

**HÁBITOS ALIMENTARIOS DE LA LANGOSTA ROJA
(*Panulirus interruptus* RANDALL, 1840) EN BAHÍA TORTUGAS,
BAJA CALIFORNIA SUR**

**FEEDING HABITS OF THE SPINY LOBSTER (*Panulirus interruptus*
RANDALL, 1840) IN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR**

Miguel Ángel Díaz-Arredondo¹
Sergio A. Guzmán-del-Próo²

¹ Estación de Investigación Oceanográfica de Ensenada
Dirección General de Oceanografía Naval
Secretaría de Marina
Av. Vicente Guerrero 133-altos, Fraccionamiento Bahía
Ensenada, Baja California, México

² Laboratorio de Ecología, Departamento de Zoología
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN
Prol. Carpio y Plan de Ayala 11340, Col. Sto. Tomás
México DF

Recibido en agosto de 1994; aceptado en mayo de 1995

RESUMEN

Se estudiaron en un ciclo estacional los hábitos alimentarios y el estado nutricional de 71 ejemplares de langosta roja, *Panulirus interruptus*, con un intervalo de 57-132.2 mm de longitud cefalotorácica, recolectados en agosto y noviembre de 1986 y febrero y mayo de 1987 en bahía Tortugas, Baja California Sur. Para el análisis del espectro alimentario se utilizó un índice de importancia relativa que combina frecuencia y peso de los distintos componentes. El estado nutricional se evaluó mediante el factor de condición, calculado con el peso total del individuo entre su longitud cefalotorácica, y el índice de reserva, obtenido del cociente del peso del hepatopáncreas entre el peso total del individuo. Los resultados mostraron una alimentación omnívora con cierta plasticidad trófica, que cambia de carnívora a vegetariana y carroñera de acuerdo a las condiciones ambientales. La dieta consistió principalmente de gasterópodos, restos de peces, decápodos y algas rojas y cafés. Se encontró variación estacional en los patrones alimentarios de la especie en ambos sexos, lo cual parece estar asociado a las fluctuaciones en abundancia de los grupos del bentos, a una conducta oportunista y posiblemente al área de desplazamiento de cada sexo en la búsqueda del alimento. El factor de condición mostró el valor más alto en el invierno ($x = 407.7$, d.e. = 30.27), mientras que en el índice de reserva la primavera exhibió el valor más bajo ($x = 1.55$, d.e. = 0.48). Las diferencias encontradas se relacionan con el estado reproductivo y los movimientos cíclicos de las langostas, de áreas someras hacia aguas más profundas, a lo largo del año.

Palabras clave: bentos, crustáceos, alimentación, langosta, *Panulirus*.

ABSTRACT

The feeding habits and nutritional state of the spiny lobster (*Panulirus interruptus*) were studied; 71 specimens, ranging from 57-132.2 mm cephalothoracic length, were collected on a seasonal basis in August and November 1986 and February and May 1987, in Bahía Tortugas, Baja California Sur.

The index of relative importance, which combines the frequency and weight of the different components, was used to analyze the diet composition. The nutritional state was assessed by means of a condition factor, calculated by dividing the individual total weight by the carapace length, and the reserve food index, which is the hepatopancreas weight divided by the individual total weight. *Panulirus interruptus* showed an omnivorous diet, changing from carnivorous to herbivorous or even scavenger, depending on the environmental conditions. The diet consisted mainly of gastropods, fish remains, decapods and red and brown algae. Seasonal variation was observed in the feeding patterns of both sexes. Apparently, this variation was associated with the fluctuations in the availability of food items and with the home range of each sex. The condition factor registered the maximum value during the winter ($x = 407.7$, $s.d. = 30.27$), whereas the reserve food index showed the lowest value in the spring ($x = 1.55$, $s.d. = 0.48$). The differences observed are apparently related to the reproductive stage and to the cyclical movements of the lobster population, from shallow to deeper waters, throughout the year.

Key words: benthos, crustaceans, feeding, lobster, *Panulirus*.

INTRODUCCIÓN

La langosta es un recurso importante para México que ocupa los primeros lugares de explotación pesquera entre los crustáceos. La captura promedio para los años de 1985-1991 fue de 1,403 t en el Pacífico (Secretaría de Pesca, 1985-1991). Su importancia se basa no tanto en los volúmenes de captura, sino fundamentalmente en el valor económico que representa, ya que es un producto de exportación (con un valor de \$18,473,000 dólares para 1989; Secretaría de Pesca, 1985-1991) dirigido al mercado norteamericano (Ayala-Martínez, 1973).

La producción nacional de este crustáceo está compuesta por cinco especies que se encuentran en aguas tropicales y subtropicales, cuatro de ellas en las costas del Pacífico (*Panulirus interruptus*, *P. gracilis*, *P. inflatus* y *P. penicillatus*) y una en el Caribe mexicano (*P. argus*). De estas especies, destaca como la más importante la langosta roja (*P. interruptus*) cuya distribución abarca la parte noroeste de México, en donde se encuentra el mayor número de pescadores dedicados a su explotación (Gracia y Kensler, 1980) y la infraestructura pesquera adecuada para su transportación, industrialización y comercialización (Chapa, 1964). Esta especie constituye la mayor parte de la producción de langosta del Pacífico, y es uno de los recursos pesqueros más importantes para la economía regional de la península de Baja California.

La información publicada sobre la biología y ecología de esta especie en Baja California es

INTRODUCTION

Lobster is one of Mexico's important fishery resources and, among the crustaceans, one of the most exploited. The average catch between 1985 and 1991 in the Pacific Ocean was 1,403 t (Secretaría de Pesca, 1985-1991). Its importance is fundamentally based on its economic value and not so much on the amount caught, since it is an export product (with a 1989 value of US \$18,473,000; Secretaría de Pesca, 1985-1991) destined for the North American market (Ayala-Martínez, 1973).

The national production of this crustacean is comprised of five species that occur in tropical and subtropical waters. Four of these are found along the Pacific coast (*Panulirus interruptus*, *P. gracilis*, *P. inflatus* and *P. penicillatus*) and one in the Mexican Caribbean (*P. argus*). The spiny lobster (*P. interruptus*) is the most important of these species, with a distribution covering northwest Mexico. Here, one can find the greatest concentration of fishermen dedicated to its exploitation (Gracia and Kensler, 1980) as well as the infrastructure appropriate for its transport, industrialization and commercialization (Chapa, 1964). This species constitutes most of the lobster production in the Pacific, and is one of the most important fishery resources for the regional economy of the Baja California Peninsula.

Little information has been published on the biology and ecology of this species in Baja California and only in the past few years have studies been conducted on its growth,

escasa y solamente en los últimos años han aparecido contribuciones sobre crecimiento, madurez y desarrollo gonádico, fecundidad y composición de la captura (Ayala-Martínez, 1973; Ayala-Martínez *et al.*, 1973; Ayala-Martínez, 1976; Ayala-Martínez *et al.*, 1976; Pineda *et al.*, 1976; Pineda *et al.*, 1981; Guzmán-del-Próo y Pineda, 1992).

