



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"ABUNDANCIA Y ALIMENTACION DE LAS MORENAS  
*Gymnothorax moringa* Y *Gymnothorax vicinus* (PISCES:  
MURAENIDAE) EN LA LAGUNA ARRECIFAL DE  
PUERTO MORELOS, QUINTANA ROO".

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
B I O L O G O  
P R E S E N T A :  
LORENZO ALVAREZ FILIP



FACULTAD DE CIENCIAS  
UNAM

DIRECTOR DE TESIS DR. ENRIQUE LOZANO ALVAREZ

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



2002

FACULTAD DE CIENCIAS  
SECCION ESCOLAR





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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

**M. EN C. ELENA DE OTEYZA DE OTEYZA**

Jefa de la División de Estudios Profesionales de la  
Facultad de Ciencias  
Presente

Comunico a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

"Abundancia y alimentacion de las morenas *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus*  
(Pisces: Muraenidae) en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Quintana Roo."  
realizado por Lorenzo Alvarez Filip

con número de cuenta 9653245-6 , quién cubrió los créditos de la carrera de Biología.

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis  
Propietario

Dr. Enrique Lozano Álvarez

Propietario

Dra. Patricia Dolores Briones Fourzán

Propietario

M. en C. Fernando Negrete Soto

Suplente

M. en C. Héctor Salvador Espinosa Pérez

Suplente

M. en C. Leticia Huidobro Campos

Consejo Departamental de Biología.

Dra. Patricia Ramos Morales

FACULTAD DE CIENCIAS  
U.N.A.M.



DEPARTAMENTO  
DE BIOLOGIA

*A mis Papas y hermanos: Violeta y Felipe.*

*A mi Familia por ser cada uno de ustedes tan importante en mi vida que me es imposible poner solo algunos nombres.*

## *Agradecimientos:*

*A Virginia Filip y Luis Cervantes por ayudarme en este trabajo, y a lo largo de toda mi vida.....*

*A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme dado mucho mas que una educación profesional.*

*A el Dr. Enrique Lozano Álvarez, por haberme dirigido, orientado y ayudado durante el desarrollo de este trabajo.*

*A la Dra. Patricia Briones Fourzán, por la valiosa ayuda brindada en la elaboración de la tesis.*

*A el M. en C. Fernando Negrete Soto por su imprescindible ayuda en el trabajo de campo, y especialmente por su amistad.*

*A la M. en C. Cecilia Barradas por la ayuda en el trabajo de campo, en la elaboración de diagramas y figuras, y por tenerme tanta paciencia. Mil Gracias Cecy!!!*

*A el M. en C. Héctor Espinosa y la M. en C. Leticia Huidobro, por sus valiosos comentarios.*

*A mis amigos del laboratorio: M. en C. Luis Reynoso; M. en C. Cesar Meiners; M. en C. Verónica Monroy; Biol. Iris Segura y Biol. Eluterio Rojas. Por su valiosísima ayuda en la realización del trabajo de campo, la identificación de organismos, etc., pero sobre todo por su amistad.....Muchas gracias.*

*A todos los demás inolvidables amigos que tuve durante mi paso por Puerto Morelos: Constanza, Normis, Alex, Gris, Hugo, Kor, Marisa, Gloria, Tito, Eutimio, Felipe Cab, Amaury ,.....Gracias por hacer tan especial esta estancia.*

*A todos mis amigos de la Facultad: Martha, Xavier, Víctor, Danae, Oscar, Misha, Meliton, Ramadan, Mike, Memo, Isabel, Dalila, Alejandro, Stella, Sergio, Héctorrr, Pepillo, Adriana, Tata, Tiber, Cruz, Mario, Nettel, Javier,..... por ayudarme en muchas ocasiones y desayudarme en otras tantas (las mas divertidas) a salir adelante en este camino que nos toco recorrer juntos.*

*Al mar.....*

*A todos aquellos de los  
que alguna vez me toco  
aprender algo....*

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN  | 1  |
| INTRODUCCIÓN   | 2  |
| ANTECEDENTES   | 4  |
| Familia Muraenidae   | 4  |
| Ecología y conducta de morenas                                 | 7  |
| Composición de la dieta  | 8  |
| Refugios artificiales  | 9  |
| Casitas  | 10 |
| OBJETIVOS  | 12 |
| Objetivo general   | 12 |
| Objetivos particulares   | 12 |
| ÁREA DE ESTUDIO  | 13 |
| MÉTODO   | 15 |
| Descripción de sitios de muestreo                              | 15 |
| Descripción de los refugios artificiales (casitas)             | 15 |
| Abundancia y Patrones de selección de refugios                 | 16 |
| Muestreos para censos y marcado de morenas                     | 16 |
| Marcas   | 16 |
| Análisis estadístico   | 17 |
| Alimentación   | 17 |
| Análisis de contenido estomacal                                | 18 |
| Hábitat de las presas  | 18 |
| Identificación de los grupos taxonómicos presentes en la dieta | 18 |
| Porcentaje de vacuidad   | 19 |
| Porcentaje de peso y frecuencia de los grupos taxonómicos      | 19 |
| Índice de importancia relativa                                 | 20 |
| Índice de Schoener ( $R_o$ )                                   | 20 |
| Grado de digestión (GD)  | 21 |

|  |    |
|--|----|
| RESULTADOS _____   | 22 |
| Abundancia _____   | 22 |
| Patrones de selección de refugio _____   | 26 |
| Observaciones de algunas relaciones inter e intra específicas _____                  | 27 |
| Alimentación _____   | 29 |
| Análisis del contenido estomacal _____   | 31 |
| Porcentaje de vacuidad _____   | 31 |
| Composición de la dieta _____  | 32 |
| Porcentajes de peso y frecuencia _____   | 35 |
| Índice de importancia relativa _____   | 36 |
| Tipo de vida de las presas _____   | 38 |
| Índice de Schoener _____   | 39 |
| DISCUSIÓN _____  | 40 |
| Distribución de tallas de ambas especies de morenas _____                            | 40 |
| Abundancia de ambas especies en sitios con y sin refugios artificiales _____         | 40 |
| Patrones de selección de refugio _____   | 42 |
| Relaciones inter e intraespecíficas _____  | 43 |
| Dieta y hábitos alimenticios de <i>Gymnothorax moringa</i> y <i>G. vicinus</i> _____ | 43 |
| a) Métodos de estudio _____  | 43 |
| b) Alimentación y hábitos alimenticios _____   | 44 |
| CONCLUSIONES _____   | 47 |
| LITERATURA CITADA _____  | 48 |

### Resumen

El presente estudio aborda aspectos de la ecología de dos especies de morenas, *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus*, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo. El estudio se realizó entre febrero de 2000 y octubre de 2001, e incluyó las variaciones en la abundancia, algunos aspectos de la conducta, y los patrones de alimentación de cada una de estas especies de morenas. La abundancia de las dos especies se analizó en nueve sitios de 1 ha cada uno, distribuidos en la laguna arrecifal. Cinco de estos sitios tenían 10 refugios artificiales tipo "casita" (50 casitas en total), utilizados para estudios ecológicos de la langosta del Caribe, *Panulirus argus*, mientras que los cuatro sitios restantes no tenían casitas y se utilizaron como control. Se llevaron a cabo censos aproximadamente cada dos meses en los nueve sitios. Cada sitio era cuidadosa y completamente revisado por medio de buceo SCUBA, y todas las morenas observadas eran contadas. Se midió la longitud total de 129 individuos de *G. moringa* y 134 de *G. vicinus*. Algunas morenas fueron marcadas para explorar su arraigo a un refugio o a un sitio en particular.

No se encontraron diferencias significativas en la abundancia total de las dos especies, pero la abundancia de ambas fue significativamente mayor en los sitios con casitas que en los sitios sin casitas. El intervalo de tallas de *G. moringa* fue de 37-90 cm de longitud, y el de *G. vicinus* de 27-90 cm. La longitud media fue significativamente mayor en *G. moringa* (media  $\pm$  DS = 59.6  $\pm$  9.8 cm) que en *G. vicinus* (56.6  $\pm$  8.6 cm). Se encontró que individuos de las dos especies pueden permanecer por períodos relativamente largos (meses) en un determinado ámbito hogareño. Ambas especies ocuparon refugios naturales con características similares, y se encontró una alta incidencia de cohabitación de morenas (coespecíficas y congéneres) en los mismos refugios, tanto naturales como artificiales, sin presentar interacciones agresivas entre ellas.

Se realizaron análisis de contenido estomacal en 74 individuos de *G. moringa* y 86 de *G. vicinus*, utilizando técnicas para forzar a las morenas a regurgitar el alimento, es decir sin sacrificarlas. Ambas especies presentaron un alto porcentaje de vacuidad estomacal (63.5% *G. moringa* y 76.4% *G. vicinus*). Se reconocieron 14 tipos de presas en *G. moringa* y 12 en *G. vicinus*. Ambas especies consumieron alimento con poca periodicidad, aunque *G. moringa* con más frecuencia que *G. vicinus*. En contraste, las presas consumidas por *G. vicinus* eran por lo general de tamaños mayores que las consumidas por *G. moringa*. En las dos especies, los peces constituyeron el alimento preferencial, mientras que el resto de los tipos de presas representaron alimento secundario u ocasional. Debido a las diferencias en las presas consumidas, el índice de traslape en el nicho alimentario de ambas especies fue bajo.

## INTRODUCCIÓN

Los peces tienen una gran importancia en comunidades arrecifales, por lo que se requieren conocimientos precisos sobre aspectos de su taxonomía, biología y ecología en diferentes escalas, tanto temporales como espaciales, para evaluar y manejar óptimamente estos recursos. Por otro lado, muchos peces son depredadores, y la depredación es uno de los procesos que tienen mayor influencia en el tamaño de las poblaciones y en la estructura de las comunidades ecológicas (Talbot *et al.*, 1978; Beukers y Jones, 1997), a pesar de lo cual se sabe muy poco de la ictiofauna depredadora en la zona arrecifal coralina, por lo que es necesario realizar estudios que contribuyan al conocimiento de estas especies (Beukers y Jones, 1997). Igualmente importante es el conocimiento de la abundancia de los depredadores en relación al tipo de hábitat, lo que puede ayudar a determinar el mejor lugar para examinar los efectos de la depredación. Además, en general, también es escaso el conocimiento de los patrones temporales de abundancia de los grandes peces depredadores (Connell y Kingsford, 1998).

Los trabajos acerca de las comunidades ictiológicas en general, y en el Caribe mexicano en particular son muy escasos (Díaz-Ruiz *et al.*, 1995). Frecuentemente, los estudios están restringidos a una o pocas especies, por lo general de importancia comercial o recreativa directa (Bohnsack *et al.*, 1991). Los trabajos publicados sobre morenas son muy escasos, probablemente debido a su limitada importancia pesquera. Lewis y Wass (1979) determinaron que las morenas comprenden hasta un 47 % del total de la biomasa de peces carnívoros dentro de un parche de arrecife en Oahu, Hawai. Por lo tanto, el propósito del presente estudio es ampliar el conocimiento de la dinámica de un ecosistema lagunar-arrecifal, analizando la abundancia y la ecología alimentaria de un grupo importante de depredadores: las morenas.

En 1995, se empezó un proyecto de investigación en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo, para explorar -de manera experimental- el funcionamiento de refugios artificiales utilizados para la pesca de la langosta, en una zona somera con pocos refugios naturales, así como el efecto que tienen en la población local de langosta del Caribe, *Panulirus argus* (Briones-Fourzan, 1998). Después de un año de instalar estos refugios artificiales llamados "casitas" se documentó un incremento en la abundancia y biomasa de langostas (Briones-Fourzan y Lozano Álvarez, 2001). Además del efecto evidente de las casitas, estos autores mencionan que el aumento en la abundancia de langostas también podría depender de interacciones complejas entre las

langostas y sus competidores y depredadores, ya que las casitas también son colonizadas por una gran variedad de organismos marinos, entre ellos las morenas, las cuales han sido mencionadas como depredadores potenciales de langostas (Eggleston *et al.*, 1990; Cruz y Phillips, 1994). Esto brinda la oportunidad de realizar estudios sobre diversos componentes de la fauna de las casitas, ya que la dinámica de ciertos componentes de un conjunto de animales en un ambiente determinado puede ser imposible de comprender sin el conocimiento de los demás componentes (Werner *et al.*, 1981). El presente trabajo examina aspectos ecológicos y conductuales de las dos especies de morenas más comunes en el Caribe, *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus*, tanto en sitios con casitas como en sitios sin casitas en la laguna arrecifal de Puerto Morelos. El estudio aborda tres aspectos importantes de la historia de vida de estas dos especies: (a) sus patrones temporales y espaciales de abundancia; (b) su arraigo a un sitio determinado, y (c) su dieta y sus hábitos alimenticios.

## ANTECEDENTES

### Familia Muraenidae

Los miembros de la familia Muraenidae son un grupo diverso de anguilas conocidas como morenas, que durante su fase adulta tienen vida béntica. Se encuentran en aguas someras tropicales y subtropicales, con más de 10 especies habitando las aguas del Caribe (Böhlke y Chaplin, 1993). Son consideradas miembros importantes de la ictiofauna de la plataforma continental; se encuentran restringidas a zonas de pastizales marinos, zonas arrecifales y/o rocosas; raramente se les encuentra en aguas oceánicas (Robins *et al.*, 1986; Claro, 1994; Nelson, 1994). Las morenas constituyen una de las familias más abundantes y homogéneas entre los anguiliformes, pues no muestran gran variación en las características tanto en fases larvarias como en adultas, en comparación con las otras dos grandes familias del grupo: Ophichthidae y Congridae (Smith, 1979).

La larva leptocéfala, de vida epipelágica, tiene una morfología poco común, el cuerpo es alargado, comprimido lateralmente y translúcido, con apariencia en forma de hoja. La cabeza es muy pequeña, lo que le da el nombre a este tipo de larva (Smith, 1979; Nelson, 1994; Bishop y Torres, 2001). Después de la eclosión de los huevecillos durante un periodo en el cual el saco vitelino es reabsorbido, la larva muestra un dramático incremento en su tamaño pasando por tres diferentes etapas a lo largo de varios meses durante los cuales permanece en el plancton (Bishop y Torres, 2001).

Las características distintivas de los miembros adultos de la familia Muraenidae son las siguientes: generalmente de mayor tamaño y más comprimidos que la mayoría de las otras anguilas. La piel es gruesa y coriácea, tienen la boca alargada con numerosos dientes, generalmente caninos; poseen dos pares de orificios nasales, el segundo par de ellos son de forma tubular y se encuentran en la parte anterior del hocico. La aleta dorsal se origina antes de la abertura branquial, la aleta anal se continúa con la aleta caudal; carecen de aletas pectorales y pélvicas. Las aberturas branquiales, que se encuentran lateralmente, son extremadamente reducidas y de forma casi circular. El cuerpo es desnudo ya que carece de escamas. La máxima talla registrada para las especies de mayor tamaño de esta familia es de 3 m (Böhlke *et al.*, 1989; Nelson, 1994; Randall, 1996).

Las morenas son consideradas entre los depredadores bénticos más importantes del hábitat litoral, principalmente en mares de aguas templadas, tropicales y en arrecifes coralinos (Böhlke *et al.*, 1989; Claro, 1994; Fishelson, 1996), siendo su fuente de alimento principalmente crustáceos (en su mayoría cangrejos), cefalópodos, y diversos tipos de peces, por lo general juveniles (Hiatt y

Strasburg, 1960; Randall, 1967; Chave y Randall, 1971; Young, 1992; Nelson, 1994). Asimismo, los individuos más pequeños pueden ser presas de otros depredadores, tales como meros, pargos (Randall, 1967), barracudas (obs. pers.), serpientes marinas (Heatwole y Powell, 1998) y otras morenas, incluso de la misma especie (Young, 1992; este trabajo). Se ha encontrado que algunas morenas como *G. nudivomer* y *Muraena helena* tienen crinotoxinas (toxinas de la piel) para evitar la depredación (Hixon, 1991). Aunque su importancia pesquera es limitada, las morenas son consumidas por el hombre en varias partes del mundo (Böhlke *et al.*, 1989). Algunas morenas pueden causar la enfermedad conocida como "ciguatera", varios de estos casos han sido registrados principalmente en el Indo-Pacífico (Böhlke *et al.*, 1989; Nelson, 1994).

