



00381

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.

10
zej

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS.

PESQUERIA, DINAMICA POBLACIONAL Y
MANEJO DE LA LANGOSTA *Panulirus argus*
(Latreille, 1804) EN LA BAHIA DE LA
ASCENSION, Q. R. MEXICO.

TESIS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Que para obtener el grado académico de:
Doctor en Ciencias (Biología)

presenta

ENRIQUE LOZANO ALVAREZ

Director de tesis: M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

Página

INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	3
Distribución y ciclo de vida de <u>Panulirus argus</u> . . .	3
Importancia pesquera de <u>Panulirus argus</u> en Quintana Roo	4
Propósito, desarrollo y alcances del trabajo	5
2. AREA DE ESTUDIO	9
Península de Yucatán y costa de Quintana Roo	9
La Bahía de la Ascensión	11
3. LA PESQUERIA DE LANGOSTAS EN QUINTANA ROO Y EN BAHIA DE LA ASCENSION	14
MATERIAL Y METODOS	14
Producción estatal y en Bahía de la Ascensión	14
Captura y Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) en Bahía de la Ascensión	14
RESULTADOS Y DISCUSION	16
• La pesquería en Quintana Roo	16
Historia y desarrollo	16
Reglamentación de la captura de langosta	18
Industrialización de la captura	18
La pesquería actual: zonas de captura de langosta y métodos de pesca	19
La producción de langosta en Quintana Roo	21
Consideraciones sobre la pesquería en Quintana Roo	23
• La pesquería en Bahía de la Ascensión	29
Desarrollo de la pesquería y organización de la cooperativa	29
Las "casitas"	30
Reglamentación en Bahía de la Ascensión	33
Producción de langosta en Bahía de la Ascensión	33
Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)	35
Consideraciones sobre la pesquería en Bahía de la Ascensión	39

4. DINAMICA POBLACIONAL DE LAS LANGOSTAS EN LA BAHIA DE LA ASCENSION.	44
MATERIAL Y METODOS.	44
Relaciones morfométricas.	44
Marcado de langostas.	45
Cálculo de la abundancia y mortalidades	47
Análisis del crecimiento.	52
Movimientos	54
RESULTADOS.	54
Relaciones morfométricas.	54
Marcado	54
Estructura de la población.	58
Abundancia.	58
Distribución de langostas por casita en la bahía.	66
Crecimiento y reclutamiento	70
Movimientos	74
Reproducción.	81
DISCUSION	81
5. PESCAS EXPLORATORIAS POR FUERA DE LA BAHIA DE LA ASCENSION.	87
MATERIAL Y METODOS	87
RESULTADOS	89
Duración y datos generales de las pescas exploratorias.	89
Composición de la captura y estructura por tallas de las langostas por fuera de la bahía	91
Composición y estructura por tallas de la captura de juveniles dentro de la bahía	94
Comparación entre las langostas de fuera y dentro de la bahía.	94
Captura y CPUE mensual, y estructura mensual por tallas de langostas en la bahía durante la temporada 1989-90	98
DISCUSION.	98
6. USO DE REFUGIOS ARTIFICIALES DE BLOQUES DE CONCRETO PARA JUVENILES PEQUEÑOS DE <u>Padilicus aegius</u>	105
MATERIAL Y METODOS	105
RESULTADOS	108
DISCUSION.	112
7. CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE <u>Padilicus aegius</u> EN BAHIA DE LA ASCENSION	115
LITERATURA CITADA	124
AGRADECIMIENTOS	141

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1	Ubicación de las principales localidades de pesca de <u>Panulirus argus</u> en la costa de Quintana Roo. 10
2	Ubicación geográfica de la Bahía de la Ascensión. 12
3	Ubicación de las cuatro grandes zonas de pesca de langosta <u>Panulirus argus</u> en Quintana Roo. 20
4	Producción de langosta <u>Panulirus argus</u> en Quintana Roo (toneladas de cola) entre las temporadas 1955-56 y 1990-91. 22
5	Producción de langosta <u>Panulirus argus</u> (toneladas de cola) en el Área de Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascensión (zona central) y Banco Chinchorro-Xcalak (zona sur), en las temporadas de pesca 1982-83 a 1990-91 24
6	Estructura por tallas de la captura de langostas <u>Panulirus argus</u> de Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascensión (zona central) y Banco Chinchorro-Xcalak (zona sur). 25
7	Producción mensual promedio de langosta <u>Panulirus argus</u> (temporadas 1982-83 a 1990-91) en Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascensión (zona central) y Banco Chinchorro-Xcalak (zona sur) 26
8	Esquema de una "casita" con marco de troncos de "chit" y techo de ferrocemento, utilizada en la pesquería de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión. 32
9	Producción de langosta <u>Panulirus argus</u> (toneladas de cola) en Bahía de la Ascensión, durante las temporadas de pesca 1975-76 a 1990-91 34
10	Producción mensual (toneladas de cola) de langosta <u>Panulirus argus</u> (temporadas de pesca 1986-87 a 1990-91) en Bahía de la Ascensión 36
11	Distribución mensual de tallas (LC, mm) de la captura comercial (Julio 1985 a Febrero 1986) de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión. 37
12	CPUE (kg cola/lancha-día) de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión en las temporadas de pesca 1981-82 a 1989-90 38

Figura

Página

13 Relación entre f (esfuerzo de pesca, en lanchas/día) y la CPUE (kg cola/lancha · día) de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión, temporada de pesca 1985-86 40

14 Las seis zonas de muestreo para las operaciones de marcado de Bahía de la Ascensión. 46

15 Diagrama que muestra las relaciones entre las estimaciones del método de Leslie-Delury para el tamaño de la población total (líneas superiores) y de la población marcada (líneas inferiores), según Ketchen (1953). 50

16 Distribución por tallas de Panulirus argus capturadas en Bahía de la Ascensión en las operaciones de marcado en (a) 1985 y (b) 1986. 57

17 Número de Panulirus argus marcadas (a) en 1985 y (b) en 1986, que fueron recapturadas cada mes durante las temporadas de pesca (a) 1985-86 y (b) 1986-87 59

18 Distribución por tallas de las langostas Panulirus argus capturadas en cada zona de muestreo durante la operación de marcado de 1985 en Bahía de la Ascensión 60

19 Distribución por tallas de las langostas Panulirus argus capturadas en las zonas de muestreo II, III, IV y VI durante la operación de marcado de 1986 en Bahía de la Ascensión 61

20 Relación entre la captura acumulada (kg cola) y la CPUE (kg cola/lancha · semana) (modelo de Leslie-Delury) de Panulirus argus, en (a) julio-diciembre de 1985, y (b) julio 1986-marzo 1987. 64

21 Relación entre la captura acumulada de marcas (Número de marcas) y la CPUE (número de marcas/lancha · semana), en (a) julio-diciembre de 1985, y (b) julio 1986 - marzo 1987 65

22 (a) Distribución total de ocupación de casitas por langosta (número de langostas / casita) en todas las zonas de muestreo en Bahía de la Ascensión, durante abril-mayo de 1985. (b) Distribución de ocupación de casitas por langostas en la zona II (barras negras) y en la zona IV (barras blancas) en Bahía de la Ascensión, durante abril-mayo de 1985 . 68

23	(a) Talla de captura inicial de 148 <u>Panulirus argus</u> machos marcados en Bahía de la Ascensión en abril-mayo de 1985, y (b) talla de recaptura de los mismos machos durante los tres primeros meses de la temporada de pesca 1985-86.	71
24	Incremento en la longitud cefalotorácica (mm) de los ejemplares de <u>Panulirus argus</u> marcados en abril-mayo de 1985, y recapturados durante los tres primeros meses de la temporada de pesca 1985-86.	72
25	Resultados del crecimiento individual del total de langostas <u>Panulirus argus</u> recapturadas en las temporadas de pesca 1985-86 y 1986-87.	75
26	Curvas promedio de crecimiento para hembras y machos de <u>Panulirus argus</u> , estimadas por el método de máximas probabilidad.	76
27	Movimientos registrados por langostas <u>Panulirus argus</u> marcadas en las zonas II-VI en Bahía de la Ascensión durante 1985-86.	77
28	Movimientos registrados por langostas <u>Panulirus argus</u> marcadas en las zonas II, III, IV y VI en Bahía de la Ascensión durante 1986-87.	78
29	Ubicación del área frente a la Bahía de la Ascensión donde se realizaron pescas exploratorias con nasas para <u>Panulirus argus</u>	88
30	Relación entre el número de langostas <u>Panulirus argus</u> por nasa levantada y el número de días que permanecieron caladas las nasas ("soak time").	92
31	Comparación de la distribución por tallas de las langostas <u>Panulirus argus</u> obtenidas dentro de la Bahía de la Ascensión habitando en casitas, y por fuera de la bahía, en las pescas exploratorias con nasas.	97
32	Captura mensual (Kg cola de langosta) y CPUE (Kg cola/ lancha-día) de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión, durante la temporada de pesca julio 1989-marzo 1990	99
33	Distribución mensual por tallas de una muestra de la captura comercial (julio 1989-marzo 1990) de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión	100

Figura	Página
34	Los cuatro tipos de refugios de bloques de concreto para juveniles pequeños de <u>Panulirus argus</u>106
35	Ubicación de las localidades en Bahía de la Ascensión donde se instalaron refugios de bloques de concreto para juveniles pequeños de <u>Panulirus argus</u>107
36	Cantidad total (agrupada) de juveniles de <u>Panulirus argus</u> a lo largo del tiempo de estudio, en los tres refugios de bloques de concreto de cada tipo instalados en la localidad B110

INDICE DE TABLAS

Tabla	Página	
1	Clasificación de colas de langosta para su empaque	15
2	Ecuaciones de las diferentes relaciones morfo-métricas de <u>Panulirus argus</u> de la Bahía de la Ascensión	55
3	Resumen de la información sobre langostas <u>Panulirus argus</u> marcadas y recapturadas en la Bahía de la Ascensión durante las operaciones de marcado en las temporadas de veda de 1985 y 1986	56
4	Longitud cefalotorácica promedio (X LC, mm) de <u>Panulirus argus</u> capturadas en cada una de las seis zonas de muestreo en Bahía de la Ascensión durante las operaciones de marcado en las temporadas de veda de 1985 y 1986	62
5	Resultados del modelo de Ketchen para cálculo de diversos parámetros poblacionales de <u>Panulirus argus</u> en Bahía de la Ascensión, a partir del marcado de ejemplares	67
6	Número de casitas revisadas en cada una de las seis zonas de muestreo en Bahía de la Ascensión, y distribución del número de langostas <u>Panulirus argus</u> por casita, durante el marcado de 1985.	69
7	Estimación de los parámetros promedio de crecimiento para <u>Panulirus argus</u> por medio de (a) método de Fabens, (b) método de máxima probabilidad, y (c) método de máxima probabilidad combinando la información de 1985 y 1986.	73
8	Número de langostas <u>Panulirus argus</u> marcadas (abril-mayo 1985) en cada zona de muestreo en Bahía de la Ascensión, y número de recapturas (julio 1985-febrero 1986) en la misma y en las demás zonas.	79
9	Número de langostas <u>Panulirus argus</u> marcadas (mayo-junio 1986) en cada zona de muestreo en Bahía de la Ascensión, y número de recapturas (julio 1986-febrero 1987) en la misma y en las demás zonas.	80

10	Número de trampas levantadas, número de langostas (<u>Panulirus argus</u>) capturadas, y langostas/ trampa levantada en cada una de las fechas de leva de trampas, durante las pescas exploratorias de verano 1989 e invierno 1989-90, frente a la Bahía de la Ascensión	90
11	Principales características poblacionales de las langostas <u>Panulirus argus</u> capturadas por fuera de la Bahía de la Ascensión durante las pescas exploratorias de verano 1989 e invierno 1989-90, y de aquéllas obtenidas dentro de la bahía en 1986. .	93
12	Porcentaje de langostas <u>Panulirus argus</u> en cada uno de los cuatro estados de caparazón, obtenidas en las pescas exploratorias por fuera de la Bahía de la Ascensión durante verano 1989 e invierno 1989-90, y de aquéllas obtenidas dentro de la bahía en 1986	95
13	Estado reproductivo de las langostas <u>Panulirus argus</u> hembras, capturadas en las pescas exploratorias por fuera de la Bahía de la Ascensión durante el verano 1989 e invierno 1989-90, y de aquéllas obtenidas dentro de la bahía en 1986.	96
14	Número total acumulado de langostas juveniles <u>Panulirus argus</u> y número acumulado de juveniles pequeños (< 50 mm LC) y grandes (> 50 mm LC), que colonizaron el total de refugios artificiales de bloques de concreto en cada localidad de estudio en la Bahía de la Ascensión	109
15	Número acumulado de langostas <u>Panulirus argus</u> juveniles pequeñas (< 50 mm LC) y grandes (>50 mm LC) en el conjunto de tres refugios artificiales de bloques de concreto de cada tipo instalados en la localidad B, a 258 días de iniciado el estudio. . .	111

RESUMEN

La langosta Penulirus argus representa el principal recurso pesquero en Quintana Roo. La pesquería de este crustáceo se caracteriza por su complejidad, ya que para su extracción se utilizan muy diversos métodos de pesca. Sin embargo, en la Bahía de la Ascensión, en la costa central del estado, se lleva a cabo la pesca de langosta por medio de refugios artificiales denominados "casitas", y los pescadores han desarrollado un esquema de organización sumamente eficiente, basado en la división del Área de pesca en campos individuales. En la primera parte de este trabajo se ofrece una descripción de la pesquería de la langosta, así como un análisis de las características de la captura, en Quintana Roo en general y en Bahía de la Ascensión en particular.

Posteriormente, se aborda el estudio de algunos aspectos de la dinámica poblacional de las langostas en Bahía de la Ascensión por medio de un programa de marcado realizado en 1985 y 1986, cuyos resultados brindaron información sobre el tamaño de la población y las tasas de mortalidad por pesca, inmigración y emigración, el crecimiento, y los movimientos de las langostas. Se observó que la población de langostas dentro de la bahía se compone principalmente de juveniles, los cuales tienden a salir de la bahía conforme se acercan a la madurez sexual. El tamaño de la población, y las tasas de inmigración y emigración fueron mayores en 1986 que en 1985, mientras que la mortalidad por pesca fue mayor en este último año. El crecimiento de los juveniles en la bahía es rápido, alcanzando la talla legal de captura en aproximadamente 2.2 años de edad. A partir de estos resultados se derivó la hipótesis de que por fuera de la bahía debía existir un stock no explotado de langostas reproductoras. La presencia de este stock se comprobó por medio de pescas exploratorias con nasas en la plataforma continental por fuera de la bahía durante 1989-90, a partir de las cuales se concluyó que el desarrollo de una pesquería en esta zona más profunda no sería redituable, proponiéndose la alternativa de conservar dicho stock como un núcleo protegido de langostas reproductoras.

Por tanto, las langostas en esta área solamente pueden explotarse dentro de la bahía, con lo que resalta aún más la importancia de los refugios artificiales en esta pesquería. Según algunos autores, las casitas brindan refugios adecuados a langostas de tallas cercanas a la legal pero no a los juveniles más pequeños. Con el objeto de comprobar la importancia de las dimensiones del refugio en relación con el tamaño de las langostas, se realizó un estudio con refugios artificiales de bloques de concreto diseñados para

juveniles de tallas pequeñas. Estas estructuras solamente brindaron buenos resultados en áreas donde los juveniles pequeños ya existían en abundancia, lo que subraya la importancia de las características locales del hábitat para el adecuado funcionamiento de los refugios artificiales en la pesquería de langostas en la bahía.

Finalmente, se concluye que los factores que determinan el éxito relativo de esta pesquería incluyen las características del hábitat, las particularidades del stock de juveniles en la bahía, y el esquema de organización de la cooperativa. Así, se propone una estrategia de manejo basada en la explotación de juveniles entre ciertos límites de tallas, en la continuación de la aplicación del sistema de campos y de la observancia del periodo de veda, y en la protección del stock reproductor del hábitat profundo. Se sugiere que la aplicación de los refugios artificiales para langosta en otras áreas del Caribe mexicano solamente tendría buenos resultados en presencia de factores similares a los que ocurren en la Bahía de la Ascensión.

1. INTRODUCCION

Distribución y ciclo de vida de *Panulirus argus*

Panulirus argus es la especie de la familia Palinuridae (langostas espinosas) con los mayores volúmenes de captura en el mundo. Entre los años de 1975 y 1982, esta especie aportó el 70 % de la captura mundial de palinúridos tropicales, y el 43% de la producción mundial total de langostas de esta familia (Williams 1986). En México, prácticamente toda la producción de esta especie proviene de los estados de Quintana Roo y Yucatán.

Panulirus argus tiene una distribución geográfica amplia, que comprende las costas centrales de Brasil, las costas norte y oriental de Centro y Sudamérica, el mar Caribe (Antillas Mayores y Menores), las islas Bahamas, partes del Golfo de México, el sureste de Florida, la plataforma continental sudoriental de EUA hasta el Cabo Hatteras en Carolina del Norte, y la isla Bermuda (Lyons 1981, Williams 1986). En México, se le encuentra en las costas de los estados de Quintana Roo (Caribe mexicano) y Yucatán, y en formaciones arrecifales o calcáreas frente a los estados de Campeche, Veracruz y Tamaulipas (Briones et al., en prensa b).

El ciclo de vida de *Panulirus argus* es largo y complejo. La larva, denominada filosoma, es de vida pelágica y forma parte de la comunidad planctónica durante un largo período, estimado por diversos autores entre seis y once meses (Lewis 1951, Baisre 1964, Lyons 1981). Durante este tiempo, las filosomas se encuentran expuestas a una amplia distribución, encontrándose a menudo a cientos de kilómetros de las costas más cercanas (Johnson y Brinton 1963, Richards y Potthoff 1981). Después de pasar por once estadios de filosoma, la larva sufre una drástica metamorfosis hacia la postlarva, denominada puerulo, de forma similar a la del adulto, pero transparente y natatoria. El puerulo regresa a la costa utilizando un complejo sistema de orientación (Phillips y MacMillan 1987). Al aproximarse a la costa, el puerulo se establece en fondos someros, cubiertos de vegetación sumergida, como raíces de mangle, pastos marinos y lechos de algas rodfitas (Witham et al. 1968, Marx y Herrnkind 1985), donde adquiere una pigmentación críptica y disruptiva (Lewis et al. 1952, Marx y Herrnkind 1986) que le confiere cierta protección contra sus depredadores. Los juveniles permanecen en estas zonas durante aproximadamente dos a tres años, y posteriormente se trasladan a zonas arrecifales más profundas, donde llevan a cabo la reproducción (Kanciruk 1980). Los adultos de *P. argus* se encuentran en fondos de pastos marinos, esponjas, algas,

arrecifes coralinos y zonas rocosas (Buesa 1965, 1970, Phillips et al. 1980), hasta profundidades cercanas a los 100 m (Kanciruk 1980, Briones et al., en prensa b).

Importancia pesquera de Panulirus argus en Quintana Roo

A partir de su transformación de territorio a estado en 1974, Quintana Roo ha recibido un enorme impulso en su economía. La base de ésta es el turismo, principalmente en la zona norte del estado, y su creciente desarrollo ha provocado, a su vez, un incremento en otras actividades asociadas al mismo, como la pesca.

En el litoral del Caribe mexicano, que corresponde al del estado de Quintana Roo, la langosta constituye uno de los principales recursos pesqueros, junto con el camarón y el caracol. La pesquería de langosta es la más importante en el estado, en términos de volumen y valor de la captura, número de pescadores dedicados a la pesca de langosta, y volúmenes de exportación del producto al extranjero (Secretaría de Pesca 1987, 1989).

La especie de langosta que sustenta prácticamente toda la pesquería en este litoral es Panulirus argus, la cual es la más abundante y la que alcanza tallas más grandes en esta zona del país. Además de P. argus, existen en esta zona otras dos especies de la misma familia: Panulirus guttatus y P. laevicauda. La primera de ellas es poco abundante y su talla es relativamente pequeña, por lo que no representa un recurso pesquero importante (Negrete 1988, Briones 1991a), y la segunda es sumamente rara, registrándose ocasionalmente algún ejemplar en las capturas comerciales.

La pesquería de langosta en Quintana Roo es sumamente compleja, debido a la gran variedad de métodos de pesca empleados (Lozano, en prensa). Algunos trabajos que han analizado parcial o globalmente la pesquería de langosta en Quintana Roo son los de Ramos (1976a), Briones et al. (1988a y b), Fuentes (1988a), Lozano (1991, en prensa), Lozano et al. (1989, 1991a y b), González-Cano (1991 a y b), Sosa (1991), Sosa y Ramírez (manuscrito), Sosa et al. (manuscrito), Seijo et al. (1991), Arceo y Seijo (1991) y Arceo et al. (en prensa).

Sin embargo, en este trabajo se hace énfasis en la pesquería de las langostas en la Bahía de la Ascensión, situada en la parte central de la costa de Quintana Roo. En este lugar, la langosta se captura utilizando refugios artificiales, denominados "casitas", "casitas cubanas" o

"sombras", lo que le confiere características muy particulares.

Propósito, desarrollo y alcances del trabajo

El propósito general de este trabajo es analizar la pesquería de Panulirus argus basada en el uso de casitas en la Bahía de la Ascensión, y proponer un esquema de manejo con base en el conocimiento de algunos aspectos de su dinámica poblacional y de las características particulares de la pesquería.

El interés por realizar estudios de las langostas en la Bahía de la Ascensión surgió desde 1982, época en que la Estación "Puerto Morelos" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología iniciaba sus actividades en el estado. Las peculiares características de la pesquería de langosta en este lugar ya habían llamado la atención de algunos investigadores extranjeros (Miller 1982a, 1982b), quienes desde entonces plantearon la inquietud de que las casitas podrían actuar de dos maneras: incrementando la abundancia de langostas al proveer de refugios adicionales, o bien concentrando a las langostas ya existentes, volviéndolas más vulnerables a la pesca. Estos mecanismos han sido abordados en subsecuentes trabajos (Eggleston et al. 1992, Briones et al., en prensa; Lozano et al., sometido), pero ninguno de los dos ha sido demostrado todavía.

Las características de la Bahía de la Ascensión hacen de ésta un sitio ideal para realizar estudios poblacionales de langosta, así como trabajos experimentales de campo. Esto se debe a su extensión y a sus aguas someras y protegidas, así como a su gran abundancia de langostas. La pesca de la langosta es la actividad primordial de los habitantes de dicha zona, quienes han desarrollado un esquema de organización sumamente eficiente. Desde hace quince años, se ha reconocido el hecho de que las langostas provenientes de la Bahía de la Ascensión presentan tallas promedio menores que en el resto del estado, pero no se conocían con certeza las características de esa población.

Por tanto, una de las principales metas a seguir fué el conocimiento de las características poblacionales de las langostas en Bahía de la Ascensión. Para ello se requirió de un amplio estudio de la dinámica poblacional, que involucrara mercado de langostas, para determinar la estructura de la población, y para obtener estimaciones de algunos parámetros poblacionales, tales como abundancia, crecimiento, mortalidades y movimientos. Este trabajo se realizó entre 1985 y 1987.

Al analizar los resultados obtenidos del estudio de dinámica poblacional, surgieron algunas ideas e hipótesis que era necesario probar antes de poder hacer sugerencias sobre el manejo de la langosta en la Bahía de la Ascensión. Se encontró que las langostas dentro de la bahía eran en su mayor parte juveniles, y que tendían a salir de la misma a medida que se acercaban a la madurez sexual. Sin embargo, debido a la ausencia de pesca de langosta en la plataforma continental frente a la bahía no fué posible detectar la presencia de langostas de tallas mayores en dicha zona, planteándose la hipótesis de la existencia de un stock reproductor de langostas, no explotado, por fuera de la bahía.

Para probar esta hipótesis, se requería llevar a cabo un plan de pescas exploratorias, utilizando nasas langosteras, a bordo de una embarcación de tamaño adecuado, y con equipo de navegación a bordo. En 1988, la Estación "Puerto Morelos" obtuvo, en comodato, el barco "FIPESCO-207", propiedad de la Secretaría de Pesca, gracias a lo cual fué posible desarrollar las pescas exploratorias. Estas se llevaron a cabo entre 1989 y 1990, y a través de ellas fué posible brindar evidencias sobre la existencia de langostas reproductoras por fuera de la Bahía de la Ascensión, así como analizar algunos aspectos biológicos y ecológicos de estas langostas.

Sin embargo, las características de la plataforma continental frente a la bahía son tales que impiden la posibilidad de desarrollar una pesquería de langostas ahí. Por tanto, el manejo de la pesquería de langosta en esta zona debe estar enfocado a la población de juveniles existente dentro de la bahía. Ha habido polémicas debido precisamente a que se trata de organismos juveniles. Sin embargo, algunos conceptos novedosos sobre ecología de organismos bentónicos y pesquerías, dejan ver la posibilidad de explotar individuos juveniles de algunas poblaciones, siempre y cuando se cumpla con algunas premisas.

Por otro lado, a pesar de los resultados tan poco alentadores que por lo general han tenido los intentos por cultivar langostas (Kensler 1967, Provenzano 1968, Ingle y Witham 1968, Chittleborough 1968, Lozano et al. 1981), el interés por estos posibles cultivos no ha decrecido, debido al alto valor comercial de las langostas, y en algunos casos se han logrado resultados interesantes (Phillips 1985; Kittaka 1988, Kittaka y Kimura 1989). El uso de casitas en la Bahía de la Ascensión ha garantizado la existencia de refugios para los juveniles de langosta, que de esta manera hacen un uso más eficiente de sus recursos alimentarios (Eggleston et al. 1990, Eggleston y Lipcius 1992, Briones et al. en prensa a), haciendo de esta pesquería una especie de semicultivo extensivo de langostas. Por tanto, el manejo de esta pesquería debería incorporar conceptos de maricultivo.

Cruz et al. (1986a, 1987) y Eggleston et al. (1990) sugieren que las casitas comunes ofrecen protección a los juveniles de langosta contra depredadores visualmente dirigidos, particularmente peces. Sin embargo, las dimensiones de estas casitas no son adecuadas para proteger a los juveniles más pequeños, los cuales pueden caer presas de los depredadores capaces de entrar en la casita. Cruz et al. (1986a) en Cuba, y Davis (1978, 1985) en Florida, utilizaron bloques de concreto (tabiques) para construir refugios a una escala más adecuada para los juveniles pequeños de P. argus. Estos refugios ofrecen una guarida comunal con entradas múltiples, lo que ha sido reportado como una característica clave para la selección de refugio por parte de las langostas Penulirus interruptus (Spanier y Zimmer-Faust 1988).

Como última parte de este trabajo, se diseñó un estudio experimental utilizando refugios elaborados con bloques de concreto de diferentes tamaños para brindar protección a juveniles pequeños de langosta en la Bahía de la Ascensión. Estos refugios solamente dieron resultados satisfactorios en áreas donde los juveniles pequeños ya eran abundantes. Los resultados de este estudio permitieron concluir que no solamente son importantes las características físicas de los refugios artificiales, sino que las características locales del hábitat también tienen importancia en la determinación del éxito del uso de refugios artificiales para atraer y concentrar langostas.

Con base en el análisis de los resultados del conjunto de estudios que conforman este trabajo, se propone una estrategia de manejo para la langosta de la Bahía de la Ascensión.

Por tanto, este trabajo consta de las siguientes partes, cada una de ellas con su metodología, resultados y discusión, excepto la última, en la que se hace una recapitulación de los principales resultados y se ofrecen recomendaciones para el manejo de P. argus en Bahía de la Ascensión:

- La pesquería de langostas en Quintana Roo y la pesquería de langostas en Bahía de la Ascensión.
- Dinámica poblacional de las langostas en Bahía de la Ascensión.
- Pesca exploratoria de langostas en la plataforma continental por fuera de la Bahía de la Ascensión.
- Evaluación del uso de refugios artificiales de bloques de concreto para juveniles pequeños en Bahía de la Ascensión.

- Consideraciones generales y recomendaciones de manejo para Panulirus argus en Bahía de la Ascensión.

El presente informe tiene como objetivo principal proporcionar información sobre el estado actual de la población de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión, así como las recomendaciones de manejo que se derivan de los resultados obtenidos. Se describen las características biológicas y ecológicas de la especie, así como los factores que influyen en su distribución y abundancia. Se recomienda la implementación de un programa de monitoreo regular para evaluar el estado de la población y la efectividad de las medidas de manejo propuestas.

Se recomienda la implementación de un programa de monitoreo regular para evaluar el estado de la población y la efectividad de las medidas de manejo propuestas. Este programa debe incluir el seguimiento de la abundancia y la estructura de la población, así como la evaluación de los impactos de las actividades humanas y naturales. Se sugiere la realización de estudios de campo y laboratorio para profundizar en el conocimiento de la biología y ecología de P. argus.

Se recomienda la implementación de un programa de monitoreo regular para evaluar el estado de la población y la efectividad de las medidas de manejo propuestas. Este programa debe incluir el seguimiento de la abundancia y la estructura de la población, así como la evaluación de los impactos de las actividades humanas y naturales. Se sugiere la realización de estudios de campo y laboratorio para profundizar en el conocimiento de la biología y ecología de P. argus.

Se recomienda la implementación de un programa de monitoreo regular para evaluar el estado de la población y la efectividad de las medidas de manejo propuestas. Este programa debe incluir el seguimiento de la abundancia y la estructura de la población, así como la evaluación de los impactos de las actividades humanas y naturales. Se sugiere la realización de estudios de campo y laboratorio para profundizar en el conocimiento de la biología y ecología de P. argus.

2. AREA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en las costas del estado de Quintana Roo, al oriente de la Península de Yucatán, que corresponde al litoral del Caribe mexicano, con énfasis en la Bahía de la Ascensión (Fig. 1).

Península de Yucatán y Costa de Quintana Roo

La Península de Yucatán es una amplia plataforma de carbonato de calcio formada por deposición de evaporitas y dolomitas en lechos rojos del Cretácico, sobre un basamento de rocas del Paleozoico. En la parte norte, existe una amplia extensión submarina de la plataforma Yucateca, que forma el Banco de Campeche, también llamado Plataforma de Yucatán, en el cual hay una gran productividad pesquera. Sin embargo, en el margen oriental de la Península, la plataforma continental es corta y cae en una serie de terrazas (Miller 1982a).

La naturaleza kárstica del sustrato en la península determina que no se encuentren ríos superficiales al norte del Río Hondo, situado en la frontera entre Quintana Roo y Belice, cuya existencia está asociada a la presencia de una falla. En la Península de Yucatán, el agua de lluvia se filtra en el suelo poroso y forma depósitos subterráneos que fluyen hacia el mar (Doshring y Butler 1974). En algunos lugares, los únicos aportes de agua continental son los cenotes y aguadas (dolinas), y existen numerosos ojos de agua submarinos.

El clima en el estado de Quintana Roo abarca los tipos Aw0, Aw1 y Aw2 del sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1964). La "A" indica que se trata de un clima cálido, con temperatura media mayor a los 22° C, y la del mes más frío mayor a los 18° C. La "w" significa clima subhúmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2% de la anual. Los índices 1 y 2 indican subtipos de los climas subhúmedos, con diferentes cocientes precipitación/ temperatura (García 1964, Merino y Otero 1991).

Los vientos dominantes en la zona provienen del cuadrante este (alisios) entre febrero y julio. De julio a septiembre parece haber un periodo de transición, de gran variabilidad respecto de la dirección del viento, que da lugar a la época de "nortes", que se presenta entre octubre y enero (Merino y Otero 1991).

La costa de Quintana Roo se encuentra expuesta a huracanes y tormentas tropicales provenientes del Atlántico

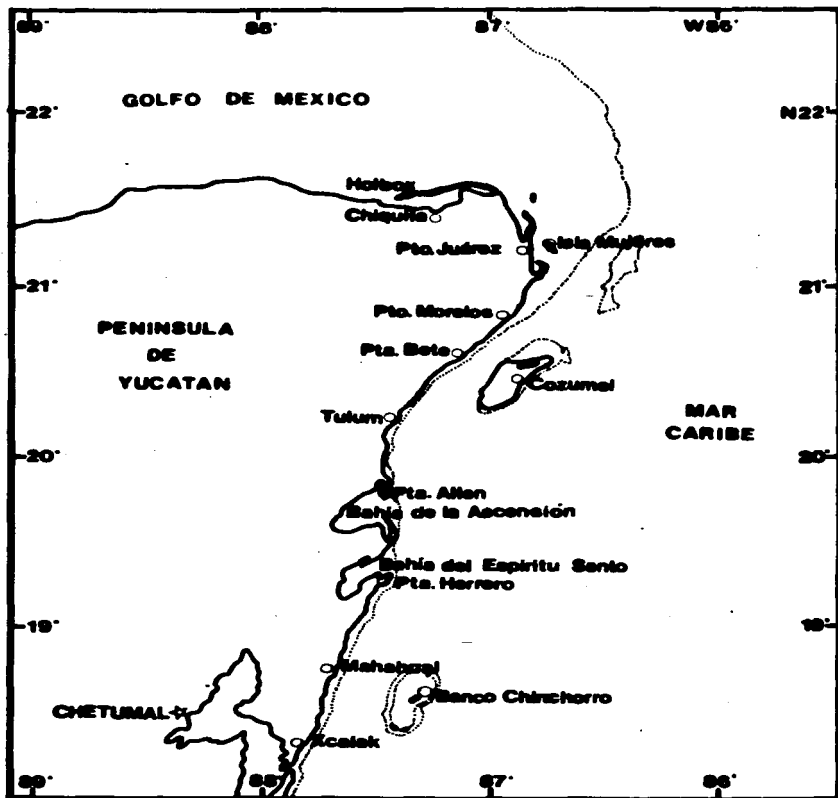


Fig. 1.- Ubicación de las principales localidades de pesca de Panulirus argus en la costa de Quintana Roo.

tropical y del Caribe. Estos fenómenos meteorológicos se presentan entre junio y noviembre, con mayor incidencia hacia finales del verano. El huracán "Gilberto", con rachas de viento de hasta 340 km/h, entró a tierra en la costa quintanarroense al norte de Playa del Carmen en septiembre de 1988.

La costa de Quintana Roo es baja, y consiste básicamente de playas arenosas, interrumpidas ocasionalmente por arcuados bajos o promontorios rocosos, así como por algunas playas de guijarros. Por detrás de la línea de playa, son comunes los manglares o lagunas costeras, marismas y pantanos (Merino y Otero 1991).

A lo largo de la costa frente al Mar Caribe, se extiende un arrecife coralino de tipo barrera, que es una extensión de la barrera arrecifal de Belice. En algunas partes, la barrera desaparece y es sustituida por comunidades coralinas similares a arrecifes bordeantes (Jordán 1988). En la parte sur del estado, a una distancia de aproximadamente 20 km, se encuentra el Banco Chinchorro, un complejo arrecifal de tipo atolón (Jordán y Martín 1987), de gran importancia desde el punto de vista pesquero (Miller 1982a, Bosa et al. ms.).

En el norte de Quintana Roo se encuentran varias islas pequeñas (Cancún-Contoy) que descansan en el borde de terrazas marinas formadas por depositación durante el Pleistoceno (Brady 1971). Mención aparte merece Cozumel, isla de tamaño mucho mayor, que es un bloque de fallamiento que se encuentra separada de la costa por profundidades de hasta 500 m.

Algunos trabajos que describen de una manera mucho más detallada las características geológicas, hidrológicas, climatológicas y de configuración de la costa del estado de Quintana Roo son los de Bassols et al. (1976), Escobar (1981), Merino y Otero (1991) y Jordán et al. (en prensa).

La Bahía de la Ascensión

En la parte central de la costa de Quintana Roo se encuentran las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo. Estas bahías interrumpen la línea de costa caracterizada por el bajo relieve, donde algunas formaciones rocosas alternan con playas arenosas. La costa de las dos bahías se encuentra bordeada por un manglar bien desarrollado (Olmsted y Durán 1990). La plataforma continental se extiende mar adentro hasta una distancia de entre 1000 y 4000 m en una pendiente suave (3° a 5°), que posteriormente desciende bruscamente hasta profundidades mayores de 400 m. La morfología de la plataforma está localmente modificada por terrazas de

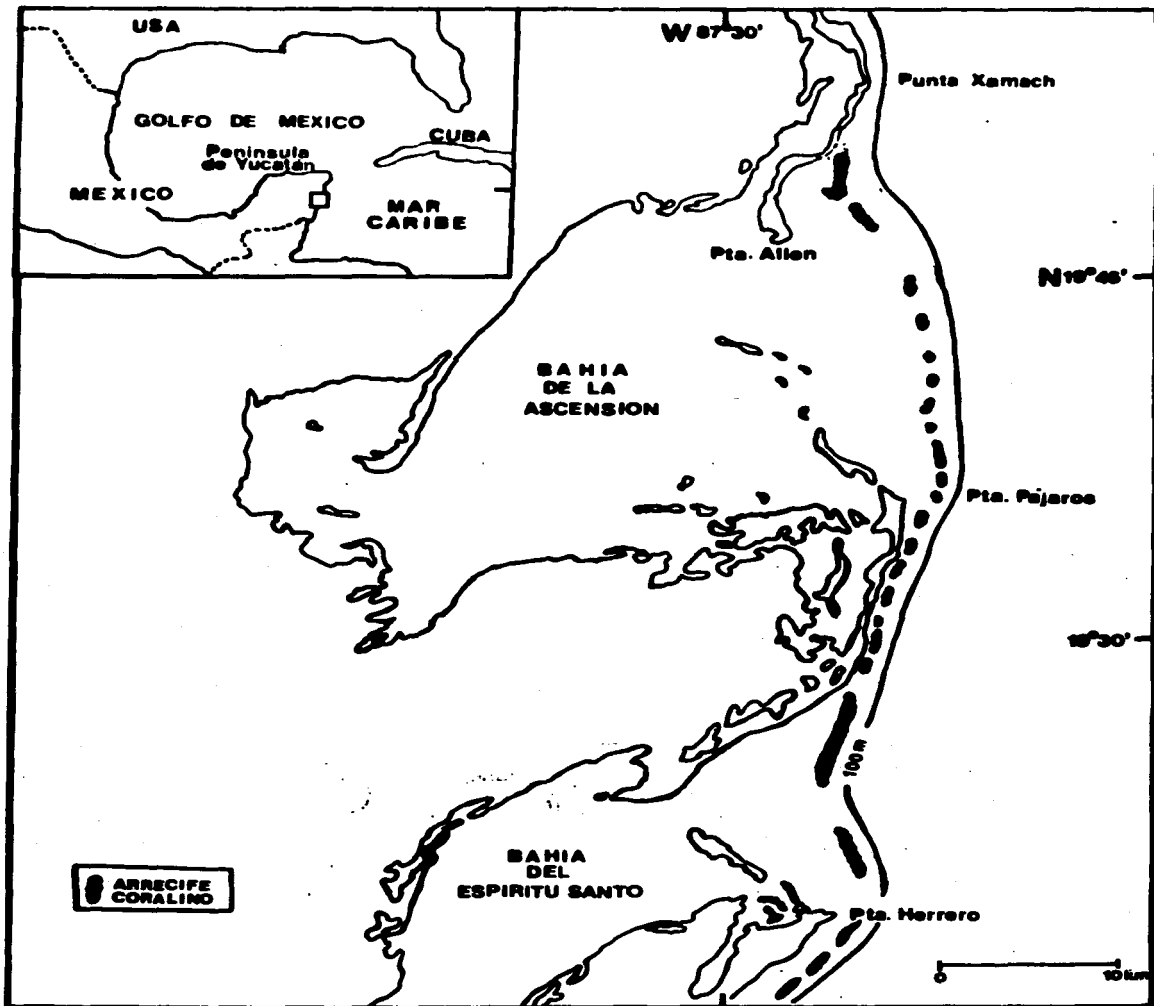


Fig. 2.- Ubicación geográfica de la Bahía de la Ascension.

errosión y pequeños escarpes, de pendiente relativamente abrupta (20° a 30°). El primer escarpe se encuentra entre 7 y 14 m, y el siguiente entre 33 y 45 m de profundidad, dependiendo de la localidad (Jordán et al. en prensa).