El presente trabajo analiza los hábitos alimentarios de *P. interruptus* en el área de bahía Tortugas y forma parte de un estudio más amplio sobre la comunidad bentónica de los bancos pesqueros de esa localidad, que busca describir las relaciones que guardan los componentes de la comunidad, entre éstas las de carácter trófico (Guzmán-del-Próo, 1987). Sobre este aspecto, pero para otras especies del género *Panulirus*, existe una amplia información, como los trabajos de Crawford y De Smidth (1922), Barroso-Fernandes (1971), Munro (1974), Herrnkind *et al.* (1975), Chittleborough (1975) y Davis (1977), así como los de Lindberg (1955), Mitchell (1971), Dexter (1972) y Carlberg y Ford (1977) sobre la especie *P. interruptus*. En la literatura mexicana los únicos antecedentes sobre este tema son los trabajos de Aramoni-Serrano (1982), quien estudió la alimentación de *P. inflatus* y *P. gracilis* en Zihuatanejo, Guerrero, y el de Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990), sobre las especies *P. guttatus* y *P. argus* en el Caribe mexicano.

Los resultados que aquí se presentan buscan ampliar la base de información biológica sobre *P. interruptus*, en especial sobre su nicho, como una pieza que contribuya al mejor entendimiento de la biología y el manejo de esta pesquería.

ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo se realizó en el área de bahía Tortugas, ubicada a los 27°39'35"N y los 114°52'35"O, aproximadamente en la parte central de la costa oeste de la península de Baja California, puerto pesquero donde se explota abulón, langosta, caracol y el alga *Gelidium* sp. y que concentra, además, la producción langostera de cooperativas aledañas (Belmar-Pérez, 1988).

gonadal maturity and development, fecundity and catch composition (Ayala-Martínez, 1973; Ayala-Martínez *et al.*, 1973; Ayala-Martínez, 1976; Ayala-Martínez *et al.*, 1976; Pineda *et al.*, 1976; Pineda *et al.*, 1981; Guzmán-del-Próo and Pineda, 1992).

The present study analyzes the feeding habits of *P. interruptus* in the area of Bahía Tortugas. It is part of a larger study on the benthic community of the fishing grounds in this location, which attempts to describe the relationships between the components of the community, including those of trophic character (Guzmán-del-Próo, 1987). There is ample information on this aspect for other species of the genus *Panulirus*, such as the studies of Crawford and De Smidth (1922), Barroso-Fernandes (1971), Munro (1974), Herrnkind *et al.* (1975), Chittleborough (1975) and Davis (1977), as well as those of Lindberg (1955), Mitchell (1971), Dexter (1972) and Carlberg and Ford (1977) on *P. interruptus*. The only Mexican studies are those of Aramoni-Serrano (1982), who studied the feeding habits of *P. inflatus* and *P. gracilis* in Zihuatanejo, Guerrero, and of Colinas-Sánchez and Briones-Fourzán (1990), who studied the species *P. guttatus* and *P. argus* in the Mexican Caribbean.

The results presented here attempt to broaden the biological information on *P. interruptus*, especially on its niche, and contribute to the better understanding of the biology and management of this fishery.

STUDY AREA

This study was conducted in the area of Bahía Tortugas, located at 27°39'35"N and 114°52'35"W, approximately half way down the west coast of the Baja California Peninsula. It is a fishing port where abalone, lobster, snail and the alga *Gelidium* sp. are exploited. Lobster production from neighboring cooperatives is also concentrated here (Belmar-Pérez, 1988).

The samples were taken from commercial catches, caught in the northeast region of the bay, in a curve that extends from the port to the headland known as La Bajada (fig. 1).

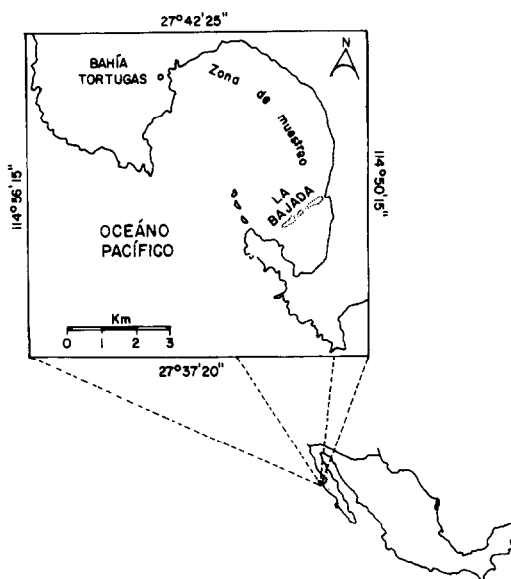


Figura 1. Localización del área de estudio y zona de muestreo.
Figure 1. Location of the study area and sampling zone.

Las muestras se obtuvieron de ejemplares de la captura comercial, extraídos en el margen noreste de la bahía, en un arco que va del puerto hasta una punta conocida como La Bajada (fig. 1).

La zona de muestreo presenta hacia su parte noroeste, cerca del puerto, puntas y acantilados de roca ígnea que resultan de prolongaciones de montañas que rodean a la bahía, combinándose hacia el sur, por toda la margen este de la bahía, con playas arenosas de guijarro grande y canto rodado de aproximadamente 10-20 cm, que se mezclan hacia el infralitoral con grandes trozos de roca semienterrados de 30-40 cm de diámetro. En las cercanías de La Bajada la orilla es arenosa, pero en el infralitoral se prolonga con morreríos de roca volcánica y canto rodado de 30-40 cm de diámetro. Esta última región carece de grandes laminariales y su carpeta vegetal está dominada por rodofíceas calcáreas y pastos marinos (*Phyllospadix torreyii*). La comunidad bentónica en esta bahía está dominada por 11 especies, entre las que sobresalen *Macrocystis*

In the northwest region of the sampling area, close to the port, there are igneous-rock headlands and cliffs, which are continuations of the mountains that surround the bay. Towards the south, along the eastern margin of the bay, they combine with sandy beaches containing large boulders and pebbles measuring approximately 10-20 cm, that mix with larger pieces of semiburied rocks measuring 30-40 cm in diameter towards the infralittoral. The shore is sandy close to La Bajada, but is interspersed with volcanic rocks and pebbles measuring 30-40 cm in diameter towards the infralittoral. This last region lacks large laminariales and its vegetative cover consists of calcareous red algae and sea grasses (*Phyllospadix torreyii*). The benthic community of this bay is dominated by 11 species, the most conspicuous being: *Macrocystis pyrifera*, *Eisenia arborea*, *Astraea undosa*, *Haliotis fulgens*, *H. corrugata*, *Corallina officinalis*, *C. pinnatifolia*, *Bosiella orbigniana*, *Megathura crenulata* and *P. torreyii* (Guzmán-del-Próo et al., 1991).

pyrifera, *Eisenia arborea*, *Astraea undosa*, *Haliotis fulgens*, *H. corrugata*, *Corallina officinalis*, *C. pinnatifolia*, *Bosiella orbigniana*, *Megathura crenulata* y *P. torreyii* (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991)

MATERIAL Y MÉTODOS

La obtención de los ejemplares se hizo en cuatro campañas de muestreo durante los meses de agosto y noviembre de 1986 y febrero y mayo de 1987, completando un ciclo en el que quedaron representadas las cuatro estaciones del año.