Los hábitos de los miembros de la familia Muraenidae en realidad son muy poco conocidos (Böhlke y Chaplin, 1993). Se les ha descrito como animales de vida nocturna, que pasan la mayor parte del día retraídos en sus refugios (Bardach *et al.*, 1959; Hiatt y Strasburg, 1960; Goldman y Talbot, 1976; Nelson, 1994), aunque diversos estudios reportan actividad diurna de algunas especies (Chave y Randall, 1971; Strand, 1988) entre ellas *G. moringa* y *G. vicinus* (Dubin, 1982; Abrams *et al.*, 1983; Young, 1992; este trabajo).

Se considera que las morenas tienen un pobre sentido de la vista, y que dependen principalmente de los sentidos del olfato, gusto y táctil para capturar a su presa (Bardach *et al.*, 1959; Bardach y Lowenthal, 1961). Sin embargo, Fishelson (1995), en un análisis de las estructuras olfatorias y la conducta de la búsqueda del alimento de las morenas, divide a éstas en dos grupos: las que dependen principalmente del sentido del olfato; y las predominantemente visuales. Entre estas últimas se encuentran especies pertenecientes al género *Gymnothorax*.

**La clasificación taxonómica de *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus* (Fig. 1) es la siguiente (Nelson, 1994):**

Clase: OSTEICHTHYES

Subclase: Actinopterygii

Subdivisión: Teleostei

Infradivisión: Elapomorpha

Orden: Anguilliformes

Familia: Muraenidae

Subfamilia: Muraeninae

Género: *Gymnothorax*

Especies: *Gymnothorax moringa* (Cuvier, 1829)

*Gymnothorax vicinus* (Castelnau, 1855)

Ambas especies tienen una distribución muy similar, *Gymnothorax moringa* se distribuye en el Atlántico Occidental; de Carolina del Norte (EUA) a Brasil, incluyendo Bermuda, Golfo de México, el Mar Caribe y el norte de Sudamérica (Dickson y Moore, 1977). En el Atlántico Este; se ha registrado en las islas Ascensión y Santa Elena (Böhlke *et al.*, 1989; Randall, 1996).

*Gymnothorax vicinus* tiene una distribución, en el Atlántico Occidental: Bermuda, sur de Florida (EUA), y de Bahamas a Brasil; incluidos el Mar Caribe, Golfo de México y el norte de Sudamérica (Dickson y Moore, 1977); en el Atlántico Este: Azores, Madeira, Las Canarias, Cabo Verde, e islas de Bahía Biafra (Böhlke *et al.*, 1989). En el Mar Caribe *G. moringa* y *G. vicinus* probablemente son las dos especies de morenas más comunes (Böhlke y Chaplin, 1993).

Morfológicamente, las dos especies son muy similares, diferenciándose principalmente en la pigmentación de la piel. Ambas especies alcanzan tallas muy similares que son de hasta 91 cm (Randall, 1996). Como su distribución y morfología, los hábitats en los que se les encuentra son muy parecidos, pero al parecer *G. vicinus* alcanza una distribución vertical menor que la de *G. moringa* (Böhlke *et al.*, 1989) y probablemente esta última sea más común en los arrecifes (Abrams *et al.*, 1983; Abrams y Schein, 1986; Dubin, 1982). Es oportuno mencionar que "vicinus" quiere decir cercano, debido a la similitud morfológica que tiene esta especie con *G. moringa* (Böhlke *et al.*, 1989).

a)



Foto: Fernando Negrete Soto

b)



www.fishbase.org

Figura 1. a) Dos *Gymnothorax vicinus* juntas en refugio artificial; b) *Gymnothorax moringa* en refugio natural.

### Ecología y conducta de morenas

En general, existen pocos trabajos referentes a la ecología y conducta de las morenas. En Belice, Young (1992) estudió el tipo de refugio que utilizan las morenas *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus*, así como sus movimientos entre estos refugios. Este autor encontró que las morenas suelen utilizar más de un refugio y que ambas especies tienen una preferencia por utilizar refugios similares, ya que alrededor de la mitad de los refugios que contenían morenas, fueron utilizados por ambas especies, tanto en distintos momentos como simultáneamente. Young (1992) no registró agresiones territoriales intraespecíficas; por el contrario, encontró que dos o más individuos de la misma especie podían compartir un solo refugio, ya que de tres refugios frecuentemente utilizados (separados entre sí por aproximadamente 5 m), en varias ocasiones dos individuos de *G. vicinus* compartieron el mismo refugio, permaneciendo los otros dos vacíos. Además, un refugio podía ser utilizado a lo largo del tiempo por individuos diferentes de la misma especie. La máxima distancia registrada que se alejaron las morenas de su refugio para alimentarse fue de 115 m para *G. moringa* y de 90 m para *G. vicinus*. Estos eventos variaron entre < 1.0 h en ambas especies a 9.0 h en el caso de *G. vicinus* y 15.0 h en *G. moringa*.

En un estudio realizado en arrecifes coralinos de las Islas Vírgenes, EUA., enfocado a la conducta ecológica de cinco especies de morenas, principalmente *G. moringa* y *Muraena miliaris*, Abrams *et al.* (1983) encontraron que las morenas, a pesar de presentar cierta relación agresiva con algunos peces (*Halichoeres*), toleran y son toleradas por otros peces -incluyendo a sus posibles presas-; así como por invertebrados, en particular crustáceos. Entre estos últimos se encontraba la langosta *P. argus* y camarones del género *Stenopus*, los cuales posiblemente les sirven como limpiadores de parásitos.

Abrams *et al.* (1983) y Abrams y Schein (1986) observaron que miembros de las cinco especies estudiadas, toleraban la presencia de otros individuos, coespecíficos o no, en los mismos refugios, en distintos momentos o simultáneamente. Abrams *et al.* (1983) analizaron el vínculo que tienen las distintas especies estudiadas con sus refugios, encontrando que *M. miliares* tiene un arraigo a su refugio por más de siete semanas, mientras que *G. moringa* en muy pocas ocasiones permaneció más de una semana en un refugio o en refugios aledaños. Aunque existieron algunas diferencias en el tipo de refugio elegido por estas especies, tales como el tamaño de la entrada o el tipo de sustrato en donde se encontraban, los mismos refugios fueron ocupados por diferentes individuos. La

condición fundamental para considerar un buen refugio para morenas, es que éste cubra totalmente su cuerpo.

Durante sus recorridos en búsqueda de alimento, es común que las morenas sean seguidas por individuos de otras especies, principalmente peces y pulpos, para conseguir alimento, ya sea por comensalismo, para robarles el alimento o para atacar a animales que salen de su refugio al huir de ellas (Dubin, 1982; Diamant y Shpigel, 1985; Strand, 1988). En algunas ocasiones se ha observado que las morenas también pueden seguir a otros animales (principalmente a pulpos) con los mismos fines (Strand, 1988).

### Composición de la dieta

El principal alimento de las morenas lo constituyen los crustáceos, en su mayoría cangrejos; los cefalópodos y diversos tipos de peces, generalmente juveniles (Hiatt y Strasburg, 1960; Randall, 1967; Chave y Randall, 1971; Young, 1992; Nelson, 1994). Se han registrado diferentes maneras en que las morenas pueden capturar a sus presas; la forma más común es manteniéndose en contacto directo con el sustrato, buscando entre las rocas y/o el arrecife. Sin embargo, Hiatt y Strasburg (1960), en una morena que no pudieron identificar, y Chave y Randall (1971), en *Gymnothorax pictus*, relatan haber observado que estas morenas saltaron fuera del agua para capturar a cangrejos expuestos en las rocas. Chave y Randall (1971) observaron a *G. pictus* cazando en la orilla de la playa, con la mayor parte del cuerpo fuera del agua. Randall (1967) encontró un cangrejo *Ocypode albicans* en el contenido estomacal de una *G. funebris*. Este cangrejo es de hábitos principalmente terrestres, lo que se podría interpretar como que la morena lo capturó fuera del agua. Las morenas tienen diferentes patrones conductuales para capturar e ingerir a su presas, los cuales varían de acuerdo a la presa, el tamaño de ésta y la dificultad que representa el capturarla (Miller, 1987; 1989).

En Belice, Young (1992) estudió la alimentación de *G. moringa* y *G. vicinus*, y encontró que ambas especies utilizan muchas presas similares que incluyen peces (principalmente de la familia Labridae), pequeños cangrejos y pulpos. Sin embargo, estas dos especies de morenas mostraron una repartición de los recursos alimentarios: el 58 % del peso de la dieta de *G. moringa* estuvo constituida por cangrejos, mientras que hasta el 60 % de peso de la dieta de *G. vicinus* se componía de peces. El mismo autor también encontró una relación directa entre las condiciones climáticas y el tipo y la cantidad de presas que consumen dichas especies; ambas mostraron una fuerte

predilección por peces en noches con mal tiempo, siendo mucho más evidente en *G. vicinus* quien fue la que más salió en busca de alimento cuando las condiciones climáticas fueron adversas. En noches calmas ambas especies consumieron principalmente crustáceos y pulpos. Además, *G. moringa* se alimentó con mayor frecuencia que *G. vicinus*.

Hiatt y Strasburg (1960) realizaron estudios sobre la dieta de los peces en las Islas Marshall (Pacífico Occidental). La recolecta se hizo principalmente con rotenona, es decir, por envenenamiento. Las 15 especies de morenas recolectadas presentaron un alto porcentaje de vacuidad etomacal, siendo los crustáceos el alimento consumido con mayor frecuencia, con los peces en segundo orden de importancia.

Randall (1967) estudió la dieta de los peces arrecifales de las Antillas, principalmente de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Este autor obtuvo sus muestras por medio de arpón y envenenamiento con rotenona, encontrando cuatro especies de morenas: *Echidna catenata*, se alimentó en su totalidad de crustáceos; *Gymnothorax funebris*, de la cual obtuvo cinco especímenes con el tracto digestivo vacío; *G. moringa*, la cual tuvo una alimentación totalmente piscívora; y *G. vicinus* la cual se alimentó en su mayoría de peces, pero también de crustáceos y pulpos (25 y 12 % respectivamente, del contenido estomacal analizado). Cabe señalar que en el mismo trabajo las especies del género *Gymnothorax* tuvieron porcentajes de vacuidad estomacal muy elevados.

En diferentes islas de Oceanía, Chave y Randall (1971) encontraron que *G. pictus* se alimenta principalmente de cangrejos, encontrando muy pocos restos de peces u otros organismos en el tracto digestivo.

### Refugios artificiales

Se conocen como hábitats artificiales los hábitats acuáticos que han sido manipulados mediante la adición de estructuras, ya sea naturales o construidas por el hombre, principalmente para incrementar la captura de peces o invertebrados, pero también pueden ser utilizados para tener influencia en el ciclo de vida de una determinada especie, o en la función del sistema ecológico de que se trate (Bohnsack *et al.*, 1991). El término más general para describir un hábitat artificial es el de estructuras depositadas sobre el suelo marino, a media agua o en la superficie. Estos hábitats artificiales (algunas veces conocidos también como arrecifes o refugios artificiales), ofrecen una oportunidad potencial para incrementar el hábitat y los recursos y manipular un conjunto de

organismos en una comunidad dada (Bohnsack *et al.*, 1991). Los hábitats artificiales han sido utilizados en pesquerías artesanales y comerciales a lo largo del mundo, al igual que se han usado para la mitigación ambiental y su restauración (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001).

Los arrecifes artificiales, además de ser colonizados por diferentes especies, proveen de alimento; son sitios utilizados para la reproducción y pueden servir para la orientación. El éxito de los refugios artificiales bénticos en soportar cantidades elevadas de organismos está relacionado en gran medida con el incremento en la complejidad del hábitat, es decir, con la cantidad de elementos estructurales en una escala espacial específica (Bohnsack *et al.*, 1991). Shulman (1984) encontró que al incrementar la complejidad del hábitat (número de unidades por área) se incrementa el número promedio de individuos y también el número de especies. En áreas tropicales, hay evidencias que sugieren que la importancia del refugio como protección contra la depredación es mayor que la importancia de acceso al alimento para determinar la abundancia de los peces (Randall, 1963; Smith y Tyler, 1972; Sale, 1977, 1978, 1980, 1984; Shulman, 1984; Hixon y Beets, 1989; Bohnsack, 1989; Steele, 1999). En general, hay poca información acerca de otros efectos que pueden causar los hábitats artificiales en las comunidades acuáticas en donde se depositan. Sin embargo, Prince *et al.* (1985) reportaron que peces capturados en hábitats artificiales, mostraron mejores condiciones del cuerpo y un aumento de peso más rápido que los peces de las mismas especies capturados en otros sitios.

#### “Casitas”

Los refugios artificiales llamados “casitas” (ver figura 2) han sido utilizados en México desde hace varias décadas para la pesca de la langosta del Caribe *Panulirus argus*, que representa el recurso pesquero más importante desde el punto de vista económico a lo largo del Mar Caribe. Las casitas consisten en un techo plano colocado sobre un marco rectangular, y son construidas con materiales que abarcan desde troncos de palma hasta ferrocemento (Briones-Fourzán *et al.*, 2000). Las casitas son depositadas en aguas poco profundas con vegetación marina abundante y preferentemente en lugares protegidos tales como lagunas y bahías costeras, y en los que se haya detectado previamente la presencia de langostas (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001).



Foto: Fernando Negrete Soto

### Figura 2. Casita levantada

## OBJETIVOS

### Objetivo general:

El objetivo general del presente estudio es conocer la abundancia, algunos aspectos de la alimentación y de la conducta de dos especies de morenas: *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus*, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Quintana Roo.

### Objetivos particulares:

- Comparar la abundancia de las especies de morenas *G. moringa* y *G. vicinus* en sitios con y sin refugios artificiales en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R.
- Analizar las fluctuaciones temporales en la abundancia de ambas especies de morenas en sitios con y sin refugios artificiales.
- Determinar el arraigo que tienen ambas especies de morenas en sitios con un número conocido de refugios y los movimientos de estas morenas entre los diferentes sitios de muestreo.
- Realizar observaciones sobre las relaciones inter e intraespecíficas en ambas especies de morenas en los sitios muestreados.
- Conocer y comparar la alimentación de ambas especies de morenas, a través del análisis del contenido estomacal.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la laguna arrecifal frente a Puerto Morelos (20° 48' y 20° 52' N y 86° 51' y 86° 52' W), en el estado de Quintana Roo, en la costa del Caribe de la Península de Yucatán. En esta localidad, el clima es cálido subhúmedo con lluvias de verano, esto es, de tipo AW1 (x') (i') g, de acuerdo con la clasificación climática de Köeppen modificada por García (1964). Se encuentra bajo la influencia de vientos alisios dominantes en dirección E-W, que ocasionalmente son desviados al SE-NW, los cuales son interrumpidos en invierno por periodos de 3 a 10 días por vientos fríos generados por masas de aire continental polar ("nortes"). También se presentan numerosas tormentas tropicales, así como huracanes, en el periodo de julio a noviembre (Merino y Otero, 1991).

A una distancia variable entre 350 y 1,600 m de la línea de costa existe una barrera arrecifal coralina; entre esta barrera coralina y la costa se encuentra la laguna arrecifal, en la cual existen algunos arrecifes de parche internos (Jordán-Dahlgren, 1993). La laguna tiene una profundidad media de 3 m y una profundidad máxima de 8 m en la zona sur, debido al dragado para el canal de navegación hacia el puerto. El ambiente lagunar presenta condiciones netamente marinas: la salinidad fluctúa entre 34.34 y 36.82 ups, con un valor medio de 35.72 ups; el agua es oligotrófica, con un bajo contenido promedio de nitritos (0.06  $\mu\text{g-at N L}^{-1}$ ), nitratos (13.9  $\mu\text{g-at N L}^{-1}$ ) y fosfatos (0.46  $\mu\text{g-at P L}^{-1}$ ); La temperatura del agua de superficie varía entre los 24.75 y 32.85 °C (Merino y Otero, 1991).

