beta_2 + \beta_3 L_{M-1}$, $L_t =$ Longitud al tiempo t , $t =$ tiempo en semanas, $L_0 =$ Longitud de cefalotórax al momento del asentamiento, $M =$ Número de muda, $L_M =$ Longitud durante el período de intermuda, $t_0 =$ tiempo de asentamiento en semanas, α , β_1 , β_2 y β_3 son parámetros del modelo. El modelo basado en la duración de los períodos de intermuda es $PI = \delta L_M^\eta$, donde $PI =$ duración del período de intermudas, $L_M =$ longitud durante el período de intermudas M , δ y η son parámetros del modelo. Proponen un método de estimación de la edad basado en la ecuación de estimación de la longitud para cada muda y la ecuación de predicción de la longitud del período de intermuda para las edades observadas. Los parámetros del modelo escalonado se estiman en un contexto bayesiano utilizando un estimador de máxima verosimilitud y datos publicados por Arce *et al.* 1991. Los valores de los parámetros son: $\alpha = 0.28$, $\beta_1 = 0.0101$, $\beta_2 = 0.682$ y $\beta_3 = 1.0856$. En la estimación se utilizan una longitud de asentamiento de 0.61 cm y un tiempo de asentamiento de 38 semanas. Los parámetros δ y η se estiman por minimización de diferencias cuadradas y las estimaciones son 1.616 y 1.235 respectivamente. Las predicciones representan adecuadamente el crecimiento de la langosta espinosa, un ajuste de las predicciones al modelo de la ecuación de von Bertalanffy les permitió estimar una $L_\infty = 16.36$ cm, valor cercano a las longitudes máximas del cefalotórax observadas en la región. El conjunto de ecuaciones permite simulaciones de crecimiento escalonado, estimaciones de incrementos de longitud y tiempos en que serán alcanzados, así como la estimación de la edad a partir de longitudes observadas.

1.7 ESTRUCTURA DE LA POBLACION.

La estructura de tallas en las capturas de langosta en las costas de Yucatán se encuentra entre los 12 y los 30 cm de longitud abdominal que corresponderían a edades entre los 2 y los 11 años de edad según los trabajos de crecimiento realizados por Zetina y Ríos (1996). La estructura de edades en las capturas se muestra en la Figura 3. En relación a la proporción sexual hembras-machos, en Yucatán se han reportado proporciones de 1:1 (Salas *et al.* 1990; Ramírez y Ríos, 1991; Fuentes *et al.* 1991).

1.8 EVALUACIONES DEL TAMAÑO DE LA POBLACION

Se han hecho varias estimaciones de biomasa para la población de langosta en las costas de Yucatán utilizando diferentes modelos:

1.8.1 Estimación del tamaño de la población de langosta en la costa oriente de Yucatán utilizando un modelo de decaimiento (MDCO)

Método

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 modelos: 1) de captura y 2) de evolución 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 modelos

$$1.- \text{ De captura : } C_t = N_t * q_t * f_t$$

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

mu = 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 Has

2.- De evolución de la población :

$$N_{t+1} = N_t - C_t$$

$$B_0 = N_0 * pm$$

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

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

$$L(B_0, q, mu / datos) = \pi \left(1 / \sqrt{2 * s^2 * \pi} \right) e^{-((cpueo - cpuec) / (2s^2))}$$

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

Resultados

Tabla 1.- Se presenta un resumen de las estimaciones en biomasa y en número de organismos por Ha:

Año	Bo (Kg)	Densidad (N/Ha)
89	1,079,919	6
90	1,569,433	9
91	1,759,945	10
92	1,502,583	9
93	1,746,544	10
94	1,221,221	7
95	1,914,603	11

(Tomado de Zetina y Ríos 1997).

1.8.2. Estimación del tamaño de la población de langosta espinosa *Panulirus argus* en las costas de Yucatán mediante un modelo de rendimiento excedente (MRE)

Método

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):

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

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 $r * B * (1 - (B / K))$

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 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 $B_i = p * K$, por otra parte la cpue se modeló como $cpuec = qB_y$, donde $cpuec$ es tomada 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

$$L(K, r, q, p / \text{datos}) = \prod \left(1 / \sqrt{2 * s^2 * \pi} \right) e^{-((cpueo - cpuec)^2 / (2s^2))}$$

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 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 Ha, se hipotetizaron capacidades de carga definidas por densidades de 1, 3, 5, 7, 9 y 11 organismos por Ha con un peso medio individual de .250 Kg de cola. Las biomásas correspondientes se presentan en la Tabla 2. 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.

Tabla 2.- Capacidad de carga del área langostera concesionada considerando diferentes densidades.

DENSIDAD	1	3	5	7	9	11
BIOMASA (kg)	738 245	2 214 737	3 691 228	5 167 720	6 644 211	8 120 703

Resultados

Las estimaciones de K, r, q, p se presentan en la Tabla 3. La estimación de la capacidad de carga (K) es de 4 810 745 kg que equivalen a 6.5 organismos por Ha en el área concesionada para el aprovechamiento del recurso langosta. En la Tabla 4 se presentan los datos de captura, la predicción de la biomasa de 1976 a 1995 y los índices de abundancia relativa observado y estimado. 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. En la Figura 4 se describe el comportamiento de la biomasa, la captura y los índices de abundancia relativa (observado y estimado). En las Figuras 5 a 10 se describen gráficamente los resultados de las simulaciones de la población desde el año 1900 al 2 020. En las Figuras puede verse que cuando 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 2 002. 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 (Zetina y Ríos 1997).

Tabla 3.- Estimaciones de K, r, q y p , rendimiento máximo sostenido y estimación de la densidad de langostas por Ha.

Parámetro	Estimación
Capacidad de carga (K)	4,810,745 (kg)
Tasa de crecimiento poblacional ®	0.41142543
Coefficiente de proporcionalidad entre la Biomasa y el índice de abundancia relativa cpue (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 Has
Densidad estimada de langostas	6.5 (Org/Ha)
Peso medio	0.25 (kg)

Tabla 4.- Series de captura, biomasa estimada, índice de abundancia relativa observado y calculado.

AÑO	CAPTURA (Kg)	Biomasa (Kg)	cpue observado (Kg/día de pesca)	cpue calculado (Kg/día de pesca)
76	34363	4475332		
77	64390	4569345		
78	104323	4599289		
79	94937	4578140		
80	89200	4574276		
81	84447	4577583		
82	97810	4584415		
83	26953	4575342		
84	118447	4640500		
85	107507	4589617		
86	123170	4568906		
87	181553	4540233		
88	161797	4463717		
89	151097	4434397	6.55	6.77
90	104181	4426026	8.92	6.76
91	111549	4467470	6.37	6.82
92	120370	4487075	5.13	6.85
93	211035	4490911	7.13	6.86
94	169235	4402716	6.37	6.72
95	225500	4387116	7.34	6.70

1.8.3 Estimación de la población de langosta utilizando el método análisis de cohortes por longitudes (MACL).

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. Se siguió el siguiente procedimiento:

1.- Se obtuvo el peso medio de la muestra: $w_{mm} = \text{No. de individuos por clase de talla en la muestra por el peso medio en cada clase}$

2.- Se calculó la frecuencia relativa: $FR = w_{mm}$ en cada clase / peso medio

3.- El peso de la captura: $C_w = FR * C$ en la temporada y

4.- Por último se calculó N_i (número de individuos por clase de talla para esa temporada): $N_i = C_w / w_{media}$

El peso medio por clase de talla se calculó mediante: $w_m = (a * L_i^b) / 1000$ 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.

Para el Análisis de Cohortes por longitudes se usaron los parámetros a, b definidos con anterioridad, $L_{\infty} = 32, K = 0.29, t_0 = 0.55, M = 0.28$ (González-Cano 1991) y $Ft = 0.04$ (mortalidad por pesca de la talla más grande representada en la muestra) aproximado de 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 ($Ct_{promedio} = Promedio = Captura$ 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 los 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 $M=0.39$) de los valores reportados en la literatura, en el caso de K también se usó el valor medio reportado para experimentos de marcado recaptura ($K= 0.34$). El método de cálculo fue el descrito por Sparre y Venema (1995):

$$\text{Edad relativa} = t_0 - (1/K) * LN(1 - ((Lt - 0.5) / L_{\infty}))$$

$$Dt = (1/K) * LN((L_{\infty} - (Lt - 0.5)) / (L_{\infty} - (Lt + 0.5)))$$

$$\text{Factor de } M = EXP(MI * Dt / 2)$$

$$N = Ct_{promedio} / (Ft / Zt)$$

$$Nt = (Nt + 1 * FactorM + Ct) * factorM$$

$$F / Z = Ct_{promedio} / (Nt - Nt + 1)$$

$$F = MI * (F / Z) / (1 - (F / Z))$$

$$Z = F + MI$$

$$N_{media} = (Nt - Nt + 1) / Z$$

$$B_{media} = ((wm * (Nt - Nt + 1)) / Z)$$

$$Y = Ct * wm$$

Resultados

La estimación de biomasa fue de 302 044 toneladas, F promedio= 0.48721 y $F/Z = 0.510$. Haciendo variaciones a los valores de K y M reportados Cruz *et al.* para el Caribe se obtienen diferentes estimaciones de biomasa (Tabla 5). 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.

Tabla 5.- Estimaciones de biomasa variando los valores 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	407,840,637	460,923	175,632

Tabla 6.- Estimaciones de F y F/Z promedio variando los valore de M y K

F (promedio)	M			
		0.14	0.39	0.6
	0.12	0.299540961	1.07013794	1.71463793
K	0.28	0.080644728	0.81255984	1.42773259
Marcado	0.34	0.032303895	0.71557087	1.32387996
	0.58	0.000383787	0.33939612	0.91232768
F/Z (promedio)	M			
		0.14	0.39	0.6
	0.12	0.594597841	0.78842338	0.83756489
K	0.28	0.192462769	0.60485711	0.69545412
Marcado	0.34	0.079570832	0.54293135	0.64942417
	0.58	0.000773111	0.29837623	0.47888072

(Tomado de Ríos y Zetina 1997)

1.8.4 Estimación de la biomasa y tasa de explotación con un modelo de estructura de edades (MEE)

Método

Se utilizó el modelo :

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

Donde

a = edad, t = año

S_a = tasa de sobrevivencia para la edad a

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

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

$$B_t = \sum v_a * N_{a,t} * w_a$$

Donde w_a = peso medio de los organismos de edad a

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

$$N_a = L_a * R_e$$

Re = Reclutamiento en equilibrio

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

$$La = 1 \quad \text{para la edad 1}$$

$$La + 1 = La * Sa(1 - va * u) \quad a > 1$$

La biomasa en equilibrio se puede expresar en términos de Re y La :

$$Be = \sum va * Na * wa = R \sum va * La * wa = R\phi vw$$

Donde ϕ es la función incidente obtenida de la suma de los sobrevivientes de cada edad multiplicados por cantidades como va y wa :

$$\phi vw = \sum va * La * wa \quad (\text{biomasa vulnerable por recluta})$$

$$\phi Y = u \sum va * La * wa \quad (\text{producción por recluta})$$

$$\phi f = \sum fa * La \quad (\text{huevos por recluta si } fa = \text{fecundidad por edad})$$

$$\phi N = \sum va * La \quad (\text{Número de organismos vulnerables por recluta})$$

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

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

$$Re = Be / \phi vw \quad (\text{reclutamiento inicial en equilibrio})$$

$$Ce = Re / \phi Y \quad (\text{captura en equilibrio})$$

$$Ee = Re \phi f \quad (\text{producción de huevos en equilibrio})$$

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

$$L(B_{01965} / \text{datos}) = \left[\prod (1/\sqrt{2 * s^2 * \pi}) e^{-((cpueo - cpuec)^2 / (2s^2))} \right] * \left[\prod (1/\sqrt{2 * s^2 * \pi}) e^{-((wmo - wmc)^2 / (2s^2))} \right]$$

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).

