



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

M. en C. Virginia Abrín Batule
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

" HABITAT Y ABUNDANCIA DE LOS ESTADIOS JUVENILES DE LA LANGOSTA
Panulirus argus (Latreille, 1804) EN LA LAGUNA ARRECIFAL DE
PUERTO MORELOS, Q.R."

realizado por SURYA GARZA GARZA

con número de cuenta 8721895-2 , pasante de la carrera de BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

DR. ENRIQUE LOZANO ALVAREZ

Propietario

DRA. PATRICIA DOLORES BRIONES FOURZAN

Propietario

DRA. NORA ELIZABETH GALIDO MIRANDA

Suplente

BIOL. JUAN MARQUEZ LUNA

Suplente

M. en C. JORGE LUIS HERNANDEZ AGUILAR



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCIÓN ESCOLAR

Consejo Departamental de Biología
Edna M. Suarez D.

DRA. EDNA MARIA SUAREZ DIAZ



DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA 262900

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

A TODOS LOS QUE AMO.

AGRADECIMIENTOS

A la UNAM, por mi educación.

A la estación de investigación "Puerto Morelos", por hacer mi sueño realidad.

A los Doctores Enrique Lozano y Patricia Briones, por su asesoría y comprensión.

Al Maestro en Ciencias Fernando Negrete, por su asesoría, apoyo y amistad.

A mis sinodales: Dra. Nora Galindo, Biól. Juan Marquez y al M. En C. Jorge Luis Hernandez, por sus valiosos comentarios.

A Pedro, por enseñarme a amar y transmitirme toda su sensibilidad.

A Olaya, Noe y Enrique, por tanto amor.

A Daniella, por su cariño y por todo lo que vivimos.

A mis maravillosos amigos: Jorge, Andrea, Nadia, Suneeta, Eloisa, Valeria, Lourdes, Rodrigo, Iliana, Deni y Guille.

A Jaime y Erick, por su amistad y ayuda para la toma de datos.

A Yazmin, Nancy, Daniel, Roberto, Karla, Luz María y Aimee, por esos momentos inolvidables en el Caribe.

A Amauri, Eutimio, Don Felipe, Don Francisco, Don Manuel, Manuel, Margarito, Amador y a todos los trabajadores de la estación.

Gracias...

INDICE

RESUMEN

1. Introducción	1
2. Objetivos	3
3. Antecedentes	
3a. Distribución y ciclo de vida de las langostas	4
3b. Información sobre el conocimiento de puerulos hasta juveniles	7
4. Area de estudio	11
5. Materiales y métodos	
5.1. Selección y estrategia de trabajo en el área de estudio	13
5.2. Métodos de colecta para langostas	14
6. Resultados	
6.1. Descripción del área de estudio	19
6.2. Captura de langostas	20
6.2.1. Sistema de colectores	21
6.2.1.1. Abundancia	22
6.2.1.2. Frecuencia de tallas de las langostas obtenidas en colectores	24
6.2.2. Muestreos directos	26
6.2.2.1. Estructura de la población (composición y distribución de tallas)	26
6.2.3. Captura-marcaje-recaptura	29
6.2.3.1. Tiempo de residencia y movimientos	30
6.2.3.2. Crecimiento	31

7. Discusión

7.1. Características del hábitat y su relación con el reclutamiento de juveniles	32
7.2. Colectores	
7.2.1. Eficiencia	35
7.2.2. Abundancia	36
7.2.3. Estacionalidad del asentamiento	37
7.2.4. Estructura poblacional de las capturas	39
7.2.5. Distribución de talfas	40
7.2.6. Influencia de las fases lunares en el reclutamiento	40
7.3. Muestreos directos	
7.3.1. Estructura poblacional de la captura	41
7.3.2. Densidad	42
7.3.3. Estacionalidad	42
7.3.4. <i>Movimientos y residencia</i>	43
7.3.5. Crecimiento	44
8. Conclusiones	46
9. Literatura citada	49

RESUMEN

Los estadios de puerulo a juvenil postalgal fueron estudiados en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, para conocer varios aspectos ecológicos de la estructura y dinámica poblacional de la langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus*. El área de estudio fue delimitada, en 10 transectos de 10 x 100 m. La captura de puerulos, postpuerulos y juveniles algales se llevo a cabo utilizando cinco colectores de postlarvas tipo GuSi, revisados mensualmente, de mayo a diciembre de 1996, durante la fase lunar cuarto creciente. Las postlarvas fueron separadas y contadas tomando en cuenta los diferentes estadios. La muestra total del mes de junio fue conservada en laboratorio para efectuar mediciones posteriores. Los juveniles de transición y postalgales, fueron capturados por el método directo de captura-recaptura, con la ayuda de buceo autónomo, las langostas fueron capturadas con la mano y aquellas que midieron más de 25 mm longitud cefalotorácica (LC) fueron identificadas con una marca tipo espagueti. Las capturas se realizaron de marzo de 1996 a febrero de 1997, durante uno o dos días de cada mes, procurando que hubiera un período de 30 días entre una revisión y la siguiente. 364 langostas fueron capturadas, 216 en colectores y 148 de manera directa. Los colectores obtuvieron 18 puerulos (8.3%), 192 postpuerulos (88.8%) y seis juveniles algales (2.77%). El número de langostas por colector varió entre 2.7 (diciembre) y 24.0 (octubre). Estas langostas registraron una talla mínima de 5.04 mm y una máxima de 16.35 mm LC, con el mayor número de individuos entre los 6 y 7 mm LC. La relación lineal entre la LT (longitud total) y la LC se explica mediante la ecuación log. $LT = 0.8783 (\log LC) - 0.3517$; $r^2 = 0.89$. 148 langostas fueron capturadas de manera directa, de las cuales 22 fueron juveniles de transición (14.9%) y 126 juveniles postalgales (85.1%). La densidad promedio fue de 12.3 langostas por hectárea, con una fluctuación mensual de uno a 38, siendo el mes de marzo donde se registró el valor máximo de captura. La proporción machos-hembras obtenida fue de 0.83:1. Debido a las tallas pequeñas, se marcaron 86 langostas, solamente hubo nueve recapturas, lo que podría indicar una gran movilidad de los juveniles o una alta mortalidad por depredación. La tasa de crecimiento promedio estimada fue de 3.92 mm LC por mes para langostas entre 12 y 58 mm LC. Los refugios naturales como manchones de macroalgas, son importantes para la sobrevivencia de los estadios tempranos de la langosta *P. argus*, debido a que en ellos encuentran protección y alimento.

1. INTRODUCCION

Se conoce con el nombre común de langostas a los crustáceos decápodos de las familias Nephropidae, Scyllaridae, Synaxidae y Palinuridae. A esta última familia corresponden las langostas espinosas, las cuales se caracterizan por no tener quelas en los primeros pereiópodos, y por poseer en el caparazón y en las antenas espinas fuertes que le sirven de defensa. Las langostas espinosas son las más comunes en las aguas costeras de México.

Ecológicamente, los palinúridos juegan papeles importantes en los eslabones de diversas cadenas alimenticias, principalmente en el fondo marino de aguas poco profundas; son consumidores activos y selectivos de varias especies de invertebrados y son, a su vez, depredados por tiburones, rayas y diversos peces tales como los meros (Serranidae) y los pargos (Lutjanidae) entre otros (Lipcius y Cobb, 1994), así como por pulpos y cangrejos (Smith y Herrnkind, 1992). Además, son un recurso pesquero que proporciona una fuente importante de ingresos económicos para los países en donde llegan a ser abundantes.

En la laguna arrecifal de Puerto Morelos en Quintana Roo, se encuentran diferentes fases de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804), desde postlarvas hasta juveniles grandes (Briones-Fourzán, 1993). Ocasionalmente se han visto langostas adultas (B. Tussenbroek com. pers.).

* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. Estación Puerto Morelos. Apartado Postal 1152. C.P. 77500. Cancún, Q.R.

Una meta importante de la investigación en la ecología de las langostas es entender cómo el influjo de postlarvas, su asentamiento y los factores que limitan el éxito de su reclutamiento después del asentamiento, afectan o regulan las poblaciones de adultos (Childress y Herrnkind, 1994).

Esta tesis forma parte del proyecto UNAM-CONACyT: "Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino" que se lleva a cabo en la Estación "Puerto Morelos" del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, cuyo objetivo consiste en evaluar los efectos preliminares de las "casitas" (refugios artificiales para langostas) sobre la abundancia y diversos parámetros poblacionales de la langosta *P. argus*, y su posible efecto en la estructura de los pastizales marinos.

En este trabajo se estudian diversos aspectos de la ecología, estructura y dinámica poblacional, de las fases comprendidas desde puerulo hasta juvenil postalgal de la langosta espinosa *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es conocer diversos aspectos de la ecología, estructura y dinámica poblacional de las fases de puerulo a juvenil postalgal de la langosta espinosa del Caribe *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R.

Objetivos Particulares

1. Describir el hábitat y los refugios potenciales para juveniles de transición y postalgales en el área de estudio.
2. Establecer un sistema de muestreo que permita la captura de puerulos, postpuerulos y juveniles algales.
3. Capturar y marcar a los juveniles postalgales (mayores de 25 mm LC) que se encuentren en el área de estudio para conocer la abundancia, los movimientos, la residencia y, de ser posible, el crecimiento de estos juveniles.

3. ANTECEDENTES

3a. Distribución y ciclo de vida de las langostas

Las langostas de la familia Palinuridae se distribuyen extensamente alrededor del mundo; se encuentran en aguas tropicales, subtropicales y templadas en los océanos Índico, Pacífico y Atlántico (Cobb y Phillips, 1980).

En México se localizan siete especies de langostas de la familia Palinuridae: *Panulirus inflatus*, *P. gracilis*, *P. interruptus*, *P. penicillatus*, *P. guttatus*, *P. argus* y *P. laevicauda* (Gracia y Kensler, 1980). Las cuatro primeras se encuentran en las aguas del Océano Pacífico y las tres restantes en el mar Caribe y Golfo de México.

P. argus se distribuye en las costas del Caribe mexicano (Quintana Roo), a lo largo del estado de Yucatán y en las formaciones coralinas frente a los estados de Campeche, Tamaulipas y Veracruz en el Golfo de México (Briones y Lozano, 1994).

Su ciclo de vida es muy largo y complejo, con distintas fases. En el Caribe mexicano alcanzan su madurez sexual cuando la longitud del cefalotórax (LC) mide aproximadamente 80 mm (Briones y Lozano, 1992); se aparean en la plataforma marina, afuera o en la parte más profunda de los arrecifes coralinos (Kanciruk, 1980). Las hembras incuban los huevos en el abdomen durante tres semanas (Lyons *et al.*, 1981; Lipcius, 1983), al término de este período los huevecillos eclosionan y surgen las larvas, llamadas filosomas, que se integran a la comunidad planctónica. Estas larvas son transparentes y de forma aplanada,

permanecen en las masas de agua entre seis y once meses, tiempo en el cual pasan por once estadios de desarrollo (Lewis, 1951; Baisre, 1964; Lyons, 1980). Más tarde sufren una drástica metamorfosis convirtiéndose en postlarvas denominadas puerulos, que en el caso de *P. argus* son perfectamente transparentes cuando acaban de mudar, excepto por los ojos y un par de manchas rojas en el tórax.

Los puerulos tienen la capacidad de nadar de manera orientada hacia la costa ayudados por medio de un complejo sistema receptor formado por las antenas y las sedas pinadas. Aparentemente este sistema detecta vibraciones de baja amplitud tales como ondas de periodo largo asociadas a la marejada oceánica y a la gravedad superficial, así como al ruido producido por el oleaje y los arrecifes costeros que les indican la cercanía de la costa (Phillips y Macmillan, 1987).

Los puerulos regresan a la zona costera en busca de hábitats someros y un sustrato adecuado para establecerse, como pastos marinos, raíces de mangle o comunidades de algas; *P. argus* lo hace preferentemente sobre las algas rojas del género *Laurencia* (Witham et al., 1968; Phillips, 1972; Marx y Herrnkind, 1985b; Herrnkind y Butler, 1986), mientras que los puerulos de *P. cygnus*, especie que se distribuye en Australia occidental, buscan orificios pequeños que utilizan como guaridas en donde permanecen un tiempo para finalizar el desarrollo de su estructura corporal (Chittleborough, 1975).