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

La laguna arrecifal ha sido clasificada en tres regiones con base en su vegetación (Ruiz-Rentería *et al.*, 1998):

- 1) Zona costera, con una amplitud de 20 a 50 m, cuyo fondo se encuentra cubierto por *T. testudinum* asociada con *S. filiforme*.
- 2) Zona de laguna media, que presenta una anchura de 200 a 1000 m y se caracteriza por presentar una elevada densidad de *T. testudinum*, mezclada con escaso *S. filiforme*.
- 3) Zona del arrecife posterior, expuesta a oleaje, con una anchura de 100 a 300 m, y una composición variable en cuanto a la densidad y tamaño de hoja presentada por *T. testudinum*. Además, en esta zona *S. filiforme* es poco abundante.

La barrera arrecifal disipa la fuerza de las olas que rompen en ella, por lo que la laguna arrecifal presenta un oleaje bajo, con una altura media de 14 cm y periodos medios de 2 s. La velocidad promedio de las corrientes es de 10 cm/s, pudiendo alcanzar valores máximos de 50 cm/s en las bocas del arrecife. La dirección de la corriente varía entre N-NE y S-SW (es decir paralela a la costa), debido probablemente a la topografía submarina y la dirección de los vientos dominantes. El régimen de mareas es mixto y semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares diarias (Ruiz-Rentería *et al.*, 1998).

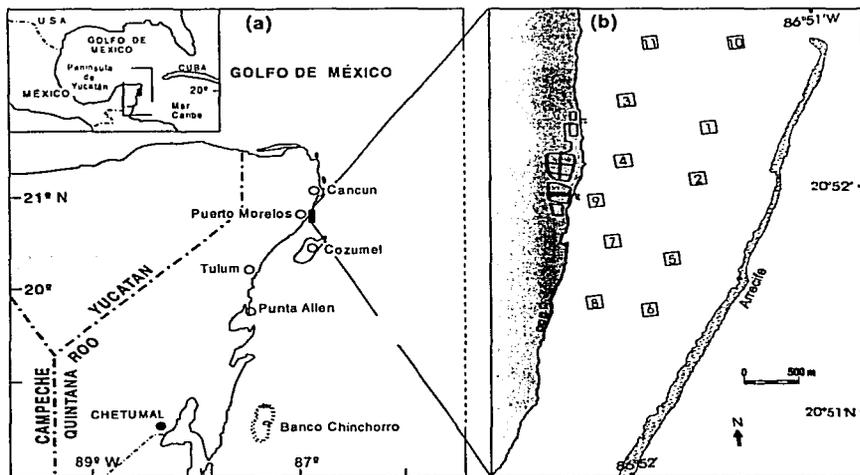


Figura 3. a) Ubicación general del área de estudio y b) localización de los sitios de muestreo (cuadros con número). Los sitios 1-9 se utilizaron a lo largo de todo el estudio, mientras que los sitios 10 y 11 sólo se utilizaron unas cuantas veces. Sitios con refugios artificiales ("casitas"): 2, 4, 5, 7 y 8 (10 y 11); sitios sin refugios artificiales: 1, 3, 6 y 9.

## MÉTODO

Los nueve sitios de muestreo, así como los refugios artificiales que se encuentran en cinco de ellos, fueron determinados, colocados y señalizados según el proyecto de investigación "Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino" que se lleva a cabo en la Unidad Académica Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM.

El área de estudio no se ve afectada por la pesca debido a que la laguna arrecifal de Puerto Morelos forma parte del Parque Marino Nacional "Arrecifes de Puerto Morelos" y no está permitido pescar en él. Además, el impacto que pudiera tener el turismo (principalmente buceo libre) se da en la barrera arrecifal, lejos del zona seleccionada para el estudio.

### Descripción de sitios de muestreo

En la laguna arrecifal de Puerto Morelos fueron seleccionados nueve sitios o cuadrantes de 100 x 100 m (1 hectárea) cada uno. En cinco sitios se colocaron 10 refugios artificiales o "casitas" (sitios: 2, 4, 5, 7 y 8), mientras que otros cuatro sitios se dejaron sin casitas (sitios: 1, 3, 6 y 9). Los sitios se localizan en la zona de la laguna media (Fig. 3b). La profundidad en todos los sitios es de entre 2.5 a 3.5 m, y con una distancia mínima entre sitios de 200 m (ver Fig. 3b). El perímetro de todos los cuadrantes fue delimitado con un cabo de nylon. También con cabo nylon se subdividió cada sitio en 10 transectos paralelos de 10 x 100 m cada uno, con el objeto de facilitar la revisión completa del área de cada sitio. Adicionalmente, se seleccionaron los sitios 10 y 11, en los cuales también se colocaron casitas. Estos dos sitios no forman parte del estudio, sino que se han utilizado esporádicamente con otros fines, tales como obtener juveniles de langosta para diversos experimentos en estanques. La profundidad promedio de los sitios 10 y 11 era de ~5.0 m.

### Descripción de los refugios artificiales (casitas)

Las casitas están constituidas por un marco de 0.90 x 1.20 m elaborado con seis tramos de tubo de PVC de 4 cm de diámetro y un techo de ferrocemento de 1.0 x 1.4 m. Las casitas fueron construidas entre mayo y julio de 1998 e instaladas durante el mes de julio del mismo año. En cada uno de los 5 sitios previamente seleccionados al azar y según si tenían o no langostas (ver Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001) se colocaron 10 casitas distribuidas aleatoriamente, con una separación mínima aproximada de 20 m entre ellas. Es decir se colocaron, en total, 50 casitas.

Los sitios 10 y 11, que como ya se mencionó, no formaban parte de estudio básico, también tenían 10 casitas cada uno.

## **Abundancia y Patrones de selección de refugios**

### **Muestreos para censos y marcado de morenas**

Los muestreos fueron realizados aproximadamente cada dos meses, durante febrero, abril, junio, agosto y octubre del año 2000; y enero y marzo de 2001. En cada muestreo se revisó un sitio por día. El sitio era recorrido por tres o cuatro buzos con equipo SCUBA entre las 10:00 y las 15:00 h, cuando las morenas se encuentran en su periodo de menor actividad ya que son principalmente animales nocturnos (Bardach *et al.*, 1959; Nelson, 1994; Young, 1992). La revisión consistió en recorrer completamente el sitio siguiendo los transectos de 10 x 100 m que quedaron delimitados por las líneas paralelas colocadas en cada sitio. Todos los refugios potenciales para morenas, tanto naturales como artificiales (casitas), eran revisados cuidadosamente. En el caso de las casitas, éstas se levantaban por uno de sus bordes para dejar expuestos a los organismos que se encontraban debajo de ellas; también se revisaron los tubos que forman el marco que sostiene el techo de ferrocemento.

En los sitios sin casitas, únicamente se registró la ubicación y la cantidad de individuos encontrados de *G. moringa* y/o *G. vicinus*, así como la presencia de otros organismos como anguiliformes y pulpos. En los sitios con casitas, además de los datos anteriores, se forzó a salir de su refugio (natural o artificial) a las morenas, con ayuda de una varilla de metal de ~1.0 m. Cuando la morena se encontraba fuera del refugio, era capturada con una red de cuchara (diámetro aproximado de 40 cm, largo de 1.5 m y luz de malla de 3 mm). Una vez que la morena se encontraba dentro de la red se le inmovilizaba, envolviéndola con la malla y sujetándola firmemente, de tal manera que se pudiera tomar su longitud total (con una cinta métrica de tela graduada en 0.01m). Posteriormente, se le aplicaba una marca (ver más abajo). Cada individuo fue liberado en el lugar de su captura, procurando que volviera a entrar al mismo refugio en el que fue capturado.

### **Marcas**

Se utilizaron dos tipos de marcas: el primero consistió en una ancla de nylon en forma de "T", recubierta de un rectángulo formado por pequeños trozos de cinta de aislar de diferentes colores, logrando un código de tres colores único por cada marca. Las marcas fueron forradas con una mica plastificada y engomada, sellada con calor y finalmente los bordes se recubrieron con pegamento

especial para agua marina con el fin de evitar filtración de agua al interior de la marca. El segundo tipo de marca consistió en un tubo de plástico especialmente fabricado para marcaje (Hallmark Ltd; Australia) con una ancla de nylon en forma de "T". En este caso el código de colores se logró pintando el tubo con barniz de uñas resistente al agua.

Las marcas se colocaron en la parte anterodorsal del cuerpo del pez por medio de una pistola especial de marcaje (Hallmark Ltd., Australia).

#### **Análisis estadístico**

Se utilizó la prueba de t de student para comparar la abundancia relativa total entre ambas especies en sitios con y sin casitas. Para comparar la homogeneidad en las variaciones temporales de abundancia entre las dos especies en los sitios con y sin casitas, se utilizó la prueba de G (Sokal y Rohlf, 1979).

Los valores de la abundancia de cada una de las especies en sitios con y sin casitas fueron transformados logaritmicamente para normalizar los datos y poder aplicar una ANOVA de dos factores con medidas repetidas en el tiempo, para comparar en cada una de las especies la abundancia entre los sitios con y sin casitas (Winner, 1971), seguida de la prueba a posteriori de Newman-Keuls de comparación múltiple de medias (Winner, 1971; Zar, 1984) para identificar las diferencias entre los sitios de muestreo en cada una de las especies.

#### **Alimentación**

El estudio de alimentación consistió en dos etapas: la primera se realizó a la par de los muestreos para censar y marcar morenas, ya que al capturar a las morenas para su marcaje y medición, muchas de éstas, por el estrés del manejo, regurgitaron el alimento espontáneamente. El alimento regurgitado fue recuperado en bolsas de plástico con cierre hermético, para posteriormente en el laboratorio, ser fijadas en formol al 4% y conservadas en alcohol etílico al 70%.

La segunda etapa consistió en la recolección del alimento mediante la inducción a la regurgitación. Se utilizaron distintos métodos para forzar a las morenas a salir de sus refugios, ya sea molestándolas con la varilla, inyectando agua hipersalina en su refugio (Fishelson, 1996), introduciendo aire al hoyo en donde estaba la morena y/o inyectando dentro sus refugios el anestésico Quinaldina (Young, 1992). Una vez fuera de sus refugios, las morenas fueron capturadas con una red de cuchara y colocadas en bolsas de red individuales, para así ser transportadas a la lancha en donde se les indujo la regurgitación por medio del anestésico 3-aminobenzoico ácido

ethyl ester, comercialmente conocido con el nombre Ms-222, utilizado principalmente para el manejo y la transportación de peces (NOAA, 2001; Louis *et al.*, 1995).

El método utilizado se basó en el propuesto por Young (1992), que consiste en disolver 300 ppm de Ms-222 en una cubeta con agua (1.5 g en 5 litros), dentro de la cual se introduce a las morenas por alrededor de un minuto. En la mayoría de los casos, la inmersión en esta solución indujo la regurgitación espontánea de cualquier alimento contenido en el estómago de la morena. Al finalizar el tratamiento con el anestésico, el cuerpo de la morena fue analizado táctilmente para tener la seguridad de que no quedara ninguna presa o restos de éstas en el interior del tracto digestivo.

En todos los casos, las muestras de contenido estomacal fueron fijadas en formol al 4% para posteriormente conservarlas en alcohol etílico al 70 %.

Se indujo la regurgitación en los sitios: 2, 4, 5, 7, 8 (con casitas); y 6 y 9 (sin casitas). Adicionalmente, en una ocasión, se revisaron los sitios 10 y 11 (Fig. 3b) que se encuentran al norte del resto de los sitios de estudio.

### **Análisis de contenido estomacal**

#### **Hábitat de las presas**

Los grupos taxonómicos encontrados en el contenido estomacal de ambas especies de morenas fueron clasificados en dos tipos: a) Demersales: organismos que se encuentran cercanos al sustrato, pero en la columna de agua, alrededor o sobre el refugio, y que generalmente utilizan este último para resguardarse (*Haemulon*, *Halichoeres*, etc). b) Bénticos: organismos que se encuentran directamente en el sustrato (anguiliformes, pulpos, crustáceos, etc). Lo anterior explica por qué los anguiliformes se consideraron separados de los demás peces óseos en el procesamiento de los datos (ver Resultados).

#### **Identificación de los grupos taxonómicos presentes en la dieta**

Para la identificación y clasificación de los peces se utilizaron las obras de Böhlke y Chaplin (1993); Lindeman (1986) y Nelson (1994). Para los crustáceos se utilizó a Williams (1984) y la clasificación adoptada para el arreglo sistemático fue la propuesta por Bowman y Abele (1982). Los grupos restantes fueron clasificados filogenéticamente de acuerdo con Brusca y Brusca (1990).

### Porcentaje de vacuidad

Para obtener el porcentaje de vacuidad para cada una de las dos especies estudiadas, se utilizó el número de estómagos vacíos (EV) y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ vacuidad} = \text{Ev} \times 100 / \text{NTEA}$$

Donde NTEA = número total de estómagos analizados.

En este análisis únicamente fueron tomados aquellos resultados en donde se indujo la regurgitación de las morenas mediante el Ms-222, ya que sólo con este tipo de técnica es posible tener la certeza de que los estómagos analizados contuvieron o no alimento.

### Porcentaje de peso y frecuencia de los grupos taxonómicos

El análisis fue realizado solamente con los datos obtenidos en los sitios con refugios artificiales, ya que el número de muestra obtenido en los sitios sin casitas fue muy bajo.

Para obtener una mayor información sobre los datos de contenido estomacal, se deben utilizar al menos dos métodos de análisis estomacal, ya que ningún método por sí sólo ofrece una visión completa del patrón dietético (Hyslop, 1980). En el presente estudio se decidió utilizar el método gravimétrico (peso) y el de frecuencia de presencia de las presas.

Para el método gravimétrico se utilizó el peso húmedo, pesando las muestras en una balanza granataria (0.01 g de precisión). Con estos datos se obtuvo el porcentaje de peso según el método propuesto por Laevastu (1971). Obteniendo el peso total por especie de cada grupo trófico y refiriéndolo al 100% del peso del contenido estomacal. De esta manera:

$$\% \text{ peso} = \text{pg} \times 100 / \text{pt}$$

Donde: pg = peso total del grupo trófico.

pt = peso total del contenido estomacal.

El método de frecuencia señala la periodicidad y/o preferencia con que son ingeridos ciertos tipos de presas, pero no señala la cantidad o número de ellas. Sin embargo el método ayuda a la interpretación final del patrón alimenticio de la especie (Laevastu, 1971). La fórmula utilizada es:

$$F = n / \text{NE} (100)$$

Donde: F = índice de frecuencia o periodicidad de aparición de un tipo de presa.

n = número de estómagos en el que aparece un grupo trófico.

NE = número total de estómagos analizados con alimento.

### Índice de importancia relativa

Este método utilizado por Pinka *et al.* (1971) es útil para interpretar de mejor manera la importancia de un alimento específico. En este caso, la combinación de los métodos de frecuencia y gravimétrico sirve para interpretar el índice de importancia relativa (IIR) calculado con la siguiente fórmula:

$$IIR = F \times P / 100$$

Donde: F = Porcentaje de frecuencia o periodicidad de aparición de un tipo de presa.

P = El porcentaje de peso del alimento ingerido.

Esto determina que la expresión sea porcentual, con un intervalo natural de 0 a 100.

