

00366

8



Universidad Nacional Autónoma de México

**Importancia de refugios artificiales tipo casita para juveniles de langosta
Panulirus argus (Latreille, 1804): Dinámica de ocupación y heterogeneidad
del sustrato en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.**

T E S I S

que para obtener el grado de

**Maestro en Ciencias
Biología Marina**

presenta

César Gabriel Meiners Mandujano

Director de Tesis: Dr. Enrique Lozano Álvarez

**Comité Tutorial: Dra. Patricia Briones Fourzán
Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata
Dr. Michel Hendrickx Reners
Dra. Brigitta Ine van Tussenbroek**

Puerto Morelos, Q. R. mayo de 2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.

A Martha, Rolf,
Daniel y Rodrigo

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Enrique Lozano Álvarez por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo bajo su dirección y tutoría, producto de sus inquietudes en el tema. A la Dra. Patricia Briones Fourzán por las observaciones y comentarios en la realización de este trabajo. Ambos por proveer y facilitar todos los medios necesarios para llevar a cabo el trabajo en campo y escritorio.

A la Dra. Brigitta van Tussenbroek por la asesoría en el diseño y análisis de lo relacionado con el fitobentos de la laguna arrecifal, así como las cuestiones estadísticas y correcciones al escrito.

Al Dr. Miguel Ángel Cisneros Mata y al Dr. Michel Hendrickx Reners, por sus comentarios y sugerencias en el escrito, como miembros del comité, a pesar de las distancias geográficas.

Agradezco enormemente al M. C. Fernando Negrete Soto por la planeación y conducción de las muchas horas de buceo durante el trabajo de campo.

A la M. C. Cecilia Barradas por el apoyo en la búsqueda de información y colaboración en las jornadas de campo.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el otorgamiento de la beca crédito para cursar estudios de Maestría de agosto de 1999 a julio de 2001 que hizo posible la estancia en Puerto Morelos.

Agradezco también el apoyo de la Unidad Académica Puerto Morelos de la UNAM por brindarme el apoyo como residente en su unidad habitacional de febrero de 2000 a la fecha para la realización de este trabajo.

A mis compañeros de laboratorio: Oc. Claudia Rivera, P. Biol. Lorenzo Alvarez, M. C. Verónica Monroy, Biol. Iris Segura, Biol. Eleuterio y Biol. Luis González por el apoyo en la realización del trabajo de campo.

Gracias al personal administrativo de la Unidad Académica Puerto Morelos por facilitar mi estancia en cuestión de trámites y comunicación con las distintas sedes. Así como también al personal de vigilancia e intendencia de ésta Unidad.

Reconozco también la grata compañía que significaron Kor, Miguel, Daniel, Hugo, Griselda, Marisa, Alex, Hugo, Aimé, Norma (s), Gabriela, Lupita y Javier durante la estancia en Puerto Morelos.

Finalmente a Gloria (V), por darle a esta etapa un significado único.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO GENERAL.....	9
Objetivos particulares.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
METODOLOGÍA.....	12
Abundancia de langostas y tipo de ocupación de casitas.....	13
Distribución de tallas de juveniles de langosta.....	15
Escala de movimientos y regreso a refugios.....	15
Caracterización ambiental de los sitios de muestreo.....	16
Caracterización del sustrato sedimentario.....	17
Caracterización del fitobentos.....	17
RESULTADOS.....	19
Abundancia de langostas y tipo de ocupación de casitas.....	19
Distribución de tallas de juveniles de langosta.....	23
Escala de movimientos y regreso a refugios.....	26
Caracterización ambiental de los sitios de muestreo.....	30
DISCUSIÓN.....	41
CONCLUSIONES.....	48
LITERATURA CITADA.....	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Escala de Braun Blanquet para estimaciones visuales de la presencia de componentes fitobentónicos.....	18
Tabla 2 - (a) Análisis de varianza de la abundancia de juveniles de <i>Panulirus argus</i> en los sitios de muestreo y (b) comparación a posteriori de Tukey.....	20
Tabla 3.- Número de juveniles de langosta por casita en cada sitio agrupados en dos periodos.....	21
Tabla 4.-Pruebas de independencia con χ^2 , Ho: número de langostas presentes en cada casita es independiente del periodo de muestreo.....	22
Tabla 5.-Distribución de tallas funcionales de los juveniles de <i>Panulirus argus</i> (langostas <25 mm LC; langostas entre 25 y 35 mm LC; Langostas > 35 mm LC). Datos están transformados a (x + 1)	26
Tabla 6 - Número de langostas por casita y totales durante inspecciones día – noche – día en los sitios de muestreo en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, durante junio del 2000	27
Tabla 7.- Número de juveniles de langosta que ocuparon 1, 2, 3, 4 ó 5 casitas en experimentos de seguimiento individual: (a) durante seis días de inspecciones simultáneas en los sitios 4, 7 y 8 y (b) durante cinco días en los sitios 2 y 5.....	29
Tabla 8.- Intervalo, promedio y desviación estándar de talla (LC) de langostas, de las que se registraron frecuencia y amplitud promedio de movimientos en los sitios de muestreo, en experimentos de marcado y seguimiento individual de corta duración.....	30
Tabla 9.- Comparación de medias a posteriori de Tukey, para las profundidades de capa sedimentaria (cm) de los sitios de muestreo.....	31
Tabla 10.- Número de subáreas para cada nivel de abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet), en los sitios de muestreo.....	39
Tabla 11.- Comparaciones simultáneas de independencia de abundancia relativa de cada categoría para los cinco sitios de muestreo.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Mapa de la ubicación del área de estudio.....	10
Figura 2.- Ubicación de los cinco sitios de muestreo dentro de la laguna arrecifal de Puerto Morelos que cuentan con refugios artificiales tipo casita.....	13
Figura 3.- Abundancia de juveniles de langosta en cada uno de los sitios muestreo.....	19
Figura 4.- Porcentaje de casitas sin langostas, con una sola y con más de una langosta (agregadas), en cada uno de los sitios.....	22
Figura 5. – Gráfica de caja para el número de langostas registradas bajo casitas. Mediana, intervalo y cuartiles.....	23
Figura 6.- Distribución final de proporción de frecuencia de talla de juveniles de langosta en cada sitio de muestreo.....	24
Figura 7.- Gráfica de caja. Intervalo de tallas (mm LC), mediana y cuartiles de las langostas residentes en los cinco sitios de muestreo.....	25
Figura 8.- Mapas de isóneas de contorno de las clases de profundidad de sedimento en los sitios 2 y 5.....	31
Figura 9.- Mapas de isóneas de contorno de las clases de profundidad de sedimento en los sitios 4, 7 y 8.....	32
Figura 10.- Cobertura porcentual de área de la profundidad de penetración en el sedimento en cada uno de los sitios de muestreo.....	33
Figura 11.- (a) Densidad de haces y talos (individuos/ m ² ± EE) que componen las cinco categorías morfológicas de vegetación y (b) tallas medias en cm (± EE) de los pastos marinos que componen las categorías.....	34
Figura 12.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet) en cada subárea del sitio 2.....	36
Figura 13.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet) en cada subárea del sitio 5.....	36
Figura 14.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet) en cada subárea del sitio 4.....	37
Figura 15.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet) en cada subárea del sitio 7.....	37
Figura 16 - Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación (escala de Braun Blanquet) en cada subárea del sitio 8.....	38

RESUMEN

Con el objetivo de complementar el conocimiento acerca de la importancia y los efectos que los refugios artificiales tipo casita tienen sobre una población de langosta, *Panulirus argus*, a lo largo del tiempo, se buscó determinar mediante experimentos de campo, si existe o no relación entre las diferencias en la heterogeneidad ambiental del sustrato donde son colocadas las casitas, y los atributos de la población y la dinámica de utilización de las casitas ocupadas por los juveniles de langosta residentes en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. de diciembre de 1999 a marzo de 2001. Los experimentos se realizaron en cinco sitios de muestreo de 1 ha que contaron con diez refugios artificiales cada uno. Se realizaron 8 censos aproximadamente cada dos meses y 5 censos intensivos (durante seis días seguidos) mediante buceo SCUBA de donde se determinó: Abundancia de juveniles de langosta y tipo de ocupación de casitas, distribución de tallas, escala de movimientos y regreso al refugio. También se realizó la caracterización sedimentaria y de cobertura de carpeta vegetal para caracterizar ambientalmente los sitios de muestreo. Se encontró que los cinco sitios de muestreo alojan al mismo segmento de la población de juveniles de *P. argus* (postalgales principalmente). Existe una tendencia de reducción de la diferencia en la abundancia de juveniles de *P. argus* entre sitios de muestreo cercanos al arrecife y aquellos ubicados en la laguna media hacia la costa a pesar de las diferencias ambientales entre los sitios. Los juveniles de *P. argus* no mostraron predilección por alguna(s) casita(s) a lo largo del tiempo. La posibilidad de encontrar refugio adecuado en la laguna arrecifal de Puerto Morelos es el factor crítico para la sobrevivencia de los juveniles postalgales de *P. argus*. Las casitas en los sitios experimentales permitieron un incremento en la amplitud y frecuencia de movimientos de los juveniles de *P. argus*, ampliándose su ámbito hogareño.

INTRODUCCIÓN

Las langostas son crustáceos decápodos que se encuentran clasificados en cuatro familias: Nephropidae, Scyllaridae, Synaxidae y Palinuridae. A esta última familia pertenece la langosta común del Caribe (*Panulirus argus*), que se distribuye en el océano Atlántico occidental desde las costas e islas del Brasil hasta Carolina del Norte en E.U.A., incluyendo las costas de Centroamérica, México, las Antillas y las Bermudas. *Panulirus argus* es la especie sobre la cual recae la mayor actividad pesquera de langosta en esta región (Cruz *et al.* 1987). En nuestro país se distribuye en zonas arrecifales coralinas de las costas del Caribe en Quintana Roo y en el Golfo de México, en los estados de Yucatán, Campeche, Veracruz y Tamaulipas (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2000).

Panulirus argus posee un ciclo de vida complejo que requiere de tres hábitats distintos para su desarrollo: arrecife coralino, océano abierto y zonas costeras someras con abundante vegetación (Butler & Herrnkind 1997). La reproducción y el desove se llevan a cabo a lo largo del margen costero, cerca de arrecifes de coral accesibles al océano abierto. Al eclosionar los huevecillos, después de tres a cuatro semanas de incubación (Cruz *et al.* 1987), las larvas planctónicas llamadas filosomas (transparentes y comprimidas dorso-ventralmente) son dispersadas hasta miles de kilómetros mar adentro vía corrientes marinas. Esta fase de dispersión comprende entre seis y doce meses, dependiendo de la región, con once diferentes estadios de filosoma entre 0.5 y 12.0 mm de longitud cefalotorácica (LC) (Lewis 1951; Baisre 1964; Cruz *et al.* 1987; Butler & Herrnkind 1997).

Posteriormente, la larva realiza una metamorfosis hacia la fase postlarval (puerulo), todavía en aguas abiertas, adquiriendo la forma de langosta comúnmente conocida, pero completamente transparente. En esta fase adquiere capacidad natatoria (Butler & Herrnkind 1991; Forcucci *et al.* 1994) y no se alimenta, pero obtiene energía suficiente de la utilización de cuerpos grasos en el homocole de la cabeza (Takahashi *et al.* 1994) para llevar a cabo el retorno a la zona costera, principalmente durante la noche en períodos de luna nueva (Phillips *et al.* 1980; Phillips & McWilliam 1986; Acosta *et al.* 1997; Acosta & Butler 1999), nadando en la capa superficial del agua y ayudado por el transporte de Eckman por esfuerzo del viento (Calinski & Lyons 1983; Acosta *et al.* 1997; Eggleston *et al.* 1998).

Las postlarvas se asientan en sustratos costeros someros, donde adquieren hábitos bénticos. Estos sustratos tienen presencia de pastos marinos, macroalgas y/o raíces de mangle, dependiendo de la localidad, y en ellos realizan la muda de puerulos a juveniles después de dos a seis semanas de asentados (Marx & Herrnkind 1985; Herrnkind *et al.* 1994; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001a). A partir de esta fase, la fisonomía del organismo ya no cambia, pero durante se desarrollo cambia de comportamiento y utiliza distintos hábitats, por lo que se ha sugerido la siguiente división ecológica de los juveniles (Butler & Herrnkind 1997):

a) Juveniles algales (5 a 15 mm LC). En esta fase los juveniles permanecen de dos a cinco meses entre las frondas de macroalgas, donde se alimentan y guarecen. Exhiben una coloración de bandas longitudinales alternadas (oscuro - claro) en el cuerpo y apéndices. Esto los hace difíciles de detectar en fondos estructuralmente complejos (pastizales marinos o vegetación sumergida), lo cual asociado a su comportamiento críptico y solitario aumenta su protección contra depredadores (Smith & Herrnkind 1992).

b) Juveniles postalgales (15 a 45 mm LC). En esta fase, que comprende entre los seis y dieciocho meses de vida, los juveniles presentan movimientos más amplios entre sustratos de vegetación marina y sitios adyacentes (Butler & Herrnkind 1997). Los juveniles postalgales pasan la mayor parte del día ocultos bajo rocas, esponjas, octocorales o cualquier estructura natural o artificial que sirva como refugio. Durante la noche salen del refugio para alimentarse de pequeños crustáceos y moluscos en los alrededores de su hábitat (Herrnkind *et al.* 1994; Castañeda-Fernández 1998). Se cree que este paso de habitante algal permanente a morador diurno, a una talla en la que ya es menos vulnerable a depredadores de langostas pequeñas, es una estrategia ontogénica contra la depredación. Asimismo, las langostas mayores a 15 mm LC parecen ser demasiado grandes para moverse eficientemente a través de vegetación densa, por lo que probablemente se vean obligadas a moverse en lugares de menor cobertura vegetal para obtener el alimento adecuado (Smith & Herrnkind 1992).

c) Juveniles tardíos o preadultos (45 a 80 mm LC). Los juveniles en esta fase realizan excursiones nocturnas más amplias y cuando alcanzan la madurez sexual se desplazan hacia áreas más profundas en el borde arrecifal externo y en la plataforma continental, con fines reproductivos (Lozano-Álvarez *et al.* 1991). Esto ocurre alrededor de los dos años de edad y aproximadamente a los 76 mm LC (Butler & Herrnkind 1997).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En general, la supervivencia durante el paso de fase planctónica a fase béntica del organismo se considera un factor determinante para el tamaño de la población final (Sosa-Cordero *et al.* 1998). Este estadio de juvenil temprano es altamente vulnerable, independientemente del número de puerulos que se asientan en un año, lo que representa un cuello de botella potencial para el crecimiento de la población (Caddy 1986; Caddy & Stomatopoulos 1990; Smith & Herrnkind 1992; Parrish & Polovina 1994; Childress & Herrnkind 1994).

Se presume que la mortalidad natural de juveniles es alta, y que es la causa determinante del tamaño de la población en tallas mayores, por lo tanto, la disponibilidad y calidad de los refugios contra la depredación puede ser un parámetro que garantiza el máximo reclutamiento de tallas grandes, las cuales son menos susceptibles a tales riesgos (Smith & Herrnkind 1992). Esto significa que un alto influjo de postlarvas no es suficiente para garantizar una producción elevada de langosta, sino que se requieren áreas extensas con substratos adecuados para el asentamiento de las postlarvas (Lozano-Álvarez 1995). Por otro lado, la disponibilidad y calidad de refugios para los juveniles algales varían conforme lo hace la disponibilidad estacional de las algas, lo que afecta los patrones de abundancia (Childress & Herrnkind 1997; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001a) y reduce la relación entre el flujo de postlarvas y el reclutamiento subsecuente de juveniles mayores (Forcucci *et al.* 1994; Herrnkind *et al.* 1997b). Así, la escasez de hábitats adecuados para el crecimiento de juveniles es un posible factor de regulación de la abundancia después del asentamiento (Briones-Fourzán 1994). Los refugios necesarios para las diferentes tallas de juveniles difieren en tipo y estructura. Los juveniles pequeños utilizan regularmente como refugios pequeñas oquedades. En esta etapa, los juveniles no han desarrollado aún un comportamiento gregario y las características locales del hábitat son críticas para su sobrevivencia, siendo mejores aquellas que ofrecen mayor cobertura (turbidez, pastos altos y/o densos, etc.) (Lozano-Álvarez *et al.* 1994).

La falta de refugios adecuados para juveniles en ciertas áreas costeras ha llevado a la implementación de refugios artificiales conocidos como "casitas" para aumentar la captura comercial de langosta (Miller 1982; Cruz & Phillips 2000; Briones-Fourzán *et al.* 2000). Las casitas se empezaron a utilizar a principios de la década de 1960 en el archipiélago cubano (Cruz *et al.* 1987), y a finales de esa misma década en la costa de Quintana Roo, particularmente en las Bahías de la Ascensión y Espíritu Santo (Miller 1982; Lozano-Álvarez *et al.* 1991). El fundamento del aumento de la producción de langosta por medio de la utilización de refugios artificiales ha sido ampliamente discutido, pues supone de antemano un aumento en

la producción del sistema, debido a que los refugios artificiales proveen de hábitat crítico adicional, lo que supuestamente incrementa la capacidad de carga ambiental y eventualmente la abundancia y biomasa de los organismos (hipótesis de producción). En contraposición a la hipótesis de producción, se propone que el mecanismo de agregación de organismos en los refugios artificiales resulta meramente de la redistribución de lo ya existente; es decir, por atracción de individuos como resultado de preferencias conductuales, pero no incrementa significativamente la biomasa total de la especie objetivo en todo el sistema (hipótesis de atracción) (Bohnsack 1989, Polovina 1991; Lindberg 1997). En años recientes, las hipótesis de atracción y producción no necesariamente son consideradas como mutuamente excluyentes, sino como procesos a lo largo de un gradiente determinado por la especie objetivo de que se trate y las condiciones locales del sistema en estudio (Bohnsack 1989; Bohnsack *et al.* 1997; Lindberg 1997; Sosa-Cordero *et al.* 1998; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b).

Para especies como *Panulirus argus*, con ciclos e historias de vida complejos, el entendimiento del proceso de reclutamiento requiere de información sobre el asentamiento de postlarvas en el bentos y sobre los cambios en los requerimientos de hábitat, disponibilidad de refugios y otros factores que pueden afectar la sobrevivencia y el crecimiento posteriores al asentamiento. Es por ello que hacen falta investigaciones orientadas a las fases del ciclo de vida que ocurren en aguas costeras, para elucidar los vínculos entre la abundancia de postlarvas, juveniles y adultos (Forcucci *et al.* 1994; Butler & Herrnkind 1997). La colocación y utilización de hábitats artificiales con fines experimentales provee de amplias posibilidades de conducir evaluaciones controladas, que ofrezcan un enfoque ecológico de su función (Miller 1999; Herrnkind *et al.* 1999, Lindberg 1997) y contribuir con elementos ecológicos para el manejo de la pesquería.

Con la idea de determinar la dinámica de ocupación y funcionamiento de refugios artificiales tipo casita utilizados por juveniles de *Panulirus argus*, se realizaron experimentos de campo en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, lugar donde nunca antes habían sido utilizados estos refugios. La laguna arrecifal de Puerto Morelos es un lugar donde los refugios naturales para juveniles postalgaes y subadultos son limitados (Garza-Garza 1998; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b), y sobre el cual se cuenta con amplios estudios ecológicos previos a la introducción experimental de refugios artificiales para langosta.

Para contribuir al conocimiento de la dinámica de utilización de refugios artificiales, su entorno ambiental y el impacto de esta modalidad de manejo sobre una población de langosta, en el

presente estudio se analizaron la composición de tallas de *P. argus* y el tipo de ocupación de los refugios artificiales a lo largo del tiempo entre los diferentes sitios, la frecuencia y amplitud de movimiento de langostas en días sucesivos, y se caracterizó el entorno ambiental del sustrato de los sitios de muestreo con fines comparativos.

ANTECEDENTES

Spanier y Zimmer-Faust (1988) analizaron la importancia de algunas características físicas de los refugios naturales seleccionados por la "langosta roja" de California, *Panulirus interruptus*. Sus resultados indican que *P. interruptus* mostró preferencia por refugios con varias entradas, con diámetro menor que el de la bóveda del refugio, preferentemente con techo y pared posterior, aunque sin paredes laterales.

En estudios de dinámica poblacional de juveniles de *P. argus* en Florida, Forcucci *et al.* (1994) encontraron una alta correspondencia entre el influjo de postlarvas y el reclutamiento de juveniles ocho meses después, pero solamente en aquellas zonas con hábitats de buena calidad disponibles para los juveniles, por lo que concluyeron que la disponibilidad de hábitats de asentamiento y post-asentamiento limita la abundancia de la población de langosta. Varios autores consideran como un cuello de botella poblacional a la escasez y tipo de hábitats disponibles para el asentamiento, el cambio de hábitat y el crecimiento de juveniles de *P. argus* (Smith & Herrnkind 1992; Childress & Herrnkind 1994) y en *P. marginatus* (Parrish & Polovina 1994), independientemente del influjo de postlarvas que llegan a estas zonas de reclutamiento. En el mismo sentido Briones-Fourzán (1994) menciona a la escasez de hábitats adecuados en algunas zonas costeras a lo largo del Caribe mexicano, como factor regulador de la abundancia de langosta.