La Bahía de la Ascensión es una bahía grande (ca. 740 km²), abierta y somera (< 6 m), ubicada en los 19°45'N, 87°30'W (Fig. 2). Algunos bancos de coral siguen una antigua línea de costa a lo largo de la boca de la bahía, formando un arrecife discontinuo. Este arrecife y la cresta calcárea reducen la fuerza del oleaje, dando como resultado aguas relativamente más calmadas dentro de la bahía a lo largo del año (Lozano et al. 1991a).

La mitad interior de la bahía es muy somera (< 2 m), y su fondo está cubierto de lechos dispersos de pastos marinos (principalmente Thalassia testudinum) entremezclados con arena calcárea gruesa y pedacera de coral. Esta última se encuentra cubierta en su mayoría por algas verdes y rojas (Dasycladus spp. y Laurencia spp. respectivamente, Aguilar-Rosas 1990). Una delgada capa de sedimentos cubre un basamento de carbonato de calcio. El borde litoral por debajo de la línea de marea baja en esta parte interior de la bahía contiene una banda de algas rojas (Laurencia) sueltas.

La mitad exterior de la bahía está dominada por sustratos duros, arenosos, y zonas de corales entremezcladas con lechos de pastos marinos de densidad moderada a alta (Lozano et al. 1991) y algas calcáreas, incluyendo Halimeda, Udotea y Penicillus (Eggleston et al. 1990). La mayor parte de la biomasa algal en hábitats de pastizal denso está compuesta de Halimeda, que forma grandes agrupaciones moderadamente complejas. En cambio, en pastizales moderadamente densos, Halimeda constituye un porcentaje mucho menor de la biomasa algal, la cual se compone también de Udotea y Penicillus.

3. LA PESQUERIA DE LANGOSTAS EN QUINTANA ROO Y EN BAHIA DE LA ASCENSION

MATERIAL Y METODOS

Producción estatal y en Bahía de la Ascensión

Para la obtención de datos sobre la producción de langostas en Quintana Roo, se revisaron archivos de diversas oficinas, entre ellas: Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo, Soc. Coop. de Prod. Pesq. "Pescadores de Vigía Chico", Ocean Garden Inc., y Federación de Cooperativas Pesqueras de Quintana Roo. También se recopilaron estadísticas de diversas fuentes, tales como los Anuarios Estadísticos de Pesca (1980-1989), y una publicación de la Secretaría de Pesca (1987).

Producción y Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en Bahía de la Ascensión

El análisis de la pesquería en Bahía de la Ascensión se llevó a cabo con base en datos obtenidos directamente en las oficinas de la Cooperativa "Pescadores de Vigía Chico", única que captura langosta en esta bahía. Estos datos incluyen la producción diaria de colas de langosta por cada equipo de pescadores, desde la temporada 1981-82, hasta la 1990-91. Estos datos fueron convertidos a captura por unidad de esfuerzo (CPUE, captura/ embarcación-día).

En Quintana Roo solamente se comercializa la cola de langosta. Las empacadoras de langosta separan las colas según su peso, y éstas son empacadas en cajas de 10 libras (4.560 kg) de acuerdo con la tabla 1. Para analizar la distribución mensual por tallas de la captura de langosta en Bahía de la Ascensión, se obtuvieron datos detallados de la producción mensual de cajas de cola de langosta de cada categoría procedentes de la bahía durante la temporada de pesca 1985-86, en la planta empacadora. Estos datos fueron transformados a LC, con la ecuación PA vs. LC que aparece en la Tabla 2.

TABLA 1. Clasificación de coles de langosta para su empaque. Debido a que se trata de un producto de exportación, los pesos comerciales se han establecido en onzas y libras (1 onza = 28.5 g; 1 libra = 0.453 kg; 160 onzas = 10 libras). Las colas se empacan en cajas de 10 libras de una sola categoría de talla. Aquí solamente se presentan las equivalencias en gramos.

TALLA	PESO (EN g/cola)	No. COLAS/CAJA
2/4	60-100	53 (± 4)
4	100-128	40 (± 3)
5	128-156	32 (± 2)
6	156-185	27 (± 1)
7	185-213	23 (± 1)
8	213-241	20 (± 1)
9	241-270	18 (± 1)
10	270-298	16 (± 1)
10/12	298-340	15 (± 1)
12/14	340-397	13
14/16	397-455	11
16/18	455-511	10
18/20	511-566	9
20/24	566-680	8
24/28	680-793	7
28/UP	793- UP	6

Fuente: Ocean Garden Products, Inc.

RESULTADOS Y DISCUSION

a) La Pesquería en Quintana Roo

Historia y desarrollo

Hasta antes de 1970, Quintana Roo fué una de las regiones más despobladas y menos desarrolladas de México. A mediados del siglo XIX, su población estaba constituida principalmente por indígenas mayas, quienes resentían la invasión de los blancos criollos procedentes de otras regiones de México, particularmente de Campeche y Yucatán. En esta época estalló la llamada "guerra de castas", provocando un marcado descenso en la ya de por sí escasa población (Reed 1971). En 1902, el entonces presidente de México, Porfirio Díaz, creó el territorio de Quintana Roo en la parte oriental de la Península de Yucatán, dando impulso a la explotación de recursos naturales, particularmente maderas preciosas y chicle.

Durante toda esa época, y hasta mediados del siglo XX, la actividad pesquera en las costas quintanarroenses fué muy reducida, limitándose a la explotación de tortugas, caracol, esponjas, tiburón y algunos peces de escama (Miller 1982a). El comercio de estos productos se hacía por lo general de manera directa con barcos procedentes de Belice (antes Honduras Británicas), Cuba y Florida, y ocasionalmente de Yucatán. En 1940, la producción pesquera de Quintana Roo ascendía a 90 toneladas, la mayoría compuesta de tortugas (Anónimo 1942).

Durante el gobierno del presidente Lázaro Cárdenas se inició una serie de medidas revolucionarias en materia de pesca. En 1938 se legalizó el movimiento cooperativista mexicano, al publicarse en el Diario Oficial de la Federación del 15 de febrero la Ley General de Sociedades Cooperativas. Posteriormente, en el mandato del presidente Miguel Alemán, surgió la Ley de Pesca del 16 de enero de 1950, en cuyo capítulo III, artículo 35, se estableció lo siguiente:

"Se reserva, mediante el otorgamiento de las concesiones respectivas, a las cooperativas de productos pesqueros, la pesca de explotación de las especies: abulón, langosta de mar, ostión, camarón, totoaba, cabrilla y almeja". Posteriormente se agregó la tortuga de mar a dicha lista (Medina 1982).

En Quintana Roo no se establecieron cooperativas pesqueras hasta la década de 1950, debido a su aislamiento

geográfico, a la escasa actividad pesquera, y al limitado mercado existente para las especies reservadas a ellas.

La langosta no había representado un producto pesquero importante hasta entonces. En 1954, se produjeron solamente 18,739 kg (Carranza 1959). Sin embargo, pronto se hizo evidente que el recurso langostero era abundante, y que existía un mercado potencial considerable para él. En un principio, les estaba autorizado a los pescadores independientes la captura de cualesquiera de las especies reservadas, puesto que la ley lo permite en aquellos lugares donde no existen cooperativas. Cuando las primeras cooperativas empezaron a organizarse en Quintana Roo, muchos pescadores quisieron incorporarse a ellas para garantizar su acceso al recurso langostero. Las primeras cooperativas del entonces territorio de Quintana Roo, la "Caribe" y la "Patria y Progreso", se formaron en Isla Mujeres y sus primeros registros de captura de langosta datan de 1954 (Carranza 1959). En 1960 se estableció la "Andrés Quintana Roo" en Xcalak, al sur del estado (Fig. 1), y en 1966 la "Cozumel", en la isla del mismo nombre, así como la "Pescadores de Holbox", al norte de Quintana Roo. En 1968, un grupo de pescadores de la "Cozumel" se separó de ésta y posteriormente formó una nueva cooperativa, la "Pescadores de Vigía Chico", en Punta Allen, a la entrada de la Bahía de la Ascensión.

Hasta 1976 estas seis cooperativas fueron las únicas que explotaban langosta en Quintana Roo (Ramos 1976a). Entre 1977 y 1982 se incorporaron seis más (Lesser 1991), y para 1991 había 20 cooperativas langosteras registradas en el estado, con cerca de 1,050 pescadores y 630 embarcaciones (Fuentes Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo). Estas cifras representan alrededor del 80% del total de pescadores y embarcaciones del estado (Sosa y Ramirez, ms.).

La pesca de la langosta se realizaba, en sus inicios, en pequeñas embarcaciones de madera a vela, con el uso del "chapingorro", una red de aro que se operaba desde la embarcación (Carranza 1959, Fuentes 1988a), o bien por medio de buceo libre. Las primeras nasas utilizadas durante los años 1950 fueron de madera, de forma piramidal, las cuales no tuvieron buen resultado (Carranza 1959). En la década de 1960 se realizaron algunas pruebas con nasas de diversos tipos en Bahía de la Ascensión (Solís 1963). En este mismo periodo, se usaron en Isla Mujeres las nasas de tipo "tintero", originarias de Australia (Ramos 1976a). Durante los años 1970 se introdujeron las embarcaciones de fibra de vidrio con motores fuera de borda, así como la nasa antillana (Buesa 1962), y se empezó a utilizar el buceo con equipo autónomo (SCUBA), empleando un gancho para la extracción de langostas. Hacia 1980 hubo un cambio en el diseño de las nasas, empezándose a utilizar la nasa

rectangular, cuya construcción es más sencilla (Briones et al. 1988b). Asimismo, se extendió el uso del buceo autónomo.

A finales de la década de 1960, empezó a utilizarse la llamada "casita cubana" o "sombra" en la zona norte del estado (Miller 1982a). Esta "casita" fue rápidamente adoptada por las cooperativas langosteras de las Bahías de la Ascensión y Espíritu Santo, donde actualmente es ampliamente utilizada (Briones et al. en prensa g).

Reglamentación de la captura de langosta

La pesca de la langosta es regulada por el gobierno federal a través de la Secretaría de Pesca. Existen tres medidas reglamentarias para esta pesquería: una temporada de veda, una talla mínima legal, y la prohibición de capturar hembras ovigeras (Secretaría de Pesca 1987).

La medida de regulación más antigua es la temporada de veda. En 1927, ésta se estableció del 16 de marzo al 14 de octubre para todas las especies de langostas del país. Posteriormente, en 1957, se redujo del 16 de marzo al 30 de septiembre. En julio de 1967 se estableció una temporada de veda específica para la langosta del Caribe, que abarcaba del 16 de marzo al 15 de julio. En 1988, se autorizó a los pescadores una extensión de la temporada de pesca hasta el 8 de abril, y la nueva temporada de pesca se abrió el 1 de julio. A partir de 1989, la veda quedó fijada del 1 de marzo al 30 de junio.

En 1967, la talla mínima legal se fijó en 14.5 cm de longitud abdominal (LA). A partir de 1979, se ha permitido la pesca de langostas en las Bahías de la Ascensión y Espíritu Santo desde 13.5 cm LA (Miller 1982a).

Industrialización de la captura

En el estado de Quintana Roo solamente se comercializa la cola de la langosta. Esto se debe a que el principal mercado para esta langosta es la costa oriental de los EEUU, en donde se prefiere la presentación de cola sobre la de langosta entera.

Existen plantas procesadoras y empacadoras de cola de langosta, de capital privado, distribuidas en varias localidades de la costa, particularmente en el área de Isla Mujeres, Puerto Juárez y Puerto Morelos. En 1987, la cooperativa "Pescadores de Vigía Chico" obtuvo un crédito para la construcción de una moderna planta en Tulúm, que recibiría producto de Bahía de la Ascensión y de otros

lugares de la costa. La terminación de la planta se retrasó más allá de lo planeado, y una vez concluida su construcción en 1989, la producción de langosta disminuyó considerablemente, por lo que la operación de la planta no fué rentable. En 1992, esta planta fué adquirida por una empresa privada.

Las langostas son descoladas a bordo de las embarcaciones o inmediatamente al llegar a puerto. Las colas son posteriormente transportadas en vehículos adecuados a las plantas procesadoras. Ahí, las colas son seleccionadas por su calidad en langostas de primera y de segunda.

El procesamiento de la cola de langosta consiste en los siguientes pasos: limpieza del producto, evisceración y corte del tejido epitelial de la parte anterior de la cola, selección y clasificación de las colas según su peso en onzas, empaque y congelación (Góngora 1988). Las colas son empacadas en cajas de 10 libras (4.650 kg) de acuerdo con las categorías que se muestran en la tabla 1. La congelación debe ser rápida, a una temperatura de -30°C durante 8-10 horas. La conservación del producto se hace en cámaras refrigeradas a -15°C .

La pesquería actual: zonas de captura de langosta y métodos de pesca

En la actualidad, la pesca de la langosta en Quintana Roo se caracteriza por la gran variedad de artes y métodos empleados en su captura (Briones *et al.* 1988b, Seijo *et al.* 1991, Lozano *et al.* 1991a).

La costa de Quintana Roo puede ser dividida, a grandes rasgos, en cuatro zonas con base en la pesquería de la langosta (Lozano *et al.* 1989, Lozano, en prensa): las zonas norte, noreste, central y sur (Fig. 3).

La zona norte abarca desde Holbox hasta Cabo Catoche. En esta zona la pesquería de langosta se lleva a cabo principalmente por medio de buceo libre y semiautónomo hasta profundidades de 25 m. Los pescadores de esta zona capturan langosta en las cercanías de Isla Contoy solamente en época de "corrida", con redes langosteras (Zenil 1991). Tres cooperativas, con alrededor del 20% de los pescadores langosteros del estado pescan en esta zona.

La zona noreste abarca desde Cabo Catoche hasta Punta Beta, e incluye principalmente la pesca que se ejerce cerca de las Islas Mujeres y Contoy (Fig. 3). En esta zona, la pesquería está bien desarrollada. La langosta se captura principalmente con buceo semiautónomo (con compresor o "hookah") y autónomo (SCUBA) hasta aproximadamente 40 m de

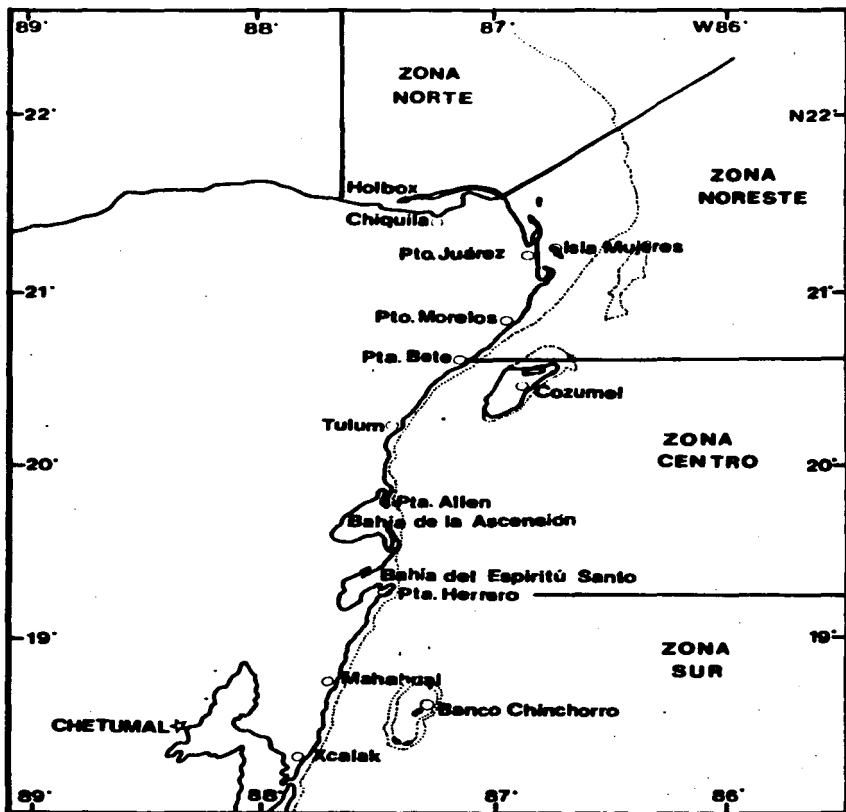


Fig. 3.- Ubicación de las cuatro grandes zonas de pesca de langosta Penaeus setiferus en Quintana Roo.

profundidad, y con nasas rectangulares de varilla corrugada forradas de alambre plastificado, las cuales se calan individualmente desde los 15 hasta los 60 m de profundidad. Hacia finales de otoño y en invierno, se presenta una migración masiva de langostas en esta zona, conocida como "corrida" o "recalón" (Carranza 1959, Ramos 1974, Kanciruk y Herrnkind 1978). Durante estas migraciones, los pescadores utilizan redes langosteras en profundidades promedio de 25 m (Seijo *et al.* 1991). Cerca del 43% de los pescadores y siete de las 19 cooperativas pesqueras de Quintana Roo que se dedican a la pesca de langosta se localizan en la zona noreste.

La zona central abarca desde Punta Bete hasta Punta Herrero, incluyendo la Isla Cozumel y las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo (Fig. 3). En esta zona operan cinco cooperativas con alrededor del 35% de los pescadores langosteros del estado, y la pesca se lleva a cabo principalmente por medio de buceo libre. En las bahías se utilizan refugios artificiales para facilitar la captura de langostas. A estos refugios se les conoce con el nombre de "casitas cubanas", "casitas", "sombras" o simplemente trampas (sin embargo, es importante no confundirlas con las verdaderas trampas o nasas que se utilizan en la zona noreste) (Miller 1982a, Briones *et al.* 1988a y b).

La zona sur comprende desde Punta Herrero hasta Mahahual, así como el Banco Chinchorro (Fig. 3). El 17% de los pescadores langosteros del estado, agrupados en tres cooperativas, explotan esta zona. En ella, la principal área de pesca se encuentra en el Banco Chinchorro, uno de los atolones de mayor tamaño en el Caribe (Jordán y Martín 1987). Las langostas son capturadas principalmente en la parte de sotavento de la zona sur de Chinchorro, que se caracteriza por enormes manchones aislados de arrecife coralino y la mayor extensión de la plataforma (Jordán y Martín 1987). El buceo libre y la extracción de las langostas utilizando gancho es la forma común de pesca (Sosa y Ramírez, ms.).

La Producción de langosta en Quintana Roo

En la figura 4 se aprecia la producción de langosta de Quintana Roo durante el periodo 1955-1990. Hasta 1960, la producción era reducida ya que solamente operaban dos cooperativas en el área de Isla Mujeres, registrándose un aumento considerable entre 1960 y 1967, cuando se incorporaron otras tres cooperativas en nuevas áreas de pesca. El crecimiento entre 1967 y 1974 se asocia con la introducción de nasas y equipos de buceo autónomo en Isla Mujeres (Lesser 1991), de "casitas" en las bahías de la zona central, y de motores fuera de borda en todo el estado.

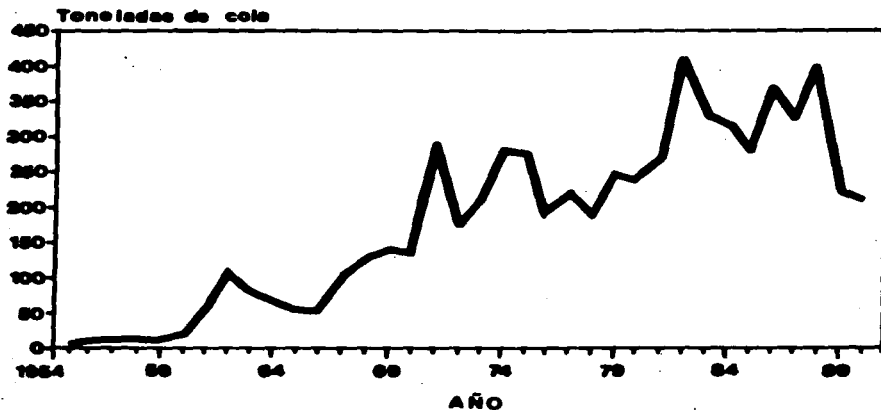


Fig. 4.- Producción de langosta Penaeus argus en Quintana Roo (toneladas de cola), entre las temporadas 1955-56 y 1990-91. (Datos tomados de diversas fuentes: Anuarios Estadísticos de Pesca, Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo, Ocean Garden, Inc.).

(Lozano, en prensa). Entre 1977 y 1982 hubo un nuevo crecimiento, debido aparentemente a la incorporación de seis nuevas cooperativas. La captura récord se obtuvo en 1981. A partir de entonces, ha habido fluctuaciones en los desembarques de langosta hasta que, en 1987, se presentó una abrupta disminución en la producción, posterior al paso del huracán "Gilberto" por las costas de Quintana Roo en septiembre de 1988.

La producción de langosta difiere en las distintas zonas de pesca. A manera de ejemplo, en la figura 5 se aprecia la producción de cola de langosta entre las temporadas de pesca 1982-83 y 1990-91 en tres localidades, cada una representativa de una zona: Isla Mujeres (zona norteste), Bahía de la Ascensión (zona centro) y Banco Chinchorro-Kcalak (zona sur). Las tendencias en la captura no son iguales en estas tres zonas; el máximo en Isla Mujeres se presentó en 1985-86, en Bahía de la Ascensión en 1987-88, y en Banco Chinchorro en 1982-83, con una tendencia negativa desde entonces.

Existen otras diferencias importantes en la producción entre estas tres zonas. Una de ellas es la estructura por tallas de la captura, como se aprecia en la figura 6, elaborada a partir de los datos de entregas de cola a la empresa Ocean Garden, Inc., durante la temporada de pesca 1990-91. Los datos originales se encontraban en peso (libras), y fueron transformados a longitud cefalotorácica (LC, en mm) por medio de ecuaciones de regresión obtenidas anteriormente (Lozano *et al.* 1989). Por ello, los intervalos de LC no son regulares. En Isla Mujeres la captura se ejerce sobre ejemplares en un amplio intervalo de tallas, mientras que en Bahía de la Ascensión la captura está constituida en su mayor parte por ejemplares de tallas relativamente pequeñas, y en Banco Chinchorro hay una mayor aportación a la captura de langostas de tallas grandes.

Otra diferencia notoria es el volumen mensual promedio de la captura en cada localidad (Fig. 7): al inicio de la temporada de pesca, la captura es alta en las tres zonas, particularmente en Bahía de la Ascensión, pero mientras que en esta zona y en Banco Chinchorro el volumen de la captura disminuye paulatinamente, con un pequeño repunte en noviembre en Bahía de la Ascensión, en Isla Mujeres aumenta considerablemente en enero y febrero. Este aumento está relacionado con las migraciones masivas ("corridas") causadas por la entrada de frentes fríos ("nortes").

Consideraciones sobre la pesquería en Quintana Roo

La pesquería de langosta en Quintana Roo ha tenido un desarrollo considerable desde principios de la década de

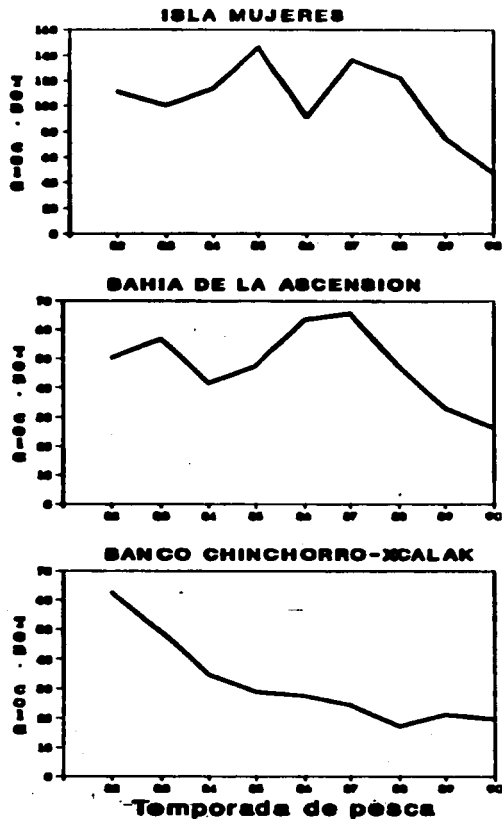


Fig. 5.- Producción de langosta Panulirus argus (toneladas de cola) en el área de Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascension (zona central) y Banco Chinchorro-Xcalak (zona sur), en las temporadas de pesca 1982-83 a 1990-91. (Datos proporcionados por la Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo).

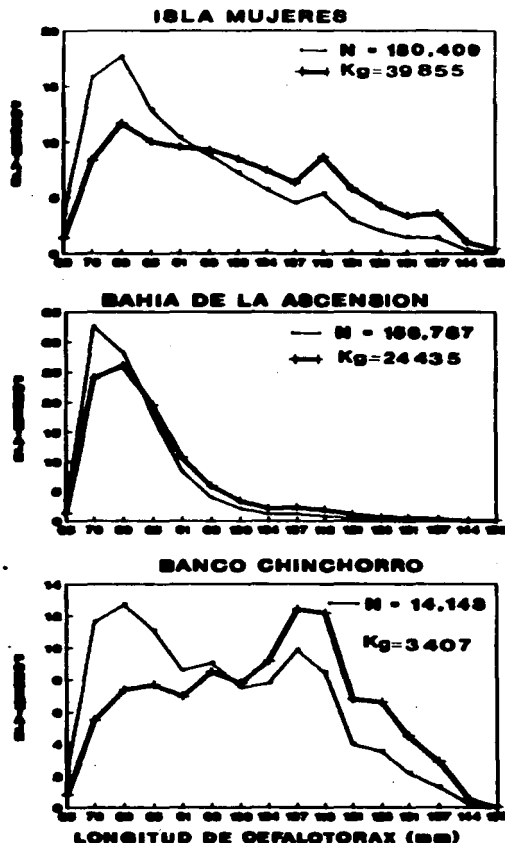


Fig. 6.- Estructura por tallas de la captura de langostas Panulirus argus de Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascensión (zona central) y Rancho Chinchorro-Xcalak (zona sur), en porcentaje del número de individuos (línea delgada) y en porcentaje de peso de la muestra total (línea gruesa). (Datos convertidos a LC en mm, y a peso en g, a partir de los registros (peso en libras) de las colas de langosta entregadas por las cooperativas a la empresa (Ocean Garden, Inc.)

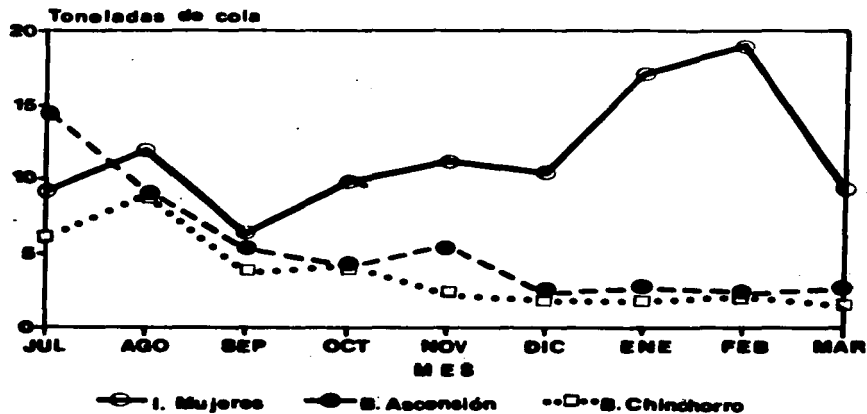


Fig. 7.- Producción mensual promedio de langosta Panulirus argus (temporadas 1982-83 a 1990-91) en Isla Mujeres (zona noreste), Bahía de la Ascensión (zona central) y Banco Chinchorro-Xcalak (zona sur). (Datos proporcionados por la Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo).

1960, y tiene características sumamente complejas derivadas de múltiples factores, tales como diferencias fisiográficas y en el grado de desarrollo de la pesquería entre las diferentes zonas de pesca, la variedad de artes y métodos de pesca utilizados, y las diferencias en las características biológicas de los stocks (sensu Campbell y Mohn 1983) explotados.

El área noreste es la que actualmente sustenta el grueso de la producción de langosta. Esto se debe a que ahí se concentra un gran porcentaje del esfuerzo nominal, y a que los diversos métodos de pesca empleados en conjunto están capturando langostas en un intervalo de tallas muy amplio, en comparación con otras zonas (Fig. 6). En la zona noreste la fuerza de la "corrida" de langostas de invierno determina en gran medida la producción de una determinada temporada de pesca (Fig. 7). Por ejemplo, en la temporada de pesca 1985-86, la "corrida" brindó capturas excelentes, y ésta fue la mejor temporada en los últimos diez años (Fig. 5). En cambio, en las temporadas de pesca 1986-87, 1989-90, y 1990-91, las "corridas" fueron escasas, o bien los pescadores no "encontraron la corrida" por no haberse presentado a las mismas profundidades que en otros años.

González-Cano (1991b) afirma que la pesquería en la zona noreste, alrededor de Isla Mujeres, se encuentra en un estado de "hacinamiento", lo que ha provocado una disipación de los beneficios. Este autor sugiere que, en esta área, el esfuerzo nominal óptimo que produciría una renta económica máxima debería ser la mitad del alcanzado en la temporada de pesca 1987-88 en el caso del buceo autónomo y semiautónomo, y una tercera parte en el caso de las nasas.

En la zona central del estado, los máximos mensuales de captura se obtienen al inicio de la temporada de pesca (Fig. 7). Esto parece estar relacionado con la aparente acumulación de langostas en las casitas durante la temporada de veda (ver sección 4), y la ausencia de pesca en zonas más profundas. La distribución por tallas de las capturas en las bahías centrales indica que en esta zona se capturan principalmente juveniles de langosta.

Seijo et al. (1991) realizaron un análisis bioeconómico comparativo de la pesquería de *P. argus* en siete puertos pesqueros de la Península de Yucatán, que incluyen algunas localidades de las zonas norte, noreste y central de Quintana Roo. Estos autores utilizaron información sobre la distribución por tallas de la captura, el método de pesca (nasas, redes, buceo o casitas), la profundidad de pesca, y los costos y ganancias de las operaciones de pesca. El mayor rendimiento pesquero se obtuvo con las nasas, pero su uso implica los costos totales más elevados. Algo similar se presentó con las redes langosteras, pero su uso está restringido a la "corrida" de invierno. El buceo generó los

rendimientos pesqueros más bajos, con ciertas variaciones entre las diferentes localidades consideradas. Los mayores beneficios, en términos de costos y ganancias, fueron obtenidos con el uso de casitas.

Por otro lado, Arceo (1991) y Arceo y Seijo (1991) llevaron a cabo un análisis sobre diversas variables del esfuerzo pesquero en relación con la captura obtenida por medio de diferentes métodos de pesca de langosta (nasas, redes, buceo y casitas). Las variables consideradas en este análisis fueron: número de pescadores por unidad de pesca, número de nasas levantadas (cuando esto era aplicable), tiempo efectivo de pesca y profundidad de pesca. Estos autores encontraron que, en el caso de las redes y las nasas, las variables más significativas fueron el tiempo efectivo de pesca y la profundidad de pesca, mientras que en el caso de las casitas, éstas fueron el tiempo efectivo de pesca y el número de miembros por unidad de pesca. En el caso del buceo, los factores considerados por estos autores no explicaron la variabilidad en la captura, concluyendo que ésta se debe principalmente a factores ambientales que afectan a la distribución de las langostas (temperatura y turbidez del agua), o al comportamiento de los buzos (presencia de medusas u otra fauna molesta o dañina).

Finalmente, en la zona sur, se ha presentado una disminución gradual de la captura a partir de la temporada 1982-83 (Fig. 5). En esta zona, es notoria la composición por tallas de la captura, sesgada hacia tallas mayores a la mínima legal. Sosa et al. (manuscrito) sugieren que esta disminución no es resultado de la pesca, sino que probablemente se deba a otros procesos ecológicos gobernados por factores ambientales, tales como el índice de reclutamiento de postlarvas, la mortalidad causada por depredadores, y la disponibilidad de refugios y alimento.

Una de las principales conclusiones de varios trabajos ha sido que el buceo autónomo y semiautónomo es un método de pesca poco recomendable para la captura de langosta, por sus efectos negativos tanto sobre el recurso como sobre los pescadores (Fuentes 1988b, Seijo et al. 1991, Lozano et al. 1991b, Lozano, en prensa). Los riesgos para los pescadores que utilizan buceo incluyen desde enfermedades y lesiones, hasta la muerte, causadas por una mala descompresión; daños a las vías respiratorias por mal estado del equipo (sobre todo con el uso de compresor); accidentes causados por las hélices de los motores, y lesiones provocadas por fauna dañina (quemaduras por coral de fuego, hidrozoarios, medusas; ataques por morenas, etc.). Por otro lado, se ha demostrado que el buceo prácticamente acaba con las langostas en las áreas donde se le practica regularmente (Davis 1977), lo que provoca una dispersión de la población y un aumento en la mortalidad. Esto último ocurre al quedar las langostas más expuestas a los depredadores (y a los

mismos buzos) debido a que tienen que desplazarse a mayores distancias en su búsqueda de pareja (Davis 1977, Lipcius et al. 1983).

En este sentido, quizá sería conveniente considerar alternativas al buceo, y es posible que las más indicadas serían las nasas y/o las casitas. Sin embargo, el éxito de estas artes está determinado en gran medida por las características fisiográficas y ecológicas de los lugares de pesca, tales como la extensión y el perfil de la plataforma, y la fuerza de las corrientes marinas en el caso de las nasas (Lozano et al. 1991b), y la profundidad y la existencia de zonas cubiertas de vegetación sumergida en el caso de las casitas.

b) La Pesquería de Langosta en Bahía de la Ascensión

Desarrollo de la pesquería y organización de la cooperativa

Hasta 1968, la cooperativa "Cozumel", cuya base se encuentra en la isla del mismo nombre, poseía los derechos de pesca de langosta tanto en Bahía de la Ascensión como en su vecina Bahía del Espíritu Santo. En 1968, algunos miembros de esta cooperativa fundaron una colonia en Punta Allen, ubicada en el margen norte de la Bahía de la Ascensión, y posteriormente formaron una nueva cooperativa, denominada "Pescadores de Vigía Chico", a la cual le fue otorgada la Bahía de la Ascensión, entre Punta Xamach y Punta Pájaros (Fig. 2) como su área de pesca.

Inicialmente, las langostas eran capturadas en las aguas someras de la Bahía de la Ascensión por medio de "chapingorros" (redes de cuchara) (Carranza 1959, Fuentes 1988a). Hacia finales de la década de 1960, algunos pescadores cubanos visitaron las costas de Quintana Roo, y sugirieron la utilización de las casitas en ciertas áreas del norte de la costa (Miller 1982a, Lozano et al. 1989). Las casitas son utilizadas en Cuba, donde se las conoce como "pesqueros", desde hace varias décadas (Buesa 1965, Cruz et al. 1987). El uso de las casitas se extendió a las bahías de la Ascensión y Espíritu Santo a principios de la década de 1970.

Los pescadores de Bahía de la Ascensión han diseñado un esquema de organización del tipo "sistema cerrado", que ha permitido el uso extensivo de casitas en esta área por más de 20 años. Este esquema se basa en la división de los fondos de la bahía en lotes o parcelas denominados "campos". Los campos garantizan el uso exclusivo de un área determinada por un equipo específico de pescadores. Al

iniciarse este sistema, los campos fueron asignados a los pescadores más antiguos, individualmente o por familias. Aunque se les conoce como "dueños", los pescadores a quienes se les ha asignado un campo no son propietarios oficiales del mismo, ya que la ley no permite poseer partes del suelo marino. Sin embargo, los pescadores son propietarios de las casitas instaladas en ese campo, y tienen la exclusividad de pesca en el mismo. Por tanto, este sistema de campos evita disputas sobre la propiedad de las casitas.

Los pescadores que no poseen campos trabajan como asociados o ayudantes junto con algún propietario, formando un equipo de trabajo. Un equipo regular consiste de dos o más pescadores que operan en el campo del propietario durante la temporada de pesca. Las ganancias de la captura se reparten proporcionalmente entre los miembros de un equipo. Cuando un pescador deja la cooperativa, vende la propiedad de sus casitas (es decir, su campo) a través de la cooperativa. Algunos pescadores poseen dos o más campos en diferentes partes de la bahía. Durante la veda de la langosta, los pescadores se dedican a la captura de tiburón y peces de escama, y aprovechan el tiempo para construir nuevas casitas e instalaciones en sus campos.