Posteriormente, pierden su capacidad natatoria en la primera muda hacia juvenil, algunos investigadores denominan a esta etapa postpuerulo; sin embargo, este término ha causado confusión ya que ha sido utilizado para denominar a

varios estadios de juveniles tempranos (Herrnkind et al., 1994). En el presente estudio se considera postpuerulo únicamente al primer estadio de juvenil, es decir al tiempo que pasa entre la muda posterior a la postlarva y hasta la siguiente muda.

Los juveniles tienen diferente comportamiento y utilizan distintos hábitats durante su desarrollo, con base en lo cual, se ha hecho una división ecológica de los juveniles de *P. argus* en: **juveniles algales, de transición y postalgales** (Childress y Herrnkind, 1994). Los **juveniles algales** son solitarios y no tienen un comportamiento gregario. En ocasiones se encuentran varios individuos en un macizo algal, pero generalmente se localizan muy dispersos, sobre todo cuando existen grandes bancos de macizos algales (Marx y Herrnkind, 1985b). Asimismo, utilizan los manchones de macroalgas, tanto como refugio, como almacén de alimento, debido a que en ellos se encuentra una fauna abundante, principalmente de pequeños invertebrados (Herrnkind et al., 1994; Forcucci et al., 1994).

Cuando los juveniles alcanzan una talla entre 14 y 20 mm LC, se les conoce como **juveniles de transición**, los cuales siguen siendo solitarios. Sin embargo, ya no viven en los manchones de algas; ahora habitan en pequeños agujeros de solución que se localizan en el sustrato de las lagunas costeras, o en los huecos que se forman en la base de octocorales y/o esponjas (Andreé, 1981). Durante las mudas subsecuentes, los juveniles crecen y al alcanzar una talla aproximada de entre 20 y 25 mm LC, cambian sus hábitos solitarios, viviendo de

manera gregaria con otros juveniles de su misma talla o mayores, este estadio se le denomina **juvenil postalgal** (André, 1981; Negrete-Soto, 1994).

Los juveniles algales, de transición y postalgales permanecen en hábitats someros, generalmente lagunas o bahías. Algunos de estos lugares poco profundos, con gran densidad de macroalgas y pastos marinos que proveen de refugio y alimento no solamente a los juveniles de langostas, sino a otras especies de crustáceos, moluscos y peces, son conocidos como áreas de crianza.

En estas etapas, los juveniles presentan diversos patrones de movimiento y, según la especie que se trate, la fase juvenil tiene una duración de entre 1.5 y 4 años (Jernakoff, 1990; Childress y Herrnkind, 1994; Lozano et al., 1991; Forcucci et al., 1994). Los juveniles mas grandes o subadultos, entre 50 y 80 mm LC, migran a los arrecifes y viven ahí, de manera gregaria hasta convertirse en adultos (Cobb y Phillips, 1980; Herrnkind, 1980).

3b. Información sobre el conocimiento de puerulos hasta juveniles

Los puerulos de las langostas espinosas nadan hacia la costa a una velocidad de entre 7.8 y 9.3 cm por segundo (Calinsky y Lyons, 1983) y son capaces de detectar y evadir fácilmente las redes tradicionales de plancton (Phillips, 1972). Por lo que, las recolectas de puerulos en redes son relativamente escasas. Sin embargo, su estudio cobró importancia desde que se utilizó un método de captura eficiente (Phillips, 1972), que se basó en diseñar colectores tanto de superficie como de fondo que imitan el hábitat en donde los puerulos se asientan naturalmente, como lo son los manchones de algas y los pequeños

huecos en el fondo (Witham *et al.*, 1968; Phillips, 1972; Booth, 1979; Booth *et al.*..., 1991; Gutiérrez *et al.*, 1992; Herrnkind y Butler, 1994; Phillips y Booth, 1994).

Las investigaciones sobre el reclutamiento de las postlarvas en el Caribe mexicano se iniciaron en 1983, con el análisis de la abundancia de estos organismos en el zooplancton tomadas de aguas costeras de la zona de Puerto Morelos, Q.R. (Briones-Fourzán, 1993).

Posteriormente en 1986, se incorporaron al estudio de los puerulos los colectores de superficie tipo GuSi (Gutiérrez *et al.*, 1992), que en comparación con otros colectores obtuvieron mejores resultados (Phillips y Booth, 1994).

Los postpuerulos de *P. cygnus* han sido estudiados por Jernakoff (1990); este trabajo abarcó desde el hábitat preferencial de los postpuerulos en su medio natural hasta algunos patrones del comportamiento.

Los hábitats de juveniles algales de *P. argus*, han sido descritos por Andreé (1981), Marx (1986) y Herrnkind y Butler (1986). Pero pocos son los trabajos que se han obtenido de observaciones directas en el campo.

De juveniles de transición y postalgales, se han realizado diversos estudios: Andreé (1981) examinó la actividad locomotora, búsqueda de alimento y alimentación en el campo, así como algunos patrones de actividad en el laboratorio. Marx y Herrnkind (1985a) estudiaron algunos patrones de actividad de los juveniles de langostas como habitantes de las algas. Herrnkind y Butler (1986) escribieron sobre los factores físicos y biológicos que afectan la selección del microhábitat en el asentamiento de puerulos y refugios para juveniles. Childress y Herrnkind (1994) realizaron experimentos tanto en el laboratorio como en el campo para evaluar el ciclo de vida y las condiciones del medio que determinan el

cambio del comportamiento de los juveniles, de solitarios a juveniles gregarios. Forcucci et al., (1994) aportaron información sobre los juveniles de langostas en condiciones naturales y describieron el crecimiento y la dinámica poblacional de estos juveniles; ellos encontraron que los juveniles de transición y postalgaes son más fáciles de observar en el campo que los juveniles algaes; principalmente por su mayor tamaño, cambio de hábitat y por el cambio a un comportamiento gregario.

En el Caribe mexicano se han realizado pocos trabajos con los primeros estadios juveniles: Simonín (datos no publicados), llevó a cabo algunas observaciones sobre el reclutamiento, crecimiento y hábitos de puerulos y primeros estadios juveniles, en condiciones seminaturales en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. Además de Negrete-Soto (1994), quien realizó un estudio acerca del crecimiento y la sobrevivencia de estos animales en cautiverio.

En el hábitat arrecifal y en la plataforma continental frente a Puerto Morelos, no existe una pesca significativa de langostas (Padilla-Ramos y Briones-Fourzán, 1997), probablemente porque la laguna arrecifal no reúne las características para ser un criadero natural de langostas. Esto significa que puede haber escasez de refugios, alimento y gran cantidad de depredadores. Sin embargo, se han obtenido índices de reclutamiento de puerulos considerablemente mayores a los encontrados en Bahía de la Ascensión -localizada en la parte media del Estado de Quintana Roo-(Briones-Fourzán, 1994), que se distingue por ser un área de crianza y crecimiento, en donde sí existe una pesquería importante de subadultos de *P. argus* (Lozano-Alvarez et al., 1991).

Esta diferencia en la magnitud del asentamiento de postlarvas, hace que surgan preguntas acerca de cuáles serían los factores que limitan o determinan el éxito de las poblaciones de juveniles y marcan el camino hacia nuevas investigaciones, sobre todo de los estadios posteriores al asentamiento, es decir, de los primeros estadios juveniles.

4. AREA DE ESTUDIO

La laguna arrecifal de Puerto Morelos, se localiza en la parte nororiental de la Península de Yucatán, en el extremo norte del estado de Quintana Roo, en los 20° 51' N y 86° 55' W (Fig.1).

Durante la mayor parte del tiempo, la zona se encuentra bajo la influencia de las masas de aire marítimo tropical transportadas por los vientos alisios provenientes del mar Caribe. En invierno, las masas de aire continental polar que descienden por Norteamérica, cruzan el Golfo de México y penetran a la Península. Estos movimientos comúnmente llamados "nortes", aunque llegan a Quintana Roo bastante modificados, influyen significativamente sobre la meteorología de la Península (Merino y Otero, 1991). Los huracanes y tormentas tropicales son también de gran importancia para la zona costera de esta región, se presentan en el verano y otoño, de junio a noviembre, con mayor frecuencia en el mes de septiembre (Gentry, 1971; Merino y Otero, 1991).

En Quintana Roo se presentan diversas variantes del clima cálido subhúmedo (tipo de Aw de Köppen, García 1964), siendo el mas común el Aw1 (x')(i)g, con lluvias principalmente en verano.

La zona costera presenta una barrera arrecifal (Jordán, 1980), que se encuentra a una distancia de la costa entre 350 y 1600 m; el perfil arrecifal está dividido en cuatro zonas principales: la zona lagunar, la zona posterior, la zona rompiente y la zona frontal (Jordán, 1979).

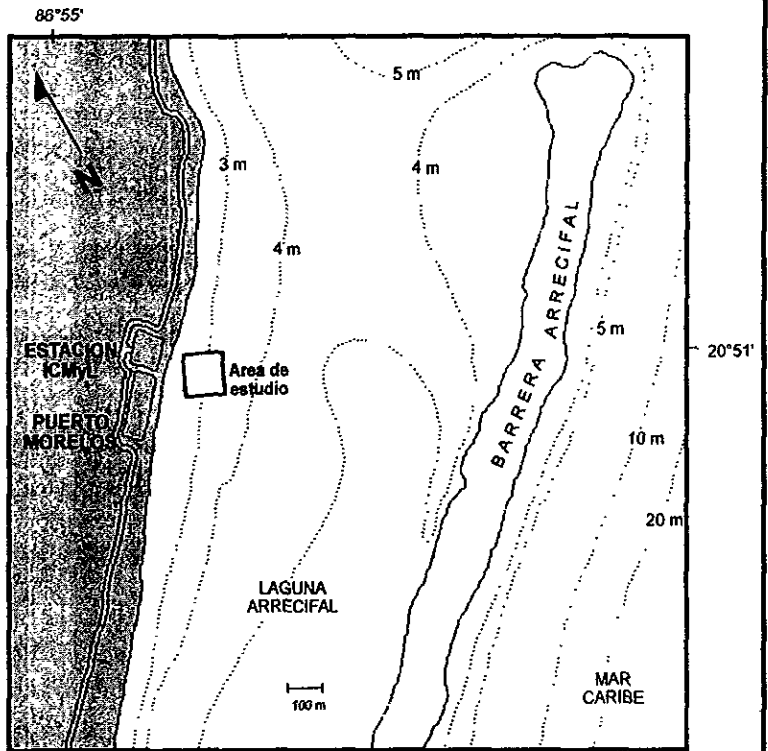
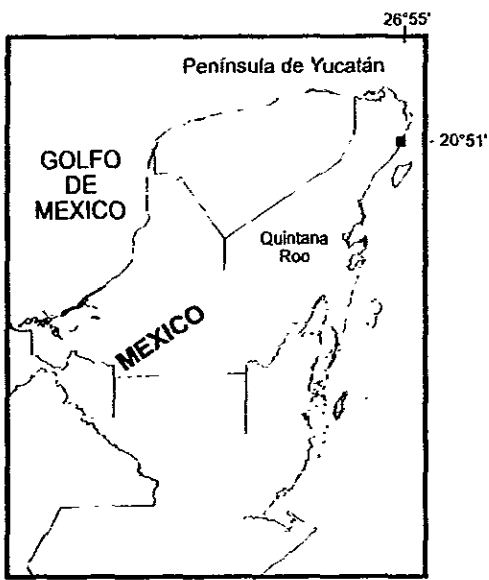


Fig. 1. Localización del área de estudio. Laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

La laguna arrecifal tiene una profundidad media de 3 m y la máxima de 8 m. La temperatura del agua de superficie varía entre 24.75 y 32.85°C, con una media de 27.74°C. La salinidad fluctúa entre 34.34 ppm y 36.82 ppm, con un valor medio de 35.72 ppm (Merino y Otero, 1991).