Eggleston *et al.* (1990) sugieren que en hábitats marinos con refugios naturales limitados, pero con suficiente alimento, podría incrementarse el número de langostas (reclutamiento local) colocando refugios artificiales adecuados, ya que esto reduciría la mortalidad inducida por la depredación y acortaría las distancias entre áreas de forrajeo y refugio (Aguilar-Dávila 1995). Sin embargo, el impacto ecológico que tendría el aumento de la población de langosta en el sistema es aun desconocido (Butler & Herrnkind 1997).

presente estudio se analizaron la composición de tallas de *P. argus* y el tipo de ocupación de los refugios artificiales a lo largo del tiempo entre los diferentes sitios, la frecuencia y amplitud de movimiento de langostas en días sucesivos, y se caracterizó el entorno ambiental del sustrato de los sitios de muestreo con fines comparativos.

ANTECEDENTES

Spanier y Zimmer-Faust (1988) analizaron la importancia de algunas características físicas de los refugios naturales seleccionados por la "langosta roja" de California, *Panulirus interruptus*. Sus resultados indican que *P. interruptus* mostró preferencia por refugios con varias entradas, con diámetro menor que el de la bóveda del refugio, preferentemente con techo y pared posterior, aunque sin paredes laterales.

En estudios de dinámica poblacional de juveniles de *P. argus* en Florida, Forcucci *et al.* (1994) encontraron una alta correspondencia entre el influjo de postlarvas y el reclutamiento de juveniles ocho meses después, pero solamente en aquellas zonas con hábitats de buena calidad disponibles para los juveniles, por lo que concluyeron que la disponibilidad de hábitats de asentamiento y post-asentamiento limita la abundancia de la población de langosta. Varios autores consideran como un cuello de botella poblacional a la escasez y tipo de hábitats disponibles para el asentamiento, el cambio de hábitat y el crecimiento de juveniles de *P. argus* (Smith & Herrnkind 1992; Childress & Herrnkind 1994) y en *P. marginatus* (Parrish & Polovina 1994), independientemente del influjo de postlarvas que llegan a estas zonas de reclutamiento. En el mismo sentido Briones-Fourzán (1994) menciona a la escasez de hábitats adecuados en algunas zonas costeras a lo largo del Caribe mexicano, como factor regulador de la abundancia de langosta.

Eggleston *et al.* (1990) sugieren que en hábitats marinos con refugios naturales limitados, pero con suficiente alimento, podría incrementarse el número de langostas (reclutamiento local) colocando refugios artificiales adecuados, ya que esto reduciría la mortalidad inducida por la depredación y acortaría las distancias entre áreas de forrajeo y refugio (Aguilar-Dávila 1995). Sin embargo, el impacto ecológico que tendría el aumento de la población de langosta en el sistema es aun desconocido (Butler & Herrnkind 1997).

Mintz *et al.* (1994) encontraron que la sobrevivencia significativa de juveniles de *P. argus*, depende de la ubicación geográfica de los sitios en que son colocados los refugios artificiales tipo casita, y de la disponibilidad de refugios naturales en los alrededores, además de que este proceso no se encuentra controlado únicamente por las características físicas del refugio, sino también por la abundancia relativa de organismos coespecíficos y de depredadores. Lozano-Álvarez (1995) analiza los requisitos para la introducción de refugios artificiales con fines pesqueros y menciona la importancia de sustratos adecuados para el asentamiento de las postlarvas.

Además de las características físicas de los refugios artificiales, las cualidades locales del hábitat también son importantes para atraer y concentrar a las langostas (Lozano-Álvarez *et al.* 1994), pues aun refugios artificiales estructuralmente iguales pueden diferir en su efectividad a lo largo del tiempo (Lozano-Álvarez *com. pers.*). Por ejemplo, Arce *et al.* (1997) y Sosa-Cordero *et al.* (1998) encontraron que la presencia de pastos marinos y zonas vegetadas en general, en donde son colocados los refugios artificiales, son factores clave para la ocupación de los refugios por langostas. Observaciones nocturnas hechas en la Bahía de la Ascensión (Ramos-Aguilar 1992), dan cuenta de una mayor incidencia de juveniles en hábitats de abundante pasto marino (*Thalassia testudinum*), con diferentes algas calcáreas y rodofitas asociadas.

Se han llevado a cabo estudios en donde se sugiere que el riesgo de depredación puede ser la fuerza conductora de la distribución y abundancia de langostas, y tener importancia relativa para modular el tamaño del refugio utilizado por las langostas y los cambios en la agregación de los organismos en el mismo (Eggleston & Lipcius 1992; Butler *et al.* 1997). Smith y Herrnkind (1992) llevaron a cabo experimentos en langostas juveniles de *P. argus* de diferentes tallas, en los cuales compararon tasas de depredación de juveniles bajo refugio y expuestos. Estos autores observaron una considerable reducción de la depredación en juveniles algales que se encontraban bajo abrigo de la vegetación sumergida, con respecto a tallas mayores. Sin embargo, la naturaleza estática de los registros de presencia de depredadores en los muestreos de campo puede ser de valor limitado al aplicarse a procesos dinámicos (Sosa-Cordero *et al.* 1998), como lo son las variaciones en la ocupación de refugios artificiales por langostas.

Childress y Herrnkind (1997) proponen que el hecho de que los juveniles postalgales de *P. argus* compartan refugios se debe más a la escasez de refugios para estas tallas que a un comportamiento social. A esto lo denominan "hipótesis de efecto guía", según la cual la ocupación de refugios por los juveniles se dará por probabilidad, de acuerdo con el número de

refugios e individuos presentes. Así, mientras menor sea el número de refugios habrá mayor probabilidad de que sean compartidos por un número mayor de individuos. Además, Childress y Herrnkind (2001) concluyeron que bajo la idea del "efecto guía", la búsqueda individual de refugio por los juveniles de langosta es significativamente más rápida cuando otras langostas residentes se encuentran ocupando los refugios, reduciéndose el tiempo de exposición y con ello el riesgo de depredación asociado durante la búsqueda.

Herrnkind *et al.* (1997b) registraron el descenso del reclutamiento de juveniles postalgaes de *P. argus* en Florida causado por una mortalidad masiva de esponjas que constituían el refugio más usado por estos organismos. Sin embargo, estos mismos autores también registraron ocupación de refugios que normalmente no habían sido utilizados por estos organismos, debido a lo cual la disminución en la densidad de esponjas no se reflejó en una disminución en la densidad de juveniles de langosta.

Ratchford y Eggleston (1998) examinaron experimentalmente si el cambio ontogénico en la producción-receptividad de atrayentes químicos contribuye al cambio ontogénico en la sociabilidad (agregación de juveniles en refugios conforme crecen) de *P. argus*. Encontraron que la quimiotaxis puede ser uno de los factores que median la formación de agregaciones, pero es probable que no sea el único medio por el cual las langostas regresen a sus refugios después de sus excursiones alimenticias nocturnas. Estos autores sugieren, además, que los juveniles muestran una fuerte fidelidad al refugio, tal y como sucede en adultos.

Más recientemente, Ratchford y Eggleston (2000) encontraron que la presencia de atrayentes químicos secretados por langostas pueden determinar el comienzo de la búsqueda o elección del refugio ocupado previamente por otra(s) langosta(s). Estos autores sugieren que este mecanismo puede ser utilizado por los juveniles no solo para localizar el refugio, sino para juzgar su calidad. En general, la agregación de langostas parece estar regulada por cambios temporales en la presencia del atrayente químico, más que por cambios temporales en su receptividad.

En el caso particular de la zona de Puerto Morelos, hasta 1994 los estudios sobre las fases bénticas de *P. argus* habían estado enfocados a la fase adulta de la población (Padilla-Ramos & Briones-Fourzán 1997; Lozano-Álvarez *et al.* 1991, 1998). A partir de entonces se emprendió un estudio de caracterización de la laguna arrecifal y de la población de langosta que allí reside

antes de introducir refugios artificiales para langosta, con el objetivo de realizar análisis comparativos después de la introducción de las casitas (Lozano-Álvarez *et al.* 1998)

Garza-Garza (1998) la atribuye la baja abundancia de juveniles de langosta en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, a la escasez de esponjas, a la presencia aislada de manchones de *Laurencia* sp. y a la baja densidad de pastos marinos. Los pocos juveniles registrados se encontraban en oquedades calcáreas, que aparentemente eran los únicos refugios naturales.

Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001a) encontraron una relación significativa entre la abundancia y la distribución de los juveniles algales de *P. argus* y la biomasa de *Lobophora variegata*, un alga feofita que en su forma plegada puede representar un importante hábitat para puerulos y juveniles algales de *P. argus* en esta zona y otras áreas del Caribe. Dichos autores consideran que el número de juveniles algales por unidad de superficie que alberga la laguna arrecifal de Puerto Morelos, es comparable con las zonas de crianza más productivas de Florida, por lo que concluyen que el cuello de botella poblacional no ocurre en la fase de juvenil algal en Puerto Morelos.

Como antecedente directo al presente trabajo, Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001b) llevaron a cabo un experimento de campo para analizar el efecto de las casitas en la abundancia y biomasa de juveniles de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. Inicialmente, en un estudio base se estimó mensualmente la densidad de juveniles y se obtuvo su distribución de tallas en nueve sitios de 1 ha cada uno. Posteriormente, se colocaron casitas para juveniles postalgales en cinco de los nueve sitios y se dejaron los otros cuatro como controles. Se encontró que la densidad de juveniles se incrementó significativamente en los sitios con casitas comparados con los sitios control y con los registros durante el estudio base. La talla media y la biomasa de langostas aumentaron gradualmente en los sitios con casitas con respecto a los controles, con fluctuaciones posteriores. Estos resultados apoyan la hipótesis de que los hábitats artificiales incrementan la abundancia y la biomasa de langostas en ambientes con limitación de hábitat y que el efecto de las casitas a lo largo del tiempo sobre la abundancia de langosta es un proceso continuo de atracción – producción.

En este estudio se pretende complementar el conocimiento acerca de la importancia y los efectos que los refugios artificiales tipo casita tienen sobre una población de *P. argus* a lo largo del tiempo. En particular, se determinó si existe o no relación entre las diferencias en la

heterogeneidad ambiental del sustrato de los sitios donde son colocadas las casitas, respecto de los atributos de la población de langostas y la dinámica de ocupación de las casitas utilizadas por los juveniles de *P. argus* residentes en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

Conforme a los antecedentes mencionados, en donde el factor limitante para el crecimiento de la población de langosta en la laguna arrecifal de Puerto Morelos es el refugio para juveniles postalgales, se plantea como hipótesis nula principal que después de casi cuatro años de colocadas las casitas, las diferencias en heterogeneidad ambiental del sustrato no provocan diferencias significativas en los atributos de la población de langostas entre los diferentes sitios de muestreo. Además, el hecho de que las casitas colocadas sean estructuralmente iguales supondría que las langostas ocuparían indistintamente las casitas de cada sitio sin preferencia particular por alguna de ellas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre la heterogeneidad ambiental del sustrato sobre la abundancia, estructura de tallas y movimientos de juveniles de langosta, *Panulirus argus*, que ocupan refugios artificiales tipo casita colocados en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

Objetivos particulares

Identificar posibles diferencias entre sitios experimentales con casitas, en función de su ocupación por juveniles de langosta, de la distribución de individuos dentro de las casitas y de la estructura de tallas de los juveniles de langosta *Panulirus argus*.

Conocer la frecuencia y la escala de movimientos, la actividad nocturna y la fidelidad al refugio de juveniles de *Panulirus argus* que ocupan refugios artificiales.

Caracterizar el sustrato sedimentario y los componentes del fitobentos en los sitios donde se encuentran las casitas (especies vegetales, morfología y cobertura de carpeta vegetal).

Determinar si existen diferencias significativas en los atributos medidos de la población de *P. argus* entre los sitios con casitas y su posible relación con la heterogeneidad ambiental de los sitios.

heterogeneidad ambiental del sustrato de los sitios donde son colocadas las casitas, respecto de los atributos de la población de langostas y la dinámica de ocupación de las casitas utilizadas por los juveniles de *P. argus* residentes en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

Conforme a los antecedentes mencionados, en donde el factor limitante para el crecimiento de la población de langosta en la laguna arrecifal de Puerto Morelos es el refugio para juveniles postalgales, se plantea como hipótesis nula principal que después de casi cuatro años de colocadas las casitas, las diferencias en heterogeneidad ambiental del sustrato no provocan diferencias significativas en los atributos de la población de langostas entre los diferentes sitios de muestreo. Además, el hecho de que las casitas colocadas sean estructuralmente iguales supondría que las langostas ocuparían indistintamente las casitas de cada sitio sin preferencia particular por alguna de ellas.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la relación entre la heterogeneidad ambiental del sustrato sobre la abundancia, estructura de tallas y movimientos de juveniles de langosta, *Panulirus argus*, que ocupan refugios artificiales tipo casita colocados en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

Objetivos particulares

Identificar posibles diferencias entre sitios experimentales con casitas, en función de su ocupación por juveniles de langosta, de la distribución de individuos dentro de las casitas y de la estructura de tallas de los juveniles de langosta *Panulirus argus*.

Conocer la frecuencia y la escala de movimientos, la actividad nocturna y la fidelidad al refugio de juveniles de *Panulirus argus* que ocupan refugios artificiales.

Caracterizar el sustrato sedimentario y los componentes del fitobentos en los sitios donde se encuentran las casitas (especies vegetales, morfología y cobertura de carpeta vegetal).

Determinar si existen diferencias significativas en los atributos medidos de la población de *P. argus* entre los sitios con casitas y su posible relación con la heterogeneidad ambiental de los sitios.

ÁREA DE ESTUDIO

La laguna arrecifal de Puerto Morelos esta localizada en la parte nororiental de la península de Yucatán, en el estado de Quintana Roo, a $20^{\circ} 51' LN$ y $86^{\circ} 52' LW$ (Fig. 1).

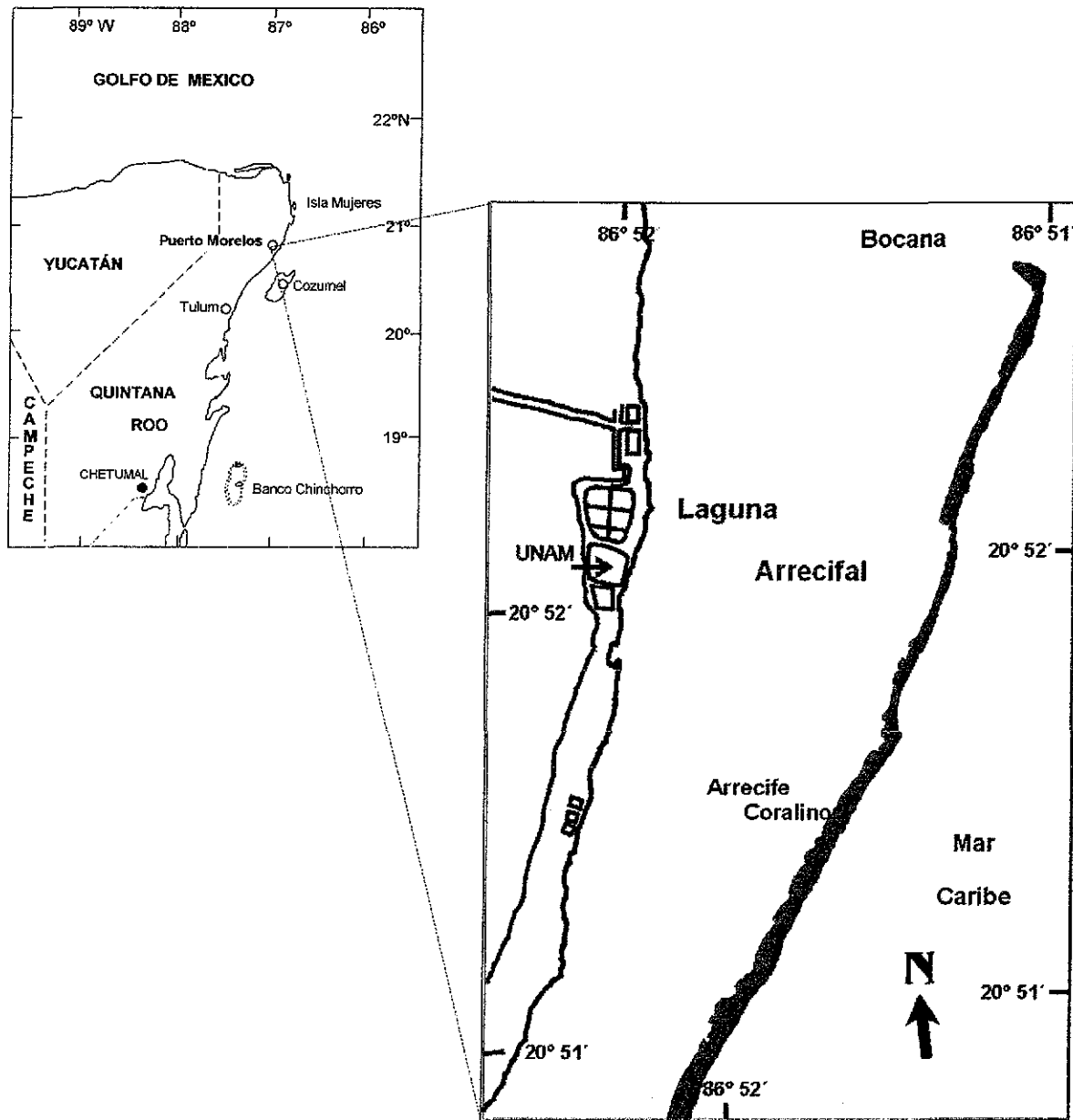


Figura 1. Ubicación del área de estudio

La zona de Puerto Morelos se encuentra la mayor parte del tiempo bajo la influencia de masas de aire marítimo tropical transportadas por los vientos alisios desde el mar Caribe; se encuentra expuesta a tormentas tropicales y huracanes, principalmente de junio a noviembre. Durante el invierno, las masas de aire continental provenientes de Norteamérica, cruzan el Golfo de México y penetran en la península de Yucatán, causando los denominados "Nortes" (Merino y Otero 1991).

La laguna arrecifal está delimitada por una barrera arrecifal que corre diagonalmente a la línea de costa con orientación noreste-suroeste, separada de la costa aproximadamente 500 a 2000 m, formando una laguna arrecifal somera, con profundidad media de 3 m y máxima de 8 m. La temperatura superficial del agua de la laguna oscila entre 24.75 y 32.85° C de acuerdo a la estación del año, y la salinidad media es de 35.72 ups (Merino y Otero 1991).

El fondo de la laguna arrecifal está compuesto mayormente por arenas de origen calcáreo, estabilizadas por pastizales marinos. Ruiz-Rentería *et al.* (1998) dividen la laguna arrecifal en tres zonas distintas con base en la vegetación dominante: (1) una franja costera estrecha (20-50 m), con alta abundancia de pastos marinos (*Thalassia testudinum* o *Syringodium filiforme*), con algas rizofíticas; (2) una amplia zona en laguna media (400-1000 m de ancho), donde la vegetación típicamente consiste de *T. testudinum* de densidad moderada, de *S. filiforme* en menor medida y de varias especies de algas rizofíticas, y el alga flotante *Lobophora variegata* (Phaeophyta); (3) una zona de arrecife posterior (100-400 m de ancho), donde hay presencia de *T. testudinum* de hojas cortas, pero otras especies vegetales son escasas. Garza-Garza (1998) distingue en la franja costera un patrón de longitud mayor de pastos marinos, con respecto al resto de las zonas.

No existe variación temporal importante, al menos en biomasa, de los grupos de macroalgas y pastos marinos dentro de esta laguna. La biomasa y la densidad de estos grupos vegetales se consideran bajos con respecto a los registrados en otras partes del Caribe. Esto se debe fundamentalmente al carácter oligotrófico de la laguna arrecifal (van Tussenbroek y Reyes-Zavala 1998). A pesar de que los pastos marinos, especialmente *T. testudinum*, establecen las condiciones del ecosistema de la laguna arrecifal, la diversidad arquitectónica de las macroalgas puede influir en la estructura y diversidad de la comunidad macrozoobéntica (Estrada-Olivo 1999; Monroy-Velázquez 2000), donde se ubican los juveniles de *P. argus*.