Resultados

La biomasa inicial estimada es de 4 330 401 kg y la mortalidad por pesca el año 1995 es de 0.06. Otros resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7.- Tasa de explotación, biomasa vulnerable, captura observada y captura predicha por el modelo.

Año	Tasa de explotación	Biomasa vulnerable	Captura observada	Captura estimada
1987	0.0499	3,638,071	181553	181553
1988	0.0454	3,562,858	161797	161797
1989	0.0429	3,522,786	151097	151097
1990	0.0297	3,504,713	104181	104181
1991	0.0315	3,535,749	111549	111549
1992	0.0338	3,557,210	120370	120370
1993	0.0592	3,565,164	211035	211035
1994	0.0485	3,489,662	169235	169235
1995	0.0651	3,463,494	225500	225500

(Tomado de Zetina y Ríos 1997).

1.8.5 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 (MDCR) (Schnute, 1985)

Método

Se utilizó el siguiente modelo :

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

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

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

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

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

B_0 = biomasa inicial

$u_t = C_t / B_t$ = 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:

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

Factor de crecimiento: $g_0 = S_0[\alpha/w + \rho]$

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

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

Número en equilibrio: $N_e = B_e / w$

Se usaron los parámetros $\alpha = 0.2$, $\rho = 0.87$ y $wk = 0.08$. α y ρ fueron estimados mediante el gráfico de Ford-Walford y wk fue seleccionada tomando como criterio las observaciones de las capturas. Se utilizaron valores de $a = 10$ y $b = 0.0001692$ y $c = 1$. Se utilizó un valor de sobrevivencia (s) de 0.6, un valor de $k = 4$. Se modeló la población de 1976 a 1995 y se estimó la biomasa inicial B_0 maximizando la función de verosimilitud:

$$L(B_{0_{1985}} / \text{datos}) = \left[\prod (1/\sqrt{2 * s^2 * \pi}) e^{-((cpue_0 - cpue_1)^2 / (2s^2))} \right] * \left[\prod (1/\sqrt{2 * s^2 * \pi}) e^{-((pm_0 - pm_1)^2 / (2s^2))} \right]$$

Donde q es un coeficiente de proporcionalidad entre la biomasa y un índice de abundancia ($cpue$) 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 $cpue$ abarcaron el periodo 1989 a 1995. El coeficiente de proporcionalidad q fue calculado mediante $e^{(\sum \ln(cpue/B)/n)}$. 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

Las relaciones en equilibrio estimadas son: Peso medio $w = 0.32$, factor de crecimiento $g_0 = 0.9$, Biomasa en equilibrio: $B_e = 1\ 463$ ton; Número en equilibrio: $N_e = 4\ 600\ 000$, equilibrio de $R = 1\ 840\ 000$. La estimación de biomasa inicial fue de 1 482.684 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. En la Figura 11 se presenta la evolución de la biomasa, la población desovante y la captura, por otra parte en la Figura 12 se presentan la tasa de explotación y la evolución del peso medio (Tomado de Zetina y Ríos 1997).

1.9 PUNTOS DE REFERENCIA

Los puntos de referencia son valores convencionales que derivan de un análisis técnico y representan un estado de la pesquería o población cuyas características se consideran utilizables para el manejo de la unidad de stock. Estos pueden usarse como límites o como objetivo. Los puntos de referencia que se consideran convenientes para la pesquería de langosta de Yucatán son el rendimiento máximo sostenido (RMS) y la tasa de explotación

($F=C/B < 0.40$) utilizados como puntos de referencia límites, así como la mortalidad por pesca ($F_{0.1}$) utilizado como punto de referencia objetivo. Los resultados de las evaluaciones realizadas bajo diferentes 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 0.69 a 9.66 langostas por Ha y este valor es coincidente con las predicciones de biomasa para estos años obtenidos con los modelos MRE y MEE. 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, $F=0.4$ 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 y la distribución de la población explotada en las diferentes áreas, Ríos *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.

2. UNIDAD DE PESCA Y FLOTA

La unidad de esfuerzo estándar descrita por Ríos *et al.* 1996 para toda la costa del estado de Yucatán es una embarcación menor (Figura 13) con compresor y un buzo pescando a una velocidad de dos nudos durante seis horas y con una visibilidad en una franja de diez metros. En estas condiciones se recorren 22.39 hectáreas de campo pesquero. En el arrecife de Alacranes se ha definido el alijo (Figura 19) como unidad de esfuerzo.

2.1 TOTAL DE EMBARCACIONES

La parte de la flota pesquera yucateca que cuenta con permiso para participar en la captura de langosta durante la temporada la constituyen 466 embarcaciones menores y 14 embarcaciones mayores (Tabla 8).

2.2 TIPO DE BARCO Y CAPACIDAD

Las embarcaciones menores son de fibra de vidrio, de 25 pies de eslora, 1.74 de manga y con capacidad de aproximadamente 2 toneladas, motor fuera de borda de 40 a 65 HP. Estas llevan un compás y algunas cuentan con LORAN. Se encuentran equipadas con un compresor para el buceo (Figura 13). Operan entre las 3 y las 20 brazas de profundidad. Sus puertos base son Celestún, Sisal, Progreso, Dzilam de Bravo, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo (Figura 15).

Las embarcaciones mayores son de 35 a 55 pies de eslora, con capacidad de bodega de 8 a 14 toneladas, motor estacionario diesel, autonomía de 10 a 15 días, video, sonda, CV, y radio VHF (Figuras 14, 16, 17 y 18). Funcionan como nodrizas de embarcaciones de 10 pies de eslora sin motor (Figura 19) o embarcaciones de 16 pies de eslora con motor de 10 HP (Figura 20). Operan alrededor del arrecife Alacranes entre las 3 y las 20 brazas y su puerto base es Progreso (Figura 15).

Las artes y técnicas de pesca utilizadas son: buceo libre y buceo con compresor, en ambos casos se utiliza el gancho como instrumento directo de captura.

Tabla 8.- Número de embarcaciones que participan en la pesquería de langosta del estado de Yucatán.

Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera de la Zona Centro-Poniente del Estado de Yucatán				
Cooperativa	Embarcaciones mayores. (35, 45 y 55 pies)	Embarcaciones menores. 25 pies (8.25 m)	Embarcaciones 16 pies (5.28 m)	Embarcaciones 10 pies (3.3m)
Nohoch Cuch		19		
Cayo Arena		10		
Real Celestún		8		
Ensenada de Celestún		14		
Costa Punta Palmar		12		
Cox-Caiba		24		
Pobre de dios		15		
Pescadores de Sisal	2	19		*
Pescadores del Golfo	5		27	*
Tigres del Mayal	3		4	*
Pescadores en General	4		18	*
Pescadores de Dzilam		50		
Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera del oriente del Estado de Yucatán				
Cooperativa	Embarcaciones mayores. (35, 45 y 55 pies)	Embarcaciones menores. 25 pies (8.25 m)	Embarcaciones 16 pies (5.28 m)	Embarcaciones 10 pies (3.3m)
Pescadores Unidos de San Felipe		112		
Manuel Cepeda		80		
Pescadores de Río Lagartos		43		
El Cuyo		60		
Total	14	466	49	104

Alto
Reef

2.3 PARTICIPANTES EN EL PROCESO DE CAPTURA

Los pescadores que participan en la pesquería de langosta de Yucatán se encuentran agrupados en Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera. El número de pescadores cooperativados que participan en la pesquería de langosta son 1 056 y de éstos 737 son buzos (Tabla 9). Además existe una población de pescadores libres de los cuales se desconoce el número.

2.4 ARTES DE PESCA

El único método de captura que se utiliza actualmente para langosta es el buceo con compresor o libre y el arte de pesca empleado es el gancho (Figuras 21 y 22). El número aproximado de compresores es de 433.

En los últimos ocho años se han probado alrededor de ocho tipos de nasas a lo largo de la costa yucateca sin que los resultados lograran un cambio en el método de pesca usado actualmente. De 1990 a 1993 también se introdujeron refugios artificiales ó "casitas" en la parte oriente del Estado (Dzilam de Bravo, Sn Felipe, Río Lagartos y El Cuyo) y dadas las características de construcción y la forma en que fueron instaladas, solo una proporción que se encuentra en fondo rocoso (chochol y laja) funciona como refugios artificiales para langosta y otras especies (Ríos *et al* 1995). En la actualidad en el estado de Yucatán, el Instituto Nacional de la Pesca y las Federaciones de Cooperativas de Producción Pesquera están probando los pesqueros levables de los cuales ya se tiene una primera evaluación (Ríos *et al.* 1997) y diferentes tipos de trampas (caribeña y japonesa) para la captura de langosta. Por otra parte en el estado de Campeche se desarrolló un Programa de la FAO y el Gobierno del Estado de 1994 a 1996 sobre el funcionamiento de trampas de diferentes tipos para la captura de langosta, las pruebas se han hecho en las costas de Campeche y en las principales zonas arrecifales de Yucatán como Banco Pera, arrecife Alacranes y Bajos del Norte (William Stewart. FAO. Com. Pers.).

Tabla 9.- Cooperativas, número de pescadores y buzos que participan en la pesquería de langosta en el estado de Yucatán.

COOPERATIVA	SOCIOS	BUZOS
Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera de la Zona Centro-Poniente del Estado de Yucatán		
Nohoch Cuch	18	15
Cayo Arena	18	18
Real Celestún	28	28
Ensenada de Celestún	18	18
Costa Punta Palmar	24	24
Cox-Caiba	27	27
Pobre de dios	25	25
Pescadores de Sisal	19	19
Pescadores del Golfo	41	41
Tigres Pescadores del Mayal	17	17
Pescadores en General	42	42
Pescadores de Dzilam	96	70
Subtotal	373	344
Federación Regional de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera del oriente del Estado de Yucatán		
Pescadores Unidos de San Felipe	207	150
Manuel Cepeda	172	100
Pescadores de Río Lagartos	184	43
El Cuyo	120	100
Subtotal	683	393
TOTAL	1 056	737

2.5 DURACION DE LAS OPERACIONES

Las embarcaciones menores que se dedican a la captura de langosta hacen viajes de un día, la duración de sus operaciones (embarque, viaje al área de pesca, búsqueda, captura, regreso al puerto, desembarque y entrega del producto) es de 9 horas en promedio. Las

embarcaciones de la flota mayor hacen viajes de 15 días, la duración de sus operaciones diarias son de 7 horas promedio.

3 REGIMEN DE PESCA

3.1 BASES DE OPERACION Y PUERTOS DE DESCARGA

Las bases de operación y descarga de la flota menor son los puertos de Celestún, Sisal, Dzilam Bravo, San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo. La flota mayor tiene como base de operación y descarga el puerto de Progreso (Figura 15).

3.2 TEMPORADA DE PESCA

La temporada de pesca inicia el primero de julio y finaliza el último día del mes de febrero.

3.3 AREAS DE PESCA

Las embarcaciones menores de Yucatán operan en 3 zonas: al poniente (embarcaciones de Celestún, Sisal y Progreso), centro (embarcaciones de Dzilam) y oriente (embarcaciones de San Felipe, Río Lagartos y El Cuyo). Las embarcaciones mayores operan en las áreas cercanas a las Islas del arrecife Alacranes (Pérez, Desertora y Desterrada) a una profundidad de 1 a 20 brazas. Las áreas calculadas para cada zona de pesca se presentan en la Tabla 3.3.1 y en la Figura 15.

Tabla 10.- Areas calculadas de las diferentes zonas de pesca de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán (De Ríos *et al.* 1996).

ZONA	HECTAREAS
PONIENTE	1 594 810.07
ALACRANES	285 922.12
CENTRO	383 290.20
ORIENTE	688 960.70
TOTAL	2 952 983.09

3.4 DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES

Las embarcaciones de la flota artesanal emplean un tiempo de 2 a 3 horas de viaje y las horas efectivas de pesca promedio son seis. El sistema de pesca consiste en la búsqueda de refugios naturales en donde se encuentra la langosta a través del buceo. La búsqueda se prolonga a veces hasta cuatro horas y cuando se localiza algún refugio con langosta, el buzo engancha en pocos minutos a los organismos y las sube a la embarcación.