El fondo de la laguna es arenoso cubierto por densas comunidades de pastizales marinos dominados por *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, con parches ocasionales de *Halodule wrightii* y macroalgas calcáreas principalmente de los géneros *Halimeda*, *Penicillus* y *Udotea*, algas esponjosas y algas flotantes además de manchones de coral blando (Reyes-Zavala, 1998).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1. Selección y estrategia de trabajo en el área de estudio

Para seleccionar el área de estudio se realizaron recorridos con buceo libre y autónomo (SCUBA) por la laguna arrecifal frente a la Estación "Puerto Morelos" (EPM) del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM, se escogió un área específica de una hectárea (100 x 100 m) tomando en cuenta, además de su cercanía con la EPM, su heterogeneidad ambiental y abundancia relativa de langostas en estadio juvenil. La hectárea se encuentra a 50 m de la costa, dentro de la laguna arrecifal (Fig. 1).

El área fue delimitada en los extremos con cuatro boyas fijadas cada una por un peso "muerto", los cuales se unieron con una piola de multifilamento (calibre 18) formando un cuadro, después se tiraron nueve líneas orientadas del oeste al este cada 10 m que se unieron a la línea principal por los extremos, formando transectos de 10 por 100 m que facilitaron la revisión y descripción. La profundidad del área delimitada es de uno a tres metros.

Para llevar a cabo la descripción del área de estudio se revisó cada uno de los transectos con equipo de buceo autónomo (SCUBA) identificándose las especies de pastos marinos, algas, corales, esponjas así como los refugios naturales potenciales (ejem: oquedades calcáreas) y posibles refugios artificiales (ejem: bloques de concreto, tubos de plástico y otros) que se encontraban dentro de la hectárea.

Por otro lado, para conocer la densidad relativa de la vegetación marina dentro de la hectárea se muestrearon 16 estaciones escogidas en forma aleatoria. En cada una se efectuaron siete réplicas de muestreo; esto se llevo a cabo con la ayuda de un cuadrante (alambre forrado de plástico) de 20 x 10 cm dividido en cuatro partes de 10 x 5 cm. Para los fines de este trabajo solamente se tomaron en cuenta las especies de pastos marinos *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme* por ser las mas abundantes.

En cada cuadrante se contaron todos los grupos foliares de *T. testudinum*, estos grupos foliares son mas anchos y grandes comparados con los de *S. filiforme* que son muy delgados y abundantes, por ello de estos últimos solamente se contaron los grupos foliares que se encontraron en una de las divisiones de 10 x 5 cm del cuadrante.

5. 2. Métodos de colecta para langostas

a) Colectores colocados cerca del fondo

Para conocer el asentamiento de puerulos y, de manera indirecta, la abundancia de juveniles algales dentro de la laguna arrecifal, se emplearon cinco colectores artificiales colocados en línea para facilitar su ubicación y muestreo, a 50 cm del fondo, a 800 m de la barrera arrecifal y a 125 m de la costa dentro de la hectárea de estudio, cabe mencionar que se colocaron cerca de la costa y del fondo para determinar si eran utilizados como refugio por los juveniles algales y precisar su eficiencia como método de colecta para los primeros estadios. Los colectores son del tipo GuSi (Gutiérrez et al., 1992) que se han utilizado con éxito

en estudios anteriores de reclutamiento de postlarvas de la langosta en el Caribe mexicano (Briones-Fourzán, 1994). El colector GuSi consiste en una cubeta de plástico de 35 cm de alto por 30 cm de diámetro, que lleva cosidos en su parte externa mechones de fibra sintética denominada filástica. Estos mechones están arreglados de manera alternada, formando una maraña de fibras que simula algunas agrupaciones de algas que crecen en la región. De esta manera el tejido de fibras permite que los puerulos, que son atraídos hacia el colector encuentren protección, además de que se alimentan de otros invertebrados que también habitan en el colector. El colector esta sujeto a un peso "muerto" con el fin de que permanezca anclado, lleva también en la parte interior un disco de poliuretano de 2.5 cm de grosor que le permite flotar de manera vertical (Gutiérrez *et al.*, 1992).

La revisión de los colectores se llevó a cabo una vez al mes a partir de mayo de 1996 y hasta diciembre del mismo año. La revisión se hizo lo más cerca posible a la fase lunar cuarto creciente, debido a que en estudios anteriores se ha reportado que los mayores índices de asentamientos de postlarvas ocurren en las fases oscuras de la luna (Witham *et al.*, 1968; Briones-Fourzán, 1993).

Para llegar al sitio donde se encontraban los colectores se utilizó una embarcación tipo tiburonera de 25 pies de eslora con motor fuera de borda de 55 h.p.; después de localizar a cada colector, fueron cubiertos con una red (malla de 0.5 mm), para evitar el escape de los organismos colectados, después el colector se separó del peso "muerto" y fue levantado hasta la embarcación. Una vez en la embarcación, el colector fue agitado vigorosa y repetidamente dentro de una tina circular. La captura así obtenida se pasó por un tamiz (malla de 0.5 mm) y los puerulos y pequeños juveniles se separaron, contaron y fueron liberados lejos de

los colectores pero en la misma área de estudio, para evitar que pudieran regresar a ellos, de tal manera que no afectaran muestreos subsecuentes. Solamente se conservó la muestra total del mes de junio ($n=34$) para efectuar mediciones en laboratorio. Esta muestra se complementó con langostas de otros muestreos, pero de la misma laguna arrecifal, hasta tener un número de 64 ejemplares. La muestra se analizó para conocer la distribución por tallas de las langostas capturadas en los colectores. A 50 individuos se les midió la longitud total (LT), tomada desde la base de las antenas hasta el extremo posterior del telson, y la longitud del cefalotórax (LC) medida desde la escotadura interorbital hasta el extremo posterior del cefalotórax. La LT se midió con una regla graduada en mm y la LC con la ayuda de un microscopio estereoscópico con ocular provisto de una reglilla graduada. 14 individuos no se pudieron medir debido a que la cola se perdió o se rompió durante el manejo y traslado al laboratorio. Para conocer la relación entre estas longitudes se utilizó un método de regresión lineal simple (Zar, 1984).

Por otro lado, con la captura mensual se estimó un índice de abundancia obteniendo un promedio de captura por colector.

La temperatura del agua de la zona estudiada se midió diariamente durante los meses de muestreo con un termómetro de varilla, colocándolo aproximadamente 20 cm bajo la superficie, obteniendo con esto un promedio mensual.

b) Muestreos directos

Con el fin de obtener algunos parámetros de la estructura poblacional, tales como, la densidad, los movimientos, el tiempo de residencia y el crecimiento de las langostas juveniles se empleó el método de captura-marcaje-recaptura.

De marzo de 1996 a febrero de 1997 se efectuaron las capturas durante uno o dos días de cada mes de la manera más sistemática posible, procurando que hubiera un periodo de 30 días entre una revisión y la siguiente. En cada ocasión, se trató de capturar a todos los juveniles que se encontraron dentro de la hectárea de estudio; en determinadas ocasiones algunos juveniles escaparon y en estos casos, que fueron pocos, solamente se registró la presencia del ejemplar y la LC fué estimada.

Las capturas se hicieron de la siguiente manera: dos buzos con equipo de buceo autónomo (SCUBA) recorrieron y revisaron el fondo a lo largo de cada uno de los transectos de 10 x 100 m. Las langostas se capturaron a mano, y para sacarlas de sus refugios, algunas veces se necesitó de la ayuda de una varilla de 1/4" de grosor y de aproximadamente 60 cm de largo. A las langostas mayores de 25 mm LC se les aplicó una marca tipo espagueti (Hall Print, Ltd.) y que ha sido utilizada en estudios similares (Lozano-Alvarez *et al.*, 1991), la cual está compuesta de un filamento de nylon y un pequeño tubo plástico numerado para reconocimiento individual. La marca se colocó en la región dorsolateral entre el cefalotórax y el abdomen en los paquetes musculares longitudinales que corren lateralmente, de tal manera que no afecta los órganos vitales y evita su pérdida en el momento de la muda. A cada langosta se le tomaron los siguientes datos: número de la marca (si era el caso), sitio de captura (número de transecto y tipo

de refugio), sexo, longitud cefalotorácica (con aproximación a 0.1 mm) y se registró la pérdida de alguna parte del cuerpo del organismo. Estos datos se obtuvieron bajo el agua y después las langostas fueron liberadas inmediatamente en el sitio de captura.

Se registró el tiempo de esfuerzo total empleado durante el buceo para efectuar el recorrido de los transectos y la obtención de datos.

A las langostas recapturadas se les estimó la tasa de crecimiento tomando en cuenta el incremento en la longitud del cefalotórax entre el número de días que transcurrieron entre la captura y la recaptura.

6. RESULTADOS

6.1. Descripción del área de estudio

La hectárea donde se realizó este trabajo está caracterizada por dos zonas (Fig. 2):

A) La zona central: está constituida por un fondo duro calcáreo cubierto en algunas áreas de asociaciones de algas, las cuales abarcan una cobertura total aproximada de 30%. La especie más abundante es *Dictyota* sp. Además, se encuentran manchones de *Avrainvillea* spp y *Penicillus* sp. La mayor cobertura vegetal la constituyen los pastos marinos *Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*, que abarcan en conjunto aproximadamente 70% de la zona con densidades de 243 y 1514 grupos foliares por m² respectivamente. Se pueden observar otras áreas con una capa arenosa delgada donde existen algunas colonias de corales de los géneros *Acropora*, *Porites*, *Montastrea*, *Millepora* y *Eunicea*, quedando algunos "claros" desprovistos de corales y vegetación.

B) La zona periférica: está compuesta por fondo arenoso cubierto por vegetación marina, principalmente los pastos marinos *T. testudinum* con una densidad de 288.5 grupos foliares por m² y *S. filiforme* con una densidad de 1176 grupos foliares por m², ambos pastos tienen una cobertura aproximada de 75% de la zona. Por otro lado, las algas verdes cubren el 25% restante de la zona, las cuales están representadas por *Avrainvillea* sp., *Penicillus* sp. y algunos parches de *Halimeda* sp. y *Dictyota* sp. También se encuentran algunas colonias de corales de los géneros *Acropora*, *Porites*, *Montastrea*,

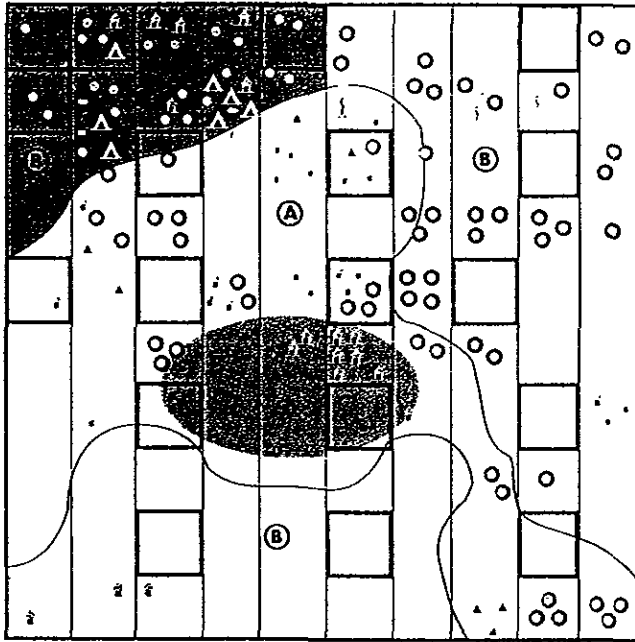


Fig.2. Area de estudio en Puerto Morelos, Quintana Roo. El área mide 100 x 100 m. (1ha) y se dividió en 10 transectos, los cuales están señalados. A= zona central B= zona periférica (ver texto). Los cuadros marcados indican los sitios en donde se hizo el muestreo de densidad de pastos marinos.

⌋	Colectores
○	Corales
▲	Refugios Naturales
•	Refugios Artificiales
-	Manchón de Algas

■	<i>Thalassia testudinum</i> 50% <i>Syringodium filiforme</i> 50%
	<i>Syringodium filiforme</i> 75% <i>Thalassia testudinum</i> 25%
	<i>Thalassia testudinum</i> 75% <i>Syringodium filiforme</i> 25%

Millepora, *Eunicea*, *Pseudopterogorgia*, *Plexaura*, *Briareum*, *Gorgonia*, y algunas esponjas del género *Spinosella*.