Los muestreos se llevaron a cabo al amanecer, entre las 5:00 y 6:00 h, en una de las unidades de pesca perteneciente a la Cooperativa Pesquera de Bahía Tortugas. Se utilizaron trampas estilo californiano, de alambre galvanizado, como arte de captura. El estudio incluye a la población de adultos, preadultos y juveniles que se reclutan a la pesquería con un intervalo de tallas de 57 a 132.2 mm de longitud cefalotorácica (LC). Se seleccionaron en cada colecta de 23 a 31 especímenes dentro del intervalo de tallas señalado.

De cada organismo se registró su LC con un vernier metálico de 0.1 mm de precisión y su peso mediante una balanza granataria de 0.1 g de precisión. Los organismos se sacrificaron inmediatamente para detener los procesos digestivos y en el laboratorio se extrajeron estómagos y hepatopáncreas.

Para el contenido estomacal, se determinó primeramente el peso del estómago lleno, mediante una balanza granataria de 0.1 g de precisión. Posteriormente, se procedió a la disección del estómago y su contenido se vació en forma cuidadosa en una caja de Petri.

Los diversos grupos presentes se identificaron hasta el máximo nivel taxonómico donde lo permitiera el grado de digestión del contenido, utilizando las claves de Osburn (1950, 1952), Brusca (1973), Smith y Carlton (1975), Abbott y Hollenberg (1976) y Morris *et al.* (1980). Algunas veces fue necesaria la comparación con los organismos obtenidos de la comunidad bentónica de bahía Tortugas (Guzmán-del-Próo

MATERIALS AND METHODS

Specimens were obtained from four sampling cruises conducted in August and November 1986 and February and May 1987, covering all four seasons of the year.

The samplings were conducted at dawn, between 5:00 and 6:00 a.m., in one of the areas belonging to the *Cooperativa Pesquera de Bahía Tortugas*. The fishing gear consisted of California traps with galvanized wire. The study included adults, preadults and juveniles that are recruited into the fishery, ranging in size from 57 to 132.2 mm cephalothoracic length (CL). Between 23 and 31 specimens from this size range were selected from each catch.

The CL of each organism was measured with a 0.1-mm precision metallic vernier, and its weight was obtained with a 0.1-g precision beam balance. The organisms were sacrificed immediately in order to stop the digestive processes. The stomachs and hepatopancreases were removed in the laboratory.

The stomach content was obtained by first weighing the full stomach with a 0.1-g precision beam balance, and then dissecting it and carefully emptying its contents into a Petri dish.

The different groups present were identified to the maximum taxonomic level permitted by the degree of digestion of the content, using the keys of Osburn (1950, 1952), Brusca (1973), Smith and Carlton (1975), Abbott and Hollenberg (1976) and Morris *et al.* (1980). On some occasions it was necessary to compare these organisms with organisms obtained from the benthic community of Bahía Tortugas (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991), and occasionally to dissect benthic specimens in order to identify some structures present in the stomach content of the lobster.

The quantitative analysis of the groups present in the stomach contents was conducted with the index of relative importance (IRI) (Pinkas *et al.*, in Yáñez-Arancibia *et al.*, 1976), that combines the frequency and gravimetric percentages in the following equations:

et al., 1991), teniendo en algunos casos que realizarse la disección de ejemplares del bentos, para ayudar a identificar algunas estructuras presentes en el contenido estomacal de las langostas.

El análisis cuantitativo de los grupos presentes en los contenidos estomacales se hizo utilizando el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas et al., en Yáñez-Arancibia et al., 1976), que combina para su evaluación el porcentaje de frecuencia y el gravimétrico mediante las siguientes expresiones:

$$IIR = \frac{F \times P}{100}$$

$$F = \frac{n}{NE} \times 100$$

$$P = \frac{\sum PCi}{\sum PCE} \times 100$$

donde F es el porcentaje de frecuencia; P , el porcentaje gravimétrico; n , el número de estómagos que contiene el alimento i ; NE , el total de estómagos analizados por estación del año; $\sum PCi$, la suma de los pesos del alimento i ; $\sum PCE$, el peso de los contenidos estomacales por estación del año.

La combinación de IIR, F y P determina el diagrama trófico combinado que se usó para evaluar la importancia relativa de cada grupo trófico, agrupándolo de acuerdo a las categorías descritas por Yáñez-Arancibia et al. (1976).

Con la finalidad de analizar la variación estacional en los espectros tróficos encontrados y su posible relación con el sexo de los ejemplares, los datos del IIR de cada grupo alimentario se sometieron a un análisis de similitud. Se utilizó para esto el índice de similitud de Morisita (Franco et al., 1985), agrupándolos mediante la técnica de ligamiento simple (Crisci, 1983).

El análisis trófico se complementó comparando los espectros identificados con la disponibilidad de alimento en el medio. Para esto se utilizaron los datos de abundancia de organismos bentónicos colectados en las mismas épocas en el área de bahía Tortugas. La abundancia de los grupos tróficos identificados en los contenidos estomacales (IIR) se comparó con la

$$IRI = \frac{F \times P}{100}$$

$$F = \frac{n}{NE} \times 100$$

$$P = \frac{\sum PCi}{\sum PCE} \times 100$$

where F is the frequency percentage; P , the gravimetric percentage; n , the number of stomachs containing food i ; NE , the total number of stomachs analyzed per season; $\sum PCi$, the sum of the weights of food i ; and $\sum PCE$, the weight of the stomach contents per season.

Combining IRI, F and P provides the combined trophic diagram, which was used to evaluate the relative importance of each trophic group by clustering them in the categories described by Yáñez-Arancibia et al. (1976).

In order to analyze the seasonal variation in the trophic spectra found, as well as their possible relationship with the sex of the specimens, the IRI data from each food group was subjected to a similarity analysis. We used Morisita's similarity index (Franco et al., 1985), and a simple linkage technique to cluster them (Crisci, 1983).

In addition to the trophic analysis, the spectra identified were compared with food availability in the environment. For this, the data on the abundance of benthic organisms collected during the same seasons in the area of Bahía Tortugas were used. The abundance of the trophic groups identified in the stomach contents (IRI) was compared to the abundance of the benthic groups from La Bajada (IVI = importance value index), location that served as reference since it was the region closest to the sampling area of this species.