En particular, la población de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos está compuesta casi en su totalidad por juveniles menores de 60 mm LC (longitud cefalotorácica), aunque aproximadamente la mitad están por debajo de 25 mm LC (juveniles algales y postalgales pequeños). Hay picos de abundancia de juveniles en agosto y noviembre y los valores menores en diciembre y marzo. Existe entrada de puerulos de *P. argus* a la laguna arrecifal durante todo el año, con una gran variabilidad mensual, apreciándose una coincidencia en las tendencias mensuales promediadas por año calendario (enero – diciembre) de reclutamiento de postlarvas con la temperatura del agua y la precipitación pluvial, aunque sin ser concluyentes (Briones-Fourzán 1998; Briones-Fourzán *et al.* 1998).

METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo entre diciembre de 1999 y marzo de 2001 en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, en cinco sitios de muestreo, cada uno de los cuales tiene forma cuadrangular, con una superficie aproximada de 1 ha (100 m X 100 m) (Fig. 2). Estos sitios fueron parte de los nueve sitios experimentales del proyecto "Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino", los cuales fueron seleccionados desde febrero – marzo de 1997 (Lozano-Álvarez *et al.* 1998). Todos los sitios tienen su perímetro delimitado con cuerda de nylon. Además, cuentan con nueve líneas paralelas adicionales (del mismo material) separadas entre sí por 10 m, que dividen a cada sitio en diez carriles para facilitar la revisión total del área mediante buceo autónomo (SCUBA). Tres o cuatro buzos recorriendo simultáneamente cada uno de los diez carriles en busca de langostas, pueden revisar enteramente el área del sitio. De manera complementaria, se colocaron cuatro líneas paralelas separadas cada 20 m, perpendiculares a los carriles, formando 50 subáreas de 10 m X 20 m para facilitar la ubicación de estructuras y referenciar los cálculos de distancia dentro del sitio sin necesidad de medirlas, así como para facilitar la caracterización del sustrato y fitobentos del sitio. Los sitios se encuentran separados entre sí al menos 200 m; de esa forma pueden considerarse como sitios independientes en cuanto al movimiento de juveniles de *P. argus* en el medio natural (Lozano-Álvarez *et al.* 1991, Butler & Herrnkind 1997). La profundidad en los sitios varía entre 2.5 y 3.5 m.

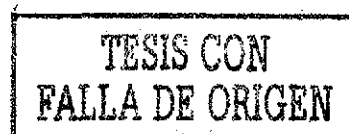
Desde julio de 1998, cada uno de los cinco sitios de estudio cuenta con diez refugios artificiales tipo casitas, iguales entre sí y colocados aleatoriamente, con un mínimo aproximado de 20 m de

En particular, la población de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos está compuesta casi en su totalidad por juveniles menores de 60 mm LC (longitud cefalotorácica), aunque aproximadamente la mitad están por debajo de 25 mm LC (juveniles algales y postalgales pequeños). Hay picos de abundancia de juveniles en agosto y noviembre y los valores menores en diciembre y marzo. Existe entrada de puerulos de *P. argus* a la laguna arrecifal durante todo el año, con una gran variabilidad mensual, apreciándose una coincidencia en las tendencias mensuales promediadas por año calendario (enero – diciembre) de reclutamiento de postlarvas con la temperatura del agua y la precipitación pluvial, aunque sin ser concluyentes (Briones-Fourzán 1998; Briones-Fourzán *et al.* 1998).

METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo entre diciembre de 1999 y marzo de 2001 en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, en cinco sitios de muestreo, cada uno de los cuales tiene forma cuadrangular, con una superficie aproximada de 1 ha (100 m X 100 m) (Fig. 2). Estos sitios fueron parte de los nueve sitios experimentales del proyecto "Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino", los cuales fueron seleccionados desde febrero – marzo de 1997 (Lozano-Álvarez *et al.* 1998). Todos los sitios tienen su perímetro delimitado con cuerda de nylon. Además, cuentan con nueve líneas paralelas adicionales (del mismo material) separadas entre sí por 10 m, que dividen a cada sitio en diez carriles para facilitar la revisión total del área mediante buceo autónomo (SCUBA). Tres o cuatro buzos recorriendo simultáneamente cada uno de los diez carriles en busca de langostas, pueden revisar enteramente el área del sitio. De manera complementaria, se colocaron cuatro líneas paralelas separadas cada 20 m, perpendiculares a los carriles, formando 50 subáreas de 10 m X 20 m para facilitar la ubicación de estructuras y referenciar los cálculos de distancia dentro del sitio sin necesidad de medirlas, así como para facilitar la caracterización del sustrato y fitobentos del sitio. Los sitios se encuentran separados entre sí al menos 200 m; de esa forma pueden considerarse como sitios independientes en cuanto al movimiento de juveniles de *P. argus* en el medio natural (Lozano-Álvarez *et al.* 1991, Butler & Herrnkind 1997). La profundidad en los sitios varía entre 2.5 y 3.5 m.

Desde julio de 1998, cada uno de los cinco sitios de estudio cuenta con diez refugios artificiales tipo casitas, iguales entre sí y colocados aleatoriamente, con un mínimo aproximado de 20 m de



separación entre ellos. Las casitas consisten en un marco de 0.90 m X 1.20 m, construido con tubos de PVC de 3.8 cm de diámetro y un techo de ferrocemento superpuesto. Las dimensiones de estas casitas están planeadas para alojar primordialmente al intervalo de tallas de juveniles presente en la laguna arrecifal (Eggleston *et al.* 1990, 1992, 1997; Arce *et al.* 1997)

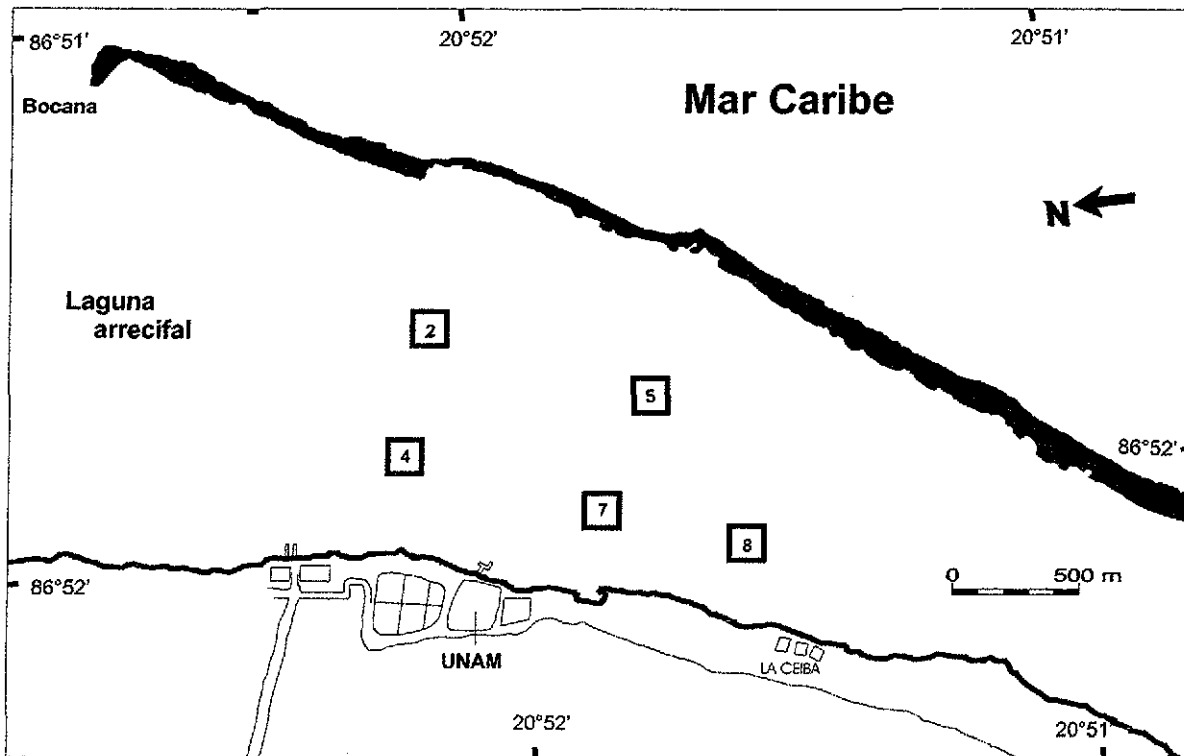


Figura 2.- Posición de los cinco sitios de muestreo dentro de la laguna arrecifal de Puerto Morelos que cuentan con refugios artificiales tipo casita. Los números con que se identifica a cada sitio, corresponden a la numeración original del estudio previo (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b).

Abundancia de langostas y tipo de ocupación de casitas.

Se realizaron ocho muestreos, aproximadamente cada dos meses en cada uno de los cinco sitios, mediante buceo autónomo (SCUBA). En cada muestreo se capturaron a mano todos los juveniles de *P. argus*. Los datos que se registraron fueron: fecha, número de langostas presentes en cada una de las casitas y su longitud cefalotorácica (LC con vernier; ± 0.1 mm) de cada individuo. A todos los organismos mayores a 25 mm LC se les insertó una marca tipo espagueti (Hallmark Ltd., Australia) numerada individualmente. La marca se aplicó en el

músculo dorsolateral, entre el cefalotórax y el abdomen (Lozano-Álvarez *et al.* 1991) para minimizar los daños a órganos vitales y evitar la pérdida de la marca en el proceso de ecdisis. Todo el procedimiento se llevó a cabo bajo el agua. Posteriormente, las langostas fueron liberadas en la misma casita en donde se capturaron.

Al final de los censos, se comparó la abundancia de langostas entre sitios con un ANOVA de una vía y medidas repetidas en el tiempo (Winer 1971; Howell 1997) para determinar si existían diferencias entre los sitios. Posteriormente, se determinó cuáles sitios eran diferentes mediante una prueba a posteriori de Tukey de comparación múltiple de medias (Zar 1984; Trujillo-Ortiz 1998).

Para determinar si el número de langostas censadas era independiente de las casitas, es decir, si la ocupación de casitas por las langostas se ajustaba (a) a un modelo de ocupación aleatorio, o (b) si algunas casitas eran consistentemente utilizadas por un mayor número de juveniles de langosta al cabo de tiempo de muestreo, se aplicó una prueba de independencia con χ^2 para cada uno de los sitios (Sokal & Rohlf 1971; Milton & Tsokos 1987). Para este análisis, el número de langostas por casita se concentró en dos períodos; uno de diciembre de 1999 a junio de 2000 y otro de agosto de 2000 a marzo de 2001. Esta agrupación de datos se hizo debido a que se observó un incremento en la abundancia de juveniles durante los meses fríos y una disminución en los meses cálidos. Además se eliminaron de este análisis ocho casitas (la casita número 7 del sitio 4; las casitas 2 y 4 del sitio 5; casitas 1, 3 y 5 del sitio 7 y casitas 7 y 8 para el sitio 8), debido a que sus residuales ajustados en tablas de contingencia las identificaron como celdas que se alejaron marcadamente del modelo de independencia (SPSS Base 8.0). Esto se debió principalmente a que estas casitas registraron ocupación nula en alguno de los períodos y alta ocupación en el siguiente. De esta manera, sólo se utilizaron los datos de 42 casitas.

Finalmente, para determinar el tipo de ocupación de las casitas, en cada sitio se obtuvieron los porcentajes de (a) casitas que no fueron utilizadas; (b) casitas que fueron ocupadas por una sola langosta; (c) casitas que fueron utilizadas por dos o más langostas y se exploraron las posibles diferencias en el número de langostas que ocuparon las casitas entre los sitios.

Distribución de tallas de juveniles de langosta

Se construyeron histogramas de frecuencia totales de distribución de tallas de juveniles de langosta en cada sitio, con intervalos de clase de 5 mm LC, y se exploraron posibles diferencias de las tallas de las langostas entre los sitios mediante una ANOVA de un factor por rangos (Kruskal-Wallis) debido a la falta de normalidad de los datos de tallas (Winer 1971; Underwood 1981). También se analizaron las diferencias entre las proporciones de distribución de talla con una prueba de homogeneidad de G (Sokal & Rohlf 1971).

Posteriormente para explorar posibles diferencias en la dinámica de la estructura de tallas de langosta entre los sitios, se comparó mediante una prueba de G trifactorial, la distribución de tres grupos funcionales de talla entre los sitios a lo largo del tiempo: (1) juveniles <25 mm LC considerados como recién refugiados en las casitas procedentes de las frondas vegetales y de pequeños refugios naturales; (2) juveniles entre 25 y 35 mm LC considerados como procedentes de asentamientos locales y que sobrevivieron en los sitios de muestreo debido al efecto de protección que les brindan las casitas; (3) aquellos >35 mm LC que son juveniles con mayor amplitud de movimiento y que podrían provenir de lugares alejados de los sitios de muestreo (efecto de atracción) y/o indicar incremento en talla de asentamientos locales previos (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b).

Escala de movimientos y regreso al refugio de los juveniles de langosta

Para esta parte del trabajo se condujeron observaciones y experimentos de campo de corta duración con dos objetivos principales: saber si las langostas realizaron excursiones nocturnas (período de actividad) en las inmediaciones de los refugios (dentro de los límites aproximados del sitio de muestreo), y determinar si después de estas excursiones nocturnas regresaban al mismo refugio.

Durante junio de 2000 se realizaron censos visuales "día – noche – día" (uno para cada sitio de muestreo), los cuales consistieron en contar todas las langostas que se encontraban debajo de las casitas en horas del día, pues es cuando las langostas no tienen actividad y se encuentran refugiadas. Posteriormente, alrededor de las 20:00 h, cuatro buzos inspeccionaron todo el sitio de muestreo revisando nuevamente las casitas y buscando detalladamente las langostas que se encontraban realizando actividades fuera de las casitas pero dentro de los límites del sitio de

muestreo. Por último, al día siguiente, se revisó una vez más el mismo sitio para verificar el número de langostas que habían regresado a las casitas después de sus excursiones nocturnas.

Para explorar la dinámica de ocupación del refugio por langostas después de sus excursiones nocturnas, se seleccionó el sitio 4, por ser el que albergaba al mayor número de juveniles. Durante la segunda semana de junio de 2000, a cada uno de los juveniles mayores de 20 mm LC, se le colocó una marca de un color determinado según la casita en la que se encontraba. Estas marcas fueron hechas con cable eléctrico recubierto de plástico, colocado en forma de anillo alrededor de la base de las antenas, de tal forma que se pudiera identificar al día siguiente cuántas langostas cambiaron de casita y de cuál provenían. Esto permitió obtener, al mismo tiempo, una estimación de la distancia mínima de movimiento de cada langosta al regreso de sus excursiones nocturnas.

Durante octubre-noviembre de 2000, los muestreos de corta duración se hicieron intensivos: los sitios 4, 7 y 8 (laguna media) se muestrearon simultáneamente durante seis días consecutivos por las mañanas. En estos muestreos se colocó una marca de color a las langostas mayores de 20 mm LC, pero en esta ocasión se escogió un color para cada sitio con el objeto de determinar si, a corto plazo, los juveniles podían utilizar más de un sitio. Por otro lado, con ayuda de la marca tipo espagueti con la que contaban la mayoría de las langostas mayores a 25 mm LC debido al censo bimestral realizado a finales de octubre, se determinaron los cambios de refugio de cada individuo. Este mismo procedimiento se siguió para los sitios 2 y 5 (ceranos al arrecife) durante cinco días consecutivos. En estos censos, después de capturar y marcar a las langostas el primer día, en los siguientes días se tomaron datos únicamente acercándose al individuo para registrar el número de la marca de espagueti con la que contaban y el color del anillo en la base de las antenas, evitando una nueva captura y así reducir el estrés causado a las langostas.

Caracterización ambiental de los sitios de muestreo

Para este propósito, el trabajo se dividió en dos líneas fundamentales: caracterización del sustrato sedimentario y caracterización de la carpeta fitobentónica.

Caracterización del sustrato sedimentario: Se realizó una estimación gruesa de las características sedimentarias de cada uno de los sitios de muestreo, mediante la utilización de una barra sólida de aluminio de 1.3 cm de diámetro y 1 m de largo, graduada cada 0.01 m. Esta barra fue enterrada a mano en cada una de las 66 intersecciones que forman las líneas que delimitan y subdividen los sitios de muestreo, registrándose la profundidad de penetración de la barra en la capa sedimentaria. De esta manera se obtuvo una estimación de la profundidad del depósito sedimentario, textura y consolidación del sedimento, pues mientras más penetra la barra, el sedimento está menos consolidado y/o el tamaño de grano es más fino. Con los datos de profundidad del sedimento se exploraron, mediante ANOVA simple de una vía, posibles diferencias entre la profundidad media del sedimento entre los cinco sitios de muestreo. Además, se construyeron mapas de isolíneas de contorno con intervalos de profundidad de 0.1 m, mediante interpolación triangular simple para cada sitio (WinSurfer 8.0), para determinar áreas aproximadas de la misma clase de profundidad del sedimento.

Caracterización del fitobentos: Esta caracterización se basó en contrastar la composición y cobertura de distintos tipos de plantas entre los sitios de muestreo, agrupando los tipos de plantas en categorías comunitarias morfológicas, con base en la posibilidad de protección que brindan a las langostas y de los movimientos de los juveniles durante sus excursiones fuera de los refugios (van Tussenbroek com. pers.). Estas categorías están compuestas principalmente por pastos marinos (*Thalassia testudinum* y *Syringodium filiforme*) y en menor medida algas rizofíticas (*Halimeda* spp. algas tipo *Penicillus*, *Udotea* spp. y *Avrainvillea* spp.). Como parte de las algas tipo *Penicillus*, se incluye además de este género, a *Rhipocephalus* spp. debido a la similitud estructural que existe entre ellas (van Tussenbroek & Reyes-Zavala 1998; Reyes-Zavala 1998). Estas categorías se diferenciaron primero a través de inspecciones visuales con buceo autónomo (SCUBA), identificando parches o áreas contrastantes de fitobentos en los cinco sitios de muestreo, asignándoles un número de categoría de acuerdo a las especies más evidentes presentes en cada uno de ellos. Después, durante los meses de marzo y abril de 2001 se determinó, en cada una de estas categorías, la talla media de *T. testudinum* y *S. filiforme*, así como la densidad de haces de los pastos marinos y de los talos de algas rizofíticas, mediante 112 lances aleatorios de cuadrantes de 0.01 m² para tener una referencia cuantitativa estándar de los atributos de cada categoría de plantas.

Una vez definidas las categorías de vegetación, se realizaron estimaciones visuales de su abundancia relativa en los cinco sitios de muestreo, mediante la escala de Braun Blanquet. Esta

escala representa variables discretas e implica estimaciones de intervalos de porcentaje de áreas mediante abundancia del elemento medido y cobertura del mismo (proporción del sustrato cubierto por partes de las categorías) (van der Maarel 1979) (Tabla 1). Este método fue escogido, pues a pesar de ser subjetivo y variable entre observadores, con suficiente experiencia es el más rápido y consistente para analizar grandes extensiones del fondo (van Tussenbroek com. pers.).

Estas estimaciones se realizaron visualmente en cada uno de los sitios mediante buceo autónomo (SCUBA) durante la segunda y tercera semana de mayo del 2001, registrándose el valor de la escala de Braun Blanquet para cada categoría contenida en cada una de las áreas rectangulares que forman las líneas que delimitan y subdividen los sitios de muestreo. Así, se construyeron mapas de los cinco sitios de muestreo, divididos en 50 subáreas de 10 m X 20 m cada uno. Se exploraron posibles diferencias entre los cinco sitios de muestreo, debidas a las distribuciones de frecuencia de los niveles de la escala de Braun Blanquet en las cinco categorías de vegetación, mediante una prueba de independencia de tres vías y pruebas simultáneas de dos vías por cada categoría (Sokal & Rohlf 1971) con datos transformados a (x + 1) para evitar los ceros.

Tabla 1.- Escala de Braun Blanquet para estimaciones visuales de la presencia de componentes fitobentónicos. En esta escala se combina la frecuencia y la cobertura (proporción del sustrato cubierto por las categorías), utilizada para estimaciones de grandes extensiones. La columna izquierda tiene los valores de la escala de Braun Blanquet, en tanto que en la columna derecha se presentan, como referencia, las equivalencias que tiene la escala de Braun Blanquet con el porcentaje de sustrato ocupada por las diferentes categorías de fitobentos.

Escala de Braun Blanquet (siglas originales)	Porcentaje de sustrato Ocupado
rc	0
+	0.1
1	5.0
2	17.5
3	37.5
4	62.5
5	87.5

RESULTADOS.

Abundancia de langostas y tipo de ocupación de casitas

El número de langostas en cada sitio de muestreo durante los censos bimestrales realizados de diciembre de 1999 a marzo de 2001, aparece en la figura 3. La abundancia de langostas fue significativamente diferente entre sitios ($F = 6.589$, g. l. = 4, 35; $P < 0.001$), pero no en el tiempo ($F = 2.009$, g. l. = 7, 28, $P > 0.05$) (Tabla 2a). Las langostas fueron más abundantes en los sitios 5, 4 y 2, en comparación con los sitios 7 y 8, pero no hubo grupos de sitios perfectamente definidos pues no se encontró diferencia significativa entre los sitios 2 y 7 (Tabla 2b). Sin embargo, a partir de junio de 2000 la diferencia en abundancia de langostas entre los sitios pareció reducirse sustancialmente, aun cuando los sitios 7 y 8 continuaron siendo los de menor abundancia (Fig. 3).