En ambas zonas se encontraron refugios tanto artificiales como naturales, los primeros representados por bloques y cilindros de concreto, tubos de PVC y trampas para langostas deterioradas; los segundos por oquedades calcáreas en el sustrato, orificios en las bases de los corales y de las esponjas.

De las langostas capturadas de manera directa, 46% se encontró en refugios artificiales, consistiendo en su mayoría de cilindros de concreto; 40.5% se localizó en refugios naturales, principalmente en oquedades, 13.5% restante no se determinó el sitio de captura, debido a que durante los dos primeros meses de trabajo, no se consideró esa información.

Por otro lado, durante los recorridos por los transectos se observaron peces de la familia Lutjanidae, que son depredadores potenciales de langostas. También se encontraron tres pulpos del género *Octopus* dentro de oquedades que anteriormente habían sido ocupadas por langostas.

6.2. Captura de Langostas

Se capturaron un total de 364 langostas de *P. argus* en diferentes estadios desde puerulo hasta juvenil postalgal, incluyendo a los juveniles algales, y a los juveniles de transición tanto en los colectores (216) como por captura directa (148). Debido a que los muestreos se hicieron con diferentes métodos de captura, el análisis se hizo por separado.

6.2.1. Sistema de colectores

Entre los meses de mayo a diciembre de 1996 se obtuvieron en los colectores de fondo 216 langostas de *Panulirus argus*, de las cuales 18 fueron puerulos (8.3%), 192 postpuerulos (88.8%) y solamente seis juveniles algales (2.8%) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de individuos en diferentes estadios de langosta *Panulirus argus* obtenidos en colectores en la laguna arrecifal de Puerto Morelos de mayo a diciembre de 1996.

Meses	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Puerulos	4	5	6	0	0	1	0	2	18
Postpuerulos	23	29	17	10	17	68	22	6	192
Juv. Algales	0	0	1	0	1	3	1	0	6
Total	27	34	24	10	18	72	23	8	216

Solamente se capturó un puerulo totalmente transparente (recién asentado) en el mes de junio, el resto de los puerulos se encontraron pigmentados, característica que adquieren a los pocos días después del asentamiento (Briones-Fourzán, 1994). El único estadio que se encontró en todos los meses de muestreo fue el de postpuerulo.

El número de colectores varió durante los diferentes meses del estudio, debido a que se perdieron algunos de ellos por las malas condiciones climatológicas, los cuales fueron repuestos en cada revisión. Por ello se utilizó el número de individuos capturados, entre el número de colectores que se encontraron en cada una de las revisiones mensuales; obteniendo con esto, un índice de abundancia relativa (I.A.R.).

En la figura 3 se puede observar la composición mensual de los diferentes estadios capturados por colector por mes.

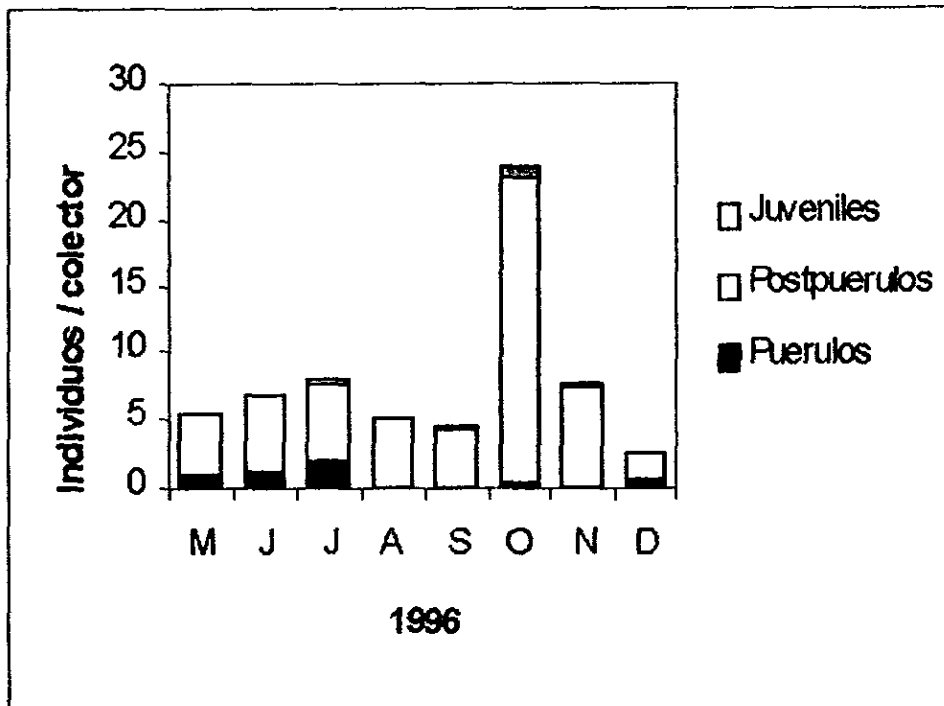


Fig. 3. Individuos por colector de los diferentes estadios de *Panulirus argus*. Mayo a diciembre de 1996.

6.2.1.1. Abundancia

El índice de abundancia relativa (I.A.R.) estimado por mes, varió entre 2.7 y 24.0 langostas por colector, con el valor máximo de abundancia en el mes de octubre, lo que parece indicar que en este mes ocurre el pico máximo de asentamiento; y el valor más bajo se registró en diciembre con 2.7 langostas por colector (Cuadro 2).

Cuadro 2. Índices de abundancia relativa (I.A.R.) mensual de *Panulirus argus* en Puerto Morelos estimados entre mayo y diciembre de 1996.

Meses	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Langostas	27	34	24	10	18	72	23	8	216
Colectores	5	5	3	2	4	3	3	3	-
I.A.R.	5.4	6.8	8.0	5.0	4.5	24.0	7.6	2.7	-

La temperatura promedio superficial del agua fluctuó entre 25.9° C en diciembre y 29.7° C en septiembre; en la figura 4 se observan tanto el índice de abundancia relativa como la temperatura promedio superficial del agua. Aparentemente no existe una relación directa entre estas dos variables.

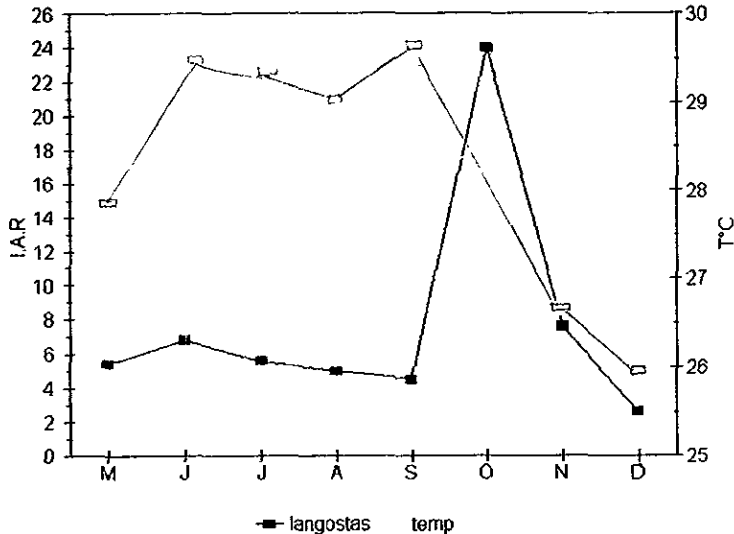


Fig. 4. Índice de abundancia relativa (I.A.R.) mensual de langostas *Panulirus argus* por y temperatura promedio del agua de superficie (T°C) durante el periodo de mayo a diciembre de 1996.

6.2.1.2. Frecuencia de Tallas de las langostas obtenidas en colectores

La composición y distribución de tallas de las langostas se puede observar en la figura 5. Se registró una talla mínima de 5.04 mm y una máxima de 16.35 mm LC, el mayor número de individuos se concentró entre los 6 y 7 mm LC.

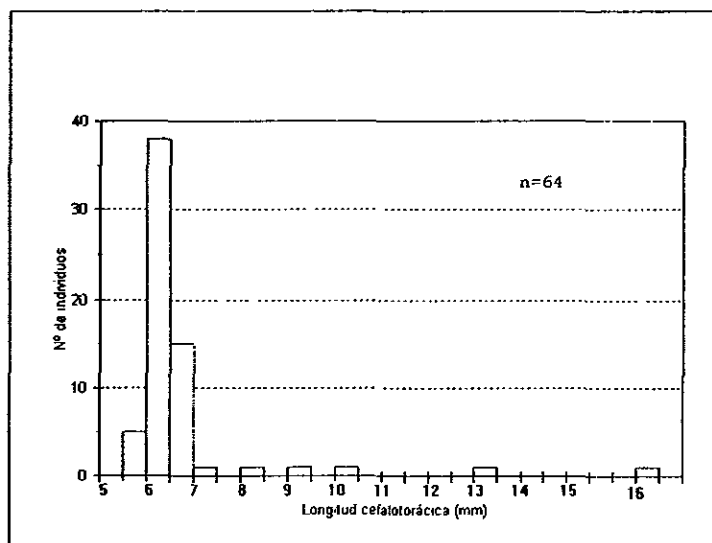


Fig. 5. Distribución de tallas de los juveniles de *Panulirus argus* obtenidos de colectores en Puerto Morelos.

Se encontró una relación lineal entre la LT y la LC de las langostas a las que se les tomaron medidas en el laboratorio, esto se explica mediante la ecuación: $\log. LT = 0.8783(\log. LC) - 0.3517$; $n=50$; $r^2 = 0.8913$ (Fig. 6). Debido al reducido tamaño de muestra se llevó a cabo una comparación de la regresión que obtuvo Negrete-Soto (1994), quien analizó 164 individuos de tallas similares y la de este trabajo. Se encontró

que las pendientes no difieren significativamente ($t_{0.05(2)210}=1.969$; $P \leq 0.005$), ni tampoco las elevaciones de las rectas ($t_{0.05(2)211}=1.969$; $P \leq 0.005$) (Zar, 1984).

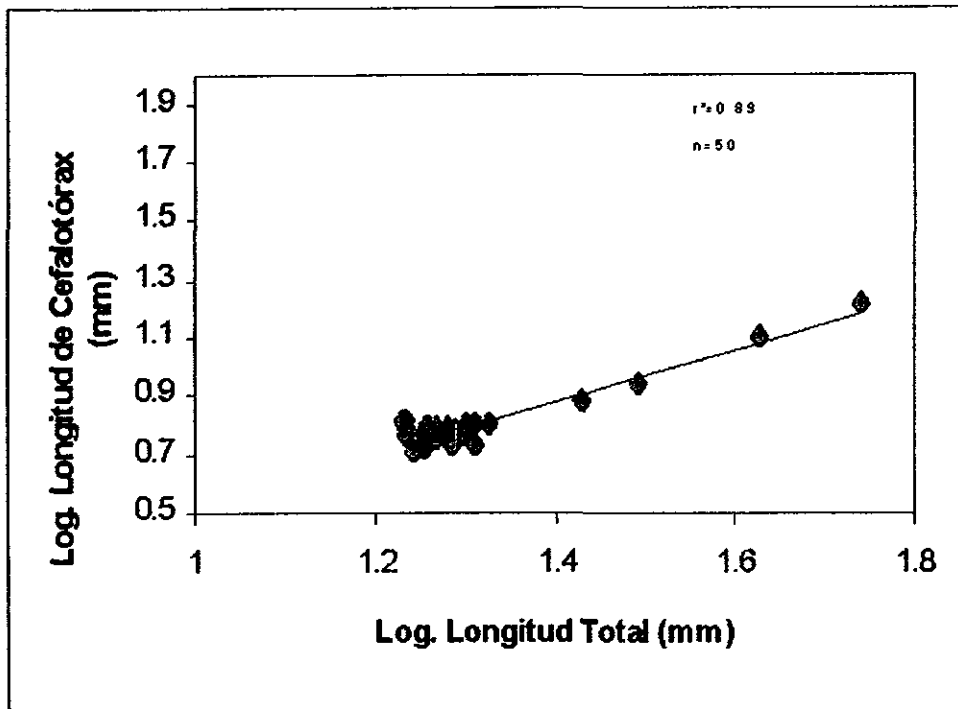


Fig. 6. Relación entre la longitud total (LT) y la longitud del cefalotórax (LC) para juveniles de *Panulirus argus*.