The nutritional indexes applied were the condition factor (Hile, 1936, cited in Ramírez-Granados, 1958), expressed in the formula:

$$K = \frac{10,000 \log P}{\log L^3}$$

where P is the total weight in grams of the lobster and L is the CL in millimeters; and the reserve index (Ri) (Gracia, personal communication in Aramoni-Serrano, 1982):

abundancia de los grupos bentónicos de La Bajada (IVI = índice de valor de importancia), localidad que sirvió como patrón de referencia por ser la más próxima a la zona de muestreo de esta especie.

Los índices nutricionales aplicados fueron el factor de condición (Hile, 1936, citado en Ramírez-Granados, 1958), expresado a través de la fórmula:

$$K = \frac{10,000 \log P}{\log L^3}$$

donde P es el peso total de la langosta en gramos y L la LC en milímetros; y el índice de reserva (Ir) (Gracia, comunicación personal en Aramoni-Serrano, 1982):

$$Ir = \frac{Ph}{Pe}$$

donde Ph es el peso del hepatopáncreas en gramos y Pe el peso del individuo en gramos.

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico para determinar si había o no diferencias significativas entre cada una de las épocas estudiadas. A los datos se les aplicó previamente una transformación arcoseno (Scheffler, 1981) y posteriormente se realizó un análisis de varianza de tipo bifactorial entre sexos y estaciones del año (Scheffler, 1981; Sokal y Rohlf, 1980). Posteriormente, se utilizó una prueba de comparación múltiple de Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1981) en aquellos casos en los que el ANOVA mostró diferencias significativas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presenta el número de ejemplares analizados en cada estación del año y el intervalo de tallas cubierto. Puede observarse que, en la mayoría de los casos, las muestras estuvieron constituidas por adultos jóvenes y juveniles que no alcanzan la talla legal de captura (82.5 mm I.C) y que, por lo mismo, podían ser proporcionados por los pescadores para este estudio sin afectar sus propias capturas.

En la tabla 2 se presenta la abundancia de los diferentes componentes tróficos encontrados en los estómagos de *Panulirus interruptus* para cada estación del año.

$$Ri = \frac{Ph}{Pe}$$

where Ph is the hepatopancreas weight in grams and Pe the weight of the individual in grams.

The results were subjected to a statistical analysis to determine if there were significant differences between each of the seasons studied. An arcsine transformation was first applied to the data (Scheffler, 1981) and then a two-way analysis of variance was conducted between sexes and seasons (Scheffler, 1981; Sokal and Rohlf, 1980). A multiple comparison test of Student-Newman-Keuls was used (Scheffler, 1981) when the ANOVA presented significant differences.

RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 presents the number of specimens analyzed in each season and the size range covered. It can be observed that, in most cases, the samples were made up of young adults and juveniles that had not reached legal catch size (82.5 mm CL). This allowed the fishermen to provide us with specimens for this study without affecting their own catches.

Table 2 presents the abundance of the different trophic components found in the stomachs of *Panulirus interruptus* for each season.

In general, the diet consisted mainly of gastropod mollusks (shell remains, opercula, radulae, tissue, etc.). Other important groups that followed the mollusks are: fish (scales, vertebrae remains), decapod crustaceans (chela, pereopods, carapace remains, etc.) and plants (calcareous algae and sea grass remains). Their positions in the trophic categories varied per season (figs. 2, 3, 4, 5).

The predominance of gastropods in this species' diet is explained by the fact that this group is extremely abundant in the benthos of the study region (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991). The abundance of *Astraea undosa* and fish remains in the stomachs analyzed raised doubts, since they are occasionally used as bait in lobster traps. This led to a more detailed examination of the remains found in the tracts, and the results showed that they generally

Tabla 1. Número de ejemplares (n) de *Panulirus interruptus* e intervalo de tallas (milímetros de longitud cefalotorácica) analizados en cada estación del año.

Table 1. Number of specimens (n) of *Panulirus interruptus* and their size range (millimeters of cephalothoracic length) analyzed in each season.

	Verano (agosto 1986)	Otoño (noviembre 1986)	Invierno (febrero 1987)	Primavera (mayo 1987)
Hembras	n = 8 (67.7-79.8)	n = 10 (68.5-80.0)	n = 16 (65.4-81.0)	n = 19 (64.9-132.2)
Machos	n = 15 (62.5-88.7)	n = 16 (64.0-80.8)	n = 15 (57.0-81.8)	n = 6 (66.8-80.8)

Tabla 2. Abundancia (IIR) de los grupos tróficos que se encontraron en los estómagos de *Panulirus interruptus* en cada estación del año (NI = no identificado, MONI = materia orgánica no identificada).

Table 2. Abundance (IRI) of the trophic groups found in the stomachs of *Panulirus interruptus* in each season of the year (NI = not identified, MONI = unidentified organic matter).

Grupo	Tipo	Verano (n = 16)	Otoño (n = 21)	Invierno (n = 19)	Primavera (n = 18)
Algas	<i>Corallina</i> sp.	0.06	0.011	0.020	0.26
	<i>Dyctiota</i> sp.	0.63	0.010	0.044	---
	<i>Cystoceira</i> sp.	---	---	0.073	---
	<i>Bossiella</i> sp.	---	---	0.059	0.32
	<i>Centroceras</i> sp.	---	---	0.011	---
	Laminariales NI (<i>Macrocystis</i> o <i>Eisenia</i>)	0.13	---	---	---
	Restos NI	---	0.094	---	---
	TOTAL	2.00	0.540	0.920	1.22
Fanerógamas	<i>Phyllospadix torreyii</i>	0.04	0.114	2.048	6.73
Foraminíferos		---	---	0.0004	---
Briozoarios	<i>Crisia</i> sp.	0.001	---	0.775	---
	<i>Bugula</i> sp.	---	---	0.215	---
	<i>Membranipora</i> sp.	0.08	---	0.136	---
	<i>Schizoporella</i> sp.	---	0.017	---	---
	<i>Crisia</i> , <i>Filicrisia</i> y <i>Membranipora</i> sp.	---	---	0.003	---
	TOTAL	0.12	0.017	2.840	---

Tabla 2 (Cont.)