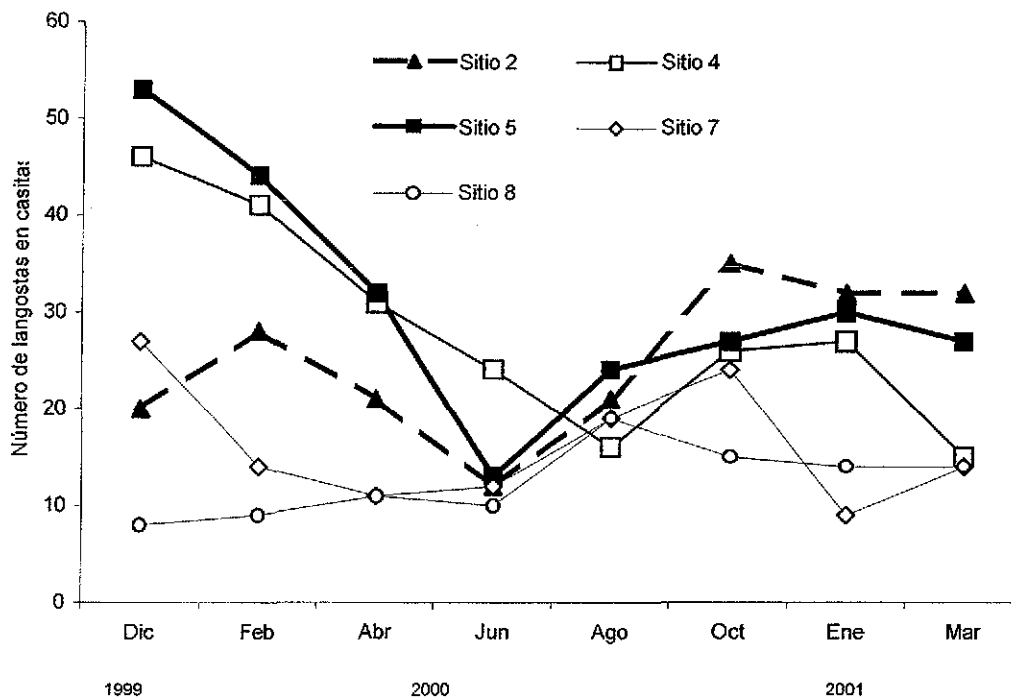


Figura 3.- Abundancia de juveniles *Panulirus argus* en cada uno de los sitios de muestreo, en los censos realizados de diciembre de 1999 a marzo de 2001. Los sitios 2 y 5 se encuentran cercanos al arrecife, mientras que los sitios 4, 7 y 8 se ubican en la laguna media.

Tabla 2.- (a) Análisis de varianza con medidas repetidas en el tiempo de la abundancia de juveniles de *Panulirus argus* en los cinco sitios de muestreo y (b) comparación a posteriori de Tukey de abundancia media entre sitios.

(a)

Fuente	g. l.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Entre Sitios	4	2043.400	510.850	6.589 ****
Dentro de sitios	35	2713.375	77.525	
Entre Tiempo	7	907.175	129.597	2.009 n.s.
Error	28	1806.200	64.507	
Total de medias	39	4756.775		

**** P<0.001

(b)

Sitio:	8	7	2	4	5
Abundancia media:	12.5	16.3	25.1	28.3	31.3

Sitios comparados	Diferencia en medias	g. l.	q
5 - 8	18.75	5, 28	6.603 ****
5 - 7	15.00	5, 28	5.282 **
5 - 2	6.13	5, 28	2.159 n. s.
5 - 4	3.00	5, 28	1.056 n. s.
4 - 8	15.75	5, 28	5.547 ***
4 - 7	12.62	5, 28	4.226 *
4 - 2	3.13	5, 28	1.102 n. s.
2 - 8	12.62	5, 28	4.444 *
2 - 7	8.87	5, 28	3.124 n. s.
7 - 8	3.75	5, 28	1.321 n. s.

* P<0.05; ** P<0.01; *** P<0.005; **** P<0.001; n. s. no significativo

El número de langostas que ocuparon las casitas en los cinco sitios de muestreo (Tabla 3) fue independiente de la casita a lo largo del tiempo, lo que significa que no se encontró preferencia por alguna(s) casita(s) en especial (Tabla 4).

Tabla 3.- Número de juveniles de langosta *Panulirus argus* por casita en cada uno de los sitios de muestreo agrupados en dos periodos equivalentes. Diciembre de 1999 – junio de 2000 (Dic99-Jun00) y agosto de 2000 – marzo de 2001 (Ago00-Mar01).

	Casita	Dic99-Jun00	Ago00-Mar01	Total
Sitio 2	1	8	11	19
	2	9	9	18
	3	8	9	17
	4	2	6	8
	5	7	15	22
	6	9	18	27
	7	5	9	14
	8	16	21	37
	9	6	7	13
	10	11	15	26
Sitio 4	1	8	1	9
	2	10	9	19
	3	6	4	10
	4	6	8	14
	5	13	17	30
	6	25	9	34
	7	27	5	32
	8	30	16	46
	9	11	9	20
	10	6	6	12
Sitio 5	1	5	11	16
	2	18	1	19
	3	19	18	37
	4	9	0	9
	5	16	21	37
	6	9	9	18
	7	8	11	19
	8	30	10	40
	9	8	11	19
	10	20	16	36
Sitio 7	1	7	17	24
	2	8	8	16
	3	1	5	6
	4	7	11	18
	5	6	1	7
	6	3	8	11
	7	4	1	5
	8	6	6	12
	9	12	5	17
	10	10	4	14
Sitio 8	1	1	8	9
	2	4	2	6
	3	11	11	22
	4	6	5	11
	5	6	7	13
	6	5	10	15
	7	0	6	6
	8	2	1	3
	9	2	5	7
	10	1	7	8

Tabla 4.- Resultados de las pruebas de independencia con χ^2 , Ho: el número de langostas presentes en cada casita es independiente del período en que se realizó el muestreo.

Sitio de muestreo	g. l.	χ^2
Sitio 2	9	3.518 n.s.
Sitio 4	8	12.455 n.s.
Sitio 5	7	14.075 n.s.
Sitio 7	6	9.945 n.s.
Sitio 8	7	10.209 n.s.

n. s no significativo

La distribución de las langostas bajo las casitas fue similar en los sitios 2, 4 y 5, en donde más del 75% de las casitas fueron ocupadas y entre el 50 y 62% estuvieron ocupadas por más de una langosta simultáneamente (Fig. 4). En contraste, en los sitios 7 y 8 estuvieron ocupadas el 60% de las casitas y únicamente el 30 – 35% corresponde a casitas ocupadas por más de una langosta.

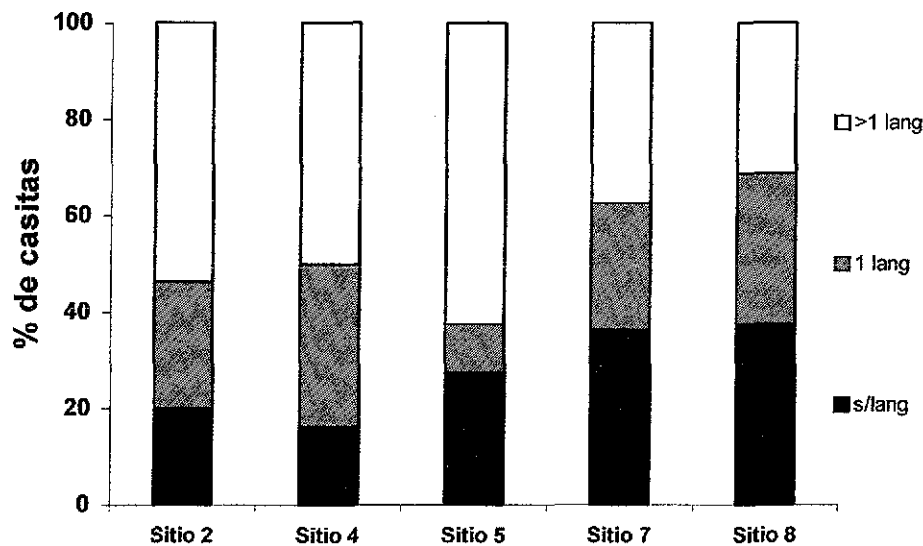


Figura 4.- Porcentaje de casitas sin langostas, con una sola y con más de una langosta (agregadas), en cada uno de los sitios. Datos agrupados de diciembre de 1999 a marzo de 2001.

En general, el número de langostas por casita en el primer grupo de sitios (2,4, y 5) fue mayor, con un máximo de 25 langostas, mientras que para el segundo grupo (sitios 7 y 8), el máximo fue de 9 langostas por casita. En este segundo grupo de sitios, el 75 % de las veces que se revisaron las casitas, el número de langostas por casita registrado fue de 2 o menor (Fig. 5).

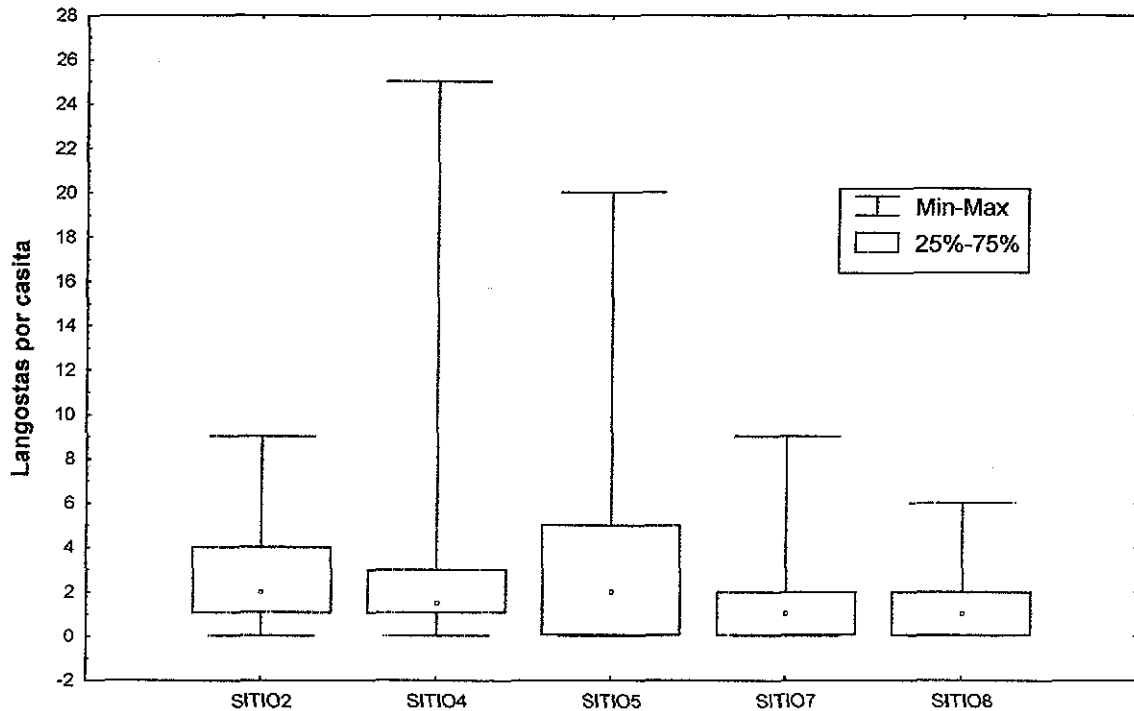


Figura 5. – Numero de langostas *Panulirus argus* que se registraron bajo casitas. Se indican los valores de la mediana, máximos y mínimos, así como los percentiles 25 y 75 como indicador de la dispersión para cada uno de los sitios en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de diciembre de 1999 a marzo de 2001.

Distribución de tallas de juveniles de langosta

El intervalo total de tallas en los sitios de muestro estuvo compuesto por langostas de entre 7.0 y 70.8 mm LC (media = 34.6 y DS = 15.4). Entre 51 y 72% de la distribución de tallas, estuvo representada por juveniles postalgales, seguido por juveniles tardíos (entre 22 y 46%). Los juveniles algales estuvieron pobremente representados (3 - 12%). Las distribuciones de tallas en proporciones de frecuencia (Fig. 6) no fueron significativamente diferentes entre los sitios ($G = 45.062$, g. l. = 52, $P > 0.50$).

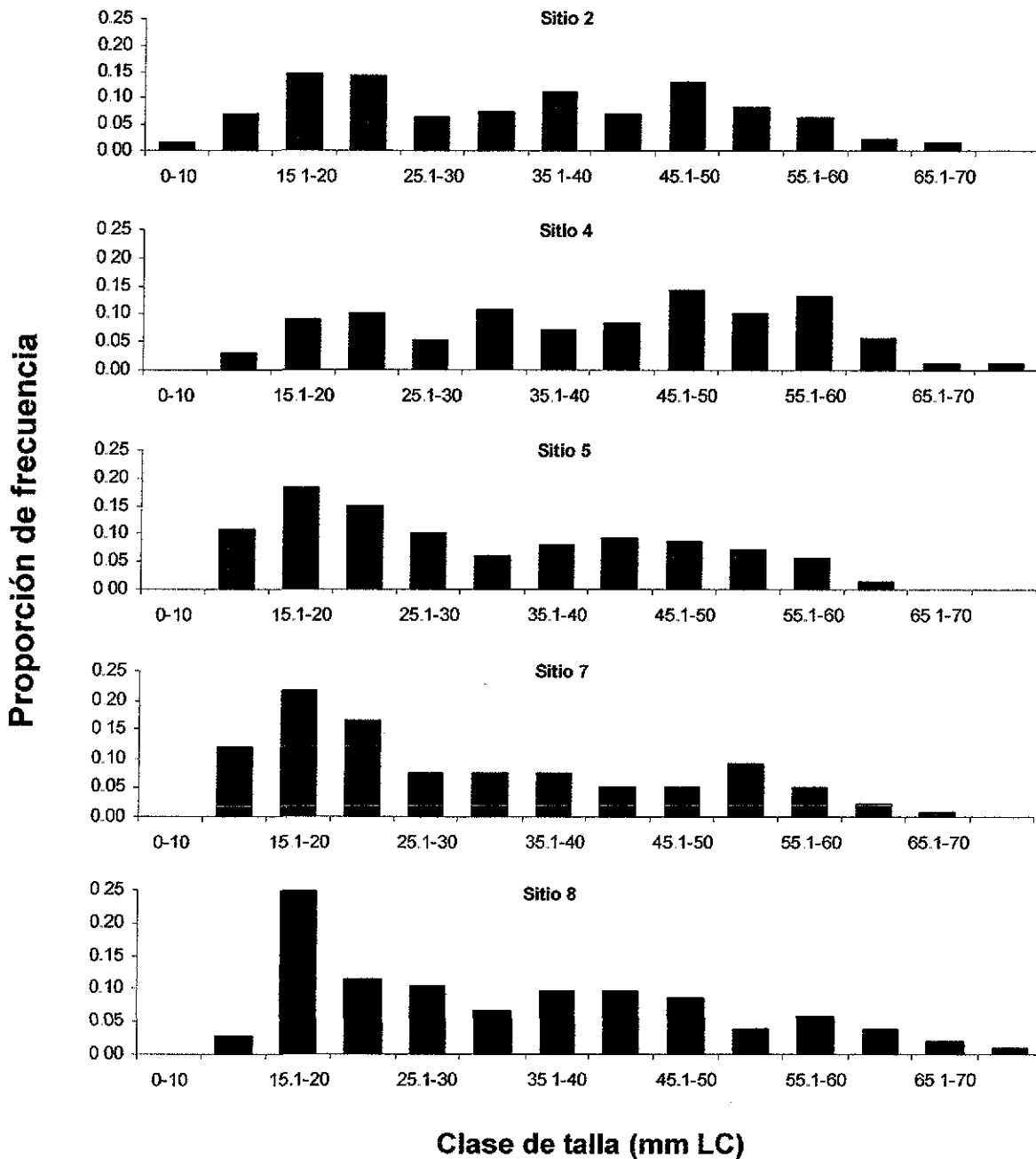


Figura 6.- Distribución final de proporción de frecuencia de talla (mm Longitud Cefalotorácica) de juveniles de langosta *Panulirus argus* correspondiente a cada sitio de muestreo en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, durante ocho censos bimestrales de diciembre de 1999 a marzo de 2001.

Hubo diferencias significativas entre las tallas de langostas de los cinco sitios de muestreo ($H = 55.237$, g. l. = 4, $P < 0.001$). En el sitio 4 se registraron tallas mayores de langosta (mediana de 42.0 mm LC), seguido por el sitio 2 (34 mm LC) y por los sitios 8, 5 y 7 (medianas de 32.0, 28.0 y 25 mm LC respectivamente) (Fig. 7) sin diferencias significativas entre ellos ($\chi^2 = 2.813$, g. l. = 2, $p > 0.10$).

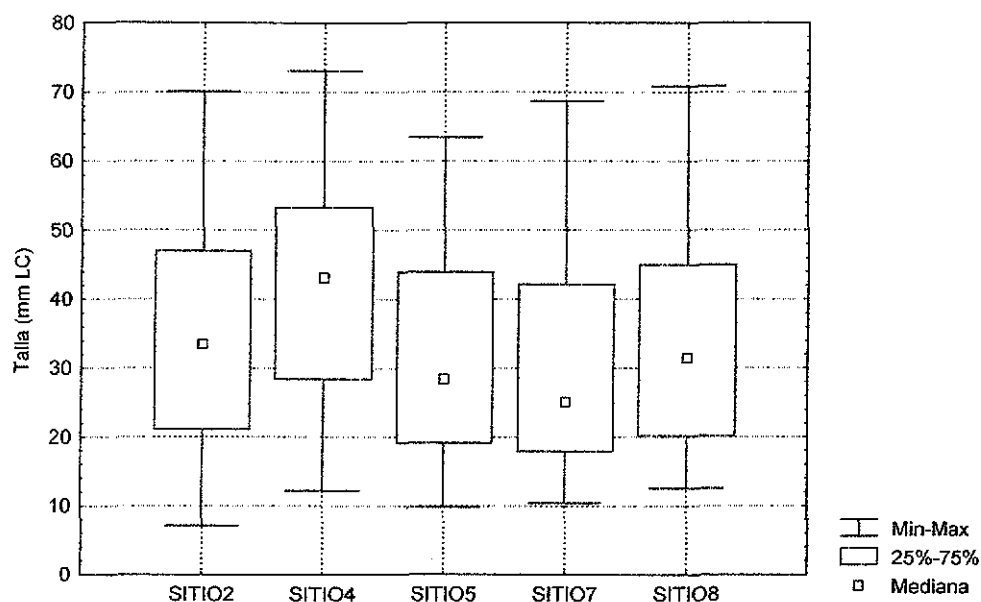


Figura 7.- Intervalo de tallas (mm LC), mediana y percentiles 25 y 75 de las langostas residentes en los cinco sitios de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, durante ocho censos bimestrales, de diciembre de 1999 a marzo de 2001

En las distribuciones de talla funcionales (juveniles <25 mm; entre 25 y 35 y juveniles >35 mm LC; véase tabla 5), se encontraron diferencias significativas ($G = 271.517$, g. l. = 56; $P < 0.001$), debido a que las distribuciones en el sitio 4 fueron significativamente diferentes ($G = 38.989$, g. l. = 6, $P < 0.001$) a las del grupo formado por los sitios 2, 5, 7 y 8 ($G = 8.754$, g. l. = 6, $P > 0.10$). También se determinó un efecto significativo debido al tiempo ($G = 41.323$, g. l. = 14, $P < 0.001$), formándose dos grupos temporales. En el primero los meses de diciembre de 1999, octubre de 2000 y enero, marzo de 2001 ($G = 1.746$, g. l. = 4, $P > 0.75$). En el segundo grupo los meses de febrero, abril y junio de 2000 ($G = 11.711$, g. l. = 6, $P > 0.05$). La distribución funcional de talla en agosto de 2000 fue diferente a los dos grupos mencionados debido al elevado número de juveniles menores de 25 mm LC.

Tabla 5.- Datos de distribución de tallas funcionales de los juveniles de *Panulirus argus* (langostas <25 mm LC; langostas entre 25 y 35 mm LC; Langostas > 35 mm LC) en cada sitio de muestreo, durante ocho censos bimestrales en la laguna arrecifal de Puerto Morelos (dic. 1999 – mar. 2001). Los datos están transformados a (x + 1) para poder trabajar con logaritmos en la prueba G. Int. Talla = intervalo de talla.