6.2.2. Muestreos directos

Las langostas juveniles de transición y postalgales que se capturaron directamente, sumaron un total de 148, de los cuales 22 (14.9%) fueron juveniles de transición y 126 (85.1%) juveniles postalgales (Cuadro 3). En total se estimó una densidad promedio de 12.3 individuos por hectárea, con una fluctuación mensual de uno a 38, siendo el mes de marzo de 1996 en el que se obtuvo el máximo de captura.

Es importante señalar que durante los meses de marzo, abril y octubre se efectuó más esfuerzo (horas de buceo autónomo) debido a que se capturaron langostas de tallas mayores de 25 mm LC, por lo cual se invirtió más tiempo durante la captura y colocación de las marcas en las langostas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de langostas *Panulirus argus* de los diferentes estadios capturados de manera directa en Puerto Morelos de marzo de 1996 a febrero de 1997.

Meses	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	Total
Juv. Transición	1	3	0	0	0	3	0	3	8	1	1	2	22
Juv. Postalgales	37	11	5	13	3	13	1	12	16	7	5	3	126
Total	38	14	5	13	3	16	1	15	24	8	6	5	148
Hr Esfuerzo	12.7	8.8	2.9	3.8	1.4	3.1	2.0	6.5	2.5	1.1	--	1.2	--

6.2.2.1 Estructura de la población (composición y distribución de tallas)

14 de las langostas capturadas de manera directa, no pudieron ser sexadas debido a que fueron muy pequeñas; de las 134 restantes, 61 fueron machos y 73 fueron hembras (Fig. 7). La proporción machos-hembras obtenida fue de 0.83: 1, la cual no difiere significativamente de la proporción 1:1 ($\chi^2 = 1.07$, $gl=1$, $P=0.3$).

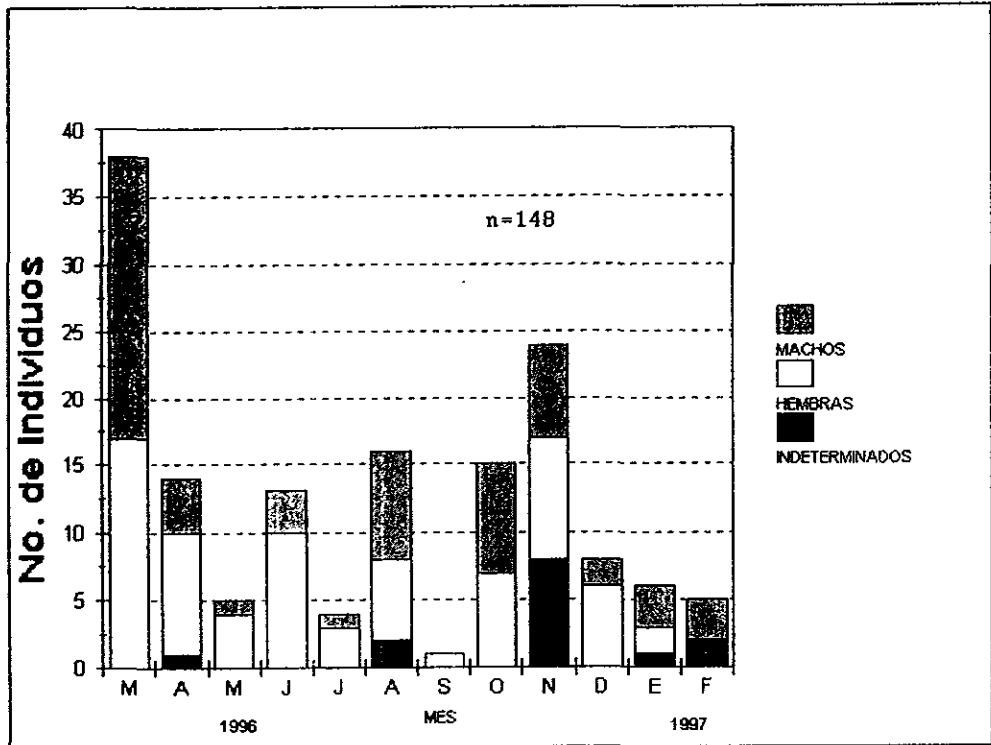


Fig. 7. Captura mensual (No. de individuos) de juveniles de *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos de marzo de 1996 a febrero de 1997.

La talla promedio (30.5 ± 9.6 DS mm LC) de la captura total (hembras, machos e indeterminados) así como las tallas mínimas y máximas por sexos se observan en el Cuadro 4, nótese que las hembras presentaron una talla promedio mayor que la de los machos, aunque la diferencia no es significativa.

Cuadro 4. Longitud cefalotorácica (LC) mínima, máxima y media que presentó la captura de juveniles de *Panulirus argus* (n=148) en Puerto Morelos durante marzo de 1996 hasta febrero de 1997.

Sexo	L.C. Mínima (mm)	L.C. Máxima (mm)	Media (mm)±DS	n
Indeterminados	12	25	18±3.4	14
Hembras	18.7	55.6	33.3±8.6	73
Machos	12.9	51.8	30±9.5	61

Por otro lado, la distribución por tallas de la captura total muestra que la moda se encuentra entre los 32 y 36 mm LC; en las hembras se observa una moda principal a los 32 mm LC y para los machos está entre los 24 y 36 mm LC (Fig. 8).

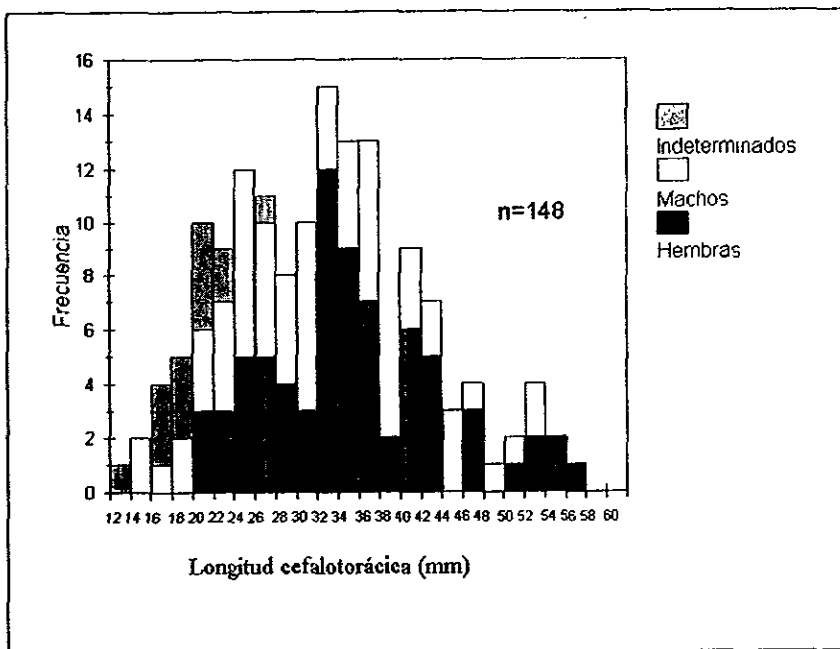


Fig. 8. Distribución por tallas (LC (mm)) de la captura de langostas juveniles de *Panulirus argus* en Puerto Morelos de marzo de 1996 a febrero de 1997.

6.2.3. Captura-marcaje-recaptura

De las 148 langostas juveniles capturadas entre marzo de 1996 y febrero de 1997, se marcaron 86 (58.1%) mayores a 25 mm LC. De éstas se recapturaron seis (6.9%) en los meses de mayo, junio, septiembre, diciembre y enero (primera recaptura), posteriormente se recapturaron dos langostas por segunda ocasión en junio y julio (segunda recaptura), y solamente una langosta tuvo una tercera recaptura en agosto (Cuadro 5).

Cuadro 5. Número de langostas *Panulirus argus* capturadas, marcadas y recapturadas por mes en Puerto Morelos entre marzo de 1996 y febrero de 1997.

Mes	Captura	Marcado	1a Recaptura	2a Recaptura	3a Recaptura
Marzo	38	30	0	0	0
Abril	14	10	0	0	0
Mayo	5	3	1	0	0
Junio	13	5	2	1	0
Julio	4	2	0	1	0
Agosto	16	6	0	0	1
Septiembre	1	0	1	0	0
Octubre	15	11	0	0	0
Noviembre	24	7	0	0	0
Diciembre	8	6	1	0	0
Enero	6	3	1	0	0
Febrero	5	3	0	0	0
Total	148	86	6	2	1

Uno de los objetivos de realizar captura-marcaje y recaptura fue llevar a cabo estimaciones de densidad en el área de estudio, sin embargo, debido a la escasa información de recapturas y a que se violan los supuestos en los que se basan dichos modelos (*sensu* Begon, 1979), esto no fue posible. Sin embargo, se estimaron valores de

densidad en forma directa ya que se contaron mensualmente todas las langostas que se encontraban dentro de la hectárea de estudio.

De las 148 langostas capturadas 74 estaban solas y 74 en grupos. Las primeras se encontraron entre 14.4 y 55.6 mm LC y las segundas entre 12 y 48.3 mm LC.

6.2.3.1. Tiempo de Residencia y Movimientos

Esta parte del estudio se realizó desde mayo de 1996 hasta febrero de 1997. De las 86 langostas marcadas, solamente seis se recapturaron dentro de la hectárea de estudio, el resto de las langostas (93.1%) ya no se encontró debido probablemente a que murieron durante el manejo para marcarlas, a que fueron depredadas o a que realizaron movimientos hacia afuera de la hectárea durante el primer mes después de liberarlas. De las seis langostas recapturadas, solamente se tuvieron registros de movimientos para cinco; registrándose siete desplazamientos. Una langosta hembra de 31.0 mm LC, se desplazó 10 m desde el sitio original de captura durante el primer mes, al segundo mes se encontró a 20 m del sitio inicial, y durante el tercer mes se desplazó otros 20 m, para acumular un total de 40 m desplazados en tres meses, después ya no se encontró dentro de la hectárea. Una segunda langosta hembra de 52.1 mm LC, se desplazó 30 m durante el primer mes, posteriormente ya no fue registrada. La tercera langosta hembra de 26.2 mm LC se desplazó hacia afuera de la hectárea y no fue registrada al mes siguiente, dos meses después se recapturó dentro de la hectárea encontrándose a 40 m del lugar de captura. La cuarta langosta hembra de 39.3 mm LC, se desplazó 10 m durante el primer mes, posteriormente ya no fue encontrada en la hectárea. La quinta

langosta hembra de 31.2 mm LC, se desplazó hacia afuera de la hectárea durante el primer mes y no se encontró en el mes siguiente, hasta el tercer mes fue encontrada de nuevo a 20 m del lugar de captura. El mayor desplazamiento efectuado dentro de la hectárea fue de 40 m y el menor de 10 m.

6.2.3.2. Crecimiento

De las nueve recapturas registradas, solamente seis individuos (66%), todas hembras, tuvieron un incremento en talla, por lo que no fue posible obtener una curva de crecimiento; aún así se estimó el incremento promedio de aquellas langostas que crecieron, el cual fue de 0.14 mm LC por día y 3.92 mm LC por mes (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tasa de crecimiento diario y mensual calculado para los juveniles de *Panulirus argus* recapturados en Puerto Morelos entre marzo de 1996 y febrero de 1997.