La duración del viaje a las áreas de pesca donde opera la flota mayor como nodriza es de 9 a 12 horas. En los alijos y embarcaciones de 16 pies que dependen de cada embarcación se usa el buceo libre por regla durante los dos primeros viajes de la temporada (julio) después hay una combinación entre el buceo libre y el uso del compresor.

3.5 LEGISLACION Y NORMATIVIDAD

La regulación del aprovechamiento de todas las especies de langosta en las aguas de jurisdicción federal del Golfo de México y mar Caribe se estipula en la Norma Oficial Mexicana NOM-006-PESC-1993 publicada en el Diario Oficial del 31 de diciembre de 1993 y modificada en sus apartados 3.4 y 3.5 el 21 de abril de 1995 y el 1 de julio de 1997. Las medidas de regulación vigentes a la fecha son:

- La captura de langosta se puede realizar mediante buceo libre o "apnea", buceo autónomo con "scuba", buceo con "hookah" y "casitas" pudiéndose utilizar ganchos como instrumentos complementarios. Cualquier otro equipo y/o método de captura requerirá autorización de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, con base en la opinión del Instituto Nacional de la Pesca.
- La talla mínima de captura para *Panulirus argus* es de 145 mm de longitud abdominal equivalente a 80.5 mm de longitud cefalotorácica.
- Los titulares de concesiones o permisos para el aprovechamiento de langosta, están obligados a devolver al mar, en las mejores condiciones de sobrevivencia posibles, los ejemplares de langosta que no cumplan con la talla mínima y las langostas hembras en estado avanzado de madurez reproductiva.
- Existe una veda de 4 meses, inicia el 1o. de marzo y finaliza el 30 de junio.

El arrecife Alacranes (Figura 15) es una zona de gran importancia para el desarrollo de la pesquería de langosta en el Estado debido a que aquí opera la flota mayor dedicada a esta actividad obteniéndose una buena parte de la producción. A esta zona se le decretó el 6 de junio de 1994 como Área Natural Protegida como Parque Marino Nacional. Actualmente no existe Programa de Manejo de Parque Marino en Operación y la flota en esta temporada se encuentra operando normalmente.

4. CAPTURA

4.1 VOLUMEN Y VALOR

La parte de la langosta que se comercializa es la cola y los precios que se reportan en la Tabla 11 son para kg de cola. Para reportar las toneladas de langosta entera capturada se multiplican las toneladas de cola por un factor 3. En la Figura 23 se muestra el comportamiento de la captura en peso entero de los últimos diez años.

4.2 COMPOSICION DE LA CAPTURA

La composición de especies en la captura durante la temporada de pesca de langosta en orden de importancia son: langosta (*Panulirus argus*), mero (*Epinephelus morio*), boquinete (*Lachnolaimus maximus*), cabrilla (*Epinephelus adscensionis*), pargo mulato (*Lutjanus griseus*), abadejo (*Mycteroperca bonaci*) y pulpo (*Octopus maya*). Tanto los peces como el pulpo tienen menor precio en el mercado, pero su importancia en el comportamiento económico de la pesquería deriva del volumen de captura.

Tabla 11.- Volúmenes de captura en kg de cola de langosta de los últimos diez años, kg de langosta entera capturada y precio en pesos mexicanos por kg de cola de langosta.

Temporada	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Captura de colas de langosta (ton)	182	162	151	104	112	120	211	169	225	143
Captura de langosta entera (ton)	546	486	453	312	336	360	633	507	675	429
Precio \$ kg/cola	22.8	38.1	34.3	43	43	35	36	55	135	150

4.3 RENDIMIENTO: CAPTURA POR UNIDAD DE ESFUERZO

Las estimaciones de la captura por unidad de esfuerzo (cpue) y esfuerzo de pesca aplicado a las diferentes zonas de pesca de Yucatán durante las temporadas 92-93 a 94-95 se presentan en la Tabla 12. El esfuerzo está dado en número de viajes y la estimación del número de lanchas que operaron se calculó considerando que durante las diferentes temporadas de pesca solo se pudo bucear 165 días (Ríos *et al.* 1996). Como se puede observar la cpue es baja sin embargo la rentabilidad de la pesquería está equilibrada por la presencia de otras especies en la captura. En la Figura 24 se presenta el patrón de comportamiento general que sigue la cpue media durante la temporada de pesca.

Tabla 12.- Estimaciones de captura por unidad de esfuerzo (cpue) y esfuerzo aplicado durante las temporadas 92-93, 93-94 y 94-95 en las diferentes zonas de pesca del estado de Yucatán (De Ríos *et al.* 1996).

PONIENTE			
TEMPORADA	CPUE	ESFUERZO	LANCHAS
92-93	8.78±3.82	3372±132	21
93-94	5.11±1.23	4059±65	25
94-95	6.83±1.77	5235±87	33
ALACRANES			
92-93	5.09±2.37	7382±120	46
93-94	4.58±1.24	8879±173	65
94-95	3.24±1.67	12077±99	75
CENTRO			
92-93	5.77±1.85	3173±150	20
93-94	7.48±2.72	1409±114	9
94-95	6.42±1.22	2604±175	16
ORIENTE			
92-93	4.21±0.65	23353±301	146
93-94	5.83±0.32	15665±221	98
94-95	6.85±0.48	15512±124	97

5. INDUSTRIALIZACION

5.1 INDUSTRIAS PROCESADORAS

De las 16 cooperativas que capturan langosta en el estado de Yucatán, ninguna cuenta con planta procesadora. Algunas mantienen a la langosta en cuartos fríos, otras solo cuentan con neveras portátiles de diferente capacidad que utilizan hasta que el producto se transporta a las plantas en donde se procesa, desembarcan su captura y la llevan directamente a las plantas. La mayor parte de la producción de langosta es captada por los empresarios pesqueros que tienen plantas congeladoras instaladas en el puerto de abrigo Yucalpetén, en Progreso o en la ciudad de Mérida (Ocean Garden, Atlántida, PESCAMEX, Compañía Industrial del Golfo y Caribe, etc.).

5.2 ORGANIZACION INDUSTRIAL

En la actualidad la langosta es capturada por los pescadores organizados en cooperativas. Las congeladoras compran el producto y realizan todo el proceso industrial hasta la comercialización del producto.

5.3 ELABORACION DEL PRODUCTO

Los procesos a los que se somete la langosta en Yucatán están destinados a la obtención de colas de langosta como producto final. Esto se debe fundamentalmente al tipo de mercado (comprador de colas de langosta), al método de pesca utilizado y al poco desarrollo industrial con que se cuenta.

En los centros de recepción de los puertos donde opera la flota artesanal, las langostas se mantienen enhieladas durante un tiempo (de uno a cuatro días) hasta su envío a las plantas congeladoras ubicadas en el puerto de Progreso, Yucalpetén y en la ciudad de Mérida. La elaboración del producto consiste en la limpieza, selección, empaque, congelación y embarque.

5.4 CAPACIDAD INSTALADA DEL PROCESO

No existen instalaciones para el manejo exclusivo de la langosta. Las instalaciones utilizadas para el procesamiento de esta especie también son empleadas para el procesamiento de la gran variedad de especies que se explotan en la región y que llegan a las congeladoras (mero, huachinango y pulpo principalmente). Sin embargo en las plantas en las que se realiza la selección, limpieza y empaque, se pueden procesar cerca de tres toneladas diarias de colas de langosta (Zetina *et al.* 1992; Atlántida del Sur Com. Pers. 1997).

6. DISTRIBUCION Y MERCADO DEL PRODUCTO

6.1 MERCADO INTERNO

El mercado interno inicia en los puertos en donde se desembarca la langosta (Celestún, Sisal, Progreso, San Dzilam de Bravo, San. Felipe, Río Lagartos y El Cuyo), ya que existe un mercado local (restaurantes) que capta principalmente langosta fuera de talla la cual se paga a un precio muy por abajo del establecido en el mercado, la venta la hace directamente

el pescador. Parte de la producción también se distribuye a Cancún, Mérida y la Ciudad de México y la venta la realizan varios intermediarios o las mismas congeladoras que se dedican a la exportación.

La mayor parte de la producción llega a las cooperativas y estas la envían a la empresa instalada en el puerto de Progreso o en la ciudad de Mérida, la cual lleva a cabo el procesamiento de langosta requerido para exportación. Posteriormente se envía por vía terrestre en termoking hasta los Estados Unidos de Norteamérica (San Diego y Washington). Se puede decir que la producción de langosta tiene un mercado asegurado en los centros turísticos nacionales y en los Estados Unidos y la demanda es mayor que la oferta.

El precio pagado al pescador de la langosta que pasa a las empresas (procesadoras, almacenadoras y exportadoras) es determinado por la cotización en dólares en el mercado extranjero y no existe precio al pescador por categorías de tamaño. Del precio de la langosta vigente en dólares se hacen descuentos importantes a los pescadores para el funcionamiento de sus organizaciones (cooperativas) y es variable de una organización a otra.

En el mercado internacional el precio de langosta fluctúa entre los 18 y 22 dólares el kg de cola (entre 9 y 11 dólares/libra), sin embargo en la temporada 1996-1997 alcanzó los 26 dólares el kg de cola (13 dólares/libra). En la Tabla 11 se muestra la captura en kg de cola y los precios de la langosta de 1987 a 1997 en pesos mexicanos (Fuente: Delegación de Pesca en Yucatán y Cooperativas).

6.2 MERCADO EXTERNO

El mercado externo está restringido a los Estados Unidos de Norteamérica, principalmente a San Diego, California y Washington y la venta la hacen principalmente dos compañías: Ocean Garden y Atlántida del Sur.

7. DIAGNOSIS DE LA PESQUERIA

7.1 EFICACIA OPERATIVA

La pesquería es artesanal y en general poco eficiente en el proceso de captura, esto repercute en el peso y calidad del producto (debido al uso del gancho en la extracción), en la seguridad del pescador (por accidentes de buceo) y en la diversificación del producto para su comercialización (solo se obtienen colas como producto final). Por otra parte hay ineficiencia en el manejo y conservación del producto durante los viajes de pesca.

7.2 MARCO SOCIOECONOMICO

La pesquería de langosta juega un papel importante como fuente de empleo, principalmente en el proceso de captura. Sin embargo en el estado de Yucatán, aún en la temporada de langosta, los pescadores orientan su esfuerzo a otras especies que fueron mencionadas en su momento. Debido a esto es difícil estimar sus costos y beneficios, considerando únicamente la captura de langosta.

En la temporada de pesca las entradas de dinero para los pescadores son mayores que cuando solo pueden capturar escama. Este tiempo les ayuda a equilibrar su economía. Los

más beneficiados con la explotación de la langosta son los industriales pesqueros que reciben el producto de la captura y se ocupan de todo el proceso hasta su comercialización.

7.3 BALANZA COMERCIAL

Aunque el mercado para langosta se encuentra dividido localmente, centros turísticos del país (Mérida y Cancún y la ciudad de México) y los Estados Unidos de Norteamérica, las exportaciones son del orden del 79% aproximadamente.

7.4 ORGANIZACION Y CAPACITACION

En la explotación de la langosta puede participar cualquier persona, sin embargo en el estado de Yucatán la mayor parte de pescadores que se dedican a esta actividad se encuentran organizados en sociedades cooperativas.

Una deficiencia en la organización de la pesquería es la falta de un sistema de control e inspección de la actividad pesquera, por tal efecto se violan las medidas de regulación como la talla mínima de captura y captura de hembras grávidas.

En relación a la capacitación se puede decir que el conocimiento sobre la forma de captura del crustáceo (buceo), está fundado en la observación y la experiencia y se transmite generacionalmente.

En el caso de la langosta, se presentan muchos accidentes de trabajo por descompresión y hay la necesidad de aprender ciertas técnicas de buceo que permiten al pescador realizar sus actividades con mayor seguridad. Este aprendizaje se adquiere a través de la capacitación. Los pescadores han recibido cursos sobre fisiología del buceo organizado por la Asociación Gilberto e impartido por especialistas de la Unidad Hiperbárica de la Universidad de Maryland y del South East Diving Institute pero no ha sido suficiente y se siguen registrando muchos accidentes de buceo.