En contraste con este sistema de organización, en la parte norte de Quintana Roo las casitas eran propiedad común de toda la cooperativa, y cualquier miembro podía capturar las langostas de cualquier casita (Miller 1982b). Este enfoque de propiedad común a menudo provocaba disputas sobre la propiedad de las casitas, lo cual aunado a la rápida expansión del buceo autónomo como método de pesca de langosta, llevó al abandono del uso de casitas en el norte del estado hacia finales de los 1970s.

Las "casitas"

El primer tipo de casita utilizado en Bahía de la Ascensión fue muy similar al primer diseño cubano, consistente en un marco de madera construido con seis troncos de la palma local Thrinax radiata, y un "techo", hecho también con troncos de palma clavados al marco. La madera de esta palma es muy densa y se hunde rápidamente hasta el fondo, donde puede durar hasta seis años. Algunos pescadores clavaban dos palos adicionales a la parte superior del techo, en caso de que la casita fuera volteada por delfines, los cuales, a decir de los pescadores, llevan a cabo esta acción para alimentarse de las langostas. Los delfines son comunes en la bahía, y aunque este comportamiento no está documentado, se han observado algunas casitas volteadas, con restos de patas y antenas de langosta dispersos alrededor de la casita.

La palma Thrinax radiata, llamada localmente "chit", existe solamente en la Península de Yucatán (Olmsted y Ercilla 1988). Tiene un crecimiento lento, alcanzando 4-5 m de altura en un periodo de 30 a 50 años. Los troncos de estas palmas han sido tradicionalmente utilizados para construir las paredes de las casas mayas. Sin embargo, la rápida expansión de los desarrollos turísticos en el Caribe mexicano ha aumentado sustancialmente la demanda de troncos y hojas de estas palmas con propósitos decorativos. Por otro lado, los pescadores utilizan troncos de chit de 4 a 6 m de altura, que corresponden a individuos reproductores, y se requiere de hasta 25 troncos para construir una sola casita. Además, aunque algunas casitas deterioradas son ocasionalmente reparadas, por lo general se les desecha, permaneciendo sobre el fondo de la bahía, y se las reemplaza con nuevas casitas.

La explotación a gran escala ha reducido seriamente la abundancia del "chit" (Olmsted y Ercilla 1988), y ha llevado a la utilización de otros materiales diferentes para el techo de la casita, tales como lámina de tambos de 200 l, placas de lámina corrugada de asbestos, y placas de ferrocemento (Miller 1982b). Actualmente, solo el marco de las casitas se hace con troncos de "chit", y la mayoría de los techos se elaboran con placas de ferrocemento (Fig. 8).

Por medio de un acuerdo entre las cooperativas del Área central de Quintana Roo y las autoridades locales, en 1988 se estableció una veda a la explotación de T. radiata dentro de la Reserva de la Biosfera Sian ka'an, área que incluye a las Bahías de la ascensión y del Espíritu Santo. Los pescadores actualmente importan los troncos de "chit" de otras localidades más distantes.

Recién que se introdujeron las casitas, las langostas eran extraídas de éstas con chapingorros, pero más adelante los pescadores descubrieron que era más sencillo bucear hasta la casita y extraer las langostas con un gancho (Miller 1982b). Algunos pescadores utilizan una red circular para rodear la casita y "arrear" las langostas hacia el copo, particularmente al inicio de la temporada de pesca, cuando la captura es más abundante. Las langostas de tallas menores a la reglamentaria son regresadas al agua.

Como ya se mencionó, el Área de pesca de la cooperativa "Pescadores de Vigía Chico" se encuentra dividida en "campos". Sin embargo, no toda la bahía es adecuada para la instalación de casitas, debido a los diferentes tipos de fondo. La mayor cantidad de campos se ubica en la mitad exterior de la bahía, hasta el arrecife coralino. La mitad interior de la bahía es muy somera (<1m de profundidad) y los fondos son demasiado suaves como para tener éxito con el uso de casitas (Lozano et. al. 1991a). Las casitas se instalan por lo general a profundidades entre 1 y 7 m,

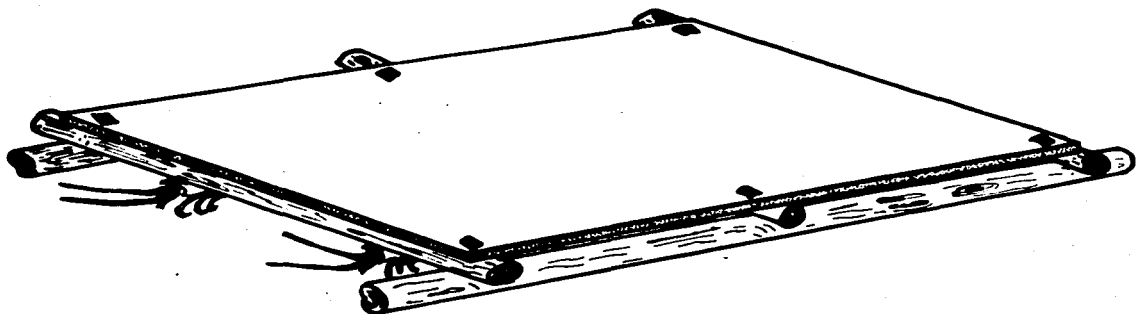


Fig. 8.- Esquema de una "casita" con marco de troncos de "chit" y techo de ferrocemento, utilizada en la pesquería de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión.

abarcando desde fondos relativamente blandos cerca de manglares, hasta fondos duros cercanos al arrecife, pasando por fondos cubiertos por vegetación marina (pastos y lechos de algas), aunque se evita colocarlas sobre arena suelta ya que, con el tiempo, la arena llena el espacio bajo la casita, haciéndola inoperante.

Reglamentación en Bahía de la Ascensión

Hasta 1979, la talla mínima legal para la langosta en todo el estado de Quintana Roo era de 14.5 cm LA. Sin embargo, en ese año se autorizó una disminución de esta talla para las langostas de las Bahías de la Ascensión y Espíritu Santo a 13.5 cm LA (Miller 1982a) debido a su menor talla. En 1987, se intentó justificar oficialmente la talla mínima legal más reducida en estas bahías, argumentando que pertenecían a la especie Penulirus guttatus, y re-estableciendo la talla de 14.5 cm LA para P. argus (Briones 1991a). Sin embargo, P. guttatus no se encuentra dentro de las bahías, por lo que la nueva medida no beneficia a las cooperativas de esta zona, y la talla de 13.5 cm LA se sigue observando en Bahía de la Ascensión para P. argus. El período de veda es el mismo que para el resto del estado.

Además de estas medidas reglamentarias fijadas por la Secretaría de Pesca, la cooperativa exige a sus miembros el respeto a los límites de los campos. La pesca de langosta en campos ajenos es considerada una grave falta, y su castigo puede llevar incluso hasta la expulsión de la cooperativa.

Producción de langosta en Bahía de la Ascensión

Entre 1981 y 1991, la producción de langosta en Bahía de la Ascensión ha generado, en promedio, el 16% de la producción estatal, y la cooperativa "Pescadores de Vigía Chico" ha ocupado el segundo lugar en producción entre las 20 cooperativas del estado durante este período.

En la figura 9 se aprecia la captura total, expresada en toneladas de cola de langosta, de Bahía de la Ascensión desde la temporada 1975-76 hasta la 1991-92. La captura máxima en este período (71.2 ton) se obtuvo en 1979-80. En 1987-88 se obtuvo un segundo pico en la producción (65.7 ton), al cual siguió una rápida disminución, registrándose la producción más baja (23 ton) en 1990-91.

Los pescadores de Bahía de la Ascensión aseguran haber perdido alrededor del 50% de sus casitas debido al huracán "Gilberto" (septiembre de 1988), y aparentemente así fue. En 1985 no había registros oficiales del número de casitas en

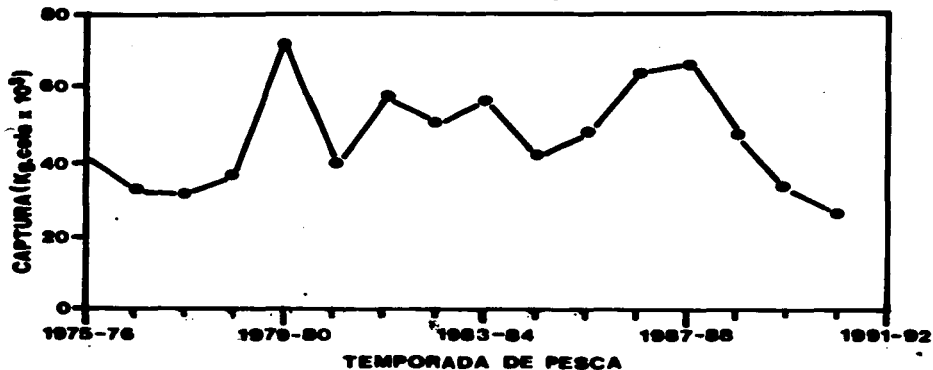


Fig. 9.- Producción de langosta Panulirus argus (toneladas de cola) en Bahía de la Ascensión, durante las temporadas de pesca 1975-76 a 1990-91. (Fuente: Delegación Federal de Pesca en Quintana Roo y Soc. Coop. Prod. Pesq. "Pescadores de Vigía Chico" S.C.L.).

el área de pesca de la cooperativa, pero como parte del presente estudio, se llevó a cabo una encuesta entre todos los pescadores, que arrojó una estimación de aproximadamente 20,000 casitas (Lozano *et al.* 1991a). En 1992, año en que ya existían registros oficiales, solamente se contaba con 11,000 casitas.

La producción mensual de la cooperativa desde la temporada 1986-87 hasta la 1990-91 aparece en la figura 10, donde se observa que en el primer mes de la temporada se obtiene la mayor captura, disminuyendo ésta a medida que la temporada avanza.

Puesto que la Bahía de la Ascensión es un área de crecimiento de juveniles, la mayor parte de la captura está compuesta por langostas alrededor de la talla mínima legal, siendo escasas las de tallas mayores (Seijo *et al.* 1991, Lozano *et al.* 1991a). Pero además, la composición por tallas de la captura mensual de langostas en Bahía de la Ascensión durante la temporada de pesca 1985-86 fue relativamente constante (Fig. 11), con una marcada moda alrededor de la talla mínima de captura (≈ 74 mm LC), excepto en julio, mes en el que la moda se encontraba a una talla un poco mayor. Esto indica que hay un reclutamiento a la pesquería durante la temporada de pesca.

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

El número de casitas revisadas por día por cada equipo de pescadores es muy variable, dependiendo de la ubicación de los campos, del número de pescadores en cada equipo, y de la época del año. Al principio de una buena temporada de pesca, por ejemplo, los pescadores han estimado que un equipo puede obtener, en promedio, 40 kg de cola de langosta revisando entre 15 y 20 casitas diarias, pero si la temporada no es buena, obtienen un promedio de 50 kg de cola revisando entre 30 y 40 casitas. Más adelante, conforme la temporada avanza, la captura puede disminuir a un promedio de 1 a 2 langostas de talla legal por casita en áreas interiores de la bahía, y de 1 a 2 kg de cola por casita en las áreas más exteriores.

Por tanto, debido a la dificultad de estimar un índice de esfuerzo basado en el arte de pesca (casitas), se procedió a utilizar la captura diaria por equipo de pescadores como un indicador de la CPUE. Las tendencias mensuales de la CPUE han sido similares cada año, entre las temporadas de pesca 1981-82 y 1989-90 (Fig. 12). La CPUE más alta se obtiene en el primer mes de la temporada, seguida de un brusco descenso en los meses siguientes.

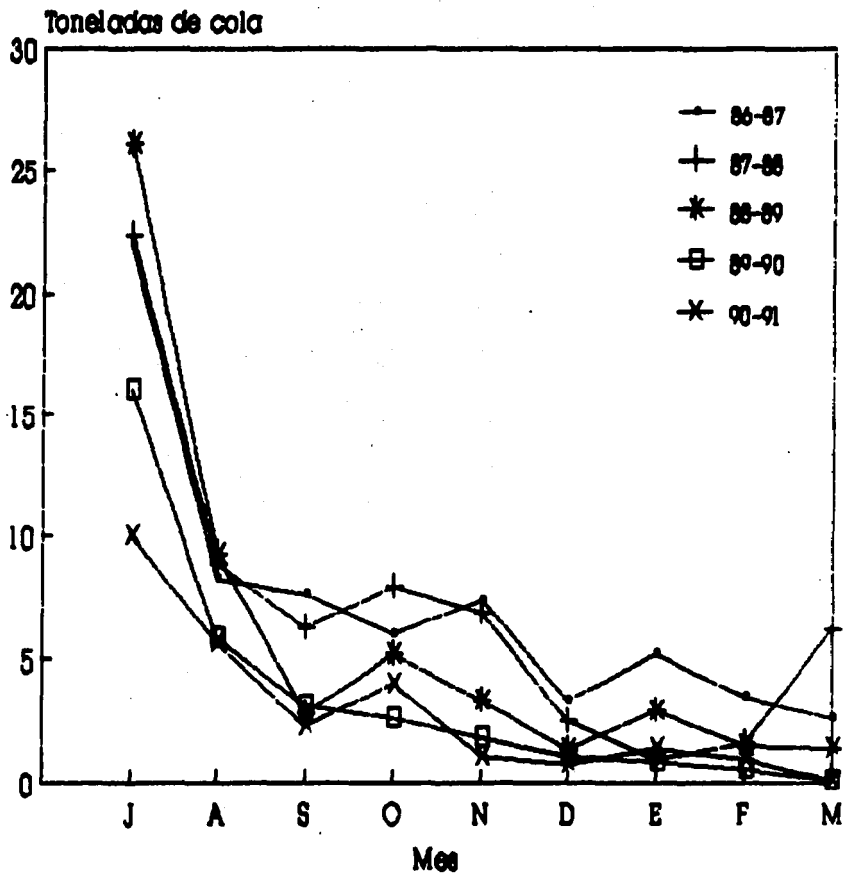


Fig. 10.- Producción mensual (toneladas de cola) de langosta Panulirus argus (temporadas de pesca 1986-87 a 1990-91) en Bahía de la Ascensión.

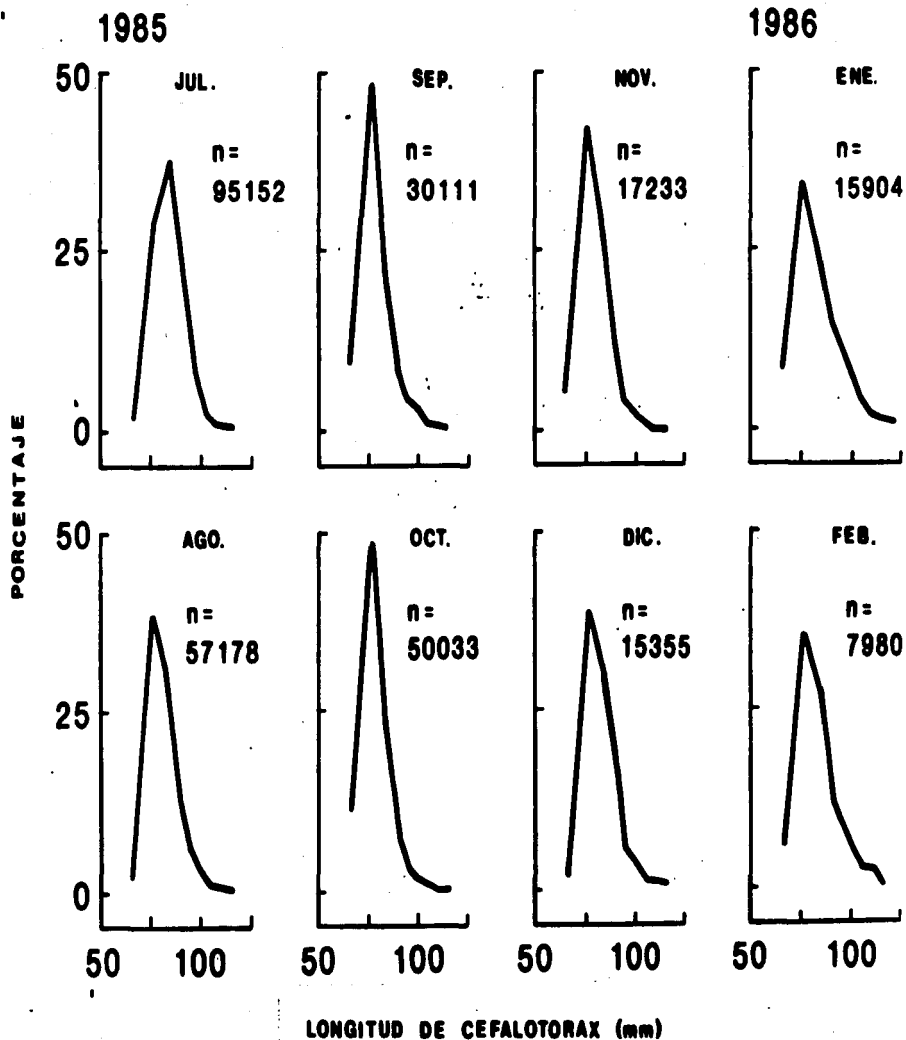


Fig. 11.- Distribución mensual de tallas (LC, mm) de la captura comercial (Julio 1985 a Febrero 1986) de *P. argus* en Bahía de la Ascensión.

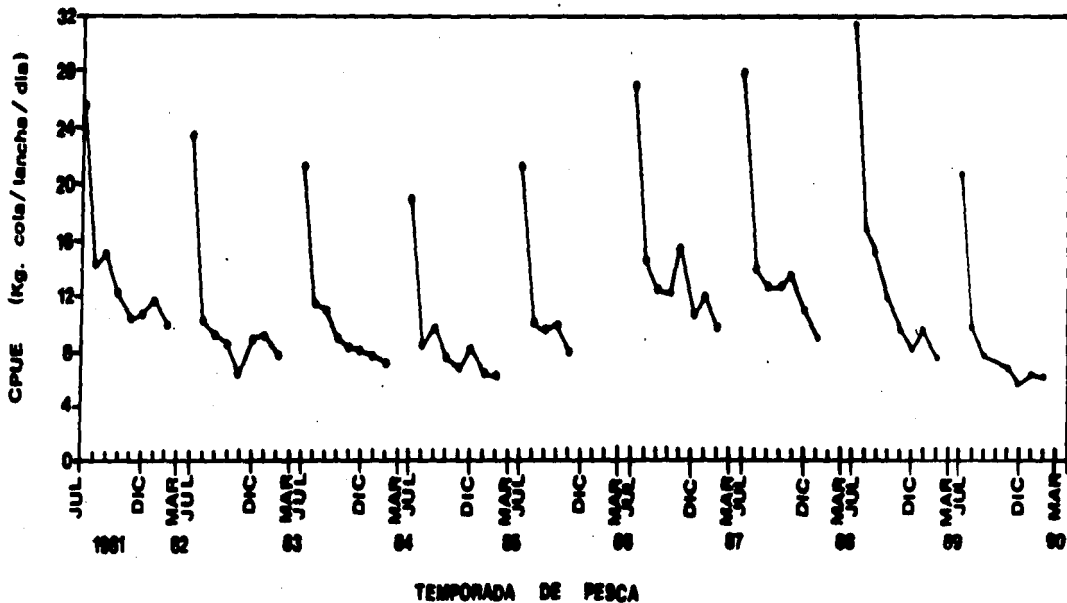


Fig. 12.- CPUE (kg cola/lancha-día) de *Panulirus argus* para las temporadas de pesca 1981-82 a 1989-90 en Bahía de la Ascensión (no se encontraron datos para los meses de enero-marzo de 1986).

La relación entre el esfuerzo de pesca (número de embarcaciones · día) y la CPUE durante la temporada de pesca 1985-86 fue positiva (Fig. 13), lo que sugiere que los pescadores aumentan su esfuerzo cuando las langostas son más abundantes y, cuando la abundancia de éstas disminuye, cambian a otras actividades (Lozano 1991).

Consideraciones sobre la pesquería en Bahía de la Ascensión

Las estructuras artificiales se han utilizado mundialmente como un medio para incrementar la abundancia local de peces e invertebrados (Bohnsack y Butherland 1985, D'Itri 1985, Grove y Sonu 1985, Bohnsack 1987). Algunas estructuras artificiales, tales como arrecifes o refugios, han sido también utilizados con fines experimentales en algunas pesquerías de langosta (Scarrat 1968, Sheehy 1976, Calinski 1981), para intentar aumentar la productividad de langostas en algunas áreas. Sin embargo, en estos casos, no hubo una medición del incremento en la productividad o en el reclutamiento directamente atribuible a las estructuras artificiales (Conan 1986). A pesar de la ausencia de información sobre el funcionamiento de los refugios artificiales, dos pesquerías de langosta se han basado en el uso extensivo de refugios artificiales por varias décadas: la pesquería cubana de Parulirus argus (Cruz *et al.* 1987) y la pesquería de esta misma especie en Bahía de la Ascensión.

El uso de estructuras artificiales para aumentar la producción pesquera es controversial debido a que se desconoce si estas estructuras (1) proveen de recursos críticos que incrementan la capacidad de carga del medio y, eventualmente, la biomasa de los organismos asociados a las estructuras (hipótesis de incremento o producción), o bien (2) si solamente atraen y agregan organismos de áreas circundantes sin incrementar la biomasa total (hipótesis de atracción). Ambas hipótesis tienen consideraciones importantes desde el punto de vista pesquero. Si la hipótesis de incremento resulta cierta, entonces las estructuras artificiales podrían proveer de una poderosa herramienta para mitigar el impacto de la pérdida de hábitat o de la sobrepesca, y podría también servir como una herramienta de manejo efectiva para aumentar la capacidad de carga del medio y alcanzar un uso sustentable del recurso. Por otro lado, la hipótesis de atracción implicaría que el uso de refugios artificiales podría conducir a la sobreexplotación del recurso y a un eventual colapso de la pesquería (Briones *et al.* en prensa a).

El éxito relativo de la aplicación de refugios artificiales, en el caso de P. argus, parece estar en función de un cierto número de factores, tales como un nivel

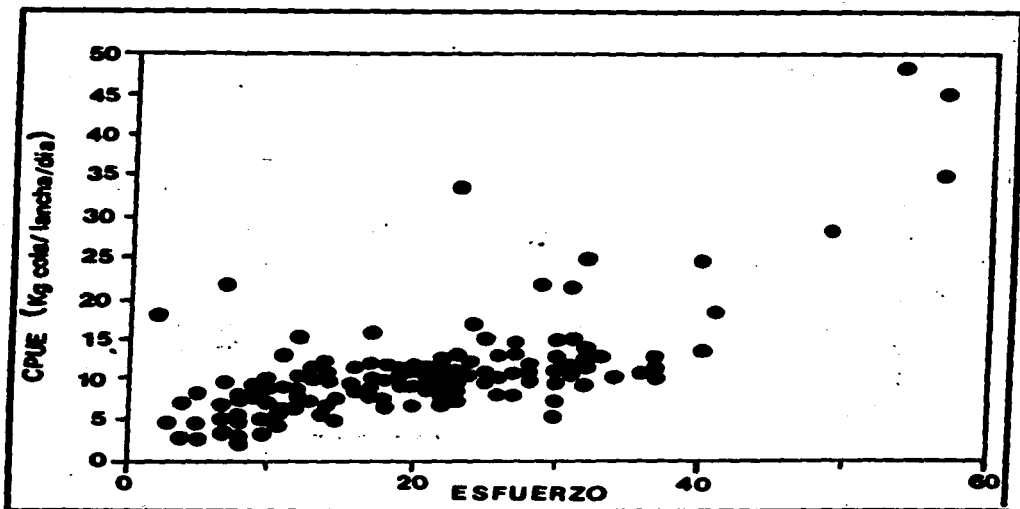


Fig. 13.- Relación entre f (esfuerzo de pesca, en lanchas-día) y la CPUE (kg cola/lancha día) de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión, temporada de pesca 1985-86.

suficiente de asentamiento de postlarvas en el área, la presencia de sustratos adecuados para postlarvas y juveniles pequeños, tales como macroalgas bentónicas complejas y pastizales marinos densos, y una suficiente abundancia de alimento, entre otros (Lipcius y Eggleston, en prensa; Briones et al. en prensa a).

Por otro lado, el diseño de las casitas es tal, que provee a las langostas de refugios sumamente adecuados para su sobrevivencia, y explotan el comportamiento gregario de los juveniles. Estas características incluyen (Eggleston et al. 1990, Lozano et al. sometido); una cubierta opaca brindada por el amplio techo de ferrocemento, una baja altura del techo, lo que permite la exclusión de peces depredadores grandes, y entradas múltiples a la guarida, más pequeñas que la altura interior de la casita. Las entradas múltiples proveen de rutas de escape alternativas, y pueden facilitar la agrupación social con una vigilancia colectiva contra los depredadores (Zimmer-Faust y Spanier 1987, Eggleston et al. 1990).

De esta manera, las casitas ofrecen refugios comunales apropiados para juveniles de langostas, en áreas donde el alimento potencial es abundante, lo que optimiza la utilización de recursos en los juveniles.

Así, las características ambientales de la Bahía de la Ascensión y el comportamiento gregario de los juveniles de P. argus parecen garantizar el éxito de las casitas. Pero el éxito de la pesquería de langostas en Bahía de la Ascensión no depende solamente del uso de las casitas, sino de la excelente organización existente entre los pescadores, con su peculiar sistema de campos.

Con respecto a la reglamentación en la captura de langostas en la bahía, la talla mínima de 13.5 cm LA parece bastante acertada. La decisión de implantar esta talla para las langostas del Área de las bahías Ascensión y Espíritu Santo refleja un cierto entendimiento de las características poblacionales de las langostas de dichas zonas por parte de los administradores pesqueros que estaban en funciones en 1979. Posteriormente, parece haber existido una confusión entre los administradores (Diario Oficial de la Federación, julio 1987), al intentar uniformar la talla mínima de 14.5 para toda la pesquería de P. argus de Quintana Roo y establecer la de 13.5 cm LA para P. guttatus, refiriéndose a esta última como la que se captura en las bahías centrales de este estado. Puesto que P. guttatus no se presenta dentro de la bahías, y la implantación de la talla de 14.5 cm LA en las bahías provocaría un marcado descenso en las capturas, esta medida no se ha observado. Sería conveniente enmendar este error, puesto que no beneficia a nadie.

Ahora bien, la temporada de veda en el caso de Bahía de la Ascensión parece cumplir una función muy importante para la recuperación de la población local al suprimir el esfuerzo de pesca durante cuatro meses.

Entre las temporadas de pesca 1975-76 y 1990-91, la producción de langosta en Bahía de la Ascensión ha tenido amplias fluctuaciones (Fig. 9), siendo la proporción entre la producción máxima y la mínima durante este periodo de 3:1. Cada vez que la producción baja, los pescadores expresan su preocupación por que la langosta "se está acabando". Sin embargo, a las malas temporadas suelen seguir otras mejores. Estas fluctuaciones son comunes en pesquerías de langostas, como lo ejemplifican los casos de Australia Occidental (Morgan et al. 1982, Phillips 1986), Cuba (Cruz et al. 1987) y Canadá (Elner y Campbell 1991).

El caso más reciente de una baja en la producción se presentó en la temporada 1989-90. Este caso es interesante, ya que desde el punto de vista de los pescadores, la culpa de este fenómeno la tuvo el huracán "Gilberto". Aunque, en efecto, parece haber existido una disminución en el número de casitas en la Bahía de la Ascensión causada por el huracán, otros factores que pudieron haber influido en la baja de producción son (a) los bajos índices de reclutamiento de postlarvas detectados en 1987 y 1988 (Briones 1992), y (b) la reducción en la duración de la veda en 1988, de cuatro a menos de tres meses.

La posibilidad del efecto de la reducción de la veda en la producción de las temporadas subsecuentes es interesante, ya que es precisamente durante el primer mes de la temporada (del 15 de julio al 15 de agosto hasta 1987, y del 1 al 31 de julio a partir de 1988) cuando se obtiene la mayor parte de la captura durante toda la temporada (Fig. 10). Lo mismo ocurre con el índice de CPUE, que es considerablemente mayor al principio de la temporada de pesca (Fig. 12).

En otras pesquerías de P. argus también se han registrado disminuciones en la CPUE entre el inicio y el fin de la temporada de pesca (Warner et al. 1977, Lyons et al. 1981). Sin embargo, en la pesquería de Bahía de la Ascensión el decremento entre el primer y segundo mes es muy marcado. Eggleston et al. (1990) sugieren que las casitas aumentan la sobrevivencia de los juveniles de langosta al brindarles protección contra sus depredadores, y que por tanto podrían aumentar la producción de langostas. De esta manera, es posible que durante la temporada de veda, en ausencia de mortalidad por pesca, el efecto de agregación de las casitas sobre los juveniles, aunado al reclutamiento debido al rápido crecimiento (ver sección 4), den como resultado que la captura de una casita sea mayor durante el primer mes de la temporada que durante el resto de la misma. Esto ocurre a pesar de haber un reclutamiento de juveniles a la pesquería

a lo largo de toda la temporada, como se aprecia en la Fig. 11, lo que realza aun más la importancia de la temporada de veda para la recuperación de ciertos niveles de abundancia de langosta en la bahía.

4. DINAMICA POBLACIONAL DE LAS LANGOSTAS EN LA BAHIA DE LA ASCENSION

MATERIAL Y METODOS

Relaciones morfométricas

Para el análisis de la frecuencia de tallas de las capturas de langosta se realizaron algunas transformaciones de los datos originales. Esto se debe a que en Quintana Roo solamente se comercializa la cola de la langosta, y la producción se registra en kilogramos o toneladas de cola. Sin embargo, se recomienda analizar la estructura de las poblaciones de langosta en longitudes cefalotorácicas (Hepper 1966, Briones et al. en prensa b), ya que el cefalotórax es una estructura rígida, mientras que el abdomen o cola es muy flexible por estar compuesto de varios segmentos, y su medición está más sujeta a errores.

Por tanto, se obtuvieron algunas relaciones biométricas para la langosta Penaeus argus de Bahía de la Ascensión. Para ello, se obtuvo una muestra de 146 ejemplares completos, de los cuales se obtuvieron las siguientes mediciones:

- Longitud cefalotorácica (LC): tomada desde la escotadura interorbital hasta el extremo posterior del cefalotórax, con un calibrador o vernier, en milímetros (± 0.1 mm).
- Longitud total (LT): tomada desde la base de las antenas, hasta el extremo posterior del telson, con un ictiómetro modificado (± 5 mm).
- Longitud abdominal (LA): tomada desde el extremo anterior del abdomen hasta el extremo posterior del telson, con un ictiómetro modificado (± 5 mm)
- Peso Total (PT): se pesaba el ejemplar completo en una balanza granataria (± 0.5 g), una vez removido el exceso de agua,
- Peso abdominal (PA): después de seccionar el cefalotórax del abdomen, se pesaba el abdomen en una balanza granataria (± 0.5 g), habiéndose removido el exceso de agua.

Con los datos así obtenidos, se obtuvieron las relaciones morfométricas LC vs. LT, LA vs. LT, LC vs. PT, LC vs. PA, y LT vs. PT, por el método de mínimos cuadrados (Zar 1984). Una vez obtenidas las respectivas ecuaciones de

regresión, los datos comerciales registrados como peso abdominal se transformaron a longitud cefalotorácica.

En todos los casos en los que se haga referencia a cualesquiera de las longitudes o pesos arriba estipulados, su obtención se llevó a cabo de la manera aquí descrita.

Marcado de langostas

Para llevar a cabo la determinación de algunos parámetros poblacionales de las langostas en Bahía de la Ascensión se empleó el método de marcado-recaptura. Este método ha sido ampliamente utilizado en el estudio de langostas, principalmente para los aspectos de crecimiento y movimientos. Esto se debe a que las langostas, como todos los crustáceos, crecen a través de mudas o ecdisis, por lo que la determinación de su edad se dificulta al carecer de estructuras donde existan marcas de crecimiento, como es el caso de las escamas, otolitos o vértebras de los peces (Lockwood 1967).

Anteriormente, la aplicación de marcas en crustáceos planteaba problemas serios, ya que las marcas se perdían al mudar el animal (Lindberg 1955). Sin embargo, posteriormente se desarrollaron algunas marcas que podían ser aplicadas en regiones del cuerpo del crustáceo tales que permanecían insertadas al mismo a lo largo de algunas mudas. Estas marcas han sido utilizadas con éxito en algunas especies de langostas, tales como Penulirus cygnus (Chittleborough 1974, 1975; Morgan 1974 a y b), P. argus (Little 1972, Lyons et al. 1981) y Jaesius lelandii (Paterson 1969), entre otras.

Se solicitó un permiso a la cooperativa "Pescadores de Vigía Chico" y a las autoridades de Pesca para capturar, marcar y liberar las langostas que se encontraran debajo de las "casitas" durante la temporada de veda de 1985 y 1986. El permiso fué concedido, pero los pescadores solicitaron que el marcado fuera terminado por lo menos un mes antes de la apertura de la temporada de pesca (15 de julio). Por tanto, el marcado de langostas se llevó a cabo de abril 16 a mayo 14 en 1985, y de mayo 2 a junio 30 en 1986.

El área de la bahía donde se distribuyen "casitas" fué dividida en seis zonas de muestreo (Fig. 14). En cada zona, se revisó un número variable de casitas, procediéndose a extraer a todas las langostas que se encontraban en ellas. Para ello, se rodeaba la casita con una red circular ("chinchorro"), que tenía un copo en un extremo. La casita era levantada con un horcón de madera, y las langostas eran arreadas con una varilla hasta el copo de la red. Una vez que todas las langostas entraban en el copo, éste se levantaba y se mantenía sumergido en el agua junto a la

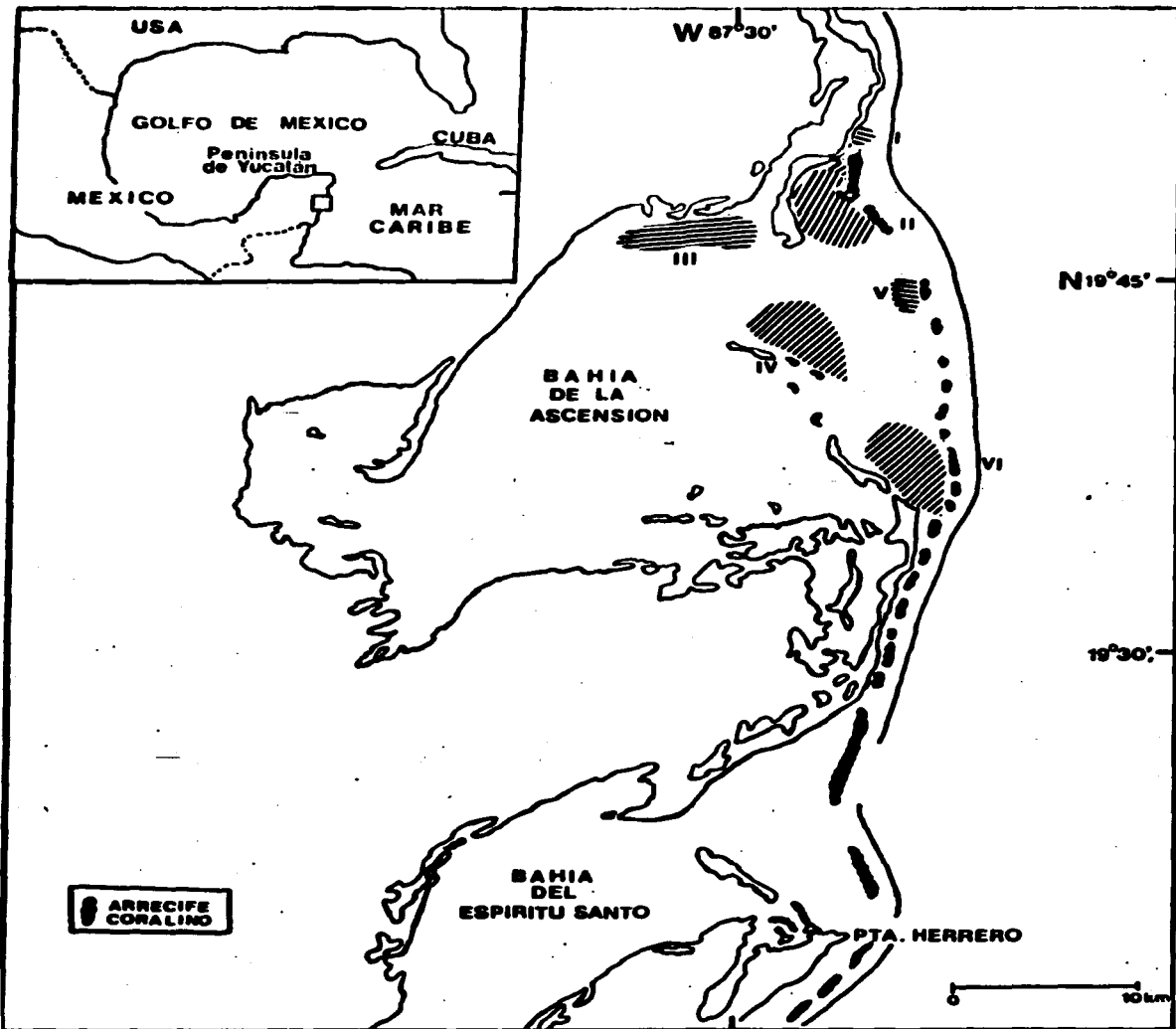


Fig. 14.- Ubicación de las seis zonas de muestreo para las operaciones de mercado de Bahía de la Ascension.

borda de la lancha. Las langostas eran extraídas una por una, procediéndose a registrar su LC, sexo y estado reproductivo, así como la fecha y zona de captura. Posteriormente se les aplicaba una marca, cuyo número era también registrado.

Las marcas utilizadas fueron del tipo "spaghetti", diseñadas por Chittleborough (1974) para la especie Panulirus cygnus. Estas marcas constan de un pequeño disco de plástico con un número impreso, que va unido a un filamento de vinil, el cual termina en un tubo, también de vinil, donde va impreso el mismo número que en el disco. El disco se inserta con un dispositivo de acero inoxidable, de forma similar a una jeringa hipodérmica, en el músculo extensor dorso-lateral entre el cefalotórax y el abdomen de la langosta. El filamento con el tubo quedan expuestos. Estas marcas permiten reconocer individualmente a cada langosta marcada, aún si pierden el tubo exterior, ya que el disco permanece en el músculo.