LC inicial (mm)	LC final (mm)	Días entre recaptura	Incremento diario (mm)	Incremento mensual (mm)
26.2	34.0	64	0.12	3.60
28.0	33.2	56	0.09	2.70
30.3	39.7	61	0.15	4.50
31.2	40.4	56	0.16	4.80
33.2	45.4	61	0.20	6.00
51.9	55.6	31	0.12	3.60
		Promedio	0.14	3.92

7. DISCUSION

7.1. Características del hábitat y su relación con el reclutamiento de juveniles

Aunque en la laguna arrecifal de Puerto Morelos se presenta un fuerte influjo de postlarvas de langostas, esta laguna no reúne las características apropiadas para la sobrevivencia de los primeros estadios juveniles de langostas, debido a la escasez de sustratos adecuados para su asentamiento, y que a la vez les brindan alimento y protección contra los depredadores (Briones-Fourzán, 1993). La magnitud del asentamiento local depende del influjo de puerulos y de la disponibilidad de un hábitat para el asentamiento cerca de la costa (Herrnkind et al. 1994), aunque cabe mencionar que la diferencia en los hábitats de las diferentes especies de postpuerulos, puede ser específica o puede estar en función del tipo de refugio local disponible (Marx y Herrnkind, 1985a). Por otro lado, se sabe que las áreas de crianza de langostas *P. argus* se caracterizan por la presencia en aguas someras (>5 m), de sustratos naturales abundantes como las macroalgas (principalmente *Laurencia* sp.) que son utilizadas como sustrato de asentamiento por las postlarvas; además de las oquedades en el fondo y en la base de los pastos marinos como *Thalassia testudinum*, de grandes esponjas y complejos de octocorales que son ocupados por los estadios juveniles postalgaes (Forcucci et al., 1994). Cuando los postpuerulos residen en los macizos algales, están bien resguardados de los depredadores como consecuencia del camuflaje de su cuerpo y por la estructura arquitectónicamente compleja de las algas (Herrnkind y Butler, 1986). En el presente trabajo se obtuvo una baja densidad de pastos marinos de la especie *T.*

testudinum, ya que se estimaron 243 grupos foliares/ m² en la zona central y 288.5 grupos foliares/ m² en la zona periférica, valores que son menores en comparación con otras áreas características de juveniles de langostas, como en Florida donde se tienen valores de 425 grupos foliares/ m² de *T. testudinum* (Herrnkind y Butler, 1986). Además, varios autores han mencionado la gran preferencia de las postlarvas por establecerse en el alga roja *Laurencia* sp, en comparación con otras macrófitas como *T. testudinum* (Marx y Herrnkind, 1985b; Herrnkind y Butler, 1986). La baja densidad de pastos marinos, la escasez de esponjas y la presencia aislada de manchones del alga roja *Laurencia* sp, además de otro tipo de refugios en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, pueden ser determinantes en la baja abundancia de los juveniles de langosta registrada en este trabajo.

La población de langostas de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos está compuesta por los primeros estadios de vida, encontrándose desde postlarvas hasta juveniles postalgales, y aunque se han registrado altos índices de asentamiento de postlarvas en colectores de superficie (Briones-Fourzán, 1993), la población en estadios juveniles (algales, de transición y postalgales) se encontró notablemente disminuida en su densidad comparada con la de otros estudios realizados en el Caribe mexicano (Lozano-Alvarez et al., 1994 y Aguilar-Dávila et al., 1995).

La importancia de los macizos algales radica en el hecho de constituir refugios intrincados, que soportan una mezcla heterogénea de epibiontes (hidroides, briozoarios y otros), diversos gasterópodos, crustáceos y otras presas potenciales para pequeñas langostas (Marx y Herrnkind, 1985a). Por otro lado, las pequeñas grietas y cuevas en la

roca calcárea de los fondos rocosos constituyen también refugios para las langostas, en *P. cygnus*, se ha visto que la profundidad del hoyo y la cubierta del refugio son factores importantes en la preferencia de refugios de juveniles de langostas (Jernakoff, 1990). Para *P. argus* en este trabajo no se pudo observar una preferencia específica en cuanto a profundidad del hoyo y la cubierta del refugio, probablemente por dos razones: una por la baja cantidad de langostas y otra porque en el área de estudio no se encuentran hoyos profundos.

La falta de refugios expone a los juveniles a un mayor riesgo de ser depredados por diferentes organismos de la comunidad en la laguna arrecifal. Howard (1988) menciona que la depredación es un factor determinante en la mortalidad de postpueuelos en *P. cygnus* en Australia. Este autor observó, por medio del análisis de contenidos estomacales de peces arrecifales, que la depredación de juveniles se ejerció principalmente sobre individuos de entre 8-15 mm LC, la depredación ocurrió durante todo el día, de esta manera estimó que los peces consumen anualmente cientos de postpueuelos por hectárea. Para el presente trabajo podría suponerse que la depredación de los peces sobre las langostas influye en la baja abundancia de juveniles en Puerto Morelos. Sin embargo, en la laguna arrecifal las postlarvas y primeros estadios juveniles de *P. argus* representan un alimento accidental en la dieta de los peces que se encuentran, lo que indicaría que esta depredación aparentemente no controla el tamaño de la población recluta en Puerto Morelos (Pérez-Espinosa, 1993). Resultados similares encontró García-Beltrán (1992) en la Bahía de la Ascensión.

Para disminuir el riesgo de depredación se han implementado refugios artificiales como los condominios de concreto y las "minisombras" ("casitas" escaladas a 1/3 de las normales), como un mecanismo para aumentar la sobrevivencia de juveniles en hábitats con poca abundancia de refugios naturales (Cruz et al., 1986; Lozano-Alvarez et al., 1994; Aguilar-Dávila et al., 1995).

En este estudio, los valores de porcentajes de langostas capturadas en refugios naturales (40.5%) comparados con los artificiales (46.0%) resultaron similares, las oquedades calcáreas son preferidas entre los diferentes refugios naturales, y los bloques de concreto entre los refugios artificiales.

Se observó que de las 148 langostas capturadas y liberadas, la mitad se encontraron solas y la otra mitad en grupos. Por las tallas que presentaron las langostas, tanto solas como en grupos, clasifican en juveniles de transición y juveniles postalgaes, lo que indica que durante estos estadios, las pequeñas langostas se caracterizan por estar en un período de cambio que se ve reflejado tanto en su morfometría como en sus hábitos, es decir, de ser solitarias gradualmente tienden a agruparse (Herrnkind et al. 1975; Phillips et al. 1977; Mintz et al. 1994).

7.2. Colectores

7.2.1. Eficiencia

Los colectores tipo GuSi colocados cerca de la costa y más cercanos al fondo resultaron ser un buen método de recolecta de langostas en estadios de puerulo y postpuerulo. Aunque, se pretendía establecer un método eficiente de captura también

para juveniles algales, quienes por su coloración críptica y talla pequeña son muy difíciles de localizar en condiciones naturales. La captura de ellos fue muy baja, únicamente se capturaron seis individuos (Cuadro 1), es decir el 2.8% de la captura total en colectores. Resultados similares se han obtenido en otros trabajos, dentro de la misma área de estudio, pero con los colectores más cerca del arrecife (Negrete com. pers.). Esta baja captura también pudo deberse a que, como se ha informado, los colectores satisfacen los requerimientos de alimentación y refugio hasta determinada talla (<10 cm)(Negrete-Soto, 1994) y los juveniles algales, por ser de talla mayor, ya no encuentran condiciones propicias para mantenerse en el colector.

7.2.2. Abundancia

Los índices de captura obtenidos en este estudio con colectores instalados más cercanos a la costa fueron bajos 2.7-24.0 puerulos por colector en comparación con los índices obtenidos, en años anteriores, en colectores ubicados cerca del arrecife 2-68 puerulos por colector (Briones-Fourzán, 1993); a este respecto se sabe que los índices de captura de postlarvas son más elevados en colectores de superficie que están ubicados cerca del arrecife donde el influjo de agua oceánica es mayor (Briones-Fourzán, 1994). Esto podría deberse a que parte del agua de la corriente de Yucatán invade la plataforma, presentándose una entrada de agua superficial a la laguna arrecifal

* Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, U.N.A.M. Estación Puerto Morelos. Apartado Postal 1152. C.P. 77500. Cancún, Q.R.

de Puerto Morelos (Merino, datos no publicados), lo que puede favorecer la llegada de puerulos (Briones-Fourzán, 1994).

La cercanía o lejanía al talud de la plataforma es un factor determinante en la intensidad del asentamiento, el cual resulta mucho mayor en localidades cercanas al talud y disminuye a la vez que penetra en la plataforma, debido a la gran dispersión que sufren las postlarvas al acercarse a la costa para asentarse (Cruz *et al.*, 1991).

No se encontró una relación clara entre el índice de la abundancia y la temperatura del agua; al respecto se sugiere que la entrada de postlarvas a Bahía de la Ascensión no está relacionada directamente con la temperatura, sino probablemente con otros factores, tales como el fotoperíodo, las condiciones hidrográficas y la dinámica reproductiva de las poblaciones adultas de *P. argus* (Briones-Fourzán, 1993).

7.2.3. Estacionalidad del asentamiento

Los resultados que se obtuvieron en este trabajo, indican que el máximo asentamiento de langostas se encontró durante el mes de octubre, con una gran diferencia de puerulos por colector en comparación con los otros meses de muestreo, aunque cabe mencionar que el estudio no abarcó un ciclo anual ya que se empezó a realizar desde el mes de mayo hasta diciembre de 1996.

Al respecto, Briones-Fourzán (1993) mencionó que en Puerto Morelos no hay un patrón estacional claro en el asentamiento de postlarvas, ya que observó una gran variabilidad en este parámetro durante los tres años de su estudio. Esto podría estar

relacionado con la entrada de agua superficial de la corriente de Yucatán durante todo el año, y con variaciones en el patrón local de hidrografía determinadas por la influencia de los vientos, ya que cuando provienen del cuadrante este con intensidades fuertes, provocan flujos considerables de agua a través de la barrera arrecifal que favorecen la entrada de puerulos a la zona costera (Briones-Fourzán, 1993). En la Bahía de la Ascensión los resultados obtenidos indicaron que existe una entrada de postlarvas prácticamente durante todo el año, con un patrón estacional relativamente definido que muestra un máximo durante el otoño y ocasionalmente un pico menor en la primavera. Los máximos podrían estar relacionados con una disminución en la velocidad de la corriente de Yucatán y con los cambios en la intensidad y dirección de los vientos durante el otoño (Briones-Fourzán, 1994).

Esta gran variabilidad del pulso máximo del asentamiento se observa en varias regiones donde se distribuyen estas langostas; en el Golfo de Batabanó, en la Isla de Cuba se ha determinado que se presentan dos picos del asentamiento durante el año, uno durante el otoño (septiembre-noviembre) y el otro a finales de la primavera y verano (mayo-julio) (Cruz *et al.* 1991); en Florida se encuentran los pulsos máximos de asentamiento de puerulos durante el verano y el otoño, alcanzando el máximo asentamiento durante octubre y noviembre (Witham *et al.*, 1964); Little (1977) y Little y Milano (1980), concluyen que los picos de asentamiento de langostas se presentan en la primavera y el otoño.

7.2.4. Estructura poblacional de las capturas

La mayoría de las langostas capturadas en los colectores, estaba en la etapa de postpuerulo (88.5%); este alto porcentaje coincide con un estudio anterior realizado en Puerto Morelos, y en la Bahía de la Ascensión (Briones-Fourzán, 1993), donde se encontró que de las langostas obtenidas en los colectores, un elevado porcentaje correspondían al estadio de postpuerulo. Los valores para las tres estaciones de muestreo considerados en ese estudio fueron: 69.1% de postpuerulos para la estación en Puerto Morelos, ubicada inmediatamente detrás del arrecife coralino, mientras que en la Bahía de la Ascensión 59.6% para la estación ubicada a 50 m del sotavento del arrecife, y 83.6% para la estación localizada a 50 m del manglar y aproximadamente a 2500 metros del arrecife. El alto porcentaje de postpuerulos que se encuentra en los colectores, parece estar relacionado con el tiempo transcurrido entre su asentamiento y la siguiente revisión del colector.

El hecho que los colectores cerca del fondo hayan capturado algunas langostas en estadio juvenil algal, puede deberse a dos causas: que los organismos permanecieran por un poco más de tiempo en estos colectores, hasta la muda siguiente, lo cual ocurriría si los postpuerulos pasaran desapercibidos en el momento de la revisión, y otra causa sería que los juveniles algales del fondo de la laguna se incorporen al colector.