	Int. Talla	Dic	Feb	Abr	Jun	Ago	Oct	Ene	Mar	Total
Sitio 2	<25	2	6	7	11	18	10	21	20	95
	25 - 35	2	5	5	4	6	8	5	5	40
	>35	18	22	15	7	10	20	17	14	123
		22	33	27	22	34	38	43	39	258
Sitio 4	< 25	13	6	6	4	6	13	6	4	58
	25 - 35	11	6	4	3	3	6	8	3	44
	>35	24	32	24	20	10	10	15	11	146
		48	44	34	27	19	29	29	18	248
Sitio 5	<25	25	24	14	9	15	16	11	13	127
	25 - 35	9	10	6	3	4	8	5	6	51
	>35	23	19	16	8	9	11	19	11	116
		57	53	36	20	28	35	35	30	294
Sitio 7	<25	17	7	4	7	13	18	4	5	75
	25 - 35	8	2	2	2	4	5	1	4	28
	>35	8	8	8	6	6	4	7	8	55
		33	17	14	15	23	27	12	17	158
Sitio 8	<25	1	1	5	3	15	8	7	9	49
	25 - 35	1	2	3	3	4	9	2	2	26
	>35	9	9	6	7	5	4	8	6	54
		11	12	14	13	24	21	17	17	129
Total		171	159	125	97	128	150	136	121	1087

Escala de movimientos y regreso al refugio

Los resultados de las inspecciones "día-noche-día" (Tabla 6) permiten observar que antes de las 20:00 h en los sitios 2 y 4, el 85 y 88 % (11 y 29 individuos respectivamente) abandonaron las casitas; el 62 y 73 % salieron de los límites del sitio de muestreo y el 15 y 12 % se mantuvieron dentro de las casitas hasta esa hora. Al día siguiente, se observó que en el sitio 2 estaban en las casitas el 62 % y en el sitio 4 el 97 % de los juveniles observados el día anterior. En el caso de los sitios 5 y 7, el 100 % de las langostas (9 y 7 respectivamente) abandonaron las casitas durante la noche y regresaron a los refugios el 100 y 88 %, además en estos dos sitios, durante la revisión nocturna (20:00 h) no se encontró ni un solo individuo.

Tabla 6.- Número de langostas (*Panulirus argus*) por casita y totales encontradas durante las inspecciones día – noche – día, en cada uno de los sitios de muestreo en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, durante junio del 2000.

Sitio 2

Casita	Día 1 (12:00 h.)	Noche (20:15 h.)	Día 2 (10:30 h.)
1	4	1	1
2	0	0	0
3	1	0	2
4	2	0	1
5	2	0	2
6	2	1	1
7	0	0	0
8	2	0	1
9	0	0	0
10	0	0	0
Total	13	2	8

1 langosta fuera de refugio durante la noche dentro del sitio

Sitio 4

Casita	Día 1 (13:00 h.)	Noche (20: 00 h.)	Día 2 (12:00 h.)
1	1	1	0
2	2	1	1
3	3	1	2
4	10	0	7
5	1	0	1
6	7	0	12
7	4	0	5
8	0	0	1
9	4	0	2
10	1	1	1
Total	33	4	32

5 langostas fuera de refugios durante la noche dentro del sitio

Sitio 5

Casita	Día 1 (12:30 h.)	Noche (20:00 h.)	Día 2(10:30 h.)
1	0	0	0
2	2	0	3
3	0	0	1
4	0	0	0
5	1	0	1
6	0	0	0
7	1	0	0
8	1	0	1
9	1	0	1
10	3	0	2
Total	9	0	9

ninguna langosta fuera de refugio durante la noche dentro del sitio

Continua Tabla 5

Sitio 7			
Casita	Día 1 (12:30 h.)	Noche (20:00 h.)	Día 2 (12:30 h.)
1	1	0	2
2	1	0	1
3	0	0	0
4	0	0	2
5	1	0	0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	4	0	2
9	0	0	0
10	1	0	0
Total	8	0	7

ninguna langosta fuera del refugio durante la noche dentro del sitio

En estos experimentos no se puede determinar si las langostas que salieron regresaron al mismo refugio, pues no se marcó a las langostas censadas. Por este motivo, en el sitio 4 se contaron y marcaron 24 langostas con un color para cada casita, de las cuales al siguiente día 12 langostas (50 %) estaban en la misma casita en que fueron marcadas, 10 (42 %) cambiaron de casita, 2 (8 %) no regresaron al sitio y 5 nuevas langostas se alojaron en el sitio. En este experimento se determinó una distancia mínima de separación entre casitas ocupadas por un mismo organismo de 12 m y un máximo de 50 m.

Durante los experimentos intensivos sobre frecuencia de movimientos y regreso al refugio, se registró que del total de juveniles que pudieron seguirse individualmente, entre 73 y 100 % utilizaron dos o más casitas distintas; 60, 53, 36, 24 y 40 % utilizaron tres o más casitas en los sitios 2, 4, 5, 7 y 8 respectivamente; 35, 27, 27, 12 y 30 % ocuparon cuatro o más casitas y por último el 15, 7, 18 y 12 % de los juveniles en los sitios 2, 4, 5 y 7 ocuparon cinco casitas (Tabla 7).

Tabla 7.- Número de juveniles de langosta *Panulirus argus* que ocuparon 1, 2, 3, 4 ó 5 casitas en experimentos de seguimiento individual: (a) durante seis días de inspecciones simultáneas en los sitios 4, 7 y 8 (entre el 31 octubre y el 7 de noviembre de 2000) y (b) durante cinco días de inspecciones simultáneas en los sitios 2 y 5 (entre el 14 y el 20 de noviembre de 2000) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. En los casos de ocupación de 3, 4 y 5 casitas, no necesariamente son casitas distintas; existe regreso a casitas ocupadas previamente. Lang = langostas. Lang S = langostas que se pudieron seguir.

(a)

Sitio	Lang totales	Lang S	En una casita	En dos casitas	En tres casitas	En cuatro casitas	En cinco casitas
4	31	15	4	3	4	3	1
7	20	8	1	5	1	-	1
8	24	10	2	4	1	3	-

(b)

Sitio	Lang totales	Lang S	En una casita	En dos casitas	En tres casitas	En cuatro casitas	En cinco casitas
2	42	20	-	8	5	4	3
5	28	11	3	4	1	1	2

En estos resultados, se consideró también como cambio de refugio el hecho de que las langostas abandonaron en una o más ocasiones el sitio de muestreo (5, 4, 5, 4 y 5 veces en los sitios 2, 4, 5, 7 y 8 respectivamente), pero no fueron incluidos en el cálculo del promedio de distancia entre las casitas utilizadas, pues cuando salen o regresan al sitio, se sabe que se movieron, pero no a dónde se dirigen o de dónde provienen, siendo imposible en este caso estimar la distancia. En los sitios 2, 4 y 5, se concentró el 82 % del total de los movimientos registrados, mientras que en los sitios 7 y 8 el 18 % restante. La talla de las langostas que pudieron seguirse en los muestreos diarios en los sitios varió entre 21.8 y 64.3 mm LC y el promedio de distancia de movimiento de langostas entre 25 y 43 m (Tabla 8). Es importante señalar que el cálculo de las distancias promedio únicamente corresponden a las distancias de separación entre la casita inicial y final de ocupación entre cada movimiento de las langostas, lo cual no significa que sea la distancia que las langostas recorrieron durante toda la noche.

Tabla 8.- Intervalo, promedio y desviación estándar (Desv. Est.) de talla (longitud cefalotorácica en mm) de langostas *Panulirus argus*, de las que se registraron frecuencia y amplitud promedio de movimientos para cada uno de los sitios de muestreo, durante los experimentos de marcado y seguimiento individual de corta duración en el período octubre – noviembre de 2000 en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. También se presenta el número de movimientos excluidos por no tener forma de corroborar la distancia recorrida pues corresponden a entradas o salidas del sitio de muestreo.

Sitio	Intervalo de talla	Talla promedio	Desv. Est. Talla	Número de movimientos	Distancia Promedio m	Desv. Est. Distancia m	Movimientos excluidos*
2	22.2 - 56.9	43.21	9.65	34	41	19.37	5
4	22.0 - 61.0	38.10	12.61	18	25	10.63	4
5	29.6 - 55.6	41.25	8.74	10	34	15.05	5
7	21.8 - 58.0	32.80	11.46	7	28	15.23	4
8	25.0 - 64.3	38.43	12.69	6	43	19.66	5

- * Número de movimientos excluidos de los promedios, por ser de salida o entrada del sitio.

Caracterización ambiental de los sitios de muestreo

El análisis de la profundidad de la capa sedimentaria, separó a los sitios en dos grupos diferentes ($F = 26.987$, g. l. = 4, 308, $P < 0.0005$) (Tabla 9): por un lado, aquellos que se encuentran más cercanos a la barrera arrecifal (sitios 2 y 5; véase Fig. 8) y por otro los sitios 4, 7 y 8 (Fig. 9), más cercanos a la línea de costa en la laguna media.

Tabla 9.- Resultados de la comparación de medias a posteriori de Tukey, para las profundidades de capa sedimentaria (cm) de cada uno de los sitios de muestreo, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos durante el mes de marzo de 2001. Sitios 2, 5 sin diferencia significativa entre ellos; sitios 4, 7 y 8, sin diferencias significativas entre ellos.

Sitios:	2	5	8	7	4
Profundidad media:	37.52	41.11	53.12	57.18	58.64

Sitios comparados	Diferencia de medias	gl	q
4 - 2	21.12	5, 308	11.465 ****
4 - 5	17.53	5, 308	9.516 ****
4 - 8	5.52	5, 308	2.766 n. s.
4 - 7	1.46	5, 308	0.792 n. s.
7 - 2	19.66	5, 308	10.673 ****
7 - 5	16.07	5, 308	8.724 ****
7 - 8	4.06	5, 308	2.035 n. s.
8 - 2	15.6	5, 308	7.819 ****
8 - 5	12.01	5, 308	6.020 ****
5 - 2	3.59	5, 308	1.998 n. s.

**** $P < 0.001$

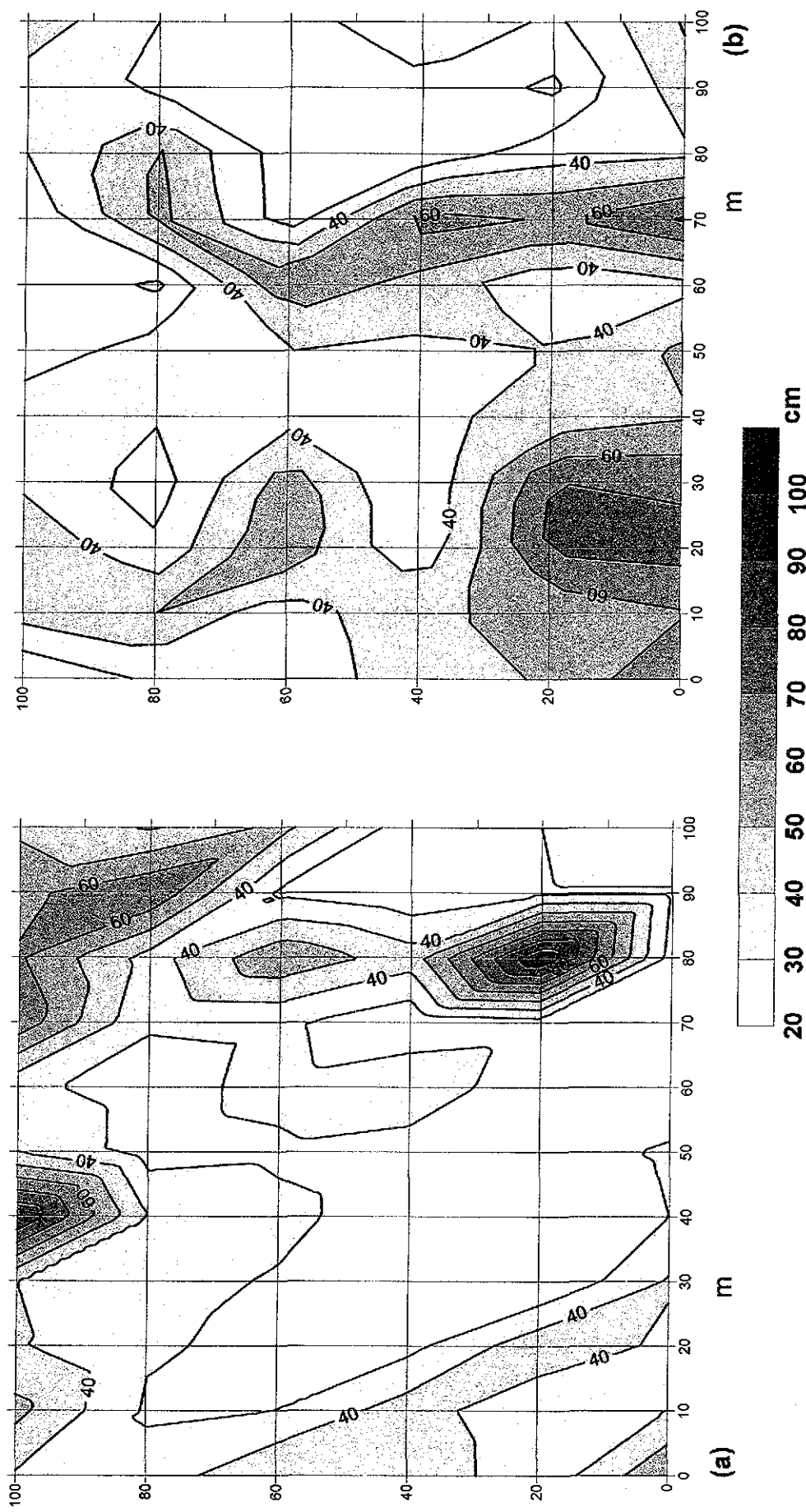


Figura 8.- Mapas de isolíneas de contorno para determinar áreas de igual clase de profundidad de penetración en el sedimento (cm) para el sitio 2 (a) y el sitio 5 (b) de muestreo. Las medidas se tomaron en cada uno de los puntos de intersección de las líneas que delimitan los subcuadrantes de 10 m X 20 m dentro de cada sitio de muestreo, estos dos sitios son los más cercanos al arrecife, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos

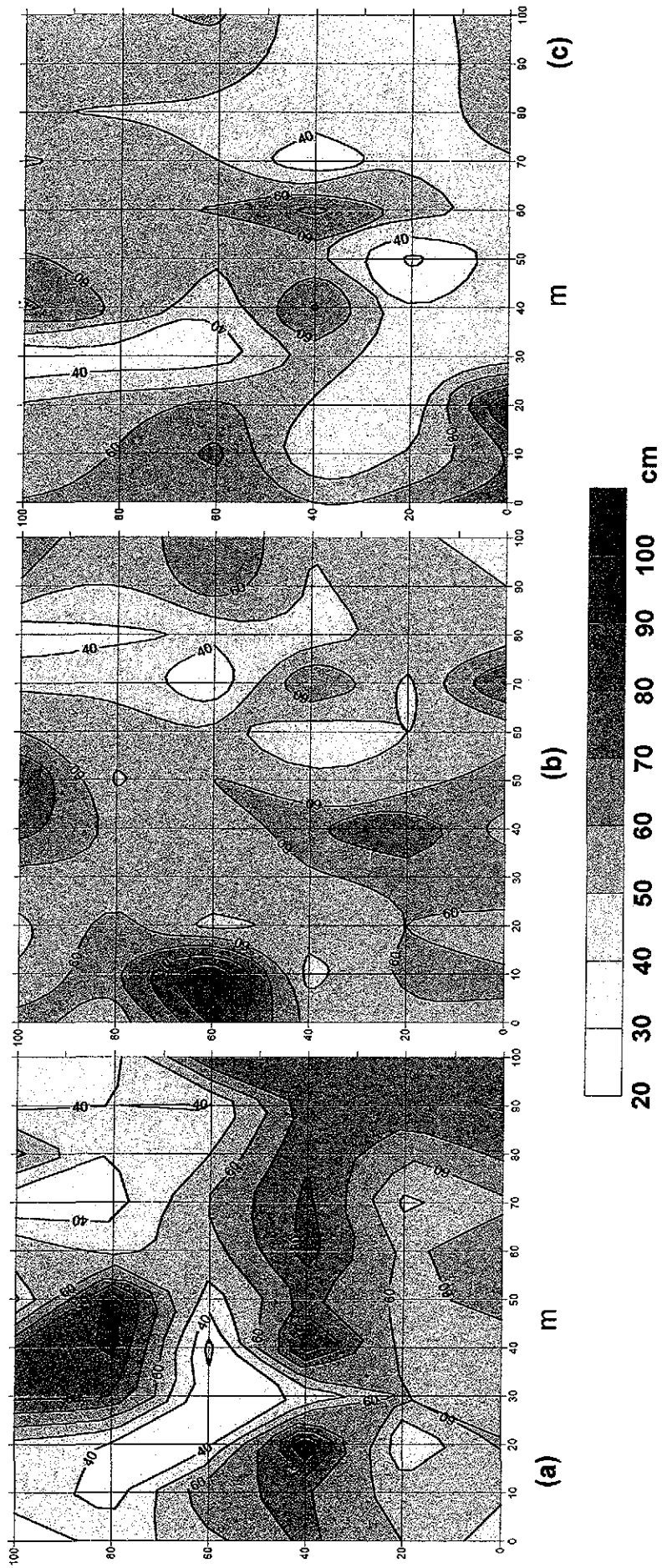


Figura 9.- Mapas de isolíneas de contorno para determinar áreas de igual clase de profundidad de penetración en el sedimento (cm) para el sitio 4 (a), sitio 7 (b) y el sitio 8 (c) de muestreo. Las medidas se tomaron en cada uno de los puntos de intersección de las líneas que delimitan los subcuadrantes de 10 X 20 m dentro de cada sitio de muestreo, estos tres sitios están localizados en la laguna media en la parte más cercana a la costa, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos

Para el primer grupo (sitios 2 y 5), el 85 y 78 % del área respectiva, correspondió a profundidades de sedimento de entre 20 y 50 cm; en tanto que para el segundo grupo, gran parte del área de los sitios tuvo profundidades de sedimento mayores a 50 cm (74, 84 y 74 % respectivamente), especialmente el sitio 4, que posee extensas áreas con una profundidad de sedimento entre 70 y 90 cm (30%) (Fig. 10). Esto indicó que se trataba de sedimentos finos, menos consolidados, situación que además fue evidente al tacto y a simple vista durante las supervisiones que de los sitios se hicieron durante el desarrollo de este trabajo, suponiendo mayor depositación con respecto a los sitios 2 y 5.

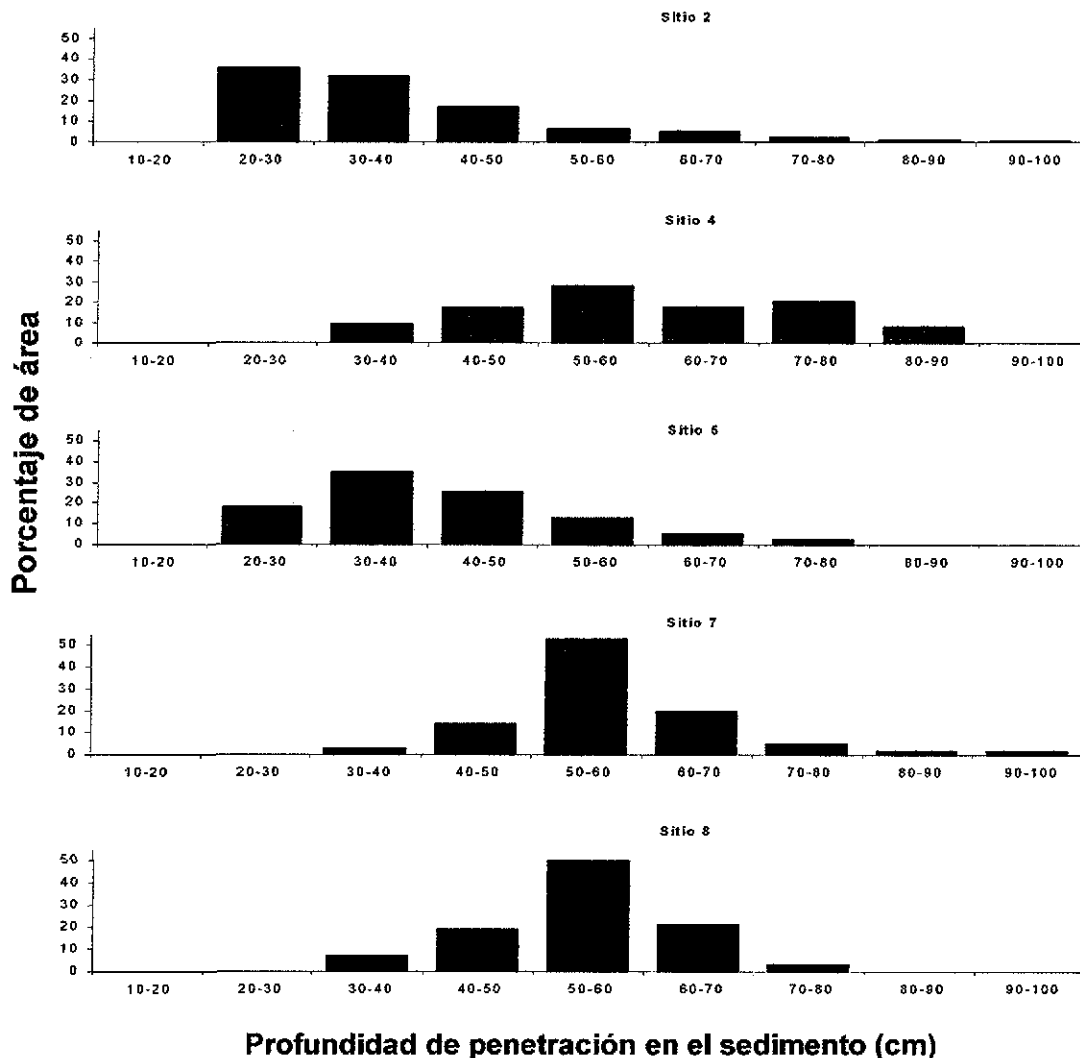


Figura 10.- Cobertura de área (expresada en %) de la profundidad de penetración en el sedimento en cada uno de los sitios de muestreo, obtenido mediante enterramiento de una barra de aluminio de 100 cm, graduada cada 1 cm, en cada intersección (66) de las líneas que delimitan cada uno de los sitios, durante marzo de 2001 en la laguna arrecifal de Puerto Morelos.