Una vez marcadas, las langostas eran inmediatamente regresadas al agua en el mismo lugar de su captura. Por medio de observaciones subacuáticas, se constató que las langostas marcadas regresaban bajo la casita a los pocos minutos.

Se solicitó a los pescadores que, cuando capturaran una langosta marcada, conservaran el cefalotórax de la misma junto con su marca, con el objeto de medir nuevamente su LC, así como que brindaran información sobre la zona de recaptura. Los objetivos del programa de marcado fueron publicados en carteles, y se realizó una rifa entre los pescadores que entregaran información para estimular su participación.

Cálculo de la Abundancia y Mortalidades

La estimación del tamaño de la población en recursos pesqueros por medio de la liberación y recaptura de organismos marcados ha sido ampliamente practicado desde principios del siglo XX (Jones 1977, Begon 1979). Diversas modificaciones en este método han brindado estimaciones, ya sea a partir de la proporción en la captura de individuos marcados y no marcados, o bien a partir de la información de la tasa de recaptura. Las estimaciones por marcado, sin embargo, llevan implícitas una gran variedad de suposiciones que, particularmente en organismos marinos, no solamente son difíciles de probar, sino que pueden sesgar de tal manera los resultados como para invalidarlos (Ricker 1978).

Inicialmente Leslie y Davis (1939) y posteriormente DeLury (1947, 1951) desarrollaron procedimientos para

obtener estimaciones del tamaño de la población a partir de la información de la captura y las tendencias en la captura por unidad de esfuerzo (CPUE). Por definición, la CPUE (C/f) durante el intervalo de tiempo i es igual a la capturabilidad g multiplicada por la población promedio (N) presente durante el intervalo, es decir:

$$\frac{C_i}{f_i} = gN_i$$

La población en el tiempo en el que los organismos han sido pescados (N_i) es igual a la población original menos la captura (K_i):

$$N_i = N_0 - K_i$$

y, a partir de estas dos ecuaciones, resulta que:

$$\frac{C_i}{f_i} = gN_0 - gK_i$$

Esta última ecuación indica que la captura por unidad de esfuerzo durante el intervalo i , graficada contra la captura acumulada K_i , deberá dar una línea recta cuya pendiente es la capturabilidad g . También, el intercepto con el eje de las X es una estimación de la población original N_0 , ya que representa la captura acumulada si C_i/f_i , y por tanto la población también, fueran reducidas a cero por la pesca. El intercepto con el eje de las Y es el producto de la población original, N_0 , y la capturabilidad, g (Ricker 1978).

Sin embargo, los cambios en la capturabilidad son quizá la principal fuente potencial de errores en la aplicación de este método de estimación basado en el cambio secular de la captura por unidad de esfuerzo. Estos métodos no pueden aplicarse a muchas poblaciones, ya sea porque la capturabilidad varía con cambios estacionales en las condiciones ambientales, o porque los organismos individuales difieren en su vulnerabilidad y aquellos más vulnerables son más rápidamente removidos (Ricker 1978). Cualquiera de estos efectos puede producir cambios en la captura por unidad de esfuerzo, que no pueden distinguirse de aquellos producidos por cambios en la abundancia (Morgan 1974b).

Por otro lado, es obvio que el reclutamiento y la mortalidad natural, o la inmigración y emigración, pueden introducir serios errores en los cálculos de DeLury (1947,

1951). Por tanto, es ventajoso concentrar el esfuerzo de pesca en un periodo de tiempo corto, de manera que los efectos perturbadores de estos factores sean minimizados.

Algunas de las causas que pueden producir discrepancias entre los números reales y los estimados, son las siguientes:

- Cambios en la capturabilidad, durante el periodo de estudio, ya sea (a) entre la población como un todo debido a cambios ambientales en hábitos o en hábitat; o (b) por una extracción selectiva de los individuos más vulnerables; o (c) porque la capturabilidad misma sea una función de la densidad del stock, y disminuya cuando el stock sea reducido.
- Mortalidad natural durante el periodo de estudio.
- Mortalidad causada por el método de pesca durante el estudio.
- Mortalidad causada por el procedimiento de marcado o por la marca misma.
- Emigración de organismos de la población en el área de estudio.

Ketchen (1953) desarrolló un método para estimar la abundancia y las mortalidades en una población en la cual existen tanto inmigración como emigración, que es el caso de las langostas en Bahía de la Ascensión, utilizando tanto información de la captura por unidad de pesca como de marcado. Las suposiciones en las que se basa el método son que la inmigración y la emigración ocurran con tasas instantáneas constantes, proporcionales al número de organismos presentes en el área de pesca. A continuación se explica el procedimiento de Ketchen, utilizando la notación de Ricker (1978).

Sean F , γ y Z las tasas instantáneas de pesca, emigración, e inmigración, respectivamente, basadas en una temporada de pesca como unidad de tiempo (La inmigración suma a la población, y por tanto tiene el signo opuesto al de F y γ). Con base en una unidad de esfuerzo pesquero, estas tasas instantáneas se convierten en F/f , γ/f , y Z/f ; F/f es la capturabilidad, g , de los organismos.

La población marcada, originalmente la cantidad M_0 , es afectada por la emigración y la pesca; por tanto, la pendiente de la línea BC en la figura 15 es igual a:

$$F/f + \gamma/f = (F + \gamma)/f$$

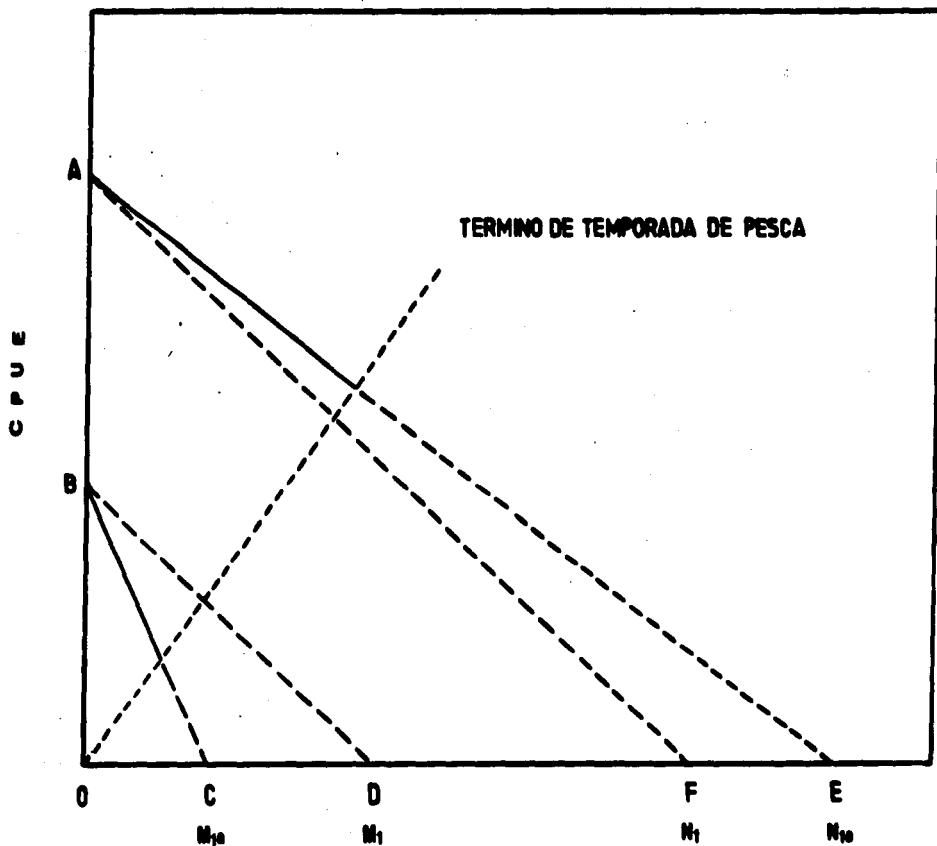


Fig. 15.- Diagrama que muestra las relaciones entre las estimaciones del método de Leslie-DeLury para el tamaño de la población total (líneas superiores) y de la población marcada (líneas inferiores), según Ketchen (1953). Eje de abscisas: captura acumulada.

de donde $F + \gamma$ puede ser calculado. La estimación del número original aparente, M_{sa} , es el intercepto con el eje de las X, cuyo valor es OC. Si no hubiera existido emigración, C/f para la población marcada habría disminuido a lo largo de la línea BD, teniendo como pendiente F/f , y el segmento OD hubiera sido una estimación no sesgada del número marcado, M_s . Notamos que:

$$\frac{F/f}{(F + \gamma)/f} = \frac{\text{pendiente de BD}}{\text{pendiente de BC}} = \frac{OB/OD}{OB/OC} = \frac{OC}{OD} = \frac{M_{sa}}{M_s}$$

y así, F puede estimarse de:

$$F = \frac{M_{sa}}{M_s} (F + \gamma)$$

La población no marcada puede ser ahora tratada de la misma manera. Esta también resulta afectada por la pesca, la emigración y la inmigración, de manera que la pendiente de la línea AE (Fig. 15) es igual a:

$$F/f + \gamma/f - z/f$$

de donde z puede ser calculada, ya que se conoce f , y F y γ fueron despejados más arriba. Si no hubiera existido inmigración ni emigración, el éxito de pesca hubiera descendido a lo largo de la línea AF, que es paralela a BD. La población inicial aparente estimada, $N_a (= OE)$, es a la población inicial, $N (= OF)$, lo que la pendiente de AF es a la pendiente de AE, o lo que F/f es a $(F + \gamma - z)/f$; por tanto, una estimación de N será:

$$N = N_a (F + \gamma - z)/F$$

Si se utiliza \bar{N} para la población real promedio, y \bar{B} para su biomasa promedio, se puede escribir:

i) $\bar{F}\bar{N} = C =$ captura; $\bar{F}\bar{B} = Y =$ peso de la captura (rendimiento)

ii) $\gamma\bar{N} =$ número de emigrantes; $\gamma\bar{B} =$ peso de emigrantes

iii) $z\bar{N} =$ número de inmigrantes; $z\bar{B} =$ peso de inmigrantes

A partir de (i) pueden evaluarse \bar{N} o \bar{E} , y el número o biomasa de los emigrantes e inmigrantes se obtienen de (ii) y (iii).

Análisis del Crecimiento

El análisis de los datos de captura-recaptura para determinar el crecimiento de las langostas, se llevó a cabo por medio de dos métodos:

a) el modelo de Von Bertalanffy, utilizando el método de ajuste propuesto por Fabens (1965), y

b) un método propuesto por M. Palmer (CSIRO Division of Mathematics and Statistics, Australia) (Palmer et al. en prensa).

Este último método modela el crecimiento de acuerdo con la suposición de que éste se adapta a una función exponencial del tiempo, es decir:

$$y = a (1 - e^{-bt}) + E$$

donde y = LC (mm), a = LC asintótica (mm), b = un coeficiente de crecimiento, t = tiempo o edad (en días) y E = residuales. La edad, en este análisis, se entiende a partir del asentamiento de la postlarva. Un valor medio de 6 mm LC, obtenido de la medición de 50 postlarvas (J. Simónin, datos no publicados), fué introducido en el modelo como la talla-inicial (edad cero).

Este modelo es solamente una descripción aproximada del crecimiento, el cual es esencialmente una función escalonada (step function, Arce 1970); sin embargo, parece describir el crecimiento adecuadamente (Palmer et al. en prensa).

Los parámetros para el modelo, incluyendo la variabilidad del crecimiento individual, fueron estimados por medio de una distribución Gaussiana multivariada. Se asumió que los residuales alrededor de una curva individual (E) eran normales Gaussianas independientes con varianza constante. La estimación de la probabilidad, asumiendo que los coeficientes individuales para un individuo eran conocidos, fué:

$$L_i = p(y | a, b) p(a, b)$$

donde L_i = longitud inicial, y p (.) denota una distribución de probabilidad.

Puesto que los coeficientes de los animales individuales eran desconocidos, se les consideró como parámetros "ruido", y se les integró fuera de la probabilidad, dando:

$$L_i = \int_{-\infty}^{\infty} p(y | a, b) p(a, b) da db$$

donde L_i es la probabilidad para el i -ésimo individuo. Posteriormente, el producto de la probabilidad individual debe ser maximizado para encontrar las estimaciones de los parámetros poblacionales. Un algoritmo conveniente en este caso es el algoritmo EM (Dempster *et al.*, 1977). Detalles sobre su aplicación en este contexto se encuentran en los trabajos de Laird *et al.* (1987), Palmer (1986) y Palmer *et al.* (en prensa).

Aunque se conocía el tiempo transcurrido entre capturas subsecuentes, la edad en la primera captura era desconocida. Se asumió también una distribución de probabilidades para este parámetro desconocido, pero ahora el tiempo inicial se toma como "faltante", y se elimina de la probabilidad por medio de integración. La probabilidad para el i -ésimo animal es ahora de la siguiente forma:

$$L_i = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(y | a, b, t_1) p(a, b) da db dt_1$$

Se utilizó la máxima probabilidad (maximum likelihood) para estimar tanto los parámetros de crecimiento como la distribución de las edades iniciales. El método para construir y maximizar la probabilidad se encuentra descrito en Palmer *et al.* (en prensa).

Por otro lado, se analizaron las tasas semanales promedio de crecimiento (Hunt y Lyons 1986) de las langostas recapturadas, para determinar si se presentaron cambios significativos en las tasas de crecimiento a lo largo del intervalo de tallas consideradas.

Movimientos

Los movimientos de las langostas marcadas entre la fecha de captura y la de recaptura se agruparon por zonas, y el movimiento promedio por zona se indica con vectores en el mapa de la bahía.

RESULTADOS

Relaciones morfométricas

El intervalo de tallas de las 146 langostas procedentes de Bahía de la Ascensión, muestreadas con el objeto de obtener diferentes relaciones morfométricas, fué de 55.0 a 152.6 mm LC; el de las hembras abarcó de 55.0 a 118.5 mm, y el de los machos de 56.4 a 152.6 mm. La LC media de la muestra total fué de 77.4 mm LC (hembras = 75.5 y machos = 79.2 mm LC). Las ecuaciones para las diversas relaciones morfométricas aparecen en la tabla 2.

Marcado

En la tabla 3 se muestra un resumen de los datos referentes a las langostas marcadas y recapturadas durante los dos años de este estudio (1985 y 1986).

Un total de 3893 langostas fueron capturadas de debajo de las casitas en 1985. De éstas, 3470 eran de una talla suficiente para ser marcadas. La proporción machos:hembras de la población capturada fué 1.14:1, mientras que la de la población marcada fué 1.13:1.

En 1986, se capturaron 1403 langostas, marcándose un total de 1324. La proporción machos:hembras en los dos casos fué de 1.04:1. En ninguno de los dos años hubo una diferencia significativa en la proporción sexual con respecto a la unidad. Durante los dos años, el intervalo de tallas en ambos sexos fué similar (Figs. 16a y b).

Durante la temporada de pesca 1985-86, fueron recapturadas por los pescadores un total de 849 langostas marcadas (25.4% del total marcado durante 1985). Ninguna de las langostas marcadas en 1985 fué recapturada en la operación de marcado de 1986. Sin embargo, cuatro langostas marcadas en 1985 fueron recapturadas durante la temporada de pesca 1986-87. La proporción machos:hembras de las langostas recapturadas en 1985-86 fué de 1.14:1. Se recapturaron langostas marcadas en las seis zonas de muestreo de la

TABLA 2.- Relaciones morfométricas de Panulirus argus de la Bahía de la Ascensión. (LA = Longitud Abdominal (mm), LC = longitud total (mm), LC = longitud cefalotorácica (mm), PT = peso total (g), PA = peso abdominal (g); N = 146).

$$LA = 1.6414 LC + 13.2298 \quad (r^2 = 0.923)$$

$$LT = 2.6750 LC + 24.9727 \quad (r^2 = 0.8721)$$

$$\text{Log PT} = -2.0048 + 2.4306 \text{ Log LC} \quad (r^2 = 0.8925)$$

$$\text{Log PA} = -2.6929 + 2.550 \text{ Log LC} \quad (r^2 = 0.925)$$

TABLA 3. Resumen de la información sobre langostas Penulirus argus marcadas y recapturadas en la Bahía de la Ascensión durante las operaciones de mercado en las temporadas de veda de 1985 y 1986 (LC = Longitud cefalotorácica).

ANO DE MERCADO	1985	1986
TOTAL CAPTURADO	3,895	1,403
INTERVALO DE TALLAS (LC, mm)	10.2-142.4	22.0-113.1
TALLA MEDIA (LC, mm)	61.4	65.2
PROPORCION SEXUAL (Machos:Hembras)	1.14:1	1.08:1
TOTAL MERCADO	3,470	1,324
TOTAL RECAPTURADO	649	407
% RECAPTURADO	24.5	30.7
TOTAL RECAPTURADO CON INFORMACION DE LC.	372	268
% DEL TOTAL DE RECAPTURAS CON INFORMACION DE LC.	43.8	65.8

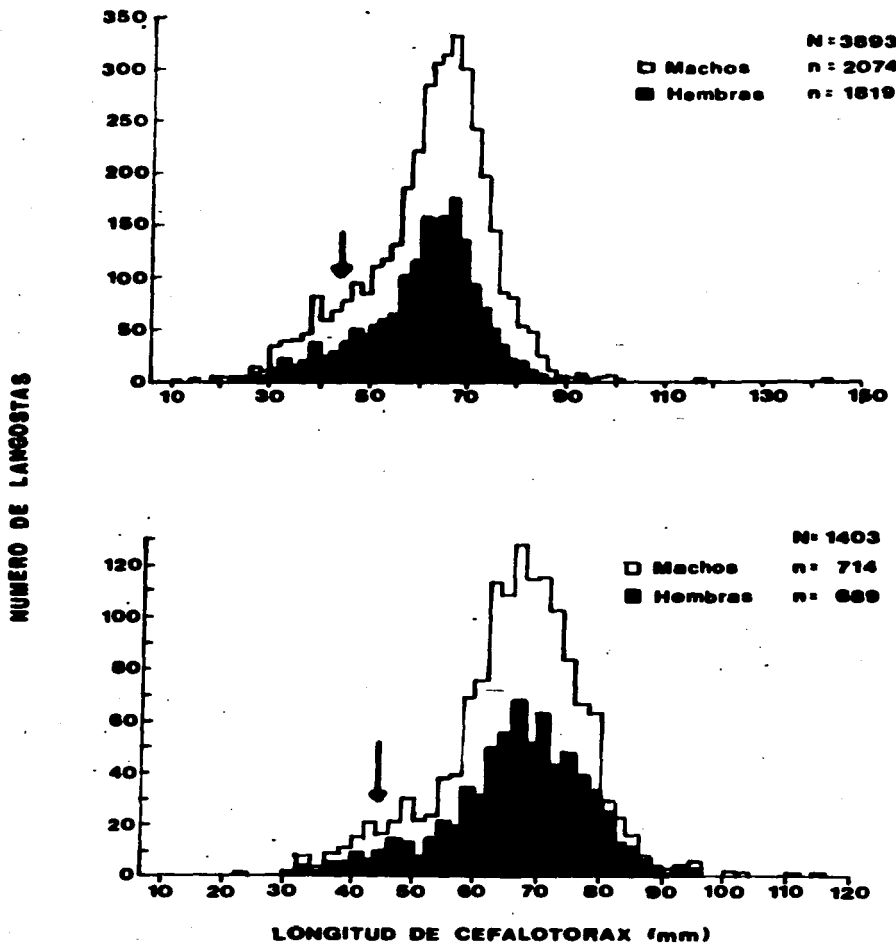


Fig. 16.- Distribución por tallas de Panulirus argus capturadas en Bahía de la Ascensión en las operaciones de marcado en (a) 1985 y (b) 1986. Solamente se aplicaron marcas a los ejemplares 244 mm LC, a partir de donde indica la flecha.

bahía, así como en algunas localidades por fuera de la bahía.

Durante la temporada 1986-87, se recapturaron 407 langostas (30.7% de las marcadas en 1986). La proporción machos:hembras fue de 1.08:1. En esta temporada de pesca, no se recapturaron langostas por fuera del área de pesca de la cooperativa.

En ambos años, la mayoría de las recapturas fueron obtenidas durante los tres primeros meses de la temporada de pesca (Fig. 17).

Estructura de la población

La LC media (61.4 mm, intervalo 10.2-142.4 mm LC) de las langostas capturadas en la bahía durante 1985 fue significativamente menor (prueba de Z , Hoel 1976; $Z = 10.4$, $P < 0.05$) que la LC media de las langostas capturadas durante 1986 (65.2 mm, intervalo 22.0-113.1 mm LC). Sin embargo, debe considerarse que la operación de marcado en 1985 se llevó a cabo un mes más temprano que en 1986.

Las LC medias de las langostas capturadas en cada una de las seis zonas de muestreo durante 1985 y 1986 (Figs. 18 y 19) fueron significativamente diferentes ($P < 0.05$, prueba aproximada de igualdad de medias cuando las varianzas son heterogéneas, Sokal y Rohlf 1981). Una comparación no planeada entre pares de medias (Sokal y Rohlf 1981) mostró que hubo tres grupos de LC medias durante cada año (Tabla 4). Este resultado implica que la distribución por tallas de las langostas en la bahía no es aleatoria. Las langostas más pequeñas ocuparon las zonas más interiores de las seis muestreadas (zonas II, III y IV), mientras que las langostas más grandes se encontraron en las zonas más cercanas al arrecife (zonas I, V y VI).

Abundancia

El método de Leslie-Delury se aplicó a la información de CPUE (kg cola /embarcación·día) y de captura acumulada. En la temporada de pesca 1985-86 solamente se abarcó del 16 de julio al 22 diciembre de 1985 ya que, desafortunadamente, no se encontraron en la cooperativa las boletas de entrega de los pescadores correspondientes al periodo 23 de diciembre de 1985 a 15 de marzo de 1986. Por otro lado, los datos de 1986 sí abarcaron toda la temporada de pesca (julio 1986 a marzo de 1987). Para ambas temporadas, se encontró que entre el 16 de julio y el 22 de diciembre se había obtenido el 82% del total de la captura. En la temporada

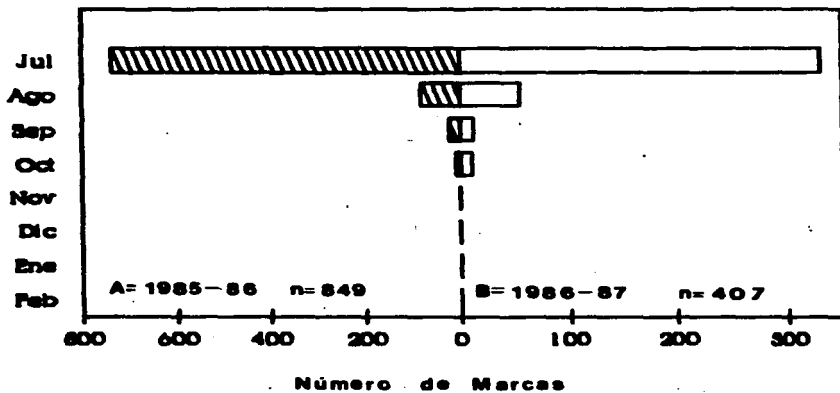


Fig. 17.- Número de *Panulirus argus* mercadas (a) en 1985 y (b) en 1986, que fueron recapturadas cada mes durante las temporadas de pesca (a) 1985-86 y (b) 1986-87.

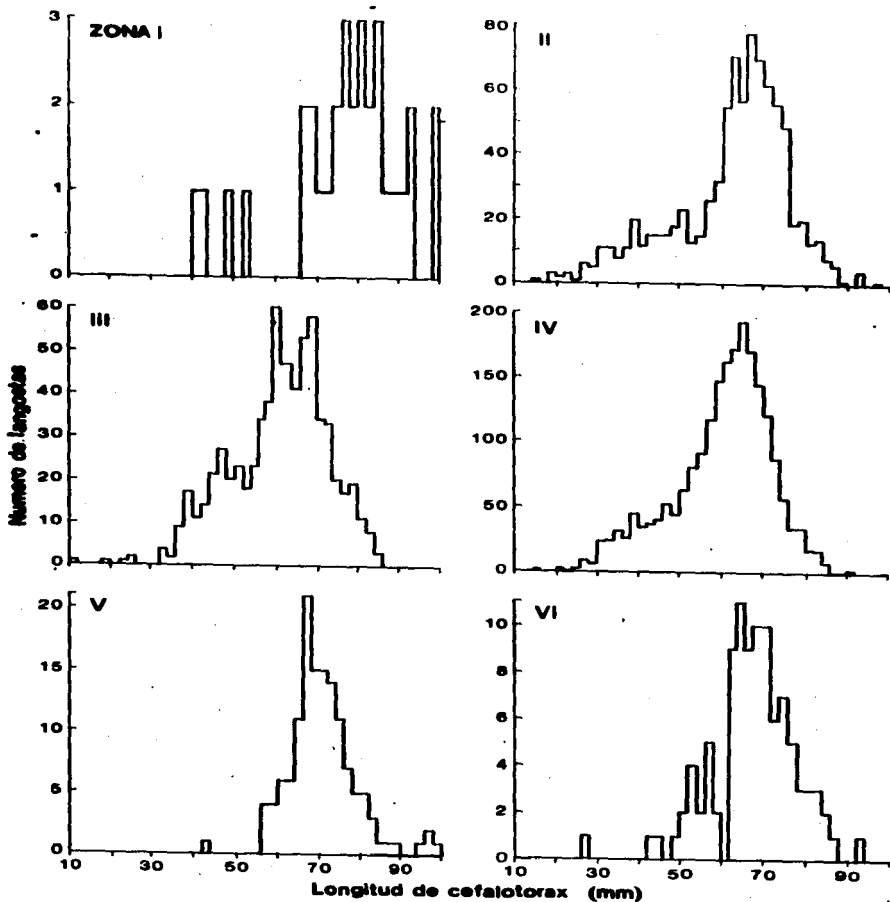


Fig. 18.- Distribución por tallas de las langostas *Parastacus* capturadas en cada zona de muestreo durante la operación de marcado de 1985 en Bahía de la Ascensión.

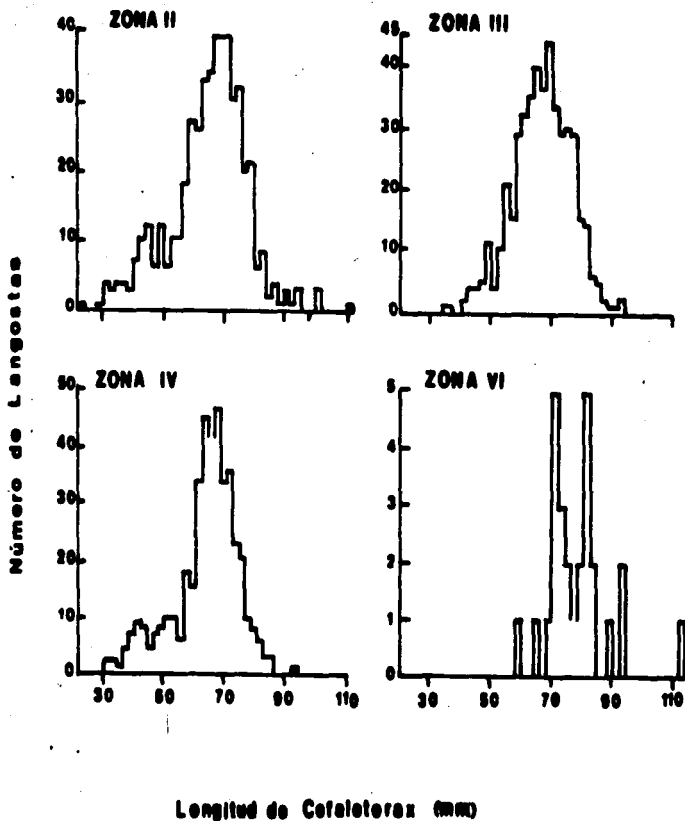


Fig. 19.- Distribución por tallas de las langostas Panulirus argus capturadas en las zonas de muestreo II, III, IV y VI durante la operación de marcado de 1986 en Bahía de la Ascensión.

TABLA 4.- Longitud cefalotorácica promedio (\bar{X} LC, mm) de *Panulirus argus* capturadas en cada una de las seis zonas de muestreo. En 1986, no se muestreó la zona I, y solamente se obtuvieron cinco ejemplares en la zona V. Las LC medias, seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes ($P = 0.05$). Las medias con letras diferentes son significativamente diferentes ($P < 0.05$). Se utilizó la prueba de comparaciones no planeadas entre pares de medias (Sokal y Rohlf 1981).

a) 1985

Zona	IV	III	II	VI	V	I
X LC	60.14 ^a	60.89 ^a	62.34 ^a	67.63 ^b	70.63 ^b	78.73 ^c

b) 1986

Zona	IV	II	III	VI
X LC	63.34 ^a	64.85 ^{ab}	66.41 ^b	78.14 ^c

1986-87, este porcentaje de la captura se había obtenido con el 75% del esfuerzo total de esa temporada. Asumiendo una proporcionalidad similar para la temporada 1985-86, se obtiene un esfuerzo total de 4,013 embarcaciones-día.

En las figuras 20a y b, se aprecia la relación entre la CPUE semanal y la captura acumulada para 1985 y 1986-87, respectivamente. Estas gráficas presentan inicialmente una curvatura hacia arriba, es decir, son cóncavas, y después se hacen más complejas. Ketchen (1953) explica que este tipo de gráficas indican que está habiendo inmigración de individuos a lo largo del período de pesca.

Las ecuaciones de regresión para las relaciones CPUE semanal-Captura acumulada fueron, para 1985:

$$CPUE = -0.00049 (\text{Cap. Acum.}) + 24.2891$$

($r^2 = 0.5545$), siendo -0.00049 el valor de la pendiente AE del gráfico de Ketchen (1953) (Fig. 15), y para 1986:

$$CPUE = -0.00027 (\text{Cap. Acum.}) + 24.8917$$

($r^2 = 0.4803$), siendo -0.00027 el valor de la pendiente AE del gráfico de Ketchen (Fig. 15).

Por otro lado, aplicando el mismo método a la captura de langostas marcadas durante 1985 y 1986, donde la captura acumulada se entiende como la acumulación de langostas marcadas, se obtuvieron las figuras 21a y b, con las siguientes ecuaciones, para 1985:

$$CPUE \text{ semanal marcas} = -0.00228 (\text{Capt. Acum. marcas}) + 1.9398$$

($r^2 = 0.897$), siendo -0.00228 la pendiente de la recta BC del gráfico de Ketchen (Fig. 15), y para 1986:

$$CPUE \text{ semanal marcas} = -0.00233 (\text{Capt. Acum. marcas}) + 0.9356$$

($r^2 = 0.9526$), siendo -0.00233 la pendiente de la recta BC del gráfico de Ketchen.

El modelo de Ketchen requiere de una buena estimación de los organismos marcados (M_0) al inicio de la temporada de

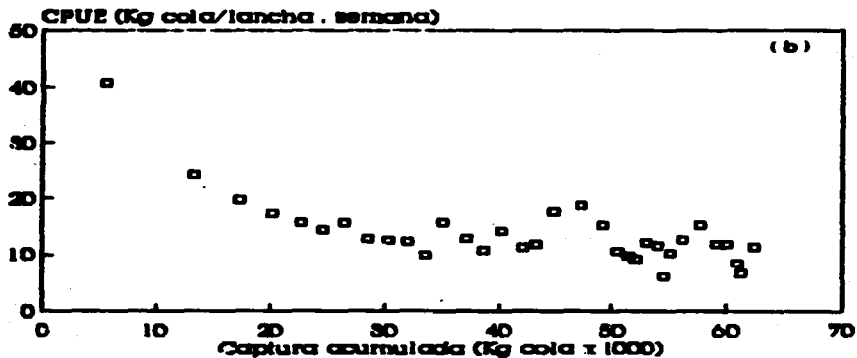
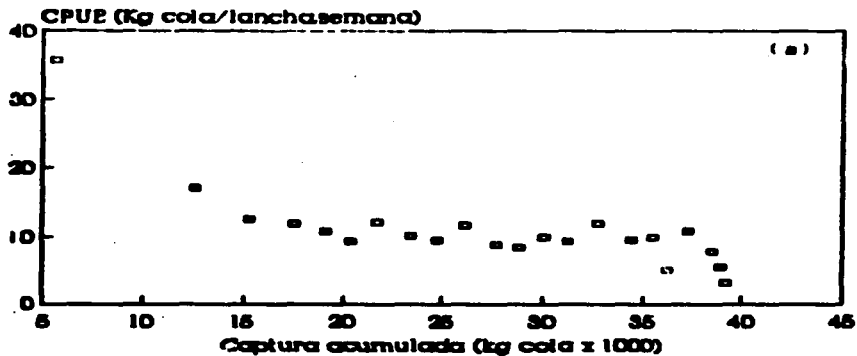


Fig. 20.- Relación entre la captura acumulada (kg cola) y la CPUE (kg cola/lancha.semana) (modelo de Leslie-DeLury) de Panulirus argus, en (a) julio-diciembre de 1985, y (b) julio 1986-marzo 1987.

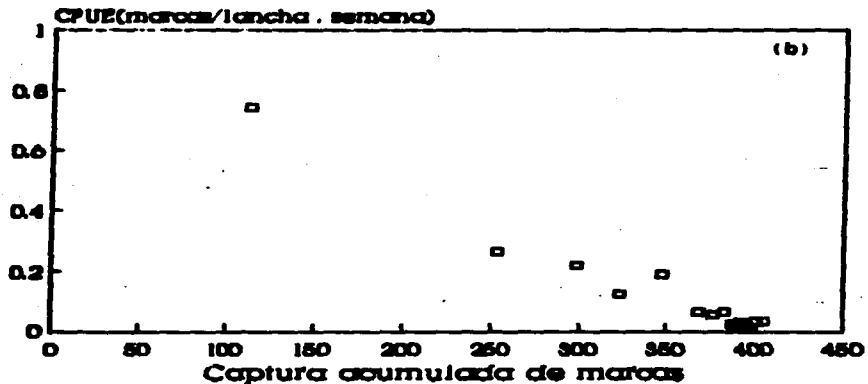
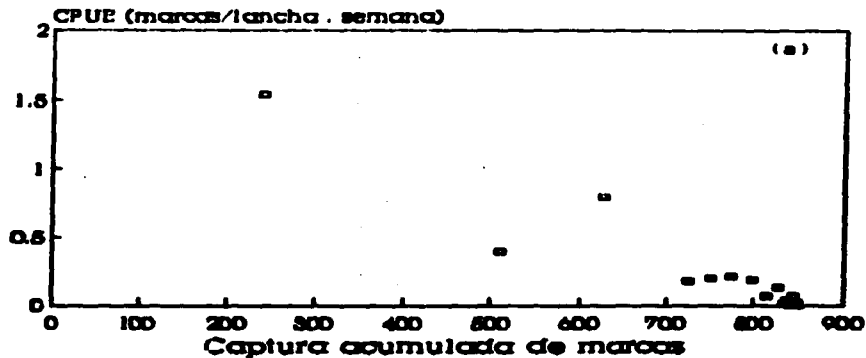


Fig. 21.- Relación entre la captura acumulada de marcas (Número de marcas) y la CPUE (número de marcas/lancha-semana), en (a) julio-diciembre de 1985, y (b) julio 1986 - marzo 1987.

pesca. Por tanto, para la aplicación del método de Ketchen se procedió de la siguiente manera para cada año:

Para una primera estimación se tomaron en consideración todas las marcas aplicadas en temporada de veda menos un porcentaje de mortalidad por manejo. Este porcentaje se calculó en 5% con base en observaciones de mortalidad durante algunos días de marcado. Esto dejó un total de 3,297 marcas en 1985 y 1,258 en 1986. Con estos datos se obtuvo un primer grupo de parámetros. Sin embargo, estos valores están sobrestimados, ya que entre el término de las operaciones de marcado y la subsecuente temporada de pesca transcurrió un período (2.5 meses en 1985 y 1 mes en 1986) durante el cual algunos organismos marcados emigraron. Así, aplicando el valor de y (tasa de emigración) obtenido inicialmente para el período respectivo en cada año al número de marcas aplicadas, e iterando este proceso hasta obtener valores de M_i estables (1,472 en 1985, y 837 en 1986), se obtuvo un conjunto final de datos para cada año (Tabla 5).

El valor de B (la biomasa de la población al inicio de la temporada de pesca) puede estimarse de una manera diferente, aplicando el método de Leslie-DeLury solamente a los datos de CPUE y Captura acumulada de los primeros quince días de la temporada de pesca de cada año. Con las ecuaciones de estas nuevas relaciones, que fueron:

$$CPUE = -0.00295 (\text{Cap. Acum.}) + 54.5995 \quad (r^2 = 0.9342) \text{ para } 1985, \text{ y}$$

$$CPUE = -0.00208 (\text{Cap. Acum.}) + 52.7411 \quad (r^2 = 0.8887) \text{ para } 1986,$$

se obtuvieron los valores de B de 18,508 kg en 1985, y 25,356 kg en 1986.

Distribución de langostas por casita en la bahía

Durante 1985, se revisó un total de 153 casitas en las seis zonas de muestreo (Fig. 14), y todas las langostas bajo las casitas fueron contadas. La distribución total de las langostas por casita se aproximó a una distribución de Poisson, con el 39.2% de las casitas ocupadas por 1-10 langostas (Fig. 22a). Sin embargo, el número de langostas por casita varió de acuerdo con la zona dentro de la bahía (Tabla 6). Por ejemplo, las 57 casitas revisadas en la zona II tuvieron un total de 862 langostas, mientras que las 56 casitas revisadas en la zona IV brindaron 2,185 langostas. Las características del hábitat entre estas dos zonas fueron similares, así como el intervalo de tallas y la LC media de

TARLA 5.- Resultados del modelo de Ketchen para cálculo de diversos parámetros poblacionales de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión, a partir del marcado de ejemplares. (C= captura total durante la temporada, en kg de colas; M_1 = número de marcas al inicio de la temporada de pesca, F= tasa de mortalidad por pesca, y= tasa de emigración, z= tasa de inmigración, B= biomasa inicial (kg de cola), B= biomasa promedio (kg de cola), Peso total= biomasa inicial + peso inmigrantes).