Actualmente en el CRIP Yucalpetén se están elaborando manuales para la capacitación a pescadores: un manual de tablas de descompresión para el uso práctico de los pescadores, manual sobre manejo de recursos y un manual sobre construcción de artes de pesca utilizadas para la captura de langosta.

7.5 INVESTIGACION

Las investigaciones sobre el recurso langostero en el estado de Yucatán se han realizado tanto en el CRIP Yucalpetén como en el CINVESTAV Unidad Mérida o en ambas instituciones en forma conjunta. Algunos de los resultados obtenidos son: Análisis de las funciones de producción en la pesquería de langosta (Arceo y Seijo, 1988); Primeras consideraciones para el manejo de la pesquería en el estado (Fuentes *et al.* 1988); Marco Teórico para el manejo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* del Golfo de México y Mar Caribe (Seijo *et al.* 1988); Análisis bioeconómico de la pesquería artesanal de langosta, comparando los métodos de pesca utilizados en la Península de Yucatán (Seijo *et al.* 1991) y con énfasis en las relaciones captura-esfuerzo (Arceo y Seijo, 1991 y Arceo y Seijo, 1992); Estudios de la distribución del esfuerzo pesquero de la flota artesanal de langosta (Salas *et al.* 1990 y Cabrera y Salas, 1992); Estimaciones de crecimiento, mortalidad y biomasa en tres zonas del norte de la Península de Yucatán (Arce *et al.* 1991 y Salas *et al.* 1991); Algunos reportes sobre el asentamiento de postlarvas de langosta en la

zona nororiental del estado de Yucatán (Salas *et al.* 1990 ; Salas *et al.* 1992 y Aguilar *et al.* 1992). Epocas reproductivas y tallas promedio de madurez (Ramírez y Ríos, 1991); Métodos de captura para la langosta *Panulirus argus* utilizadas en las costas del estado de Yucatán en forma experimental (Cervera, *et al.* 1996); Evaluación de "casitas" o refugios artificiales introducidos en la costa oriente del estado de Yucatán (Ríos *et al.* 1995). Relaciones morfométricas de la langosta (*Panulirus argus*) de las costas de Yucatán (Zetina, *et al.* 1996). Análisis del esfuerzo pesquero aplicado en la pesquería de langosta en el estado de Yucatán (Ríos *et al.* 1996) Modelos de crecimiento de langosta espinosa (*Panulirus argus*) y un método para la determinación de la edad (Zetina y Ríos, 1996). Evaluaciones del tamaño de la población (Ríos y Zetina 1997; Zetina y Ríos 1997a; 1997b; 1997c; 1997d y 1997e). Muestra fotográfica de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) de las costas de Yucatán y el arrecife Alacranes (Ríos *et al.* 1997a). Evaluación de la captura de langosta realizada con el pesquero levable en la costa oriente de Yucatán (Ríos *et al.* 1997b). Estimaciones de la densidad de langosta *Panulirus argus*, caracol rosado *Strombus gigas* y mero *Epinephelus morio* en el arrecife Alacranes (Ríos *et al.* 1997c y Zetina *et al.* 1997) y Evaluación del recurso langosta en el arrecife Alacranes utilizando percepción remota (Liceaga *et al.* 1997).

Actualmente en el CRIP Yucalpetén se siguen monitoreos mensuales en los que se registran medidas de longitud, peso y sexo de los organismos, composición de la captura por especies, variables de esfuerzo y variables bioeconómicas, se recoge información de los avisos de arribo reportados por las cooperativas a las oficinas de pesca y de boletas de captura diaria de las cooperativas de la costa oriente y también se hacen prospecciones a lo largo de toda la costa y en el arrecife Alacranes. Todo esto con el fin de evaluar la pesquería, pronosticar las capturas, determinar el grado de explotación de langostas en la zonas de captura, tomando en cuenta la biología del recurso, aspectos espaciales del esfuerzo y aspectos económicos. Además se investiga sobre artes de pesca alternativas al buceo y gancho (pesquero levable y trampas).

En 1996 se instaló un Comité Técnico de Apoyo a la Investigación y Vigilancia de la langosta, conformado por la Delegación de la SEMARNAP en el Estado, las dos Federaciones de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera, los empresarios más importantes en la captación de langosta (Atlántida del Sur y Ocean Garden), la PROFEPA y el CRIP Yucalpetén. Durante la temporada 1996-1997 a través del Comité se recibió apoyo económico para investigación, proveniente de las cooperativas.

Por otra parte se participa en forma conjunta con el CINVESTAV en un Programa Integral de Investigación sobre el Parque Marino Nacional arrecife Alacranes, en el cual el CRIP Yucalpetén evaluará el recurso y propondrá la forma de explotación de langosta en la zona.

7.6 INFORMACION ESTADISTICA

La información estadística sobre langosta disponible proviene de: avisos de arribo reportados por las cooperativas a las oficinas de pesca en cada uno de los puertos, que a su vez son concentrados en el Centro de Informática y Estadística de la delegación estatal de la SEMARNAP, por otra parte en las cooperativas de la costa oriente se ha implantado el llenado de boletas de captura diaria, las cuales son transmitidas al CRIP Yucalpetén, además dentro del proyecto de investigación anual de langosta del CRIP se llevan a cabo muestreos periódicos durante la temporada de captura en los que se registran medidas de longitud, peso y sexo de los organismos, composición de la captura por especies, variables de esfuerzo y bioeconómicas.

7.7 FINANCIAMIENTO

Los recursos económicos necesarios para la operación de la flota langostera en algunas cooperativas se obtienen de las aportaciones que hacen sus socios. Sin embargo en la mayoría de los casos los empresarios dueños de las congeladoras mueven económicamente la flota asegurando con esto la producción obtenida durante toda la temporada de pesca.

7.8 CONTEXTO INTERNACIONAL

México es considerado el décimo séptimo lugar en la captura mundial de langostas (SEPECA, 1989) y séptimo como productor de langosta espinosa *Panulirus argus* Cruz *et al.* 1995) con una captura promedio de 1, 200 toneladas (peso vivo).

En relación a la investigación de esta especie existe un Programa de Colaboración entre México y Cuba.

7.9 FOMENTO A LA PESCA Y LA ACUACULTURA

Algunos particulares han probado trampas en zonas profundas (arriba de las 20 brazas) cerca del arrecife Alacranes. También en el estado de Campeche se desarrolló un Programa de la FAO y el Gobierno del Estado de 1994 a 1996 sobre el funcionamiento de trampas de diferentes tipos para la captura de langosta, las pruebas se hicieron en las costas de Campeche y en las principales zonas arrecifales de Yucatán.

8 CONCLUSIONES Y PRIORIDADES

8.1 CONCLUSIONES

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.

En relación al método de captura (buceo y gancho), éste implica problemas desde el punto de vista biológico, de salud y económico, sin embargo las investigaciones que se han hecho hasta el momento sobre artes de pesca alternativos indican que los rendimientos por arte son muy bajos y que para obtener una cpue que fuera rentable para el pescador tendría que hacerse una inversión por pescador muy grande (160 artes por pescador según Ríos *et al* 1997).

8.2 PRIORIDADES

Mantener actualizada la evaluación del estado de salud del recurso.

Hacer investigación sobre la biología de la especie en el área, que permita una mejor modelación y evaluación del recurso.

Regularizar el esfuerzo de pesca ilegal en la costa de Yucatán.

Establecer mecanismos de vigilancia eficaz que permitan el cumplimiento de las medidas de regulación oficiales.

Legislar sobre la capacitación y certificación obligatoria de buzos.

Probar nuevos métodos de captura para langosta y evaluar sus efectos desde el punto de vista biológico social y económico.

Contemplar en el Programa de Manejo del Parque Marino Nacional arrecife Alacranes la forma de explotación del recurso langostero en esa zona.

9 LITERATURA

Aguilar O. D., S. Salas y M. A. Cabrera. 1992. Caracterización de las zonas de asentamiento de postlarvas de langosta (*Panulirus argus* en la costa noreste de Yucatán. 45 Annual Proc. Gulf Caribb. Fish. Institute. 743.

Andrée, S. W. 1981. Locomotory y activity patterns and food items of benthic postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*. M. Sc. Thesis, Florida State University, Tallahassee, Fla.

ANUARIO ESTADISTICO DE PESCA. 1988. Dirección General de Programación e Informática. Secretaria de Pesca. 350 pp.

ANUARIO ESTADISTICO DE PESCA 1996. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. 232 pp.

Arce M., J. C. Seijo., S. Salas. 1991. Estimación del crecimiento de la langosta espinosa *Panulirus argus* Latreille, mediante funciones de singularidad. Revista de Investigaciones Marinas. 12 : 184-192.

Arce M., S. Salas., J. Sánchez y P. Arceo. 1992. Estimación de la mortalidad por pesca de la langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma continental de Yucatán. XI Congreso Nacional de Zoología, Octubre 1991, Mérida, Yuc. México.

Arceo B P. y J.C. Seijo. 1988. Análisis de las funciones de producción en la pesquería de langosta (*Panulirus argus*). Taller Regional sobre manejo de la pesquería de langosta. Puerto Morelos.

Arceo B P. y J.C. Seijo. 1991. Análisis de las funciones de producción de la flota artesanal para la captura de langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma yucateca y el Caribe mexicano.

Arceo B P. y J.C. Seijo. 1992. Análisis bioeconómico de las funciones de producción de la flota artesanal de langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma yucateca. 45 Annual Proc. Gulf Caribb. Fish. Institute. 840.

Cabrera J. L. y S. Salas. 1992. Análisis del esfuerzo pesquero en la pesquería de langosta (*Panulirus argus*) en tres puertos de la Península de Yucatán . 45 Annual Proc. Gulf Caribb. Fish. Institute. 790

Cervera C. K. , G. V. Rios 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 Sur, México.

Colinas Sánchez F. y P. Briones. 1990. Alimentación de las langostas *P. guttatus* y *P. argus* (Latreille, 1804) en el Caribe mexicano. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 17 (1): 89-106.

Cruz, R., J. A. Baisre., E. Díaz., R. Brito., C. García., W. Blanco y C. Carrodegas. 1987. Atlas- biológico pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de <inv. Pesq. la Habana, Cuba. 125 p.

- Cruz R., J. González., De León M. E., R. Puga. 1995. La pesquería de langosta espinosa (*Panulirus argus*) en el Gran Caribe. Evaluación y Pronóstico. Rev. Cub. de Inv. Pesq. 19(2) :63-76.
- Fuentes D., P. Arceo y S. Salas. 1991. Consideraciones preliminares para el manejo de la pesquería de langosta en Yucatán. In: P. Briones, de. Taller Regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. México. Publ. Técn. 1: 65-74
- Herrera A., R. Brito D. Ibarzábal., G González., G. Gotera., E. Díaz., C. Arrinda y J. Espinosa. 1994a. Alimentación natural de la langosta *Panulirus argus* en la región de Los Indios (plataforma sw de Cuba) y su relación con el bentos. Rev. De Invest. Mar. 12 (1-3): 172-182.
- Herrera A., D. Ibarzábal., J. Espinosa., R. Brito., G González., G. Gotera, y E. Díaz 1994b: Datos sobre el cobo *Strombus gigas* (Mollusca:Gastropoda) en la dieta de la langosta *Panulirus argus*. En Appeldoorn, R.S. y B. Rodríguez, eds., Queen Conch Biology, Fisheries and mariculture, Fundacion Cientifica Los Roques, 230 p.
- Herrera A y D. Ibarzábal. 1995. Aspectos ecológicos de la langosta *Panulirus argus* en los arrecifes de la plataforma cubana. Rev. De Invest. Mar. 19 (1): 59-63.
- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). In : J. S. Cobb y B. F. Phillips, eds. The Biology and Management of Lobsters. Vol. 2. Ecology and management. Pp. 59-96. Academic Press, Nueva York.
- Liceaga Correa M. A., V. Ríos Lara., C. Zetina Moguel y H. Hernández Nuñez. 1997. Clasificación rápida del sustrato arrecifal para la evaluación de los recursos pesqueros. 50 Annual Meeting Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Mérida Yucatán. Noviembre 1997.
- Lozano, E. y F. Negrete. 1990. Pesca exploratoria de la langosta *panulirus argus* con nasas frente a la Bahía de la Ascención en el Caribe mexicano. Proceedings of the International Workshop on Lobster Ecology and Fisheries. La Habana Cuba. July 1990.
- Marx, J. M. y W. F. Herrnkind. 1986. Species profiles: life histories and environmental requirements of coastal fishes and invertebrates (south Florida)-Spiny lobster. U. S. Fish. Wildl. Serv. Biol. Rep 82 (11.61). U. S. Army Corps of Engineers, TR-EL-82-4. 21 p.
- 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 y 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.