La combinación de IIR, F y P de cada grupo taxonómico, permite graficar el **diagrama trófico combinado**, el cual queda delimitado por el porcentaje de peso y por el porcentaje de frecuencia, y evaluado por el índice de importancia relativa con relación a 3 cuadrantes:

**Cuadrante 1. Grupos tróficos ocasionales, accidentales o circunstanciales** (P y F < 20%; IIR < 10%).

**Cuadrante 2. Grupos tróficos secundarios** (P y F entre 20 y 40 %, IIR entre 10 y 40%).

**Cuadrante 3. Grupos tróficos preferenciales** (P, F e IIR > 40%).

### Índice de Schoener (R<sub>s</sub>)

El grado de sobreposición en el nicho alimenticio fue calculado utilizando el índice de Schoener (R<sub>s</sub>) (Schoener, 1970) para establecer si existen o no afinidades en la alimentación de *G. moringa* y *G. vicinus*. Los valores de R<sub>s</sub> se encuentran en un intervalo de 0.00 (sin sobreposición) a 1.00 (sobreposición total). La sobreposición en la dieta se clasificó utilizando la escala de St John (2001), donde la sobreposición es baja en los valores de 0.00-0.29; media de 0.30-0.59 y alta en valores superiores a 0.60.

$$R_s = 1 - \{0.5(\sum |px_i - py_i|)\}$$

Donde:  $px_i$  = proporción de peso del grupo i; en la especie x.

$py_i$  = proporción de peso del grupo i; en la especie y.

**Grado de digestión (GD)**

Los peces obtenidos en el contenido estomacal fueron clasificados en etapas de digestión con base en la escala de digestión diseñada para peces (tomada de St. John, 2001, Tabla 1).

Para tener un mejor conocimiento de la velocidad con que digieren el alimento ambas especies se realizó un experimento en estanques de 3.0 m de diámetro y 0.9 m de alto, con flujo continuo de agua marina (temperatura del agua  $\approx 29$  °C). En dichos estanques se introdujeron individuos de *G. moringa* y *G. vicinus*. Después de mantenerlos 15 días en aclimatación, periodo en el cual se les proporcionó alimento, se les dejó en ayuno durante tres días. Al final del ayuno, cada individuo fue alimentado con un pez muerto, previamente pesado e identificado. Posteriormente, después de un lapso que varió entre 3 y 18 horas, se provocó la regurgitación de los individuos para determinar el grado de digestión de los peces y la velocidad con que fueron digeridos.

**Tabla 1.** Grado de digestión (GD) de la presa, observado en el contenido estomacal. LS= longitud estándar (Tomado de St. John, 2001).

| GD | Estado                 | Descripción   |
|----|------------------------|---|
| 1  | Fresco                 | Poco o nada digerido, aparentemente recién ingerido   |
| 2  | Digestión menor        | Digestión superficial (piel y aletas) solamente. Es posible tomar medidas precisas de la presa.   |
| 3  | Digestión moderada     | Cabeza y cola en gran parte digeridas y la presa en una masa oval de carne mostrando los miómeros. Las medidas de la presa son estimadas. |
| 4  | Digestión considerable | Presa rota en porciones de carne y hueso mayores al 25% de LS.  |
| 5  | Digestión mayor        | Presa rota en porciones de carne y hueso menores al 25% de LS.  |
| 6  | Digestión avanzada     | Estructuras duras en pequeños fragmentos.   |
| 7  | Digestión final        | Únicamente pequeños fragmentos.   |
| 8  | Estómago vacío         | Pliegues del recubrimiento de estómago están limpios.   |

### RESULTADOS

Se tomó la longitud de 129 individuos de *G. moringa* y 134 de *G. vicinus*. Dentro de los sitios con refugios artificiales (casitas), el intervalo de longitud en *G. moringa*, fue de 37.0 a 90.0 cm ( $\bar{x}$  = 59.6, DS  $\pm$  9.8) y de *G. vicinus* de 27.0 a 90.0 ( $\bar{x}$  = 56.6, DS  $\pm$  8.6), observándose diferencias significativas en la longitud media de ambas especies ( $t$  = 2.58,  $gl$  = 261,  $P < 0.05$ ) (Fig 4). En los sitios sin casitas, el tamaño de muestra fue muy pequeño (7 *G. vicinus* y 13 *G. moringa*), por lo que no fue posible efectuar pruebas estadísticas.

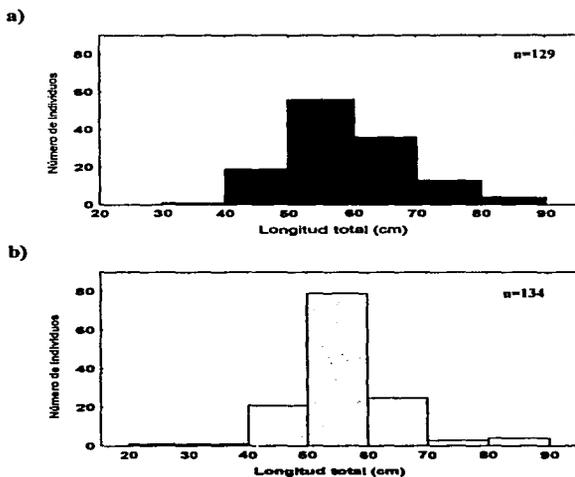


Figura 4. Distribución por tallas (longitud total en cm) de (a) *Gymnothorax moringa* y (b) *Gymnothorax vicinus* en sitios con refugios artificiales ("casitas") en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R.

### Abundancia

Durante los censos bimestrales se registraron en total 373 morenas, de las cuales 179 correspondieron a *G. moringa* y 194 a *G. vicinus*. En el caso de los sitios con casitas, se obtuvieron 149 *G. moringa* y 165 individuos de *G. vicinus*; mientras que en los sitios sin casitas fueron registrados 30 *G. moringa* y 29 *G. vicinus*. En la tabla 2 se señala el número de registros por especie, sitio y mes de muestreo.

Tabla 2: Número de morenas y la densidad promedio (morenas ha<sup>-1</sup>) observadas durante los meses de muestreo en los sitios con y sin "casitas" en la laguna arrecifal de Puerto Morelos: a) *Gymnothorax moringa*, b) *Gymnothorax vicinus*.

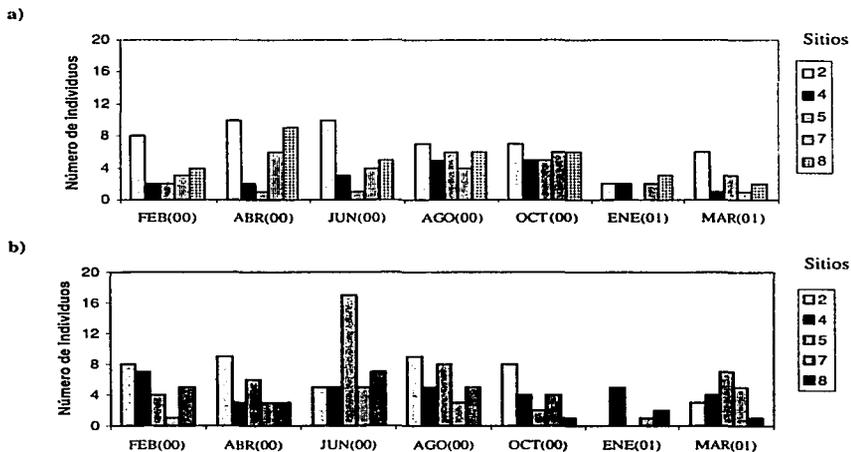
a)

| Mes de muestreo          | SITIO CON CASITAS |            |            |            |            | SITIO SIN CASITAS |            |            |            | Total de morenas | Densidad promedio |
|--------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------------|-------------------|
|                          | 2                 | 4          | 5          | 7          | 8          | 1                 | 3          | 6          | 9          |                  |                   |
| Febrero 2000             | 8                 | 2          | 2          | 3          | 4          | 0                 | 3          | 5          | 1          | 28               | 3.1               |
| Abril                    | 10                | 2          | 1          | 6          | 9          | 1                 | 0          | 2          | 0          | 31               | 3.4               |
| Junio                    | 10                | 3          | 1          | 4          | 5          | 0                 | 0          | 1          | 0          | 24               | 2.7               |
| Agosto                   | 7                 | 5          | 6          | 4          | 6          | 0                 | 1          | 6          | 0          | 35               | 3.9               |
| Octubre                  | 7                 | 5          | 5          | 6          | 6          | 0                 | 0          | 2          | 1          | 32               | 3.6               |
| Enero 2001               | 2                 | 2          | 0          | 2          | 3          | 0                 | 0          | 2          | 0          | 11               | 1.2               |
| Marzo                    | 6                 | 1          | 3          | 1          | 2          | 0                 | 1          | 4          | 0          | 18               | 2.0               |
| <b>Total de morenas</b>  | <b>50</b>         | <b>20</b>  | <b>18</b>  | <b>26</b>  | <b>35</b>  | <b>1</b>          | <b>5</b>   | <b>22</b>  | <b>2</b>   | <b>179</b>       |                   |
| <b>Densidad promedio</b> | <b>7.1</b>        | <b>2.9</b> | <b>2.6</b> | <b>3.7</b> | <b>5.0</b> | <b>0.1</b>        | <b>0.7</b> | <b>3.1</b> | <b>0.3</b> |                  | <b>2.8</b>        |

b)

| Mes de muestreo          | SITIO CON CASITAS |            |            |            |            | SITIO SIN CASITAS |            |            |            | Total de morenas | Densidad promedio |
|--------------------------|-------------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|------------|------------|------------|------------------|-------------------|
|                          | 2                 | 4          | 5          | 7          | 8          | 1                 | 3          | 6          | 9          |                  |                   |
| Febrero 2000             | 8                 | 7          | 4          | 1          | 5          | 0                 | 2          | 3          | 0          | 30               | 3.3               |
| Abril                    | 9                 | 3          | 6          | 3          | 3          | 1                 | 2          | 2          | 1          | 30               | 3.3               |
| Junio                    | 5                 | 5          | 17         | 5          | 7          | 0                 | 2          | 1          | 0          | 42               | 4.7               |
| Agosto                   | 9                 | 5          | 8          | 3          | 5          | 0                 | 0          | 3          | 0          | 33               | 3.7               |
| Octubre                  | 8                 | 4          | 2          | 4          | 1          | 0                 | 1          | 3          | 4          | 27               | 3.0               |
| Enero 2001               | 0                 | 5          | 0          | 1          | 2          | 0                 | 0          | 2          | 0          | 10               | 1.1               |
| Marzo                    | 3                 | 4          | 7          | 5          | 1          | 0                 | 0          | 2          | 0          | 22               | 2.4               |
| <b>Total de morenas</b>  | <b>42</b>         | <b>33</b>  | <b>44</b>  | <b>22</b>  | <b>24</b>  | <b>1</b>          | <b>7</b>   | <b>16</b>  | <b>5</b>   | <b>194</b>       |                   |
| <b>Densidad promedio</b> | <b>6.0</b>        | <b>4.7</b> | <b>6.3</b> | <b>3.1</b> | <b>3.4</b> | <b>0.1</b>        | <b>1.0</b> | <b>2.3</b> | <b>0.7</b> |                  | <b>2.8</b>        |

La abundancia relativa total de *G. moringa* y *G. vicinus* no fue significativamente diferente entre los sitios con casitas ( $t= 0.53$ ,  $gl= 12$ ,  $P > 0.05$ . ver Fig. 5), mostrando una variación similar a lo largo del tiempo ( $G = 7.95$ ,  $gl= 6$ ,  $P > 0.05$ ). En los sitios sin casitas (Fig. 6) la abundancia relativa total tampoco fue diferente ( $t= 0.53$ ,  $gl= 12$ ,  $P > 0.05$ ). En este caso, ninguna de las dos especies presentó una variación evidente a lo largo del tiempo; sin embargo, la escasez de datos impidió aplicar la prueba de G.



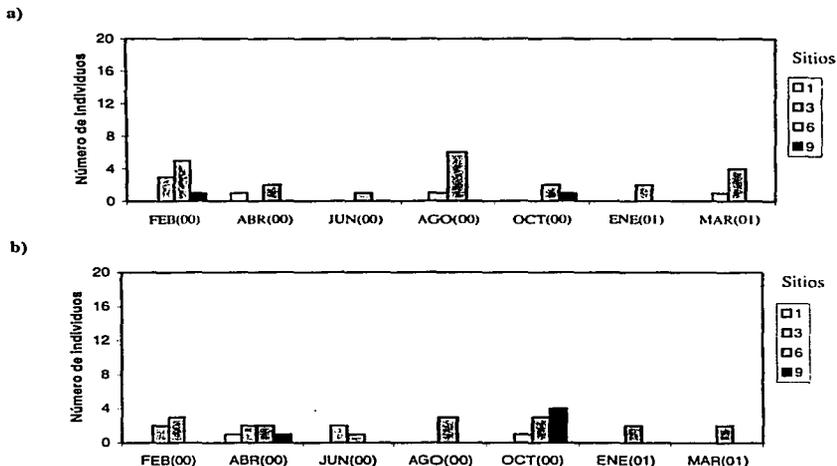


Figura 6. Número de individuos de (a) *Gymnolhorax moringa* y (b) *G. vicinus* registrados en cada período de observación en los sitios sin casitas (sitios 1, 3, 6 y 9).

La abundancia de *G. moringa* fue significativamente diferente entre los sitios con casitas y sin casitas, a lo largo del tiempo y en la interacción sitios-tiempo (tabla 3a). Al comparar la diferencia entre pares de sitios, se encontró que si bien no hubo una marcada diferencia en la abundancia entre los sitios, es notorio que el sitio 6 (sin casitas) fue similar a los sitios con casitas (Fig. 7a, tabla 4a). En el caso de *G. vicinus* se encontraron diferencias significativas en la abundancia entre los grupos de sitios con casitas y sin casitas, al igual que en el tiempo, pero no en la interacción sitios-tiempo (tabla 3b). Al realizar la prueba de Newman-Keuls se separaron los sitios 1, 3 y 9 (sin casitas) del resto de los sitios (tabla 4b).

Cabe mencionar que el sitio 6 (sin casitas) en donde hay una gran cantidad de refugios naturales (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001), se encontró una abundancia superior a la de los demás sitios sin casitas (1, 3 y 9), teniendo el 77.3 % de los registros de *G. moringa* y el 55.2 % en el caso de *G. vicinus*; de hecho, la abundancia de *G. moringa* en el sitio 6 fue superior a la de los sitios 4 y 5 con casitas (ver Fig. 7).