	1985-1986	1986-1987
C =	47,578	67,071
* M_1 =	1,472	837
F =	5.2772	4.6203
y =	3.8724	4.8814
z =	7.1832	8.4006
B =	18,471	21,971
B =	9,016	12,921
Peso Emigran.=	34,914	63,073
Peso Inmigran.=	64,764	108,544
Peso total =	83,235	130,515

* = Número inicial de marcas menos el 5% de mortalidad por manejo y menos el número de individuos marcados que emigraron entre el tiempo de marcado y el inicio de la temporada de pesca (2.5 meses en 1985, y 1 mes en 1986) (Ver texto).

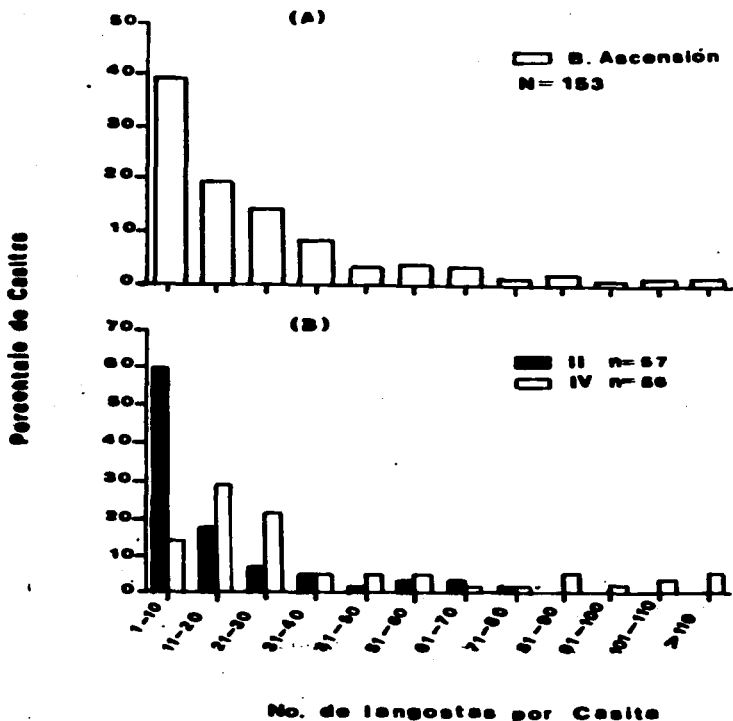


Fig. 22.- (a) Distribución total de ocupación de casitas por langosta (número de langostas / casita) en todas las zonas de muestreo en Bahía de la Ascensión, durante abril-mayo de 1985 (número total de casitas revisadas: 153; número total de Panulirus argus encontradas bajo las casitas: 3,955). (b) Distribución de ocupación de casitas por langostas en la zona II (barras negras) y en la zona IV (barras blancas) en Bahía de la Ascensión, durante abril-mayo de 1985 (total de casitas revisadas en la zona II: 57; en la zona IV: 86. Total de langostas encontradas bajo las casitas en la zona II: 862; en la zona VI: 2,815).

TABLA 6. Número de casitas revisadas en cada una de las seis zonas de muestreo en Bahía de la Ascensión, y distribución del número de langostas Penaeus argus por casita, durante el mercado de 1985.

No. de langostas por casita	Número de casitas por zona						TOTAL
	I	II	III	IV	V	VI	
1-10	6	34	8	8	0	4	60
11-20	0	10	3	16	0	1	30
21-30	0	4	4	12	1	1	22
31-40	0	3	7	3	0	0	13
41-50	0	1	1	3	0	0	5
51-60	0	2	1	3	0	0	6
61-70	0	2	2	1	0	0	5
71-80	0	1	0	1	0	0	2
81-90	0	0	0	3	0	0	3
91-100	0	0	0	1	0	0	1
101-110	0	0	0	2	1	0	3
> 110	0	0	0	3	0	0	3
Total casitas por zona	6	57	26	56	2	6	153

las langostas provenientes de estas dos zonas (Fig. 18, Tabla 4).

En la zona II, el 59.6% de las casitas tuvieron 1-10 langostas, y el máximo número de langostas por casita fué de 80. En contraste, en la zona IV, fueron más abundantes las langostas con 11-20 y 21-30 langostas por casita (28.6% y 21.4%, respectivamente) que aquellas con 1-10 langostas (Fig. 22b). Además, tres casitas en la zona IV contenían las más altas concentraciones de langostas (138, 156 y 183 langostas) observadas durante el estudio.

Crecimiento y reclutamiento

De las 849 langostas recapturadas durante 1985-86 y las 407 recapturadas durante 1986-87, solamente 372 y 268, respectivamente, fueron regresadas con información precisa sobre su LC. Todas estas langostas, a excepción de dos individuos, mostraron crecimiento entre el marcado y la recaptura.

Durante los tres primeros meses de la temporada 1985-86, la LC modal de los machos recapturados aumentó 10 mm. Sin embargo, el crecimiento de los individuos fué altamente variable (Fig. 23) y en algunos casos más de una moda pudo haber ocurrido. Esto se ejemplifica mejor en la figura 24, donde se aprecia el incremento en LC entre el marcado y la recaptura de algunos individuos. En el caso de las hembras, la moda aumentó 8 mm.

El método de Fabens para estimar los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy fué utilizado para los dos sexos y los dos años de estudio de manera separada (Tabla 7a). Las estimaciones de la longitud asintótica (L_{∞}) y del coeficiente de crecimiento k obtenidas por este método mostraron una gran variabilidad.

Por otro lado, el algoritmo EM requiere de estimaciones iniciales para empezar a iterar, y las estimaciones de Fabens fueron utilizadas con este fin. Así, se obtuvieron datos para los machos y las hembras en cada año del mercado (Tabla 7b). Al combinar los datos de ambos años para cada sexo, no hubo un incremento significativo en la proporción log-probabilidad (log-likelihood ratio), indicando que era válido agrupar los datos para los dos años, es decir que no hubo diferencias en el crecimiento de cada sexo entre los dos años considerados.

Sin embargo, al combinar los datos de los machos con los de las hembras, hubo un aumento significativo en la proporción log-probabilidad, indicando tasas de crecimiento diferentes para machos y hembras, por lo que no fué válido

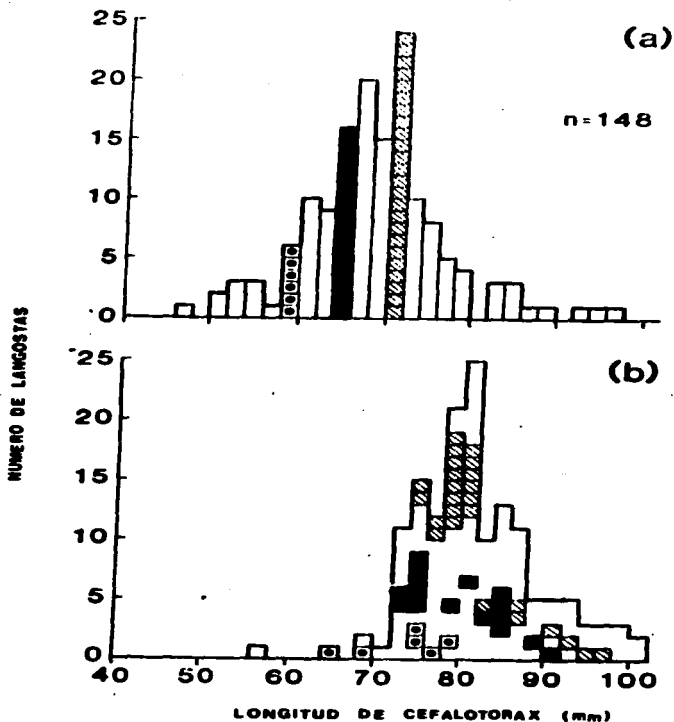


Fig. 23.- (a) Talla de captura inicial de 148 *Panulirus argus* machos marcados en Bahía de la Ascensión en abril-mayo de 1985, y (b) talla de recaptura de los mismos machos durante los tres primeros meses de la temporada de pesca 1985-86. Los diferentes sombreados indican individuos y muestran el incremento en la LC por cohortes de talla selectas, para enfatizar la variabilidad en el crecimiento. Es posible que, en algunos casos, haya ocurrido más de una muda.

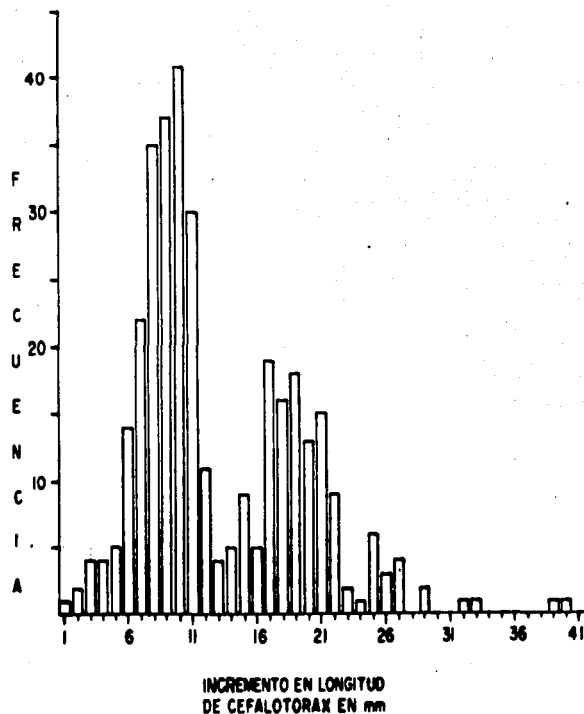


Fig. 24.- Incremento en la longitud cefalotorácica (mm) de los ejemplares de Penulirus arcus marcados en abril-mayo de 1985, y recapturados durante los tres primeros meses de la temporada de pesca 1985-86. Las diferentes modas podrían indicar mudas sucesivas.

TABLA 7.- Estimación de los parámetros promedio de crecimiento para Penulirus argus por medio de (a) método de Fabens; (b) método de máxima probabilidad, y (c) método de máxima probabilidad, combinando la información de 1985 y 1986. (r = Matriz de dispersión de los coeficientes de la curva de crecimiento; e^2 = variabilidad alrededor de una curva individual).

Sexo	Año	L_0	k
a) Método de Fabens:			
Machos	1985	101.898	-0.0059
Machos	1986	113.815	-0.0049
Hembras	1985	85.970	-0.0109
Hembras	1986	148.284	-0.0018
b) Método de Máxima probabilidad:			
Machos	1985	255.464	-0.00057
Machos	1986	261.501	-0.00054
Hembras	1985	222.807	-0.00065
Hembras	1986	218.149	-0.00067
$r = \begin{bmatrix} 10.295 & -0.00004 \\ & 2.16 \times 10^{-10} \end{bmatrix}$			
$e^2 = 25.426$			
c) Método de máxima probabilidad (1985 y 1986 combinados).			
Machos		257.204	-0.00056
Hembras		215.605	-0.00068
$r = \begin{bmatrix} 10.349 & -0.000047 \\ & 2.19 \times 10^{-10} \end{bmatrix}$			
$e^2 = 25.421$			

agrupar los datos de ambos sexos para obtener una sola curva de crecimiento. Los machos crecen más rápido y a mayores tallas que las hembras, como sucede en otras especies de palinúridos (Kancirik 1980). El conjunto de datos final aparece en la Tabla 7c.

El crecimiento individual mostró una gran variabilidad (Fig. 25), pero las curvas promedio de crecimiento estimadas para machos y hembras, combinando los datos de 1985 y 1986, se aprecian en la figura 26.

El algoritmo EM también predice la edad a la cual cada animal fue inicialmente capturado. La función de densidad no paramétrica estimada de la edad de primera captura, para los datos agrupados de 1985 y 1986, mostró una clara moda alrededor de los 525 días desde el asentamiento como postlarvas.

El crecimiento de las langostas en Bahía de la Ascensión fue rápido. Los machos y las hembras se incorporan a la pesquería aproximadamente a los 74 mm LC (13.5 cm LA), lo que representa, respectivamente, 1.65 y 1.7 años a partir de su asentamiento como postlarvas. Si se estima una duración del período larvario de seis meses (Lewis 1951), entonces los machos y las hembras se incorporan a la pesquería a una edad aproximada de 2.15 y 2.2 años.

Movimientos

La mayoría de las langostas recapturadas fueron obtenidas dentro de los límites del área de pesca de la cooperativa. Las langostas que se dispersaron a partir de su zona de captura inicial tendieron a moverse hacia y a lo largo del arrecife coralino en ambos años (Figs. 27 y 28; Tablas 8 y 9). Por ejemplo, de las 79 langostas recapturadas que habían sido marcadas en la zona III en 1985 (número total de langostas marcadas en la zona III = 581), 29 permanecieron en la zona III y 42 se movieron hacia áreas más cercanas al o sobre el arrecife exterior (Fig. 27b, Tabla 8). Sin embargo, debido a que la pesca de langostas no se efectúa en la mitad interior de la bahía, no se obtuvieron datos que pudieran indicar un posible desplazamiento de langostas hacia esa área.

Durante la temporada 1985-86, once langostas fueron recapturadas afuera de la bahía por pescadores de otras cooperativas. De éstas, diez se desplazaron hacia el sur, mientras solamente una lo hizo hacia el norte (Fig. 27). La distancia más larga en línea recta, cubierta por una langosta, fué de 45 km. Todas las langostas recapturadas que fueron marcadas en 1986, fueron recapturadas en el área de pesca de la cooperativa "pescadores de Vigía Chico". De

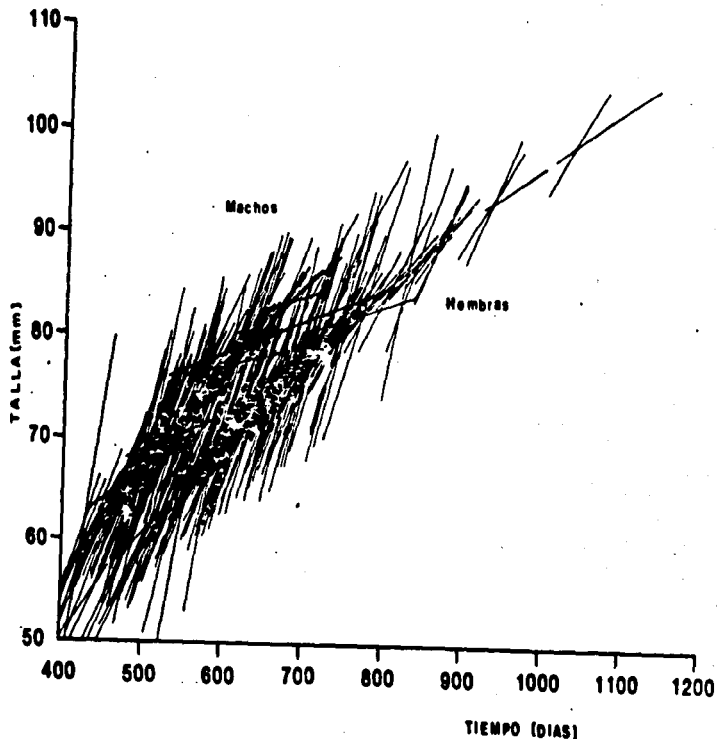


Fig. 25.- Resultados del crecimiento individual del total de langostas Panulirus argus recapturadas en las temporadas de pesca 1985-86 y 1986-87, donde se aprecia la variabilidad en el crecimiento, a pesar de lo cual el método de probabilidad máxima separa las curvas de crecimiento de machos y de hembras.

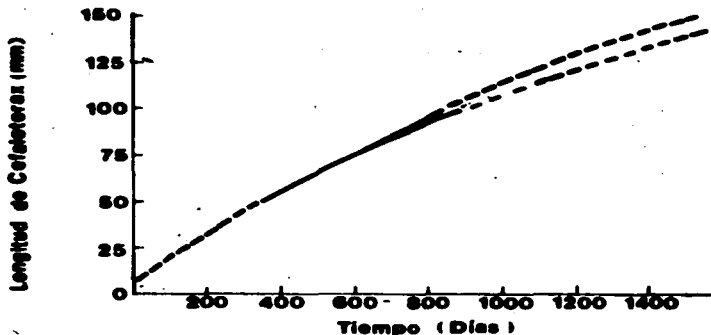


Fig. 26.- Curvas promedio de crecimiento para hembras y machos de Panulirus argus, estimadas por el método de probabilidad máxima. Solamente las líneas continuas se basan en datos reales; las líneas quebradas son extrapolaciones de acuerdo con el modelo.

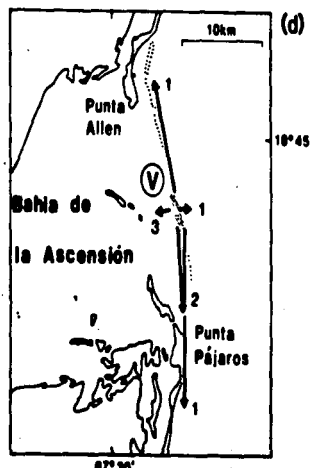
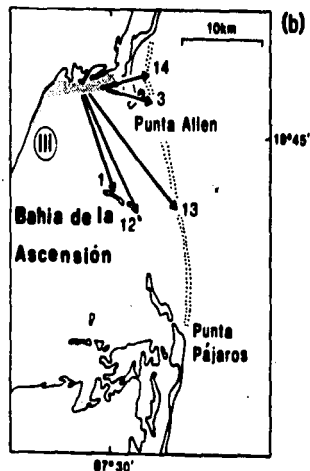
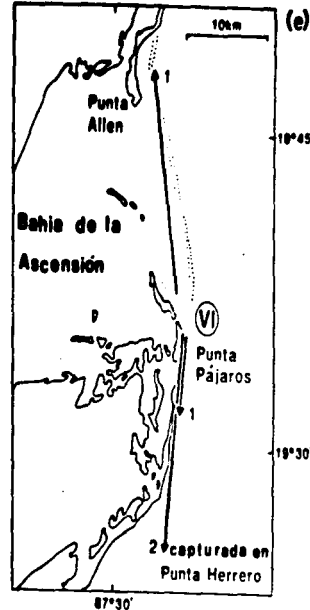
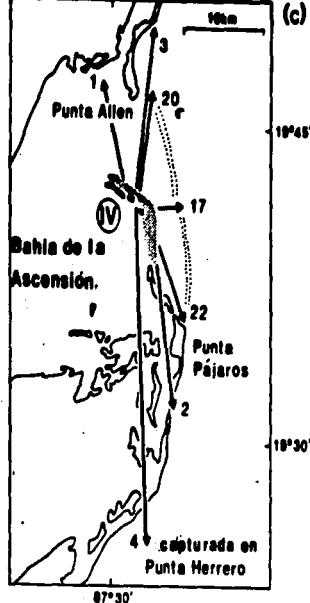
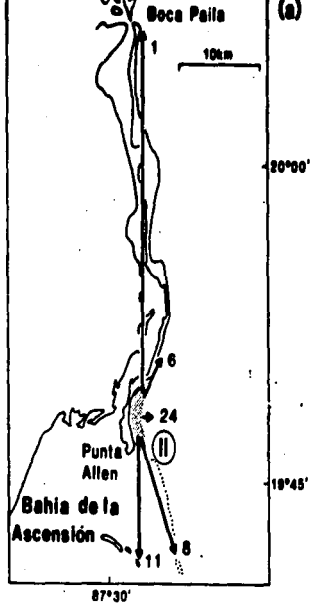


Fig. 27.- Movimientos registrados por langostas Panulirus argus marcadas en las zonas II-VI en Bahía de la Ascensión durante 1985-86. Las áreas sombreadas indican las zonas de muestreo; las flechas señalan la dirección de los movimientos, y las puntas de las flechas indican los sitios de recaptura. Los números significan la cantidad de langostas que se movieron en cada dirección a partir de la zona de muestreo.

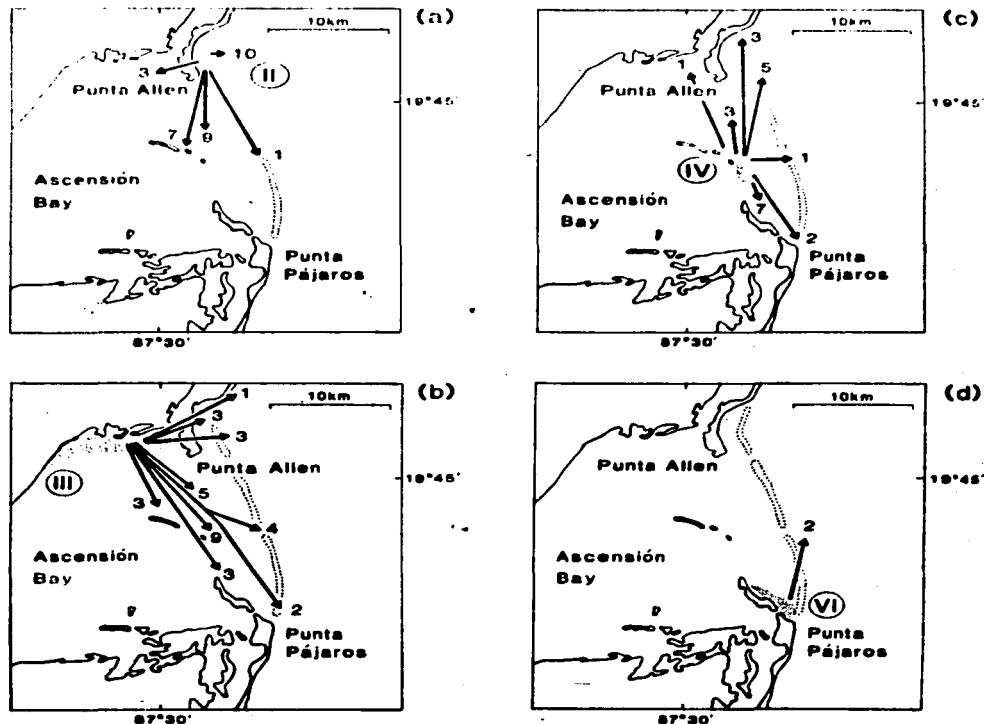


Fig. 28.- Movimientos registrados por langostas *Panulirus argus* marcadas en las zonas II, III, IV y VI en Bahía de la Ascensión durante 1986-87. Las áreas sombreadas indican las zonas de muestreo; las flechas señalan la dirección de los movimientos, y las puntas de las flechas indican los sitios de recaptura. Los números indican la cantidad de langostas que se movieron en cada dirección a partir de la zona de muestreo.

TABLA B. Número de langostas Panulirus argus marcadas (abril-mayo de 1985) en cada zona de muestreo en Bahía de la Ascensión, y número de recapturas (julio 1985-febrero 1986) en la misma y en las demás zonas. Solamente se incluyeron los individuos con información confiable sobre la zona de su captura.

		MARCADAS					
	Zona I	II	III	IV	V	VI	TOTAL
	30	843	581	1768	131	96	3449
RECAPTURADAS							
ZONA I	7	0	0	0	0	0	
II	0	131	18	25	0	2	
III	0	4	29	2	1	0	
IV	0	4	11	313	8	0	
V	0	3	13	54	24	0	
VI	0	0	0	25	2	8	
TOTAL	7	160	79	433	39	14	732

TABLA 9. Número de langostas Penulirus argus marcadas (mayo-junio 1986) en cada zona de muestreo en Bahía de la Ascensión, y número de recapturas (julio 1986-febrero 1987) por zona. Solamente se incluyeron los individuos con información confiable sobre la zona de su recaptura. No se marcaron langostas en la zona I.

MARCADAS						
Zona	II	III	IV	V	VI	TOTAL
	445	453	394	5	27	1324

RECAPTURADAS						
ZONA I	0	1	0	0	0	
II	116	19	11	0	0	
III	3	89	1	0	0	
IV	7	12	101	0	2	
V	1	4	1	2	0	
VI	0	5	9	0	5	

TOTAL	127	130	123	2	7	389

éstas, la distancia más larga recorrida fué de 23 km (Fig. 28).

No se obtuvieron langostas más al norte de Boca Paila o más al sur de Punta Herrero (Fig. 27). Sin embargo, el esfuerzo pesquero inmediatamente por fuera de la bahía está restringido al buceo libre en el arrecife, hasta aproximadamente 15 m de profundidad, de manera que cualquier langosta que se haya movido más allá de esta profundidad no podría ser recapturada.

Reproducción

De las 1819 hembras capturadas durante el programa de marcado de 1985, solamente cuatro (67.2, 82.5, 83.7 y 116.8 mm LC) presentaron espermatóforo nuevo sobre el sternum, y una (76.0 mm LC) tenía huevos. Durante el marcado de 1986, del total de 689 hembras muestreadas, cinco individuos (87.0, 90.2, 94.2, 94.9 y 100.3 mm LC) poseían restos de cápsulas de huevos y/o de espermatóforos. En ambos años, todas estas hembras que mostraron señas de actividad reproductiva fueron capturadas al borde del arrecife coralino (zonas II y V). No se encontraron más evidencias de actividad reproductiva dentro de la bahía.

DISCUSION

El alto nivel de recapturas obtenido durante las dos temporadas de pesca, 1985-86 y 1986-87 (Tabla 3), sugiere un alto nivel de mortalidad por pesca en la población de langostas de Bahía de la Ascensión, principalmente en los primeros meses de la temporada de pesca. Gregory y Labisky (1986) encontraron una situación similar en langostas marcadas en Florida, obteniendo el 80% de las recapturas en los primeros tres meses de la temporada de pesca. La ausencia de recapturas de langostas marcadas en 1985 durante las operaciones de marcado de 1986, y el hecho de que solamente cuatro de estos individuos fueran recapturados durante la temporada de pesca 1986-87, podría reflejar (a) pérdida de marcas, (b) una alta mortalidad natural, o (c) una fuerte emigración de la bahía. Esta última posibilidad es apoyada por los movimientos de las langostas recapturadas, y por los resultados arrojados por el método de Ketchen (1953) para la estimación del tamaño de la población en ambos años.

Si se hubiera estimado el tamaño de la población por el método de Leslie-DeLury con los datos de toda la temporada de pesca, se hubiera sobrestimado este parámetro, ya que la

forma curva de la relación CPUE semanal-Captura acumulada (Fig. 20a y b) indica que hubo tanto inmigración como emigración de langostas durante la temporada de pesca (Ketchen 1953). Lo mismo hubiera ocurrido con la estimación de F (mortalidad por pesca) por este método, la cual estaría altamente influenciada por el dato del primer mes de la temporada (julio 16-agosto 15). Esto implicaría que el valor de F sería diferente para este mes que para el resto de la temporada. Por tanto, los resultados del análisis de Leslie-DeLury para toda la temporada de pesca estarían sesgados, y no podrían ser considerados como buenas estimaciones, ni de F ni del tamaño de la población. Ricker (1978) menciona que resulta ventajoso hacer el análisis de Leslie-DeLury en un período corto de tiempo, para minimizar los efectos perturbadores de la inmigración y emigración. Al hacer esto, se obtuvieron estimaciones del tamaño de la población al inicio de las dos temporadas de pesca, que resultaron similares a las obtenidas por el método de Ketchen.

El método de Ketchen (1953) hace uso de los datos de marcado-recaptura y los compara con las estimaciones del método de Leslie-DeLury, ampliando éste con la ayuda de los datos del mercado para tomar en cuenta efectivamente la inmigración y la emigración.

Un análisis de la tabla 5 permite observar algunos hechos interesantes. Por ejemplo, la captura obtenida en la temporada 1986-87 (63,071 kg) fue considerablemente mayor que en la 1985-86 (47,578 kg), a pesar de que el valor de F fue menor en 1986-87 (4.6203) que en 1985-86 (5.2772). Esto se debió no solamente a que la cantidad inicial (B) de la población fue mayor en 1986-87, sino a que la cantidad total de langostas involucrada en el área durante la temporada de pesca también lo fue. La cantidad inicial de la población al inicio de cualquier temporada de pesca y el total de langostas involucradas a lo largo de dicha temporada, posiblemente dependa de la cantidad de postlarvas que penetraron y se asentaron en la bahía dos años atrás. Las fluctuaciones en el índice anual de reclutamiento de postlarvas en Bahía de la Ascensión son amplias (Briones 1992). En Australia Occidental se ha demostrado que existe una relación entre este índice y el nivel de la producción subsecuente, una vez que las langostas se reclutan a la pesquería (Phillips 1986).

Aparentemente existe tanto reclutamiento por crecimiento de las langostas pequeñas a lo largo de la temporada de pesca, como inmigración hacia las casitas desde otras áreas de la bahía. Esto es sustentado, además de por los resultados del modelo de Ketchen, por la composición mensual de tallas de la captura en la pesquería (Fig. 11), que muestra una distribución de tallas casi constante, con una moda cerca de la talla mínima legal.

Por otro lado, aunque en este estudio no se hizo una estimación de la pérdida de marcas entre las langostas marcadas, Negrete (1988) obtuvo un 4.67% anual de pérdida de marcas en Panulirus guttatus, y Chittleborough (1974) un 5.6% anual en P. cygnus. Ambos autores utilizaron el mismo tipo de marca que en este estudio. Asumiendo el mayor de estos valores (5.6) como el promedio anual de pérdida de marcas para las langostas de Bahía de la Ascensión, se obtendría aproximadamente 0.5% mensual de pérdida de marcas. Este valor es bajo, y en este caso estaría considerado dentro de la estimación de la emigración.

La distribución de la ocupación de casitas por langostas en las diferentes zonas de la bahía fué heterogénea (Tabla 6, Fig 22a), lo que quedó demostrado claramente por las diferencias entre las zonas II y IV (Fig. 22b). Los patrones de ocupación de refugios por las langostas parecen estar reguladas en primera instancia por el riesgo de depredación. Eggleston y Lipcius (1992) realizaron experimentos en los cuales concluyeron que la condición social y la relación entre el tamaño de las langostas y del refugio regulaban conjuntamente los patrones de selección de refugios en langostas juveniles y adultas de P. argus, particularmente bajo elevados riesgos de depredación. En este sentido, las casitas parecen atraer significativamente más langostas, en un amplio intervalo de tallas, en lugares donde la densidad de langostas es elevada. Es decir, que la densidad de langostas en un hábitat particular puede aumentar el comportamiento gregario de las langostas. Tal sería el caso de la zona IV (Tabla 6, Fig. 22b), en donde la alta densidad de langostas aparentemente determinó un comportamiento gregario más acentuado que en la zona II, a pesar de que en ambas zonas los intervalos de tallas, la talla media (Tabla 4), y las características del hábitat eran similares. Sin embargo, los mecanismos que determinan las diferencias en la densidad de langostas entre las diferentes zonas aún permanecen desconocidos. Algunos factores que podrían influenciar la estructura poblacional local posiblemente incluirían: (a) diferencias específicas en el asentamiento de postlarvas o en la densidad del sustrato de asentamiento (es decir, macroalgas bentónicas o pastos marinos), (b) diferencias específicas en abundancia o calidad de alimento, (c) diferencias específicas en la presión de depredación, y (d) una combinación de algunos o todos los factores anteriores.

Las estimaciones de los parámetros de crecimiento por medio del método de Fabens mostraron una gran variabilidad (Tabla 7a), lo que podría interpretarse de dos maneras: (1) el crecimiento de las langostas mostró una gran diferencia interanual, o (2) el procedimiento no brindó estimaciones confiables. Palmer et al. (en prensa) han sugerido que el método de Fabens no modela explícitamente la variabilidad

individual en el crecimiento (Figs. 23 y 25), y que produce estimaciones inconsistentes de la talla asintótica.

Por otro lado, las estimaciones por máxima probabilidad de las curvas promedio de crecimiento no mostraron una gran variabilidad, de manera que fué posible agrupar ambos años para obtener un conjunto final de parámetros. Lo razonable de estos parámetros es confirmado por el hecho de que P. argus puede alcanzar tallas mucho mayores que las tallas asintóticas estimadas por el método de Fabens (Butcliffe 1957, Munro 1974, Olsen y Kobic 1975, Farrugio 1975, Lozano et al. 1991b). Sin embargo, las langostas marcadas fueron en su mayoría juveniles y adultos jóvenes, lo que fué además demostrado por la ausencia de un punto de inflexión en su tasa semanal promedio de crecimiento. De esta manera, los parámetros estimados podrían reflejar solamente las tasas de crecimiento de las langostas inmaduras, y aquellas de los adultos reproductores podrían cambiar la última parte de la curva (Fig. 26).

A través de un método que utilizó las tasas promedio de crecimiento obtenidas por diversos autores, Lyons et al. (1981) estimaron una edad "ligeramente superior a dos años" (a partir del asentamiento de las postlarvas) para langostas P. argus de 76 mm LC, asumiendo una duración del período larvario planctónico de 9 meses. Con los resultados obtenidos por el método de máxima probabilidad en el presente trabajo, y considerando la misma duración del período larvario de 9 meses, la edad estimada para una langosta de 76 mm LC sería de 2.5 años. Munro (1974) produjo una curva de crecimiento para P. argus basada en datos de 156 langostas marcadas y recapturadas en Florida y Belice, con la que estimó una edad de 1 año para langostas de 45 mm LC, también a partir del asentamiento postlarval. Esta estimación es similar a la que se obtendría con el método de máxima probabilidad. Peacock (1974), Eldred et al. (1972) y Witham et al. (1968) estimaron tentativamente una edad de 1 año para P. argus de 50 mm LC.

Por tanto, el enfoque de máxima probabilidad utilizado en el presente trabajo parece haber brindado un útil conjunto de parámetros del crecimiento para juveniles y adultos jóvenes de Penulirus argus, con la ventaja adicional de que separa los datos de crecimiento de machos y hembras.

Los pocos signos de actividad reproductora encontrados en langostas hembras cerca del arrecife, aunados a las reducidas tallas, indican que la población de langostas en Bahía de la Ascensión está probablemente compuesta en su mayor parte de juveniles. Lyons et al. (1981) encontraron pocas evidencias de actividad reproductiva en langostas P. argus de las áreas someras de las Cayos de Florida, e indicaron que casi el 90% de los individuos reproductores se encontraban en sus estaciones de muestreo en el arrecife y

en aguas más profundas. Peacock (1974), Davis (1975) y Kanciruk y Herrnkind (1976) tampoco encontraron actividad reproductiva en langostas presentes en áreas someras de bancos y lagunas arrecifales.

Los movimientos mostrados por las langostas indicaron un desplazamiento de langostas desde hábitats someros hacia hábitats más profundos mar adentro. Esto también es apoyado por el análisis de la composición por tallas de cada zona de muestreo (Figs. 18 y 19, Tabla 4), lo que indica que las langostas tenían tallas menores en las zonas más interiores comparadas con aquellas capturadas en o cerca del arrecife. Buesa (1970) y Cruz *et al.* (1986b) sugirieron que los juveniles de *P. argus* en Cuba viven en áreas protegidas de pastizal marino, y que éstas se mueven hacia los arrecifes exteriores a medida que crecen. Otros autores que mencionan movimientos similares para juveniles de *P. argus* son Peacock (1974) en Barbuda, Olsen y Koblic (1975) en las Islas Vírgenes, y Warner *et al.* (1977), Davis (1978), Lyons *et al.* (1981) y Gregory y Labisky (1986) en Florida.

Aunque se registraron movimientos hacia el norte y hacia el sur en las langostas que salieron de la bahía, los movimientos hacia el sur predominaron. En un estudio de los movimientos de *P. argus* en la Bahía Biscayne, Florida, que duró tres años, Davis (1978) encontró movimientos de sus langostas marcadas hacia el sur durante el primer año, hacia el norte en el segundo año, y en ambas direcciones en el tercer año. Este autor concluyó que las langostas juveniles de la Bahía Biscayne se reclutaban virtualmente a toda la pesquería de Florida. La extensión de los movimientos de las langostas marcadas en Bahía de la Ascensión, realizados en aguas profundas --y su destino final-- permanecen desconocidos, ya que desde Tulúm hasta Mahahual (Fig. 1) las langostas son capturadas solamente en las bahías y en las partes someras de los arrecifes. No puede descartarse la posibilidad de que exista una migración de invierno, similar a la que se presenta en el extremo nororiental de la Península de Yucatán (Carranza 1959, Ramos 1974, Kanciruk y Herrnkind 1978) en aguas profundas por fuera del arrecife coralino que corre frente a la Bahía de la Ascensión.

Las tallas pequeñas, el crecimiento rápido, los movimientos hacia afuera de la bahía, y la falta de actividad reproductiva, brindan evidencias de que la población de langostas en Bahía de la Ascensión está compuesta por juveniles. De aquí surge la hipótesis de que por fuera de los arrecifes coralinos de Bahía de la Ascensión, área donde actualmente no se lleva a cabo la pesca de langosta, existe una población compuesta de langostas adultas reproductoras.

Así, la existencia de stocks adultos por fuera de la bahía, en conjunto con más estimaciones sobre la aportación

de langostas desde la bahía hacia las Áreas más profundas, son aspectos que requieren ser evaluados para futuros planes de manejo (Lozano et al. 1991a). Además, aunque las casitas puedan proveer de refugios críticos para langostas juveniles contra sus depredadores naturales (Eggleston et al. 1990, Eggleston y Lipcius 1992), aún quedan por determinar los efectos a largo plazo de las casitas en las poblaciones de langostas, así como en las comunidades bentónicas asociadas con los pastizales marinos, y en la estabilidad y estructura de estos mismos pastizales.

5. PESCAS EXPLORATORIAS POR FUERA DE LA BAHIA DE LA ASCENSION

MATERIAL Y METODOS

Con el objeto de verificar la existencia de langostas adultas reproductoras en la plataforma por fuera de la bahía, se llevaron a cabo algunas pescas exploratorias por fuera del arrecife coralino frente a la Bahía de la Ascensión (Fig. 29) durante dos diferentes épocas del año: verano (Julio-Septiembre de 1989, seis pescas) e invierno (Noviembre 1989-Febrero 1990, cinco pescas).

Se utilizó la embarcación "FIPESCO-207", de 39 pies de eslora. Las pescas se llevaron a cabo por medio de nasas langosteras como las que se utilizan en la pesquería de langosta en el área de Isla Mujeres. Estas trampas son rectangulares, de 121 x 91 x 40 cm, con un armazón de varilla corrugada de 12 mm de diámetro, forrada con malla de alambre galvanizado plastificado, con una luz de malla de 5.0 x 2.5 cm, y con una entrada o "matadero" en una de sus caras menores. Se utilizó cuero de res como carnada.