Grupo	Tipo	Verano (n = 16)	Otoño (n = 21)	Invierno (n = 19)	Primavera (n = 18)
Moluscos	<i>Astraea undosa</i>	---	1.886	0.817	10.25
	<i>Tegula</i> sp.	0.15	0.057	---	0.07
	<i>Olivella biplicata</i>	---	---	0.122	---
	<i>Littorina</i> sp.	---	---	0.0004	---
	<i>Ocenebra</i> sp.	---	---	0.041	---
	Otros	---	---	4.508	---
	Tejido NI	---	---	---	0.35
	Concha NI	0.75	---	---	---
	Subtotal gasterópodos	1.58	3.173	18.180	19.47
	<i>Modiolux capax</i>	---	---	0.007	---
	Veneridae	---	0.065	---	---
	Cardiidae	---	0.001	---	---
	Subtotal bivalvos	---	2.666	0.007	---
	<i>Stenoplax magdalenensis</i>	7.95	---	---	0.13
	Subtotal poliplacóforos	7.95	---	---	0.13
	Tejido NI	1.21	0.601	---	1.61
	Restos de concha	---	0.590	---	0.50
TOTAL		36.60	19.873	16.400	43.1
Crustáceos	<i>Cirolana</i> sp.	0.021	---	---	0.03
	Isópodo NI	0.004	---	---	---
	Anfípodo NI	---	---	0.150	---
	Microcrustáceo NI	---	---	---	0.003
	Subtotal microcrustáceos	0.045	---	0.150	0.07
	Cangrejo NI	2.39	1.052	2.917	---
	Diogenidae	0.12	---	---	---
	Paguridae	---	---	0.036	---
	Subtotal decápodos	3.56	1.052	3.660	---
	TOTAL	6.06	1.052	6.150	0.10
Peces	Cabrilla (<i>Paralabrax</i> sp.)	3.55	---	---	---
	<i>Leurestes</i> sp. (huevos)	---	0.013	---	---
	Restos NI	---	23.150	2.075	0.18
	TOTAL	3.55	23.609	2.075	0.18
Anélidos		---	---	0.134	---
Sipuncúlidos		---	---	0.024	---
Insectos	Restos coleópteros	0.04	---	---	---
Sedimento		---	---	0.182	0.31
MONI		30.37	12.493	18.263	12.50

La dieta en general consistió principalmente de moluscos gasterópodos como grupo preferencial (restos de conchas, opérculos, rádulas, tejido, etc.). Los peces (escamas, restos de vértebras), crustáceos decápodos (quelas, pereiópodos, restos de caparazón, etc.) y vegetales (restos de algas calcáreas y pasto marino) constituyen también grupos importantes que siguen a los moluscos; su ubicación en la categoría trófica varió en cada época del año (figs. 2, 3, 4, 5).

La predominancia de los gasterópodos en la dieta de esta especie se explica por ser este grupo sumamente abundante en el bentos de la región de estudio (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991). La abundancia de *Astraea undosa* en los estómagos analizados, así como los restos de peces, que junto con *Astraea* constituyen algunas veces parte del cebo en las trampas langosteras, introdujo la duda de que estas especies estuvieran en el tracto por ser parte del cebo de la trampa. Esto obligó a una revisión más detallada de los restos encontrados en los tractos, pero el análisis mostró que pertenecían en su mayoría a organismos pequeños, los cuales no son útiles como cebo ya que se requieren especímenes más grandes. De igual manera, la presencia de peces puede explicarse ya que la langosta adopta con frecuencia hábitos carroñeros, pudiendo alimentarse de peces muertos depositados sobre el sustrato. A este respecto, Kanciruk (1980, en Cobb y Phillips, 1981) menciona la presencia de las escamas de pez en los estómagos de la langosta como respuesta a cambios alimenticios sobre peces muertos, heridos o capturados por ella misma.

La continua presencia del pasto marino *Phyllospadix torreyi* en la dieta de esta especie sugiere, por un lado, que la especie o sus epibiontes son un atrayente importante para *Panulirus*. Entre los vegetales se incluyen también a las algas pardas (laminariales) y rojas (coralináceas). Kanciruk (1980, en Cobb y Phillips, 1981) describe la ocurrencia de hojas de *Thalassia* sp. en las partes bucales de *P. argus*, aunque discute que su presencia se debe a la ingestión de hidroides epífitos. La alta ocurrencia de *Phyllospadix* en los estómagos de la langosta roja ubica a este género como componente importante en su dieta, cuya ingestión

belonged to small organisms, which are not suitable as bait since larger organisms are required. The presence of fish can also be explained by the fact that the lobster frequently adopts scavenger habits, feeding on dead fish deposited on the floor. In this respect, Kanciruk (1980, in Cobb and Phillips, 1981) mentions that the occurrence of fish scales in lobster stomachs is the result of changes in their feeding habits to fish they themselves have killed, wounded or caught.

The continued presence of the sea grass *Phyllospadix torreyi* in this species' diet suggests that *Panulirus* is very attracted to this sea grass or its epibionts. Brown algae (Laminariales) and red algae (Corallinacea) are also found among the vegetation. Kanciruk (1980, in Cobb and Phillips, 1981) describes the occurrence of *Thalassia* sp. fronds in the buccal parts of *P. argus* and states that their presence is due to the ingestion of epiphytic hydroids. The high occurrence of *Phyllospadix* in the stomachs of spiny lobsters makes this genus an important component of their diet, and their ingestion does not seem to be accidental. The appearance of this phanerogam in their diet suggests that the feeding area of the lobster, mainly during winter and spring, is associated to fringes of the infralittoral floor where *Phyllospadix* is found between 3 and 18 m deep (Guzmán-del-Próo, 1994). This might also be a reflection of the differences between the habitats of the juvenile and adult organisms. Herrnkind *et al.* (1975) observed that the distribution of *P. argus* adults occurs in different types of habitats, while juveniles are almost exclusive to shallow areas with marine vegetation. Most of the sizes collected in this study do not pass the legal catch size (82.5 mm CL). This size assumes that only adults are caught and that smaller juveniles are protected. However, there is evidence of sexual maturity at 65 mm CL (Chapa, 1964; Ayala-Martínez, 1976; Vega and Lluich-Cota, 1992). In this study the population did not consist exclusively of immature juveniles; however, it was composed of juveniles and preadults about to be or just incorporated into the reproductive stock.

The high percentages of unidentified organic matter (MONI) (figs. 2, 3, 4, 5) suggest a

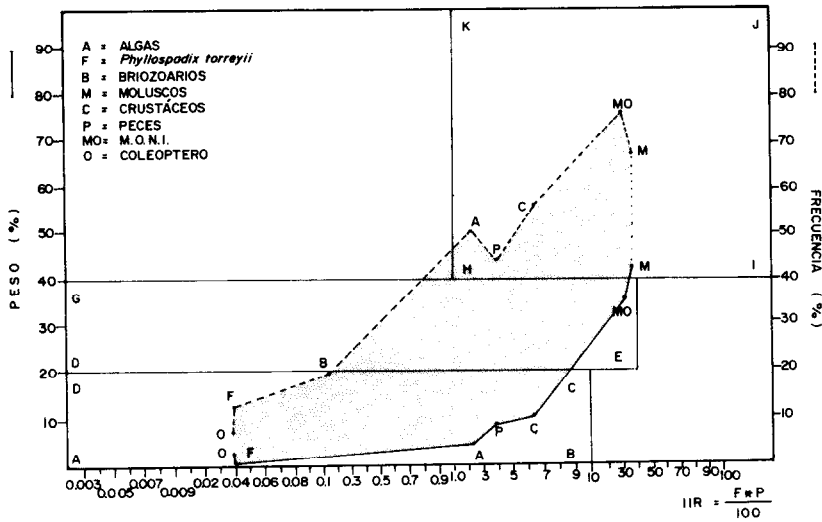


Figura 2. Diagrama trófico combinado de *Panulirus interruptus* (ambos sexos) en bahía Tortugas, BCS, en verano (agosto 1986). Alimento preferencial: moluscos; secundario: crustáceos, peces y algas; ocasional: briozoarios y *Phyllospadix torreyii*; accidental: coleóptero.