Se definieron cinco categorías comunitarias morfológicas de fitobentos, de acuerdo a la densidad y talla media (\pm EE) de sus componentes (Fig. 11):

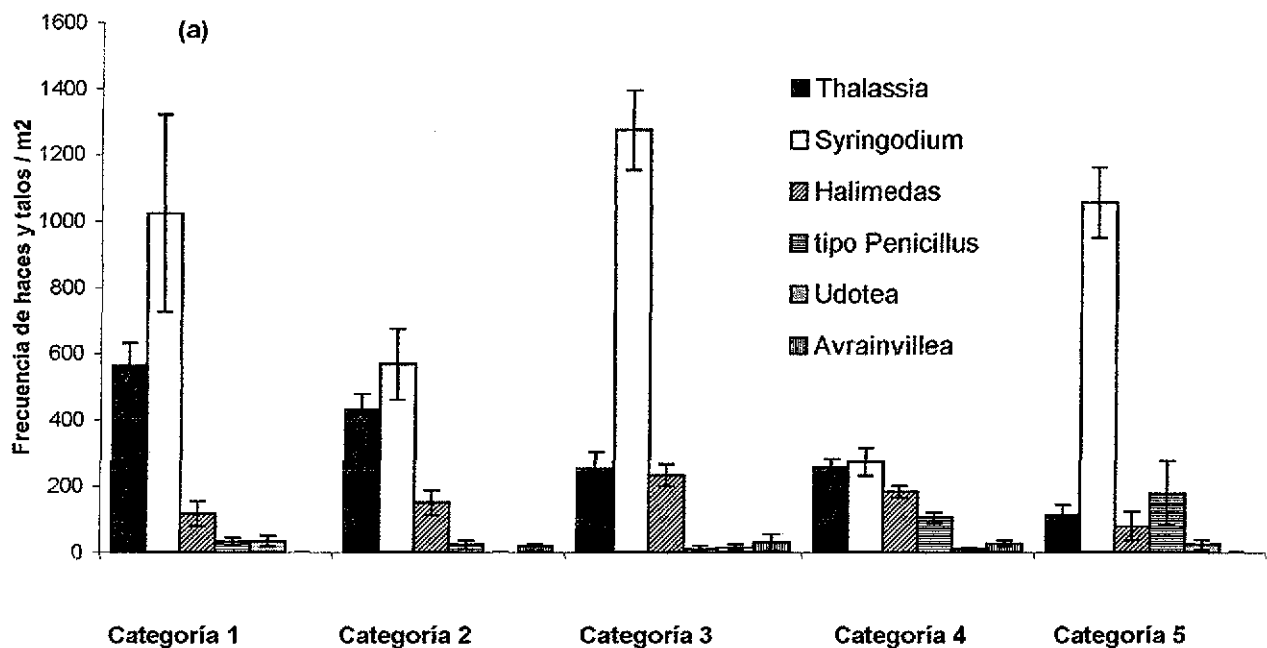
Categoría 1: Dominada por *T. testudinum* (24.12 cm de talla media y densidad media de 561 haces/m²), la cual a pesar de ser en general menos densa que *S. filiforme* (18.27 cm de talla media y 1022 haces/m² en promedio) posee mayor área foliar debido a la forma y lo ancho de sus hojas con respecto a *S. filiforme*.

Categoría 2: Densidades medias de *T. testudinum* y *S. filiforme* de 428 y 567 haces/m² y talla media similar entre ambas especies (15.27 y 11.46 cm respectivamente).

Categoría 3: Dominada por ejemplares altos de *S. filiforme* (18.94 cm en promedio) y mucho más denso (1274 haces/m²) que *T. testudinum* (23.50 cm talla media y 253 haces/m²).

Categoría 4: Corresponde a densidades bajas de *T. testudinum* y *S. filiforme* (257 y 272 haces/m²) y talla media pequeña (10.82 y 9.38 cm respectivamente).

Categoría 5: Presencia casi exclusiva de *S. filiforme* denso (1056 haces/m²) y largo (19.38 cm en promedio).



Continua Figura 11

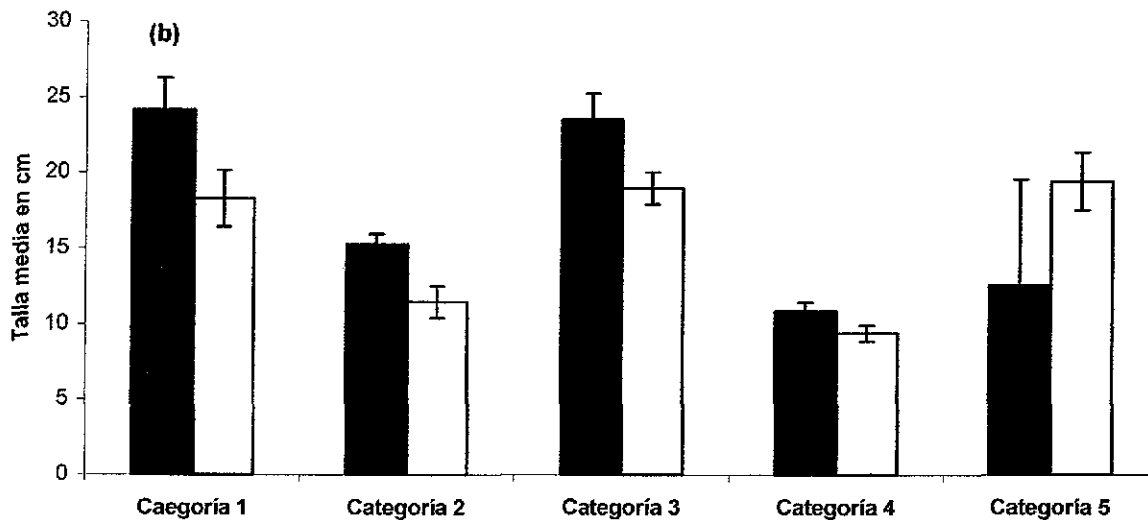


Figura 11.- (a) Densidad de haces y talos (individuos/ $m^2 \pm EE$) que componen las cinco categorías fitobentónicas definidas, obtenida a través de 112 lances de cuadrante de $0.01 m^2$ y (b) tallas medias en cm ($\pm EE$) de los pastos marinos que componen las categorías, obtenidas a través de medición directa de 375 haces de *Thalassia testudinum* y 685 haces de *Syringodium filiforme*, ambos obtenidos mediante 87 lances de cuadrante de $0.01 m^2$ en la laguna arrecifal de Puerto Morelos de marzo a mayo de 2001.

Para las categorías 1, 2 y 3 la presencia de *Halimeda* spp., algas tipo *Penicillus*, *Udotea* spp. y *Avrainvillea* spp. fue relativamente constante, incrementándose un poco en las categorías 4 y 5, donde *T. testudinum* y *S. filiforme* fueron escasos. La categoría 5 fue excluida de los análisis por su escasa presencia en todos los sitios, pero se mantiene como categoría definida por ser diferente a todas las demás.

Se obtuvieron cinco mapas de abundancia relativa con base en las mediciones de las cuatro categorías de vegetación, para contrastar visualmente la composición de los sitios de muestreo (Figs. 12 – 16).

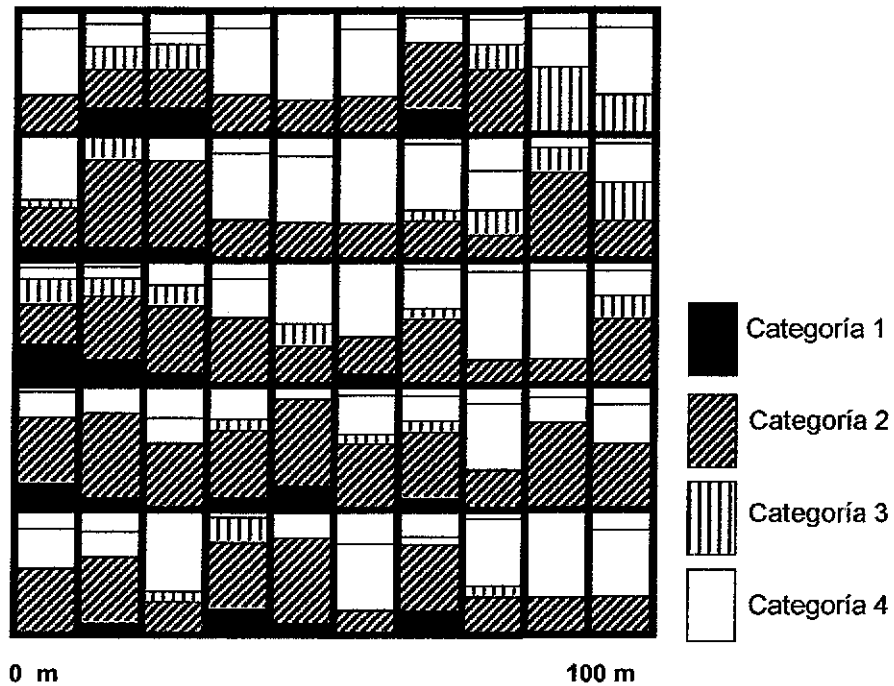


Figura 12.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación en cada subárea del sitio 2 de muestreo, medida mediante la escala de Braun Blanquet en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001.

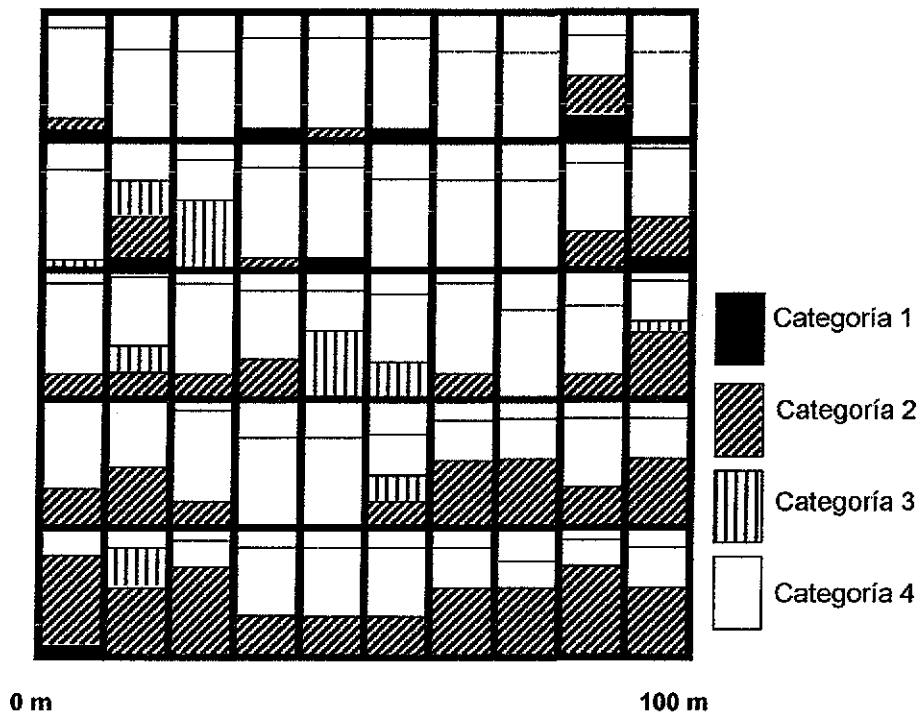


Figura 13.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación en cada subárea del sitio 5 de muestreo, medida mediante la escala de Braun Blanquet en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001.

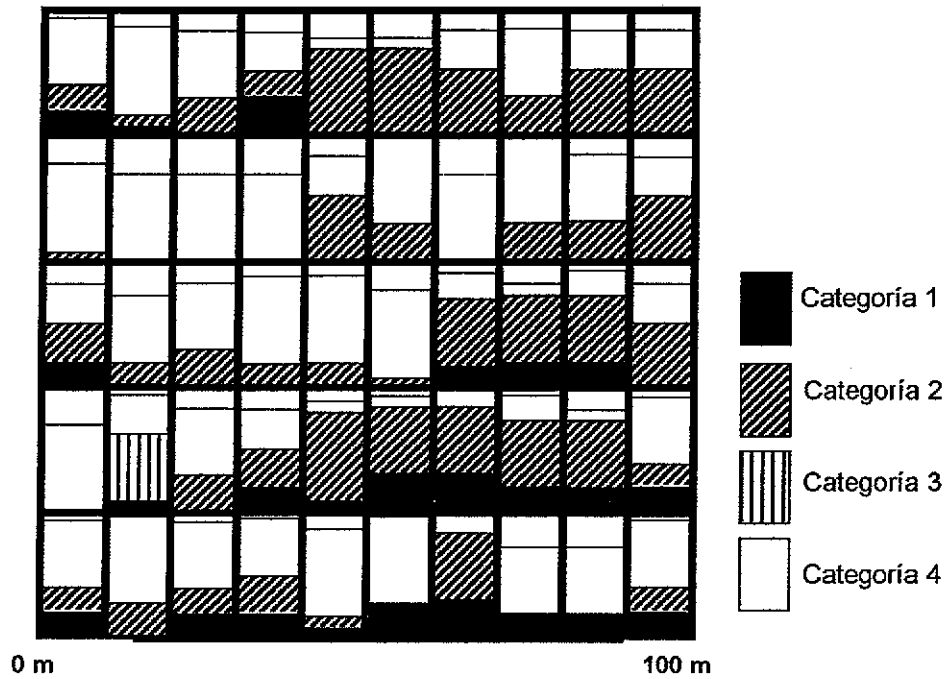


Figura 14.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación en cada subárea del sitio 4 de muestreo, medida mediante la escala de Braun Blanquet en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001

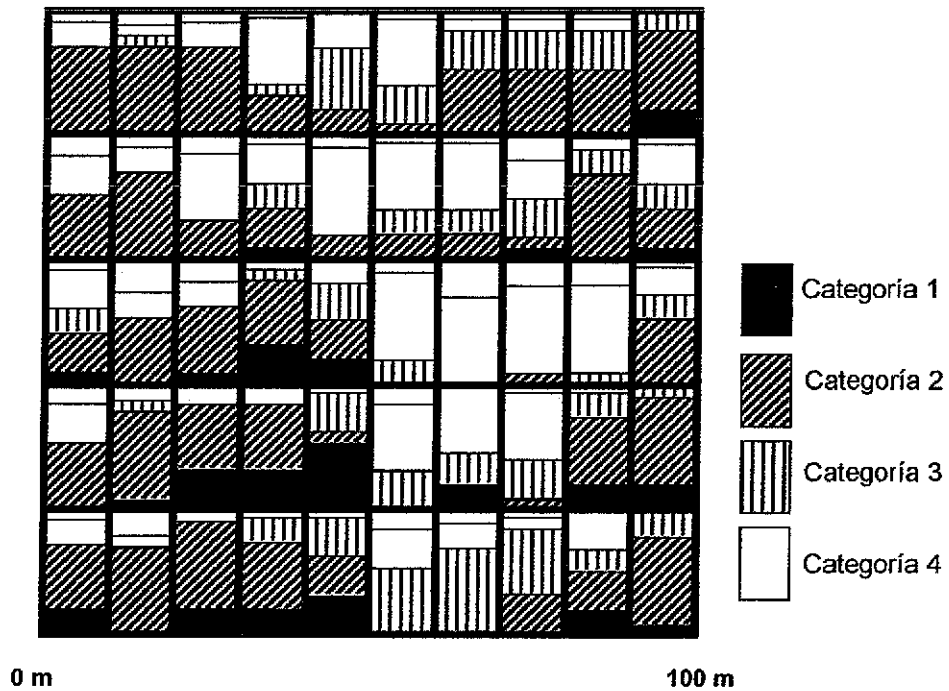


Figura 15.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación en cada subárea del sitio 7 de muestreo, medida mediante la escala de Braun Blanquet en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001.

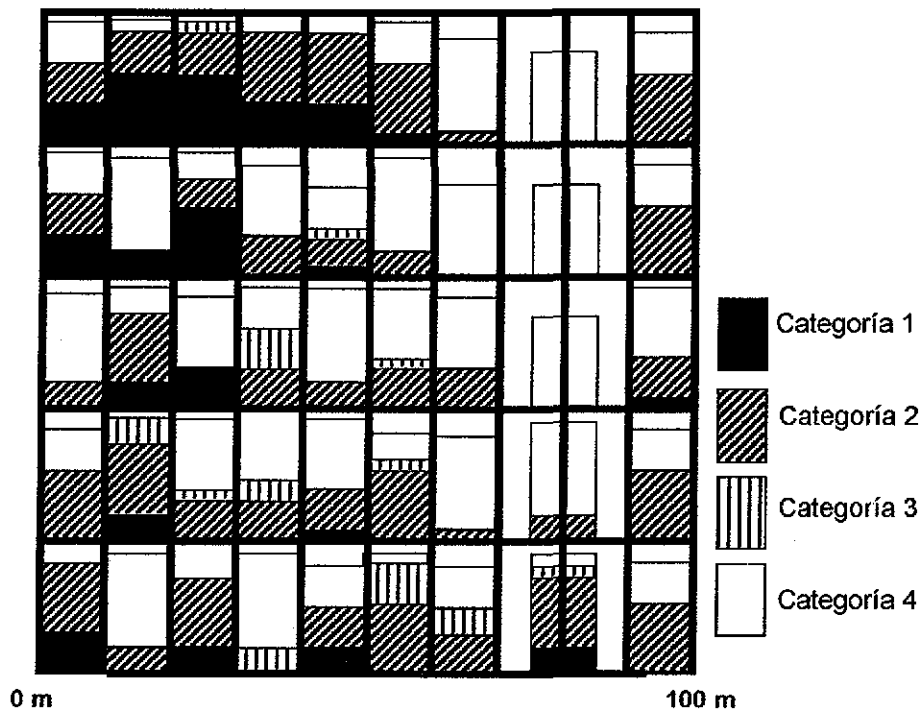


Figura 16.- Abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación en cada subcuadrante del sitio 8 de muestreo, medida mediante la escala de Braun Blanquet en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001. Debido a la destrucción de una de las líneas no fue posible realizar medidas completas en los carriles comprendidos entre 70 y 90 m.

Del análisis de los resultados en conjunto (Tabla 10), se determinó que las abundancias relativas de las categorías de vegetación entre los cinco sitios no son independientes y presentaron interacción entre las tres variables ($G = 99.748$; g. l. = 72; $P < 0.025$). Debido a lo anterior se analizaron pruebas separadas de independencia de dos vías, una para cada categoría entre los diferentes sitios, para identificar si existieron grupos de sitios iguales de acuerdo a la abundancia de cada categoría morfológica de vegetación (Tabla 11).

La mayor parte de los cinco sitios de muestreo está ocupada por áreas dominadas por algas rizofíticas con escaso pasto marino (categoría 4) y áreas de pastos de talla y densidad medias (categoría 2). Sin embargo los sitios 4, 7 y 8 tienen un mayor porcentaje de áreas cubiertas con pastos altos y abundantes comparados con los sitios 2 y 5. En los sitios 4 y 5 se registró la cobertura vegetal más baja (categoría 4). El sitio 4 también resultó ser de baja densidad de áreas dominadas por *S. filiforme* (categoría 3), lo que lo convierte en un sitio de transición entre los grupos de sitios de laguna media y a los cercanos a los arrecifes.