Tabla 3. Análisis de la varianza de medidas repetidas en el tiempo para la abundancia de (a) *Gymnothorax moringa* y (b) *Gymnothorax vicinus*, entre los sitios con "casitas" y sitios sin "casitas".

a)

| FUENTE DE VARIACION      | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F     | P       |
|--------------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------|---------|
| <b>ENTRE SITIOS:</b>     |                   |                    |                |       |         |
| Sitios                   | 3.0011            | 1                  | 3.0011         | 10.57 | 0.0140* |
| Error                    | 1.9881            | 7                  | 0.2840         |       |         |
| <b>DENTRO DE SITIOS:</b> |                   |                    |                |       |         |
| <b>Tiempo</b>            |                   |                    |                |       |         |
|                          | 0.5786            | 6                  | 0.0964         | 3.74  | 0.0045* |
| <b>Sitios x Tiempo</b>   |                   |                    |                |       |         |
|                          | 0.4205            | 6                  | 0.0701         | 2.72  | 0.0254* |
| Error                    | 1.0829            | 42                 | 0.0258         |       |         |

\*Diferencias significativas

b)

| FUENTE DE VARIACION      | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F     | P       |
|--------------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------|---------|
| <b>ENTRE SITIOS:</b>     |                   |                    |                |       |         |
| Sitios                   | 3.1090            | 1                  | 3.1090         | 20.77 | 0.0026* |
| Error                    | 1.0477            | 7                  | 0.1497         |       |         |
| <b>DENTRO DE SITIOS:</b> |                   |                    |                |       |         |
| <b>Tiempo</b>            |                   |                    |                |       |         |
|                          | 0.7778            | 6                  | 0.1296         | 2.82  | 0.0213* |
| <b>Sitios x Tiempo</b>   |                   |                    |                |       |         |
|                          | 0.5561            | 6                  | 0.0927         | 2.02  | 0.0846  |
| Error                    | 1.9297            | 42                 | 0.0459         |       |         |

\* Diferencias significativas

Tabla 4: Valores de la prueba a posteriori Newman-Keuls, mostrando la similitud en la abundancia entre los sitios a comparar para: a) *Gymnothorax moringa*, b) *Gymnothorax vicinus*. SA q.95 (r,7)= valor crítico de q.

a)

|       | sitio     | 9      | 3      | 5      | 4       | 6       | 7       | 8       | 2            | r | SAq.95 (r,7) |
|-------|-----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|--------------|---|--------------|
| sitio | $\bar{x}$ | 0.0860 | 0.1720 | 0.4721 | 0.5558  | 0.5792  | 0.6383  | 0.7495  | 0.8808       |   |              |
| 1     | 0.0430    | 0.0430 | 0.1290 | 0.4291 | 0.5128* | 0.5362* | 0.5953* | 0.7064* | 0.8377* ---- | 9 | 0.5733       |
| 9     | 0.0860    |        | 0.0860 | 0.3861 | 0.4698* | 0.4932* | 0.5523* | 0.6634* | 0.7947* ---- | 8 | 0.5561       |
| 3     | 0.1720    |        |        | 0.3001 | 0.3838  | 0.4072  | 0.4663  | 0.5774* | 0.7087* ---- | 7 | 0.5360       |
| 5     | 0.4721    |        |        |        | 0.0838  | 0.1072  | 0.1663  | 0.2774  | 0.4087 ----  | 6 | 0.5121       |
| 4     | 0.5558    |        |        |        |         | 0.0234  | 0.0825  | 0.1937  | 0.3250 ----  | 5 | 0.4835       |
| 6     | 0.5792    |        |        |        |         |         | 0.0591  | 0.1703  | 0.3015 ----  | 4 | 0.4472       |
| 7     | 0.6383    |        |        |        |         |         |         | 0.1112  | 0.2424 ----  | 3 | 0.3975       |
| 8     | 0.7495    |        |        |        |         |         |         |         | 0.1313 ----  | 2 | 0.3191       |

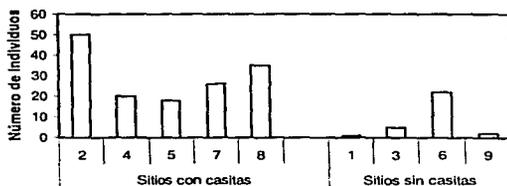
1 9 3 5 4 6 7 8 2

b)

|       | sitio     | 9      | 3      | 6       | 7       | 8       | 5       | 4       | 2            | r | SAq.95 (r,7) |
|-------|-----------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------|---|--------------|
| sitio | $\bar{x}$ | 0.1429 | 0.2475 | 0.5055  | 0.5802  | 0.5915  | 0.7334  | 0.7482  | 0.7555       |   |              |
| 1     | 0.0430    | 0.0999 | 0.2045 | 0.4625* | 0.5372* | 0.5485* | 0.6903* | 0.7052* | 0.7125* ---- | 9 | 0.4162       |
| 9     | 0.1429    |        | 0.1046 | 0.3626* | 0.4373* | 0.4486* | 0.5905* | 0.6053* | 0.6126* ---- | 8 | 0.4037       |
| 3     | 0.2475    |        |        | 0.2580* | 0.3327* | 0.3440* | 0.4859* | 0.5007* | 0.5080* ---- | 7 | 0.3891       |
| 6     | 0.5055    |        |        |         | 0.0747  | 0.0860  | 0.2279  | 0.2427  | 0.2500 ----  | 6 | 0.3718       |
| 7     | 0.5802    |        |        |         |         | 0.0113  | 0.1532  | 0.1680  | 0.1753 ----  | 5 | 0.3510       |
| 8     | 0.5915    |        |        |         |         |         | 0.1419  | 0.1567  | 0.1640 ----  | 4 | 0.3246       |
| 5     | 0.7334    |        |        |         |         |         |         | 0.0148  | 0.0221 ----  | 3 | 0.2885       |
| 4     | 0.7482    |        |        |         |         |         |         |         | 0.0073 ----  | 2 | 0.2317       |

1 9 3 6 7 8 5 4 2

a)



b)

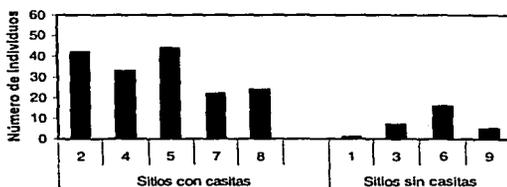


Figura 7. Número total de individuos de (a) *Gymnothorax moringa* y (b) *Gymnothorax vicinus* registrados en los sitios con y sin "casitas", durante los muestreos bimestrales.

### Patrones de selección de refugio

En los meses de febrero, abril, junio, agosto de 2000 y marzo de 2001, se marcó un total de 58 individuos de *G. moringa* y 45 *G. vicinus*, lo que corresponde respectivamente al 38.9 y 27.2 % del total de las observaciones realizadas para cada especie. En el caso de *G. moringa*, 4 individuos fueron vistos posteriormente, uno de los cuales en dos ocasiones (dos y cuatro meses después de ser marcado). Del total de *G. vicinus* marcadas, cuatro fueron observadas en fechas posteriores (tabla 5). Cabe mencionar que todos los individuos marcados de ambas especies observados posteriormente estuvieron en el mismo sitio donde se les encontró por primera vez y en ocasiones en la misma casita (tabla 5).

Tabla 5. Individuos de (a) *Gymnothorax moringa* y (b) *Gymnothorax vicinus* que fueron observados en fechas posteriores a su marcaje.

a)

| TALLA (cm) | PRIMERA OBSERVACION (marca) |           | SEGUNDA OBSERVACION |          | TERCERA OBSERVACION |           |
|------------|-----------------------------|-----------|---------------------|----------|---------------------|-----------|
|            | sitio (casita)              | Fecha     | sitio (casita)      | Fecha    | sitio (casita)      | Fecha     |
| 70-80      | 8 (5)                       | 7-Feb-00  | 8 (3)               | 6-Abr-00 |                     |           |
| 80-90      | 8 (8)                       | 7-Feb-00  | 8 (8)               | 7-Abr-00 |                     |           |
| 74         | 8 (10)                      | 8-Feb-00  | 8 (10)              | 7-Abr-00 | 8 (10)              | 12-Jun-00 |
| 73         | 2 (4)                       | 21-Jun-01 | 2(5)                | 6-Jul-01 | 2 (4)               | 19-Jul-01 |

b)

| TALLA (cm) | PRIMERA OBSERVACION (marca) |           | SEGUNDA OBSERVACION |           | TERCERA OBSERVACION |           |
|------------|-----------------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|            | sitio (casita)              | Fecha     | sitio (casita)      | Fecha     | sitio (casita)      | Fecha     |
| 53         | 5 (3)                       | 12-Abr-00 | 5 (3)               | 16-Jun-00 | 5 (2)               | 28-Jun-00 |
| 50         | 2 (7)                       | 13-Abr-00 | 2 (9)               | 15-Ago-00 |                     |           |
| 61         | 5 (8)                       | 16-Jun-00 | 5 (10)              | 14-Nov-00 |                     |           |
| 54         | 7 (1)                       | 9-Ago-00  | 7 (3)               | 2-Nov-00  |                     |           |

#### Observaciones de algunas relaciones inter e intra específicas.

A lo largo de los siete muestreos realizados, las 50 casitas, fueron ocupadas por morenas por lo menos en una ocasión; 42 casitas fueron ocupadas por ambas especies de morenas, tres sólo por *G. moringa* y cinco solamente por *G. vicinus*. Lo anterior indica una clara predilección de ambas especies por los refugios tipo casita. También en el caso de los refugios naturales, generalmente fueron los mismos refugios los que utilizaron ambas especies; estos refugios cumplían con las características descritas para los refugios que utiliza *G. moringa* (Abrams *et al.*, 1983).

En varias ocasiones fueron encontradas dos o más morenas ocupando simultáneamente el mismo refugio, tanto natural como artificial. En el caso de las casitas, no fue posible determinar si las morenas estuvieron en contacto directo o no, pero en los refugios naturales (RN) generalmente fue así. La doble ocupación de un sólo refugio se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Número de veces que se registró la cohabitación de un refugio artificial (R. art) o natural (R. nat) por dos o mas morenas.

| Individuos cohabitando                    | R. art. | R. nat. |
|---|---------|---------|
| 2 <i>G. moringa</i>                       | 4       | 2       |
| 2 <i>G. vicinus</i>                       | 6       | 2       |
| 1 <i>G. moringa</i> y 1 <i>G. vicinus</i> | 12      | 0       |
| 2 <i>G. moringa</i> y 1 <i>G. vicinus</i> | 1       | 0       |
| 2 <i>G. vicinus</i> y 1 <i>G. moringa</i> | 2       | 0       |
| 4 <i>G. vicinus</i>                       | 1       | 0       |
| 5 <i>G. vicinus</i>                       | 0       | 5       |

En las observaciones realizadas a 20 morenas (11 *G. moringa* y 9 *G. vicinus*) mantenidas en cautiverio, generalmente dos por estanque, se observó una predilección por compartir el refugio ya sea de la misma o diferente especie (siempre con dos o más refugios iguales a escoger) además de no observarse interacciones agresivas.

No se observaron interacciones entre las morenas y los individuos de otras especies que también habitan los refugios (tanto naturales como artificiales). Sin embargo, cabe señalar que en las casitas se observaron todos los grupos de presas encontradas en el análisis del contenido estomacal, siendo los más comunes los peces juveniles de la familia Haemulidae, anguiliformes (*Gymnothorax* sp. y *Myrichthys* sp.) y diversos crustáceos. En refugios naturales se observaron crustáceos y pulpos, siendo más escasos los peces juveniles de la familia Haemulidae y los miembros del género *Myrichthys* (ver tabla 7).

Tabla 7. Abundancia relativa de presas en Refugios naturales y artificiales.

| Tipo de Presa | Refugio Artificial | Refugio Natural |
|---------------|--------------------|-----------------|
| Peces         | +++                | +               |
| Anguiliformes | +++                | ++              |
| Cefalópodos   | +                  | ++              |
| Crustáceos    | +++                | +++             |

+: Poco abundante; ++: Abundante; +++: Muy abundante

### Alimentación

La regurgitación espontánea al capturar una morena, independientemente de la especie, se presentó en la mayoría de los casos cuando ésta hubo ingerido una presa de tamaño considerable. El método del anestésico Ms-222 fue efectivo para extraer el total del contenido estomacal incluyendo las presas o estructuras de menor tamaño. En pocas ocasiones se detectó la presencia de alguna presa en el interior del tracto digestivo después de haber inducido la regurgitación por este método, estos casos fueron peces en grado de digestión 1 (ver tabla 1) atorados en el tracto digestivo de la morena.

Con las pruebas realizadas en el laboratorio para conocer el grado de digestión que presentan las presas después de determinado tiempo se corroboró la efectividad del anestésico Ms-222 para inducir la regurgitación en ambas especies de morenas. Además, se revisó el tracto digestivo de una *Gymnothorax moringa* y una *G. vicinus* que murieron accidentalmente después del tratamiento, en las cuales no se encontró resto alguno de alimento.

En relación a la cantidad de presas ingeridas, *Gymnothorax vicinus* nunca presentó más de una presa en el estómago, mientras que en *G. moringa* fue poco frecuente encontrar más de una presa, solamente en 8 ocasiones, encontrándose de dos a cuatro presas por estómago.

El contenido estomacal de *G. moringa* y *G. vicinus* presentó presas en todos los grados de digestión (ver tabla 1). Al comparar estos resultados con los obtenidos en los experimentos realizados en los estanques (tabla 8), es muy probable que las presas recuperadas en grado de digestión (GD) de 1 a 4, fueran ingeridas dentro de las 24 h anteriores a la regurgitación. En varias ocasiones se encontraron presas muy poco digeridas, generalmente peces en GD 1, en muestreos realizados entre las 11:00 y 15:00 h (tabla 9), lo que sugiere que dichas presas fueron ingeridas después del amanecer. Esto indica que *G. moringa* y *G. vicinus* no están restringidas a una alimentación estrictamente nocturna. Aunado a estos datos está la observación del día 20 de septiembre de 2001 a las 12:00 h de una *G. moringa* en una casita cazando a un pez haemúlido. Esta observación fue realizada antes de levantar la casita por lo que este comportamiento no puede haber sido resultado de la manipulación del refugio. Después de la revisión de la casita, la morena continuó presentando un comportamiento de acecho.

Tabla 8. Diferentes grados de digestión (según St John 2001) después de inducir la regurgitación a morenas alimentadas en cautiverio después de transcurrido cierto tiempo. Se indica la especie G.m (*Gymnothorax moringa*), G.v (*Gymnothorax vicinus*); el alimento que le fue proporcionado, el tiempo que transcurrió de la ingestión a la regurgitación; así como el peso de la presa: inicial y final; y el grado de digestión de la presa (GD).

| Especie (talla cm) | alimento             | peso inicial (g) | tiempo transcurrido (h) | peso final (g) | GD |
|--------------------|----------------------|------------------|-------------------------|----------------|----|
| G.m (46)           | <i>Haemulon</i> sp.  | 11.22            | 04:00                   | 9.36           | 2  |
| G.m (56)           | <i>Haemulon</i> sp.  | 15.7             | 03:00                   | 13.51          | 2  |
| G.m (44)           | <i>Haemulon</i> sp.  | 16.34            | 12:00                   | 9.68           | 3  |
| G.m (42)           | <i>Harengula</i> sp. | 21.1             | 13:30                   | 8.5            | 3  |
| G.v (55)           | <i>Haemulon</i> sp.  | 13.38            | 18:00                   | 4.12           | 4  |

Tabla 9. Probable periodo durante el día (día o amanecer) en que las presas fueron capturadas por *Gymnothorax moringa* (G.m) y por *Gymnothorax vicinus* (G.v). En todos los casos las presas presentan grado de digestión 1 para el caso de los peces o muy poco digeridas para los demás organismos. Se indica el periodo de mayor actividad de la presa (Actividad) y la hora en que regurgitaron las morenas (h reg).

| Especie | Presa                      | Actividad | h reg | Periodo del día |
|---------|----------------------------|-----------|-------|-----------------|
| G.m     | <i>Haemulon</i> sp.        | nocturno  | 12:30 | día             |
| G.m     | <i>Haemulon</i> sp.        | nocturno  | 13:00 | día             |
| G.m     | <i>Haemulon</i> sp.        | nocturno  | 11:30 | día             |
| G.m     | 3 <i>Haemulon</i> sp.      | nocturno  | 11:30 | día             |
| G.m     | <i>Octopus</i> sp.         | nocturno  | 13:00 | día             |
| G.m     | <i>Panulirus</i> sp.       | nocturno  | 13:00 | ¿día?           |
| G.m     | <i>Leander</i> sp.         | nocturno  | 13:00 | día             |
| G.v     | <i>Haemulon</i> sp.        | nocturno  | 13:00 | día             |
| G.v     | <i>Haemulon</i> sp. (vivo) | nocturno  | 11:00 | día             |
| G.v     | <i>Haemulon</i> sp.        | nocturno  | 12:00 | día             |
| G.v     | <i>Octopus</i> sp.         | nocturno  | 08:30 | amanecer        |

### Análisis del contenido estomacal

#### • Porcentaje de vacuidad

En los sitios con casitas se indujo la regurgitación a un total de 160 morenas (74 *G. moringa* y 86 *G. vicinus*). De las 74 *G. moringa* analizadas sólo 27 presentaron alimento, lo que representa un 63.5 % de vacuidad; mientras que para *G. vicinus* el porcentaje de vacuidad fue 76.4 % presentando contenido estomacal solamente 20 individuos. La diferencia en el porcentaje de vacuidad entre especies resultó no ser significativa; sin embargo, esta diferencia fue marginal ( $X^2=3.35$ ,  $gl=1$ ,  $P>0.05$ .  $X^2_{tablas}=3.85$ ). Para el caso de los sitios sin refugios artificiales únicamente se analizaron siete *G. moringa*, presentando contenido estomacal cuatro de éstas, dando un porcentaje de vacuidad del 57.1 %; de las cinco *G. vicinus* que fueron analizadas, solamente una de ellas tuvo el estómago con alimento, lo que representa un 80 % de vacuidad. Finalmente, al juntar los resultados de los sitios con casitas y sin casitas, se obtuvo un total de 81 individuos de *G. moringa* analizados de los cuales 30 presentaron alimento dando un porcentaje de vacuidad de 62.9 %. Mientras que de los 91 individuos de *G. vicinus* solamente 21 contuvieron alimento, correspondiendo al 76.9 % de vacuidad. Hubo diferencias significativas entre ambas especies. ( $X^2=4.00$ ,  $gl=1$ ,  $P<0.05$ ). El porcentaje de vacuidad para los individuos de ambas especies en sitios con casitas, sin casitas y el total de ellos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos se muestra en las tablas 10 y 11.