Figure 2. Combined trophic diagram of *Panulirus interruptus* (both sexes) in Bahía Tortugas, BCS, during summer (August 1986). Preferred food: mollusks; secondary: crustaceans, fish and algae; occasional: bryozoans and *Phyllospadix torreyii*; accidental: Coleoptera.

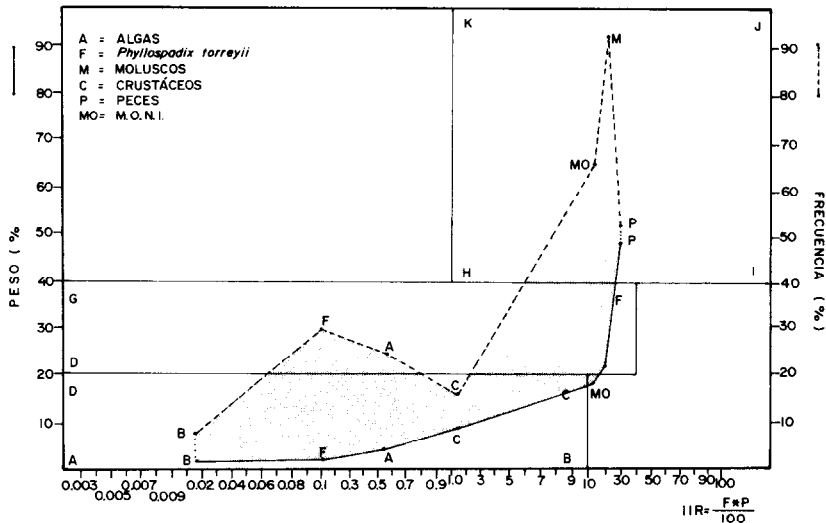


Figura 3. Diagrama trófico combinado de *Panulirus interruptus* (ambos sexos) en bahía Tortugas, BCS, en otoño (noviembre 1986). Alimento preferencial: peces; secundario: moluscos; ocasional: crustáceos, algas y *Phyllospadix torreyii*; accidental: briozoarios.

Figure 3. Combined trophic diagram of *Panulirus interruptus* (both sexes) in Bahía Tortugas, BCS, during fall (November 1986). Preferred food: fish; secondary: mollusks; occasional: crustaceans, algae and *Phyllospadix torreyii*; accidental: bryozoans.

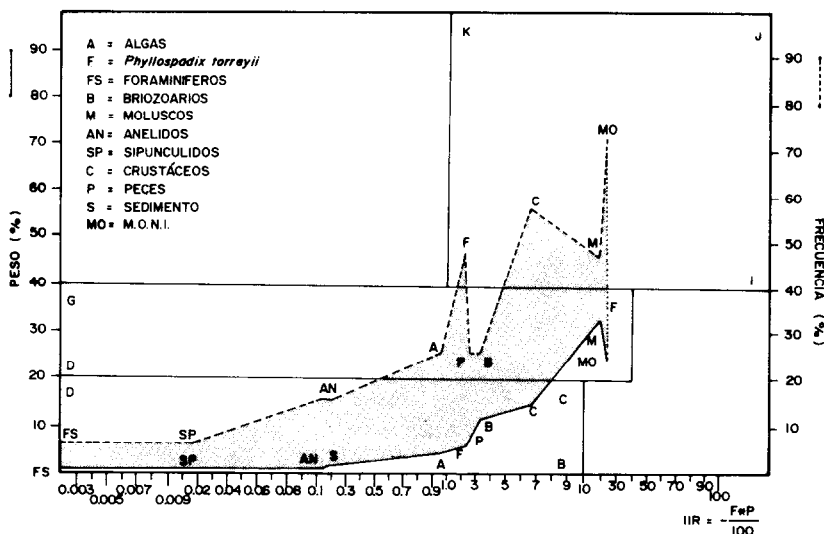


Figura 4. Diagrama trófico combinado de *Panulirus interruptus* (ambos sexos) en bahía Tortugas, BCS, en invierno (febrero 1987). Alimento preferencial: ---; secundario: moluscos, crustáceos, *Phyllospadix torreyii*, briozoarios y algas; ocasional: sedimento y anélidos; accidental: sipuncúlidos y foraminíferos.

Figure 4. Combined trophic diagram of *Panulirus interruptus* (both sexes) in Bahía Tortugas, BCS, during winter (February 1987). Preferred food: ---; secondary: mollusks, crustaceans, *Phyllospadix torreyii*, bryozoans and algae; occasional: sediment and annelids; accidental: sipunculoids and foraminifera.

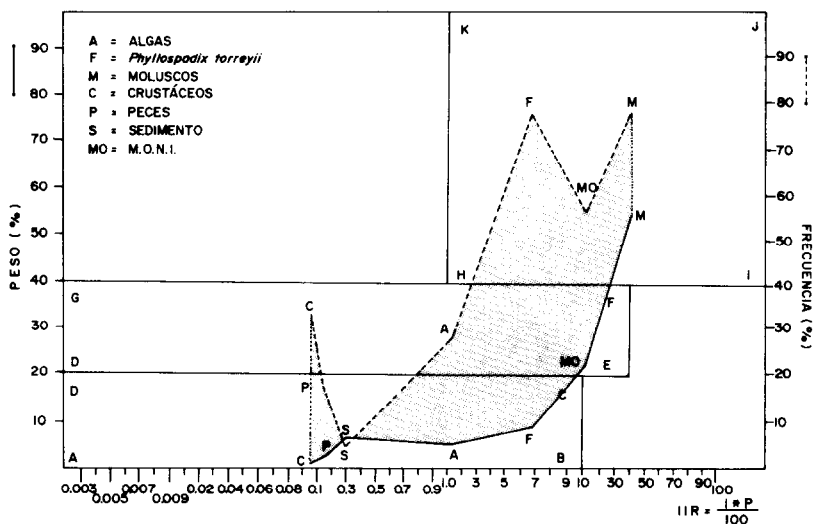


Figura 5. Diagrama trófico combinado de *Panulirus interruptus* (ambos sexos) en bahía Tortugas, BCS, en primavera (mayo 1987). Alimento preferencial: moluscos; secundario: *Phyllospadix torreyii*, algas y crustáceos; ocasional: peces y sedimento.

Figure 5. Combined trophic diagram of *Panulirus interruptus* (both sexes) in Bahía Tortugas, BCS, during spring (May 1987). Preferred food: mollusks; secondary: *Phyllospadix torreyii*, algae and crustaceans; occasional: fish and sediment.

no parece ser accidental. Por otro lado, la aparición de esta fanerógama en la dieta sugiere que el área donde se alimentan las langostas, principalmente en invierno y primavera, está asociada a franjas del piso infralitoral con presencia de *Phyllospadix* ubicadas entre los 3 y 18 m de profundidad (Guzmán-del-Próo, 1994). Esto puede ser también el reflejo de las diferencias en el hábitat de los organismos juveniles y adultos; al respecto, Herrnkind *et al.* (1975) observaron que los adultos de *P. argus* se distribuyen en diversos tipos de ambientes, mientras que los juveniles lo hacen casi exclusivamente en áreas someras con vegetación marina. En nuestro estudio, la mayoría de las tallas colectadas no rebasan la talla legal de captura (82.5 mm LC). Esta talla supone la captura exclusivamente de adultos y la protección de juveniles por debajo de la misma. Sin embargo, en la práctica, existen indicios de madurez sexual incluso desde los 65 mm LC (Chapa, 1964; Ayala-Martínez, 1976; Vega y Lluch-Cota, 1992). En nuestro caso, la población estudiada no fue estrictamente de juveniles inmaduros, pero la mayor parte sí se compone de juveniles y preadultos próximos a incorporarse o recién incorporados a la población reproductora.

Los altos porcentajes de materia orgánica no identificada (MONI) (figs. 2, 3, 4, 5) sugieren una diversidad alimentaria mayor a la observada. Los organismos de cuerpo blando, como anélidos, celenterados, tunicados, algas, etc., al ser digeridos rápidamente, dificultan su identificación debido al mecanismo alimenticio de las langostas, que primero trituran los alimentos con sus fuertes mandíbulas y después con el molino gástrico, fragmentando significativamente las partes duras y deteriorando las estructuras blandas (Aramoni-Serrano, 1982). Además, su rápida digestión (Cobb y Phillips, 1981) elimina su presencia en los estómagos al ser excretados y, la mayor parte de las veces, quedan las estructuras duras cuya tasa de evacuación es más lenta.

La variación en abundancia de los grupos tróficos y su importancia relativa en cada época mostraron que existe un claro patrón estacional en la alimentación de esta especie. En la fig. 6 se observa que el verano y el invierno son las

feeding diversity greater than that observed. It is difficult to identify soft-bodied organisms, such as annelids, coelenterates, tunicates, algae, etc., since they are quickly digested by the feeding mechanism of the lobster. The food is first ground with the strong mandibles and then by the gastric mill, significantly breaking up the hard parts and deteriorating the soft structures (Aramoni-Serrano, 1982). Furthermore, the rapid digestion (Cobb and Phillips, 1981) eliminates their presence in the stomachs upon being excreted, leaving behind the hard structures that have a slower excretion rate.

The variation in abundance of the trophic groups and their relative importance during each season showed a clear seasonal pattern in the feeding habits of this species. Figure 6 shows that summer and winter have the greatest similarity with respect to diet. This similarity is explained by the order of importance that the principal groups present, even though their relative abundances (fig. 7) and the environmental conditions are different at these times of year. Spring follows, with slightly lower similarities and the mollusks being the predominant group. Fall was the most different of the seasons. Its position can be explained by the fact that the fish group was the most important food. These data reflect the trophic plasticity in this species, and suggest an opportunistic behavior.

With regard to the sexes, a different behavior was observed between the females and males (figs. 8, 9). The females preferred the same benthic group in all of the seasons, while the males showed marked seasonal differences. The mollusks were the dominant group in the female diet and remained as such despite the changing climatic conditions throughout the year and the apparent migration of the lobster towards shallower areas during the spring (Gracia and Kensler, 1980). The males, on the other hand, varied their food, consuming mainly *P. torreyii* during the spring and fish in the fall. This behavior can be explained by the on-shore movements of the lobster as the waters get colder (Smith, 1954, in Chapa, 1964), where a greater biological diversity and presence of *P. torreyii* can be found.

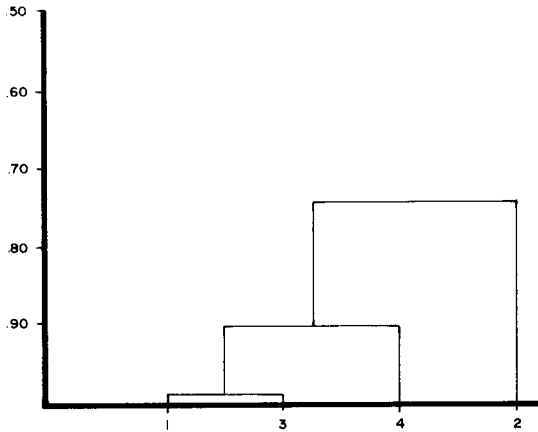


Figura 6. Similitud de los patrones alimentarios de *Panulirus interruptus*, de acuerdo a la estación del año (1 = primavera, 2 = verano, 3 = otoño, 4 = invierno).

Figure 6. Similarity between the feeding patterns of *Panulirus interruptus*, according to the season (1 = spring, 2 = summer, 3 = fall, 4 = winter).

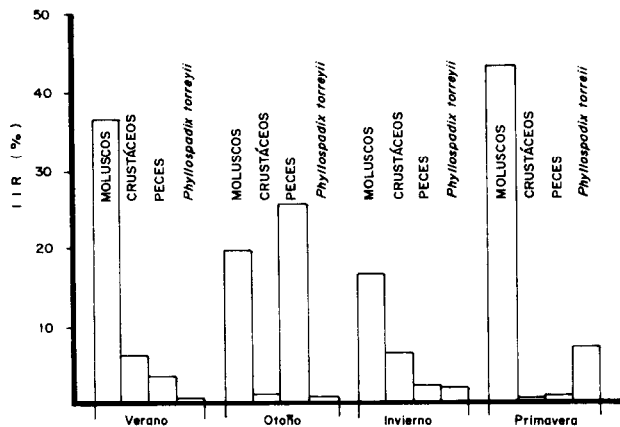


Figura 7. Variación estacional de los principales grupos de la dieta alimentaria de *Panulirus interruptus* (medida en IIR) en bahía Tortugas, BCS.