Se instaló un máximo de 39 trampas en cada operación de pesca, caladas individualmente en líneas paralelas al arrecife coralino. La plataforma continental frente a la bahía es estrecha, extendiéndose a una distancia de entre 1000 y 4000 m desde la costa. Existen complejos arrecifes en esta área a profundidades de <10 m y entre 30-40 m (Jordán et al. en prensa). A aproximadamente 40-60 m de profundidad, la pendiente se vuelve muy pronunciada, alcanzando rápidamente profundidades de más de 400 m. Se utilizó una ecosonda para buscar fondos adecuados para la instalación de las trampas. No se encontraron fondos adecuados en algunas áreas donde el arrecife profundo se encuentra bien desarrollado (Jordán et al. en prensa), tal como frente a Punta Allen (Fig. 29). Por tanto, las profundidades en las que fué posible hacer operaciones de pesca con cierto margen de seguridad estuvieron limitadas a 15-30 m, entre el arrecife de Nichshabim y Punta Pájaros (Fig. 29).

Las langostas obtenidas en las trampas fueron medidas (LC, en mm) y sexadas. Se registró el estado del caparazón de las langostas de acuerdo con una escala arbitraria, desde 1 (recientemente mudado y completamente limpio) hasta 4 (densamente poblado de epibiontes), como un indicador relativo de la proximidad de la muda (Kanciruk y Herrnkind 1976). Las hembras fueron consideradas como no reproductivas cuando no presentaban huevos en el abdomen, el caparazón se encontraba limpio y no se observaban rastros de espermatóforo en el sternum (estado 1). Las hembras reproductivas comprendían aquellas que presentaban un

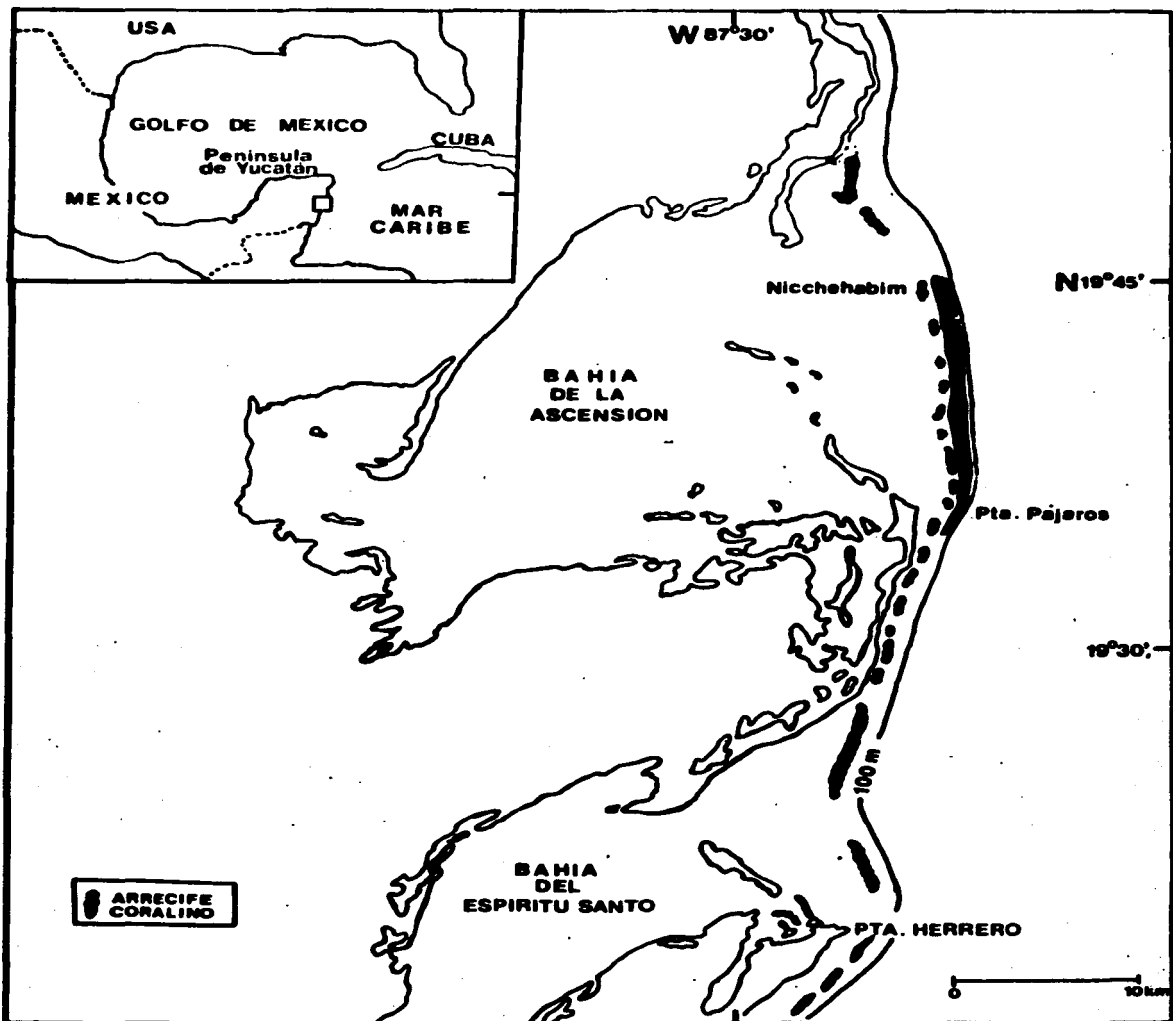


Fig. 29.- Ubicación del área frente a la Bahía de la Ascension donde se realizaron pescas exploratorias con nasas para *Penulirus argus*.

espermátforo nuevo adherido al sternum (estado 2), huevos color naranja brillante, naranja oscuro o café, adheridos a los pleópodos (estados 3, 4 y 5, respectivamente), o cápsulas vacías de huevos en los pleópodos y restos de espermátforo en el sternum (estado 6) (Briones et al. 1981).

Con el objeto de comparar la distribución por tallas y las características generales de las langostas que se encontraran fuera de la bahía con aquellas de adentro de la bahía, se obtuvieron dos grupos de datos de esta última localidad: (1) a partir de los registros de la planta procesadora, se obtuvieron datos de la producción mensual de langostas generada por la cooperativa durante la temporada julio 1989-marzo 1990, en la forma de cajas de colas de langosta de calidad de exportación procesadas por categoría de peso (Tabla 1). Estos datos fueron transformados de acuerdo con la ecuación PA vs. LC que aparece en la tabla 2. Adicionalmente, se obtuvieron datos mensuales de la captura por unidad de esfuerzo (kg de cola de langosta por equipo de pesca por día) a lo largo de la temporada de pesca, a partir de los registros de la cooperativa. (2) Sin embargo, debido a que la estructura por tallas de la captura comercial en la bahía está limitada por la talla mínima legal vigente (13.5 cm LA, ca. 74 mm LC), y los datos de la captura no brindan información sobre la proporción sexual o la actividad reproductiva, se utilizaron los datos obtenidos durante la operación de mercado de langostas en mayo-junio de 1986 (ver sección 4), como una estimación menos sesgada de la distribución por tallas, proporción sexual, actividad reproductora y estado del caparazón de los juveniles dentro de la bahía.

RESULTADOS

Duración y datos generales de las pescas exploratorias

En la tabla 10 se muestra la fecha de cada pesca exploratoria, el número de trampas levantadas, el número de langostas capturadas, y un índice de captura por unidad de esfuerzo (CPUE), expresado como número de langostas por trampa levantada. La captura total, considerando las cuatro pescas, fué de 462 langostas, y el número promedio de langostas por trampa levantada durante todo el estudio fué de 1.5. Sin embargo, al transformar los datos de LC a PA con la ecuación de la tabla 2, se obtuvo una captura aprovechable de solamente 81.4 kg de cola de langosta de talla comercial, con una CPUE promedio de 0.193 kg cola/trampa levantada.

TABLA 10. Número de trampas levantadas, número de langostas (*Penaeus argus*) capturadas, y langostas/ trampa levantada en cada una de las fechas de leva de trampas, durante las pescas exploratorias de verano 1989 e invierno 1989-90, frente a la Bahía de la Ascensión, G.R.

Fecha de leva de trampas	No. de trampas levantadas	No. de langostas	Langostas por trampa levantada
Verano			
Jul 19, 1989	36	0	0
Jul 24	21	16	0.76
Ago 10	18	23	1.28
Ago 16	13	5	0.38
Ago 22	34	14	0.41
Sep 05	34	9	0.26
Total verano	156	67	0.43
Invierno			
Nov 23, 1989	39	106	2.72
Nov 26	30	29	0.97
Dic 05	39	204	5.23
Dic 08	13	21	1.62
Feb 27, 1990	39	35	0.90
Total invierno	160	395	2.47

La duración del calado de las trampas ("soak time") varió entre 2 y 17 días. No se encontró relación entre la CPUE (en términos de número de langostas por trampa) y la duración del calado (Fig. 30).

Composición de la captura y estructura por tallas de las langostas por fuera de la bahía

Para el análisis de la composición de la captura, las pescas exploratorias fueron agrupadas por estación del año. Aquellas efectuadas entre el 11 de julio y el 10 de septiembre de 1989 corresponden a la estación "verano", mientras que las llevadas a efecto entre el 14 de septiembre de 1989 y el 1 de marzo de 1990 corresponden al "invierno".

Del total de 462 langostas capturadas a lo largo del estudio, 239 (52%) fueron machos y 223 (48%) hembras. No hubo diferencias significativas con respecto a la unidad en la proporción sexual total. La LC media de los machos fué de 92.21 mm (intervalo de tallas: 56.0-162.1 mm LC) y la de las hembras fué de 80.38 mm (intervalo: 52.4-156.9 mm LC). Los machos fueron significativamente más grandes que las hembras (prueba de t de Student, $t = 25.058$, $p < 0.001$).

Del total capturado, solamente 67 individuos (29 hembras y 38 machos) se obtuvieron durante las pescas de verano, mientras que 395 (194 hembras y 201 machos) se capturaron en invierno (Tabla 10). Aunque otros factores además de la densidad pueden afectar las tasas de captura (Morgan 1974b), las trampas ciertamente proveen de un índice de la abundancia animal (Miller 1989, Hunt *et al.* 1991). Además, el tiempo de calado de las trampas no afectó la tasa de captura (Fig. 30). Por tanto, considerando el número de langostas por trampa levantada como un indicador grueso de la abundancia, hubo significativamente más langostas en el invierno que en el verano en la misma Área de pesca (prueba de t de Student, $t = 13.1175$, $p < 0.001$) (Tabla 10).

La tabla 11 muestra la proporción sexual, la LC promedio, y el intervalo de LC de las muestras tomadas en ambas estaciones. No se encontraron diferencias significativas en la proporción sexual entre ambas estaciones (χ^2 , $p = 0.05$).

Puesto que el tamaño de la muestra fué muy diferente entre verano e invierno, se utilizaron pruebas no paramétricas para comparar las distribuciones por tallas entre estaciones. La LC media de la captura fué significativamente mayor en verano que en invierno (prueba de U de Mann-Whitney con aproximación normal, Zar 1984) ($Z = 8.252$, $p < 0.001$). Considerando los sexos por separado, la LC media tanto de los machos ($Z = 5.997$, $p < 0.001$) como de

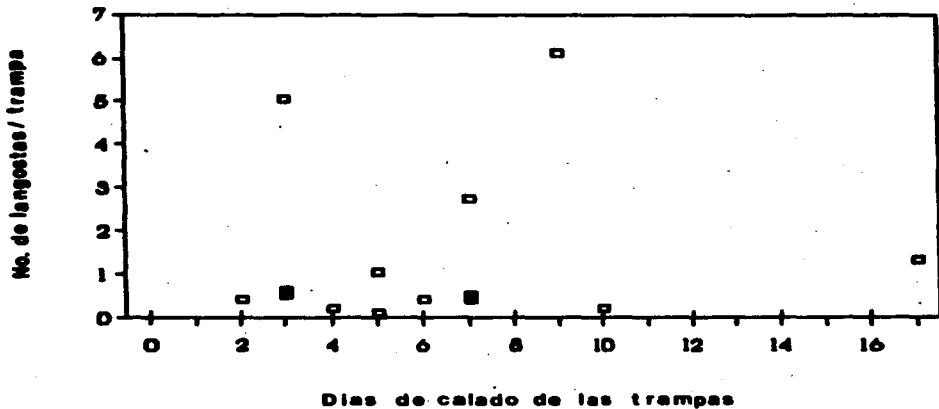


Fig. 30.- Relación entre el número de langostas Panulirus argus por nasa levantada y el número de días que permanecieron caladas las nasas ("soak time").

TABLA II. Principales características poblacionales de las langostas Panulirus argus capturadas por fuera de la Bahía de la Ascensión durante las pescas exploratorias de verano 1989 e invierno 1989-90, y de aquéllas obtenidas dentro de la bahía en 1986 (M = machos, H = hembras, LC = longitud cefalotorácica en mm).

	Fuera de la Bahía		Dentro de la Bahía
	Verano	Invierno	
N	67	395	1402
M:H	1.31:1	1.04:1	1.04:1
LC media, H.	89.3	78.9	64.4
Intervalo LC, H.	55.0-156.9	52.4-117.2	22.0-100.3
LC media, M.	111.0	88.7	45.9
Intervalo LC, M.	76.5-162.1	56.0-134.0	29.8-113.1

las hembras ($Z = 4.149$, $P < 0.001$) fué mayor en verano que en invierno (Tabla 11).

Hubo una mayor abundancia de langostas recientemente mudadas (estado de caparazón 1) en invierno (74.4%) que en verano (35.8%), mientras que los exoesqueletos viejos, con abundantes epibiontes, fueron más evidentes en verano (8.9%) que en invierno (0.5%) (Tabla 12). Durante el verano, 15 (51.7%) de las 29 hembras se encontraban reproductivas, mientras que solamente 47 (19.7%) de las 223 hembras capturadas en invierno lo estaban (Tabla 13). La mayoría de las hembras reproductivas en ambas estaciones se encontraron en estado 6; solamente se obtuvieron dos hembras ovigeras en verano (estado 3) y tres en invierno (dos en estado 3, y una en estado 5). La hembra ovigera más pequeña midió 80.3 mm LC. Tan solo tres hembras en verano, y ocho en invierno, presentaron el estado 2 (Tabla 13).

Composición y estructura por tallas de la captura de juveniles dentro de la bahía

La muestra total de juveniles obtenida de las casitas durante Mayo-Junio de 1986 fué de 1402 langostas, 713 (51%) machos y 688 (49%) hembras. No hubo diferencia significativa con respecto a la unidad en la proporción sexual. La LC media de los machos (65.9 mm) fué significativamente mayor ($t = 2.502$, $0.01 < P < 0.02$) que la de las hembras (64.4 mm) (Tabla 11).

La mayoría de las langostas dentro de la bahía presentaron estados de caparazón 1 y 2, es decir, habían mudado recientemente (Tabla 12). Solamente cinco de las 688 hembras dentro de la bahía se encontraron reproductivas (estado 6) (Tabla 13), y éstas se encontraron entre las de mayor tamaño (87.0-100.3 mm LC), y en lugares cercanos al arrecife.

Comparación entre las langostas de fuera y dentro de la bahía.

En la figura 31 se aprecia la comparación entre la distribución por tallas de las langostas capturadas por fuera de la bahía y la de aquéllas obtenidas dentro de la bahía. La diferencia entre las tallas de ambas muestras fué significativamente diferente ($t = 30.92$, $P < 0.001$).

TABLA 12. Porcentaje de langostas Penaeus argus en cada uno de los cuatro estados de caparazón, obtenidas en la pescas exploratorias por fuera de la Bahía de la Ascensión durante verano de 1989 e invierno de 1989-90, y de aquéllas obtenidas dentro de la bahía en 1986.

Estado del caparazón	Fuera de la bahía		Dentro de la bahía
	Verano (N=67)	Invierno (N=395)	(N=1402)
1	35.82	74.43	55.99
2	37.31	18.99	37.44
3	17.91	6.07	6.13
4	8.95	0.50	0.42

TABLA 13. Estado reproductivo de las langostas Panulirus argus hembras, capturadas en las pescas exploratorias por fuera de la Bahía de la Ascensión durante el verano de 1989 e invierno de 1989-90, y de aquellas obtenidas dentro de la bahía en 1986. El estado 1 indica hembras no reproductivas, del 2 al 6 son hembras reproductivas.

Estado reproductivo	Fuera de la bahía		Dentro de la bahía
	Verano	Invierno	
1	14	162	683
2	3	5	0
3	2	0	0
4	0	0	0
5	0	1	0
6	10	26	5
Total	29	194	688

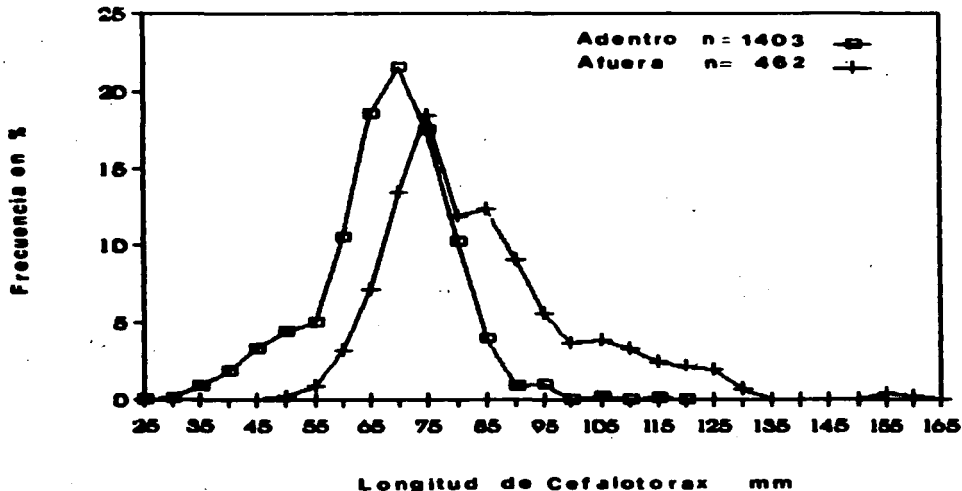


Fig. 31.- Comparación de la distribución por tallas de las langostas Penaeus argus obtenidas dentro de la Bahía de la Ascensión habitando en casitas (cuadros) y de aquellas obtenidas fuera de la bahía en las pescas exploratorias con nasas (cruces).

Captura y CPUE mensual, y distribución mensual por tallas de langostas en la bahía durante la temporada 1989-90

Un total de 33,134 kg de cola de langosta fueron obtenidas por la cooperativa durante la temporada de pesca 1989-90. La mayor captura se obtuvo en julio, inmediatamente después de abrirse la temporada de pesca (Fig. 32). La captura disminuyó rápidamente a lo largo de los siguientes meses, alcanzando un mínimo en diciembre, y aumentando ligeramente en enero. La CPUE siguió una tendencia similar, con el valor más elevado en julio y una aguda disminución en agosto, pero de ahí en adelante tuvo solamente ligeras fluctuaciones (Fig. 32). No fue posible obtener datos de CPUE para marzo. La tendencia en la CPUE de esta temporada fue consistente con la de otras temporadas de pesca (Fig. 12).

La figura 33 muestra la distribución mensual por tallas de la captura en la bahía. Hubo un pico alrededor de la talla mínima legal (ca. 75 mm LC) a lo largo de la temporada de pesca, excepto en julio, mes en el que el pico se encontró en la clase de talla de 80 mm LC. Las langostas sublegales (≤ 70 mm LC) comprendieron menos del 5% de la captura de julio a septiembre y en diciembre y enero, y 25% en octubre-noviembre y en febrero-marzo. Las langostas ≥ 100 mm LC representaron una proporción pequeña de la captura durante la mayor parte de la temporada de pesca; sin embargo, su contribución relativa a la captura aumentó ligeramente a partir de diciembre. En enero, la distribución por tallas fue notoriamente diferentes; no se registraron langostas sublegales (≤ 70 mm LC), hubo un aumento en la proporción de langostas en las clases de 80 y 90 mm LC, una ausencia de langostas en las clases de 105 y 110 mm LC, y un aumento en la proporción de langostas grandes (≥ 120 mm LC). En marzo, el pico principal volvió a presentarse en los 75 mm LC, pero hubo modas más pequeñas en las clases de 100 y 110 mm LC, y las langostas sublegales (≤ 70 mm LC) comprendieron el 12% de la captura.

DISCUSION

La existencia de un stock reproductor de Panulirus argus por fuera de la Bahía de la Ascensión quedó comprobada con este estudio. Las tallas grandes de las langostas, así como la presencia de hembras reproductivas en la plataforma continental indica que efectivamente, hay reproducción en este hábitat profundo, actualmente no sujeto a pesca, en contraste con la población de talla pequeña y no reproductiva encontrada en la bahía. Una situación similar fue encontrada por Lozano et al. (1991b) en la plataforma

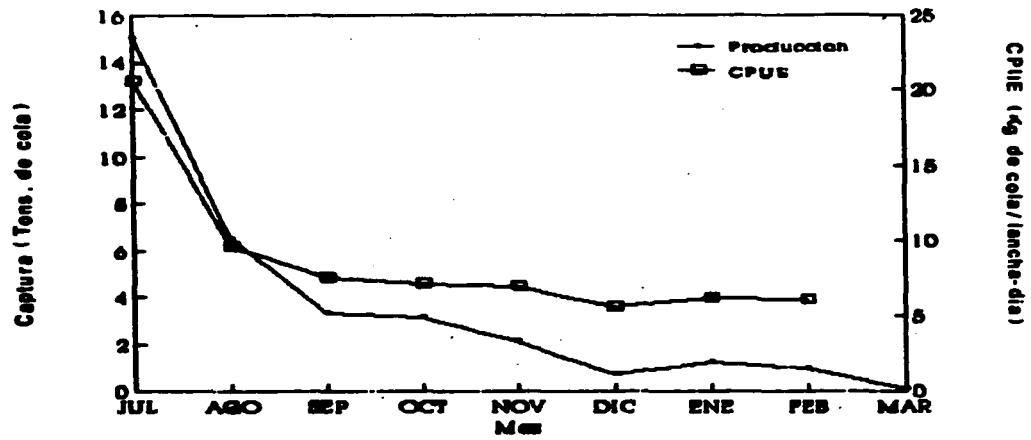


Fig. 32.- Producción mensual (toneladas de cola de langosta) y CPUE (Kg de cola/ lancha-día) de Panulirus argus en Bahía de la Ascensión durante la temporada de pesca julio 1989-marzo 1990 (no se obtuvieron datos de CPUE para el mes de marzo).

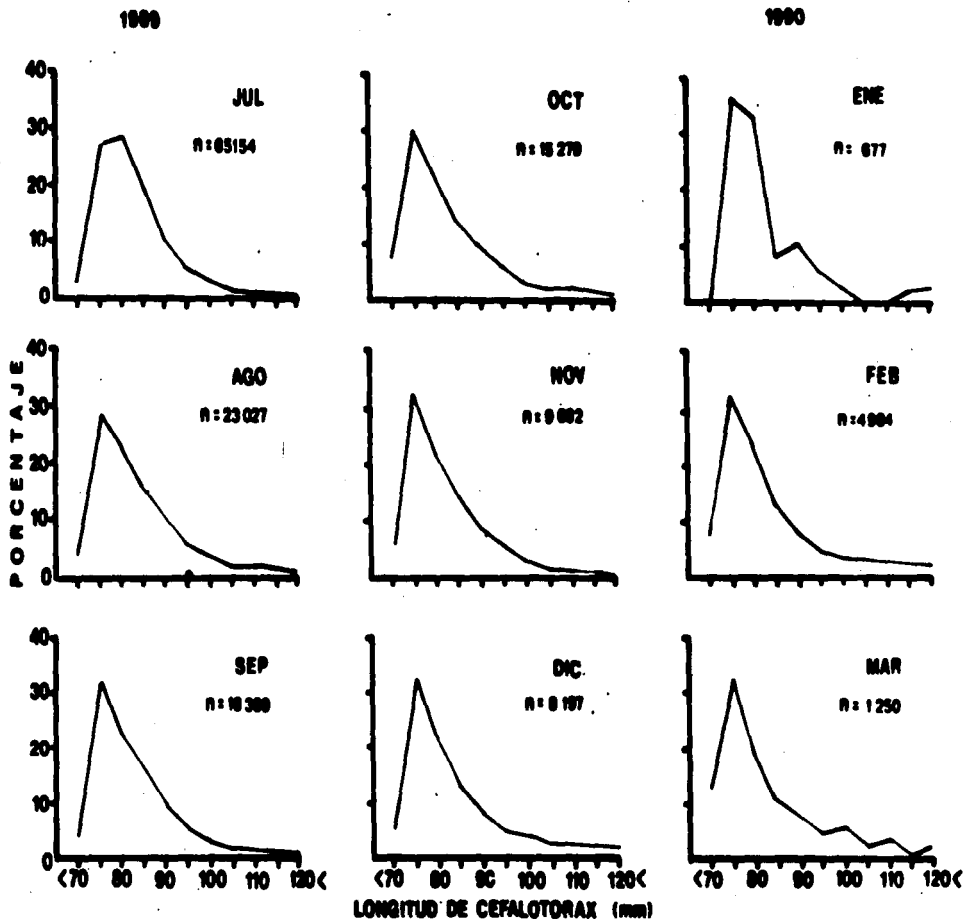


Fig. 33.- Distribución mensual por tallas de una muestra de la captura comercial (julio 1989-marzo 1990) de *Panulirus argus* en Bahía de la Ascensión, obtenida por conversión de peso de la cola (g) a longitud cefalotorácica (mm).

continental frente a Puerto Morelos (Fig. 1), al norte de Bahía de la Ascensión.

Los valores de CPUE en términos de colas aprovechables son bajos si se los compara con los obtenidos en la zona de Isla Mujeres, y con los obtenidos en otras pesquerías de langostas (Buesa 1960, 1961; Annala y Bycroft 1984, Heatwole *et al.* 1988, Phillips y Brown 1989). Sin embargo, esto no necesariamente indica que la abundancia de langostas en la zona explorada sea baja, sino que puede haber otros factores que limiten la eficiencia de las trampas. Además, la diferencia en la abundancia y el tamaño de las langostas por fuera de la bahía durante el verano y el invierno es probablemente causada tanto por la morfología del fondo como por la dinámica de las langostas en esta área.

La morfología del arrecife coralino frente a la Bahía de la Ascensión es compleja. Jordán *et al.* (en prensa) encontraron que, además de los arrecifes someros bien desarrollados, dominados por el coral escleractíneo *Acropora palmata*, existen arrecifes más profundos, asociados con dos pequeños escarpes a 7-10 y 33-39 m de profundidad, respectivamente, en la plataforma. La pendiente de estos escarpes es relativamente pronunciada (20° a 30°) en comparación con la pendiente promedio de la plataforma (3° a 5°). Los arrecifes asociados con el primer escarpe están formados por plataformas elevadas ("arrecifes de plataforma"). Además, en ciertas localidades se encuentran, de manera discontinua, algunas estructuras estriadas de bloques similares a macizos, asociadas con el segundo escarpe ("arrecifes de bloque-macizos"). Más allá de los 40 a 60 m, la pendiente desciende abruptamente hasta profundidades mayores de 400 m. De esta manera, las operaciones con las trampas estuvieron limitadas no solamente por la estrechez de la plataforma, sino por la morfología rugosa de los arrecifes profundos.

Munro (1974) sugirió que en áreas coralinas, es poco probable que la cantidad de refugios fuera un factor limitante para langostas, aunque sí podría serlo en áreas de plataforma con escasa cobertura coralina. En este sentido, las formaciones arrecifales profundas de la plataforma frente a Bahía de la Ascensión probablemente ofrecen abundantes refugios naturales a las langostas. Diversos autores han comprobado que las langostas penetran en trampas más en busca de refugio que de alimento (Buesa 1962, FAO 1965, 1968; Heatwole *et al.* 1988). Así, las escasas capturas obtenidas durante las pescas de verano probablemente son un reflejo de la ocupación de los refugios naturales disponibles por una población residente de langostas en esta zona. La naturaleza residente de dicha población parece estar apoyada por la gran proporción de hembras en actividad reproductora y por la alta incidencia de langostas con exoesqueletos sucios (es decir, con muchos epibiontes), lo

que indica que se trata de organismos que en ese momento están dirigiendo sus recursos energéticos a la reproducción más que a la muda y al crecimiento. Se ha sugerido la existencia de poblaciones residentes de P. argus en áreas profundas similares a la de este estudio en Bahamas (Kanciruk y Herrnkind 1978, Herrnkind y Lipcius 1989) y en Dry Tortugas (Davis 1974), y de P. cygnus en Australia occidental (Chittleborough 1970).

En contraste, la mayor abundancia de langostas durante las pescas de invierno, en conjunto con sus menores tallas y sus exoesqueletos recientemente mudados, indica una emigración de langostas subadultas desde la bahía, como lo sugirieron los resultados del mercado, posiblemente relacionada con el inicio de los frentes fríos o "nortes". Se han registrado movimientos de P. argus subadultos y adultos jóvenes hacia afuera de la costa a finales de otoño y en invierno en Belice (FAO 1968), Brasil (Fonteles-Filho y Corrêa 1980), Tortugas (Davis 1974), Bahamas (Kanciruk y Herrnkind 1978, Herrnkind y Lipcius 1989) y los Cayos de Florida (Lyons et al. 1981, Gregory y Labisky 1986, Hunt et al. 1991, entre otros). El que esta emigración puede ocurrir en pulsos es sugerido por el hecho de que la mayoría de las langostas obtenidas durante las pescas de invierno fueron capturadas en dos fechas (Tabla 10), inmediatamente posteriores a dos "nortes" severos.

Por otro lado, es importante considerar la dificultad de la maniobra de pesca con nasas en fondos tan complejos como los del área de estudio. Además, la fuerte corriente imperante, de hasta 2 nudos (Merino y Otero 1991), complica las operaciones de posicionamiento y de calado de nasas. En algunas ocasiones, la corriente lograba sumergir las boyas indicadoras de las nasas, impidiendo su posterior localización. Si las nasas llegaban a caer sobre partes accidentadas del fondo, o sobre crecimientos coralinos, se atoraban, rompiéndose los cabos y perdiéndose las nasas. En este estudio se perdieron seis nasas por algunas de estas causas.

La proporción sexual de las langostas por fuera de la bahía estuvo balanceada, con una cierta predominancia de machos, y a pesar de haberse encontrado evidencias de actividad reproductiva, se capturaron muy pocas hembras ovigeras. Esto contrasta con los resultados obtenidos por Davis (1974), Lyons et al. (1981) y Hunt et al. (1991), quienes encontraron más hembras que machos, particularmente durante la época de reproducción, en las poblaciones de P. argus fuera de la costa que ellos estudiaron. La época reproductiva abarca de marzo a septiembre en Florida y Tortugas, pero se extiende desde marzo hasta noviembre en el Caribe mexicano (Ramos 1976b, Fuentes 1988a). Existe controversia sobre si las trampas subestiman las hembras ovigeras; algunos autores especulan que éstas entran menos

en trampas que ya contienen langostas porque establecen guaridas solitarias y se alimentan poco (Kancirik y Herrnkind 1976, Lozano et al. 1982, Briones y Lozano 1992), mientras que otros aseguran no haber encontrado indicaciones de que las hembras ovigeras sean ni más ni menos capturables en trampas que las demás hembras (Davis 1975, Lyons et al. 1981). Sin embargo, estos últimos autores utilizaron en sus estudios trampas de madera, que posiblemente sean más atractivas como refugios para las hembras ovigeras por ofrecer un espacio más cerrado que las trampas de malla de alambre, más abiertas, utilizadas en este estudio. Por tanto, es posible que la abundancia de hembras ovigeras esté subestimada en el presente estudio debido al tipo de trampa utilizado.

La presencia de un stock adulto frente a la Bahía de la Ascensión parece conformarse a la conocida distribución relacionada con la talla de P. argus, con los juveniles pequeños ocupando hábitats someros (lagunas, bahías) y los adultos mayores ocupando hábitats arrecifales más profundos. Sin embargo, algunas langostas grandes (2100 mm LC, la mayoría machos) se encuentran en la bahía y en los arrecifes someros adyacentes, y su presencia parece variar en el tiempo, como lo muestra la distribución por tallas de la captura comercial a partir de diciembre (Fig. 33). Esto indica que parte de la población adulta regresa a hábitats más costeros después de haberse llevado a cabo la migración ontogenética hacia el hábitat profundo. Se han registrado movimientos de P. argus hacia y desde la costa en Brasil (Fonteles-Filho y Corrêa 1980) y Florida (Gregory y Labisky 1984, Hunt et al. 1991). Hunt et al. sugieren que estos movimientos hacia y desde la costa están controlados por el comportamiento asociado a la reproducción de los machos: durante la reproducción, las interacciones inducen a los machos menos agresivos a moverse hacia hábitats reproductivos menos favorables, y a medida que la época reproductiva termina, los machos cesan de defender su territorio de apareamiento. De esta manera, la disminución de la captura en diciembre (Fig. 32), y la distribución por tallas contrastante de la captura en el mes de enero, comparadas con el resto de los meses de la temporada de pesca (Fig. 33), parecen ser resultado de una combinación de (1) la fuerte presión de pesca en la bahía durante los meses anteriores, (2) la emigración de subadultos y adultos jóvenes de la bahía, lo que posiblemente aumentó las interacciones en la población profunda, (3) el movimiento hacia la bahía de algunas langostas relativamente grandes, y (4) la ausencia de nuevos reclutas a las áreas de pesca dentro de la bahía. La incidencia de langostas relativamente grandes en la bahía aumentaron en febrero y marzo, antes del inicio de la época reproductiva, lo que parece apoyar la sugerencia de Hunt et al. (1991).

Por tanto, la población de P. argus en Bahía de la Ascensión y áreas profundas adyacentes parece altamente dinámica. La presión de pesca sobre los juveniles es fuerte, pero no existe pesca de langostas por fuera de la bahía, y la veda de cuatro meses es estrictamente observada en la bahía. A pesar de la fuerte presión de pesca dentro de la bahía, fué posible detectar la emigración invernal hacia afuera de la misma. Sin embargo, no puede descartarse la posibilidad de que existan otros pulsos de emigración en otras épocas del año, ya que la tasa de emigración anual (Tabla 5) es elevada. Quizá la temporada de veda sea también importante para la contribución de langostas a este stock profundo.

Los bajos niveles de CPUE y los altos costos de las nasas y de la operación de pesca, sugieren que, a pesar de haberse constatado la existencia de langostas adultas por fuera de la Bahía de la Ascensión, no es posible desarrollar una pesquería comercial redituable con base en dicho stock, que fuera una alternativa a la pesca de langostas por dentro de la bahía (Lozano y Negrete, en prensa). Pero aunque esta alternativa fuera posible, no sería conveniente. La existencia de este stock adulto por fuera de la bahía, en un área no pescada, puede tener importancia como un "refugio en el espacio" (Campbell 1989, Caddy 1990) para langostas reproductoras. Debido a sus tallas grandes, las hembras en la población residente en zonas profundas tienen índices de productividad de huevos elevados (Fonseca 1991). Es posible que existan refugios espaciales similares en otras áreas de Quintana Roo (Lozano et al., 1991b) y en otras áreas del Caribe (González et al., 1990), y su existencia podría servir para mitigar, a través de la producción de larvas, la fuerte presión de pesca ejercida en stocks más costeros. Por tanto, se propone que el stock adulto de langostas por fuera de la Bahía de la Ascensión permanezca no perturbado, como un núcleo protegido del stock reproductor.

6. USO DE REFUGIOS ARTIFICIALES DE BLOQUES DE CONCRETO PARA JUVENILES PEQUEÑOS DE Panulirus arcus

MATERIAL Y METODOS

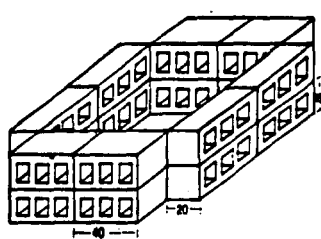
Este estudio se diseñó con el objeto de probar la hipótesis de la importancia del tamaño a escala y de las propiedades físicas de los refugios artificiales para brindar hábitats adecuados para langostas juveniles.

Los refugios artificiales se elaboraron con bloques de concreto para construcción, de dos tamaños: bloques "grandes" (40 x 15 x 20 cm), cada uno con tres agujeros cuadrados de 9 x 9 x 20 cm, y bloques "pequeños" (40 x 10 x 20 cm), con tres agujeros rectangulares de 4 x 9 x 20 cm.

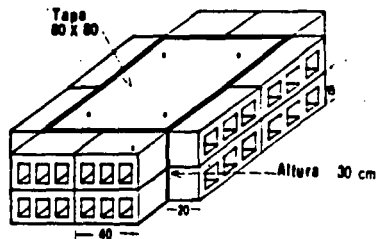
Se construyeron cuatro tipos de refugios (Fig. 34): Tipo 1, consistente en 16 bloques grandes formando una estructura cuadrangular de dos niveles, con un área central abierta; tipo 3, consistente en 24 bloques pequeños formando una estructura cuadrangular de tres niveles, con un área central abierta. Además de múltiples entradas, se ha señalado que la presencia de una cubierta sombreada es importante para la selección de refugios en la langosta Panulirus interruptus (Spanier y Zimmer-Faust 1988). Para probar esta premisa, se construyeron refugios similares a los tipos 1 y 3, pero con una placa opaca cubriendo la abertura central (refugios tipos 2 y 4, respectivamente) (Fig. 34).

En marzo de 1991, se instalaron tres refugios de cada tipo en cada una de ocho localidades en el norte de la Bahía de la Ascensión (Fig. 35). Las localidades 1 y 4 se encontraban cerca de la costa, con una profundidad entre 0.6 y 1.5 m, y una densa cobertura de pasto marino (Thalassia testudinum). La localidad 2 se encontraba en medio de la laguna arrecifal, a 2.5 m de profundidad, en un fondo arenoso con algunos manchones de algas dispersos. Las localidades 3 y 5 estaban ubicadas cerca del arrecife coralino, a profundidades entre 0.7 y 1.0 m; el fondo era arenoso, con pedacería de coral, esponjas, y algas rojas y verdes. Las localidades 6 y 7 se seleccionaron cerca de la costa interior de la bahía, donde el fondo arenoso muestra parches de algas rojas y verdes, esponjas y, ocasionalmente, corales aislados. La profundidad en estas localidades era de 0.6 y 2.0 m respectivamente. Finalmente, la localidad 8 estaba en un área protegida, de 3 m de profundidad, con fondo fangoso, cobertura moderadamente densa de pasto marino, y agua constantemente turbia.