Tabla 10.- Número de subáreas registradas para cada nivel de abundancia relativa de las cuatro categorías morfológicas de vegetación, medidos bajo la escala de Braun Blanquet, en los cinco sitios de muestreo de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, de marzo a mayo de 2001.

Categorías	Sitios	Abundancia relativa (escala de Braun Blanquet)							Totales
		rc	+	1	2	3	4	5	
1		24	13	12	10	3	2	2	64
2		4	2	2	6	22	19	9	64
3	2	18	12	11	14	4	3	2	64
4		2	4	7	17	11	15	8	64
		46	31	32	47	40	39	21	256
1		28	2	6	17	7	2	2	64
2		11	2	6	11	13	16	5	64
3	4	51	2	2	2	2	3	2	64
4		3	2	6	6	13	17	17	64
		93	8	20	36	35	38	26	256
1		40	6	9	3	2	2	2	64
2		18	4	4	9	12	11	5	64
3	5	40	5	5	4	5	4	2	64
4		3	2	2	6	14	12	25	64
		101	17	20	22	33	29	34	256
1		29	4	10	10	6	3	2	64
2		9	2	7	6	11	16	13	64
3	7	18	2	8	15	13	5	3	64
4		13	2	10	10	13	10	6	64
		69	10	35	41	43	34	24	256
1		28	2	6	9	7	5	2	59
2		9	2	4	9	17	16	2	59
3	8	35	2	8	6	4	2	2	59
4		7	2	4	7	12	15	12	59
		79	8	22	31	40	38	18	236

Tabla 11.- Resultados de pruebas simultáneas de independencia de abundancia relativa de cada categoría para los cinco sitios de muestreo de la laguna arrecifal de Puerto Morelos. La línea que une a los diferentes sitios indica que sus distribuciones de abundancia relativa no fueron significativamente diferentes

Categoría	Grupos de sitios dependientes				
1	4	7	8	2	5
	G = 6.582, 12 g. l.			G = 12.550, 6 g. l.	
2	4	5	7	8	2
	G = 20.407, 18 g. l.			G = 19.351, 12 g. l.	
			G = 14.462, 12 g. l.		
3	4	8	5	2	7
	G = 12.880, 12 g. l.				
4	5	2	8	4	7
	G = 27.689, 18 g. l.			G = 17.905, 12 g. l.	

Los sitios 4, 7 y 8 son más heterogéneos de acuerdo al fitobentos, pues tienen extensas áreas de pastos escasos y algas rizofíticas abundantes, pero también tienen áreas de pasto alto y denso, mientras que los sitios 2 y 5 son predominantemente escasos en pastos altos y densos, con una fuerte presencia de algas rizofíticas (*Halimeda* spp., *Penicillus* spp. y *Rhipocephalus* spp.).

La diferenciación entre los grupos de sitios coincide con su ubicación dentro de la laguna arrecifal, pues los sitios 4, 7 y 8 se localizan en la laguna media hacia la parte costera, mientras que los sitios 2 y 5 se localizan en la laguna media pero son más cercanos al arrecife.

DISCUSIÓN

Se buscó evaluar las variaciones de la ocupación de las casitas por juveniles de langosta y determinar la estructura de tallas, la abundancia, la frecuencia y la amplitud de movimientos de langostas entre las casitas, para conocer lo que le sucede a una población de langostas cuando se les proporciona refugio adicional, en un sistema que se caracteriza por la limitación de hábitat. Para ello es necesario tener conocimiento de la estructura de la población antes de la colocación de estructuras artificiales (Miller 1999, Herrnkind *et al.* 1999).

En la laguna arrecifal de Puerto Morelos, la escasez de refugios se considera el factor principal que limita la abundancia de juveniles postalgaes de *P. argus* (Garza-Garza 1998; Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b). Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001b) explican por qué los otros factores no son críticos. (1) El influjo de postlarvas de langosta en Puerto Morelos ocurre durante todo el año y es mayor que en lugares donde se efectúa captura comercial de langosta basada en casitas. (2) El número de juveniles algaes que se asientan principalmente en áreas donde abunda el alga *Lobophora variegata* (Phaeophyta) en su forma plegada, es comparable con las áreas más productivas de Florida, EUA. (3) La alimentación de los juveniles de la laguna es omnívora, generalista, plástica y selectiva (Colinas-Sánchez & Briones-Fourzán 1990), sin diferencia significativa a lo largo del año y se basa principalmente en el consumo de pequeños crustáceos y gasterópodos (Castañeda-Fernández 1998), los cuales están presentes durante todo el año y en la mayor parte de la laguna arrecifal (Estrada-Olivo 1999; Monroy-Velázquez 2000).

La densidad promedio de langostas en este estudio (22.7 ha^{-1}) es considerablemente mayor que lo registrado durante el estudio base, previo a la introducción de casitas ($5.0 \text{ individuos ha}^{-1}$), pero menor al promedio de langostas registrado durante del primer año de funcionamiento de las casitas en los sitios 2 y 5 (76.9 ha^{-1}) que tuvieron un mayor número de langostas debido al efecto de atracción de los juveniles pequeños existentes en los refugios naturales dentro de estos sitios (véase Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b). Estos autores encontraron dos grupos de sitios, por un lado los sitios 2 y 5, con un mayor número de langostas por muestreo y por otro lado los sitios 4, 7 y 8, con valores de abundancia menores. En el presente estudio esta diferencia no se observó, pues el sitio 4 pasó a ser el segundo lugar en abundancia y el sitio 2 no difirió significativamente del sitio 7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante los censos bimestrales y los muestreos de corta duración se observó una pérdida paulatina por azolve sedimentario de buena parte de los refugios naturales presentes en los sitios 2 y 5. Aún cuando no se registró información cuantitativa al respecto, esta pérdida de los refugios naturales pequeños posiblemente propició el decremento del número de langostas en comparación con el año en que se colocaron las casitas, porque se redujeron las posibilidades de que los juveniles postalgales pequeños que ocupaban estos refugios naturales fueran atraídos a las casitas conforme crecieron.

En contraste, es en los sitios de la laguna media (sitios 4, 7 y 8) en donde mejor se aprecia la importancia local de las casitas, particularmente en los sitios 4 y 7, debido a que en estos sitios no existen refugios naturales, pero la presencia de parches extensos de *L. variegata* propicia un mayor número de asentamientos de juveniles algales (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001a), que al realizar el cambio a juveniles postalgales encontrarían en las casitas el refugio necesario para reducir su mortalidad por depredación. Sin embargo, la presencia y extensión de los parches de *L. variegata* observados a lo largo del año son muy variables (Rodríguez-Almazán 1997), lo cual debe repercutir en el éxito del reclutamiento local de juveniles pequeños. La lejanía de los sitios de la laguna media de áreas con refugios naturales, reduce las posibilidades de que las casitas atraigan, en el corto plazo, más langostas de lo que inicialmente sucedió cuando fueron colocadas. Esto significa que el aumento de langostas, será fundamentalmente producto de la sobrevivencia de juveniles algales asentados en el sitio y entorno inmediato que ocupen las casitas conforme crezcan.

Las variaciones temporales en la abundancia de langostas, el hecho de que las distribuciones de proporciones de tallas de las langostas en los cinco sitios de muestreo no son diferentes, y que las diferencias en las tallas promedio de los juveniles entre sitios probablemente se deba al número variable de juveniles algales encontrados dentro de las casitas, principalmente de los sitios 5 y 7, sugiere que los sitios están ocupados por el mismo segmento de la población de juveniles postalgales y que las diferencias que existían entre los sitios durante el primer año de la instalación de casitas (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b) se redujeron progresivamente.

La reducción en las diferencias de la abundancia y la estructura de tallas de las langostas entre los cinco sitios, se sitúan en una fase de "producción" por aumento de la capacidad de carga

debido al hábitat suplementario que ofrecen las casitas, después de un período en el que el efecto de "atracción" de los individuos ya existentes fue mayor durante el primer año. Esto fue evidente en los sitios 2 y 5 debido a la cantidad y calidad de refugios naturales que existían en sus alrededores (Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b). La colocación de las casitas probablemente permitió que los juveniles pasaran de los refugios naturales a las casitas, sin exponerse a búsquedas de refugio prolongadas y distantes, que les significaran aumento del riesgo de depredación, y por otro lado, los preadultos encontrados hacían uso de las casitas durante su paso hacia el arrecife.

Después de casi cuatro años de haber colocado las casitas, como parte de un proceso continuo dentro de un gradiente entre "atracción" y "producción" (Bohnsack 1989, Bohnsack et al. 1997, Lindberg 1997, Sosa-Cordero et al. 1998, Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez 2001b), la protección que brindan las casitas a los juveniles de langosta residentes en los cinco sitios de muestreo, a falta de refugios naturales de calidad y cantidad suficiente, aumenta la posibilidad de sobrevivencia de los juveniles postalgales.

A pesar de que estadísticamente no se encontró diferencia significativa en la abundancia de langostas en los diferentes sitios con refugios artificiales a lo largo del tiempo, parece existir un máximo de langostas durante los meses invernales. Una situación similar ha sido reportada entre los reclutas de langosta a la pesquería y la temperatura superficial del mar en las Bermudas (Evans & Evans 1995). El efecto significativo del tiempo en la distribución funcional de tallas sesgada hacia juveniles menores a 25 mm LC, puede ser evidencia de un pulso de reclutamiento de juveniles de tallas pequeñas en meses cálidos. Esto provocaría un incremento en el número de langostas que ocuparían las casitas durante los meses fríos antes de cambiar de hábitat (arrecife).

El hecho de que en los sitios con mayor abundancia de juveniles (5, 4 y 2) sea más usual que las langostas compartan el refugio en comparación con los sitios 7 y 8, coincide con lo mencionado por Childress & Herrnkind (1997) acerca del "efecto guía", donde los juveniles no tendrán necesidad de compartir el refugio a menos que el número y tamaño de refugios presentes, con respecto al número de juveniles, los obligue a hacerlo. Por lo tanto, existe una alta probabilidad de que los juveniles compartan refugio cuando éste es escaso y haya una alta densidad de coespecíficos. De esta manera, si existe cierto número de refugios artificiales

iguales, los juveniles usarán indistintamente los que se encuentren más cerca de ellos, tal como ha sido observado en otros lugares (Butler *et al.* 1995; Herrnkind *et al.* 1997a; Herrnkind *et al.* 1997b) y las variaciones del número de langostas presentes dentro de las casitas se deben a los mecanismos de interacción social (formación de grupos). Lo anterior puede influenciar la temporalidad y el carácter del cambio ontogénico de hábitat (Eggleston *et al.* 1992; Childress & Herrnkind 1996).

Panulirus argus es capaz de orientarse para localizar zonas de refugio aún en condiciones de escasa o nula visibilidad, debido a que posee la capacidad de generar un mapa cognoscitivo (Vannini & Cannicci 1995) compuesto por señales de orientación hidrodinámica (Nevitt *et al.* 1995), de campo magnético horizontal (Lohmann *et al.* 1995), y atracción por emisión-recepción de señales químicas entre coespecíficos (Zimmer-Faust *et al.* 1985; Ratchford & Eggleston 1998, 2000; Zimmer-Faust & Butman 2000).

Estas esencias químicas actúan como señales comunes de ocupación gregaria de refugios y se cree que promueven este tipo de ocupación aún en ausencia de cualquier otra información sensorial, aumentando el valor de ese refugio para las langostas por la protección que brindan contra depredadores (Nevitt *et al.* 2000). Por lo anterior, es probable que para detectar estas esencias químicas, el olfato desarrolle un papel clave en el proceso de inicio de agregación y que estas señales olfatorias pudieran advertir el status de ocupación de un refugio en particular y funcionar como un indicador a distancia de la calidad del refugio para otras langostas (Ratchford & Eggleston 1998, 2000; Nevitt *et al.* 2000).

Lo anterior parece ocurrir cuando las langostas comparten las casitas en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, porque las que se refugian primero en las casitas, probablemente orienten a otras langostas para encontrar refugio disponible y adecuado. Mientras mayor sea el número de coespecíficos en las casitas y por consecuencia en el sitio de muestreo, más fuerte será la señal olfatoria que indica la presencia de una zona de refugios adecuados. Al ser iguales todas las casitas, los grupos de langostas no tienen predilección por alguna en especial, sino que se agrupan con coespecíficos ya refugiados, en las casitas situadas más cerca durante el regreso de sus excursiones nocturnas, reduciendo el tiempo de búsqueda individual de refugio y con ello el riesgo de depredación (Childress & Herrnkind 2001). Esto sugiere que los juveniles de *P.*

argus desarrollan fidelidad al sitio donde se encuentran las casitas y no a una casita en particular.

El promedio de distancia (35.8 m, SD 16.38 m) entre las casitas ocupadas entre un muestreo y otro por los juveniles de langosta en este trabajo fue prácticamente igual a la obtenida entre julio de 1998 y agosto de 1999 por Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez (2001b), con la diferencia que la frecuencia de cambio de refugio por las langostas dentro del mismo sitio resultó ser diaria y para todas las tallas, lo que supone la posibilidad de un aumento de amplitud de movimiento en excursiones nocturnas, pues a pesar de que no se determinó el recorrido nocturno de los juveniles, se comprobó que un porcentaje elevado de ellos ocuparon casitas distintas diariamente, y que sus excursiones nocturnas casi nunca estaban circunscritas al área del sitio (\approx 30-100 m), ni siquiera durante las primeras horas de la noche. Esta distancia no determinada, tendría que aumentarse a la registrada entre el refugio inicial y final del siguiente día, lo que daría como resultado la distancia real de movimiento por excursión nocturna. Es posible que los juveniles postalgales más pequeños (20 - 25 mm LC) que no pudieron ser marcados también efectuaran estos cambios de casita diariamente.

Esto sugiere que a diferencia de las zonas con refugios escasos y distantes entre sí, la existencia de grupos de casitas marca una diferencia importante, pues permite ampliar el intervalo de movimiento diario de las langostas durante la noche, debido a que pueden ocupar cualquiera de los refugios disponibles en el sitio, lo que significa un incremento del "ámbito hogareño" de los juveniles de langosta, cuestión hipotetizada por Lozano-Álvarez (1995), lo cual, teóricamente les permitiría utilizar más tiempo y energía en búsqueda de alimento, cubriendo un territorio más amplio sin incrementar el riesgo de depredación.

La caracterización ambiental de los sitios de muestreo permite recopilar información acerca del hábitat y de la escala en que los organismos perciben y responden a cambios en el paisaje, aspectos considerados críticos en la predicción de los efectos de cambio de hábitat en la abundancia poblacional (Eggleston *et al.* 1998). En lugares con alta heterogeneidad de hábitat, los sustratos con vegetación podrían funcionar como corredores de movimiento para juveniles de langosta, ya que facilitan la dispersión hacia áreas que contengan nuevas fuentes alimenticias o recursos necesarios para los organismos (Acosta 1999). Por otro lado, los cambios en la cobertura vegetal por área de sustrato en pastizales pueden dificultar o facilitar la

depredación, dependiendo del tipo de depredadores (Heck & Orth 1980, Bell & Westoby 1986). Además, la complejidad, escala, geometría, densidad numérica y foliar del fitobentos y sus efectos en los flujos hidrodinámicos cercanos al lecho de pastos (Eckman 1983), frecuentemente reducen los índices de depredación tanto para juveniles pequeños de langosta (Marx & Herrnkind, 1985; Smith & Herrnkind 1992; Forcucci *et al.* 1994; Butler *et al.* 1997) como para otros invertebrados asociados a los pastos marinos (Heck & Orth 1980; Heck & Thoman 1981).

Debido a los antecedentes de fidelidad al refugio y amplitud de movimiento de los juveniles postalgales en el medio natural, en un principio se había pensado evaluar la influencia de la heterogeneidad del sustrato adyacente a las casitas (entre 20 y 40 m), suponiendo que los juveniles de langosta no cambiaban diariamente de refugio, en particular los de tallas pequeñas. Los resultados en la amplitud y frecuencia de los movimientos de los juveniles hicieron necesario replantear la escala de evaluación de la heterogeneidad de hábitat en por lo menos un orden de magnitud de distancia, explorando las diferencias entre sitios de muestreo, e implícitamente realizar contrastes entre la zona de laguna media y la zona cercana al arrecife coralino.

De acuerdo con el tipo de sedimento y la cobertura de fitobentos, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos se observaron dos grupos de sitios (sitios 2 y 5) arenas gruesas al tacto y capa sedimentaria delgada, debido a que se encuentran más cercanos a la fuente sedimentaria (arrecife coralino) y están normalmente sometidos a un esfuerzo hidrodinámico importante por efecto del oleaje y la profundidad del fondo menor a los sitios de la laguna media. En estos sitios domina la presencia de áreas cubiertas por densidades bajas de *T. testudinum* y *S. filiforme* de talla media, con importante presencia de algas rizofíticas, que en teoría indica que estos sitios comprenden áreas de menor protección contra los depredadores durante las excursiones nocturnas de las langostas, principalmente las más pequeñas. Sin embargo, Smith & Herrnkind (1992) mencionan que conforme los juveniles crecen, se ven obligados a moverse a lugares de menor cobertura vegetal para poder moverse eficientemente en busca de alimento. Además, en estos sitios, por su cercanía al arrecife, aun se encuentran algunos refugios naturales susceptibles de ser utilizados por juveniles pequeños.

Por otro lado se encuentran los sitios 4 (de transición), 7 y 8 en donde el tamaño de grano es más fino y la capa sedimentaria depositada es más profunda por mayor acumulación sedimentaria y condiciones hidrodinámicas menos severas (Ruiz-Rentería *et al.* 1998), sin refugio natural alguno para juveniles postalgaes. La cobertura fitobentónica es más heterogénea, con presencia de abundantes parches de *T. testudinum* y *S. filiforme* alto y denso que proveen a las langostas de mejor cobertura contra depredación, sobre todo a los juveniles más pequeños, y que favorecen el desarrollo de parches importantes de *Lobophora variegata*, debido a las características estructurales de los pastizales para retener este tipo de algas llamadas de "deriva" (Bell *et al.* 1995), que sirven como hábitat de juveniles algales en la laguna arrecifal. Pero es necesario tomar en cuenta que estas algas no siempre se encuentran presentes, debido a que tienen importantes fluctuaciones espaciales y temporales por cambios en el régimen hidrodinámico que las transporta a otras localidades (Bell & Hall 1997).

A pesar de que existen diferencias en la abundancia de langostas básicamente entre los sitios cercanos al arrecife (sitio 2 y 5), el sitio de transición (sitio 4) y los sitios de la laguna media (sitios 7 y 8), estas diferencias son cada vez más pequeñas, si se considera que durante el primer año del estudio de Briones-Fourzán & Lozano-Álvarez (2001b), los sitios cercanos al arrecife albergaron tres veces más langostas, que los sitios de laguna media. Las diferencias en las características y fitobentónicas entre los sitios de la laguna media y los sitios cercanos al arrecife, no parecen determinar en gran medida diferencias en los atributos de la población de langostas residentes en las casitas durante este estudio. De continuar la pérdida de los refugios naturales de los sitios 2 y 5, es de suponer que eventualmente pueda existir una diferencia significativa en la abundancia de langostas, debido a la sobrevivencia de reclutas locales en los sitios de laguna media, si la presencia de *L. variegata* se mantiene suficiente tiempo cerca de las casitas. Todo parece indicar que aun en zonas ambientalmente distintas, la posibilidad de encontrar refugio adecuado es el factor crítico que determina la presencia de agregaciones de langosta.

Las consideraciones y evaluaciones que aquí se muestran son producto de una determinada escala experimental de trabajo, por lo que la extensión de la escala de prueba en número de casitas y áreas de la laguna arrecifal, daría una idea mucho más amplia del impacto completo que sobre la población pueda tener el refugio suplementario a largo plazo. Por ejemplo, la ampliación del "ámbito hogareño" de los juveniles de *P. argus* es uno de los efectos más

importantes mencionados en este trabajo. Si esto es cierto y la colocación de casitas se extendiera en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, desaparecería la barrera física de separación entre los sitios cercanos al arrecife y la laguna media estableciendo corredores que permitieran a las langostas asentadas en casi cualquier parte de la laguna, ampliar la cobertura de sus excursiones en el corto plazo y tener movilidad continua entre zonas de asentamiento para puerulos y zonas adecuadas para su alimentación y desarrollo conforme crecen. Es importante tener en cuenta las limitaciones del diseño experimental, porque siempre existe el riesgo de subestimar el efecto integral del objeto de estudio.