7.2.5. Distribución de tallas

Las langostas capturadas presentaron una moda entre 6 y 6.5 mm LC (Fig. 5), similar a la captura que encontró Negrete-Soto (1994) con una moda entre los 5 y 6 mm LC y Simonín (datos no publicados) con una moda entre 5.9 y 6.2 mm LC, para la misma zona en colectores cercanos al arrecife, lo que puede indicar que las langostas capturadas en colectores, están dentro del intervalo de tallas para el cual está diseñado el colector de postlarvas de langostas tipo GuSi.

7.2.6. Influencia de las fases lunares en el reclutamiento

Se ha sugerido que existe una relación entre el asentamiento y las fases lunares como una estrategia que utilizan los puerulos para evitar a los depredadores, así, el tránsito hacia la costa debe estar sincronizado de tal manera que los puerulos pasen por el área de mayor riesgo de depredación, que es la barrera del arrecife coralino, durante la luna nueva, es decir, durante la fase más oscura del ciclo lunar (Heatwole *et al.*, 1991).

Considerando esta estrategia, y comparando con los resultados obtenidos en el trabajo de Briones-Fourzán (1993), se obtuvo que la mayoría de los organismos recolectados en este estudio provienen del pulso más fuerte de entrada de postlarvas a la zona costera que se presenta entre el cuarto menguante y la luna nueva, por lo cual en el momento de la revisión de los colectores, aproximadamente siete días después del asentamiento (fase cuarto creciente), algunos de estos organismos ya habían mudado convirtiéndose en postpuerulos, otros ya lo habían hecho más veces transformándose en

juveniles y solamente un pequeño porcentaje se había asentado recientemente conservando el estadio de puerulo.

7.3. Muestreos directos

7.3.1. Estructura poblacional de la captura

La composición en tallas de las langostas encontradas en este trabajo indican que la población existente en la hectárea de estudio dentro de laguna arrecifal es típica de juveniles de transición y postalgales. El estadio que presentó mayor porcentaje de abundancia fue el de juvenil postalgal con un valor de 85.1. Es importante tener en cuenta que estos juveniles postalgales presentan un cambio en el comportamiento y en la preferencia de hábitat, ya que al aumentar la talla, de ser solitarios pasan a ser gregarios, lo cual es un mecanismo para aumentar la sobrevivencia (Herrnkind *et al.*, 1975). El cambio de hábitat puede explicarse de la siguiente manera, cuando las langostas alcanzan un mayor tamaño, abandonan los macizos algales y prefieren huecos en las bases de corales y de esponjas, así como agujeros de solución que se localizan en el sustrato de las lagunas costeras, por lo tanto son más fáciles de localizar en el campo que los juveniles de transición (Childress y Herrnkind, 1994; Forcucci *et al.*, 1994). Este alto porcentaje de la presencia de juveniles coincide con otras regiones como en Cayo Fiesta, Florida, donde el 75% de las langostas capturadas fueron juveniles de transición y postalgales (Forcucci *et al.*, 1994) lo que significa que estos sitios son hábitats ocupados exclusivamente por juveniles, ya que los estadios posteriores migran hacia el arrecife hasta alcanzar la madurez sexual.

Las hembras presentaron una talla promedio mayor que la de los machos, esta diferencia no es significativa, debido a que en estadios juveniles de la langosta *P. argus* no hay diferencias en cuanto a tamaño de LC y LT de hembras y machos, además de que cuando se encuentran en los estadios de juveniles algales y de transición es difícil a simple vista determinar sexos (Lozano-Alvarez et al., 1991; Forcucci et al., 1994).

7.3.2. Densidad

La densidad promedio mensual de langostas capturadas en este estudio, de 12 individuos por ha; es mucho menor comparada con los datos obtenidos en Florida donde se encontraron hasta 454 langostas por ha (Forcucci et al., 1994) y valores mayores en Isla Gran Bahama de hasta 546-596 langostas por hectárea (Waugh, 1981). Esto quizá se deba a que, como ya se mencionó, la laguna arrecifal de Puerto Morelos no reúne las características adecuadas para la sobrevivencia de juveniles, posiblemente por carecer de suficientes refugios. Aunado a esto, el incremento de la emigración de juveniles no depende exclusivamente de la calidad de los refugios, sino también de la disponibilidad de alimento asociado a los refugios (Marx y Herrnkind, 1985a).

7.3.3. Estacionalidad

La densidad máxima de juveniles postalgales por hectárea se presentó en el mes de marzo de 1996. Se ha dicho que los picos en la abundancia de juveniles (de tallas entre 30 y 35 mm LC) está relacionado con los máximos influjos de postlarvas ocurridos con ocho meses de anterioridad (Forcucci et al., 1994). Esto puede significar que en la

laguna arrecifal de Puerto Morelos, el influjo máximo de postlarvas ocurrió durante julio de 1995. Este período de ocho meses desde el influjo de postlarvas al pico en la abundancia de juveniles también coincide con los datos obtenidos en otro estudio con colectores colocados dentro de la misma zona (Briones-Fourzán, datos no publicados).

7.3.4. Movimientos y residencia

La mayoría de las langostas marcadas (93.1%) no se volvieron a encontrar después de haber sido liberadas en el área de estudio, lo que podría indicar la preferencia de estas langostas por tener desplazamientos continuos, o bien de que son fuertemente depredadas. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto último no se ha podido comprobar hasta ahora.

También se han observado movimientos continuos en la langosta *P. cygnus*, ya que en un estudio realizado en Australia, se observó que el 50% de los refugios que tenían langostas, quedaron vacantes un día después (Jernakoff, 1990); en contraste, los juveniles de la langosta *P. japonicus* permanecen en el mismo refugio hasta por 12 meses (Yoshimura y Yamakawa, 1988). La falta de fidelidad a un sitio probablemente contribuye en una mayor dispersión de los juveniles pequeños en distancias cortas, aunque los mayores movimientos que exceden los 100 m tienen lugar cuando alcanzan los 40-50 mm LC (Herrnkind, 1980).

En los diferentes estudios realizados con patrones de movimientos de las langostas, se ha encontrado que existe una estrecha relación entre los desplazamientos, la actividad de búsqueda de alimento y el ámbito hogareño. En *P. argus* presentan un

pico de actividad de búsqueda de alimento, que es corto en invierno (1-2 hr) y en verano se prolonga durante toda la noche. Generalmente, la actividad comienza poco después del atardecer y termina antes del amanecer (Kanciruk y Herrnkind, 1973). Sin embargo, los juveniles pueden permanecer en parches arrecifales donde hay refugios, porque si tratan de moverse a otros refugios lejanos pueden quedar expuestos a un mayor riesgo de depredación (Howard, 1988).

En estudios hechos con refugios artificiales (casitas) se ha observado que las langostas marcadas, aunque son capaces de realizar grandes movimientos (300 m) dentro de un área determinada, tienen la capacidad de regresar al refugio original donde fueron liberadas, a pesar de haber transcurrido un tiempo considerable (uno o dos meses), presentando el patrón de regreso al refugio (Ramos-Aguilar, 1992). Esto se relaciona con el hecho de que los refugios cumplan con las características que las langostas requieren para satisfacer sus necesidades, como son brindarles protección contra los depredadores, además de que las langostas encuentran su alimento alrededor de su refugio original, de tal manera que pueden regresar rápidamente a éste (Ramos-Aguilar, 1992). La falta de refugios apropiados para el resguardo de los juveniles en el presente estudio pudo haber influido en que la mayoría de ellos realizara movimientos fuera de la hectárea en busca de más y mejores refugios.

7.3.5. Crecimiento

La tasa de crecimiento estimada en este trabajo fue de 3.92 mm LC por mes para langostas entre 12 y 58 mm LC. Se obtuvieron resultados similares en Cayo Fiesta,

Florida, con una tasa de crecimiento en condiciones naturales de 3.8 mm LC para langostas entre 11.5 y 74.4 mm LC (Forcucci *et al.*, 1994). Por otro lado, en Cuba se obtuvieron estimaciones de la tasa de crecimiento mediante progresión modal de muestreos mensuales en zonas de juveniles, encontrándose valores de 3.1 mm LC por mes (Negrete-Soto, 1994). Otros trabajos realizados en cautiverio o semi cautiverjo, obtuvieron valores de 4.7, 5.1 y 6.2 mm LC por mes en langostas de Florida mayores de 30 mm LC (Calinski, 1985), y en las costas de Cuba los valores fueron de 5.04 mm LC por mes para tallas entre 9.7 y 50 mm LC (Baez-Hidalgo *et al.*, 1991).

Resulta poco práctico, realizar comparaciones entre los diferentes autores ya que los trabajos fueron realizados con diferentes métodos. Sin embargo, se puede resaltar el hecho de que el crecimiento en las langostas es altamente variable, y que el metabolismo de estos crustáceos está íntimamente relacionado con las condiciones propicias o adversas del hábitat.

8. CONCLUSIONES

1. La baja densidad de pastos marinos, la escasez de esponjas y la presencia aislada de manchones del alga roja *Laurencia* sp, además de otro tipo de refugios en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, pueden ser determinantes en la baja abundancia de los juveniles de langosta.
2. La población de langostas de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos está compuesta por los primeros estadios de vida béntica, encontrándose desde postlarvas hasta juveniles postalgaes.
3. En este estudio, resultaron similares los valores de porcentajes de langostas capturadas en refugios naturales comparados con los artificiales, siendo preferidas las oquedades calcáreas en los diferentes refugios naturales, y los bloques de concreto en los refugios artificiales.
4. Se observó que de las 148 langostas capturadas y liberadas, la mitad se encontraron solas y la otra mitad en grupos.
5. Los colectores colocados cerca de la costa y del fondo capturaron los siguientes estadios de langosta: puerulos, postpuerulos y en menor número juveniles algales, por lo cual no resultan ser un método de colecta eficiente para este último estadio.

6. Los índices de captura obtenidos en este estudio con colectores instalados cercanos a la costa fueron bajos (2.7-24.0 puerulos por colector) en comparación con otros estudios para la misma zona, con colectores colocados cerca del arrecife.

7. El máximo asentamiento de langostas se encontró durante el mes de octubre, con un número significativamente mayor de puerulos por colector en comparación con los otros meses de muestreo.

8. La mayoría de las langostas capturadas en los colectores (88.8%), estaba en la etapa de postpuerulo.

9. La población existente en la hectárea de estudio dentro de laguna arrecifal es típica de juveniles de transición y postalgales, con una predominancia de estos últimos (85.1%).

10. La densidad promedio mensual de langostas capturadas en este estudio resultó de 12 individuos por ha, pero con una gran variabilidad temporal.

11. La densidad máxima de juveniles postalgales por hectárea se presentó en el mes de marzo de 1996 (37 langostas).

12. La mayoría de la langostas marcadas no se volvieron a encontrar después de haber sido liberadas en el área de estudio, lo que podría indicar la preferencia de estas langostas por tener desplazamientos continuos, o bien que son fuertemente depredadas. Sin embargo, esta última posibilidad, hasta ahora no se ha podido comprobar.