Tabla 10. Porcentajes de vacuidad que presentaron los estómagos de los ejemplares analizados de *Gymnothorax moringa* en sitios con casitas, sitios sin casitas y el total, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R. (N= número total de estómagos analizados; EV= número total de estómagos vacíos; ECOM= número total de estómagos que presentaron contenido).

| Sitios    | N  | EV | ECOM | % de Vacuidad |
|-----------|----|----|------|---------------|
| c/casitas | 74 | 47 | 27   | 63.51         |
| s/casitas | 7  | 4  | 3    | 57.14         |
| total     | 81 | 51 | 30   | 62.96         |

Tabla 11. Porcentajes de vacuidad que presentaron los estómagos de los ejemplares analizados de *Gymnothorax vicinus* en sitios con casitas, sitios sin casitas y el total, en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R. (N= número total de estómagos analizados; EV= número total de estómagos vacíos; ECOM= número total de estómagos que presentaron contenido).

| Sitios    | N  | EV | ECOM | % de Vacuidad |
|-----------|----|----|------|---------------|
| c/casitas | 86 | 66 | 20   | 76.74         |
| s/casitas | 5  | 4  | 1    | 80.00         |
| total     | 91 | 70 | 21   | 76.92         |

#### • Composición de la dieta

Ambas especies tuvieron una alimentación predominantemente piscívora (grupo de los peces y anguiliformes). La dieta de *Gymnothorax moringa* consistió en 14 diferentes tipos de presas, básicamente representadas por peces, anguiliformes, cefalópodos, y diversos crustáceos. Para *G. vicinus* fueron 12 distintos tipos de presas, distribuidos en los mismos grupos taxonómicos que *G. moringa*, dentro de ellos destacan los peces y anguiliformes. En esta especie se observó canibalismo. La lista taxonómica de los diferentes grupos encontrados en el contenido estomacal de ambas especies se presentan en las tablas 12 y 13.

Tabla 12. Lista sistemática de los grupos taxonómicos encontrados en el contenido estomacal de *Gymnothorax moringa*.

- 
- Phylum Chordata
    - Clase Condrichthyes
      - Orden Rajiformes
        - Familia Torpedinidae
          - Narcine brasiliensis* (Olfers 1831).
    - Clase Osteichthyes
      - Orden Anguilliformes
        - Anguila A (no identificada).
        - Familia Opichthidae
          - Myrichthys oculus* Kaup (1856).
      - Orden Perciformes
        - Familia Haemulidae
          - Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830.
          - Haemulon sciurus* (Shaw, 1803).
        - Familia Labridae
          - Halichoeres* sp.
      - Orden Tetraodontiformes
        - Familia Diodontidae
          - Diodon hystrix* Linnaeus, 1758.
        - Pez A (no identificado).
  - Phylum Mollusca
    - Clase Cephalopoda
      - Orden Octopoda
        - Familia Octopodidae
          - Octopus* sp.
  - Phylum Arthropoda
    - Clase Malacostraca
      - Orden stomatopoda
        - Familia Squillidae
          - Squilla* sp.
      - Orden Decapoda
        - Camaron A (no identificado).
        - Familia Sicyoniidae
          - Sicyonia* sp.
        - Familia Palaemonidae
          - Leander tenuicornis* (Say, 1818).
        - Familia Palinuridae
          - Panulirus argus* (Latreille, 1804).
        - Familia Diogenidae
          - Dardanus venosus* (H. Milne-Edwards, 1848).
        - Braquiuro A (no identificado).
-

**Tabla 13. Lista sistemática de los grupos taxonómicos encontrados en el contenido estomacal de *Gymnothorax vicinus*.**

- 
- Phylum Chordata
    - Clase Osteichthyes
      - Orden Anguiliformes
        - Anguila B (no identificada).
        - Familia Muraenidae
          - Gymnothorax vicinus* (Castelnau) 1855.
        - Familia Ophichthidae
          - Myrichthys oculus* Kaup (1856).
      - Orden Perciformes
        - Familia Haemulidae
          - Haemulon aurolineatum* Cuvier, 1830.
          - Haemulon sciurus* (Shaw, 1803).
        - Familia Labridae
          - Halichoeres* sp.
      - Orden Tetraodontiformes
        - Familia Diodontidae
          - Diodon hystrix* Linnaeus, 1758.
        - Pez B (no identificado).
  - Phylum Mollusca
    - Clase Cephalopoda
      - Orden Octopoda
        - Familia Octopodidae
          - Octopus* sp.
  - Phylum Arthropoda
    - Clase Malacostraca
      - Orden stomatopoda
        - Familia Squillidae
          - Squilla* sp.
      - Orden Decapoda
        - Familia Calappidae
          - Calappa ocellata* Holthuis, 1958.
  - Phylum Annelida
    - Clase Polychaeta
      - Poliqueto A (no identificado).
-

• **Porcentajes de peso y frecuencia**

Los mayores porcentajes de peso y frecuencia del contenido estomacal de *G. moringa* se encontraron en el grupo de los peces con un porcentaje de peso de 52.99 %, y un porcentaje de frecuencia de 63.88 %, mientras que los anguiliformes representaron un porcentaje muy bajo en ambas categorías (tabla 14, Fig. 8a). Estos resultados contrastan con los de *G. vicinus*, en el que si bien los peces tuvieron una frecuencia mayor con un 53.85 %, el porcentaje de peso fue muy superior en anguiliformes, con un 73.60 % (Tabla 15 y Fig. 8b).

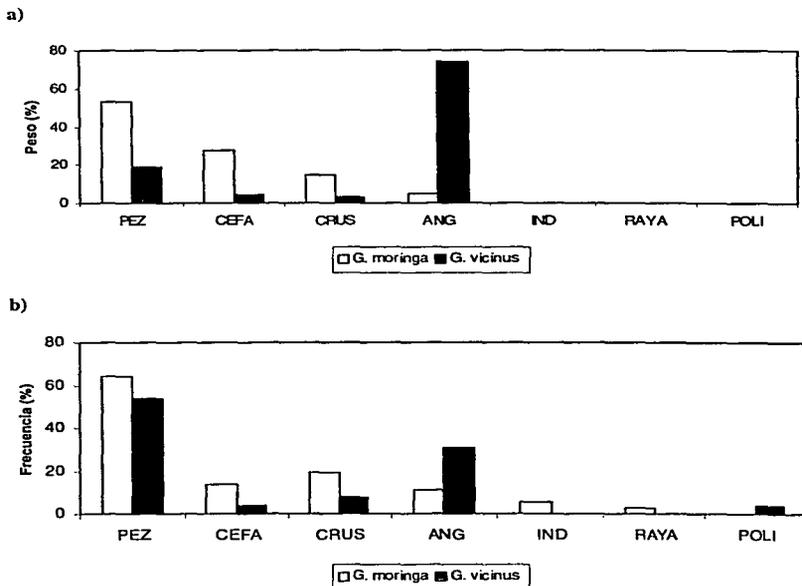


Figura 8. Comparación (a) del porcentaje de peso, y (b) el porcentaje de frecuencia de grupos en el contenido estomacal. Entre *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus*. (PEZ= peces, CEFA= cefalópodos, CRUS= crustáceos, IND= indeterminado, RAYA= raya, POLI=poliqueto).

• **Índice de importancia relativa**

Los valores de Índice de importancia relativa de los distintos grupos taxonómicos encontrados para *Gymnothorax moringa* muestran la importancia que para esta especie tienen los peces, ya que alcanzaron el IIR más alto (tabla 14), representando el único alimento preferencial (Fig. 9). En el caso de *G. vicinus* el grupo trófico que alcanzó el IIR más alto fue el de los anguiliformes (tabla 15), pero éste no fue el único alimento preferencial, ya que los peces también tuvieron un aporte importante como se aprecia en la figura 10. Es evidente que ambas especies tienen una alimentación primordialmente piscívora.

En ambas especies, todos los demás grupos tróficos fueron clasificados como grupos tróficos ocasionales, a excepción de los cefalópodos en *G. moringa*, que puede ser considerado como alimento secundario (Figs. 9 y 10).

**Tabla 14. Índice de importancia relativa (IIR), porcentaje de peso y porcentaje de frecuencia de los diferentes grupos taxonómicos del espectro alimenticio de *Gymnothorax moringa* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R.**

n= 36

| Grupos taxonómicos | peso (%) | frecuencia (%) | IIR   |
|--------------------|----------|----------------|-------|
| Anguiliformes      | 4.62     | 11.11          | 0.51  |
| Peces              | 52.99    | 63.88          | 33.85 |
| Crustáceos         | 14.74    | 19.44          | 2.87  |
| Cefalópodos        | 27.34    | 13.88          | 3.79  |
| Indeterminado      | 0.15     | 5.55           | 0.01  |
| Raya               | 0.11     | 2.77           | 0.003 |

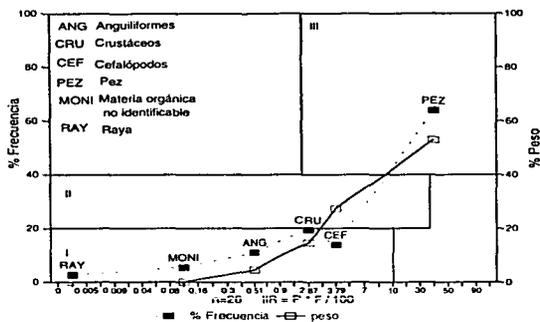


Figura 9. Diagrama trófico combinado de *Gymnothorax moringa*. (Cuadrante I: grupos trófico ocasionales, accidentales o circunstanciales; Cuadrante II: grupos tróficos secundarios; Cuadrante III: grupos tróficos preferenciales)

Tabla 15. Índice de importancia relativa (IIR), porcentaje de peso y porcentaje de frecuencia de los diferentes grupos taxonómicos del espectro alimenticio de *Gymnothorax vicinus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos Q.R.

n = 26

| Grupos taxonómicos | peso (%) | frecuencia (%) | IIR   |
|--------------------|----------|----------------|-------|
| Anguiliformes      | 73.6     | 30.77          | 22.65 |
| Peces              | 19.07    | 53.85          | 10.27 |
| Crustáceos         | 3.14     | 7.69           | 0.24  |
| Cefalópodos        | 4.11     | 3.85           | 0.16  |
| Poliqueto          | 0.01     | 3.85           | 0.00  |

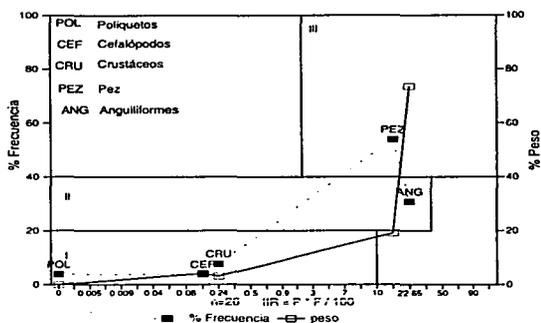


Figura 10. Diagrama trófico combinado de *Gymnothorax vicinus*. (Cuadrante I: grupos trófico ocasionales, accidentales o circunstanciales; Cuadrante II: grupos tróficos secundarios; Cuadrante III: grupos tróficos preferenciales)

#### • Tipo de vida de las presas

La clasificación de las presas encontradas de acuerdo a la asociación que tienen con el sustrato, se muestra en la tabla 16. Fue evidente que *G. moringa* obtiene el alimento equitativamente de los dos tipos de hábitats; mientras que *G. vicinus* depende principalmente de los organismos bénticos, ya que si bien el porcentaje de frecuencia es similar en ambos tipos de organismos, la mayor cantidad de peso (lo que se puede equiparar a masa o energía) la obtuvieron de organismos bénticos, principalmente anguilliformes, tales como *Myrichthys* sp. y *G. vicinus*.

Tabla 16. Diferentes grupos taxonómicos en el contenido estomacal de *Gymnothorax moringa* y *Gymnothorax vicinus* clasificados según su tipo de asociación con el sustrato

| BENTÓNICOS     | DEMERSALES                    |
|----------------|-------------------------------|
| Peces          | Peces: <i>Halichoeres</i> sp. |
| Anguilliformes | <i>Diodon</i> sp.             |
| Torpedinidae   | <i>Haemulon</i> spp.          |
| Crustáceos     |                               |
| Cefalópodos    |                               |
| Poliquetos     |                               |

• Índice de Schoener

Debido a que los grupos taxonómicos: peces, anguiliformes, crustáceos y cefalópodos, se encontraron presentes en las dos especies, para realizar el índice de sobreposición de Schoener se agruparon las diferentes presas por género (ver tabla 16). Se encontró que la sobreposición en el nicho alimenticio entre *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus* fue muy baja ( $R_o = 0.27$ ), lo que indica que existe una repartición del recurso alimenticio entre ambas especies dentro de la laguna arrecifal de Puerto Morelos en sitios con refugios artificiales.

Tabla 16. Índice de Schoener. Proporción de peso de las presas recuperadas en el contenido estomacal de ambas especies de morenas.  $R_o$  = Índice de Schoener. Ang ind: anguiliforme no determinado; Pez ind: pez no determinado; Braq ind: braquiuro no determinado; camarón ind: camarón no determinado; Moni: materia orgánica no determinada

|                    | Proporción de Pesos |                  |
|--------------------|---------------------|------------------|
|                    | <i>G.moringa</i>    | <i>G.vicinus</i> |
| <i>Myricthys</i>   | 0.043               | 0.257            |
| <i>Gymnothorax</i> | 0                   | 0.468            |
| Ang ind            | 0.004               | 0.013            |
| <i>Octopus</i>     | 0.273               | 0.041            |
| <i>Haemulon</i>    | 0.456               | 0.164            |
| <i>Diodon</i>      | 0.025               | 0.022            |
| <i>Halichoeres</i> | 0.008               | 0.002            |
| Pez ind            | 0.038               | 0.0002           |
| <i>Narcine</i>     | 0.002               | 0                |
| <i>Calappa</i>     | 0                   | 0.030            |
| <i>Dardanus</i>    | 0.004               | 0                |
| Braq ind           | 0.0008              | 0                |
| <i>Panulirus</i>   | 0.139               | 0                |
| <i>Sycionia</i>    | 0.002               | 0                |
| <i>Leander</i>     | 0.0002              | 0                |
| Camaron Ind        | 0.0002              | 0                |
| <i>Squilla</i>     | 0.001               | 0.0004           |
| poliqueto          | 0                   | 0.0001           |
| Moni               | 0.002               | 0                |

$$R_o = 0.279$$

## DISCUSIÓN

### Distribución de tallas de ambas especies de morenas

Las tallas máximas de las dos especies de morenas encontradas en el presente trabajo coinciden con las reportadas en la literatura para adultos de ambas especies (Young, 1992; Böhlke y Chaplin, 1993; Randall, 1996). Young (1992) observó que la talla mínima de madurez en hembras fue de 632 mm de longitud total (LT) en *G. moringa* y 540 mm para *G. vicinus*. En el presente estudio no se sacrificaron los ejemplares para conocer su estado de madurez, pero por el intervalo de tallas de los individuos de ambas especies con los que se trabajó, es probable que haya habido juveniles y adultos. Ambas especies alcanzaron tallas máximas iguales y la moda se localizó, en ambas especies, en el intervalo de 50-60 cm de LT. Sin embargo se encontraron diferencias significativas en la LT media entre las especies, siendo mayor la talla media en *G. moringa*. Esta especie además presentó una mayor variación en la longitud, concentrándose entre los 40 y 80 cm de LT. En cambio, los individuos de *G. vicinus* tuvieron una menor variación, concentrándose, en este caso entre los 40 y 70 cm de LT, particularmente en el intervalo de 50 - 60 cm de LT en donde se concentró más del 60 % de los individuos.