CONCLUSIONES

- * Los cinco sitios de muestreo alojan al mismo segmento de la población de juveniles de *P. argus* (postalgales principalmente) de la laguna arrecifal de Puerto Morelos
- * Existe una tendencia, conforme avanza el tiempo, de reducción de la diferencia en la abundancia de juveniles de *P. argus* entre sitios de muestreo con casitas cercanos al arrecife (sitios 2 y 5) y aquéllos ubicados en la laguna media hacia la costa (sitios 4, 7 y 8), a pesar de las diferencias ambientales entre ellos.
- * Los juveniles de *P. argus* no mostraron predilección particular por alguna(s) casita(s). Se formaron grupos de langostas dentro de las casitas debido a la limitación de refugios existentes y al comportamiento social gregario asociado a la escasez de refugio .
- * La posibilidad de encontrar refugio adecuado en la laguna arrecifal de Puerto Morelos es el factor crítico para la sobrevivencia de los juveniles postalgales de *P. argus*.
- *La existencia de casitas en los sitios experimentales en la laguna arrecifal permiten un incremento en la amplitud y frecuencia de movimientos de los juveniles de *P. argus*, lo que a su vez amplía su ámbito hogareño.
- * Después de casi tres años de colocadas las casitas en los sitios experimentales de la laguna arrecifal, existen evidencias de efecto de producción por aumento de la sobrevivencia de reclutas locales, sobre todo en los sitios ubicados en la laguna media.

importantes mencionados en este trabajo. Si esto es cierto y la colocación de casitas se extendiera en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, desaparecería la barrera física de separación entre los sitios cercanos al arrecife y la laguna media estableciendo corredores que permitieran a las langostas asentadas en casi cualquier parte de la laguna, ampliar la cobertura de sus excursiones en el corto plazo y tener movilidad continua entre zonas de asentamiento para puerulos y zonas adecuadas para su alimentación y desarrollo conforme crecen. Es importante tener en cuenta las limitaciones del diseño experimental, porque siempre existe el riesgo de subestimar el efecto integral del objeto de estudio.

CONCLUSIONES

- * Los cinco sitios de muestreo alojan al mismo segmento de la población de juveniles de *P. argus* (postalgales principalmente) de la laguna arrecifal de Puerto Morelos
- * Existe una tendencia, conforme avanza el tiempo, de reducción de la diferencia en la abundancia de juveniles de *P. argus* entre sitios de muestreo con casitas cercanos al arrecife (sitios 2 y 5) y aquéllos ubicados en la laguna media hacia la costa (sitios 4, 7 y 8), a pesar de las diferencias ambientales entre ellos.
- * Los juveniles de *P. argus* no mostraron predilección particular por alguna(s) casita(s). Se formaron grupos de langostas dentro de las casitas debido a la limitación de refugios existentes y al comportamiento social gregario asociado a la escasez de refugio .
- * La posibilidad de encontrar refugio adecuado en la laguna arrecifal de Puerto Morelos es el factor crítico para la sobrevivencia de los juveniles postalgales de *P. argus*.
- *La existencia de casitas en los sitios experimentales en la laguna arrecifal permiten un incremento en la amplitud y frecuencia de movimientos de los juveniles de *P. argus*, lo que a su vez amplía su ámbito hogareño.
- * Después de casi tres años de colocadas las casitas en los sitios experimentales de la laguna arrecifal, existen evidencias de efecto de producción por aumento de la sobrevivencia de reclutas locales, sobre todo en los sitios ubicados en la laguna media.

LITERATURA CITADA

- Acosta, C. A. 1999. Benthic dispersal of Caribbean spiny lobsters among insular habitats: Implications for the conservation of exploited marine species. *Cons. Biol.* 13 (3): 603-612
- Acosta, G. & M. J. Butler IV. 1999. Adaptive strategies that reduce predation on Caribbean spiny lobster postlarvae during onshore transport. *Limnol. Oceanogr.* 44 (3): 494-501
- Acosta, C. A., T. R. Matthews & M. J. Butler IV. 1997. Temporal patterns and transport processes in recruitment of spiny lobster, *Panulirus argus*, postlarvae to south Florida. *Mar. Biol.* 129: 79-85
- 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 Inv. Pesq.* 19 (1): 18-26
- Arce, A. M., W. Aguilar-Dávila, E. Sosa-Cordero & J. F. Caddy. 1997. Artificial shelters (casitas) as habitats for juvenile spiny lobster (*Panulirus argus* Latreille) in the Mexican Caribbean. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 218: 217-224
- Baisre, J. A. 1964. Sobre los estadios larvales de langosta común, *Panulirus argus*. *Contrib. Centro Inv. Pesq. (Cuba)* 19: 1-37
- Bell, S. S. & M. Westoby. 1986. Importance of local changes in the leaf and density to fish and decapods associated with seagrasses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 104: 249-274
- Bell, S. S. & O. Hall. 1997. Drift macroalgal abundance in seagrass beds: investigating large-scale associations with physical and biotic attributes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 147: 277-283

- Bell, S. S., M. O. Hall & B. D. Robbins. 1995. Toward a landscape approach in seagrass beds: using macroalgal accumulation to address questions of scale. *Oecologia* 104: 163-168
- 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., A. M. Eklund & A. M. Szmart. 1997. Artificial reef research: is there more than the attraction-production issue? *Fisheries* 22(4): 14-16
- Briones-Fourzán, P. 1994. Variability in postlarval recruitment of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) to the Mexican Caribbean coast. *Crustaceana* 66: 326-240
- Briones-Fourzán, P. 1998. Conclusiones generales, recapitulación y productos esperados. Pp. 213-222 In: *Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino. Informe Final, Proyecto UNAM-CONACYT Clave 1171-N, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Puerto Morelos.*
- Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Álvarez. 2000. The spiny lobster fisheries in Mexico. Pp. 169-188. In: *Spiny Lobster Management* (Eds. B. F. Phillips, J. S. Cobb and J. Kittaka. 2nd Ed.) Fishing News Books, Oxford.
- Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Álvarez. 2001a. The importance of *Lobophora variegata* (Phaeophyta: Dictyotales) as a habitat for small juveniles of *Panulirus argus* (Decapoda: Palinuridae) in a tropical reef lagoon. *Bull. Mar. Sci.* 68 (2): 207-219
- Briones-Fourzán, P. & E. Lozano-Álvarez. 2001b. Effects of artificial shelters (Casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*, in a habitat-limited tropical reef lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 221: 221-232

- Briones-Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez & F. Negrete-Soto. 1998. Reclutamiento de postlarvas (puerulos) de *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. Pp. 121-142 In: Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino. Informe Final, Proyecto UNAM-CONACYT Clave 1171-N, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Puerto Morelos
- Briones-Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez & D. B. Eggleston. 2000. The use of artificial shelters (Casitas) in research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico. Pp. 420-446. In: Spiny Lobster Management (Eds. B. F. Phillips, J. S. Cobb and J. Kittaka. 2nd Ed.) Fishing News Books, Oxford.
- Butler IV, M. J. & W. F. Herrnkind. 1991. The effect of benthic microhabitat cues on the metamorphosis of spiny lobster, *Panulirus argus*, postlarvae. *J. Crust. Biol.* 11: 23-28
- Butler IV, M. J. & W. F. Herrnkind. 1997. A test of recruitment limitation and potential for artificial enhancement of spiny lobster (*Panulirus argus*) populations in Florida. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 452-463
- Butler IV, M. J., W. F. Herrnkind & J. H. Hunt. 1997. Factors affecting the recruitment of juvenile Caribbean spiny lobsters dwelling in macroalgae. *Bull. Mar. Sci.* 61: 3-19
- Butler IV, M. J., J. H. Hunt, W. F. Herrnkind, M. J. Childress, R. Bertelsen, W. Sharp, T. M. Matthews & H. G. Marshall. 1995. Cascading disturbances in Florida Bay. FL (USA): cyanobacteria blooms, sponge mortality and their impact on juvenile spiny lobsters (*Panulirus argus*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 129: 119-125
- Caddy, J. F. 1986. Modelling stock-recruitment processes in Crustacea: some practical and theoretical perspectives. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2330-2344
- Caddy, J. F. & C. Stamatopoulus. 1990. Mapping growth mortality rates of crevice-dwelling organisms onto a perforated surface: The relevance of "Cover" to the carrying capacity of natural and artificial habitats. *Est. Cost. Shelf Sci.* 31: 87-106

- Calinski, M. D. & W. G. Lyons. 1983. Swimming behavior of the puerulus of the spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille, 1804) (Crustacea: Palinuridae). *J. Crust. Biol.* 3: 329-335
- Castañeda-Fernández de Lara, V. 1998. Alimentación natural de los juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 67 pp.
- Childress, M. J. & W. F. Herrnkind. 1994. The behavior of juvenile Caribbean spiny lobster in Florida Bay: Seasonality, ontogeny and sociality. *Bull. Mar. Sci.* 54: 819-827
- Childress, M. J. & W. F. Herrnkind. 1996. The ontogeny of social behavior among juvenile Caribbean lobsters. *Anim. Behav.* 51: 675-687
- Childress, M. J. & W. F. Herrnkind. 1997. Den sharing by juvenile Caribbean spiny lobsters (*Panulirus argus*) in nursery habitat: cooperation or coincidence?. *Mar. Freshwater Res.* 48: 751-758
- Childress, M. J. & W. F. Herrnkind. 2001. The guide effect influence on the gregariousness of juvenile Caribbean spiny lobsters. *Anim. Behav.* 62: 465-472
- Colinas-Sánchez, F. & P. Briones-Fourzán. 1990. Alimentación de las langostas *Panulirus guttatus* y *P. argus* (Latreille, 1804) en el Caribe mexicano. *An. Inst. Cienc. Mar Limnol. UNAM.* 17: 89-106
- Cruz, R. & B. F. Phillips. 2000. The artificial shelters (pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba. In: *Spiny Lobster Management* (Eds. B. F. Phillips, J. S. Cobb and J. Kittaka. 2nd Ed.) pp. 169-188. Fishing News Books, Oxford.
- Cruz, R., J. A. Baisre, E. Díaz, R. Brito, C. García, W. Blanco & C. Carrodegua. 1987. Atlas biológico-pesquero de la langosta del Archipiélago Cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana. 125 pp.

- Eckman, J. E. 1983. Hydrodynamic processes affecting benthic recruitment. *Limnol. Oceanogr.* 28 (2): 241-257
- Eggleston, D. B. & 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. 1992. Artificial shelters and survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*: Spatial, habitat, and lobster size effects. *Fish. Bull.* 90: 619-702
- Eggleston, D. B., R. N. Lipcius & J. L. Glover. 1997. Predator and shelter-size effects on coral reef fish and spiny lobster prey. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 43-59
- Eggleston, D. B., R. N. Lipcius & E. Ward. 1998. Organism response to habitat patchiness: species and habitat-dependent recruitment to decapod crustaceans. *J. Mar. Biol. Ecol.* 223: 111-132
- Eggleston, D. B., R. N. Lipcius, D. L. Miller & L. Coba-Cetina. 1990. Shelter scaling regulates survival of juvenile Caribbean spiny lobster *Panulirus argus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 79-88
- Eggleston, D. B., R. N. Lipcius, L. S. Marshall Jr. & S. G. Ratchford. 1998. Spatiotemporal variations in postlarval recruitment to the Caribbean spiny lobster in the central Bahamas: lunar and seasonal periodicity, spatial coherence and wind forcing. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 174: 33-49
- Estrada-Olivo, J. J. 1999. Riqueza específica y abundancia de la macrofauna béntica asociada a pastizales marinos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México. 67 pp.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Evans, C. R. & A. J. Evans. 1995. Fisheries ecology of spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille) and *Panulirus guttatus* (Latreille) on the Bermuda Platform: estimates of sustainable yields and observations on trends in abundance. *Fish. Res.* 24: 113-128

Forcucci, D., M. J. Butler IV & J. H. Hunt. 1994. Population dynamics of juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*, in Florida Bay, FL. *Bull. Mar. Sci.* 54: 805-818

Garza-Garza, S. 1998. Hábitat y abundancia de los estadios juveniles de la langosta, *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. R. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Univ. Nal. Autón. México. 48pp.

Heck, K. L. & P. J. Orth. 1980. Seagrass habitats: the roles of habitat complexity competition and predation in structuring associated fix and motile invertebrate assemblages. Pp 449-464. In: *Estuarine perspectives* (Ed. V. S. Kennedy) Academic Press, New York.

Heck, K. L. & T. A. Thoman. 1981. Experiments on predator-prey interactions in vegetated aquatic habitat. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 53: 125-134

Herrnkind, W. F., P. Jernakoff & M. J. Butler IV. 1994. Puerulus and postpuerulus ecology. Pp. 213-329 In: *Spiny Lobster Management* (Eds. B. F. Phillips, J. S. Cobb and J. Kittaka.) Fishing News Books, Oxford.

Herrnkind, W. F., M. J. Butler IV & J. H. Hunt. 1997a. Can artificial habitats that mimic natural structures enhance recruitment of Caribbean spiny lobster? *Artificial Reef Management* 22(4): 24-27

Herrnkind, W. F., M. J. Butler IV, J. H. Hunt & m. Childress. 1997b. The role of physical refugia: implications from a mass sponge die-off in a lobster nursery in Florida. *Mar. Freshwater Res.* 48: 759-769

- Herrnkind, W. F., M. J. Butler IV & J. H. Hunt. 1999. A case of shelter replacement in a disturbed spiny lobster nursery in Florida: why basic research had to come first. *Am. Fish. Soc. Symp.* 22: 421-437
- Howell, D. C. 1997. *Statistical methods for psychology*. (4th Ed.) International Thompson Publishing Inc. 724 pp.
- Lewis, J. B. 1951. The phyllosoma larvae of the spiny lobster *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci. Gulf Caribbean* 1(2): 89-103
- Lindberg, W. F. 1997. Can science resolve the attraction-production issue?. *Fisheries* 22(4): 10-13
- Lohman, K. J., N. D. Pentcheff, G. A. Nevitt, G. D. Stetten, R. K. Zimmer-Faust, H. E. Jarrad & L. C. Boles. 1995. Magnetic orientation of spiny lobster in the ocean: Experiment with undersea coil systems. *J. Exp. Biol.* 198: 2041-2048
- Lozano-Álvarez, E. 1995. Requisitos para la introducción de refugios artificiales en pesquerías de langosta. *Rev. Cubana Inv. Pesq.* 19(2): 21-26
- Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán & B. F. Phillips. 1991. Fisheries characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascensión, Mexico. *Fish. Bull. U.S.* 89: 79-89
- Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán & F. Negrete-Soto. 1994. An evaluation of concrete blocks as shelter for juvenile Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. *Bull. Mar. Sci.* 55: 351-362

- Lozano-Álvarez, E., P. Briones-Fourzán, F. Negrete-Soto & C. Barradas-Ortiz. 1998. Atributos de la población de langostas *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, antes y después de la introducción de Casitas. Pp. 178-212 In: Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino. Informe Final, Proyecto UNAM-CONACYT Clave 1171-N, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Puerto Morelos.
- Marx, J. M. & W. F. Herrnkind. 1985. Factors regulating microhabitat for juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*: food and shelter. J. Crust. Biol. 5: 650-657
- Merino, M. & L. Otero. 1991. Atlas ambiental costero de Puerto Morelos, Quintana Roo. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 pp.
- Mintz, J. D., R. N. Lipcius, D. E. Eggleston & M. S. Seebo. 1994. Survival of juvenile Caribbean spiny lobster: effect of shelter size, geographic location and conspecific abundance. Mar. Ecol. Prog. Ser. 112: 255-266
- Miller, D. L. 1982. Construction of shallow water habitat to increase lobster production in Mexico. Proc. Gulf Caribb. Fish. Inst. 34: 168-179
- Miller, M. W. 1999. Using "natural" reef ecology in artificial reef research: advancing artificial reef goals through better understanding of ecological process. Proc. 7th Internat. Conference on Artificial Reefs and Habitats, Sanremo, Italy, October 1999: 37-44
- Milton, J. S. & J. O. Tsokos. 1987. Estadística para biología y ciencias de la salud. Interamericana, McGraw-Hill. 500 pp.
- Monroy-Velázquez, L. V. 2000. Variación en la composición y abundancia en la fauna de decápodos asociados a pastizales marinos en el Caribe mexicano. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Univ. Nal. Autón. México. 75 pp.

- Nevitt, G. A., N. D. Pentcheff, K. J. Lohman & K. Zimmer-Faust. 1995. Den selection by the spiny lobster *Panulirus argus*: testing attraction to conspecific odors in the field. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 203: 225-231
- Padilla-Ramos, S. & P. Briones-Fourzán. 1997. Características biológicas de las langostas (*Panulirus spp.*) provenientes de las capturas en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *Cienc. Mar.* 23 (2): 175-193
- Parrish, F. A. & J. J. Polovina. 1994. Habitat thresholds and bottlenecks in production of the spiny lobster (*Panulirus argus*) in the northwestern Hawaiian Islands. *Bull. Mar. Sci.* 54: 151-163
- Phillips, B. F. & P. S. McWilliam. 1986 The pelagic phase of spiny lobster development. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 43: 2153-2163
- Phillips, B. F., J. S. Cobb & R. George. 1980. General biology. In: *The Biology and Management of Lobster. Vol. I: Physiology and Behavior* (Eds. J. S. Cobb & B. F. Phillips) 461 pp. Academic Press, New York
- Polovina, J. J. 1991. Fisheries applications and biological impacts of artificial habitats. Pp. 153-176 In: *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries* (Eds. W. Seaman & L. Sprague) Academic Press Inc.
- Ramos-Aguilar, M. E. 1992. Aspectos de los patrones de movimiento (regreso a refugio y ámbito hogareño) de la langosta *Panulirus argus*, en la Bahía de la Ascensión Quintana Roo, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Univ. Nal. Autón. México 58 pp.
- Ratchford, S. G. & D. B. Eggleston. 1999. Size – and scale – dependent chemical attraction contribute to an ontogenic shift in sociality. *Anim. Behav.* 56: 1027-1034
- Ratchford, S. G. & D. B. Eggleston. 2000. Temporal shift in the presence of a chemical cue contributes to a dial shift in sociality. *Anim. Behav.* 59: 793-799

- Reyes-Zavala, G. 1998. Monitoreo de macrofitas bénticas de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Univ. Nat. Autón. México. 65 pp.
- Rodríguez-Almazán, C. 1997. Evaluación de la dinámica de los manchones de *Lobophora variegata* (Dictyotales, Phaeophyta) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, Univ. Nat. Autón. México 59 pp.
- Ruiz-Rentería, F., B. I. Van Tussenbroek & E. Jordán-Dalhgren. 1998. Puerto Morelos, Quintana Roo, México. Pp. 57-66 In: CARICOMP: Caribbean coral reef, seagrass and mangrove sites (Ed. Kjerve B) UNESCO
- Smith, K. N. & W. F. Herrnkind. 1992. Predation on early juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus* (Latreille): influence of size and shelter. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 64: 1-16
- Sokal, R. R & F. Rohlf. 1971. Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones. Madrid, España. 834 pp.
- Sosa-Cordero, E., A. M. Arce, W. Aguilar-Dávila & A. Ramírez-González. 1998. Artificial shelters for spiny lobster *Panulirus argus* (Latreille): an evaluation of occupancy in different benthic habitats. J. Exp. Biol. Ecol. 229: 1-18
- Takahashi, Y., S. Nishida & J. Kittaka. 1994. Histological characteristics of fat bodies in the puerulus of the rock lobster *Jasus edwardsii* (Hutton, 1875)(Decapoda, Palinuridae) Crustaceana. 66: 318-325
- Spanier, E. & K. Zimmer-Faust. 1988. Some physical properties of shelter that influence preference in spiny lobsters. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 121: 137-149
- Trujillo-Ortíz, A. 1998. Estadística avanzada. Manual de curso. Facultad de Ciencias Marinas. Univ. Autón. Baja Calif. 213 pp

Underwood, A. J. 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 19: 513-605

van Tussenbroek, B. I. & G. Reyes-Zavala. 1998. Caracterización de la vegetación marina en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. Pp. 30-75 In: *Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino. Informe Final, Proyecto UNAM-CONACYT Clave 1171-N, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Puerto Morelos.*

van der Maarel, E. 1979. Multivariate methods in phytosociology, with reference to the Netherlands. Pp. 163-225 In: *The study of vegetation* (Eds. M. J. A. Werger) Dr. Junk bv Publishers.

Vannini, M. & S. Cannicci. 1995. Homing behaviour and possible cognitive maps in crustacean decapods. *J. Mar. Biol. Ecol.* 193: 67-91

Winer, B. J. 1971. *Statistical principles in experimental designs* (2nd ed.) McGraw-Hill, New York. 907 pp

Zimmer-Faust, R. K., S. E. Tyre & J. F. Case. 1985. Chemical attraction causing aggregation in the spiny lobster. *P. interruptus* (Randall) and its probable ecological significance. *Biol. Bull.* 169: 106-118

Zimmer-Faust, R. K. & C. A. Butman. 2000. Chemical signaling in the marine environment. *Biol. Bull.* 198: 168-187

Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis* (2nd ed.) Prentice-Hall. Englewood Cliffs. 781 pp.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN