



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Alimentación natural de los juveniles de langosta
Panulirus argus (Latreille, 1804)

TESIS

Que para obtener el grado de :

B i ó l o g o

Presenta :

Verónica Castañeda Fernández de Lara

Directora de Tesis:

Dr. Patricia Dolores Briones Fourzán



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR**

265610.



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo de Tesis:

Alimentación natural de los juveniles de la langosta Panulirus argus
(Latreille, 1804).

realizado por Verónica Castañeda Fernández de Lara

con número de cuenta 8722794-1 , pasante de la carrera de Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis

Propietario Dra. Patricia Dolores Briones Fourzán

Propietario Dr. Enrique Lozano Alvarez

Propietario Dr. Adolfo Gracia Gasca

Suplente Dra. Elva Escobar Briones

Suplente Dra. Ana Rosa Vázquez Bader

FACULTAD DE CIENCIAS
U.N.A.M.

Consejo Departamental de Biología

Edna María Suárez Díaz

Dra. Edna María Suárez Díaz



DEPARTAMENTO
DE BIOLOGIA



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias

Alimentación natural de los juveniles de langosta
Panulirus argus (Latreille, 1804)

T E S I S

Que para obtener el grado de:

B i ó l o g o

Presenta:

Verónica Castañeda Fernández de Lara

México D.F. 1998

Directora de Tesis:
Patricia Briones Fourzán

Un profundo agradecimiento por sus conocimientos, sugerencias y colaboración en todo momento, haciendo posible la elaboración de este trabajo.

Agradecimientos

A mi amiga Gabriela Reyes Zavala, por su amistad y apoyo en el trabajo de campo.

A Enrique Lozano, por su amistad, apoyo y confianza.

A los trabajadores de la Estación Puerto Morelos, Quintana Roo, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología.

Al M. en C. Fernando Negrete Soto, por su ayuda en el trabajo de campo y comentarios pertinentes en la elaboración de este trabajo.

A Mario Lara y Claudia Padilla, por su amistad, comentarios y consejos en el análisis estadístico.

A Charles Borkowsky, por sus palabras de aliento.

A los Doctores: Elva Escobar Briones, Adolfo Gracia Gasca, Ana Rosa Vázquez Bader, por su valiosa contribución en la culminación del manuscrito.

Tabla de contenido

Resumen	3
Introducción	5
Antecedentes	7
Objetivos	15
Área de estudio	17
Material y Métodos	19
Resultados	27
Discusión	53
Conclusiones	61
Literatura citada	63

Introducción

La langosta *Panulirus argus* es el principal recurso pesquero del estado de Quintana Roo, debido al alto valor comercial que tiene esta especie tanto a nivel nacional como internacional, así como a sus grandes capturas en este estado (Lozano-Alvarez et al. 1991a). Dentro de la familia de los palinúridos, esta especie presenta una de las áreas de distribución latitudinal más amplia, que abarca desde Bermudas y Carolina del Norte en los Estados Unidos, hasta Río de Janeiro en Brasil, incluyendo a todas las Antillas (Cruz et al., 1987). Sin embargo, la biología y ecología de esta especie en nuestro país no han sido completamente estudiadas, lo que implica la posibilidad de errores en su manejo; por lo que la generación de información biológica básica de esta especie es necesaria. De entre las fases bentónicas de *P. argus*, Engle (1976) sugirió que el conocimiento de los estadios juveniles es vital debido a que la sobrevivencia de los mismos determinará entre otros factores el tamaño de la población de adultos reproductores en años futuros.

Los estudios de la alimentación de las especies permiten distinguir sus relaciones tróficas, ya que la trofodinámica de una especie constituye un elemento importante de su nicho ecológico, lo que a su vez refleja las características del hábitat (Berry, 1971; Hyslop, 1980) y determina en gran medida algunos de sus parámetros poblacionales, tales como la abundancia, densidad y distribución. Chittleborough y Phillips (1975) determinaron que la disponibilidad de alimento genera competencia que conlleva a la migración, propiciando variaciones de la densidad poblacional en la langosta *Panulirus longipes* (= *P. cygnus*, George 1962) en Australia Occidental.

El estudio de la alimentación en poblaciones naturales reviste una especial importancia. Se ha visto que el alimento influye directamente en la capacidad reproductiva de los organismos, modificando su fecundidad, longevidad y velocidad de desarrollo (Andrewartha y Birch, 1954). La dieta natural de una especie debe

proveer como mínimo los nutrientes necesarios para el mantenimiento de sus actividades metabólicas (Joll, 1984). En juveniles de langosta *Panulirus longipes*, Chittleborough (1975) observó que el primer efecto del decremento en el suplemento alimenticio es la reducción en la frecuencia de mudas, y que ante una severa escasez de alimento se deprime el incremento en el crecimiento, de forma tal que el abastecimiento de alimento surge como un factor determinante en el crecimiento y supervivencia en la población natural de juveniles de langosta. Dall (1974) mostró que la inanición no causa ninguna diferencia en la apariencia externa o peso total en la langosta *P. longipes*, presumiblemente porque el tejido se metaboliza, siendo reemplazado por agua; de manera que para estimar el estado nutricional de las langostas es necesario tomar en consideración el peso y el estado general del hepatopáncreas, pues éste, además de producir enzimas digestivas, desempeña un papel importante en la absorción del alimento y el almacenamiento de nutrientes como glucógeno, grasas y calcio (Pathwardan, 1935).

De esta manera, la caracterización biológica de una población debe incluir el conocimiento de su alimentación y establecer las variaciones estacionales alimentarias que conlleven a modificaciones de su estado nutricional, ya que este conocimiento permite delimitar el tipo de relación que dicha población mantiene con su entorno biológico.

El presente tema de investigación de tesis forma parte del proyecto "Funcionamiento de refugios artificiales para langosta y su impacto en hábitats de pastizal marino" desarrollado por la Estación Puerto Morelos del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la UNAM con apoyo del CONACYT. Este estudio se desarrolló en el primer año de dicho proyecto, tiempo en el cual se obtuvo la caracterización del hábitat bentónico (macrofauna epibéntica y macrofitas), así como la determinación de las características biológicas y poblacionales de los juveniles de langosta *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos, Q. Roo.

Antecedentes

Ciclo de vida de *Panulirus argus* (Latreille, 1804)

El ciclo de vida de las langostas está compuesto por varias fases, cada una de las cuales ocupa un hábitat diferente y exhibe diferentes patrones de comportamiento. Estas fases son: 1) larval (Filosoma), pelágica y libre nadadora; 2) postlarval (Puerulo), fase costera de aguas poco profundas, la cual llevará a cabo el asentamiento al hábitat bentónico; 3) Juvenil, habita en zonas someras, tales como bahías y lagunas arrecifales y presenta un comportamiento gregario y nómada y 4) Adulto, vive en cavidades del arrecife (Andrée 1981). Los postpuerulos se asientan en el bentos, en lechos de pasto marino, raíces de mangle y algas sublitorales (Olsen *et al.* 1975, Kanciruk 1980). Herrnkind *et al.* (1975) encontraron que la comunidad de algas someras cercanas a la costa es probablemente un hábitat importante para postlarvas, debido a que proveen tanto de refugio como de alimento. Los juveniles permanecen en este hábitat durante varios meses. Los juveniles mayores salen del hábitat algal y forman grandes agregaciones en rocas, pequeños parches de coral e inclusive entre grupos de erizos marinos *Diadema antillarum* (Kanciruk, 1980; Davis, 1971; Cruz *et al.*, 1987); Estos juveniles comienzan a ser nómadas, para buscar alimento por la noche y ocupar refugios disponibles durante el día. Los subadultos se mueven hacia afuera de la costa en el hábitat arrecifal, donde asumen primeramente una existencia residencial (Herrnkind *et al.*, 1975).

Ecología de los juveniles

Los juveniles de langosta espinosa pasan por lo menos por dos fases ecológicas distintas: a) Una temprana, que corresponde a juveniles recién asentados cuyo hábitat no cambia drásticamente con respecto al del asentamiento (Lipcius y Cobb, 1994). Esta fase dura aproximadamente un año y el cefalotórax mide entre 5-10 mm de longitud

(Kanciruk, 1980). b) La fase tardía se encuentra en hábitats como huecos, grietas, etc. (Lipcius y Cobb, 1994). El hábitat de los juveniles de palinúridos en aguas someras es diverso; comprende pequeños refugios característicos de áreas de zonas arrecifales someras. Los juveniles de *Panulirus argus* en el mar Caribe han sido observados entre esponjas, en objetos cubiertos de algas, en lechos de pasto *Thalassia*, entre raíces de mangle, a lo largo de los intersticios del mangle y algunos entre las espinas de grupos de erizos marinos *Diadema* spp. (Davis, 1971). También han sido observados trepando las líneas de flotadores de trampas de langosta en aguas profundas (Kanciruk, 1980). Las condiciones de fondos suaves, lodosos y aguas turbias parecen ser evitados tanto por los juveniles como por los adultos; sin embargo, Lozano-Alvarez *et al.* (1994) observaron que *P. argus* parece tolerar un amplio intervalo de turbidez. Los juveniles más grandes, de aproximadamente uno a dos años de edad, son gregarios, pero los juveniles pequeños no se encuentran frecuentemente en grupos.

El intervalo de profundidad para juveniles de palinúridos es de 1-4m. Sin embargo, se han encontrado en áreas más profundas. Por ejemplo, (Lozano-Alvarez *et al.* 1991b) registraron juveniles tardíos dentro de nasas colocadas a 39.2m. Las nasas tenían atoradas entre la malla grandes cantidades de algas rodofitas de amplias frondas; quizá estos juveniles de *P. argus* se desplazaron a áreas profundas debido a una elevada densidad de individuos y a una escasez de refugios y/o alimento en las zonas someras.

Hay algunas evidencias que muestran que el hábitat juvenil está limitado para algunas poblaciones de palinúridos, cuando hay escasez de refugio natural. Los palinúridos de aguas someras usualmente dejan el hábitat juvenil poco antes de la madurez sexual. En algunas especies (por ejemplo *P. argus* y *P. cygnus*), quizá haya una migración hacia el hábitat adulto. En el caso de *P. cygnus* esto parece involucrar una muda sincronizada de los juveniles mayores y un subsecuente movimiento hacia la zona del hábitat adulto (Sheard, 1962, en Herrnkind, 1980).

Algunos investigadores han observado que el estímulo para la migración masiva de *P. argus* son las tormentas otoñales repentinas; sin embargo, en algunas otras

especies existen diversos factores que pueden motivar la migración, tales como la temperatura, la dieta y cambios en el fotoperíodo (Kanciruk y Herrnkind, 1978).

Estudios de alimentación realizados en langostas

Hay dos categorías en los estudios de la dieta natural de las especies; la primera es la determinación del patrón nutricional de la especie en el contexto de la comunidad, con la posible consideración de la variación estacional y la comparación de subgrupos de la población que llevarían a establecer la existencia de competencia inter e intraespecífica por alimento. La segunda categoría estima el total de alimento consumido por la población objeto de la investigación en términos energéticos (Hyslop, 1980). Por ejemplo, Joll y Phillips (1984) encontraron, a partir del amplio espectro de la dieta de juveniles de *Panulirus cygnus* y dada su alta densidad en el ecosistema arrecifal costero, que éstos desempeñan una función reguladora en las comunidades arrecifales someras en las que se encuentran.

Existen evidencias que resaltan la relación que existe entre el tipo de alimentación y el tipo de hábitat. Newman y Pollock (1974) encontraron una relación directa entre el crecimiento de *Jasus lalandii* y la abundancia de la fauna bentónica. Aramoni-Serrano (1982) encontró, en el análisis del contenido estomacal de *Panulirus inflatus* y *P. gracilis*, el mismo patrón de abundancia de los grupos encontrados en la fauna bentónica de su área de estudio. En una investigación de la dieta de postpueños de *P. cygnus*, Jernakoff *et al.* (1993), encontraron variación temporal en la proporción de los componentes de la dieta. Esto también ha sido reportado para juveniles grandes de *P. cygnus* (Joll y Phillips, 1984; Edgar, 1990). Estas variaciones podrían reflejar la abundancia relativa de la presa. Andréé (1981) mencionó que tanto los juveniles de *P. argus* que habitan en las lagunas costeras ó arrecifales como los adultos que habitan en el arrecife consumen una gran variedad de organismos, y que el tipo de alimento está relacionado con el hábitat donde se alimentan. De esta manera, tanto la variación estacional como la diversidad de los componentes del

contenido estomacal podrían reflejar parcialmente las condiciones del hábitat de las especies (Miller *et al.*, 1971).

Los estudios de la dieta pueden establecer patrones específicos de la alimentación. Por ejemplo, Andréé (1981) determinó que la dieta tan diversa tanto de postlarvas como de juveniles y adultos de *Panulirus argus* sugiere un patrón de alimentación oportunista y generalista. Asimismo, Colinas-Sánchez (1988) y Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990) encontraron que *P. argus* y *P. guttatus* muestran preferencia por los crustáceos y moluscos, mientras que los demás grupos de alimentos fueron ocasionales, evidenciando el carácter generalista, oportunista y selectivo en el comportamiento alimentario de estas especies. Las fluctuaciones en la proporción de algunos de los grupos tróficos encontrados en el contenido estomacal podrían interpretarse como el resultado de una cierta plasticidad en la dieta de estos crustáceos ante circunstancias ambientales, así como de preferencias y requerimientos intrínsecos de la especie. Esto se basa en la premisa de que los requerimientos individuales se ven reflejados en los requerimientos de la especie en forma global. El cálculo de índices de diversidad sirve para indicar el grado de especialización en los hábitos alimentarios entre las poblaciones (Hyslop, 1980).

Para la realización adecuada de los estudios de alimentación es indispensable considerar varios factores, tales como, la localidad, el horario de la actividad alimenticia y el comportamiento alimenticio (Wassenberg *et al.*, 1989). Joll (1984) encontró que el horario de la alimentación, el sustrato particular de alimentación en un tiempo dado y la manera empleada para la misma, son todos aspectos importantes de la conducta alimenticia animal, y el esclarecimiento de los mismos es necesario para la selección apropiada del muestreo para estudios de la dieta. Jernakoff (1987) menciona que para conocer la ecología alimentaria de una especie se requiere del conocimiento del patrón espacial y temporal de la actividad de alimentación. Hyslop (1980) sugiere un muestreo prospectivo de 24 horas para conocer las horas de mayor actividad alimenticia y, posteriormente, tomar las muestras después de la hora de mayor actividad.

Herrnkind et al. (1975) encontraron que los juveniles de *P. argus* comienzan a emerger de sus refugios poco después de la puesta de sol, y que el incremento general de la actividad y el cambio de conducta indican una alimentación nocturna. Por otro lado, Jernakoff (1987) encontró que mucha de la actividad alimentaria de juveniles de *P. cygnus* comienza en respuesta a cambios de luz asociados con el crepúsculo y no a cambios diurnos de la temperatura o corrientes. Las langostas regresan a sus refugios alrededor del amanecer, cuando el nivel de luz empieza a incrementarse. *Panulirus argus* también responde a intensidades de luz muy bajas (Herrnkind, 1980). Andrée (1981) observó que la actividad de juveniles pequeños de *P. argus* comienza aproximadamente una hora después de la puesta de sol; la hora de máxima actividad alimenticia es cerca de la medianoche y cesa poco antes del amanecer. Este patrón demuestra ritmicidad circádica relacionada con el fotoperíodo. Para Hunt et al. (1991), la distribución y abundancia de algunos taxa de alimento de *P. argus* quizá influyen en los patrones de alimentación nocturna. Herrnkind et al. (1975) sugieren capturar las langostas de *P. argus* para estudios de alimentación tan temprano como sea posible, pues las colectadas después de las 09:00 horas presentaron en su mayoría estómagos vacíos. Joll (1984) recomienda capturar las langostas entre una y dos horas antes del amanecer, ajustando este horario a la época del año y la latitud correspondiente, pues en este horario él encontró que la mayoría de los juveniles de *P. cygnus* que se encontraban fuera de su refugio tenían contenido estomacal. Debido a que se ha encontrado mayor actividad de las langostas en la fase oscura del ciclo lunar (Sutcliffe, 1953; Phillips et al. 1980), algunos autores han tomado sus muestras en este período (Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990; Joll, 1984).

Los hábitats donde las langostas palinúridas realizan la mayor parte de la búsqueda de alimento son los lechos de pasto marino, algas cercanas a sus refugios en el arrecife y entre rocas (Herrnkind et al. 1975; Chittleborough, 1975; Andrée, 1981; Joll, 1984; Jernakoff, 1987; Hunt et al. 1991). La actividad alimenticia de *P. cygnus* fue observada por Joll (1984), quien la describe como la búsqueda del alimento en el sustrato, utilizando los pereiópodos para cavar, o también para cepillar las hojas y tallos del pasto marino o manipular las algas con los pereiópodos o maxilípedos;

encontró que el método más común de búsqueda de alimento fue la manipulación de hojas y tallos de pasto marino o el talo de macroalgas. La actividad alimenticia se lleva a cabo principalmente por la noche por animales que dejan su refugio y se alimentan sobre los lechos de pasto adyacentes.

Un aspecto más a considerar al estudiar el comportamiento alimentario de una población de crustáceos es el estadio de los organismos en su ciclo de muda. Jernakoff *et al.* (1993) encontraron que la composición de la dieta de postpuerulos varió con el estadio de muda; debido a que el ciclo de muda causa cambios conductuales en los movimientos y la actividad alimenticia de los juveniles de *P. cygnus*, observaron que los postpuerulos en intermuda fueron los buscadores de alimento más abundantes, y los que tuvieron el estómago con mayor contenido estomacal ($\geq 10\%$ del volumen de llenado máximo del estómago); en contraste, un alto porcentaje de animales en premuda tuvieron el estómago con menos del 10% de llenado, lo cual sugiere que los animales en premuda en general no se alimentan tanto como los que están en intermuda. Joll (1984) consideró sólo los juveniles de *P. cygnus* que se encontraban en intermuda para realizar el análisis de los componentes de la dieta. Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano (1996-1997) también sugieren que la observación del estadio en el ciclo de la muda es importante en estudios de la dieta de crustáceos.

La identificación de los organismos en los contenidos estomacales de decápodos es problemática, debido al alto grado de trituración que sufren antes y después de ser ingeridos por la acción del molino gástrico (McLaughlin y Hebard, 1961; Wassenberg *et al.*, 1989; Cartes y Sardá, 1989). Esto, a su vez, provoca ciertas dificultades en el análisis de la importancia de los grupos tróficos en la dieta.

Hyslop (1980) sugiere que, para evitar sobrestimar o subestimar la importancia de cada tipo de alimento en el contenido estomacal, se utilicen dos métodos de análisis, uno que estime la cantidad en términos de peso o volumen y el otro en términos de periodicidad o frecuencia. De esta manera, describe el método numérico o de frecuencia de ocurrencia, en el cual el número de individuos de cada categoría de alimento es registrado para todos los estómagos, y el total es expresado como una

proporción (generalmente un porcentaje) del total de todas las categorías de alimento, donde la media del número de individuos por estómago puede ser calculado. Este método tiene la desventaja de que sobrestima la importancia de las presas pequeñas presentes en gran número; además, en algunos casos no se puede identificar el número de organismos por el grado de masticación y de los que no tienen unidades discretas como las macroalgas, pastos o detritos. El método de frecuencia de ocurrencia es una medida de la regularidad de inclusión de un alimento en la dieta de una muestra o población. Este método sólo es satisfactorio para alimentos que no tienen partes duras reconocibles, pues da una importancia relativa superior a artículos alimenticios pequeños, como los foraminíferos (Williams, 1981; Cartes y Sardá, 1989). Sin embargo, es un método frecuentemente empleado porque es rápido y no implica equipo sofisticado; por lo tanto, es necesaria su aplicación para poder establecer comparaciones con estudios previos.

En el método volumétrico (Hyslop, 1980), se mide el volumen de agua que desplaza cada grupo del contenido estomacal. El volumen total de cada tipo de alimento está dado generalmente como un porcentaje del total del volumen del estómago. De hecho, la media de los volúmenes se ha usado para indicar los cambios estacionales en la actividad alimentaria, pero una de las desventajas de este método es que el líquido que queda atrapado en los componentes causa errores en la estimación, por lo cual se recomienda secar los artículos en papel filtro. Este método es frecuentemente empleado cuando los artículos de alimento son muy grandes o casi no sufren deterioro por masticación, como sería el caso en algunos peces. Joll (1984) realizó una modificación a este método debido a las características del contenido estomacal de los palinúridos explicadas anteriormente, en el cual se mide el volumen desplazado del contenido estomacal antes de separarlo en sus diferentes componentes o grupos tróficos y, después de separado, se le asigna el porcentaje de cobertura por campo visual al microscopio a cada taxon o grupo trófico. Este método da la misma importancia a los animales pequeños y a los grandes, para poder generar el patrón de alimentación al nivel de las características de la población que el investigador delimita.

Objetivo

Conocer la alimentación natural de los juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en la laguna arrecifal frente a Puerto Morelos, Q. Roo, México.

Metas

1. Conocer la composición de la dieta de los juveniles de *Panulirus argus*.
2. Determinar la variación estacional en la composición de la dieta de los juveniles de *P. argus*.
3. Observar los tipos de substratos en los cuales se alimentan los juveniles de *P. argus*.
4. Estimar diferentes índices nutricionales para los juveniles de *P. argus* con base en distintas relaciones entre longitud, peso y peso del hepatopáncreas, así como determinar diferencias estacionales en dichos índices nutricionales.

Área de estudio:

El estudio se llevó a cabo en una porción de la laguna arrecifal de Puerto Morelos, comprendida entre el astillero Rodman y el hotel La Ceiba, y desde la zona infralitoral hasta la zona posterior de la barrera arrecifal (Fig.1). La búsqueda de los juveniles se llevó a cabo en diferentes puntos al azar en esta área, tratando de cubrirla en su totalidad.

Puerto Morelos se localiza en la porción norte del estado de Quintana Roo, 36 km al sur de la ciudad de Cancún, entre los 20° 48' y 20° 52' LN y los 86° 56' y 86° 54' LW (Negrete-Soto, 1995). Al igual que la Península de Yucatán, Puerto Morelos se encuentra, durante la mayor parte del tiempo, bajo la influencia de las masas de aire marítimo tropical que invaden la península transportadas por los vientos alisios del Caribe y el Atlántico (Merino y Otero, 1991).

El arrecife coralino es el sistema dominante en la zona marina costera. El arrecife es de tipo barrera, es decir, es una formación alargada que tiene una disposición más o menos paralela a la costa y está separada de la misma por una laguna arrecifal donde hay algunos parches coralinos. La zona de rompiente de la barrera arrecifal está compuesta por extensos crecimientos de *Acropora palmata*, *Montastrea annularis* y *Millepora complanata* (Jordán-Dahlgren, 1993).

La laguna arrecifal de Puerto Morelos está formada por una depresión que alcanza una anchura que varía entre 350 y 1600 m. La laguna arrecifal presenta una profundidad media de aproximadamente 3 m y una profundidad máxima de 8 m en la zona sur. La mayor parte del fondo de la laguna arrecifal se encuentra cubierta por densas comunidades de pastos marinos dominadas por *Thalassia testudinum*; en algunas zonas se localizan fondos arenosos con escasa presencia de pastos marinos y algas coralinas (Merino y Otero, 1991).

Por fuera del arrecife, la corriente dominante en esta zona es de sur a norte (Jordán-Dahlgren, 1979; Merino y Otero, 1991). El tipo de fondo varía desde arenoso a calizo duro; presenta una comunidad coralina abundante y diversa, la pendiente es de 8 a 15° y llega hasta una plataforma arenosa que se encuentra entre 20 y 25 m de profundidad (Jordán-Dahlgren, 1979). No se tiene información sobre el tipo de comunidad asentada en los fondos más allá de los 25 m, pero algunas trampas instaladas a 39 m al ser recogidas traían entre las mallas, gran cantidad de macroalgas rodofitas y esponjas (Lozano-Alvarez *et al.*, 1991b).

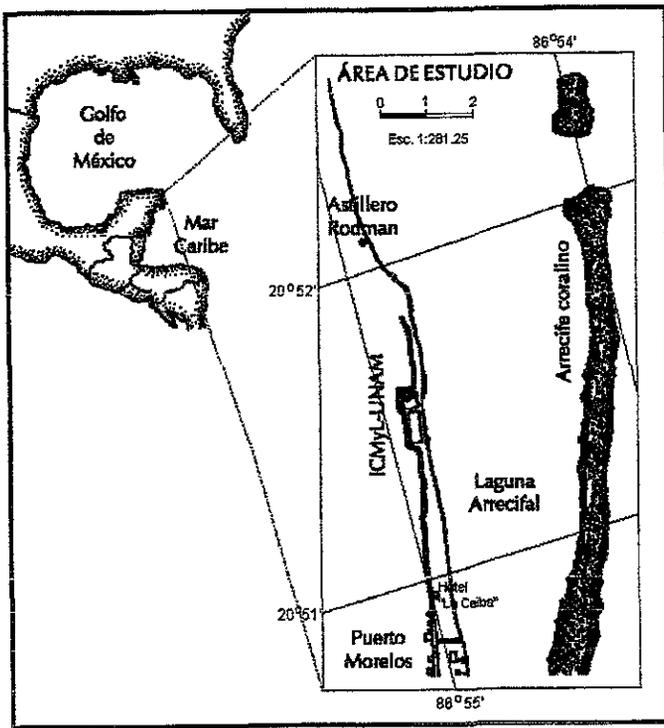


Figura 1. Ubicación del área de estudio, Puerto Morelos, Q.R. (tomado de Merino-Ibarra y Otero-Dávalos, 1991).

Material y Métodos

Muestreo de organismos

Se fijó el tamaño mínimo de muestra para cada estación del año en 30 individuos, con base en los trabajos de Williams (1981) y Cartes y Sardá (1989), quienes encontraron que este número de estómagos con un 50% de llenado era adecuado para describir la dieta natural en cangrejos portúnidos y en camarones aristéidos, cubriéndose el 80% del total de los alimentos posibles en *Aristeus*. Williams (1981) utilizó un análisis de diversidad trófica acumulativa de los grupos tróficos, en el cual el número de 30 estómagos arrojó 75% de los taxa de alimento posible para dichos cangrejos. Se consideró que un número de 30 estómagos con un porcentaje de llenado mayor a 10% en cada estación del año era adecuado para describir la dieta natural de los juveniles de *P. argus* con base en las observaciones de Joll (1984) para *P. cygnus*.

Se realizaron cuatro muestreos estacionales a partir de invierno de 1995 (enero) hasta otoño de 1995 (noviembre). Con respecto al horario, se siguieron las recomendaciones de Lalana y Ortiz (1991) de capturar a las langostas entre las 19 y las 23 horas y en las fases lunares de mayor oscuridad. En estos períodos se llevaron a cabo revisiones nocturnas del bentos empleando equipo de buceo SCUBA, en las cuales se recorrieron distancias variables perpendiculares y horizontales a la costa, procurando pasar por la mayor variedad de hábitats bentónicos distinguibles en la zona; también se procuró capturar sólo las langostas que fueron vistas afuera de sus refugios, pero en varias ocasiones el número de las mismas no fue suficiente, por lo que también se capturaron las que se encontraban dentro de sus refugios.

Cuando se encontraba una langosta, ésta se tomaba con la mano y se introducía en una bolsa de plástico para evitar la pérdida de apéndices, anotando en una tablilla de escritura sumergible los siguientes datos; fecha, hora, tipo de sustrato donde fue

capturada, si se encontraba fuera o dentro del refugio, y una breve descripción de la actividad de la langosta (caminando, comiendo, etc).

Toma de datos morfométricos

Las langostas fueron llevadas al laboratorio inmediatamente después de su captura y conservadas en refrigeración para detener el proceso de digestión. Se procuró realizar la disección inmediatamente después, pero antes se tomaron los siguientes datos morfométricos:

Sexo: se asignó el sexo mediante la observación del dactilopodito del quinto par de pereiópodos, que si tiene forma de subquela corresponde a hembra, además de los gonoporos, que en las hembras se encuentran en las bases de las coxas del tercer par de pereiópodos y en los machos se encuentran en las bases de las coxas del quinto par de pereiópodos. Sin embargo, en juveniles muy pequeños la observación de estas características, aun con la ayuda del microscopio estereoscópico, fue difícil por lo que también se observó el extremo posterior del sternum, que cuando es bilobulado es macho y unilobulado es hembra (R. George, Western Australia Museum, Perth, W.A., com. pers.)

Longitud del Cefalotórax (LC): Esta medida corresponde a la distancia que hay entre la escotadura interorbital y el extremo posterior del cefalotórax. (Colinas-Sánchez, 1988), y se tomó con un calibrador metálico (± 0.1 mm).

Longitud total (LT): Esta medida corresponde a la distancia que hay entre la base antenular entre las dos anténulas y el extremo del telson, con una regla modificada con un tope representado por una aguja de disección (± 1 mm).

Peso total (PT): Se tomó el peso total en una balanza granataria (± 0.1 gr), procurando eliminar el exceso de agua que la langosta contuviera.

Estadio en el ciclo de muda: Mediante la observación de un pleópodo al microscopio empleando el método de Lyle y McDonald (1983). Se cortó un pleópodo de cada langosta y se mantuvo en congelación hasta su observación al microscopio óptico a la mañana siguiente de la captura. Los estadios considerados fueron premuda, intermuda y postmuda.

Después de la toma de los datos morfológicos, se procuró inmediatamente realizar la disección de las langostas de la siguiente manera. El cefalotórax se corta por la parte dorsal, liberando primeramente el caparazón. Posteriormente se efectúa un corte longitudinal sobre la capa muscular, extrayendo inicialmente el estómago y después el hepatopáncreas (Aramoni-Serrano, 1982).

El hepatopáncreas fue pesado en una balanza granataria (± 0.1 g.), para su posterior utilización en el análisis del estado nutricional (Dall, 1974; Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano, 1997).

El tracto digestivo se fijó en formol al 10% con agua de mar y pasando dos horas se transfirió a alcohol al 70% (Joll, 1984). La utilización de dos fijadores permitió la adecuada conservación de los diferentes componentes de la dieta.

Análisis del contenido estomacal

La determinación del porcentaje de llenado de los estómagos se calculó en primera instancia visualmente en el momento de la realización de la disección (Joll, 1984). Después de pasar por el proceso de fijación, el estómago fue disectado y el volumen del contenido estomacal se determinó por desplazamiento de agua en una probeta de 10 ml. (± 0.1 ml). Posteriormente el contenido estomacal se vertió en una caja de Petri para su observación con el microscopio estereoscópico.

La identificación de los grupos tróficos en el contenido estomacal, se realizó a nivel de taxa gruesos debido al alto grado de trituración de los componentes, resultado

de la función del molino gástrico de los palinúridos. En una caja de Petri se vertió el contenido estomacal y mediante la ayuda de un microscopio estereoscópico se separaron los componentes de acuerdo a su grupo correspondiente. Una vez que los componentes alimenticios se habían separado, se les asignó una proporción porcentual en términos de volumen para darle el mismo peso a los componentes de los contenidos estomacales de todas las langostas de la muestra, sin importar su tamaño (Joll, 1984). Con la ayuda de una cuadrícula de papel milimétrico en la parte inferior de la caja de Petri, se contaron el número de cuadros que ocupaba cada grupo trófico, la suma total de cuadros corresponde al 100% y mediante una regla de 3 se calculó el porcentaje por grupo para evitar subjetividad en esta estimación, pues Joll (1984) sugiere que la asignación porcentual sea a ojo. Asimismo, este método permitió determinar el número de grupos tróficos en cada estómago para poder asignar el porcentaje de frecuencia de ocurrencia (Yáñez-Arancibia, *et al.*, 1976) con el objeto de realizar comparaciones con investigaciones anteriores. Posteriormente se identificaron los organismos de cada grupo trófico hasta el nivel taxonómico más bajo posible, aunque sólo en algunos casos se pudo identificar hasta especie.

El índice porcentual de frecuencia de ocurrencia resulta de dos componentes matemáticos que señalan periodicidad y/o preferencia con que son ingeridos ciertos alimentos, pero no señala la cantidad o número (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976). Este índice se calculó de la siguiente manera:

$$F = (n / NE) * 100$$

Donde F = frecuencia o periodicidad de aparición del algún alimento, n = el número de estómagos en la muestra que contienen dicho alimento y NE = el total de estómagos analizados (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976) En este estudio, NE es el número de estómagos de juveniles de *P. argus* con más de 10% del volumen de contenido con respecto a la capacidad total del estómago.

Se graficaron los promedios de los porcentajes de cada grupo trófico obtenidos con ambos métodos, por sexo y por estación del año.

Para comparar tanto los porcentajes volumétricos como los de frecuencia de ocurrencia entre los sexos por estación del año y entre estaciones, se empleó el índice de similitud de Jaccard modificado por Spatz, que es uno de los que demuestran mayor sensibilidad a las diferencias tanto cuantitativas como cualitativas entre los bloques a comparar (Müller-Dumbois y Ehlernberg, 1974, en Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990). Este índice se calcula como sigue (modificado para porcentajes volumétricos):

$$IS = R \times (Mc / (Ma + Mb + Mc)) \times 100$$

Donde R = la relación entre el porcentaje volumétrico más pequeño y el más grande de cada uno de los grupos tróficos comunes a los dos bloques a comparar; Mc = la suma de los valores de porcentaje volumétrico de ambos grupos; Ma = la suma de los valores de porcentaje volumétrico del bloque a y Mb = lo mismo que Ma, pero para el bloque b (Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990). A diferencia de estos autores, en este trabajo se emplearon porcentajes resultantes del método volumétrico, mientras que ellos lo calcularon a partir de porcentajes gravimétricos; también se aplicó el mismo índice para los porcentajes de frecuencia de ocurrencia.

Los valores umbrales del índice de similitud son los siguientes: por debajo del 25%, los bloques pueden considerarse como entidades separadas; entre 25 y 50%, los bloques comparados pueden considerarse como subconjuntos de la misma muestra y con valores superiores al 50%, la similitud es tan grande que deben ser tomados como bloques iguales (Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990).

La importancia de los grupos tróficos puede evaluarse con el índice de importancia relativa, que pondera los dos métodos. Dicho índice fue utilizado para el análisis de contenido estomacal de peces por Yáñez-Arancibia et al. (1976) y empleado

por Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990). La expresión matemática para su cálculo es la siguiente:

$$IIR = (F \times V) / 100$$

Donde IIR = el índice de importancia relativa que tiene cada grupo trófico en particular, F = el porcentaje de frecuencia de ocurrencia y V = el porcentaje volumétrico del grupo trófico. Para el índice de importancia relativa se definen los siguientes valores umbrales: 0-10% son grupos tróficos de importancia relativa baja, de 10-40% corresponde a los grupos de alimento de importancia relativa secundaria y de 40-100% son grupos tróficos de importancia relativa alta.

La combinación de los tres métodos de evaluación de los grupos tróficos antes mencionados se puede expresar en un diagrama combinado, donde el eje de las abscisas contenga al IIR, el eje izquierdo de las ordenadas el porcentaje volumétrico y el eje derecho de las ordenadas el porcentaje de frecuencia de ocurrencia, generando en su interior tres cuadrantes que denotan zonas de grupos tróficos accidentales o circunstanciales (I), secundarios (II), y preferenciales (III).

Índices nutricionales

Para la obtención de los índices nutricionales primeramente se obtuvieron las ecuaciones de la relación logarítmica del peso total (PT) vs. longitud del cefalotórax (LC) y la relación del peso del hepatopáncreas (PH) vs. LC; mediante el análisis de regresión:

$$\text{LogPT} = m (\text{LogLC}) + \text{Log } b$$

$$\text{LogPH} = m (\text{LogLC}) + \text{Log } b$$

Los índices nutricionales empleados fueron el factor de condición A (FCA), el factor de condición B (FCB) y el índice de reserva del hepatopáncreas (IRH) (Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano, 1996).

El factor de condición A se calcula a partir de la fórmula de Le Cren que se escribe así:

$$\text{FCA} = \text{PTE}/\text{PTO}$$

En donde FCA = el factor de condición A, PTe = el peso total estimado a partir de la ecuación de la regresión logarítmica del peso PT vs. LC, y PTo = el peso total observado. Este factor es empleado generalmente para estimar el factor de condición en peces (Aramoni-Serrano, 1982; Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano, 1996).

El factor de condición B fue diseñado por Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano (1996) debido a que, en palinúridos, los resultados de una desnutrición en lo general no se manifiestan como cambios en el peso total corporal, y el peso del hepatopáncreas refleja mejor la situación nutricional de las langostas debido a que en el hepatopáncreas no se sustituye la proteína por agua, como ocurre en el músculo (Dall, 1974). Este índice se expresa matemáticamente así:

$$\text{FCB} = \text{PHe}/\text{PHo}$$

En donde FCB = el factor de condición B; P_{Ho} = el peso del hepatopáncreas observado y P_{He} = el peso del hepatopáncreas estimado, generado a partir de la ecuación resultante de la regresión logarítmica entre PH y LC;

Dall (1974) diseñó, por su parte, el índice de reserva del hepatopáncreas que se expresa como sigue:

$$IRH = P_{Ho} / P_{To}$$

Donde el IRH = el índice de reserva del hepatopáncreas, P_{Ho} = el peso del hepatopáncreas observado y P_{To} = el peso total observado.

Análisis de los datos

Para denotar las diferencias significativas entre los grupos tróficos entre machos y hembras; y entre estaciones del año, se calculó el índice de similitud (IS) descrito anteriormente.

Para el análisis de la importancia de cada tipo de alimento y la observación de los cambios estacionales en la dieta se realizó el cálculo del índice de importancia relativa (IIR) explicado anteriormente, así como los diagramas tróficos combinados; pero sólo se emplearon los datos del contenido estomacal de las langostas que tenían más del 10% de llenado en el estómago (Joll, 1984; Joll y Phillips, 1984), y que preferentemente se encontraran en periodo de intermuda (Joll, 1984), ya que las langostas dejan de alimentarse cuando están en el proceso de muda (Brito-Pérez y Díaz-Iglesia, 1983). Sin embargo, en algunas estaciones el número de muestras en estas condiciones no fue suficiente, por lo que también se consideraron las langostas con estómagos con más de 10% de llenado en otros estadios de muda.

Se analizó la normalidad de los índices nutricionales para poder compararlos por medio de una prueba paramétrica, y se encontró una gran frecuencia en los intervalos medios de la distribución, por lo que se llevó a cabo una prueba no paramétrica de diferencias entre grupos (Kruskall-Wallis, Zar 1984) para analizar la variación estacional.

Resultados

Muestreo General

A lo largo de todo el periodo de estudio, se capturaron 182 langostas, de las cuales 78 fueron hembras y 104 machos. La **Tabla 1** muestra los intervalos de longitud cefalotorácica (LC), del peso total (PT) y del peso del hepatopáncreas (PH) del total de las langostas capturadas en cada estación del año (a), así como de las hembras (b) y los machos (c), por separado.

Tabla 1

Intervalo de las características morfométricas de los juveniles de langosta *P. argus*. a) Descripción de las muestras (LC, PT y PH) por estación del año.

Muestras completas		INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
ESTACIÓN	NÚMERO	LC (mm)	PT (g)	PH (g)
INVIERNO 95	47	18.0-63.4	5.97-223.86	0.27-7.40
PRIMAVERA 95	49	12.1-68.0	1.94-269.15	0.06-9.92
VERANO 95	41	11.1-80.7	3.95-473.20	0.15-21.37
OTOÑO 95	45	18.5-76.6	6.67-381.10	0.27-13.83
TOTAL	182	11.1-80.7	1.94-473.20	0.06-21.37

b) Descripción biométrica de la captura de hembras por estación del año.

Hembras por estación		INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
ESTACIÓN	NÚMERO	LC (mm)	PT (g)	PH (g)
INVIERNO 95	21	21.9-63.4	9.88-223.86	0.27-7.4
PRIMAVERA 95	16	21.4-57.7	9.84-153.26	0.32-5.85
VERANO 95	19	11.1-80.7	3.95-473.20	0.15-21.37
OTOÑO 95	22	19.6-73.7	8.32-343.60	0.27-13.15
TOTAL	78	11.1-80.7	3.95-473.20	0.27-21.37

c) Descripción biométrica de la captura de machos por estación del año.

Machos por estación		INTERVALO	INTERVALO	INTERVALO
ESTACIÓN	NÚMERO	LC (mm)	PT (g)	PH (g)
INVIERNO 95	26	18.0-50.3	5.97-126.05	0.29-4.57
PRIMAVERA 95	33	12.1-68.0	1.94-269.15	0.06-9.92
VERANO 95	22	19.6-74.5	7.97-332.77	0.39-14.67
OTOÑO 95	23	18.5-76.6	6.67-381.10	0.31-13.83
TOTAL	104	12.1-76.6	1.94-381.10	0.06-14.67

LC= Longitud cefalotorácica, PT= peso total, PH= peso del hepatopáncreas

Con los datos de la muestra total, se obtuvieron las relaciones LC vs PT y LC vs PH. Las ecuaciones de regresión estimadas con los datos transformados logarítmicamente son las siguientes:

$$\text{Log PT} = 2.7511 (\text{Log LC}) - 2.6243 \quad (r^2 = 0.97)$$

$$\text{Log PH} = 2.6164 (\text{Log LC}) - 3.7946 \quad (r^2 = 0.92)$$

Las **figuras 2 y 3** muestran respectivamente la distribución de los datos y la recta de regresión para las relaciones LC-PT y LC-PH.

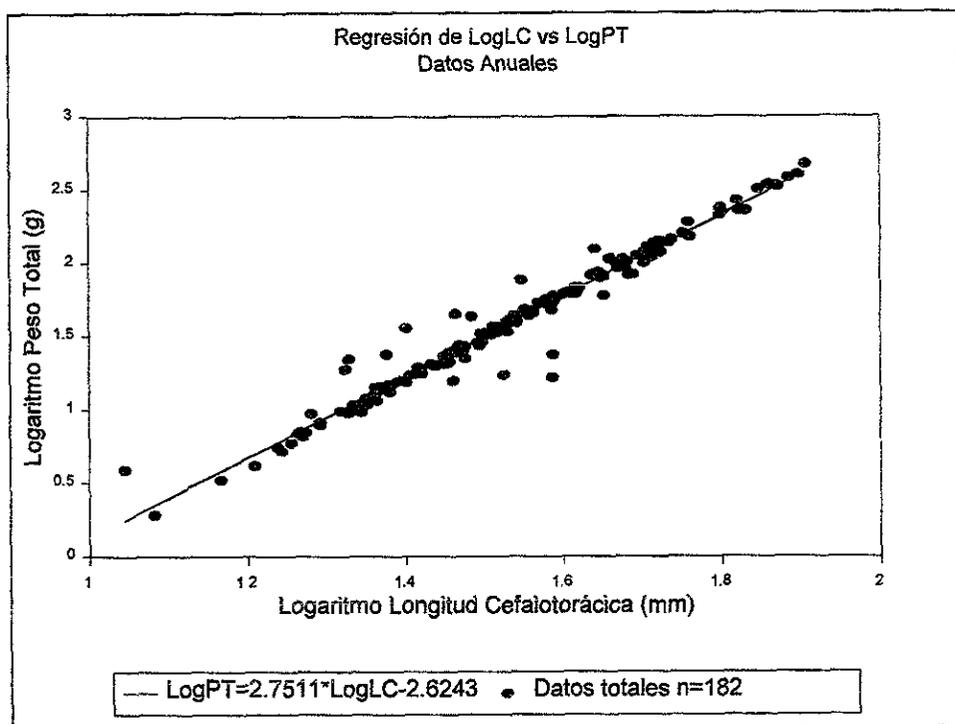


Fig. 2. Distribución de los datos del logaritmo del peso total de los juveniles de langosta *Panulirus argus* de todo el año con respecto a la recta generada a partir de la regresión entre los logaritmos de la longitud cefalotorácica y el peso total.

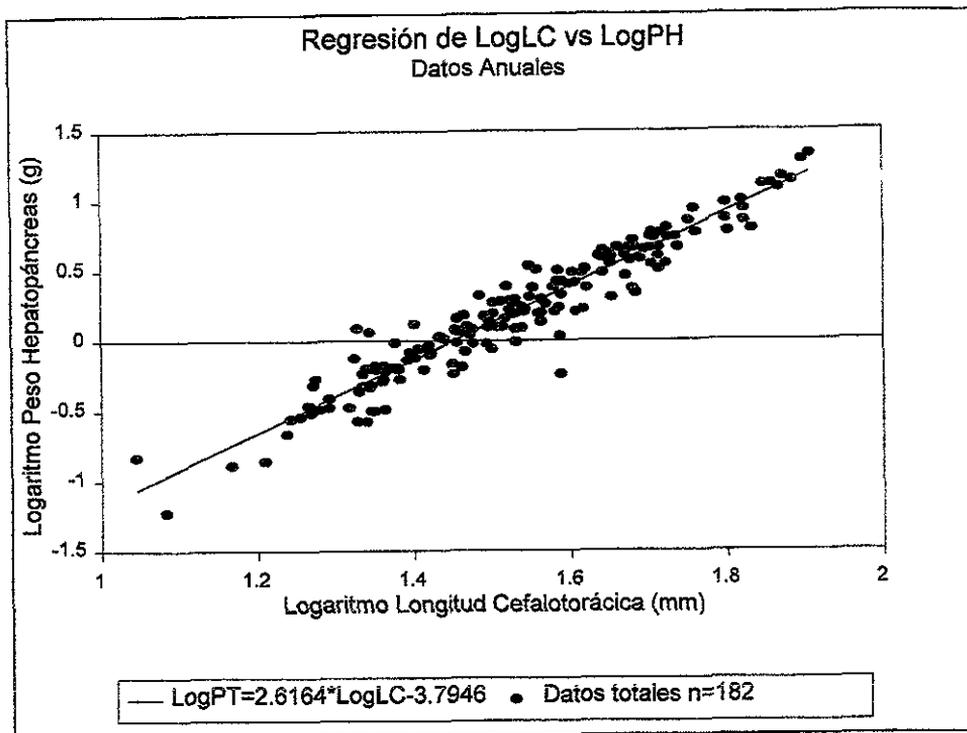


Fig. 3. Distribución de los datos del logaritmo del peso del hepatopáncreas (PH) de todo el año, y la recta generada a partir de la ecuación lineal de la regresión logarítmica entre la longitud cefalotorácica (LC) y el peso del hepatopáncreas.

Muestras Estacionales:

Invierno

Los muestreos de invierno se realizaron entre el 20 de enero y el 20 de marzo de 1995, de una a dos horas antes del amanecer, según lo sugerido por Joll (1984). En esta estación, se capturó un total de 47 juveniles (26 machos y 21 hembras, ver **Tabla 1**). Sin embargo, solamente 27 de las 47 langostas presentaron el estómago con más del 10% de llenado. De éstas, 12 fueron hembras y 15 machos.

Primavera

En vista de que casi la mitad de los juveniles capturados en el invierno en el horario recomendado por Joll (1984) no tenían suficiente contenido estomacal, se eligió entre una y tres horas después de la puesta de sol, es decir, después del inicio de la actividad alimentaria (Andrée, 1981). El muestreo se llevó a cabo entre el 25 de mayo y el 13 de junio de 1995, obteniéndose 49 langostas (33 machos y 16 hembras, ver **Tabla 1**), de las cuales 31 presentaron más del 10% del estómago lleno (21 machos y 10 hembras).

Verano

El periodo comprendido entre el 31 de agosto y el 20 de septiembre de 1995 correspondió al muestreo de verano. Se capturaron 41 juveniles (**Tabla 1**), de los cuales 22 fueron machos y 19 hembras. de los 41 juveniles; 29 tuvieron más del 10% del volumen estomacal lleno (18 machos y 11 hembras).

Otoño

El muestreo de otoño comprendió desde el 30 de octubre hasta el 13 de noviembre de 1995, recolectándose 45 juveniles (23 machos y 22 hembras, **Tabla 1**), de los cuales 38 presentaron más del 10% de llenado de estómago (18 machos y 20 hembras).

Porcentaje de vacuidad de los estómagos

La **Tabla 2** muestra el número y el porcentaje de juveniles que presentaron estómagos vacíos o con menos del 10% de llenado y aquéllos que tuvieron estómagos con contenido $\geq 10\%$. Se aprecia que el mayor porcentaje de vacuidad se presentó en invierno, debido probablemente a la hora en que se realizó el muestreo. El porcentaje disminuyó en las otras tres estaciones.

Tabla 2

Porcentaje de vacuidad de juveniles de langosta *Panulirus argus* por estación del año a partir de Invierno hasta otoño de 1995.

ESTACIÓN DEL AÑO	INDIVIDUOS	ESTÓMAGOS VACÍOS (0-10% DE LLENADO)	ESTÓMAGOS CON CONTENIDO	PORCENTAJE DE VACUIDAD
INVIERNO	47	20	27	42.6
PRIMAVERA	49	18	31	36.7
VERANO	41	12	29	29.3
OTOÑO	45	7	38	15.6
TOTAL	182	57	125	31.3

$X^2=8.704 < X^2= 16.919 (0.05 ; gl=9)$

Estadio en el ciclo de muda

La **Tabla 3** resume, para cada una de las cuatro estaciones, el número de juveniles encontrados en premuda, intermuda y postmuda, que presentaron sus estómagos con más o menos del 10% de llenado. En términos generales, 54.4% de los juveniles con menos del 10% de llenado se encontraba en premuda, el 26.3% en intermuda y el 19.3% en postmuda. En el caso de los juveniles con más del 10% de llenado, los porcentajes respectivos fueron; 44.8%, 48.8% y 6.4%.

Tabla 3

Estadio de muda con porcentaje de llenado en cada estación del año.

ESTACIÓN	Juveniles con estómagos <10% de llenado			Juveniles con estómagos >10% de llenado			n:
	PREMUDA	INTERMUDA	POSTMUDA	PREMUDA	INTERMUDA	POSTMUDA	
INVIERNO	13	4	3	12	10	5	47
PRIMAVERA	9	6	3	12	16	3	49
VERANO	6	5	1	15	14	0	41
OTOÑO	3	0	4	17	21	0	45
N TOTAL	31	15	11	56	61	8	182
% TOTAL	54.4	26.3	19.3	44.8	48.8	6.4	

Análisis del contenido estomacal

Para efectuar el análisis del contenido estomacal, solamente se consideraron las 125 langostas que presentaron más del 10% del llenado de sus estómagos (72 machos y 53 hembras), independientemente del estadio en el cual se encontraron dentro del ciclo de muda.

Grupos tróficos

En los contenidos estomacales, se registraron 17 grupos tróficos: **Crustáceos**₁ (restos de quelas, caparazones, pereiópodos, ojos con pedúnculos, etc), **Gasterópodos**₂ (restos de conchas, opérculos, etc), **Bivalvos**₃ (restos de charnelas, la forma de las líneas en los restos de la concha, etc), **Materia vegetal**₄ (restos de pastos marinos y algas no coralinas), **Espojas**₅ (trozos reconocibles, espículas), **Algas coralinas**₆ (pequeños trozos), **Foraminíferos**₇ (organismos enteros), **Tunicados**₈ (trozos, cubierta exterior), **Peces**₉ (vértebras, escamas, etc), **Equinodermos**₁₀ (espinas de erizos, pedazos de esqueleto calcáreo), **Briozoarios**₁₁ (restos de estructuras), **Gorgonáceos**₁₂ (espículas), **Larvas de cirripedio**₁₃ (restos blandos de la cubierta exterior), **Poliquetos**₁₄ (espinas, restos de cubierta exterior), **Poliplacóforos**₁₅ (restos de placas calcáreas características), **Materia orgánica no identificada**₁₆ (materia suave de tejidos orgánicos en proceso de digestión, sin posibilidad de identificación), y **Materia inorgánica**₁₇ (granos de arena principalmente). Algunos grupos tróficos se presentaron una vez en todo el año, o incluso en una sola langosta, por lo tanto fueron agrupados como "otros", sobre todo aquellos grupos cuyo promedio del porcentaje volumétrico fue inferior al 1% y de frecuencia de ocurrencia por debajo del 5%. Por lo tanto, la agrupación "otros" varió estacionalmente y se especifica en cada figura (de la 4 a la 11).

La **Tabla 4** muestra la identificación de los restos de organismos encontrados en el contenido del conjunto de estómagos, hasta el nivel taxonómico más bajo posible. El asterisco indica que se encontraron restos de uno o mas taxa inferiores al marcado que ya no se pudieron identificar.

Tabla 4

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS RESTOS DE LOS ORGANISMOS ENCONTRADOS EN LOS CONTENIDOS ESTOMACALES DE JUVENILES DE *Panulirus argus*.

CRUSTACEA

- Clase OSTRACODA *
- Clase MALACOSTRACA
 - Orden ISOPODA *
 - Orden DECAPODA *
 - Infraorden ANOMURA *
 - Infraorden BRACHYURA *
 - Familia MAJIDAE *
 - Familia XANTHIDAE *

MOLUSCA

- Clase GASTROPODA
 - Orden ARCHAEOGASTROPODA *
 - Familia TROCHIDAE
 - Tegula fasciata*
 - Orden MESOGASTROPODA *
 - Familia VITRINELLIDAE
 - Smaragdia viridis*
 - Familia CERITHIIDAE
 - Cerithium litteratum*
 - Familia MODULIDAE
 - Modulus modulus*
 - Orden NEOGASTROPODA *
 - Familia FASCIOLARIIDAE
 - Fasciolaria tulipa*
- Clase POLIPLACOPHORA *
- Clase PELECIPODA*

ECHINODERMATA *

PORIFERA *

- Clase CALCAREA *
- Clase DEMOSPONGIA *
 - Orden KERATOSA *
 - Suborden DICTYOCERATIDA *
 - Familia SPONGIIDAE *

BRIOZOARIA *(fragmentos)

TUNICADOS *(fragmentos)

POLIQUETOS *(fragmentos)

FORAMINIFERAE*

ALGAS CORALINAS* (fragmentos)

PECES ÓSEOS *(Escamas y algunos fragmentos óseos)

CNIDARIA *

- Clase ANTHOZOA
 - Subclase OCTOCORALLIA
 - Orden GORGONACEA

MATERIA VEGETAL

- División MAGNOLIOPHYTAE
 - Clase LILIOPSIDA
 - Orden ANGIOSPERMAE
 - Familia POTAMOGETONACEAE
 - Syringodium filiforme*
 - Familia CYMODOCEAE
 - Halodule wrightii*
 - Familia HYDROCHERITACEAE
 - Thalassia testudinum*

NOTA: El asterisco (*) señala los taxa que pudieron incluir restos de uno o más taxa inferiores, que no fue posible identificar.

La **Tabla 5** muestra el número de langostas hembras y machos que presentaron uno, dos, o más grupos tróficos en su contenido estomacal. La mayoría de las langostas presentaron entre 3 y 8 grupos, y solamente un macho presentó doce; pero ningún organismo presentó los 17 grupos tróficos encontrados a lo largo de todo el año. No se encontraron diferencias significativas entre la distribución de grupos tróficos en estómagos de machos y hembras.

Tabla 5

Frecuencia de número de grupos tróficos en machos, hembras y ambos sexos en conjunto (no se incluyó el cero, pero sí se incluyeron las langostas con estómagos con <10% de llenado).

NUMERO DE GPOS. TRÓFICOS.	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
1	1	1	2
2	5	4	9
3	6	3	9
4	14	7	21
5	14	11	25
6	21	9	30
7	8	14	22
8	7	7	14
9	6	2	8
10	3	3	6
11	1	3	4
12	1	0	1
TOTAL	86	65	151 *
$\chi^2 = 10.993, g.l. = 11, P > 0.25$			

NOTA: (*) En la estación de invierno, los grupos tróficos de 2 langostas con porcentaje de llenado menor al 10% no pudieron ser identificados, por lo que sus datos no se incluyen en esta tabla.

Promedio de los porcentajes volumétrico y de frecuencia de ocurrencia

Las **figuras 4, 6, 8 y 10**, muestran los promedios de los porcentajes volumétricos (Joll, 1984) de los principales grupos tróficos agrupados por sexos para las cuatro estaciones, empezando por invierno. Las **figuras 5, 7, 9 y 11**, muestran los porcentajes de frecuencia de ocurrencia (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976) de los principales grupos tróficos para cada estación del año agrupados por sexos como en el caso anterior.

Invierno

En términos de volumen, los grupos tróficos con mayor porcentaje tanto en machos como en hembras, fueron los crustáceos, esponjas, gasterópodos, materia orgánica y materia inorgánica (**Fig. 4**). Con respecto a frecuencia de ocurrencia (**Fig. 5**), los principales grupos tróficos fueron los crustáceos, gasterópodos, bivalvos, materia vegetal, materia orgánica, materia inorgánica, esponjas y foraminíferos.

Primavera

Los grupos tróficos de mayor porcentaje volumétrico para esta estación tanto en machos como en hembras fueron los crustáceos, gasterópodos, materia orgánica no identificada y materia inorgánica (**Fig. 6**). En cuanto a la frecuencia de ocurrencia, los porcentajes más altos en ambos sexos, fueron los de crustáceos, gasterópodos, materia vegetal, materia orgánica no identificada y materia inorgánica. En las hembras, además, destacan las algas coralinas y los bivalvos. (**Fig. 7**).

Verano

Para esta estación del año, los grupos tróficos de más alto porcentaje volumétrico en ambos sexos, fueron los crustáceos, gasterópodos y materia orgánica no identificada (**Fig. 8**). El porcentaje de frecuencia de ocurrencia más alto corresponde a crustáceos, gasterópodos, materia inorgánica y materia orgánica no identificada; en las hembras de esta estación destacan, además, los foraminíferos y poliquetos (**Fig. 9**).

Otoño

En otoño los grupos tróficos de mayor porcentaje volumétrico para ambos sexos fueron, los crustáceos, gasterópodos y materia orgánica no identificada (**Fig. 10**). Con respecto al porcentaje de frecuencia de ocurrencia, en ambos sexos destacan los crustáceos, gasterópodos, materia vegetal, materia inorgánica, materia orgánica no identificada y foraminíferos (**Fig. 11**)

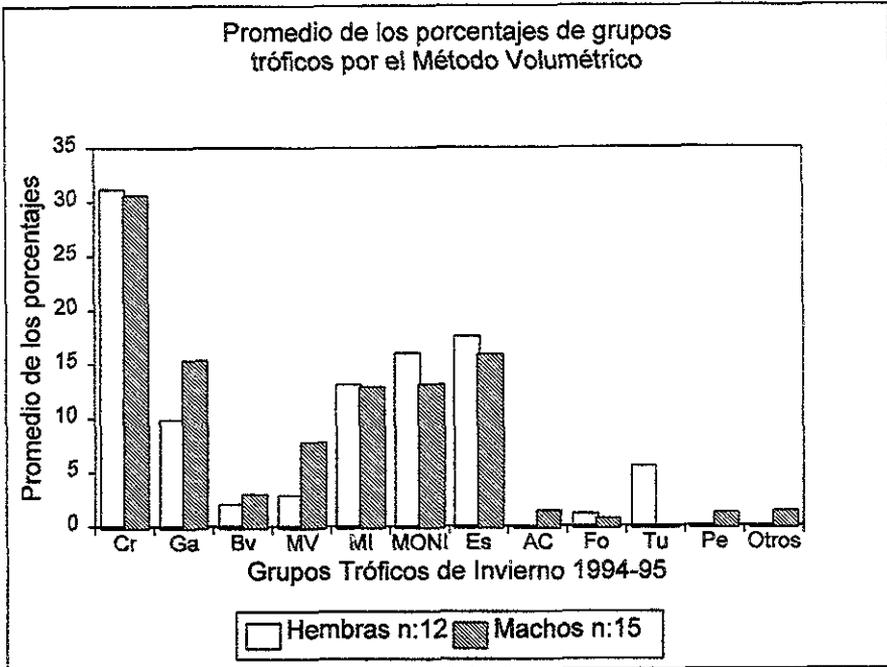


Fig. 4. Promedio de los porcentajes de los principales grupos tróficos de invierno obtenidos con el método volumétrico, para ambos sexos, donde las abreviaturas corresponden a: **Cr:** Crustáceos, **Ga:** Gasterópodos, **Bv:** Bivalvos, **MV:** Materia Vegetal, **MI:** Materia Inorgánica, **MONI:** Materia Orgánica no identificada, **Es:** Esponjas, **AC:** Algas coralinas, **Fo:** Foraminíferos, **Tu:** Tunicados, **Pe:** Peces, **Otros:** Equinodermos y larvas de Cirripedio.

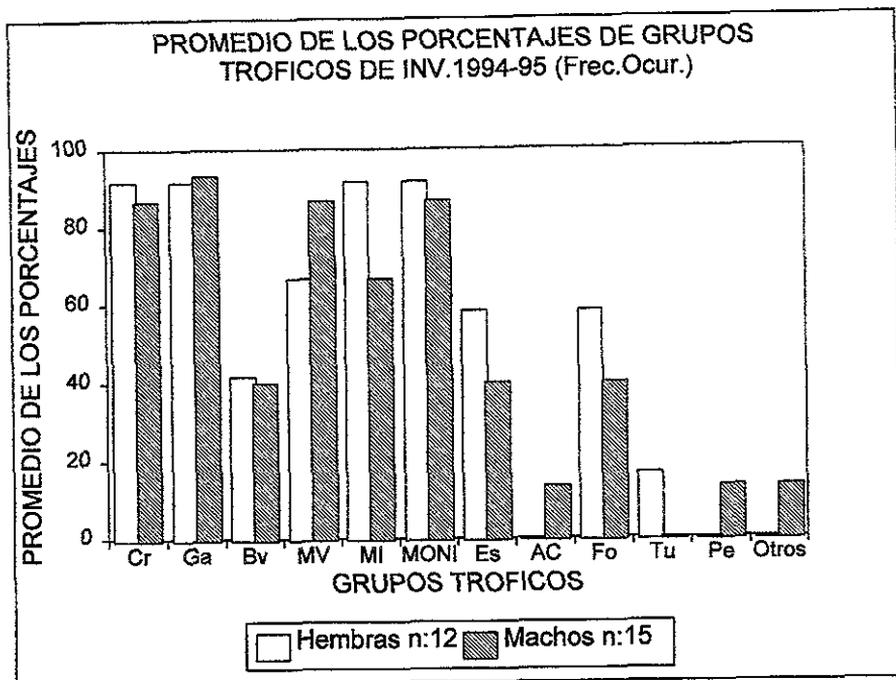


Fig. 5. Porcentajes de los principales grupos tróficos de invierno, calculados por el método de frecuencia de ocurrencia, para ambos sexos. (Las abreviaturas se refieren a los mismos grupos tróficos que en la figura 4.)

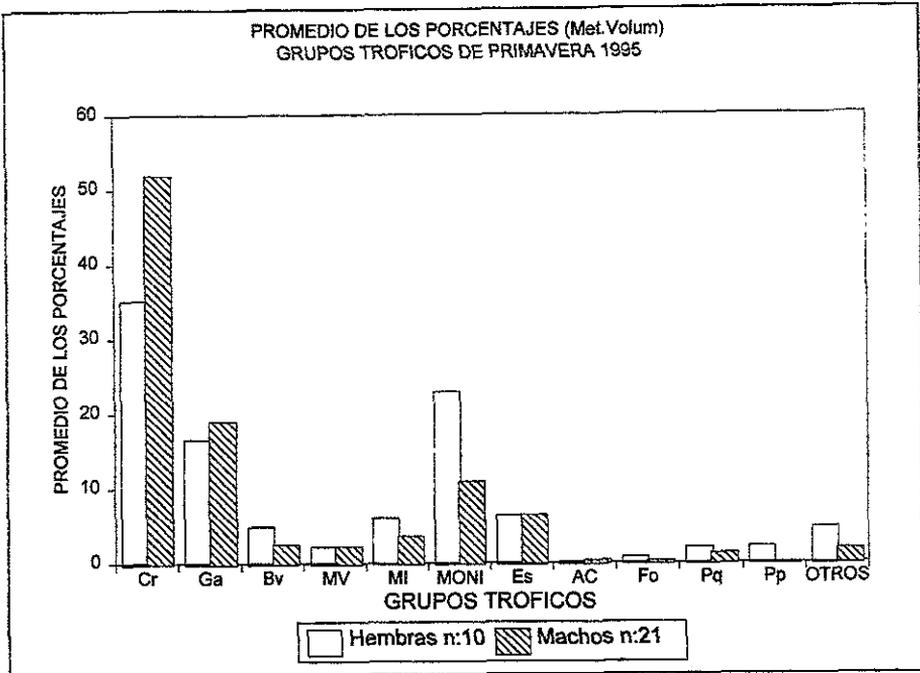


Fig. 6. Promedio de los porcentajes de los principales grupos tróficos de primavera, calculados por el método volumétrico para ambos sexos, (las abreviaturas de los grupos tróficos corresponden a los mismos de la figura 4 con excepción de **Pq**: Poliquetos, **Pp**: Poliplacóforos, **Otros**: Equinodermos, larvas de cirripedios y Briozoarios).

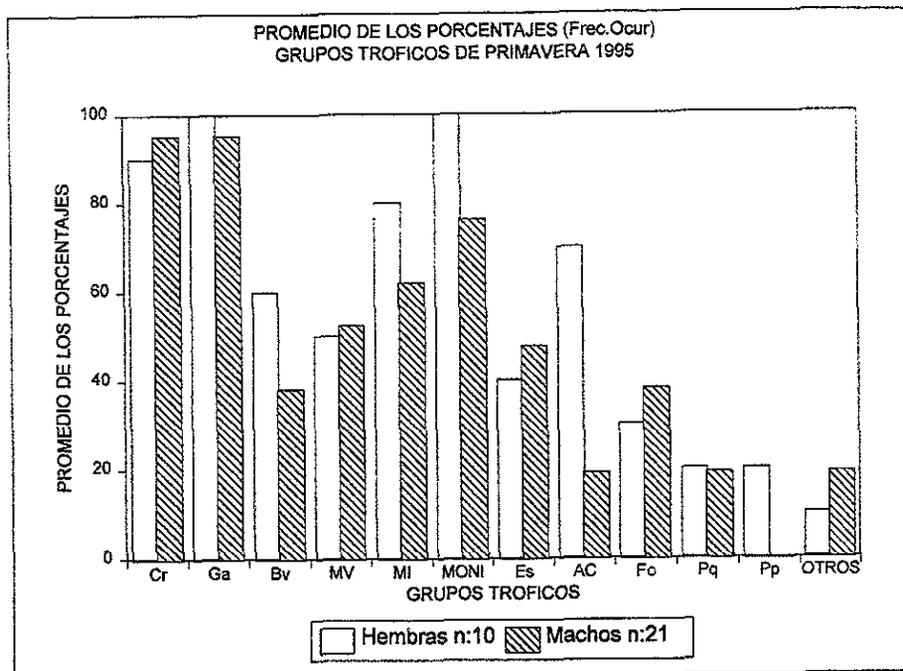


Fig. 7. Porcentajes de los principales grupos tróficos de Primavera, mostrando ambos sexos, estimados por el método de frecuencia de ocurrencia. (Las abreviaturas corresponden a los mismos grupos de la figura 6.)

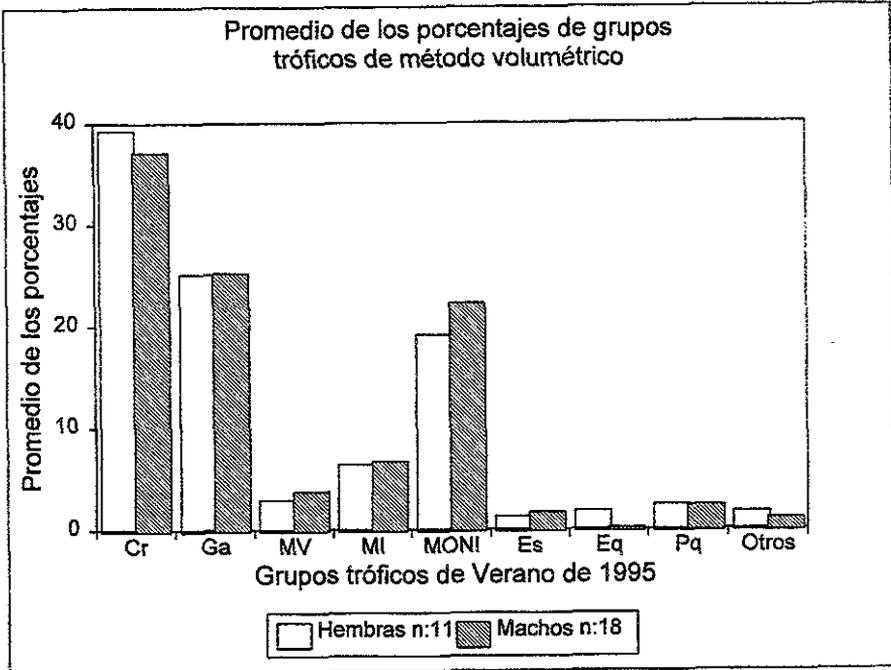


Fig. 8. Promedio de los porcentajes de los principales grupos tróficos de Verano, calculados por el método volumétrico mostrando a ambos sexos. Las abreviaturas de los grupos tróficos corresponden a las mismas que en las figuras anteriores con excepción de **Eq:** Equinodermos, **Otros:** Bivalvos, Foraminíferos, Peces, Larvas de cirripedio, Poliplacóforos y Gorgonáceos.

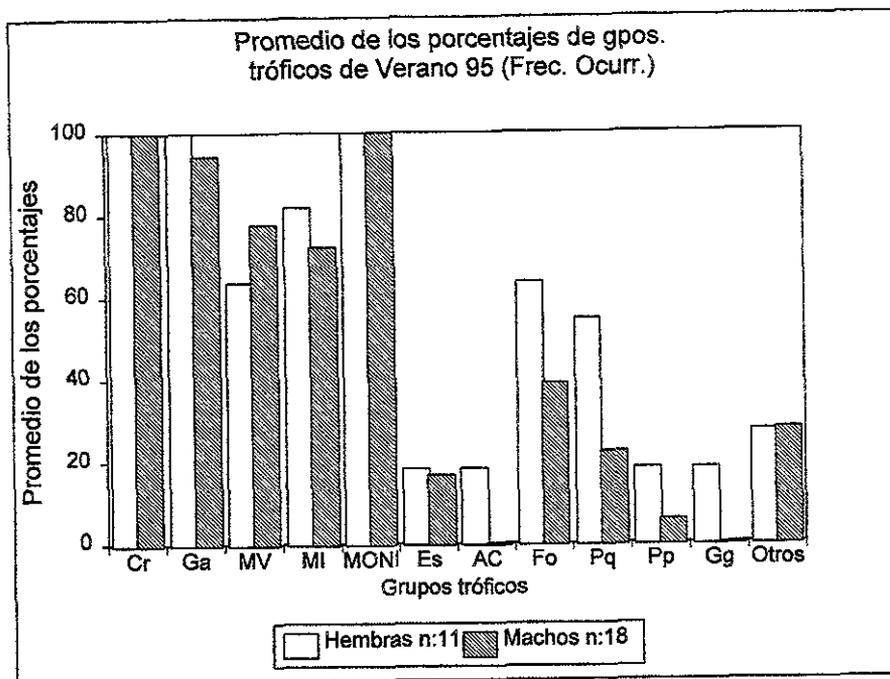


Fig. 9. Porcentaje de frecuencia de ocurrencia de los principales grupos tróficos de verano para ambos sexos. Las abreviaturas de los grupos tróficos corresponden a las mismas de las figuras anteriores con excepción de **Gg**: Gorgonáceos, **Otros**: Bivalvos, Equinodermos, Tunicados, Peces y larvas de cirripedio.

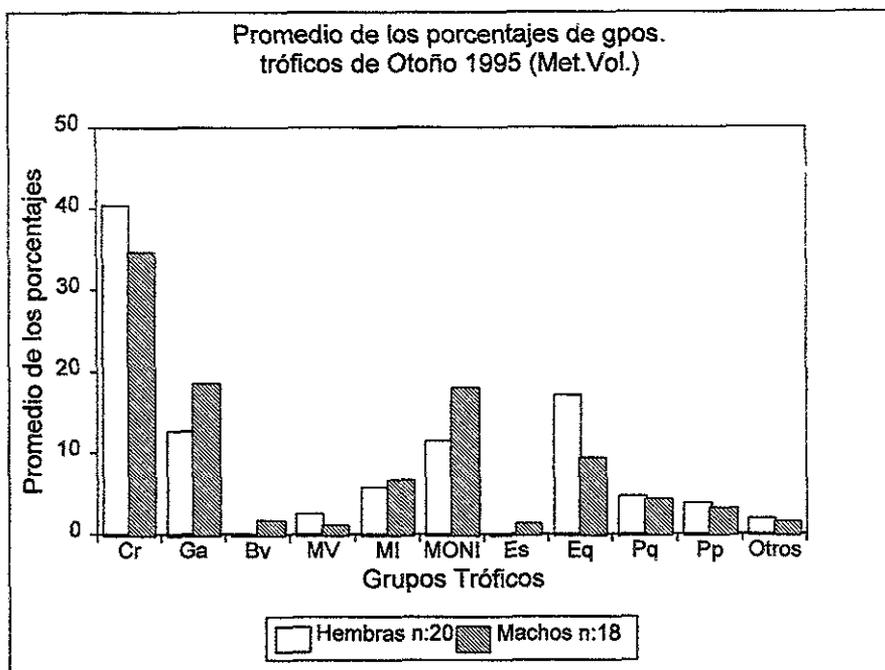


Fig. 10. Promedio de los porcentajes de los principales grupos tróficos de otoño calculados por el método volumétrico para ambos sexos. Las abreviaturas de los grupos tróficos corresponden a las mismas que en las figuras anteriores con excepción de **Otros:** Peces y Gorgonáceos.

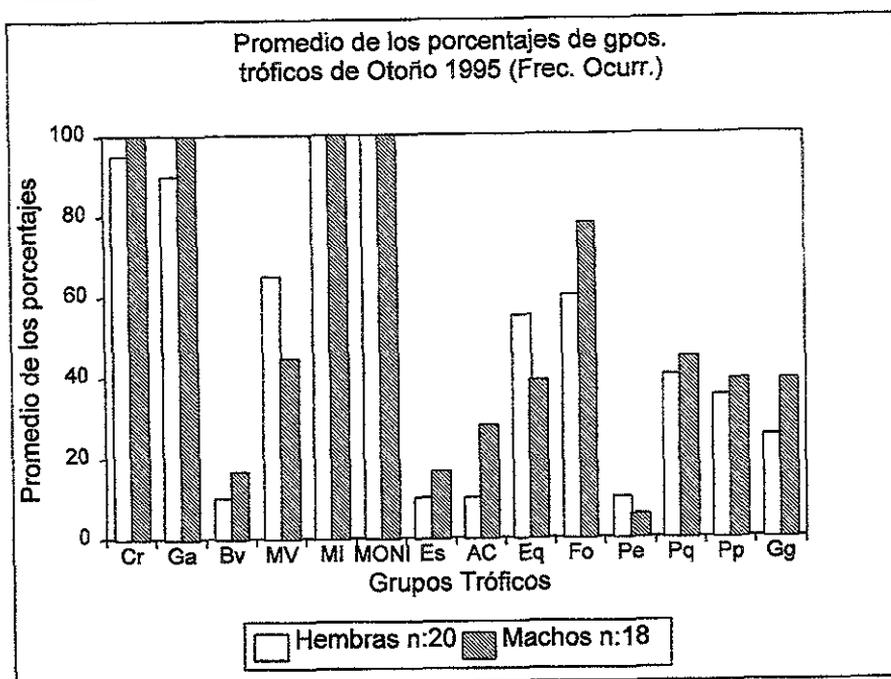


Fig. 11. Promedio de los porcentajes de los principales grupos tróficos de otoño estimados por el método de frecuencia de ocurrencia, para ambos sexos. Las abreviaturas de los grupos tróficos corresponden a las mismas que en las figuras anteriores.

Índice de similitud:

La **Tabla 5** muestra los resultados del índice de similitud con los datos de porcentaje volumétrico de los grupos tróficos entre sexos. Puesto que los valores obtenidos se encuentran entre 25 y 50, considerados como subconjuntos de la misma muestra, se calcularon los promedios de los porcentajes volumétricos agrupando los datos de hembras y machos para cada estación y se calculó el índice de similitud entre estaciones del año (**Tabla 6**).

Tabla 5

Índice de similitud de Jaccard (IS) entre el promedio de los porcentajes de los grupos tróficos de ambos sexos por estación del año.

ESTACIÓN	IS entre sexos
INVIERNO	37.62
PRIMAVERA	27.38
VERANO	27.30
OTOÑO	32.86

Tabla 6

Resultados del índice de similitud de Jaccard para comparar los promedios de los porcentajes de los grupos tróficos comunes entre las cuatro estaciones del año.

Estación	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
INVIERNO			
PRIMAVERA	26.58		
VERANO	20.56	26.26	
OTOÑO	24.75	30.12	29.88

Índice de importancia relativa IIR

Puesto que el índice de similitud de los grupos tróficos entre sexos indica que ambos pueden ser considerados subconjuntos de la misma muestra, se calculó el promedio de los porcentajes volumétricos y de frecuencia de ocurrencia por estación del año agrupando los resultados de ambos sexos (Tabla 7a y 7b, respectivamente). Con dichos resultados se calculó el índice de importancia relativa por estación del año (Tabla 7c), con lo que se generó el diagrama trófico combinado para cada estación (Figs. 12, 13, 14 y 15, para invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente).

Tabla 7

a) Promedio de los porcentajes volumétricos de los grupos tróficos de juveniles de langosta *Panulirus argus* por estación del año.

Grupos Tróficos	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Cr	30.89	46.49	39.26	37.73
Ga	12.89	18.20	25.14	15.45
Biv	2.55	3.25	0.30	1.02
MV	5.57	2.24	2.93	1.84
MI	12.96	4.32	6.37	6.14
MONI	14.36	14.76	19.11	14.55
Esp	16.60	6.31	1.31	0.86
AC	0.80	0.26	0.06	0.21
Eq	0.44	0.13	1.80	13.40
Fo	0.89	0.40	0.46	0.66
Tun	2.47			
Pe	0.64		0.15	0.20
LCir	0.31	0.56	0.14	
Pq		1.48	2.42	4.44
Br		0.65		
Pp		0.67	0.50	3.49
Gg			0.09	0.11

b) Frecuencias de Ocurrencia de los grupos tróficos para cada estación del año.

Grupos Tróficos	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Cr	88.89	93.55	100.00	94.87
Ga	92.59	96.77	96.55	94.87
Biv	40.74	45.16	3.45	12.82
MV	77.78	51.61	72.41	53.85
MI	77.78	67.74	75.86	97.44
MONI	88.89	83.87	100.00	100.00
Esp	48.15	45.16	17.24	12.82
AC	7.41	16.13	6.90	17.95
Eq	3.70	6.45	6.90	46.15
Fo	48.15	48.39	48.28	66.67
Tun	7.41		3.45	
Pe	7.41		6.90	7.69
LCir	3.70	9.68	6.90	
Pq		22.58	34.48	41.03
Br		3.23		
Pp		6.45	10.34	35.90
Gg			6.90	30.77

c) Índice de importancia relativa (IIR) de los grupos tróficos, por estación del año.

Grupos Tróficos	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Cr	27.46	43.50	39.26	35.80
Ga	11.93	17.61	24.27	14.66
Biv	1.04	1.47	0.01	0.13
MV	4.33	1.16	2.12	0.99
MI	10.08	2.93	4.83	5.98
MONI	12.77	12.38	19.11	14.55
Esp	7.99	2.85	0.23	0.11
AC	0.06	0.04	0.00	0.04
Eq	0.02	0.01	0.12	6.18
Fo	0.43	0.19	0.22	0.44
Tun	0.18			
Pe	0.05		0.01	0.02
LCir	0.01	0.05	0.01	
Pq		0.33	0.84	1.82
Br		0.02	0.00	0.00
Pp		0.04	0.05	1.25
Gg			0.01	0.03

Nota: Las abreviaturas empleadas en (a), (b) y (c) corresponden a los grupos tróficos como sigue: **Cr**, Crustáceos; **Ga**, Gasterópodos; **Biv**, Bivalvos; **MV**, Materia vegetal; **MI**, Materia inorgánica; **MONI**, Materia orgánica no identificada; **Esp**, Esponja; **AC**, Algas calcáreas; **Eq**, Equinodermos; **Fo**, Foraminíferos; **Tun**, Tunicados; **Pe**, peces; **LCir**, Larvas de cirripedios; **Pq**, Poliquetos; **Br**, Briozoarios; **Pp**, Poliplacóforos; **Gg**, Gorgonáceos.

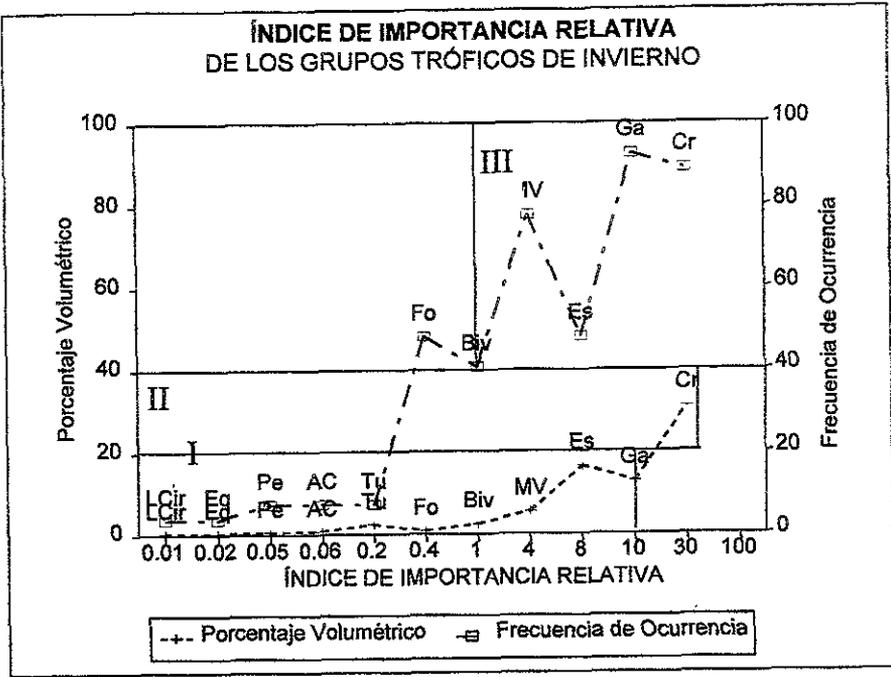


Figura 12. Diagrama trófico combinado de los grupos tróficos de los juveniles de *Panulirus argus* de la estación de invierno de 1995. Los alimentos y grupos tróficos preferenciales son: Crustáceos, Gasterópodos, Materia vegetal, y la materia orgánica no identificada. Los secundarios son: Esponjas, Bivalvos y Foraminíferos; los ocasionales son: Tunicados, Algas coralinas, Peces, Equinodermos y Larvas de Cirripedios.

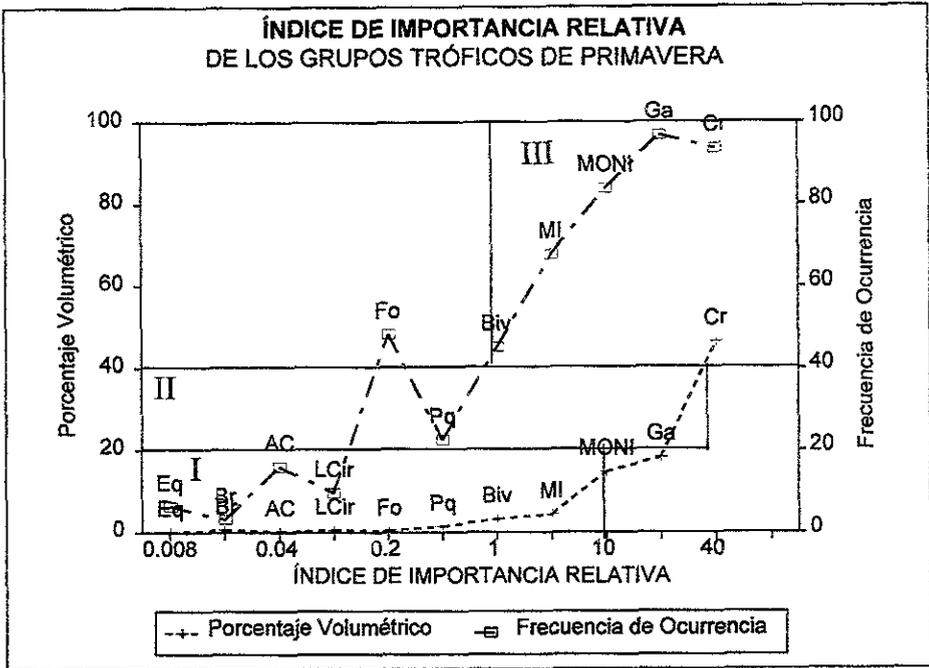


Figura 13. Diagrama trófico combinado de los grupos tróficos de juveniles de langosta *Panulirus argus* de primavera de 1995. Los grupos tróficos preferenciales son: Crustáceos, Gasterópodos, La Materia orgánica no identificada, y la Materia Inorgánica. Los secundarios son: Bivalvos y Foraminíferos. Los ocasionales son: Poliquetos, Larvas de cirripedios, Algas Coralinas, Briozoarios, y Equinodermos.

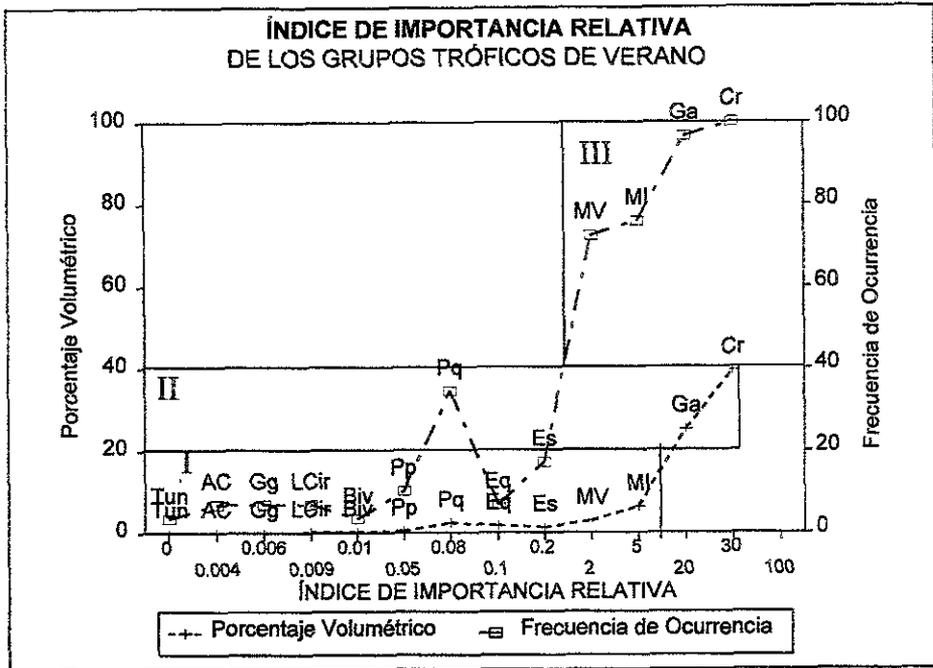


Figura 14. Diagrama trófico combinado de los grupos tróficos de juveniles de langosta *Panulirus argus* de verano de 1995. Los grupos tróficos preferenciales son: Crustáceos, Gasterópodos, Materia orgánica no identificada y Materia inorgánica; los secundarios son: Materia vegetal, y Poliquetos. Los ocasionales son: Esponjas, Equinodermos, Poliplacóforos, Bivalvos, Larvas de Cirripedios, Gorgonáceos, Algas Coralinas y Tunicados.