Los individuos de ambas especies capturados únicamente en sitios de refugios naturales abarcaron el mismo intervalo de talla que los individuos de los sitios con refugios artificiales. Es decir, el tipo de refugio no influyó en la longitud de las morenas que los habitaban, pero sí fue importante el tamaño del refugio, ya que en refugios de mayor tamaño se podían encontrar morenas de mayor talla.

### Abundancia de ambas especies en sitios con y sin refugios artificiales

Este es el primer trabajo sobre la abundancia de morenas en el Caribe mexicano; los estudios anteriores sobre comunidades ictiológicas en la laguna de Puerto Morelos Q.R. solamente registraron unos cuantos individuos de ambas especies de morenas (Díaz-Ruiz *et al.*, 1995) o no las registraron (Álvarez-Guillén *et al.*, 1986). Esto se debe probablemente a que los métodos de muestreo utilizados en dichos estudios no fueron diseñados para capturar este tipo de peces bénticos y de hábitos nocturnos, que pasan la mayor parte del tiempo retraídos en sus refugios.

*Gymnothorax moringa* y *G. vicinus* fueron las dos especies más comunes de muraenidos encontradas en la laguna arrecifal de Puerto Morelos; solamente se observó a otro miembro de la familia (*G. funebris*) en una ocasión.

En el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en la abundancia de ambas especies de morenas a lo largo del tiempo ya sea en sitios con casitas o sin casitas.

Bohnsack *et al.* (1991) mencionan que los hábitats artificiales, una vez colonizados, pueden ser una fuente de alimento y refugio, y además ser utilizados para la orientación y en la reproducción por las diferentes especies. Además, estos refugios artificiales parecen ofrecer, en general, condiciones adecuadas para vivir. Estas condiciones incluyen: acceso a recursos alimenticios (ya sea en los mismos refugios, o en áreas cercanas a ellos), resguardo y protección contra depredadores y que las características físicas del refugio se mantengan más o menos constantes. En la laguna arrecifal de Puerto Morelos, desde 1997 hay refugios artificiales (casitas), y tanto *Gymnothorax moringa*, como *G. vicinus* los utilizan. En este estudio se encontraron individuos de ambas especies en la totalidad de las "casitas" colocadas (solitarios o en grupos de dos o más individuos, de una o de ambas especies). Es importante mencionar que el diámetro de los orificios y el tamaño de los tubos que forman el marco de las casitas son un componente importante del refugio, ya que en ellos se encontraron una gran cantidad de ejemplares de ambas especies. Los peces arrecifales de este tipo, generalmente escogen como su refugio orificios de tamaño muy similar al de su cuerpo (Randall, 1963; Shulman, 1984; Hixon y Beets, 1989).

La presencia de casitas dentro de un sitio no excluyó la utilización de refugios naturales en el mismo sitio, como fue evidente en el sitio 2. Este sitio presentó la mayor abundancia de ambas especies de morenas a lo largo del tiempo, porque además de las casitas, había una gran cantidad de refugios naturales (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001). La abundancia de *G. moringa* y *G. vicinus* fue mayor en los sitios con casitas, ya que había mayor cantidad de refugios y éstos eran estructuralmente habitables. Sin embargo, al comparar la abundancia de las dos especies entre el total de los sitios, con y sin casitas, se observó que el sitio 6 (sin casitas) no presentó diferencias significativas respecto de los sitios con casitas, debido a que este sitio en particular tiene una gran cantidad de refugios naturales (Briones-Fourzán y Lozano-Álvarez, 2001). Lo anterior sugiere que ambas poblaciones de morenas están limitadas por la disponibilidad de refugios dentro de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, ya que un refugio estructural del tamaño adecuado es uno de los principales recursos limitantes de los peces arrecifales (Randall, 1963; Smith y Tyler, 1972; Sale, 1977; 1978; 1980; 1984; Shulman, 1984; Hixon y Beets, 1989; Bohnsack, 1989; Steele, 1999).

### Patrones de selección de refugio

El número tan bajo de recapturas (u observaciones) de individuos marcados (ver tabla 5) de ambas especies de morenas, pudo deberse a las siguientes causas: (a) Problemas técnicos: tales como la pérdida o remoción intencional de la marca por la misma morena mediante fricción con las paredes del refugio, corales, etc. o por movimientos propios de las morenas como es el anudamiento característico de la familia Muraenidae (Miller, 1989); (b) Problemas por el estrés causado por la captura y la manipulación del animal al momento de ser marcado, el cual pudo haber provocado que las morenas abandonaran el sitio de muestreo. Sin embargo, se considera que esto es poco probable porque en muestreos realizados diariamente, las morenas recién marcadas eran observadas al siguiente muestreo y en ocasiones al subsiguiente. De estas observaciones se podría deducir que después de una sola manipulación en un lapso largo de tiempo (como fue el caso de los muestreos utilizados para censar y marcar las morenas) las morenas tienden a permanecer en sus sitios; (c) Por emigración natural, pues existe la posibilidad de que las morenas simplemente hayan salido del sitio de muestreo; se sabe que estas especies de morenas tienen la capacidad de recorrer grandes distancias (Young, 1992; Abrams *et al.*, 1983; Abrams y Schein, 1986), por lo que podrían no permanecer mucho tiempo en un mismo sitio o ámbito hogareño (< 2 meses). Sin embargo, nunca fue observada ninguna morena marcada en un sitio distinto al que se le marcó.

La utilización de más de un refugio por individuos de ambas especies de morenas fue común. *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus* tienden a utilizar de dos a tres refugios preferenciales entre los que se mueven (Abrams *et al.*, 1983; Abrams y Schein, 1986; Young, 1992). El tiempo de residencia en un refugio es muy variable entre individuos; en promedio, las morenas de ambas especies permanecen entre tres y cinco días en un refugio (Abrams *et al.*, 1983; Young, 1992). Así, estos peces parecen no tener un fuerte arraigo por un refugio en especial, pero sí se les encuentra en un ámbito hogareño más o menos definido, dentro del cual utilizan varios refugios, por lo menos en periodos cortos de tiempo (semanas). Este ámbito hogareño es de aproximadamente 100 m de diámetro (Young, 1992). Si bien los datos obtenidos en este estudio no son suficientes para llegar a una conclusión al respecto, se encontraron evidencias de que algunos individuos de ambas especies de morenas pueden permanecer en este ámbito hogareño por periodos largos (meses) como se muestra en la tabla 5.

### Relaciones inter e intraespecíficas

Casi la totalidad de los refugios adecuados para las morenas, tanto casitas como refugios naturales relativamente grandes (>25 cm de diámetro), fueron ocupados alternadamente por ambas especies, en varias ocasiones de manera simultánea, y a menudo con los individuos en contacto directo entre sí. Esto demuestra que ambas especies de morenas prefieren el mismo tipo de refugios, y que presentan una falta de agresividad territorial inter e intraespecífica. Lo anterior es congruente con las observaciones realizadas por Young (1992) en pastizales marinos; y por Abrams *et al.* (1983) en parches de arrecife.

El mismo comportamiento se observó en los individuos de ambas especies de tallas similares mantenidos en estanques. De hecho, si había dos o más refugios, era una excepción encontrar a las morenas separadas en refugios diferentes; por lo general habitaban un mismo refugio dos o más individuos, independientemente de la especie. Esto corrobora que no hay una evidente agresividad territorial inter o intra específica entre *G. moringa* y *G. vicinus* de tallas similares.

No fue posible observar interacciones entre las morenas y otros organismos que se encontraron cohabitando con ellas, probablemente debido a que el método de muestreo implicó la manipulación del hábitat, en especial en el caso de las casitas, y esto pudo influir en la conducta de los organismos que se encontraban en ellos. Pero resulta aparente que las morenas se alimentaban de las presas que se resguardaban en el interior de las casitas, ya que se observaron individuos de todas las especies encontradas en el contenido estomacal habitando también en los refugios muestreados. Es importante notar que los haemúlidos, las presas que mayor presencia tuvieron en el contenido estomacal de ambas especies, habitaban en gran cantidad en los refugios artificiales.

### Dieta y hábitos alimenticios de *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus*

#### a) Métodos de estudio

Para forzar la salida de las morenas de sus refugios, el método que mejor resultado dió fue el de inyectar en ellos el anestésico quinaldina, ya que éste, además de inducir a las morenas a salir de sus refugios, tiene un efecto sedante sobre el animal (NOAA, 2001; Sale, 1980), lo que facilitó su manejo. Asimismo el Ms-222 resultó ser efectivo para provocar la regurgitación del alimento sin tener que sacrificar a los animales. Ninguno de los dos anestésicos utilizados causó un daño evidente a las morenas. Esto se comprobó en ejemplares de ambas especies mantenidos en

estanques. Al parecer, el estrés causado fue mucho menor cuando se utilizaron los anestésicos que cuando no se utilizaron, ya que las morenas que fueron tratadas con analgésicos empezaron a consumir alimento dos o tres días después de su captura, mientras que las que no fueron tratadas con analgésicos no consumieron alimento hasta después de por lo menos 8 días, y en una ocasión transcurrió un mes desde su captura para que una *G. moringa* aceptara el alimento.

#### **b) Alimentación y hábitos alimenticios**

Los trabajos publicados sobre la alimentación de morenas coinciden en señalar que se alimentan predominantemente de crustáceos y peces (Hiatt y Strasburg, 1960; Randall, 1967; Chave y Randall, 1971; Young, 1992; Nelson, 1994). Estos estudios, a excepción del realizado por Young (1992), no son específicos para morenas sino para comunidades de peces en general. En el presente trabajo se encontró que ambas especies de morenas tuvieron una alimentación predominantemente piscívora (peces y anguiliformes). Sin embargo, tuvieron una repartición del nicho alimenticio, observándose que *G. moringa* consume una mayor cantidad de crustáceos. Lo anterior es congruente con los resultados de Young (1992), quien también encontró que *G. moringa* tiene una mayor afinidad por los crustáceos que *G. vicinus*.

En relación a la periodicidad con que se alimentan estas especies se observó que *G. moringa* consumió presas más frecuentemente, pero de menor tamaño (peso) que *G. vicinus*. Young (1992) observó una tendencia similar. Ambas especies de morenas se alimentaron de presas tanto bénticas como demersales. *Gymnothorax vicinus* consumió más organismos bénticos, en su mayoría anguiliformes; mientras que *G. moringa* consumió presas pertenecientes a los dos tipos de hábitats en proporciones similares. Esto sugiere que si bien estas especies comparten el mismo tipo de hábitat en la laguna arrecifal, tienen estrategias de alimentación distintas, en lo que se refiere a la frecuencia con que se alimentan, el tipo de presas que consumen y el hábitat donde las obtienen.

En los resultados obtenidos por Young (1992) en Belice (en una región muy similar a la del presente estudio) donde se muestrearon refugios naturales, el porcentaje de peso húmedo de peces (peces y anguiliformes) consumidos por las morenas fue muy inferior en comparación con los resultados obtenidos en el presente estudio (en refugios artificiales), en donde los peces representaron el alimento preferencial para ambas especies de morenas. Diversos estudios (Savino y Stein, 1989; Anderson, 1984; Persson y Eklov, 1995; Beukers y Jones, 1997) han encontrado que la eficiencia con la que los depredadores capturan a sus presas es directamente proporcional a la

complejidad del refugio en el que se encuentran las presas. Por lo tanto, es probable que muchas de las presas capturadas por ambas especies de morenas, en su mayoría peces, puedan haber sido atrapados en el interior de las casitas, que son refugios de mayor simplicidad estructural (superficie plana sin recovecos) y que permiten una mayor movilidad de los depredadores, que en los refugios naturales. Habría que señalar también que el grado de protección dado por el refugio no depende solamente de los atributos del microhábitat, sino también de los atributos del depredador en particular (Beukers y Jones, 1997). Así, es probable que para las morenas haya representado una mayor facilidad capturar a los peces en el interior de las casitas, y por lo tanto no invirtieron mas energía en capturar otro tipo de presas.

En arrecifes de Puerto Rico e Islas Vírgenes, Randall (1967) encontró que *G. moringa* es completamente piscívora, lo que contrasta con los resultados obtenidos por Young (1992), quien menciona que esta especie consume principalmente crustáceos. En el presente estudio (en refugios artificiales) se encontró que *G. moringa* consume diversos tipos de presas, con predominancia de peces, pero no exclusivamente. Estas discrepancias podrían deberse a que las morenas son depredadores de amplio espectro alimenticio, y el tipo de presas que consumen depende de diferentes variables como son: las condiciones climatológicas, los tipos de refugios disponibles, el hábitat en el que se encuentren, la disponibilidad de presas, etc.

En el presente estudio, la mayoría de las presas capturadas por ambas especies de morenas eran animales de hábitos principalmente nocturnos, como *Myrichthys* sp. (Randall, 1996), *Gymnothorax vicinus* (Bardach *et al.*, 1959), *Octopus* sp. (Humman, 1994), diferentes clases de crustáceos (Monroy-Velázquez, 2000), y juveniles de *Haemulon* sp. (Nagelkerken *et al.*, 2000), aunque los juveniles de éstos últimos (< 40 mm longitud estándar), generalmente son de actividad diurna (Shulman y Ogden, 1987). Hay indicios de que algunas de estas presas, en su mayoría haemúlidos, fueron capturadas durante el día, después del amanecer (ver tabla 9). Estos resultados sugieren que por efecto de los refugios artificiales, las morenas de ambas especies consumieron alimento durante el día, y probablemente en el interior de las casitas porque ahí se encontraban sus presas, que son también de hábitos nocturnos. Dicha actividad diurna podría deberse a que las morenas son animales oportunistas y generalmente toman la comida más accesible en el momento (Goldman y Talbot, 1976; Dubin, 1982). También se sabe que muchas especies que utilizan arrecifes naturales tienen adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales, que les permiten explotar exitosamente el hábitat artificial (Bohnsack, 1991). Por lo que es posible que este cambio de

actividad nocturna a diurna por parte de ambas especies de morenas, se deba a un cambio conductual para poder aprovechar mejor el refugio.

Young (1992) encontró que las morenas capturaban más presas en las noches con mal tiempo que en las noches calmadas. En el presente trabajo, el clima fue benigno durante la mayor parte de los días de muestreo, por lo que los porcentajes de vacuidad tan elevados que se obtuvieron en ambas especies podrían indicar una relación entre la alimentación de las morenas y las condiciones climatológicas similar a la encontrada por Young (1992). Sería interesante explorar estas diferencias en estudios futuros.

En estudios previos (Hiatt y Strasburg, 1960; Chave y Randall, 1971; Young, 1992), se han registrado restos de langostas en el contenido estomacal de morenas, pero en proporciones bajas, lo que sugiere que las langostas no son un alimento preferencial para las morenas. De manera similar, a lo largo del presente estudio solamente se encontraron restos de una langosta *P. argus* recién ingerida en el estómago de un individuo de *G. moringa*, a pesar de la abundancia de juveniles de *P. argus* bajo las casitas (Briones-Fourzan y Lozano Álvarez, 2001) y del número de morenas examinadas. Esto concuerda con Abrams *et al.* (1983), quienes mencionan que las morenas toleran y son toleradas por langostas. Incluso, existe una hipótesis según la cual podría existir una simbiosis entre morenas y langostas que cohabitan en refugios (Berry, 1971; Almong-Shtayer y Spanier, 1990). Dicha hipótesis plantea que los pulpos, que son voraces depredadores de la langosta, podrían ser atacados y consumidos por las morenas al ser atraídos por las langostas a los refugios. De esta manera, la presencia de *P. argus* en el estómago de una *G. moringa* no necesariamente indica que la morena atacó y consumió a una langosta activa. Dicha langosta podría haber sido herida por algún otro depredador. En otras ocasiones, se encontraron mitades de peces recién ingeridos en los estómagos de las morenas, lo que podría indicar que las morenas consumieron restos de peces atacados por otros depredadores.

### CONCLUSIONES

- *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus* son las dos especies más comunes de muraenidos en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R.
- Ambas especies tuvieron patrones de abundancia similares y ocuparon los mismos hábitats.
- Ambas especies de morenas utilizan el mismo tipo de refugios dentro de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R.
- La disponibilidad de refugios estructuralmente habitables es un factor que influye en la abundancia de ambas especies de morenas en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q.R.
- Las "casitas" son un refugio adecuado para *Gymnothorax moringa* y *G. vicinus*.
- En sitios con refugios artificiales tipo casita, ambas especies de morenas se alimentaron predominantemente de peces, y secundariamente de crustáceos y pulpos. Sin embargo, presentaron un índice de sobreposición bajo, ya que *G. moringa* consume más haemúlidos mientras que *G. vicinus* consume más peces anguiliformes. Además, *G. moringa* consume más crustáceos que *G. vicinus*.
- La langosta *Panulirus argus* no es un alimento preferencial para las dos especies de morenas estudiadas.

## LITERATURA CITADA

- Abrams, R. W., M. D. Abrams and M. W. Schein. 1983. Diurnal observations on behavioral ecology of *Gymnothorax moringa* (Cuvier) and *Muraena miliaris* (Kaup) on a Caribbean coral reef. *Coral Reefs* 1: 185-192.
- Abrams, R. W. and M. W. Schein. 1986. Individual movements and population density estimates for moray eels on a Caribbean coral reef. *Coral Reefs* 5: 161-163.
- Almong-Shtayer, G. and E. Spanier. 1990. Mediterranean lobsters in ancient times. *The Lobster Newsletter* 3 (2): 5,12.
- Álvarez-Guillén, H., M. C. García-Abad, M. Tapia-García, G. Villalobos-Zapata y A. Yáñez-Arancibia. 1986. Prospección ictioecológica en la zona de pastos marinos de la laguna arrecifal en Puerto Morelos, Quintana Roo, México. *An. Inst. Cienc. del. Mar. y Limnol. Univ. Nat. Autón. México.* 13 (3): 317-336.
- Anderson, O. 1984. Optimal foraging by largemouth bass in structured environments. *Ecology* 65: 851-861.
- Bardach, J. E., H.E. Winn and D. W. Menzel. 1959. The role of the senses in the feeding of the nocturnal reef predators *Gymnothorax moringa* and *G.vicinus*. *Copeia*: 570-574.
- Bardach, J. E. and L. A. Lowenthal. 1961. Touch in fishes with special reference to the moray eel (*Gymnothorax vicinus* and *G.moringa*). *Copeia*: 42-45.
- Berry, P.P. 1971. The spiny lobster (Palinuridae) of the eastern coast of Southern Africa: distribution and ecological notes. *Oceanog. Res. Inst. (Durban) Invest. Rep* 27: 1-23.
- Beukers, J. S. and G. P. Jones. 1997. Habitat complexity modifies the impact of piscivores on a coral reef fish population. *Oecologia* 114: 50-59.
- Bishop, R. E. and J. J. Torres. 2001. *Leptocephalus* energetics: assembly of the energetics equation. *Marine Biology* 138: 1093-1098.
- Böhlke, J. E. and C. G. Chaplin. 1993. *Fishes of the Bahamas and Adjacent Tropical Waters*. University of Texas Press, Austin. 771 p.
- Böhlke, B. E., J. E. McCosker and J. E. Böhlke. 1989. Fishes of the Western North Atlantic. pp. 105-203. In: B. E. Böhlke (ed.). *Family Muraenidae, Vol. I: Orders Anguilliformes and Saccopharyngiformes*. Allen Press, Inc. Lawrence, Kansas.
- 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., D. L. Johnson and R. F. Ambrose. 1991. Ecology of artificial reef habitats and fishes. pp 61-107. In: Seaman, W. Jr y L. M. Sprage (eds). *Artificial habitats for marine and freshwater fisheries*. Academic Press, New York.
- Bowman, T.E. and L. G. Abele. 1982. Classification of the recent Crustacea, 1-25 p: In: L. G. Abele (ed.) *The biology of Crustacea, Vol. I: Systematics, The Fossil Record, and Biogeography*. Academic Press, Nueva York.

- Briones-Fourzan, P. (ed.) 1998. Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino. Informe final, Proyecto 1171-N Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología / Universidad Nacional Autónoma de México, 222 pp
- Briones-Fourzán, P., E. Lozano-Álvarez and D. B. Eggleston. 2000. The use of artificial shelters (casitas) for research and harvesting of Caribbean spiny lobsters in Mexico 420-446 p. In: Phillips, B. F. y J. Kittaka (eds). *Spiny Lobsters: Fisheries and Culture* (2<sup>nd</sup> ed). Fishing News Books (Blackwell), Oxford..
- Briones-Fourzán, P. and E. Lozano-Álvarez. 2001. Effects of artificial shelters (casitas) on the abundance and biomass of juvenile spiny lobster *Panulirus argus* in a habitat-limited tropical reef lagoon. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 221: 221-232.
- Brusca, R. C. and G. J. Brusca. 1990. *Invertebrates*. Sinauer, Sunderland. 922 pp.
- Chave, R. E. and H. A. Randall. 1971. Feeding behavior of the moray eel, *Gymnothorax pictus*. *Copeia* 3:570-574
- Claro, R. 1994. Características generales de la ictiofauna. pp 55-70. En R. Claro (ed.) *Ecología de los peces marinos de Cuba*. Instituto de Oceanología Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo.
- Connell, S. D. and M. J. Kingsford. 1998. Spatial, temporal and habitat-related variation in the abundance of large predatory fish at One tree Reef, Australia. *Coral Reefs* 17: 49-57.
- Cruz, R., and B.F. Phillips. 1994. The artificial shelters (Pesqueros) used for the spiny lobster (*Panulirus argus*) fisheries in Cuba 323-339 p. In: Phillips, B.F., J.S. Cobb y J. Kittaka (eds.) *Spiny Lobster Management*. Fishing News Books (Blackwell), Oxford.
- Díaz-Ruiz, S., O. Pérez-Solís, A. Aguirre-León, J. Chávez-Rojas y J. R. Ramos Arroyo. 1995. Estructura y dinámica de la comunidad de peces del sistema arrecifal coralino de Puerto Morelos, Quintana Roo. *Informe final Proy. Invest. Eval.Ecol. Dínám. Recur. Ictiofaun. Arrecifes de Coral. Quintana Roo. LIEC/CBS-UAM-I*, 57 pp
- Diamant, A. and M. Shpigel. 1985. Interspecific feeding association of groupers (Teleostei: Serranidae) with octopuses and moray eels in the Gulf of Eilat (Aqaba). *Env. Biol. Fish.* 13: 153-159.
- Dickson, H. and R. H. Moore. 1977. *Fishes of the Gulf of Mexico Texas, Louisiana, and adjacent waters*. 1<sup>st</sup> ed. Texas A y M University Press. USA. 327 pp.
- Dubin, R. E. 1982. Behavioral interactions between Caribbean reef fish and eels (Muraenidae and Ophichthidae). *Copeia* 1: 229-232.
- Eggleston, D.B., R.N. Lipcius, D.L. Miller and L. Cobá-Cetina. 1990. Shelter scaling regulates survival of Caribbean spiny lobster, *Panulirus argus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 62: 70-88.
- Fishelson, L. 1995. Comparative morphology and cytology of the olfactory organs in moray eels with remarks on their foraging behavior. *Anat Rec.* 243(4):403-12.
- Fishelson, L. 1996. Skin morphology and cytology in marine eels adapted to different lifestyles. *Anat Rec.* 246(1):15-29.
- García E. 1964. *Modificaciones al Sistema Climático de Köppen*. Inst. Geogr. UNAM. 246 p.

- Goldman, B. and H. F. Talbot. 1976. Aspects of the ecology of coral reef fishes, pp. 125-154 . In: D. A. Jones y R. Endean (eds.). *Biology and geology of coral reefs*, Vol. III: *Biology 2*. Academic Press, Nueva York.
- Heatwole, H. and J. Powell. 1998. Resistance of eels (*Gymnothorax*) to the venom of sea kraits (*Laticuda colubrina*): a test of coevolution. *Toxicon*. 36 (4): 619-625.
- Hiatt, R. W. and D. W. Strasburg. 1960. Ecological relationship of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Island. *Ecol. Monogr.* 30: 65-127.
- Hixon, M. A. 1991. Predation as a process structuring coral reef fish communities. pp. 475-508. In: Sale P.F. (ed.) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, California.
- Hixon, M. A. and J. P. Beets. 1989. Shelter characteristics and Caribbean fish assemblages: Experiments with artificial reefs. *Bull. of Mar. Sci.* 44: 666-680.
- Humann, P. 1994. *Reef creature identification*. New World Publications, Florida. 320 pp.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach content analysis: a review of methods and their applications. *J. Fish. Biol.* 17: 411-429.
- Jordán-Dalhgren, E. 1993. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 44: 157-175.
- Laevastu, T. 1971. *Manual de métodos de biología pesquera*. Publicación FAO. Ed. Acribia, España. 243 p.
- Lewis, R. A. and L. M. Wass. 1979. Piscivory in a coral reef fish community. *Env. Biol. Fish.* 14:285-297.
- Lindeman, C. K. 1986. Development of larvae of French grunt, *Haemulon flavolineatum*, and comparative development of twelve species of western Atlantic *Haemulon* (Percoidae, Haemulidae). *Bull. Mar. Sci.* 39 (3): 673-716
- Louis, J. D., S. Srinivas, B. R. Whitaker, C. Andrews, B. Hecker, A. S. Kane and R. Reimschuessel. 1995. Guidelines for the Care and Use of Fish in Research. *ILAR Journal* 37 (4): 64-76.
- Merino, M. y L. Otero. 1991. *Atlas ambiental costero. Puerto Morelos, Quintana Roo*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal. 80 pp.
- Miller, J. T. 1987. Knotting: A previously undescribed feeding behavior in muraenid eels. *Copeia*. 4: 1055-1057.
- Miller, J. T. 1989. Feeding behavior of *Echelycore pardalis*, and *Gymnomuraena zebra* (Teleostei: Muraenidae). *Copeia*. 3: 662-672.
- Monroy-Velázquez, V. 2000. *Variaciones en la composición y abundancia de la fauna de decápodos asociados a pastizales marinos en el Caribe mexicano*. Tesis de Maestría en Ciencias, Univ. Nal. Autón. México. 75 pp.
- Nagelkerken, I., M. Dorenbosch, W. Verberk, E. Cocheret de la Moriniere and G. Van der Velde. 2000. Day-night shifts of fishes between shallow-water biotopes of a Caribbean bay, with emphasis on the nocturnal feeding of Haemulidae and Lutjanidae. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 194: 55-64.
- Nelson, J. S. 1994. *Fishes of the world*. 3<sup>rd</sup> ed. John Wiley y Sons, Inc. New York. 600 p.

- NOAA. 2001. Chap. 9. Procedures of scientific dives. In: James T. Joiner (Ed.) NOAA Diving Manual: Diving for Science and Technology. 4<sup>th</sup> Edition. Washington.
- Persson, L. and P. Eklov. 1995. Prey refuges affecting interactions between piscivorous perch and juvenile perch and roach. *Ecology* 76: 70-81.
- Pinka, L.M., S. Oliphant and I.L.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, blue fin tuna and bonito in California waters. *Cal. Dept. Fish + Game. Fish. Bull.* 152: 1-105.
- Prince, E.D. O.E. Maughan and P. Brouha. 1985. Summary and update of the Smith Mountain Lake Artificial Reef Project. Pp. 401-430. In F. D'Itri, editor. *Artificial Reefs: Marine and freshwater applications*. Lewis Publishers. Chelsea, Michigan.
- Randall, J.E. 1963. An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Caribb. J. Sci.* 3: 31-47.
- Randall, J. E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. *Stud. Trop. Oceanogr.* 5:665-847.
- Randall, J. E. 1996. *Caribbean reef fishes*. Ed. Neptune City, New Jersey. 368 p.
- Reyes-Zavala, G. 1998. *Monitoreo de las macrofitas benticas de la laguna arrecifal de Puerto Morelos*. Q. R. Tesis Profesional, Fac. Ciencias, Univ. Nat. Aut6n. M6xico. 69 p.
- Robins, C. R., G. C. Ray, J. Douglass and R. Freund. 1986. *A field guide to Atlantic coast fishes of North America*. The Peterson Field Guide. Series Houghton MIFFLIN Company, Boston. 354 p.
- Ruiz-Renteria, F., B. I. Van Tussenbroek y E. Jord6n-Dahlgren. 1998. Puerto Morelos, Quintana Roo, M6xico. pp. 57-66. In: B. Kjerve (ed.) *Caribbean Coastal Marine Productivity (CARICOMP): Coral Reef, Seagrass, and Mangrove Site Characteristics*. UNESCO, Paris.
- Sale, P. F. 1977. Maintenance of high diversity in coral reef fish communities. *Am. Nat.* 111: 337-359.
- Sale, P. F. 1978. Coexistence of coral reef fish- a lottery for living space. *Env. Biol. Fish.* 3: 85-102.
- Sale, P. F. 1980. The ecology of fishes on coral reefs. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 18: 367-421.
- Sale, P. F. 1984. The structure of communities of fish on coral reefs and the merit of a hypothesis-testing , manipulative approach to ecology pp. 478-490. In: Strong, D. R., D. Simberloff, L. G. Abele y A. B. Thistle (eds). *Ecological communities: conceptual issues and evidence*. Princeton Univ. Pr; Princeton, N. J.
- Savino, J. F. and R. A. Stein. 1989. Behavioural interactions between fish predators and their prey: effects of plant densities. *Anim. Behav.* 37: 311-321.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. *Ecology* 51: 408-418.
- Shulman, M. J. 1984. Resource limitation and recruitment patterns in a coral reef fish assemblage. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74: 85-109.
- Shulman, M. J. and J. C. Ogden. 1987. What controls tropical reef fish populations: recruitment or benthic mortality? An example in the Caribbean reef fish *Haemulon flavolineatum*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 39: 233-242.

- Smith, C. L. and J. C. Tyler. 1972. Space resource sharing in a coral reef fish community. *Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles County* 24: 125-170.
- Smith, C. L. 1997. *National Audubon Society field guide to tropical marine fishes of the Caribbean, the Gulf of Mexico, Florida, the Bahamas, and Bermuda*. Alfred A. Knopf, Inc., New York. 720 p.
- Smith, D. G. 1979. Guide to leptocephali (Elopiiformes, Anguilliformes, and Nocantiformes). *NOAA Tech. Rep. NMFS Circ.* 424:39.
- Steele, A. M. 1999. Effects of shelter and predators on reef fishes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 233: 65-79.
- Sokal, R. R. and F. J. Rohlf. 1979. *Biometria: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume. Madrid. 832 p.
- St. John, J. 2001. Temporal variation in the diet of a coral reef piscivore (Pisces: Serranidae) was not seasonal. *Coral Reefs* 20: 163-170.
- Strand, S. 1988. Following behavior: interspecific foraging associations among Gulf of California reef fishes. *Copeia* 2:351-357.
- Talbot, F. H., B. S. Russell and G. R. Anderson. 1978. Coral reef fish communities: unstable, high diversity systems?. *Ecol. Monogr.* 48 (4): 425-440.
- Werner, E. E., G. G. Mittelbach, and D. J. Hall. 1981. The role of foraging profitability and experience in habitat use by the bluegill sunfish. *Ecology* 62: 116-125.
- Williams, A. B. 1984. *Shrimps, Lobsters and Crabs of the Atlantic Coast of the Eastern United States, Maine to Florida*. Smithsonian Inst. Press, Washington. 550 pp
- Winner, B. J. 1971. *Statistical principles in experimental design* (2nd ed.) McGraw-Hill, New York. 907 pp.
- Young, R. 1992. Habitat utilization, diet, and foraging behavior of two species of Caribbean moray eels, *Gymnothorax moringa* and *Gymnothorax vicinus*. Tesis Doctoral. University of Rhode Island. USA. 212 pp.
- Zar, J. H. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2<sup>nd</sup> ed., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 781 pp.