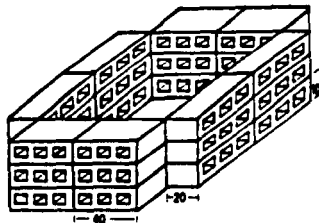
Los refugios se instalaron aleatoriamente en cada localidad, a una distancia de aproximadamente 5 m entre estructuras adyacentes. Los refugios fueron censados a



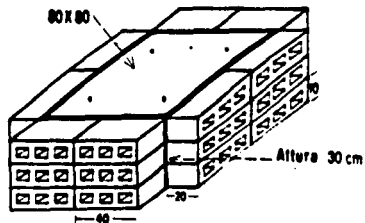
Tipo ①



Tipo ②



Tipo ③



Tipo ④

Fig. 34.- Los cuatro tipos de refugios de bloques de concreto para juveniles pequeños de Panulirus argus. Todas las medidas están en centímetros. Las dimensiones de los agujeros de los bloques grandes (tipos 1 y 2) son 9 x 9 x 20 cm., y de los agujeros en los bloques pequeños son 4 x 9 x 20 cm.

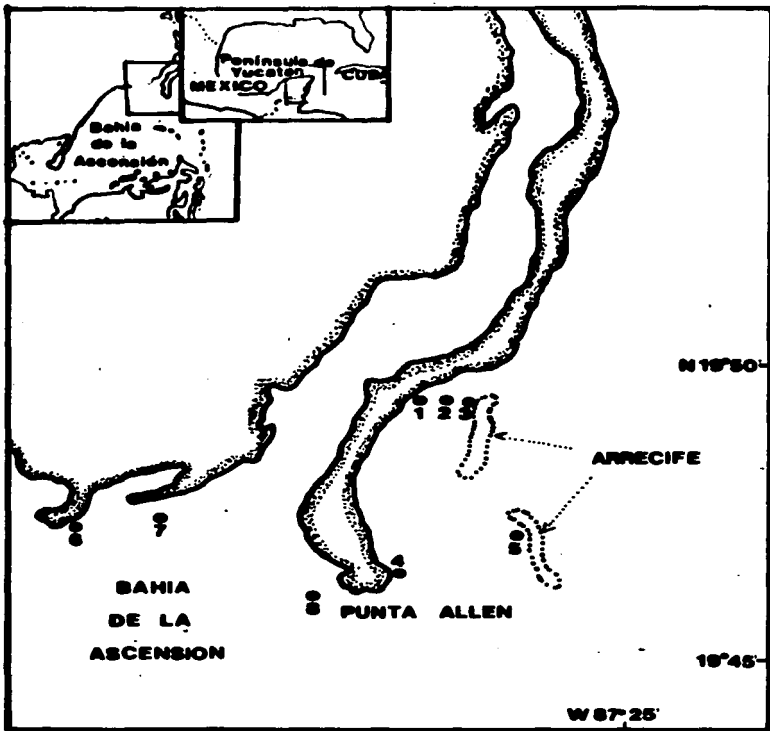


Fig. 35.- Ubicación de las localidades en Bahía de la Ascensión donde se instalaron refugios de bloques de concreto para juveniles pequeños de Penulirus arcus.

intervalos irregulares de tiempo, pero cuando menos una vez al mes, hasta diciembre de 1991. El número de juveniles, así como su ubicación en el refugio y su LC, encontrados en cada revisión fué registrado bajo el agua. Para evaluar la selectividad de cada tipo de refugio respecto del tamaño de las langostas, se consideraron dos grupos de tallas: langostas < 50 mm LC (juveniles "pequeños"), y > 50 mm LC (juveniles "grandes"). Para minimizar la posibilidad de perturbación de los juveniles que colonizaban las estructuras, su talla fué estimada visualmente por buzos previamente capacitados.

RESULTADOS

De entre las ocho localidades en donde se colocaron refugios de bloques de concreto, solamente hubo una colonización abundante en la localidad B (Tabla 14). Aunque los datos de las otras localidades fueron insuficientes para realizar análisis estadísticos, se pueden mencionar algunos resultados interesantes. Los refugios ubicados en las localidades 3 y 7 atrajeron pocos individuos, pero de éstos un gran porcentaje eran juveniles grandes, mientras que en el resto de las localidades, los refugios fueron colonizados generalmente por juveniles pequeños. Después de 170 días de iniciados los censos, se suspendieron las revisiones en las localidades 1 a 7. Para los análisis posteriores solamente se tomaron en cuenta los resultados de la localidad B.

La figura 36 muestra las cantidades agrupadas de langostas contadas en los tres refugios de cada tipo en la localidad B. A los 258 días del inicio del estudio, se encontraron diferencias significativas en el número de juveniles que colonizaron los diferentes tipos de refugio (ANOVA de una vía, con datos transformados a $J(x+0.05)$, $F = 4.86$, $P < 0.05$). Los refugios con cubierta (tipos 2 y 4), brindaron una cantidad mayor de juveniles que aquéllos sin cubierta, y de estos últimos, los del tipo 3 presentaron la menor abundancia de juveniles (prueba de Tukey para comparación múltiple de medias, Zar 1984). Además, los refugios tipos 1 y 3 mostraron fluctuaciones más amplias en el número de juveniles presentes a lo largo del tiempo que los refugios tipos 2 y 4 (valores de χ^2 , tipo 1 = 0.367, tipo 2 = 0.840, tipo 3 = 0.096, tipo 4 = 0.669).

Aunque los cuatro tipos de refugios atrajeron una proporción pequeña de juveniles grandes (Tabla 15), hubo diferencias significativas entre ellos (prueba de $\chi^2 = 26.702$, $0.01 > P > 0.005$); los de bloques pequeños (tipos 3 y 4) tenían menores cantidades de juveniles grandes, lo que muestra el posible efecto de la construcción a escala en la selectividad de la fracción de juveniles grandes que colonizan los refugios. No hubo una preferencia aparente por

TABLA 14. Número total acumulado de langostas juveniles (*Panulirus argus*) y número acumulado de juveniles pequeños (< 50 mm LC) y grandes (> 50 mm LC) que colonizaron el total de refugios artificiales de bloques de concreto en cada localidad de estudio en la Bahía de la Ascensión, 170 días después de su colocación. El estudio se continuó solamente en la localidad 8 hasta el día 258.

Localidad	Número acumulado de juveniles		
	Total	Pequeños	Grandes
1	102	84	18
2	7	5	2
3	18	1	17
4	76	70	6
5	5	3	2
6	32	30	2
7	47	10	37
8 (170 días)	907	823	84
8 (258 días)	1,653	1,539	114

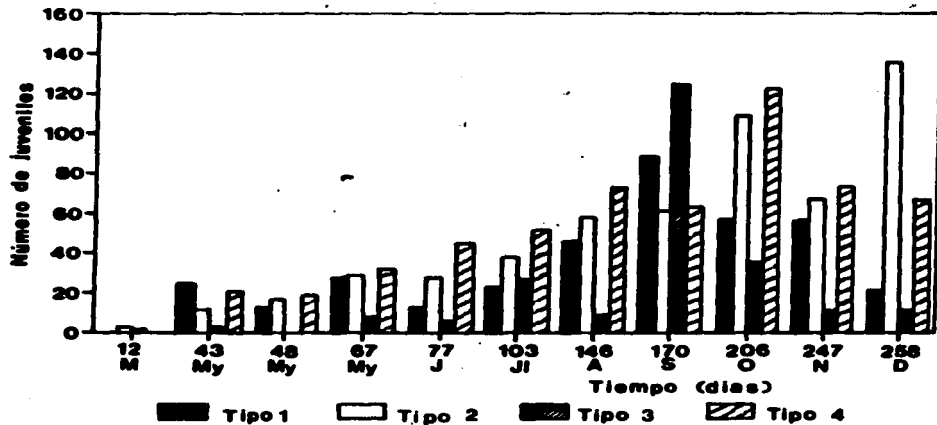


Fig. 36.- Cantidad total (agrupada) de juveniles de *Panulirus argus* a lo largo del tiempo de estudio, en los tres refugios de bloques de concreto de cada tipo instalados en la localidad B.

TABLA 15. Número acumulado de langostas (Panulirus argus) juveniles pequeñas (< 50 mm LC) y grandes (>50 mm LC) en el conjunto de tres refugios artificiales de bloques de concreto de cada tipo instalados en la estación 8, a los 256 días de iniciado el estudio.

Talla de juveniles	Tipo de refugio			
	1	2	3	4
Pequeños	328	514	221	550
Grandes	43	44	13	18
Total	371	548	234	568

ningún nivel de ocupación, ni en los refugios de dos niveles (pueba de χ^2 de Student, $P = 0.05$) ni en los de tres niveles (ANOVA de una vía, datos transformados a $J(x+0.05)$, $P = 0.05$).

DISCUSION

La abundancia de los juveniles que colonizaron los refugios artificiales de bloques fué claramente heterogénea a lo largo del área de estudio. En las localidades 1 a 5 (Fig. 35), los resultados parecen estar relacionados con la distancia al arrecife coralino, obteniéndose mayores abundancias más cerca de la costa y menores abundancias más cerca del arrecife (Tabla 14). Esto concuerda con la distribución observada de los estadios bentónicos de Panulirus argus, en que los juveniles más pequeños habitan preferentemente áreas someras cubiertas de pastizal o lechos de algas, y los juveniles más grandes y adultos se desplazan hacia los arrecifes coralinos y la plataforma continental adyacente (Buesa 1965, Kanciruk 1980, Lozano et al. 1991a).

Cruz et al. (1986a) encontraron que a mayor densidad del pastizal marino, había una disminución en la ocupación por juveniles de P. argus de sus refugios de bloques de concreto. Los resultados del presente estudio muestran cierta correspondencia, con los mayores niveles de ocupación de refugios en pastizales moderadamente densos (localidad 8), y menor ocupación de refugios en pastizales densos (localidades 1 y 4). Los refugios en las localidades 6 y 7, que carecían de pastos marinos y presentaban algunos manchones aislados de algas, mostraron bajos niveles de juveniles, y de éstos los individuos de tallas mayores se encontraron en la más profunda de estas dos localidades (Tabla 14).

Se ha observado que los juveniles de P. argus evitan el agua turbia (Kanciruk 1980). Sin embargo, el área en la cual se encontraba la localidad 8 presentaba constantemente una turbidez relativa alta; y ya se tenía conocimiento de que en esta área había una abundancia natural de juveniles. Otras áreas de aguas turbias dentro de la Bahía de la Ascensión, donde los pescadores evitan colocar casitas debido a la reducida visibilidad, han brindado capturas altas de juveniles por medio de nasas (E. Lozano y F. Negrete, observación personal). Es posible que la turbidez, en conjunto con una moderada densidad de pastos marinos, incrementa la protección natural de juveniles contra sus depredadores. Sin embargo, esta suposición requiere de más pruebas. Algunas especies de palinúridos que toleran un amplio intervalo de turbidez del agua son Panulirus homarus.

rubellus, P. longipes longipes, P. ornatus (Berry 1971), y P. gracilis (Lozano et al. 1982).

Las mayores cantidades de juveniles se encontraron en los dos tipos de refugio con cubierta (tipos 2 y 4), y el refugio menos efectivo en términos de atracción de juveniles fue el tipo 3. La presencia de una cubierta opaca, además de ofrecer una mayor área de protección contra depredadores potenciales (Spanier y Zimmer-Faust 1988), también reduce la intensidad luminosa dentro del refugio, lo que parece ser una característica importante que afecta la selección de guarida (Cobb 1971, Zimmer-Faust y Spanier 1987, Spanier et al. 1988). El que los refugios cubiertos fueran más atractivos para los juveniles también es reflejado por las menores fluctuaciones en la abundancia de juveniles encontrados en los refugios tipo 2 y 4, comparadas con los refugios 1 y 3.

En un experimento con refugios artificiales construidos con llantas de coche, Spanier et al. (1988) encontraron que la langosta zapatera Scyllarides latus prefería agujeros cercanos al suelo sobre aquellos situados a niveles más elevados. En el presente estudio, no se detectaron preferencias por ningún nivel en particular en los refugios de bloques, pero es posible que la diferencia en altura entre los niveles de los bloques que formaban los refugios no fuera significativa para P. argus.

Caddy (1986) sugirió la existencia de "cuellos de botella" poblacionales en crustáceos bentónicos que habitan en oquedades, debido a un decremento predecible en el número de refugios apropiados al aumentar la talla de los animales. Existen algunas evidencias de que las limitaciones en la cantidad de refugio dan como resultado una mortalidad densodependiente en áreas de crecimiento de Panulirus cyanus en Australia Occidental (Chittleborough 1970, Ford et al. 1988), y esto podría ocurrir en otras especies de palinúridos (Kanciruk 1980). Por tanto, la reducción en la mortalidad de langostas por medio de un aumento en los refugios disponibles ha sido una idea atractiva desde hace algún tiempo (Davis 1977, Miller 1982b, Eggleston et al. 1990).

Sin embargo, en la mayoría de los casos, las evidencias de que las estructuras artificiales aumenten la producción de organismos a través del aumento en los refugios y/o el alimento son inadecuadas (Bohnsack 1989). En el caso de las langostas, Cruz et al. (1986a) asumieron un aumento en la producción de P. argus por medio de refugios de bloques a través de una disminución en la mortalidad natural por depredación, y Eggleston et al. (1990) mostraron evidencias parciales que apoyan esta suposición. Sin embargo, en un estudio de juveniles de P. argus que involucró el uso de refugios de bloques (Davis 1978, 1985), las langostas

solamente se movieron de su ambiente natural hacia los refugios de bloques, sin que hubiera un aumento en el número de langostas en el Área de estudio. Estos resultados contradictorios realzan la necesidad de llevar a cabo experimentos cuidadosamente controlados antes de asumir que la instalación de refugios artificiales provocará un incremento en la producción de langostas en un Área determinada.

En Bahía de la Ascensión, los pescadores que pescan en campos ubicados en las Áreas interiores de la bahía consistentemente encuentran grandes cantidades de juveniles pequeños bajo sus casitas, lo cual ha sido constatado en algunos muestreos de campo (Eggleston et al. 1990, Lozano et al. 1991). Estos juveniles pequeños son más vulnerables a depredadores que los de tallas más grandes que cohabitan las mismas casitas (Cruz et al. 1986a, Eggleston et al. 1990). Así, los pescadores están interesados en aumentar la protección de los juveniles pequeños por medio de refugios de bloques y, como resultado de esto, esperan obtener un incremento en el reclutamiento de langostas de tallas legales en las casitas. Sin embargo, los resultados del presente trabajo indican que, aunque los refugios de bloques parecen atractivos para los juveniles pequeños, solamente parecen funcionar adecuadamente en Áreas donde estos juveniles ya eran abundantes con anterioridad (p.ej., la localidad B).

Estos resultados sugieren que, además de las características físicas del refugio, también las características locales del hábitat pueden ser importantes para el éxito de los refugios artificiales con el objeto de atraer y concentrar langostas.

7. CONSIDERACIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO DE Parulirus argus EN BAHIA DE LA ASCENSION

El problema central de la ciencia pesquera es cómo manipular las circunstancias de una pesquería de tal manera que se obtengan ventajas sociales o económicas dentro de ciertos límites de prudencia ecológica. En este sentido, el manejo de un recurso pesquero se enfrenta a múltiples problemas, que involucran no solamente las características del recurso en cuestión, sino también factores sociales relacionados con los pescadores que lo explotan. Es común que los administradores pesqueros no documenten adecuadamente las razones por las que toman las decisiones que toman (Larkin 1978), pero por lo general tratan de no provocar problemas sociales o económicos.

Los enfoques clásicos de la ciencia pesquera se basaban en el concepto de Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), que puede resumirse de la siguiente manera. En ausencia de cualquier tipo de pesca, un stock será relativamente grande, e incluirá una proporción elevada de organismos de edad avanzada. El incremento de la biomasa total debido al crecimiento de los individuos y al reclutamiento de juveniles será balanceado a lo largo del tiempo por las pérdidas debidas a muertes naturales. Al iniciar la pesca, el stock brindará grandes capturas por unidad de esfuerzo, aunque la captura total sea pequeña. Al aumentar la pesca, se reducirá la abundancia del stock, y el máximo rendimiento sostenible se alcanzará a algún nivel intermedio del stock (Gulland y Carroz 1968). Este nivel puede ser alcanzado ejerciendo una cantidad moderada de pesca sobre todas las tallas de la población, o bien aplicando selectivamente una pesca más fuerte a los organismos de tallas mayores. Sin embargo, el concepto de MRS considera que la población en cuestión está biológicamente aislada y que el único factor que altera la situación de equilibrio es la explotación, circunstancias que rara vez se cumplen en la naturaleza.

El concepto de MRS fue posteriormente cuestionado, al hacerse evidente que para el manejo de una población deberían tomarse en cuenta muchos otros factores, tales como las interacciones entre la población explotada y otras poblaciones de organismos, las relaciones stock-reclutamiento, y las variaciones en el reclutamiento asociadas a variaciones en las condiciones ambientales, factores todos ellos sumamente complejos y de difícil cuantificación (Gulland 1977, Larkin 1977). Por otro lado, existen también factores socioeconómicos que en muchas ocasiones determinan el éxito o fracaso de una determinada pesquería (Larkin 1978, Seiyo et al. 1991) y que, por consiguiente, también deben tenerse en consideración al planear estrategias de pesca.

Se ha propuesto que es posible pensar en el rendimiento de una explotación "racional" en algún punto entre el MRS y el máximo rendimiento económico (definido como la diferencia máxima entre el valor de un recurso y los gastos necesarios para capturarlo), es decir, en un nivel de explotación que se encuentre al máximo en términos de la responsabilidad pública hacia un recurso de propiedad común, y con el que simultáneamente se logre una redituabilidad económica aceptable (Hancock 1980). Por tanto, se debe establecer un balance entre los intereses científicos de un recurso y los intereses económicos de una pesquería para diseñar una estrategia adecuada de manejo (Briones 1991b).

La pesca de Penulirus argus en Bahía de la Ascensión se ejerce principalmente sobre la fracción juvenil de la población. Esta población es sumamente dinámica, como lo demuestran su rápido crecimiento, las altas tasas de emigración e inmigración, la fuerte mortalidad por pesca, y los movimientos registrados en las recapturas, todo lo cual tiende a indicar una alta tasa de renovación de la población dentro de la bahía.

El hecho de que la pesca de langosta en Bahía de la Ascensión se ejerza sobre juveniles preocupa a algunos administradores y científicos pesqueros, que consideran que las langostas no deberían pescarse hasta que adquieran la madurez sexual. Sin embargo, el hecho de que las casitas son altamente efectivas en áreas de crecimiento de juveniles y que atraen básicamente a individuos inmaduros fue reconocido por los administradores pesqueros desde 1979, lo que llevó a reducir la talla mínima legal para las langostas de las bahías de la Ascensión y Espíritu Santo de 14.5 a 13.5 cm LA. Obviamente, algunos factores socioeconómicos influyeron también en esta decisión, tales como la necesidad de mantener una pesquería redituable para las cooperativas de la costa central del estado, y el elevado valor en el mercado de las langostas de tallas pequeñas. Los resultados de este estudio brindan evidencias de que esta decisión fue aparentemente acertada.

Una vez que las postlarvas penetran en la bahía, los machos tardan un promedio de 1.65 años, y las hembras 1.7 años, en alcanzar la talla mínima legal de 13.5 cm LA (ca. 74 mm LC). La talla media de las langostas obtenidas en las pescas exploratorias en la plataforma por fuera de la bahía, fue de 92.2 mm LC para machos, y 80.4 mm LC para hembras, correspondientes a una edad de 2.17 y 1.88 años, respectivamente, a partir de su reclutamiento como postlarvas. Esto significaría que las langostas permanecen durante un promedio de 4 a 5 meses dentro de la bahía después de alcanzar la talla mínima legal. Aunque el único periodo de emigración de la bahía hacia la plataforma que se detectó fue durante el invierno, debido a las fechas en las

que se realizaron las pescas exploratorias, existe la posibilidad de que se presenten otros pulsos emigratorios en otras épocas del año. De hecho, las tasas instantáneas de emigración calculadas en este estudio indican que hay salida de langostas todo el año.

Puesto que la distribución mensual por tallas de la captura en Bahía de la Ascensión presenta una moda marcada alrededor de la talla mínima legal (Figs. 7 y 33), es obvio que hay un reclutamiento a la pesquería a lo largo de la temporada de pesca. Si en la bahía se observara la talla mínima legal de 14.5 cm LA vigente para el resto del estado, el grueso de la captura actual sería ilegal, y la pesquería se vendría abajo. La alternativa de desarrollar una pesquería con nasas por fuera de la bahía no es factible, debido a lo estrecho de la plataforma, las fuertes corrientes imperantes, las amplias variaciones en la abundancia del recurso en esta zona, y las bajas CPUE obtenidas por las nasas.

De esta manera, tal parece que la pesquería de juveniles en la Bahía de la Ascensión es una manera adecuada de explotar este recurso, particularmente si, como ocurre, se respeta la temporada de veda. La veda parece ser muy importante para la población de langostas dentro de la bahía, ya que durante este tiempo hay una recuperación considerable de la abundancia de langostas, lo que se refleja en las altas capturas obtenidas durante el primer mes de la temporada de pesca (Fig. 10). Esta recuperación es resultado de la inmigración de nuevos juveniles a las casitas, y del crecimiento de los juveniles ya existentes, lo que además se aprecia en el hecho de que en julio, la talla modal de la captura se encuentra en 80 mm LC, y el resto de la temporada en 75 mm LC (Figs. 7 y 33).

El éxito de la pesquería de langostas en Bahía de la Ascensión está íntimamente relacionado con el mecanismo de acción de las casitas sobre los juveniles. Desafortunadamente, no existen estadísticas pesqueras de la bahía previas a la introducción de casitas, por lo que no se cuenta con evidencias de un incremento en la producción directamente atribuible al uso de las casitas. Sin embargo, es posible que la utilización de refugios artificiales altamente eficientes en áreas ricas en alimento pueda incrementar el crecimiento y la sobrevivencia de los organismos involucrados, en este caso las langostas (Bohnsack 1989). Sigue siendo prioritario el desarrollo de un estudio experimental para determinar qué factores o combinaciones de factores podrían ser importantes para el éxito o fracaso de las casitas en áreas similares a la Bahía de la Ascensión, donde nunca se hayan utilizado estas estructuras previamente (Briones et al. en prensa g).

En lugares donde la densidad de juveniles es alta, las casitas parecen aumentar las tendencias gregarias de dichos juveniles (Fig. 22) (Eggleston y Lipcius 1992). Esto también se hizo evidente con la utilización de refugios de bloques de concreto (Fig. 36). Por tanto, es posible que, sin medidas de manejo apropiadas, el uso indiscriminado de casitas pudiera llevar a una sobrepesca. En Bahía de la Ascensión, las medidas de manejo que se han establecido parecen ser adecuadas; éstas incluyen (a) el sistema de campos, lo que permite una buena organización de la cooperativa, (b) la talla mínima legal reducida, que permite un buen aprovechamiento del recurso disponible, y (c) la temporada de veda, que permite la recuperación del stock dentro de la bahía, así como la salida de organismos mayores hacia la plataforma frente a la bahía, donde no existe pesquería.

La estrategia de manejo que se basa en la protección de juveniles y el aprovechamiento de adultos reproductores se ha aplicado convencionalmente a muchos recursos pesqueros, particularmente especies de escama, y se aplica con la idea de maximizar la biomasa de captura y asegurar que los individuos tengan cuando menos una oportunidad de reproducirse. Por tanto, esta estrategia asume alguna forma de relación stock-reclutamiento (RSS), lo que es un aspecto escasamente conocido en la mayoría de los crustáceos, ya que los factores ambientales juegan un papel de suma importancia en la determinación del éxito reproductor y de la sobrevivencia de las larvas, y por lo general enmascaran cualquier RSS existente (Cobb y Caddy 1989). Ciertamente, existen evidencias de una RSS en algunos crustáceos, como la langosta Panulirus cygnus (Morgan et al. 1982) y algunas especies de camarones pensidos (Penn et al. 1989, Gracia 1991), pero por lo general la RSS está enmascarada por las condiciones ambientales favorables o desfavorables en el momento en que se asientan las postlarvas (Fogarty et al. 1991, Gracia 1991).

Resulta interesante el hecho de que la captura de las pesquerías de langosta más exitosas en el mundo, tales como Panulirus cygnus en Australia Occidental (Bowen y Hancock 1989), P. argus en Cuba (Baisre et al. 1985, Cruz et al. 1987), y Homarus americanus en Canadá (Campbell 1989), incluye un elevado porcentaje (>50%, y en algunos casos >80%) de juveniles recién reclutados y subadultos. En el caso de H. americanus, durante la década de 1980 hubo un notable aumento en las capturas, a pesar de las predicciones de un colapso inminente, lo que ha desafiado los modelos pesqueros tradicionales basados en conceptos tales como producción excedente y reclutamiento estable (Einer y Campbell 1991), y parece más relacionado con el recientemente planteado paradigma del "suministro colateral" ("supply-side") en el cual los niveles de reclutamiento, controlados por fenómenos climáticos impredecibles, pueden

cambiar las regulaciones internas que normalmente operan en un sistema (Lewin 1986, Underwood y Fairweather 1989). Fuerzas ambientales que operan a escalas espaciales de cientos e incluso miles de kilómetros, y a escalas temporales de meses o años, son responsables de las variaciones en el reclutamiento de *P. cygnus* (Phillips et al. 1991), y posiblemente de muchas otras especies marinas con historias de vida complejas (Fogarty et al. 1991). Por otro lado, si la aplicación del esfuerzo pesquero se limita a individuos reproductores, una pesquería intensa podría alterar la composición de edades y reducir las oportunidades de reproducción de los individuos (Fogarty et al. 1991).

Por tanto, una estrategia de pesca novedosa y diferente involucraría la explotación intensiva de jóvenes reclutas, y la protección de núcleos del stock reproductor a través de refugios especiales (es decir, áreas de reproducción) o temporales (es decir, temporadas de veda) (Anthony y Caddy 1980, Campbell 1989, Caddy 1990). Este tipo de estrategia ha sido efectiva, aunque empíricamente, aplicada en la pesquería de langosta en Bahía de la Ascensión, por medio del uso de casitas como herramientas de pesca en áreas de crecimiento de juveniles (nursery areas), y la ausencia de pesca en áreas más profundas de reproducción, además de la observancia de una temporada de veda en la cual una porción de los juveniles alcanzan las tallas críticas para salir de la bahía hacia las áreas de reproducción. Una situación similar existe en el Golfo de Batabanó, en Cuba, donde la pesquería de langostas también se lleva a cabo por medio de refugios artificiales en zonas someras de crecimiento de juveniles, y las langostas de zonas más profundas no se pescan (Cruz et al. 1987, González et al. 1990).

De esta manera, resulta conveniente aprovechar a los juveniles cuando se encuentran dentro de la bahía. Pero la presión de pesca en Bahía de la Ascensión es tal que una gran parte de los juveniles es capturada en cuanto alcanzan la talla mínima legal (e incluso algunos antes de alcanzarla), particularmente después del primer mes de la temporada de pesca, lo que se parece más a una "cosecha" que a una pesquería tradicional. Esta "cosecha" es más importante al inicio de la temporada de pesca porque, en ausencia de la presión de pesca, los individuos se han ido acumulando en las casitas durante los cuatro meses que dura la veda (Lozano et al. 1991a). El esfuerzo de pesca es más alto cuando hay más abundancia de langosta, y el resto de la temporada se "cosechan" los individuos que entran a la pesquería principalmente por crecimiento (Lozano 1991).

Quizá sería más eficiente, en términos de un mejor aprovechamiento de la biomasa de langostas, capturarlas a una talla ligeramente superior a los 74 mm LC, como ocurre en julio, al inicio de la temporada de pesca. Pero puesto que la distribución por tallas de las langostas está

relacionada con diferentes hábitats dentro de la bahía, (Figs. 18 y 19), la captura que se obtiene en distintos campos presente estructuras de tallas desiguales. Además, existen diferencias en la densidad relativa de juveniles en distintas zonas de la bahía (Fig. 22). Los pescadores reconocen esta distribución heterogénea de las langostas, y también saben que éstas son sumamente móviles, pero como la captura que puedan obtener en sus campos está restringida entre ciertos límites de talla (el inferior determinado por la talla mínima legal, y el superior por la talla que alcanzan los organismos antes de emigrar) prefieren capturar las langostas en cuanto éstas alcanzan la talla mínima, antes de que se salgan de su campo.

En este sentido, se ha planteado la posibilidad de mantener a las langostas de talla ligeramente por debajo de la legal, o que recién alcanzan ésta, en encierros dentro de los mismos campos donde se capturen, por un tiempo relativamente breve (no más de dos meses, es decir una muda), para que alcancen un peso más redituable. Actualmente se están llevando a cabo algunos experimentos de este tipo en la Bahía de la Ascensión, con resultados alentadores (Lozano 1992).

Las postlarvas que penetran en la bahía requieren de determinados sustratos para asentarse y hacer la transición a la vida bentónica. Estos sustratos (macroalgas y pastos marinos) son, por tanto, de gran importancia para el desarrollo sostenido de un stock de juveniles, y debe contemplarse la necesidad de conservar a largo plazo su cantidad y calidad en la bahía.

Hasta este momento, la bahía se encuentra relativamente poco impactada por actividades humanas altamente disruptivas de los sistemas costeros, tales como construcción a gran escala, dragados, y actividades turísticas masivas, gracias a que se encuentra muy distante de los grandes centros urbanos y turísticos del estado y a que su acceso por tierra es difícil. Además, la bahía se encuentra dentro de una Reserva de la Biosfera, lo cual de alguna manera debería garantizar su conservación en condiciones poco perturbadas a largo plazo. De hecho, se desconoce el impacto que tiene la utilización de las casitas, por lo que también es prioritaria una investigación sobre el efecto de las casitas en las comunidades asociadas a la vegetación sumergida, así como en la estabilidad y estructura de los pastizales marinos (Lozano et al. 1991a).

Los resultados de este estudio sugieren que las buenas o malas temporadas de pesca dependen de la fuerza del reclutamiento. Por ejemplo, la temporada 1985-86, con una captura de 47.5 toneladas, puede considerarse como regular, mientras que la 1986-87, con 63 toneladas, fue una buena temporada. En esta última temporada, no solamente la captura

fué superior, sino que también lo fueron la biomasa inicial y el peso total de las langostas involucradas durante toda la temporada. En esta temporada, hubo una mayor inmigración de langostas al Área de pesca, pero también hubo una mayor emigración hacia afuera de la bahía (Tabla 5). Esto indica que la fuerza del reclutamiento de juveniles fué mayor en la temporada 1986-87 que en la 1985-86. Sin embargo, es posible que la abundancia de una cohorte dependa en primera instancia de la fuerza del reclutamiento de postlarvas en la bahía dos años atrás. En Australia Occidental, se ha desarrollado un modelo predictivo de la captura de Penulirus cygnus con base en las fluctuaciones en el reclutamiento de postlarvas a las zonas costeras (Phillips 1986). Por tanto, el estudio de las variaciones en la fuerza de reclutamiento de postlarvas en la Bahía de la Ascensión brindaría valiosa información sobre la posible fuerza del reclutamiento de juveniles a la pesquería dos años después. El estudio de estas variaciones se inició en 1987, y actualmente se cuenta con datos mensuales de seis años (Briones 1992), pero para obtener una buena relación entre las variables se requieren por lo menos 10 años de datos (B.F. Phillips, com. pers.).

El que solamente se utilice la cola de las langostas se debe a que el principal mercado que se ha explotado es el de la costa oriental de EUA, que prefiere esta presentación. Sin embargo, existen otros mercados potenciales que favorecen la presentación de langosta entera, o incluso viva, que podrían diversificar la exportación de langosta y aumentar el ingreso de divisas. Una alternativa de manejo involucraría la captura de langosta viva, por lo que debería explorarse la utilización de técnicas de captura apropiadas a este fin (Lozano 1991). El uso del chinchorro circular para extraer las langostas de las casitas es una buena opción, pero éste sólo brinda buenos resultados al inicio de la temporada de pesca, cuando la abundancia de las langostas en las casitas es mayor. Aquí resulta interesante la utilización de los cercos para mantenimiento de langostas vivas en el límite de la talla legal, con el objeto de tenerlas cautivas hasta que adquieran un peso más redituable.

Tomando en consideración todo lo anterior, la estrategia de manejo de la pesquería de langostas en Bahía de la Ascensión debería incluir los siguientes aspectos, algunos de los cuales se vienen cumpliendo desde hace tiempo, en tanto que otros requieren de más investigación:

- Continuar con la explotación de juveniles a partir de una talla mínima legal (13.5 cm LA parece adecuada) en el interior de la bahía, por medio de las casitas.

- Continuar con el sistema de campos en la bahía, que ha sido fundamental para evitar problemas sociales derivados de la propiedad de las casitas instaladas en el fondo de la bahía.

- Permitir que las langostas que salen de la bahía hacia profundidades mayores en la plataforma continental desarrollen poblaciones residentes reproductoras, sin perturbarlas con actividades de pesca; es decir, evitar el desarrollo de una pesquería por fuera de la bahía, para proteger a un núcleo de organismos reproductores.

- Seguir con la estricta observancia de la temporada de veda de cuatro meses (1 de marzo a 30 de junio), para permitir la salida de subadultos y adultos jóvenes hacia los hábitats reproductores, y la recuperación del stock de juveniles dentro de la bahía.

- Enfatizar la necesidad de conservar los sustratos de asentamiento de postlarvas en la bahía, y de las comunidades asociadas a éstos, que proveen de alimento a los juveniles de langosta durante los dos años que permanecen dentro de la bahía.

- Continuar con el monitoreo a largo plazo del reclutamiento de postlarvas en la bahía, con el objeto de generar un modelo predictivo para las capturas de langosta con dos años de anticipación, lo que permitiría tomar acciones para regular el esfuerzo en temporadas malas.

- Continuar con la investigación sobre el mantenimiento de ejemplares que apenas hayan alcanzado la talla legal en encierros, por un período breve, hasta que obtengan un peso más reutilizable, e intentar la comercialización de langosta entera o viva.

Finalmente, hay otros aspectos que requieren cierta reflexión. El éxito de la pesquería con refugios artificiales tanto en el Golfo de Batabanó (Cuba) como en las Bahías de la Ascensión y del Espíritu Santo ha generado un gran interés por aplicar esta técnica en otras áreas, tanto del Caribe como fuera del Caribe (Briones et al. en prensa a). Sin embargo, antes de aplicar las casitas en otros lugares debe tomarse en consideración que existen requerimientos clave, tanto biológicos como del hábitat, que deben cumplirse. En el caso de P. argus, los requerimientos mínimos del hábitat para que las casitas tengan éxito parecen ser un suministro adecuado de postlarvas, la existencia de suficiente sustrato para el asentamiento de las postlarvas, y un adecuado abastecimiento de alimento para los juveniles.

Existen otras áreas del Caribe mexicano en donde estos requerimientos aparentemente se cumplen, tales como la zona costera entre Isla Blanca y Holbox (Fig. 1). Sin embargo, en la parte norte y noreste de Quintana Roo hay una gran concentración de esfuerzo de pesca, además de que se utiliza una gran variedad de métodos de pesca para langosta que abarcan un amplio intervalo de profundidades, y se capturan ejemplares en un intervalo de tallas muy extenso, desde juveniles hasta los adultos reproductores más grandes. En una pesquería de este tipo, el stock puede sufrir una sobrepesca de crecimiento (growth overfishing) (Larkin 1978). Pero por otro lado, si la pesca se limita a capturar adultos reproductores, entonces se aumenta el riesgo de una sobrepesca de reclutamiento (recruitment overfishing), ya que son las hembras de tallas mayores las que producen más huevos por desove y las que desovan más veces en un año (Berry 1971, Kanciruk y Herrnkind 1976, Lipcius 1985, Briones y Lozano 1992). Algunos autores han sugerido que si se capturan individuos entre límites de talla específicos, podría maximizarse el rendimiento sin poner en riesgo el reclutamiento (Beddington y Taylor 1973, Larkin 1978). Circunstancialmente, esto es lo que ocurre con el uso de casitas. Y aunque no hay evidencia de una relación stock-reclutamiento en Penaeus argus a nivel local, la protección de núcleos de la población reproductora a lo largo del área de distribución de la especie podría beneficiar la producción de larvas a escala regional.

Por tanto, la aplicación de casitas en la zona norte de Quintana Roo puede ser un auxiliar en la maximización del rendimiento de langostas, si éstas se capturan dentro de ciertos intervalos de talla, como ocurre en Bahía de la Ascensión, y muy particularmente si se cumple con los requisitos mínimos de manejo, que incluyen la demarcación de campos, el establecimiento de una talla mínima adecuada, y la estricta observancia del período de veda. El uso de casitas en esta zona debería ir acompañada por una reducción en la presión de pesca sobre los individuos más grandes, particularmente por medio del buceo autónomo y semiautónomo, método que ha demostrado ser poco recomendable por sus efectos negativos sobre el stock (Davis 1977, Lipcius et al. 1983, Fuentes 1988b, Lozano, en prensa). Sin embargo, un cambio en el tipo de pesca siempre tiene repercusiones socioeconómicas, y la que aquí se propone es un reto de gran envergadura ya que se aleja de las estrategias convencionales de manejo pesquero, por lo que su instrumentación requeriría de una mentalidad abierta por parte de los pescadores y de los administradores del recurso, y de continuar con las investigaciones sobre el mecanismo de funcionamiento de las casitas, su impacto sobre las comunidades bentónicas, y las variaciones en el reclutamiento de postlarvas, entre otras.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Rosas, M. 1990. Algas marinas bentónicas de la Reserva de la Biósfera Sian ka'an, Quintana Roo, México. Págs. 13-34. In: D. Navarro y J.G. Robinson (eds.) Diversidad biológica en la Reserva de la Biósfera Sian ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México.
- Annala, J.H. y B.L. Bycroft. 1984. Exploratory fishing for rock lobsters in offshore areas near Barbours, N.Z. Ministry of Agric. and Fish., Fish. Res. Div. Occasional Publ. 42, 11 p.
- Anónimo. 1942. La Pesca en México. Sría. de Economía Nacional, México, D.F.
- Anthony, V.C. y J.F. Caddy (eds.) 1980. Proceedings of the Canada-U.S. workshop on status of assessment science for N.W. Atlantic lobster (Homarus americanus) stocks. Can. J. Fish. Aquat. Sci. Tech. Rep. 932: 186 p.
- Arce, M. 1990. Estimación del crecimiento de la langosta espinosa (Panulirus argus Latreille) con metodologías convencionales y a través de funciones de singularidad. Tesis de Maestría, Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Universidad Mérida, Inst. Politécn. Nal. 94 p.
- Arceo, P. 1991. Análisis bioeconómico de funciones captura-esfuerzo de la pesquería artesanal de langosta Panulirus argus (Latreille, 1804). Tesis de Maestría, Centro de Investigación y Estudios Avanzados-Universidad Mérida, Inst. Politécn. Nal. 84 p.
- Arceo, P. y J.C. Seijo. 1991. Fishing effort analysis of the small-scale spiny lobster (Panulirus argus) fleet of the Yucatán shelf. FAO Fish. Rep. No. 431, Suppl.: 59-74.
- Arceo, P., E. Lozano, J.C. Seijo, P. Briones, E. Gosa, S. Salas, D. Fuentes y M.A. Cabrera. La pesquería de langosta en el Golfo de México y Caribe. In: D. Flores, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín (eds.) Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. EPOMEX-Univ. Autón. Campeche, Serie Científica (En prensa).
- Baisre, J.A. 1944. Sobre los estadios larvales de la langosta común, Panulirus argus. Contrib. Inst. Nac. Pesca Cuba No. 12, 37 p.

- Baizre, J.A., A. Pérez, M.H. Obregón y R. Cruz. 1985. Regulation of fishing effort in Cuban shelf fisheries: the case studies of shrimp, lane snapper, and spiny lobster. FAO Fish. Rep. 287, Suppl. 3: 365-390.
- Bassols, A., M. Aceves, C. Bustamante y A. Ortiz. 1976. Estudio geográfico y socio-económico del estado de Quintana Roo. Pol. Soc. Mex. Geog. y Estad., Tomo CXXIV. México, D.F.
- Reddington, J.R. y D.B. Taylor. 1973. Optimal age-specific harvesting of a population. Biometrics 29: 801-809.
- Begon, M. 1979. Investigating animal abundance: capture-recapture for biologists. Edward Arnold Publ., Ltd. Londres, 97 p.
- Berry, P.F. 1971. The spiny lobsters (Palinuridae) off the east coast of Southern Africa. Distribution and ecological notes. Oceanogr. Res. Inst. (Durban). Invest. Rep. 27: 23 p.
- Bohnsack, J.A. 1989. Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference? Bull. Mar. Sci. 44: 631-645.
- Bohnsack, J.A. y D.L. Sutherland. 1985. Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities. Bull. Mar. Sci. 37: 11-39.
- Bowen B.H. y D.A. Hancock. 1989. Effort limitation in the Australian rock lobster fisheries. Págs. 375-393 In: J.F. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. Wiley Interscience, Nueva York.
- Brady, M.J. 1971. Sedimentology and diagenesis of carbonate sands in coastal lagoons of NE Yucatan. Ph. D. Thesis, Rice University.
- Briones, P. 1991a. Consideraciones para el manejo de Panulirus guttatus (Latreille) en Quintana Roo, México. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Publ. Técn. 1: 81-89.
- Briones, P. 1991b. Marco teórico de la regulación pesquera en langostas. 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: 1-10.

- Briones, P. 1992. Estado actual de los estudios sobre reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* (Latreille) en el Caribe mexicano. Págs. 131-142. In: S. Guzmán del Prío (ed.) Memorias del Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos de Baja California. Sria de Pesca/ Inst. Politécn. Nal.
- Briones, P. y E. Lozano. 1992. Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Souvier) and *P. gracilis* Streets (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of Mexico. J. Crustacean Biol. 12 (1): 41-50.
- Briones, P., E. Lozano y D.B. Eggleston. The use of artificial shelters ("casitas") in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. In: B.F. Phillips, J.S. Cobb y J. Kittaka (eds.) Spiny lobster management: current situation and perspectives. Fisheries News Books, Oxford. (En prensa, a).
- Briones, P., E. Lozano y B.F. Phillips. 1988a. Programa de investigación conjunta sobre langostas *Panulirus argus* y *P. guttatus* juveniles y pre-reclutas en Quintana Roo. Informe final, Proyecto México-Australia 140134-D-202. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México / Cons. Nal. Cienc. y Tecnol. México. 51 p.
- Briones, P., E. Lozano, M.A. Cabrera y P. Arceo. Biología y Ecología de las langostas (Crustacea: Decapoda: Palinuridae) del Golfo de México y Caribe. In: D. Flores, P. Sánchez-Gil, J.C. Seijo y F. Arreguín (eds.) Análisis y Diagnóstico de los Recursos Pesqueros Críticos del Golfo de México. EPOMEX-Univ. Autón. Campeche, Serie Científica (En prensa, b).
- Briones, P., E. Lozano, A. Martínez-Guerrero y S. Cortés. 1981. Aspectos generales de la biología y pesca de las langostas en Zihuatanejo, Gro., México (Crustacea, Decapoda, Palinuridae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 8 (1): 79-102.
- Briones, P., E. Lozano, F. Colinas y F. Negrete. 1988b. Biología y dinámica poblacional de las langostas del Caribe mexicano. Informe final, Proyecto PCECBA-021927. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México / Cons. Nal. Cienc. y Tecnol. 231 p.
- Buesa, R.J. 1960. Pesca exploratoria con nasas al sur de Camagüey, Cuba. Contrib. Centro Inv. Pasa. Bauta (Cuba) No. 11: 30 p.
- Buesa, R.J. 1962. La nasa antillana. Contrib. Centro Inv. Pasa. Bauta (Cuba) No. 15: 27 p.

- Buesa, R.J. 1965. Biology and fishing of spiny lobster Panulirus argus (Latreille). Págs. 62-77 In: A.S. Bogdanov (ed.) Soviet-Cuban Fishery Research. Translated from Russian by Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1969 (TT69-59016).
- Buesa, R.J. 1970. Migraciones de la langosta (Panulirus argus). Mar Pesca (Cuba) 60: 22-27.
- Caddy, J.F. 1986. Modelling stock-recruitment processes in Crustaceans: some practical and theoretical perspectives. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2330-2344.
- Caddy, J.F. 1990. Population dynamics, stock assessment, and management --Opportunities for future research: a personal overview. The Lobster Newsletter 3 (2): 9-11.
- Calinski, M. 1981. Artificial reefs as strategic nursery ground. Págs. 209-210 In: Artificial reefs: Proceedings of a Conference held September 13-15, 1979, Daytona Beach, Fla.
- Campbell, A. 1989. The lobster fishery of southwestern Nova Scotia and the Bay of Fundy. Págs. 141-158 In: J.F. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management, Wiley Interscience, Nueva York.
- Campbell, A. y R.H. Mohn. 1983. Definition of American lobster stocks for the Canadian Maritimes by analysis of fishery-landing trends. Trans. Am. Fish. Soc. 112: 744-759.
- Carranza, J. 1959. Pesca y recursos pesqueros: langosta. Págs. 191-197 In: E. Beltrán (ed.) Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Parte II. Tomo I. Cap. V. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C., México, D.F.
- Cobb, J.S. 1971. The shelter-related behavior of the American lobster, Homarus americanus. Ecology 52: 106-115.
- Cobb, J.S. y J.F. Caddy. 1989. The population biology of decapods. Págs. 327-374 In: J.F. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management. Wiley Interscience, Nueva York.
- Conan, B.V. 1986. Summary of Session 5: Recruitment enhancement. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2384-2388.

- Cruz, R., R. Brito, E. Díaz y R. Lalana. 1986a. Ecología de la langosta (Panulirus argus) al SE de la Isla de la Juventud. I. - Colonización de arrecifes artificiales. Rev. Inv. Mar. (Cuba) 7 (3): 3-17.
- Cruz, R., R. Brito, E. Díaz y R. Lalana. 1986b. Ecología de la langosta (Panulirus argus) al SE de la Isla de la Juventud. II. Patrones de movimiento. Rev. Inv. Mar. (Cuba) 7 (3): 19-35.
- Cruz, R., J.A. Baire, E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco y C. Carrodegas. 1987. Atlas biológico-pesquero de la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba. 125 p.
- Chittleborough, R.G. 1968. Can we culture marine crayfish? Fish. Industr. News Serv. N. Aust. 1 (3): 14-17.
- Chittleborough, R.G. 1970. Studies on recruitment in the Western Australian rock lobster, Panulirus longipes cygnus George: Density and natural mortality of juveniles. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 21: 131-148.
- Chittleborough, R.G. 1974. Development of a tag for the western rock lobster. CSIRO (Australia) Div. Fish. Oceanogr. Rep. 56: 19 p.
- Chittleborough, R.G. 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobsters, Panulirus longipes (Milne-Edwards). Aust. J. Mar. Freshw. Res. 24: 177-196.
- Davis, G.E. 1974. Notes on the status of spiny lobsters, Panulirus argus, at Dry Tortugas, Florida. Págs. 22-32 In: W. Seaman y D.Y. Aska (eds.) Conference Proceedings: research and information needs of the Florida spiny lobster fishery. State Univ. Syst. Fla. Sea Grant Rep. SUSF-66-74-201, Gainesville, Fla.
- Davis, G.E. 1975. Minimum size of mature spiny lobsters, Panulirus argus, at Dry Tortugas, Florida. Trans. Am. Fish. Soc. 104: 675.
- Davis, G.E. 1977. Effects of recreational harvest on a spiny lobster, Panulirus argus, population. Bull. Mar. Sci. 27: 233-236.
- Davis, G.E. 1978. Management recommendations for juvenile spiny lobsters, Panulirus argus, in Biscayne National Monument, Florida. South Florida Research Center Rep. M-530: 32 p.

- Davis, G.E. 1985. Artificial structures to mitigate marina construction impacts on spiny lobster, Panulirus argus. Bull. Mar. Sci. 37: 151-156.
- DeLury, D.B. 1947. On the estimation of biological populations. Biometrics 3: 145-167.
- DeLury, D.B. 1951. On the planning of experiments for the estimation of fish populations. J. Fish. Res. Board Can. 8: 281-307.
- Deepster, A.P., N.M. Laird y D.B. Rubin. 1977. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm (with discussion). J. R. Stat. Soc. Ser. 39: 1-38.
- D'Itri, F. (ed.) 1985. Artificial reefs: marine and fresh-water applications. Lewis Publishers, Chelsea.
- Doehring D.O. y J.H. Butler. 1974. Hydrogeologic constraints on Yucatan's development. Science 186: 591-595.
- Eggleston, D.B. y R.N. Lipcius. 1992. Shelter selection by spiny lobster under variable predation risk, social conditions, and shelter size. Ecology 73 (3): 992-1011.
- Eggleston, D.B., R.N. Lipcius, D.L. Miller y L. Cobá-Cotina. 1990. Shelter scaling regulates survival of juvenile Caribbean spiny lobster Panulirus argus. Mar. Ecol. Prog. Ser. 62: 79-88.
- Eldred, B., C.R. Futch y R.M. Ingle. 1972. Studies of juvenile spiny lobsters, Panulirus argus, in Biscayne Bay, Florida. Fla. Dep. Nat. Resources Mar. Res. Lab. Spec. Sci. Rep. 35: 15 p.
- Einer, R.W. y A. Campbell. 1991. Spatial and temporal patterns in recruitment for American lobster, Homarus americanus, in the Northwestern Atlantic. Mem. Queensland Mus. 31: 349-363.
- Escobar, N.A. 1981. Geografía general del estado de Quintana Roo. Fondo de Fomento Editorial del Gobierno del Edo. de Quintana Roo. Ed. Bodoni, S.A. México, D.F.
- Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. Growth 29: 265-289.
- FAO/ UN. 1965. Report to the government of British Honduras (Belize) on various aspects of the lobster and scale fishery in coastal waters. Rep. FAO/ UNDP (TA) 2100, 11 p.

- FAD/ UN. 1968. Report to the government of British Honduras (Belize) on investigations into marine fishery management, research and development policy for spiny lobster fisheries. Rep. FAO/ UNDP (TA) 2481, 86 p.
- Farrugio, M. 1975. Observations sur deux langoustes de la Martinique: Panulirus argus et Panulirus guttatus: Premières données biométriques et étude comparée de leurs croissances relatives. Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêches Mar. 240: 11-20.
- Fogarty, M.J., M.P. Sissenwine y E.B. Cohen. 1991. Recruitment variability and the dynamics of exploited marine populations. Trends in Ecol. and Evol. 6: 241-246.
- Fonseca, M. 1990. Fecundidad de la langosta Panulirus argus (Latreille, 1804) en el norte de Quintana Roo, México. Tesis profesional, Univ. Simón Bolívar de México, 49 p.
- Fonteles-Filho, A.A. y C.T. Corrêa-Ivo. 1980. Migratory behaviour of the spiny lobster Panulirus argus (Latreille) off Ceará State, Brazil. Arg. Ciênc. Mar. 20 (1-2): 25-32.
- Ford, R.F., B.F. Phillips y L.M. Joll. 1988. Experimental manipulation of population density and its effects on growth and mortality of juvenile western rock lobsters, Panulirus cygnus George. Fish. Bull. 86: 773-787.
- Fuentes, D. 1988a. Investigaciones pesqueras de la langosta en el Caribe mexicano. Págs. 441-462 In: Los Recursos Pesqueros del País. Secretaría de Pesca, México, D.F.
- Fuentes, D. 1988b. Avances de un análisis comparativo de la pesca de langosta con trampas y por buceo en el Caribe mexicano. Bol. Comité Téc. Consult. Prog. Langosta Golfo de Méx. y Caribe. BEPECA/ UNAM, No. 1: 9-11.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adecuarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Inst. Geografía Univ. Nal. Autón. México. Offset Larios, México, D.F.
- Góngora, S. 1988. Comercialización e industrialización de la langosta del Caribe. Com. Téc. Consult. Prog. Langosta Golfo de Méx. y Caribe. Bol. Inform. 1: 25-27.

- González, G., A. Herrera, E. Díaz, R. Brito, G. Gotera y C. Arrinda. 1990. Bioecología y conducta de la langosta (Panulirus argus, Lat.) en las zonas profundas del borde de la plataforma en la región suroccidental de Cuba. (Resumen). International Workshop on lobster ecology and fisheries, La Habana, Cuba, Junio 12-16, 1990.
- González-Cano, J. 1991a. Evaluación y opciones de manejo en la pesquería de langosta del Caribe mexicano. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Publ. Técn. 1: 23-32.
- González-Cano, J. 1991b. Migration and refuge in the assessment and management of the spiny lobster Panulirus argus in the Mexican Caribbean. Ph. D. Thesis, Imperial College, University of London. 448 p.
- Gracia, A. 1991. Spawning stock-recruitment relationships of white shrimp in the southwestern Gulf of Mexico. Trans. Am. Fish. Soc. 120: 519-527.
- Gregory, D.R. y R.F. Labisky. 1986. Movements of the spiny lobster Panulirus argus in south Florida. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2228-2234.
- Grove, R.S. y C.J. Sonu. 1985. Fishing reef planning in Japan. Págs. 187-251 In: F. D'Itri (ed.) Artificial reefs: Marine and freshwater applications. Lewis Publishers, Chelsea.
- Gulland, J.A. 1977. Metas y objetivos de la ordenación pesquera. FAO Doc. Técn. Pesca 166: 1-14.
- Gulland, J.A. y J.E. Carroz. 1968. Management of fishery resources. Adv. Mar. Biol. 6: 1-71.
- Hancock, D.A. 1980. Management: introduction. Págs. 181-188 In: J.S. Cobb y B.F. Phillips (eds.) The biology and management of lobsters, Vol. 2. Academic Press, Nueva York.
- Heatwole, D.W., J.H. Hunt y F.S. Kennedy, Jr. 1988. Catch efficiencies of live lobster decoys and other attractants in the Florida spiny lobster fishery. Fla. Mar. Res. Publ. 44, 15 p.
- Hepper, B.T. 1966. Measurement of carapace length and total length in the crawfish, Palinurus vulgaris, J. Cons. Para. Int. Explor. Mar 30 (3): 316-323.

- Herrnkind, W.F. y M. Butler IV. 1986. Factors regulating postlarval settlement and juvenile microhabitat use by spiny lobsters Panulirus argus. Mar. Ecol. Prog. Ser. 34: 23-30.
- Herrnkind, W.F. y R.N. Lipcius. 1989. Habitat use and population biology of Bahamian spiny lobster. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 39: 265-278.
- Hoel, P.G. 1976. Elementary statistics. John Wiley & Sons, Nueva York. 361 p.
- Hunt, J.H. y W.G. Lyons. 1986. Factors affecting growth and maturation of spiny lobsters, Panulirus argus, in the Florida Keys. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2243-2247.
- Hunt, J.H., T.R. Matthews, D. Forcucci, B.S. Medin y R.D. Bertelsen. 1991. Management implications of trends in the population dynamics of the Caribbean spiny lobster, Panulirus argus, at Looe Key National Marine Sanctuary. Final Report, NOAA Office of Ocean and Coastal Resource Management, Sanctuary Program Division, Contract SO-DONC-6-00023, 81 p.
- Ingle, R.M. y R. Witham. 1968. Biological considerations on spiny lobster culture. Fla. Board Conserv. Mar. Res. Lab. Techn. Contrib. 123: 4 p.
- Johnson, M.W. y E. Brinton. 1963. Biological species, water masses, and currents. Págs. 381-414 In: The Seal Ideas and observations on progress in the study of the seas, Vol. 2. Interscience Publ., Londres.
- Jones, R. 1977. Tagging: theoretical methods and practical difficulties. Págs. 46-66 In: J.A. Gulland (ed.) Fish Population Dynamics. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Jordán, E. 1988. Estudio regional de los arrecifes coralinos del Mar Caribe mexicanos su potencial de uso. Informe Final, Proyecto PCCNA-021928, Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México / Consejo Nal. Cienc. y Tecnol.
- Jordán, E. y E. Martín. 1987. Chinchorros: Morphology and composition of a Caribbean atoll. Atoll Res. Bull. 310: 34 p.
- Jordán, E., E. Martín, M. Sánchez y A. González de la Parra. The Sian ka'an Biosphere Reserve coral reef system. Atoll Res. Bull. (En prensa).

- Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). Págs. 59-96 In: J.S. Cobb y B.F. Phillips (eds.) The biology and management of lobsters, Vol. 2. Academic Press, Nueva York.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind. 1976. Autumnal reproduction in Panulirus argus at Bimini, Bahamas. Bull. Mar. Sci. 26: 417-432.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind. 1978. Mass migration of spiny lobsters, Panulirus argus (Crustacea: Palinuridae): Behavior and environmental correlates. Bull. Mar. Sci. 28: 601-623.
- Kensler, C.B. 1967. Notes on the rearing of juvenile spiny lobster Janus edwardsii (Hutton) (Crustacea: Decapoda: Palinuridae). N. Z. J. Mar. Freshw. Res. 1: 71-75.
- Ketchen, K.S. 1953. The use of catch-effort and tagging data in estimating a flatfish population. J. Fish. Res. Board Can. 10: 459-465.
- Kittaka, J. 1988. Culture of the palinurid Janus islandii from egg stage to puerulus. Nippon Suisan Gakkaishi 54 (1): 87-93.
- Kittaka, J. y K. Kimura. 1989. Culture of the Japanese spiny lobster Panulirus japonicus from egg to juvenile stage. Nippon Suisan Gakkaishi 55 (6): 963-970.
- Laird, N.M., N. Lange y D. Straw. 1987. Maximum likelihood computations with repeated measures: Application of the EM algorithm. J. Am. Stat. Assoc. 82: 97-105.
- Larkin, P.A. 1977. An epitaph for the concept of Maximum Sustained Yield. Trans. Am. Fish. Soc. 106 (1): 1-11.
- Larkin, P.A. 1978. Fisheries management -- an essay for ecologists. Ann. Rev. Ecol. Syst. 9: 57-73.
- Leslie, P.H. y D.H.S. Davis. 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. J. Anim. Ecol. 8: 94-113.
- Lesser, H. 1991. Desarrollo y administración actual de la pesquería de langostas en Quintana Roo. In: P. Briones-Pourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Publ. Técn. 1: 11-14.
- Lewin, R. 1986. Supply-side ecology. Science 234: 25-27.

- Lewis, J.B. 1951. The phyllosoma larvae of the spiny lobster Panulirus argus. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 1 (1): 89-103.
- Lewis, J.B., H.B. Moore y W. Babis. 1952. The postlarval stages of the spiny lobster Panulirus argus. Bull. Mar. Sci. Gulf Caribb. 2: 324-337.
- Lindberg, R.G. 1955. Growth, population dynamics, and field behavior in the spiny lobster Panulirus interruptus. Univ. Calif. Publ. Zool. 59: 157-248.
- Lipcius, R.N. 1985. Size-dependent reproduction and molting in spiny lobsters and other long-lived decapods. Págs. 129-148 In: A. Wanner (ed.) Crustacean issues, Vol. 3, Crustacean growth: Factors in adult growth, Balkema Press, Rotterdam.
- Lipcius, R.N. y D.B. Eggleston. Experimental enhancement of Caribbean spiny lobster with artificial reefs. Mar. Ecol. Progr. Ser. (En prensa).
- Lipcius, R.N., M.L. Edwards, W.F. Herrnkind y S.A. Waterman. 1983. In situ mating behavior of the spiny lobster Panulirus argus. J. Crustacean Biol. 3(2): 217-222.
- Little, E.J. 1972. Tagging of spiny lobsters (Panulirus argus) in the Florida Keys, 1967-1969. Fla. Dept. Nat. Resources Spec. Sci. Rep. 31: 28 p.
- Lockwood, A.P.M. 1967. Aspects of the Physiology of Crustacea. Aberdeen Univ. Press, Aberdeen. 328 p.
- Lozano-Alvarez, E. 1991. Consideraciones sobre el manejo de la pesquería de langosta Panulirus argus en la Bahía de la Ascensión, Quintana Roo. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Publ. Técn. 1: 33-41.
- Lozano-Alvarez, E. 1992. Juvenile spiny lobster enhancement in Bahía de la Ascensión, Sian ka'an Biosphere Reserve, G.R., México. Project interim report, June 1992, World Wildlife Fund-Asociación de Amigos de Sian ka'an / Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México. 8 p.
- Lozano-Alvarez, E. Análisis del estado de la pesquería de la langosta Panulirus argus en el Caribe Mexicano. In: A. Yáñez-Arancibia (ed.) Recursos faunísticos litorales de la Península de Yucatán. EPOMEY- Univ. Auton. Campeche, Serie Científica (En prensa).

- Lozano-Alvarez, E. y F. Negrete-Soto. Pesca exploratoria de la langosta Panulirus argus con nasas frente a la Bahía de la Ascensión en el Caribe mexicano. In: J.A. Baisre (ed.) Proceedings of the International Workshop on Lobster Ecology and Fisheries. La Habana, Cuba. Junio 1990. (En prensa).
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y C.B. Kensler. 1981. Análisis de las posibilidades de cultivar langostas (Crustacea, Palinuridae) en México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 8 (1): 69-78.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y F. Negrete-Soto. Assessment of concrete block structures as shelters for small juveniles of the spiny lobster Panulirus argus in Mexico. Bull. Mar. Sci. (sometido).
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y B.F. Phillips. 1989. The spiny lobster fishery in Bahía de la Ascensión, Quintana Roo, México. Págs. 379-391 In: E.A. Chávez (ed.) Proceedings of the Workshop Australia-México on Marine Sciences, June 1987. Centro de Investigación y Estudios Avanzados- Mérida, Inst. Politécn. Nal., México.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y B.F. Phillips. 1991a. Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster Panulirus argus in Bahía de la Ascensión, México. Fish. Bull. 89: 79-89.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y J. González-Cano. 1991b. Pesca exploratoria de langostas con nasas en la plataforma continental del Área de Puerto Morelos, Q.R., México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México 18 (1): 49-58.
- Lozano, E., P. Briones, L. Santarelli y A. Gracia. 1982. Densidad poblacional de Panulirus gracilis Streets y P. inflatus (Bouvier) (Crustacea: Palinuridae) en dos áreas cercanas a Zihuatanejo, Gro., México. Ciencia Pesquera. Inst. Nal. Pesca. Scia Pesca México 3: 61-73.
- Lyons, W.G. 1981. Possible sources of Florida's spiny lobster population. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 33: 253-266.
- Lyons, W.G., D.G. Barber, S.M. Foster, F.S. Kennedy Jr. y G.R. Milano. 1981. The spiny lobster, Panulirus argus, in the middle and upper Florida Keys: population structure, seasonal dynamics, and reproduction. Fla. Mar. Res. Publ. 38: 38 p.

- Marx, J. y W.F. Herrnkind. 1985. Macroalgae (Rhodophyta: Laurencia spp.) as habitat for young juvenile spiny lobsters, Panulirus argus. Bull. Mar. Sci. 37: 1-23.
- Marx, J. 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.
- Medina, H. 1982. México en la Pesca, 1939-1974. Editorial HWW, México, D.F. 381 p.
- Merino, M. y L. Otero. 1991. Atlas ambiental costero de Puerto Morelos, Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 p.
- Miller, D.L. 1982a. Mexico's Caribbean Fishery: Recent change and current issues. Ph. D. Thesis. The University of Wisconsin-Milwaukee.
- Miller, D.L. 1982b. Construction of shallow water habitat to increase lobster production in Mexico. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 34: 168-179.
- Miller, R.J. 1989. Traps as a survey tool for animal density. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 39: 331-339.
- Morgan, G.R. 1974a. Aspects of the population dynamics of the Western rock lobster, Panulirus cygnus George. I.- Estimation of population density. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 25: 235-248.
- Morgan, G.R. 1974b. Aspects of the population dynamics of the Western rock lobster, Panulirus cygnus George. II.- Seasonal changes in the catchability coefficient. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 25: 249-259.
- Morgan, G.R., B.F. Phillips y L.M. Joll. 1982. Stock and recruitment relationships in Panulirus cygnus, the commercial rock (spiny) lobster of Western Australia. Fish. Bull. 80 (3): 475-486.
- Munro, J.L. 1974. The biology, ecology, exploitation and management of Caribbean reef fishes. Part V.1.- The biology, ecology and bionomics of Caribbean reef fishes: Crustaceans (spiny lobsters and crabs). Zool. Dep. Univ. West Indies, Res. Rep. 3, 57 p.
- Negrete, F. 1988. Aspectos poblacionales de la langosta Panulirus guttatus en el arrecife de Puerto Morelos, Q. Roo. tesis Prof., Fac. de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 63 p.

- Olmsted, I y R. Durán. 1990. Vegetación de Sian ka'an. Págs. 1-11 In: D. Navarro y J.G. Robinson (eds.) Diversidad biológica en la Reserva de la Biosfera Sian ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México.
- Olmsted, I y M.J. Ercilla. 1988. Historia natural de las palmas "chit" y "nacax" en Quintana Roo. Serie Cuadernos de Sian ka'an No. 2, Asociación de Amigos de Sian ka'an, Cancún: 28 p.
- Olsen, D.A. e I.G. Kobic. 1975. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobster, Panulirus argus, of St. John, U.S.V.I. II. Growth and mortality. Nat. Hist. Mus. Los Angeles Cty. Sci. Bull. 20: 17-22.
- Palmer, M.J. 1986. Calibration of noisy scrub birds with repeated measurements. CS, RD (Australia) Div. Math. Stat. Consult. Rep. WA(C) 86/3.
- Palmer, M.J., B.F. Phillips y G.T. Smith. Application of random coefficient models to capture-recapture data. Bionetrics (En prensa).
- Paterson, N.F. 1969. The moulting frequency in captive adult Cape rock lobster, Jasus lalandii (H. Milne-Edwards). S. Afr. J. Sci. 65 (3): 72-74.
- Peacock, N.A. 1974. A study of the spiny lobster fishery of Antigua and Barbuda. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 26: 117-130.
- Penn, J.W., N.G. Hall y N. Caputi. 1989. Resource assessment and management perspectives of the Penaeid prawn fisheries of Western Australia. Págs. 115-140 In: J.F. Caddy (ed.) Marine invertebrate fisheries: their assessment and management, Wiley Interscience, Nueva York.
- Phillips, B.F. 1985. Aquaculture potential for rock lobsters in Australia. Aust. Fisheries 46 (6): 2-7.
- Phillips, B.F. 1986. Prediction of commercial catches of the western rock lobster Panulirus cyanus. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 2126-2130.
- Phillips, B.F. y R. Brown. 1989. Management of the West Australian rock lobster fishery. Págs. 405-423 In: E.A. Chávez (ed.) Proceedings of the Workshop Australia-México on Marine Sciences, June 1987. Centro de Investigación y Estudios Avanzados- Mérida, Inst. Politécn. Nal., México.

- Phillips, B.F. y D.L. MacMillan. 1987. Antennal receptors in puerulus and postpuerulus stages of the rock lobster *Panulirus cyanus* (Decapoda: Palinuridae) and their potential role in puerulus navigation. J. Crustacean Biol. 7 (1): 122-135.
- Phillips, B.F., J.S. Cobb y R.W. George. 1980. General biology. Págs. 1-82 In: J.S. Cobb y B.F. Phillips (eds.) The biology and management of lobsters. Vol. 1. Academic Press, Nueva York.
- Phillips, B.F., A.F. Pearce y R.T. Litchfield. 1991. The Leeuwin current and larval recruitment to the rock (spiny) lobster fishery off Western Australia. J. Roy. Soc. West. Australia 74: 93-100.
- Provenzano, A.J. 1968. Recent experiments on the laboratory rearing of tropical lobster larvae. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 21: 152-157.
- Ramos, R. 1974. El recalón de Contoy. Inst. Nal. Pesca. Depto. Pesca, Est. biol. Pesq. Isla Mujeres, Bol. Inf. 1: 1-17.
- Ramos, R. 1976a. Desarrollo pesquero del estado de Quintana Roo. Memorias de la Reunión sobre los recursos de pesca costera de México. Veracruz, México, 23-25 noviembre 1976: 1-23.
- Ramos, R., 1976b. Notas sobre la langosta marina (*Panulirus argus*) del Caribe mexicano y observaciones de su crecimiento en cautiverio. Págs. 87-98 In: Memorias del Primer Simposio Nacional de Recursos Pesqueros Masivos de México. Sría Ind. Comer., Subsec. Pesca, Inst. Nal. Pesca, México, D.F.
- Reed, N. 1971. La guerra de castas de Yucatán. Ediciones Era, México, D.F. 300 p.
- Richards, W.J. y T. Potthoff. 1981. Distribution and seasonal occurrence of larval pelagic stages of spiny lobsters (Palinuridae, *Panulirus*) in the Western Tropical Atlantic. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 33: 244-252.
- Ricker, W.E. 1978. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Board Can. 191: 382 p.
- Scarrat, D.J. 1968. An artificial reef for lobsters (*Homarus americanus*). J. Fish. Res. Board Can. 25: 2683-2690.

- Secretaría de Pesca. 1987. Pesquerías Mexicanas: Estrategias para su administración. Dir. Gral. Admín. Pesquerías, Secretaría de Pesca, México. 1061 p.
- Secretaría de Pesca. 1989. Anuario estadístico de pesca 1988. Dir. Gral. Informat. Estadíst. y Document., Sria Pesca, México. 350 p.
- Seijo, J.C. y D. Fuentes. 1989. The spiny lobster fishery of Punta Allen, México. In: U. Tietze y P. Merrikin (eds.) Fisheries credit programmes and revolving loan funds: case studies. FAO Fish. Tech. Pap. 312: 89-100.
- Seijo, J.C., S. Salas, P. Arceo y 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.
- Sheehy, D.J. 1976. Utilization of artificial shelters by the American lobster (Homarus americanus). J. Fish. Res. Board Can. 33: 1615-1622.
- Sokal, R.R. y F.J. Rohlf. 1981. Biometry. W.H. Freeman, San Francisco. 859 p.
- Solis, M.J. 1963. Ensayo de nasas para langosta en Bahía de la Ascensión, Q. Roo, México. Inst. Nal. Inv. Biol.-Pesq., Sria. Ind. Comer., Ser. Trab. Divulc. 7 (66): 17 p.
- Sosa, E. 1991. Estrategias de manejo basadas en el modelo global, y perspectivas de aplicación a la pesquería de langosta en Quintana Roo. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México Publ. Téc. 1: 15-22.
- Sosa, E. y A. Ramírez. Análisis preliminar de la pesquería de la langosta Panulirus argus en Quintana Roo, México, mediante modelos de producción. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q.R., México (manuscrito).
- Sosa, E., A. Ramírez y M. Domínguez. Evaluación de la pesquería de langosta Panulirus argus de Banco Chinchorro, Quintana Roo, México, con base en el análisis de frecuencia de tallas. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal, Q.R., México (manuscrito).
- Spanier, E. y R.K. Zimmer-Faust. 1988. Some physical properties of shelter that influence den preference in spiny lobsters. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 121: 137-149.

- Spanier, E., M. Tom, S. Pisanty y G. Almog. 1988. Seasonality and shelter selection by the slipper lobster Scyllerides latus in the southeastern Mediterranean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 42: 247-255.
- Sutcliffe, W.H. Jr. 1957. Observations on the growth rate of the immature Bermuda spiny lobster, Panulirus argus. Ecology 38: 526-529.
- Underwood, A.J. y P.G. Fairweather. 1989. Supply-side ecology and benthic marine assemblages. Trends in Ecol. and Evol. 4: 16-19.
- Von Bertalanffy, L. 1931. A quantitative theory of organic growth. Mus. Biol. 10 (2): 181-210.
- Warner, R.E., C.L. Coombs y D.R. Gregory, Jr. 1977. Biological studies of the spiny lobster, Panulirus argus (Decapoda: Palinuridae) in South Florida. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 29: 166-183.
- Williams, A.B. 1986. Lobsters --Identification, world distribution, and U.S. trade. Mar. Fish. Rev. 48 (2): 1-36.
- Witham, R., R.M. Ingle y A. Joyce. 1968. Physiological and ecological studies of Panulirus argus from the St. Lucie estuary. Fla. Bd. Conserv. Mar. Lab. Tech. Ser. 53: 31 p.
- Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 718 p.
- Zenil, L. 1991. Análisis preliminar de series de tiempo de la captura y su suavizamiento exponencial de la pesquería de la langosta Panulirus argus (Latreille 1804) en Isla Holbox, Quintana Roo, México. In: P. Briones-Fourzán (ed.) Taller regional sobre manejo de la pesquería de la langosta. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nat. Autón. México Publ. Técn. 1: 47-54.
- Zimmer-Faust, R.K. y E. Spanier. 1987. Gregariousness and sociality in spiny lobsters: implications for den habitation. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 105: 57-71.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco encarecidamente al M. en C. Juan Luis Cifuentes Lemus por la dirección de este trabajo, por su constante orientación a lo largo de mi formación académica, y por la amistad que en todo momento me ha demostrado.

El Dr. Bruce F. Phillips, del CSIRO-Division of Fisheries, Australia, y actualmente en el Australian Fisheries Management Authority, me ha brindado un constante apoyo en el desarrollo de mi carrera académica, así como una genuina amistad, por lo que le expreso mi gratitud. Igualmente, deseo hacer patente mi más sincero agradecimiento a mi compañera y colaboradora, Patricia Briones Fourzán, por su incondicional apoyo y valiosa colaboración a lo largo de todos estos años de trabajo en conjunto.

Quisiera brindar un reconocimiento a mis sinodales: Dr. Jorge Carranza, Dr. Adolfo Gracia, Dr. Eric Jordán, Dr. Alfonso V. Botello, Dr. Antonio García-Cubas, y Dra. Lourdes Segura, por la cuidadosa revisión del manuscrito y sus valiosas sugerencias y comentarios, así como por el apoyo académico y moral que todos ellos me brindaron en las diferentes fases del desarrollo de este trabajo.

La realización de este trabajo involucró una gran cantidad de labores de campo y procesamiento de datos, actividades en las que varias personas colaboraron conmigo. De entre ellas, quisiera agradecer muy especialmente al Biol. Fernando Negrete Soto, excelente colaborador y gran compañero, por su constante ayuda en los buenos y en los malos tiempos, y al Biol. Francisco Escobar de la Llata, mi amigo de muchos años, quien siempre encontró la manera de resolver los problemas logísticos que se presentaban. Asimismo, reconozco el apoyo de los estudiantes que participaron en las diversas fases del trabajo: MariCarmen Martínez, Gabriel Carrasco, Alfredo Velázquez, Juan H. García, Félix Colinas, Jorge Simonín, Edith Zárate, David Ortega, Carlos Rico, Alejandro Torres, María Eugenia Ramos, Miguel Martínez y Gerardo García, así como de la tripulación del barco "Fipesco 207", Cap. Daniel Durán, Michel Moreno y Pedro Méndez.

Mark Palmer, del CSIRO Division of Mathematics and Statistics, y Nick Caputi y Norm Hall, del Western Australian Marine Research Laboratory en North Beach, me brindaron una invaluable asesoría matemática en la parte referente a dinámica poblacional.

De manera especial, agradezco a los pescadores miembros de la Soc. Coop. Prod. Pesq. "Pescadores de Vigía Chico", S.C.L., por su camaradería y su continuo apoyo a la realización de actividades de campo, y por permitirme el acceso irrestricto a sus archivos.

Varias instituciones brindaron apoyo logístico, financiero o institucional al desarrollo del trabajo. Me permito expresar mi reconocimiento a:

El Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, y en particular la Estación "Puerto Morelos", mi base de trabajo.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo financiero al trabajo expuesto en las secciones 3 y 4.

El World Wildlife Fund-U.S. y la Asociación de Amigos de Sian ka'an, por el apoyo financiero al trabajo expuesto en las secciones 5 y 6.

La Secretaría de Pesca, por los permisos de pesca científica otorgados para la realización de las secciones 4 y 5.

Ocean Garden Inc., por brindarme la información sobre producción de langosta en diferentes Áreas de Quintana Roo.

Federación de Cooperativas de Quintana Roo, a través de la cual logré obtener información y apoyo para entender la pesquería de langostas en el estado.

Por último, expreso mi sincera gratitud a mis compañeros de la Estación "Puerto Morelos", en particular a los del Laboratorio de Crustáceos, y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron conmigo en la realización de este trabajo.