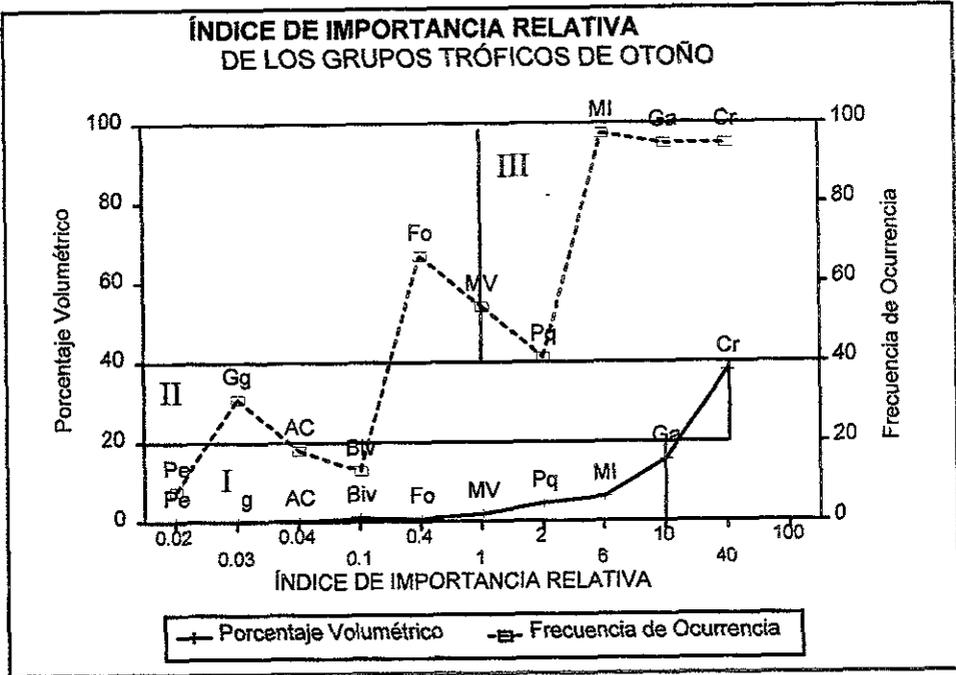


Figura 15. Diagrama trófico combinado de los grupos tróficos de juveniles de langosta *Panulirus argus* de Otoño de 1995. Los grupos preferenciales son: Crustáceos, Gasterópodos, Materia orgánica no identificada y Materia inorgánica. Los secundarios son: Poliquetos, Materia vegetal y Foraminíferos. Los ocasionales son: Bivalvos, Algas Coralinas, Gorgonáceos y Peces.

Índices nutricionales

Se llevaron a cabo comparaciones estacionales de los resultados de cada uno de los tres índices nutricionales, por medio de la prueba de Kruskal-Wallis en cada caso. Los resultados de estas pruebas aparecen en la **Tabla 8**. El único índice que presentó diferencias estacionales significativas fue el FCA.

Tabla 8

Resultados de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, para denotar diferencia significativas de los índices nutricionales entre estaciones del año de los juveniles de langosta *Panulirus argus*.

ESTACIÓN DEL AÑO	No Muestra	Mediana del rango FCA	Mediana del rango FCB	Mediana del rango IRH
INVIERNO	47	91.98	86.95	78.49
PRIMAVERA	49	78.12	84.57	90.04
VERANO	41	110.00	109.72	104.02
OTOÑO	45	88.71	87.20	95.27
Estadístico calculado		8.35	6.40	5.45
Estadístico de tablas $\alpha=0.05$		7.82	7.82	7.82
Conclusión		Diferencias significativas	No hay Dif. significativa.	No hay Dif. Significativa.

Observaciones sobre la alimentación

Durante la mayor parte del muestreo, alrededor del 70% de las langostas fueron encontradas refugiándose en estructuras artificiales, tales como tabiques, tablas de madera de muelles caídos, tubos de PVC, diseños de refugios artificiales colocados en ocasiones anteriores, localizados en su mayoría cerca de la costa. Los refugios naturales más comunes fueron pequeños cabezos de coral, grietas del piso, en la cercanía de gorgonáceos, se encontraron principalmente en la parte posterior del arrecife y sólo en contadas ocasiones se encontraron caminando. No fue posible capturar algunas de estas últimas, debido a su rápida respuesta de huida. Tampoco fue posible registrar con detalle la actividad que desarrollaban, pues la luz proveniente de las lámparas provocaba que se detuvieran inmediatamente.

Discusión

El valor del coeficiente de determinación (r^2) de la ecuación de la regresión logarítmica de PT vs LC fue elevado, lo que indica que aproximadamente el 97 % de la variación total de PT vs. LC es explicada por la regresión. Con respecto a la regresión de PH vs. LC también se obtuvo un valor alto de r^2 , es decir, aproximadamente el 92% de variación total es explicada por la regresión, lo cual demuestra, a su vez, que la dispersión de los datos observados con respecto a los generados por la ecuación de regresión es relativamente pequeña. Se puede concluir, por lo tanto, que las ecuaciones generadas describen de manera adecuada las relaciones morfométricas consideradas en la población de juveniles de langosta *Panulirus argus* de este estudio.

El porcentaje de vacuidad estomacal entre estaciones no presentó diferencias significativas, lo que implica que no hay una estación del año en la que las langostas dejen marcadamente de alimentarse, o bien que no hay una deficiencia de alimento notable en ninguna estación (Tabla 2). Sin embargo, en el muestreo de invierno se encontró un número menor de langostas con contenido estomacal. Este resultado podría deberse al horario de muestreo, pues a diferencia de las estaciones restantes, el de invierno se realizó entre una y dos horas antes del amanecer, como lo sugiere Joll (1984) para juveniles de *P. cygnus*. Para las otras estaciones del año se eligió un horario de entre 1 y 3 horas después de la puesta de sol, pues Andrée (1981) y Lalana y Ortiz (1991) observaron que la actividad alimentaria de juveniles de *P. argus* comienza una hora antes de la puesta de sol y cesa justo antes del amanecer. Esto hace evidente que incluso especies taxonómicamente cercanas pueden poseer diferentes patrones de comportamiento alimenticio.

En este estudio, se obtuvieron porcentajes de vacuidad mucho menores (15.71% en promedio) que en el trabajo de Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990), quienes encontraron un 71.1% de estómagos vacíos, debido, como ellos mismos mencionan, al horario de muestreo, pues en muchas ocasiones procesaron las langostas pasadas varias horas del cese de la actividad alimentaria. Esto confirma que el horario de muestreo para estudios de alimentación es de suma importancia, como lo señala Hyslop (1980). Por otro lado, Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990) trabajaron fundamentalmente con adultos de *P. argus*, lo que podría indicar un patrón de alimentación diferente entre juveniles y adultos.

El estadio dentro del ciclo de la muda es de importancia en estudios de alimentación de crustáceos, pues causa cambios en la conducta alimentaria (Lipcius *et al.*, 1982). En este estudio se encontró que un gran porcentaje de animales en intermuda (48.8%) y en premuda (44.8%) contenían más del 10 % del volumen estomacal lleno. Esto coincide con los resultados obtenidos por Jernakoff *et al.* (1993) en postpuerulos de *P. cygnus*, lo que interpretaron como una disminución en el consumo de alimento de animales en premuda y una mayor actividad alimentaria en aquéllos en intermuda. Esto también se evidencia con el hecho de que la mayoría de los animales con un contenido $\leq 10\%$ se encontraban en premuda, es decir, que los juveniles de *P. argus* no dejan de alimentarse totalmente durante dicho estadio, pero sí disminuyen su consumo de alimento. Fueron muy pocos los organismos encontrados en el estadio de postmuda, quizá porque la relativa suavidad de su exoesqueleto en dicho estadio los hace más susceptibles a la depredación y resulta más difícil encontrarlos pues permanecen más tiempo dentro de sus refugios (Tabla 3).

De los 17 grupos tróficos encontrados en los contenidos estomacales, muy pocos organismos pudieron llegar a identificarse a nivel de especie (Tabla 4), pues la acción del molino gástrico en palinúridos provoca que el material quede muy triturado. Por otro lado, el tamaño relativamente pequeño de algunas de las langostas estudiadas, implica que sus presas son a su vez de talla reducida. Edgar

(1990) encontró una relación directa entre la estrategia empleada en la búsqueda de alimento de *P. cygnus* y la disponibilidad de presas de movimientos lentos y de tamaño adecuado. En el presente estudio, se contó con una colección de macrofauna bentónica con organismos completos, como apoyo para la identificación, sobre todo de los gasterópodos. En el caso de crustáceos, no se encontró ningún animal en el contenido estomacal que pudiera identificarse a nivel de especie, pues se encontraron muy triturados e incluso sin color. La pérdida de color podría atribuirse al fijador empleado.

Ningún ejemplar presentó los 17 grupos tróficos encontrados a lo largo de todo el año. Sin embargo, el hecho de que la mayoría presentaran entre 3 y 8 grupos, aunado a que no se encontraron diferencias significativas entre el número de grupos tróficos entre machos y hembras (Tabla 5), implica que no hay diferencias en la dieta de ambos sexos en la fase de juvenil de *P. argus*. Estas observaciones concuerdan con las de Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990) para los adultos de esta misma especie. Sin embargo, estos autores encontraron un máximo de 8 grupos tróficos y la mayoría de los adultos presentaron entre 1 y 4 grupos. Esta diferencia tal vez se deriva de la diferencia en el horario de muestreo.

De manera general, los grupos tróficos con mayor promedio de porcentaje volumétrico para las cuatro estaciones fueron los crustáceos y gasterópodos (Figs. 4, 6, 8 y 10). Para el porcentaje de frecuencia de ocurrencia, los grupos tróficos con más alto valor a lo largo del año fueron de igual manera los crustáceos y gasterópodos, además de los foraminíferos (Figs. 5, 7, 9 y 11). Se destacó la importancia de la materia orgánica no identificada y la materia inorgánica por medio de los dos métodos de análisis, lo cual es resultado de la incorporación de todos los restos provenientes de los grupos tróficos parcialmente digeridos e imposible de asociar a algún grupo reconocido, dado el grado de trituración y/o digestión de los mismos.

Al calcular el índice de similitud de los promedios de los porcentajes volumétricos entre sexos, se obtuvieron valores que los consideran como subgrupos de la misma muestra para todas las estaciones (Tabla 5). Al aplicar este mismo índice para los promedios de todas las langostas por estación, se encontraron diferencias (valores por debajo de 25) entre los bloques de invierno y verano, y de invierno con otoño (Tabla 6). Esto quizá se deba a fluctuaciones estacionales en la abundancia de algún tipo de alimento. En invierno, a comparación de verano y otoño, los crustáceos y gasterópodos presentaron un promedio volumétrico más bajo; en contraste, el promedio del volumen de esponjas fue más alto en invierno (Tablas 7a y 7b), lo cual podría sugerir que en invierno hay una reducción en la disponibilidad de crustáceos y gasterópodos. Aramoni-Serrano (1982) encontró patrones similares entre la abundancia de los grupos tróficos en contenidos estomacales de *P. inflatus* y *P. gracilis* y en la fauna bentónica. Lalana y Ortíz (1991) determinaron que los postpuerulos de *P. argus* ingieren mayor cantidad de las entidades más abundantes en el medio. Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990) también encontraron fluctuaciones en los porcentajes estacionales de los grupos tróficos de *P. guttatus*.

La suma de los porcentajes volumétricos asignados a los grupos tróficos de cada langosta da un total de 100%, y al promediar el porcentaje volumétrico de cada grupo trófico de cada estación del año, éste tiene asignada una proporción porcentual con respecto al total. Como consecuencia de esto, los valores son relativamente pequeños comparados con los promedios de los porcentajes de frecuencia de ocurrencia que se pueden interpretar como periodicidad, y cada grupo puede alcanzar el 100%, siempre y cuando dicho grupo esté presente en todas las muestras. Por lo tanto, la comparación de los dos métodos para conocer la importancia de los grupos tróficos es confusa y complicada. Al calcular el índice de importancia relativa IIR (Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976) y generar los diagramas tróficos combinados para la evaluación de la importancia de los grupos tróficos, se ponderan los dos valores obtenidos a partir de los dos métodos empleados, con lo

que se obtiene una estimación menos sesgada de la importancia de cada grupo trófico por estación del año (Tabla 7c).

En los diagramas tróficos combinados, se observa que los crustáceos y gasterópodos se manifestaron como alimento preferencial durante las cuatro estaciones del año, además de las agrupaciones de materia orgánica no identificada y la materia inorgánica; estos dos últimos se presentan con altos valores del índice de importancia relativa debido a la dificultad de identificar su origen, como resultado del proceso de alimentación de las langostas (Figuras 12, 13, 14 y 15). El grupo de los foraminíferos se ubicó en el cuadrante II (correspondiente a los alimentos secundarios) a lo largo de todo el año. Sin embargo, otros grupos tróficos se encontraron en este cuadrante en diferentes estaciones, como es el caso de bivalvos en invierno y primavera, mientras que en el resto de las estaciones este grupo trófico se ubicó en el cuadrante III, es decir, como alimento accidental u ocasional. El grupo de poliquetos fue alimento secundario durante verano y otoño, y circunstancial en las dos estaciones restantes. Las esponjas se presentaron en el cuadrante II de alimentos secundarios en invierno, siendo en el resto de las estaciones un alimento ocasional o circunstancial. Todos los demás grupos se ubicaron, de manera general, en la categoría III, es decir, de alimento ocasional, circunstancial o accidental; (Tabla 7c y Figs. 12 a 15).

De esta manera, es posible que los cambios estacionales en el índice de importancia relativa y en la ubicación en los diagramas tróficos combinados de los diferentes grupos tróficos, refleje las fluctuaciones estacionales en la abundancia o disponibilidad de dichos alimentos.

Muchos otros autores han encontrado que los grupos tróficos preferenciales para los Palinúridos son los crustáceos y moluscos (gasterópodos o bivalvos); en algunas especies cambia el orden de prioridad, pero siguen siendo estos dos grupos los principales (Engle, 1976; Aramoni-Serrano, 1982; Marx *et al.*,

1985; Joll, 1984; Joll y Phillips, 1984; Colinas-Sánchez, 1988; Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán, 1990; Edgar, 1990; Jernakoff *et al.*, 1993).

Andrée (1981) encontró que las langostas *P. argus*, según la clasificación de Hughes (Hughes, 1980 en: Andrée, 1981), se encuentran dentro del grupo de depredadores buscadores, debido a que se desplazan para buscar a sus presas y el tiempo gastado en la persecución y toma de la presa es relativamente corto. Además, los buscadores se caracterizan por ser oportunistas y tienen dietas muy variadas, alimentándose de cualquier organismo disponible en su hábitat. Sin embargo, *P. argus* podría considerarse una especie omnívora, ya que también ingiere materia vegetal.

Las diferencias en el FCA entre las estaciones de primavera y verano podrían deberse a que el muestreo de verano se realizó con más frecuencia en el arrecife posterior, ya que casi no se encontraron langostas cerca de la costa. En el arrecife posterior se encuentran los juveniles más grandes que se van integrando al hábitat adulto. Por lo tanto, esta diferencia posiblemente es consecuencia del muestreo. Por otro lado, existe un aspecto más que obliga a tomar con reservas el FCA, debido a que este índice sólo considera variaciones en el peso total corporal, el cual no varía proporcionalmente con el grado de desnutrición de las langostas, debido a que el músculo puede ser metabolizado y sustituido por agua (Dall, 1974; Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano, 1996-1997).

La falta de diferencias significativas entre los valores estacionales de FCB e IRH, que son índices más adecuados para estimar el estado nutricional de las langostas al contemplar el peso del hepatopáncreas en su cálculo (Dall, 1974; Lozano-Alvarez y Aramoni-Serrano, 1996-1997), sugiere que no hay una estación del año en la que los juveniles de la langosta *P. argus* se encuentren mejor nutridos que en otras. Esto podría deberse a una amplia disponibilidad de alimento para la población de juveniles de *P. argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos durante todas las estaciones del año; o bien a que no haya competencia relevante

ínter e intraespecífica por alimento que se manifieste como una deficiencia nutricional en los juveniles.

Con gran frecuencia, las langostas fueron capturadas directamente en sus refugios, que en la mayoría fueron estructuras artificiales o en los pocos arrecifes de parche que se encuentran en la laguna, muy cercanos a la costa, y de tamaño muy pequeño. Estas estructuras también son refugio de una gran variedad de fauna bentónica. Edgar (1990) menciona que *P. cygnus* no se distribuye de acuerdo a la abundancia de las presas, sino al tipo de hábitat que le brinde mayor protección contra la depredación. Por otro lado, Andréé (1981) encontró que la comunidad de algas en áreas costeras someras son un hábitat importante para postlarvas (puerulos) de *P. argus*; las cuales dependen de éstas tanto por refugio como por alimento. Por lo tanto, tal vez los juveniles de *P. argus* no se encontraron muy alejados de su refugio debido a que éste les ofrece, a su vez, alimento y de esta manera se evita un mayor riesgo de depredación.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Conclusiones

- La dieta de los juveniles de langosta *Panulirus argus* en la laguna arrecifal de Puerto Morelos está constituida principalmente por crustáceos y gasterópodos, aunque también consumen una gran variedad de fauna bentónica, pues se encontraron hasta 17 grupos tróficos en sus contenidos estomacales. Esto implica una dieta omnívora y posiblemente de tipo selectivo con respecto a grupos dominantes en su patrón de alimentación.
- No se encontraron diferencias significativas entre los grupos tróficos preferenciales por estación del año. Sin embargo, se encontraron variaciones estacionales en la presencia de los alimentos considerados por el índice de importancia relativa como secundarios u ocasionales, lo cual puede ser reflejo de variaciones estacionales en la abundancia de algunos de estos grupos bénticos.
- La mayoría de los juveniles de *P. argus* se capturaron cerca de refugios naturales o artificiales; los cuales estaban rodeados de o cercanos a los lechos de pasto marino. Esto podría implicar que los juveniles se alimentan en los pastos marinos cercanos a sus refugios. Sólo en muy pocas ocasiones se observó a los juveniles caminando en los pastos, lejos de cualquier refugio aparente.
- A pesar de las pequeñas variaciones en la alimentación, no se encontraron diferencias estacionales significativas entre los índices nutricionales que reflejan con mayor fidelidad el estado nutricional de las langostas (FCB e IRH); por lo tanto, éstas se observaron igualmente alimentadas (nutridas) durante todo el año, lo que sugiere que las variaciones en la alimentación no afectan significativamente el estado nutricional de los juveniles de *P. argus*.
- Aunque no forma parte de los objetivos de este estudio, a manera de ejercicio se comprobó que el patrón de alimentación entre sexos de los juveniles de langosta *P. argus* no es diferente, coincidiendo con la idea de que en los juveniles no se presenta una demanda de nutrientes diferencial entre machos y hembras, resultante del gasto energético basado en la reproducción, como es el caso en los adultos.
- Se sugiere el estudio de las variaciones en la dieta en juveniles en diferentes estadios de muda, que podría ser diferente debido a cambios conductuales ó bien a necesidades nutricionales intrínsecas a cada estadio, para lo cual se recomienda un número de 30 estómagos con contenido superior al 10% de llenado por estadio (premuda, intermuda y postmuda) y por estación del año.

Literatura citada

- Andrée, W.S., 1981. Locomotory activity patterns and food items of benthic postlarval spiny lobsters *Panulirus argus*. *M. Sc. Thesis, Florida Stat. Univ. Coll. Art. and Sci.*, 50pp.
- Andrewartha, H.G. y L.C. Birch, 1954. *The distribution and abundance of animals*. University of Chicago Press, Chicago, 781p.
- Aramoni-Serrano, G. 1982. Alimentación de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier) y *P. gracilis* Streets en Zihuatanejo, Guerrero y su relación con el bentos. *Tesis Prof. Facultad de Ciencias, UNAM*. 66pp.
- Brito-Pérez, R. y E. Díaz-Iglesia, 1983. Observaciones sobre el consumo de alimento y su efecto sobre el crecimiento de juveniles de langosta *Panulirus argus* en el laboratorio. *Rev. Inv. Mar.*, 4(2): 75-90.
- Berry, P.F., 1971. The spiny lobsters (Palinuridae) off the east coast of Southern Africa: Distribution and ecological notes. *Ocean. Res. Inst. Investl. Rep.*, 27: 23pp.
- Cartes, J.E. y F. Sardá, 1989. Feeding ecology of the deep-water Aristeid Crustacean *Aristeus antennatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 54: 229-238.
- Chittleborough, R.G., 1975. Environmental factors affecting growth and survival of juvenile Western rock lobsters *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). *Austr. J. Mar. Fresh. Res.*, 26: 177-196.
- Chittleborough, R.G. y B.F. Phillips, 1975. Fluctuations of year-class strength and recruitment in the Western rock lobster *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). *Aust. J. Mar. Fresh. Res.*, 26 (3): 317-328.
- Colinas-Sánchez, F., 1988. Patrones de alimentación de las langostas *Panulirus argus* y *P. guttatus*, en Puerto Morelos, Q. Roo, México. *Tesis Prof. Facultad de Ciencias, UNAM*, 70pp.
- Colinas-Sánchez, F. y P. Briones-Fourzán, 1990. Alimentación de las langostas *Panulirus argus* y *P. guttatus* (Latreille, 1804) en el Caribe Mexicano. *An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México*, 17(1): 89-109.
- Cruz-Izquierdo, R., J. Baisre-Alvarez; E. Díaz-Iglesias; R. Brito-Pérez; C. García-Díaz; W. Blanco-Avilés; C. Carrodegas-Rodríguez; 1987. Atlas Biológico-pesquero de

- la langosta en el archipiélago cubano. Centro de Investigaciones Pesqueras, La Habana, Cuba, 125pp.
- Davis, E.G., 1971. Aggregations of spiny sea Urchins, *Diadema antillarum*, as shelter for young spiny lobsters, *Panulirus argus*. Trans., Amer., Fish., Soc., 3: 586-587.
- Dall, W., 1974. Indices of nutritional state in the western rock lobster, *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). I. Blood and tissue constituents and water content. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 16: 167-180.
- Edgar, G.J., 1990. Predator-prey interactions in seagrass beds. I. The influence of macrofaunal abundance and size-structure on the diet and growth of the western rock lobster *Panulirus cygnus* George. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 139: 1-22.
- Engle, J., 1976. The surfgrass habitat as nursery for juvenile spiny lobsters. Sea Grant Project R/RD-G 1975-1976, Annual Report.
- Herrnkind, W.F., 1980. Spiny lobsters: Patterns of movement En: Cobb, J.S. y B.F. Phillips (eds.) The biology and management of lobsters, Vol. 2: 349-401. Academic Press, New York.
- Herrnkind, W.F., J.A. Van Der walker y L. Barr, 1975. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobsters *Panulirus argus* of St. John U.S., V.I.(IV) Habitation, patterns of movement and general behavior. Nat. Hist. Mus. Los Angeles County Sci. Bull. 20: 31-45.
- Hyslop, E.D., 1980. Stomach content analysis -a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 411-429.
- Hunt, J.H., T.R. Matthews, D. Forcucci, B.S. Hedin y R.P. Bertelsen, 1991. Management implications of trends in the population dynamics of the Caribbean spiny lobster *Panulirus argus* at Looe Key National Marine Sanctuary. Final Rep; NOAA Office of Ocean and Coastal Resource Management, Sanctuary Programs Dir. Contract, 50-DGNC-6-00093; 81pp.
- Jernakoff, P., 1987. Foraging patterns of juvenile Western rock lobsters *Panulirus cygnus* (George). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 113: 125-144.
- Jernakoff, P., B.F. Phillips y J.J. Fitzpatrick. 1993. The diet of postpuerulus Western rock lobster *Panulirus cygnus* (George), at Seven Mile Beach, Western Australia. Aust. J. Mar. Freshw. Res., 44: 649-655.
- Joll, L.M., 1984. Natural diet and growth of juvenile Western rock lobster *Panulirus cygnus* (George). Ph.D. Thesis, Univ. of Western Australia. 193pp.

- Joll, L.M. y B.F. Phillips., 1984. Natural diet and growth of juvenile Western rock lobster *Panulirus cygnus*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 75: 145-169.
- Jordán-Dahlgren, E., 1979. Estructura y composición de arrecifes coralinos en la región noreste de la península de Yucatán, México. An. Centro Cienc., del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México. 6(1): 69-86.
- Jordán-Dahlgren, E., 1993. El ecosistema arrecifal coralino del Atlántico mexicano. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 44: 157-175pp.
- Kanciruk, P., 1980. Ecology of juvenile and adult Palinuridae (Spiny lobster) En: Cobb, J.S. y Phillips, B.F.(eds) The biology and management of lobsters, Vol. 2: 59-96. Academic Press, New York.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind; 1976. Autumnal reproduction in *Panulirus argus* at Bimini, Bahamas. Bull. Mar. Sci., 26: 417-432.
- Kanciruk, P. y W.F. Herrnkind; 1978. Mass migration of spiny lobster, *Panulirus argus* (Crustacea: Palinuridae): Behavior and environmental correlates. Bull. Mar. Sci., 28: 601-623.
- Lalana R. R. y M. Ortíz; 1991. Contenido estomacal de Puerulos y Postpuerulos de la langosta *Panulirus argus* En el Archipiélago de los Canarreos, Cuba. Rev. Inv. Mar., 12: 107-116.
- Lipcius R.N. y W.F. Herrnkind, 1982. Molt cycle alterations in behavior, feeding and diel rhythms of a Decapod, Crustacean, the spiny lobster *Panulirus argus*. Mar. Biol. 68: 241-252.
- Lipcius R.N. y J.S. Cobb. 1994. Introduction: Ecology and fishery biology of spiny lobsters; En: Phillips B.F., Cobb J.S. y Kittaka J. (eds) Spiny lobsters Management; Fishing New Books, Oxford: 1-30.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y B.F. Phillips, 1991a. Fishery characteristics, growth, and movements of the spiny lobster *Panulirus argus* in Bahía de la Ascensión, México. Fish. Bull., U.S., 89: 79-89.
- Lozano-Alvarez E., P. Briones-Fourzán y J. González-Cano; 1991b. Pesca exploratoria de langostas con nasas en la plataforma continental del área de Puerto Morelos, Q.Roo, México. An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México. 18(1): 49-58.
- Lozano-Alvarez, E., P. Briones-Fourzán y F. Negrete-Soto. 1994. An evaluation of concrete block structures as shelter for juvenile Caribbean spiny lobsters, *Panulirus argus*. Bull. Mar. Sci. 55: 351-362.

- Lozano-Alvarez, E. y Aramoni-Serrano, G; 1996. Alimentación y estado nutricional de las langostas *Panulirus inflatus* y *Panulirus gracilis* (Decapoda: Palinuridae) en Guerrero, México. *Rev. Biol. Trop.* 44(3)/45(1): 453-461.
- Lyle, W.G y C.D. MacDonald. 1983. Molt stage determination in the hawaiian spiny lobster *Panulirus marginatus*. *J. Crust. Biol.* 3(2): 208-216.
- Merino-Ibarra, M. y L. Otero-Dávalos, 1991. Atlas ambiental costero de Puerto Morelos, Q. Roo. *Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Chetumal.* 80pp.
- Marx, J. y W.F. Herrnkind, 1985. Factors regulating microhabitat use by young juvenile spiny lobsters, *Panulirus argus*: Food and shelter. *J. Crust. Biol.* 5(4): 650-657.
- McLaughlin, P.A. y F.J. Hebard, 1961. Stomach contents of the Behring sea king crab. *Internat. Pac. Fish. Comm., Bull.* 5: 4-8.
- Miller, R.J., K.H. Mann y D.J. Scarrat, 1971. Production potential of a sea weed-lobster community in Eastern Canada. *J. Fish. Res. Bd. Canada.* 28: 1733-1738.
- Negrete-Soto, F. 1995. Crecimiento de postlarvas y primeros estadios de juveniles de langosta *Panulirus argus* (Latreille, 1804) en cautiverio. *Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.* 62pp.
- Newman, G.G. y D.E. Pollock. 1974. Growth of the rock lobster *Jasus lalandii* and its relationship to benthos. *Mar. Biol.*, 24: 339-346.
- Olsen, D.A., W.F. Herrnkind y R.A. Cooper. 1975. Population dynamics, ecology and behavior of spiny lobsters, *Panulirus argus*, of St. John, U.S.V.I. (I.- Introduction and general population characteristics). *Nat. Hist. Mus. Los Angeles Cty. Sci. Bull.*, 20: 11-16.
- Pathwardhan, S.S., 1935. On the structure and mechanism of the gastric mill in Decapoda IV.- The structure of the gastric mill in reptantous macrura. *Proc. Indian Acad. Sci.*, 1(B): 414-422.
- Phillips, B.F., G.R. Morgan y C.M. Austin; 1980. Synopsis of biological data on the western rock lobster. *FAO, fish., Synop. N° 28.*
- Sutcliffe, W.H., 1953. Further observations on the breeding and migration of the Bermuda spiny lobster *Panulirus argus*. *J. Mar. Res.* 12(2): 173-183.
- Wassenberg, T.J. y B.J. Hill, 1989. Diet of four Decapod Crustaceans (*Linuparus trigonus*, *Metanephrops andamanicus*, *M. australiensis* and *M. boschmai*) from the continental shelf around Australia. *Mar. Biol.*, 103: 161-167.

- Williams, J.M., 1981. Methods for analysis of natural diet in Portunid crabs (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *J. Exp. mar. Biol. Ecol.*, 52: 103-113.
- Yáñez-Arancibia, A., J. Curiel-Gómez y V.L. de Yáñez., 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nat. Autón. México*, 3(1): 125-180.
- Zar, J.H., 1984. *Biostatistical Analysis*, 2nd Edit. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. 718.