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. De Inv. Pesq. Jul-Dic. 1995. Vol 19-2. 50-56.

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. En prensa. Revista Oceanides del CICIMAR.

Ríos L. G.V. y C. Zetina M. 1997. Estimación de la población de langosta utilizando el método análisis de cohortes por longitudes. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP. No publicado.

Ríos L. G. V. , C. Zetina., K. Cervera., D. De Anda., F. Chablé., J.C. Espinosa., L. A. Pacheco., C. Mena y Agustín Sánchez. 1997a. Muestra Fotográfica de la langosta espinosa (*Panulirus argus*) de las costas de Yucatán y el Arrecife Alacranes. Sometido a revisión para publicación en la Rev. de Ingeniería Ambiental de la UADY.

Ríos L. G. V., C. Zetina y K. Cervera. 1997b. Evaluación de la captura de langosta realizada con el pesquero levable en la costa oriente de Yucatán. II Taller Binacional México-Cuba '97. Las langostas espinosas de América. Octubre 1997.

Ríos L. G. V. , K. Cervera., J.C. Espinosa., M. Pérez., C. Zetina y F. Chablé. 1997c. Estimaciones de la densidad de langosta *Panulirus argus* y el caracol rosado *Strombus gigas* en el área central del Arrecife Alacranes. En revisión para publicación. Ciencia Pesquera Nueva Epoca.

Salas, S., J.C. Seijo., P. Arceo., M. A. Liceaga., D. Aguilar., M. A. Cabrera., M. Arce y M. Cerro. 1990. Reclutamiento de langosta *Panulirus argus* en las costas de Yucatán y sus implicaciones en el aprovechamiento de la pesquería. 2do. Informe Técnico (Enero- Julio 1990). CINVESTAV- INP., Unidad Mérida. 17 p.

Salas, S., J.C. Seijo., P. Arceo., M. A. Liceaga., D. Aguilar., M. A. Cabrera., M. Arce y H. Hernández. 1992. Reclutamiento de langosta *Panulirus argus* en las costas de Yucatán y sus implicaciones en el aprovechamiento de la pesquería. 3er Informe Técnico. CINVESTAV-CRIP. 70 p. No publicado.

Salas, S., J.C. Seijo., P. Arceo y M. Arce. 1990. Distribución espacio temporal del esfuerzo pesquero de la flota artesanal de langosta (*Panulirus argus*) en la plataforma yucateca. CINVESTAV :CRIP. 13 p. No publicado.

Salas, S., M. Arce., P. Arceo y J.C. Seijo. 1991. Análisis espacial de crecimiento y mortalidad de la langosta en la plataforma continental de Yucatán. XI Congreso Nacional de Zoología, Octubre 1991, Mérida, Yuc. México.

Salas, S., D. Aguilar., M. A. Cabrera y P. Arceo., D. Aguilar. 1992. Patrones de asentamiento de langosta (*Panulirus argus*) en la costa oriente de Yucatán. CINVESTAV-CRIP. 10 p. No publicado.

Schnute J. 1985. A general theory analysis of catch and effort data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42 :414-429.

Seijo J. C., Silvia S. y P. Arceo. 1988. Marco Teórico para el manejo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* del Golfo de México y Mar Caribe. Taller Regional sobre manejo de la pesquería de langosta. Puerto Morelos Quintana Roo. Junio 1988. 47-54.

Seijo G. J. C., S. Salas., P. Arceo., D. Fuentes. 1991. Análisis Bioeconómico comparativo de la pesquería de langosta *Panulirus argus* de la Plataforma Continental de Yucatán. FAO Fish. Rep. No. 431, Suppl. : 39-58.

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. 440 p.

Zetina M. C., M. Ching y J. M. Rodríguez. 1992. Programa de Cooperación Pesquera México-Cuba 1991-1994. Pesquería de Langosta. Primer Informe. CRIP Yucalpetén.

Zetina M. C. E., G. V. Ríos y K. Cervera. 1996. Relaciones morfométricas de la langosta (*Pamulirus argus*) de las costas de Yucatán. *Ciencia Pesquera. Ins. Nal. de la Pesca. Sria de Medio Amb. Rec. Nat y Pesca. México.* (12) :41. JUN 1996.

Zetina M. C. y G. V. Ríos. 1996. Modelos de crecimiento de langosta espinosa (*Pamulirus argus*) y un método para la determinación de la edad. En revisión para publicación. *Ciencia Pesquera Nueva Epoca.*

Zetina M. C. y G. V. Ríos. 1997a. Estimacion del tamaño de la poblacion de langosta en la costa oriente de Yucatán utilizando un modelo de decaimiento. Informe técnico. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP.

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. No Publicado

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. No publicado.

Zetina M. 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. No publicado.

Zetina M. C. y G. V. Ríos L. 1997e. Estimación del tamaño de la población, tasa de explotación y mortalidad por pesca de la langosta *Pamulirus argus* en las costas de Yucatán con diferentes modelos de evaluación. 50 Annual Meeting Gulf and Caribbean Fisheries Institute. Mérida Yucatán Noviembre 1997. Sometido a revisión.

Zetina M. C., D. De Anda., K. Cervera y V. Ríos. 1997. Evaluación de la poblaciones de langosta (*Pamulirus argus*), caracol rosado (*Strombus gigas*) y mero (*Epinephelus morio*) en el Arrecife Alacranes. Informe de Investigación. CRIP Yucalpetén. INP. SEMARNAP.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las Federaciones Regionales de Sociedades Cooperativas de Producción Pesquera Oriente y Centro-Poniente, por su apoyo en la obtención de información sobre la pesquería, a los Investigadores del CINVESTAV Silvia Salas y Miguel Cabrera por su aportación de la fotografía del puerulus, a la Delegación Federal en Yucatán de la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP).

ANEXO I

Lista de Tablas

- Tabla 1.- Estimaciones de biomasa y número de organismos por Ha
- Tabla 2.- Capacidad de carga del área langostera considerando diferentes densidades
- Tabla 3.- Estimaciones de K , r , q y p , RMS y de la densidad de langosta por Ha
- Tabla 4.- Series de captura, biomasa estimada y cpue observado y calculado
- Tabla 5.- Estimación de biomasa variando los valores de M y K
- Tabla 6.- Estimaciones de F y F/Z promedio variando los valores de M y K
- Tabla 7.- Tasa de explotación, biomasa vulnerable y captura observada y predicha
- Tabla 8.- Número de embarcaciones que participan en la pesquería de langosta
- Tabla 9.- Cooperativas, número de pescadores y buzos que participan en la pesquería de langosta en el estado de Yucatán
- Tabla 10.- Areas calculadas de las zonas de pesca de langosta espinosa *Panulirus argus* en el estado de Yucatán
- Tabla 11.- Volúmenes de captura en kg de cola de langosta de los últimos diez años, kg de langosta entera capturada y precio en pesos mexicanos por kg de cola de langosta
- Tabla 12.- Estimaciones de cpue y esfuerzo aplicado durante las temporadas 92-93, 93-94 y 94-95 en las diferentes zonas de pesca del estado de Yucatán

ANEXO II

Figura 1. Langosta *Panulirus argus* adulta.

Figuras



Figura 2. Langosta *Panulirus argus* en fase pueril (puerulus).

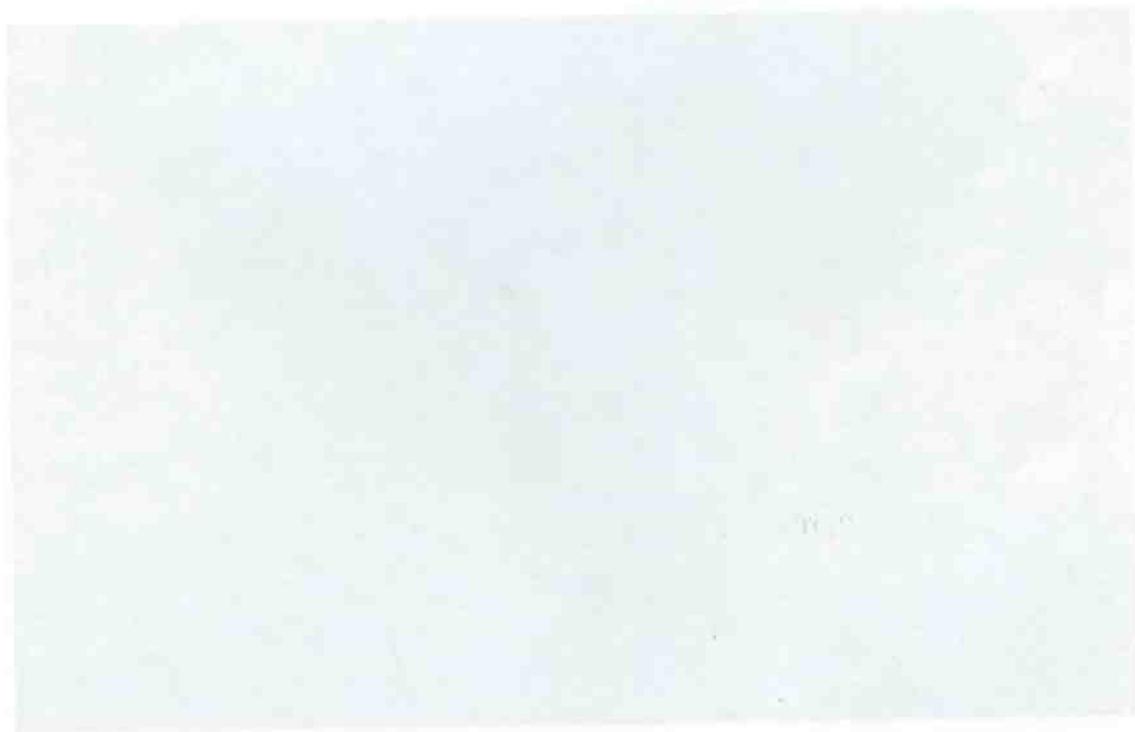


Figura 1. Langosta espinosa *Panulirus argus* adulta.



Figura 2. Langosta espinosa *Panulirus argus* en fase postlarval (puerulus).