13. La tasa de crecimiento estimada en este trabajo fue de 3.92 mm LC por mes para langostas entre 12 y 58 mm LC.

9. LITERATURA CITADA

- Aguilar-Dávila, W., E. Sosa Cordero, A. M. Arce. 1995. Reclutamiento de juveniles de langosta (*Panulirus argus*) en hábitats artificiales al norte de Quintana Roo, México. Rev. Cubana de Inv. Pesq., 19(1):18-26.
- Andréé, S.W. 1981. Locomotory activity patterns and food items of benthic postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*. M.S. Thesis. Florida State University, Tallahassee, Florida. 50 pp.
- Baéz-Hidalgo, M.I., E. Díaz-Iglesia, R. Brito-Pérez. 1991. Edad y crecimiento de la langosta *Panulirus argus* en la plataforma suroccidental de Cuba. Rev. Inv. Mar., (Cuba), 12(1-3): 193-201.
- Baisre, J.A. 1964. Sobre los estadios larvales de la langosta común *Panulirus argus*. Centro Inv. Pesq. Bauta, Cuba, Contrib., 19:37 pp.
- Begon, M. 1979. Investigating Animal Abundance: capture-recapture for biologists. Edward Arnold, Londres. 97 pp.
- Booth, J.D. 1979. Settlement of the rock lobster *Jasus edwardsii* (Decapoda, Palinuridae) at Castlepoint, New Zealand. N.Z.J. Mar Freshwat. Res., 13(3): 395-406.
- Booth, J.D., A.D. Carruthers, C.D. Bort, and R.A. Stewart. 1991. Measuring depth of settlement in the rock lobster *Jasus edwardsii*. N.Z.J. Mar Freshwat. Res., 25: 123-132.
- Briones-Fourzán, P. 1993. Reclutamiento de postlarvas de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en el Caribe mexicano: patrones, posibles mecanismos e implicaciones pesqueras. Tesis Doctoral. Fac. Ciencias. UNAM. 140 pp.
- Briones-Fourzán, P. 1994. Variability in postlarval recruitment of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) to the Mexican Caribbean coast. Crustaceana, 66(3): 326-340.
- Briones-Fourzán, P. and E. Lozano-Alvarez. 1992. Aspects of the reproduction of *Panulirus inflatus* (Bouvier) and *P. gracilis* Streets. (Decapoda: Palinuridae) from the Pacific coast of México. J. Crustacean Biol., 12(1): 41-50.
- Briones, P. and E. Lozano. 1994. The spiny lobster fisheries in México. In: Spiny Lobster Management, pp 144-161. (B.F. Phillips, J.S. Cobb, and J. Kittaka, Eds.), Fishing News Books, Oxford.
- Calinski, M.D. 1985. Settlement, growth and survival of puerulus to juvenile stage spiny lobster in artificial nursery habitats and potential application of such habitat to

- Florida Fishery. In: W.F. Herrnkind Proceedings of a Workshop on Florida Spiny Lobster Research and Management, p-3. Florida Sea Grant Tech. Pap. 32.
- Calinski, M.D. y W.G. Lyons. 1983. Swimming behavior of the puerulus of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Crustacea, Palinuridae). J. Crustacean Biol., 3: 329-335.
- Childress, M.J. and W.F. Herrnkind. 1994. The behavior of juvenile Caribbean spiny lobster in Florida bay: seasonality, ontogeny and sociality. Bull. Mar. Sci., 54(3): 819-827.
- Chittleborough, R.G. 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobster *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). Aust. J. Mar Freshwat. Res., 26(2): 177-196.
- Cobb, J.S. and B.F. Phillips. 1980. The Biology and Management of Lobsters. Vol. (1). Academic Press, Nueva York. 461pp.
- Cruz, R., R. Brito, E. Díaz, R. Lalana. 1986. Ecología de la langosta (*Panulirus argus*) al SE de la Isla de la Juventud. II. Patrones de Movimiento. Rev. Inv. Mar. (Cuba), 3(3): 19-34.
- Cruz, R., M.E. de León, E. Díaz, R. Brito, y R. Puga. 1991. Reclutamiento de puerulos de langostas (*Panulirus argus*) a la plataforma cubana. Rev. Inv. Mar. (Cuba), 12: 66-75.
- Forcucci, D., M.J. Butler and J.H. Hunt. 1994. Population Dynamics of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, in Florida Bay, Florida. Bull. Mar. Sci., 54(3): 805-818.
- García-Beltrán G. 1992. Algunos aspectos de la depredación de la langosta espinosa *Panulirus argus* (Latreille, 1804) por peces en la Bahía de la Ascensión Quintana Roo. Tesis Prof. Fac. Ciencias. UNAM. 83 pp.
- García, E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Offset Larios, México, D.F.
- Gentry, R.C. 1971. Hurricanes: one of the major features of air-sea interaction in the Caribbean Sea. In: Symposium on Investigations and Resources of the Caribbean Sea, pp 77-78. (Unesco).
- Gracia, A. y C.B. Kensler. 1980. Las langostas de México: su biología y pesquería. An. Centro Cienc. del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 7(2): 111-128.

Gutiérrez, C.D., J. Simonín, D. and P. Briones. 1992. A simple collector for postlarvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst., 41: 516-527.

Heatwole, D.W., J.H. Hunt and B.I. Blonder. 1991. Offshore recruitment of postlarval spiny lobster (*Panulirus argus*) at Looe Key Reef, Florida. Proc. Gulf. Caribb. Fish. Inst., 40: 429-433.

Herrnkind, W.F. 1980. Movement patterns in Palinurid lobsters. In: The Biology and Management of lobsters, pp 349-407. Vol. (1). Physiology and Behavior (J.S. Cobb and B. F. Phillips, Eds.), Academic Press, New York.

Herrnkind, W.F. and M.J. 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., Vanderwalker, J., Barr, L. 1975. Population dynamics, ecology, and behavior of spiny lobsters, *Panulirus argus*, of St. John, U.S. Virgin Islands: habitation and pattern of movements. Sci. Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles. Cty., 20:31-34.

Herrnkind, W.F., P. Jernakoff, and M.J. Butler. 1994. Puerulus and postpuerulus ecology. In: Spiny Lobster Management, pp 213-229. (B.F. Phillips, J.S. Cobb and J. Kittaka, Eds.), Fishing News Books, Oxford.

Howard, R.K. 1988. Fish predators of western rock lobster (*Panulirus cygnus* George) in a nearshore nursery habitat. Aust. J. mar. Freshwat. Res., 39: 307-316.

Jernakoff, P. 1990. Distribution of newly settled western rock lobsters *Panulirus cygnus*. Mar. Ecol. Prog. Ser., 66: 63-74.

Jordán, E. 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la Península de Yucatán. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México. 6:69-86.

Jordán, E. 1980. Arrecifes coralinos del noroeste de la Península de Yucatán: estructura comunitaria, un estimador del desarrollo arrecifal. Tesis Doctoral. UACP y P del CCH. UNAM.

Kanciruk, P. 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (spiny lobsters). In: The Biology and Management of Lobsters, pp 59-96. Vol.(2): Ecology and Management. (J.S. Cobb and B.F. Phillips, Eds.), Academic Press, New York.

Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind. 1973. Preliminary investigations of the daily and seasonal locomotor activity rhythms of the spiny lobster *Panulirus argus*. Mar. Behav. Physiol., 1: 351-359.

- Lewis, J.B. 1951. The phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. Bull. Mar. Sci. Gulf and Carib., 1: 89-103.
- Lipcius, R.N. 1983. Size-Dependent reproduction and molting in spiny lobsters and other long-lived decapods. In: Crustacean Issues, pp 129-148. Vol.(3): Factors in adult growth. (A. Wenner, Ed.). Balkema press, Rotterdam.
- Lipcius, R.N. and J.S. Cobb. 1994. Ecology and fishery biology of spiny lobsters. In: Spiny lobster management, pp 1-30. Current situation and perspectives. (B.F. Phillips, J.S. Cobb, and J. Kittaka, Eds.), Blackwell Scientific, Oxford.
- Little, E.J. 1977. Observations on recruitment of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*, to the South Florida coast. Fla. Mar. Res. Publ., 29: 1-35.
- Little, E.J. y G.R. Milano. 1980. Techniques to monitor recruitment of postlarval spiny lobsters, *Panulirus argus*, to the Florida Keys. Fla. Mar. Res. Publ., 37: 16 pp.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y B.F. Phillips. 1991. Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascensión, México. Fish Bull., U.S., 89: 79-89.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán and F. Negrete. 1994. An evaluation of concrete block structures as shelter for juvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. Bull.Mar. Sci., 55: 351-362.
- Lozano, E., P. Briones, L. Santarelli, A. Gracia. 1982. Densidad poblacional de *Panulirus gracilis* (Streets) y *Panulirus inflatus* (Bouvier) (Crustacea: Palinuridae) en dos áreas cercanas a Zihuatanejo, GRO. México. Ciencia Pesquera: Sría. Pesca, México, 3:61-73.
- Lyons, W.G. 1980. The postlarval stage of Scyllaridean lobsters. Fisheries, 5: 47-49.
- Lyons, W.G., D.G. Barber, S.M. Foster, F.S. Kennedy and 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 pp
- Marx, J.M. 1986. Settlement of spiny lobster, *Panulirus argus*, pueruli in south Florida: An evaluation from two perspectives. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 2221-2227.
- Marx, J.M. and W. Herrnkind. 1985a. Factors regulating microhabitat use by young juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*: food and shelter. J. Crustacean Biol., 5, 650-657.

Marx, J.M. and W. Herrnkind. 1985b. Macroalgae (Rhodophyta: *Laurencia* spp.) as habitat for young juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*. Bull. Mar. Sci., 36: 423-431.

Merino, M y L.Otero. 1991. Atlas Ambiental Costero Puerto Morelos, Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 pp.

Mintz, D.J., R. Lipcius, D. Eggleston, M. Seebo. 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effects of shelter size, geographic location and conspecific abundance. Mar. Ecol. Prog. Ser., 112: 255-266.

Negrete-Soto, F. 1994. Crecimiento de postlarvas y primeros estadios juveniles de la langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en cautiverio. Tesis de Maestría. Fac. Ciencias. UNAM. México. 62 pp.

Padilla-Ramos y Briones-Fourzán. 1997. Características biológicas de las langostas (*Panulirus* spp.) provenientes de las capturas en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Ciencias Marinas, 23(2): 175-193.

Pérez-Espinosa, P. 1993. Estudio preliminar sobre la depredación de las postlarvas y primeros estadios juveniles de la langosta espinosa, *Panulirus argus* (Latreille, 1804), en la región de Puerto Morelos, Q.R. Servicio Social. División de ciencias biológicas y de la salud. UAM.México. 40 pp.

Phillips, B.F. 1972. A semiquantitative collector of puerulus larvae of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George (Decapoda, Palinuridea). Crustaceana, 22(2): 147-154.

Phillips, B.F. and D. Macmillan. 1987. Antennal receptors in puerulus and postpuerulus stages of the rock lobsters *Panulirus cygnus* (Decapoda: Palinuridae) and their potential role in puerulus navigation. J. Crustacean Biol., 7(1): 122-135.

Phillips, B. F and J.D. Booth. 1994. Design, use, and effectiveness of collectors for catching the puerulus stage of spiny lobsters. Fisheries Science, 2(3): 255-289.

Phillips, B.F., N.A. Campell and W.A. Rea. 1977. Laboratory growth of early juveniles of the Western rock lobster *Panulirus longipes cygnus*. Mar. Biol., 39: 31-39.

Phillips, B.F., J.S. Cobb and J. Kittaka. 1994. Spiny Lobster Management. Fishing News Books, Oxford. 550 pp.

Ramos-Aguilar, M.E. 1992. Aspectos de los patrones de movimiento (regreso al refugio y ámbito hogareño) de la langosta *Panulirus argus*, en Bahía de la Ascensión Quintana Roo, México. Tesis Prof. Fac. Ciencias. UNAM. 64pp.

Reyes-Zavala, G. 1998. Monitoreo de las macrófitas benticas de la Laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R. Tesis Prof. Fac. Ciencias. UNAM. 64pp

Smith, K.N. and W.F. Herrnkind. 1992. Predation on early juvenile spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 157: 3-18.

Waugh, G.T. 1981. Management of juvenile spiny lobster (*Panulirus argus*) based on estimated biological parameters from Grand Bahama Island, Bahamas. Proc. Gulf. Carib. Fish. Inst., 33: 271-289.

Witham, R., R.M. Ingle and H.W. Sims, Jr. 1964. Notes on postlarvae of *Panulirus argus*. Quart. J. Fla. Acad. Sci., 27: 289-297.

Witham, R., R.M. Ingle and A. Joyce. 1968. Physiological and ecological studies of *Panulirus argus* from the St. Lucie estuary. Fla. Bd. Conserv. Mar. Lab. Tech. Ser., 53:1-37.

Yoshimura, T. and H. Yamakawa, 1988. Ecological investigations of settled puerulus and juvenile stages of the Japanese spiny lobster, *Panulirus japonicus*, at Kominato, Japan. J. Crustacean Biol., 8: 524-531.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey. 718pp.