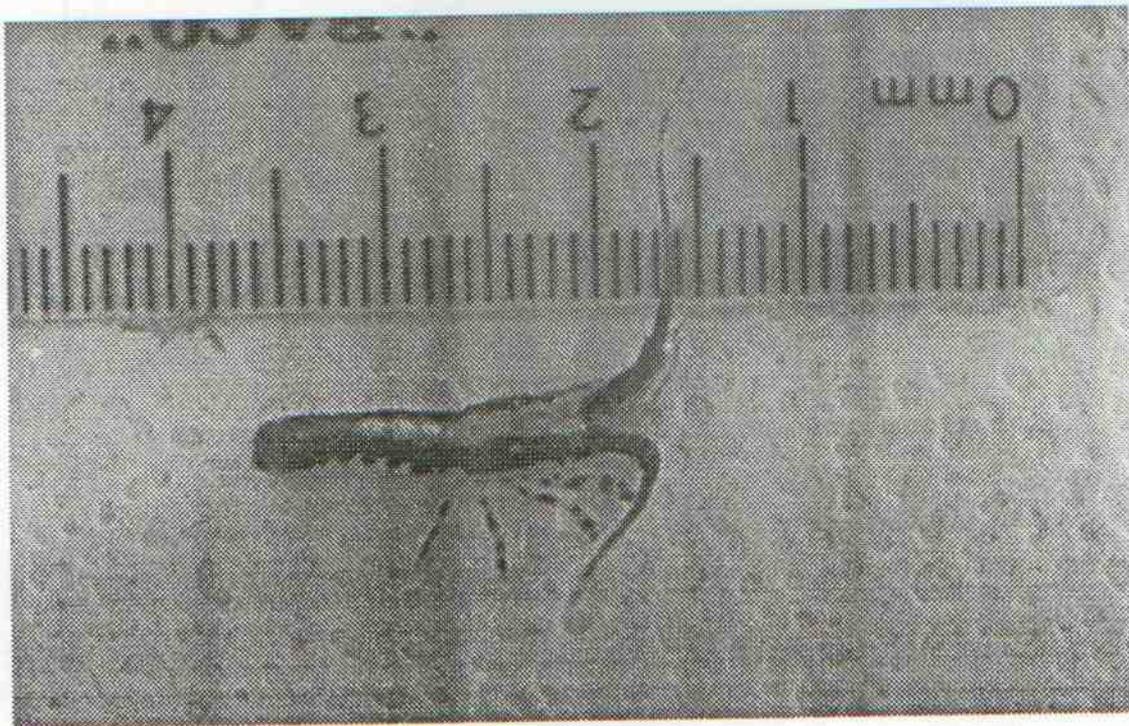


Figura 3.- Estructura de edades presente en la captura comercial de langosta *Panulirus argus*

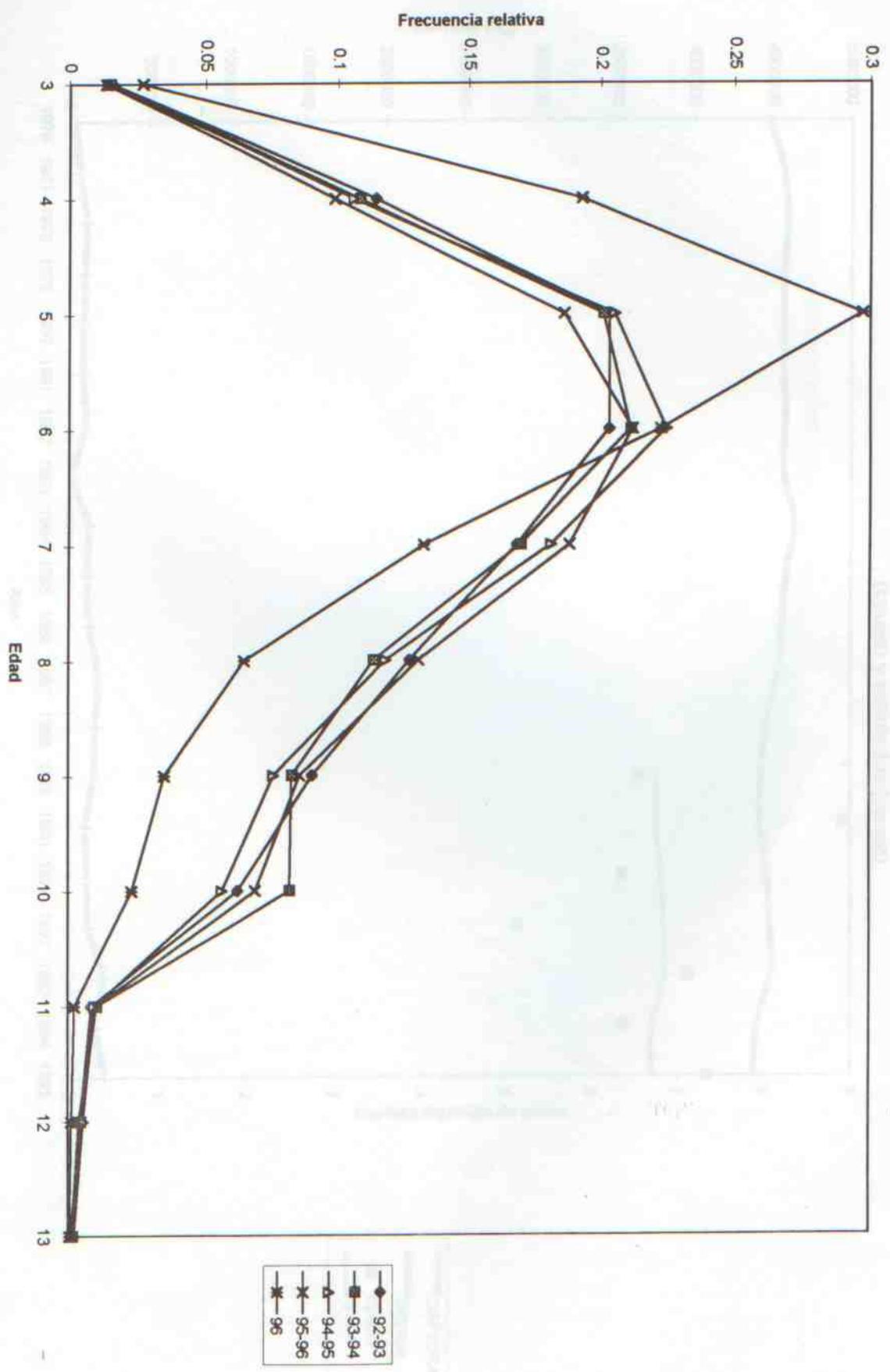
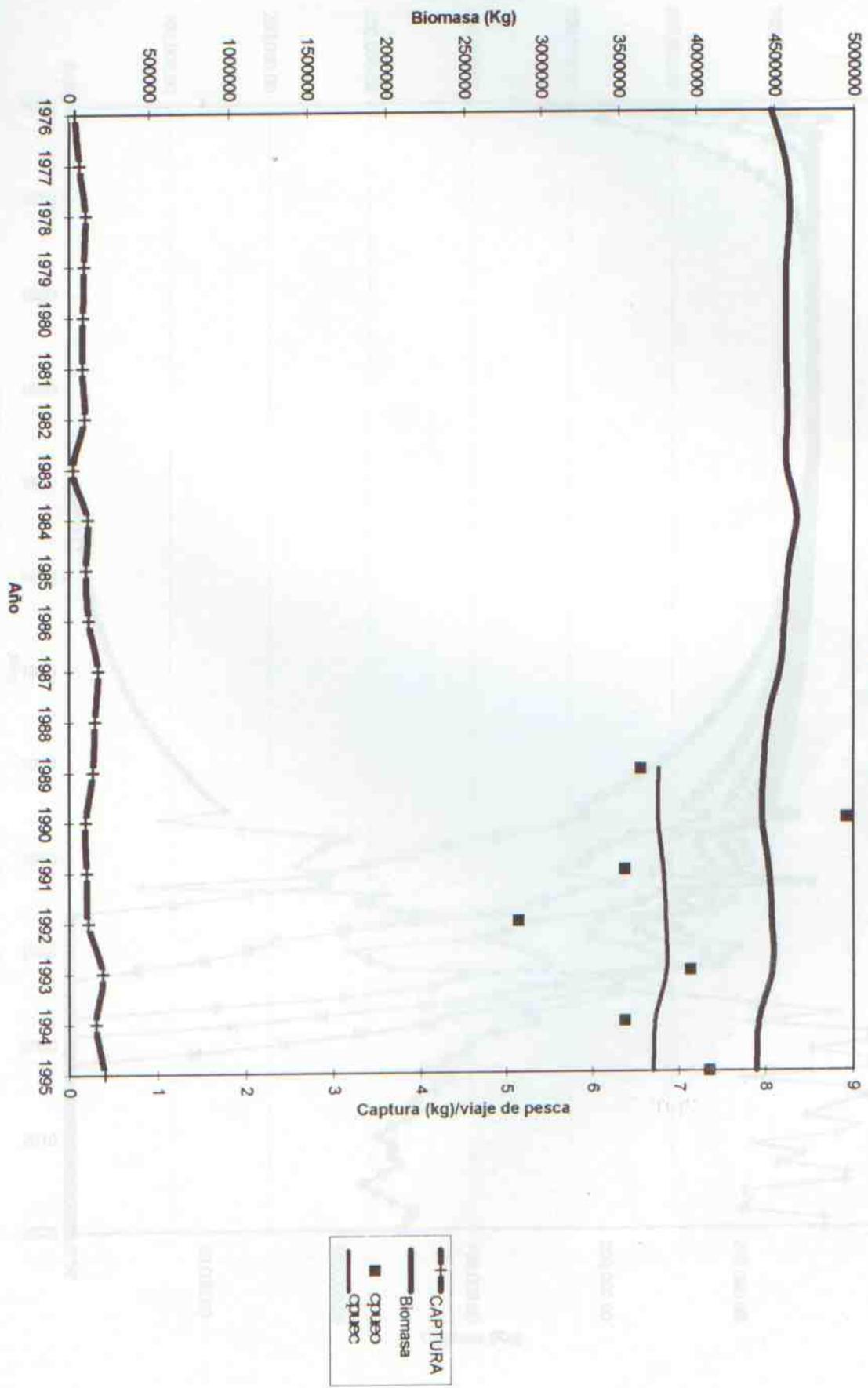


Figura 4.- Dinámica de la Biomasa, Captura de Langosta espinosa e índices de abundancia relativa observados (cpueo) y estimados (cpuec)



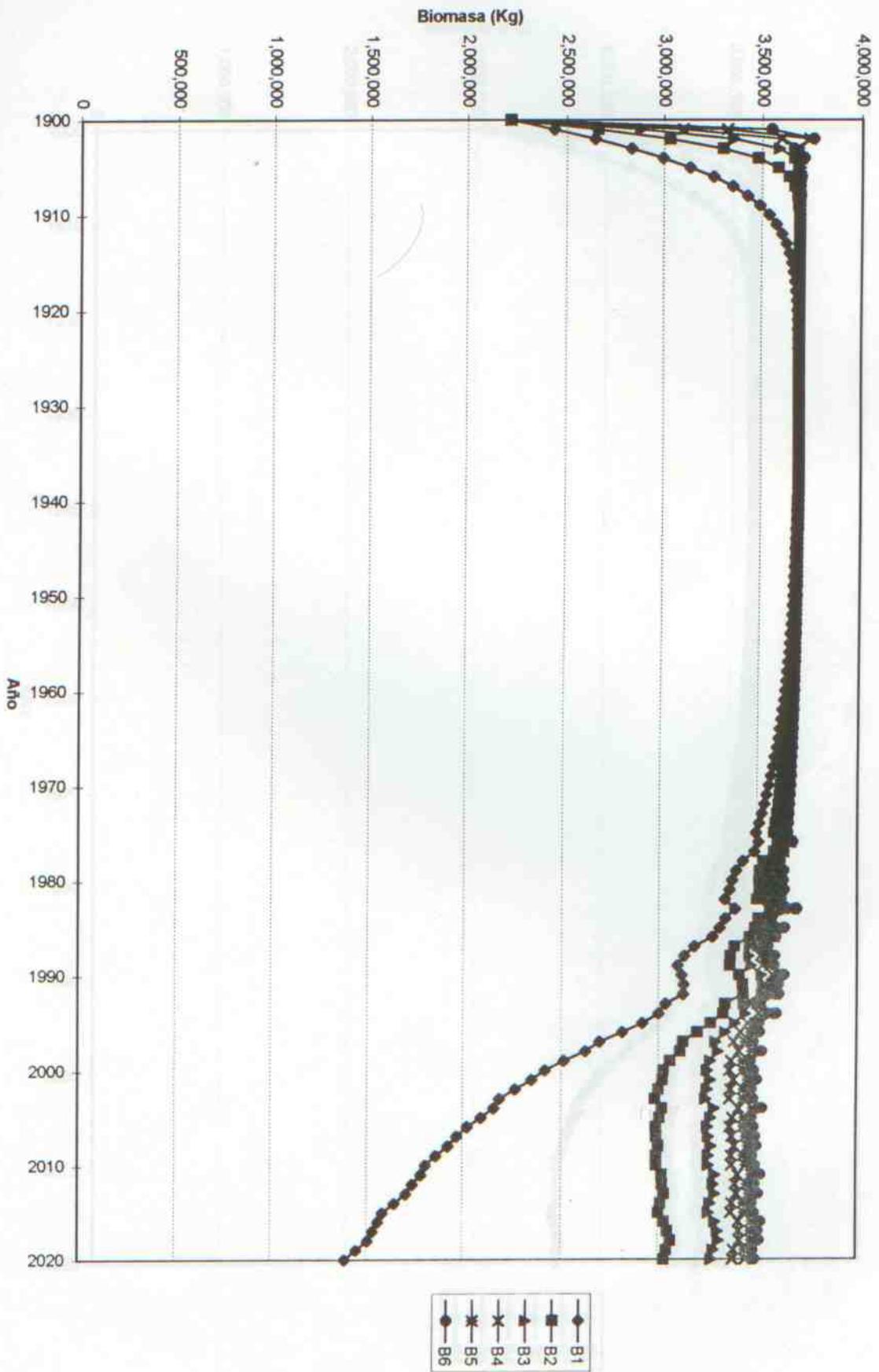


Figura 7.-Comportamiento de la Biomasa de langosta espinosa cuando K=5 organismos/Ha

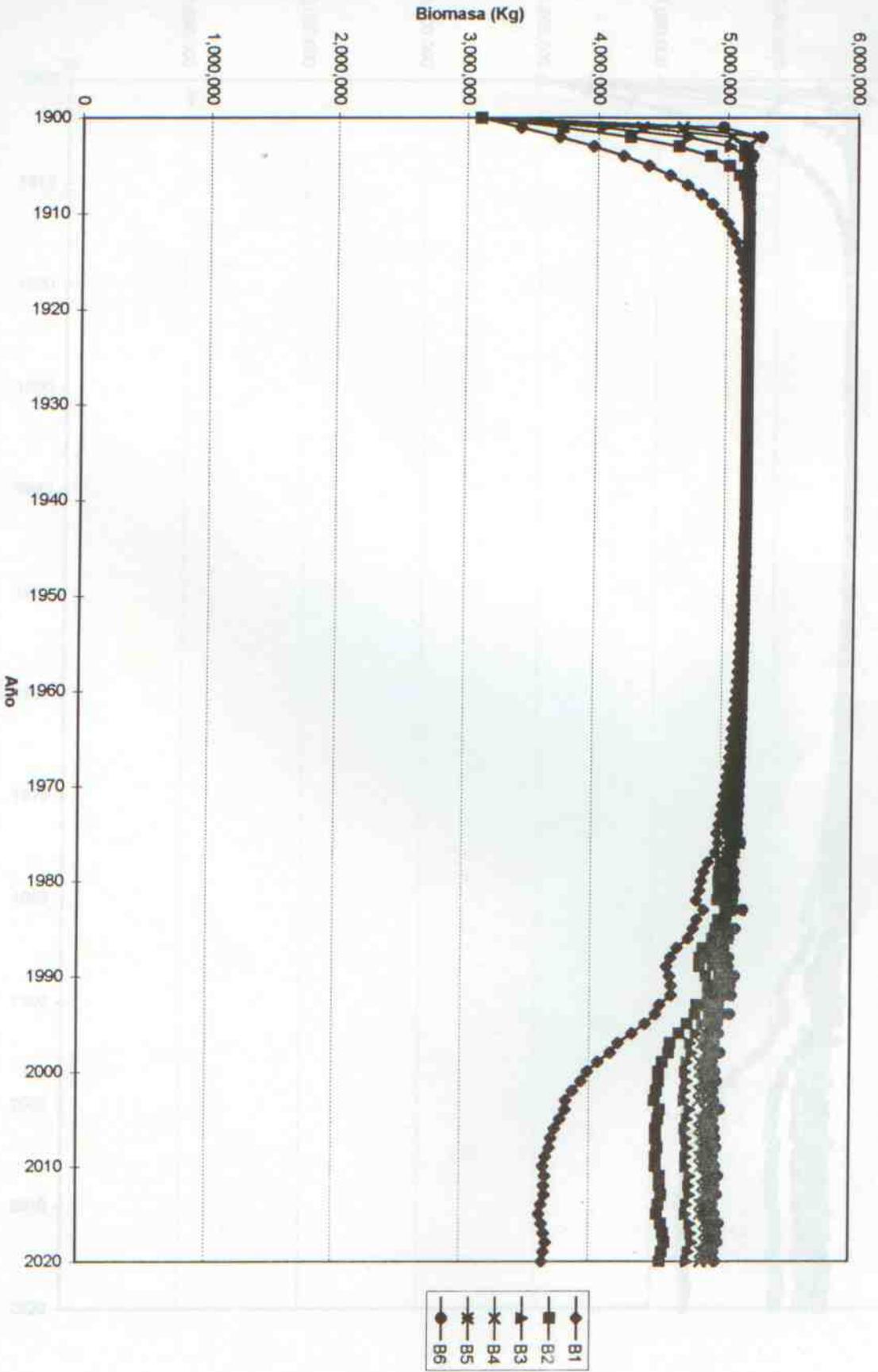


Figura 8.- Comportamiento de la Biomasa de langosta espinosa cuando $K=7$ organismos/Ha

Figura 12.- Comportamiento del peso medio y la tasa de explotación de la población de langosta en las costas de Yucatán.

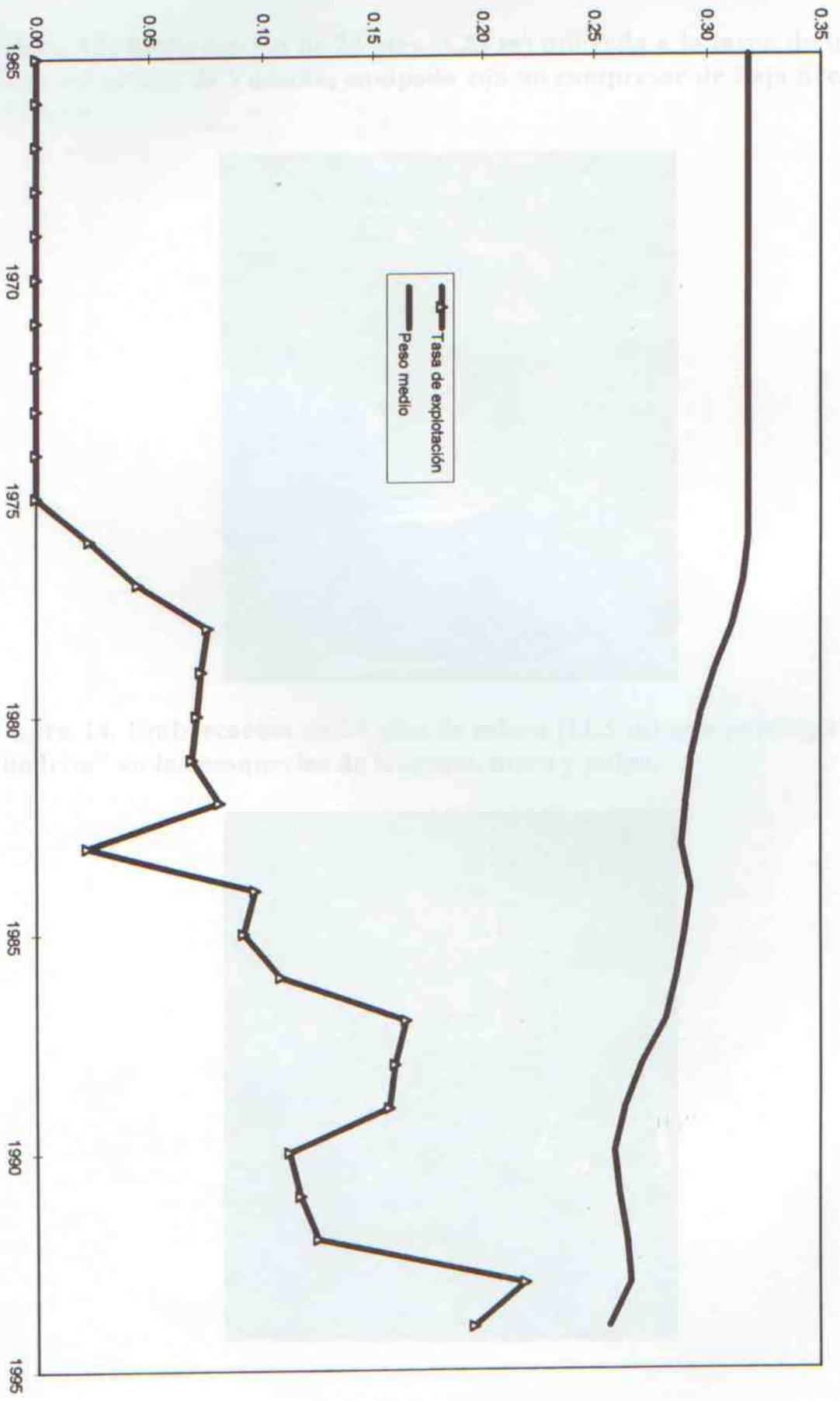


Figura 13. Embarcación de 25 pies (8.25 m) utilizada a lo largo de toda la costa del estado de Yucatán, equipada con un compresor de baja presión y LORAN.

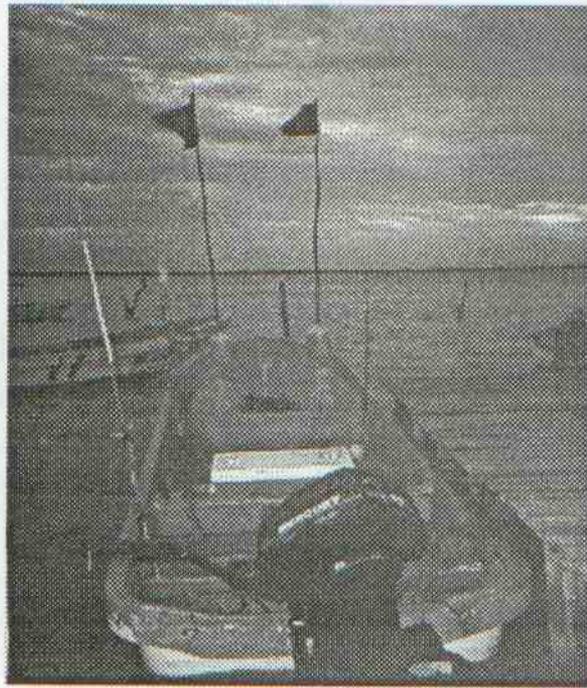


Figura 14. Embarcación de 35 pies de eslora (11.5 m) que participa como “nodriza” en las pesquerías de langosta, mero y pulpo.

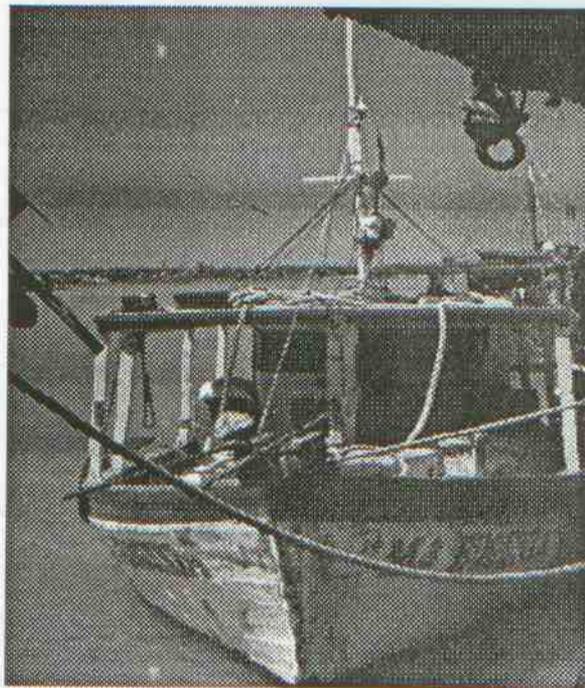


Figura 16. Embarcaciones “nodriza” de 48 pies (15.8 m) que participa en las pesquerías de langosta, mero y pulpo.



Figura 17. Embarcación de 55 pies de eslora (18 m) que participa como “nodriza” en la pesquería de langosta y otras pesquerías como las de mero y pulpo.

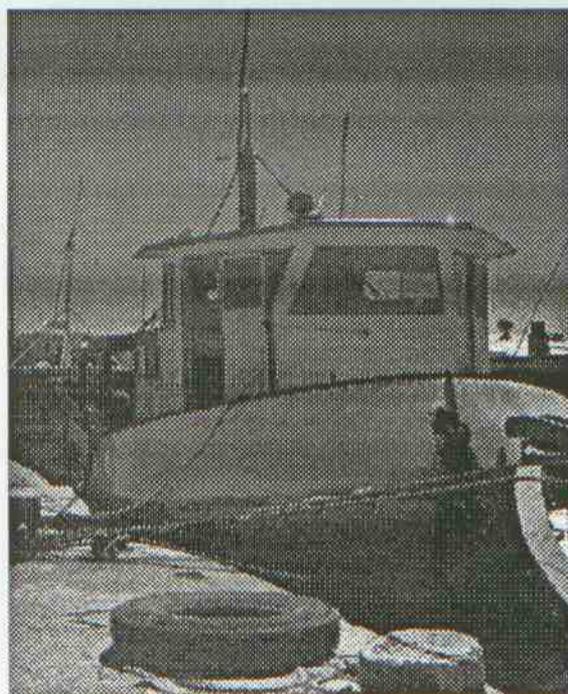


Figura 18. Embarcaciones de 55 pies de eslora (18 m) que participa como “nodriza” en la pesquería de langosta y otras pesquerías como las de mero y pulpo. A un lado un “alijo”.

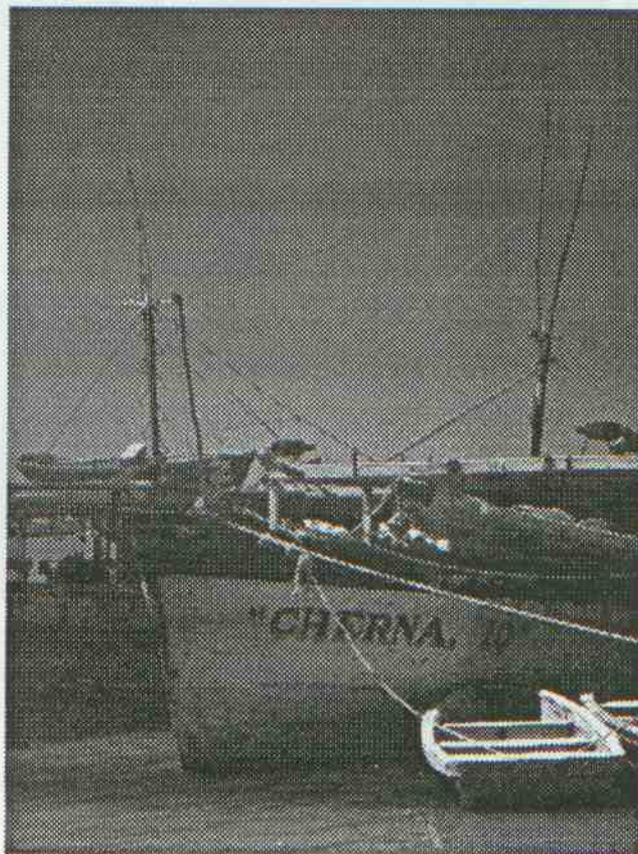


Figura 27. Muelle de las embarcaciones.

Figura 28. Muelle de las embarcaciones.

Figura 19. "Alijo" mide 10 pies (3.3 m) y son transportados en número de 6 a 12 sobre las embarcaciones "nodriza".



Figura 20. Embarcación de 16 pies (5.28m) con motor de 10 HP auxiliar de las embarcaciones "nodriza" en la captura de langosta.



Figura 21. La captura de langosta en zonas poco profundas de la costa poniente de Yucatán y en el arrecife Alacranes se hace por medio del buceo libre.



Figura 22. Buzo con langosta enganchada.



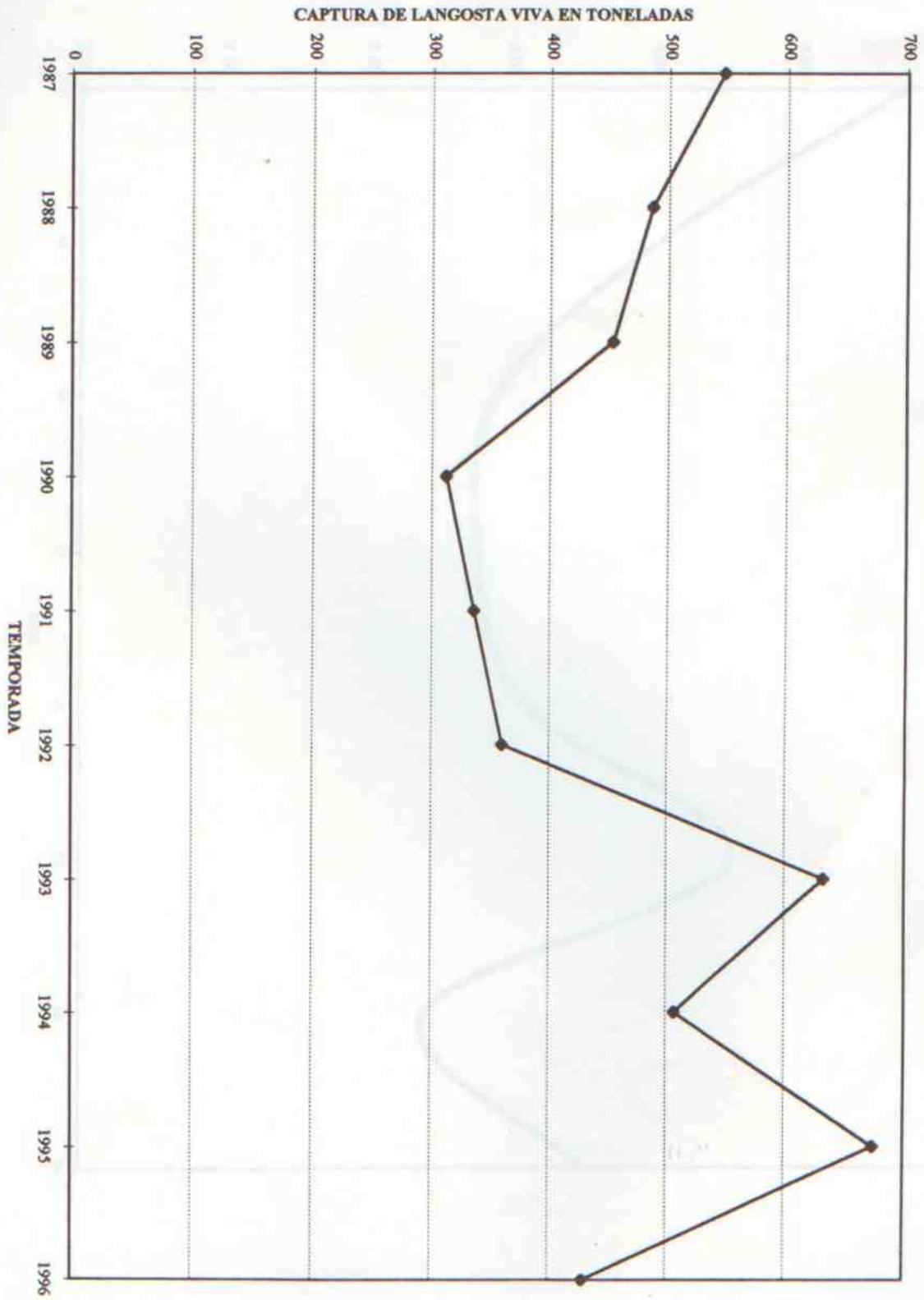


Figura 23.- Captura de langosta espinosa *Panulirus argus* en las costas del estado de Yucatán

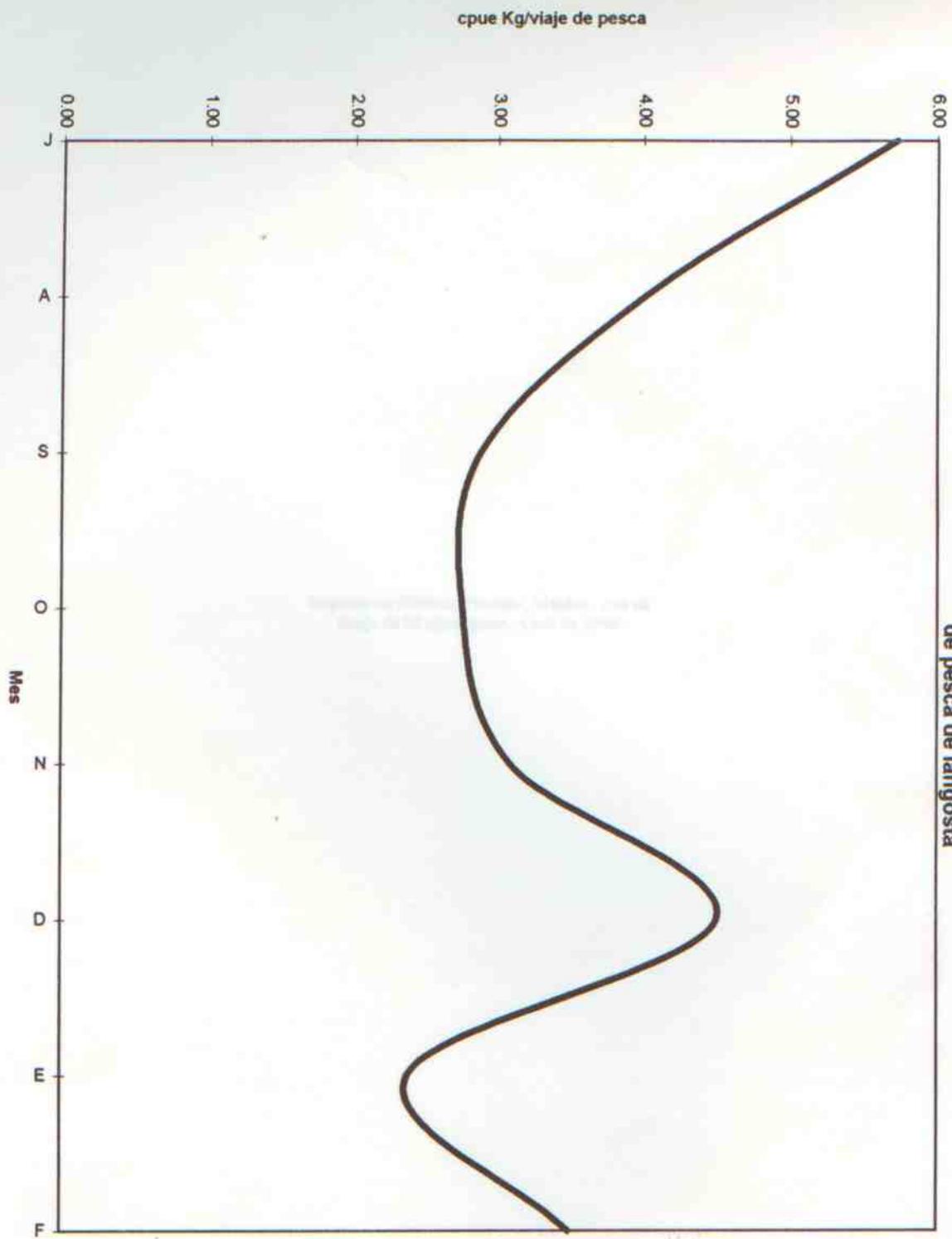


Figura 24.- Comportamiento general de la cpue durante la temporada de pesca de langosta

Impreso en Mérida, Yucatán, México., con un
tiraje de 50 ejemplares. Abril de 1998.