Figure 7. Seasonal variation of the principal groups of the diet of *Panulirus interruptus* (measured in IRI) at Bahía Tortugas, BCS.

estaciones con más similitud en cuanto a la dieta. Esta similitud se explica por el orden de importancia que presentan los grupos principales, no obstante que sus abundancias relativas (fig. 7) y las condiciones ambientales son distintas en dichas épocas del año. Le sigue la

The above suggests two possible hypotheses for the type of feeding behavior, related to the area that each sex covers in their search for food. Herrnkind (1977, in Gracia and Kensler, 1980) reports that the trophic movements of the lobsters consist of short distances around their

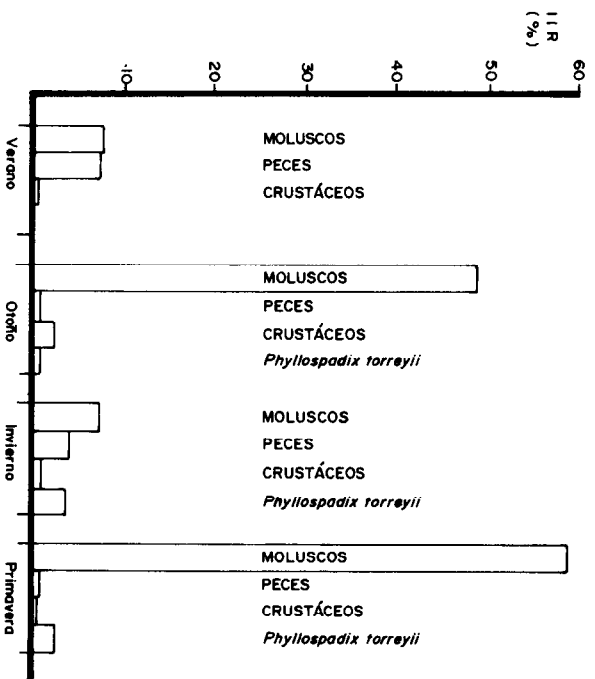


Figura 8. Variación estacional de la dieta (grupos principales) de hembras de *Panulirus interruptus*.
 Figure 8. Seasonal variation in the diet (principal groups) of *Panulirus interruptus* females.

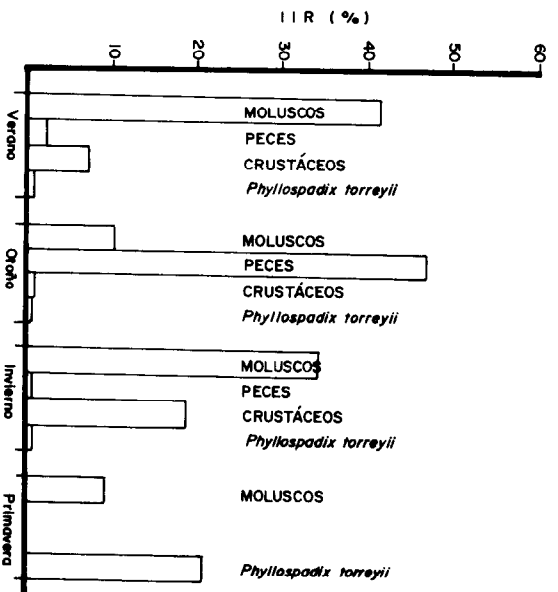


Figura 9. Variación estacional de la dieta (grupos principales) de machos de *Panulirus interruptus*.
 Figure 9. Seasonal variation in the diet (principal groups) of *Panulirus interruptus* males.

primavera con similitudes ligeramente más bajas, donde también fueron los moluscos el grupo predominante. El otoño aparece como el más diferente de las estaciones, pudiendo explicarse su posición por la aparición del grupo de los peces como el alimento más importante. Estos datos reflejan la plasticidad trófica de esta especie y sugieren un carácter oportunista de la misma.

En cuanto a los sexos, se observó un comportamiento diferente entre hembras y machos (figs. 8, 9). Mientras que en las primeras se mantiene como alimento preferencial el mismo grupo bentónico entre las estaciones del año, en los machos se encontraron marcadas diferencias estacionales. En el caso de las hembras, los moluscos son el grupo dominante en su dieta, dominancia que persiste no obstante las diferentes condiciones climáticas a lo largo del año y la aparente migración de las langostas hacia áreas más someras durante la primavera (Gracia y Kensler, 1980). Los machos, en cambio, variaron su alimentación, consumiendo principalmente *P. torreyi* en la primavera y peces en el otoño. Esta conducta puede explicarse por los movimientos hacia la costa de las langostas conforme se enfrían las aguas (Smith, 1954, en Chapa, 1964), donde existe una mayor diversidad biológica y presencia de *P. torreyi*.

Lo anterior sugiere dos posibles hipótesis sobre el tipo de comportamiento alimentario, el cual estaría relacionado con el área de desplazamiento que sigue cada sexo en la búsqueda de su alimento. A este respecto, Herrnkind (1977, en Gracia y Kensler, 1980) reporta movimientos tróficos de las langostas a corta distancia alrededor de su residencia en la que no se desplazan más de 8 km (Buesa, 1970, en Gracia y Kensler, 1980):

a) Si el área es la misma para los dos sexos, las hembras serían más selectivas al consumir de manera preferencial moluscos, independientemente de las variaciones en abundancia de los grupos tróficos disponibles. Esto sería indicio de una alimentación no oportunista. Los machos, en cambio, aprovechan cualquier grupo a su alcance, lo que podría reflejar entonces una menor selectividad para alimentarse.

homes, covering no more than 8 km (Buesa, 1970, in Gracia and Kensler, 1980):

a) If the area is the same for both sexes, the females will be more selective, preferring to consume mollusks, independently of the variations in the abundance of the trophic groups available. This indicates a non-opportunistic behavior. The males, on the other hand, take advantage of any group within their reach, reflecting a lesser selectivity for feeding themselves.

b) If the areas that each sex occupies are different, the trophic movements made would allow them to take advantage of the most abundant group within these same movements, indicating an opportunistic feeding behavior in both cases. This suggests that the males possibly have a larger home range as well as a more aggressive approach in obtaining their food, which is more limited in the females. This coincides with Aramoni-Serrano (1982) for *P. inflatus*.

Upon comparing the results of the stomach analysis of the species in question with the specific abundances of the benthic components in the area (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991), an apparent relation was found between the trophic groups of the lobsters and the environmental abundance of a particular benthic group. This is clearly demonstrated by the abundance of mollusks in the digestive tract of the lobsters and the fact that this group was present in the environment in every season studied (fig. 10). This behavior coincides with that observed for *P. inflatus* and *P. gracilis* by Aramoni-Serrano (1982) and for *P. argus* by Colinas-Sánchez and Briones-Fourzán (1990), species that also reflect a certain plasticity in their diet when faced with environmental changes. On the other hand, despite the great abundance of algae in the benthos when compared to that of mollusks, the feeding habit of the spiny lobster was predominantly carnivorous.

As a result of the general analysis, this species can be characterized as omnivorous. It consumes a great diversity of benthic organisms, changing its feeding preferences from carnivo-

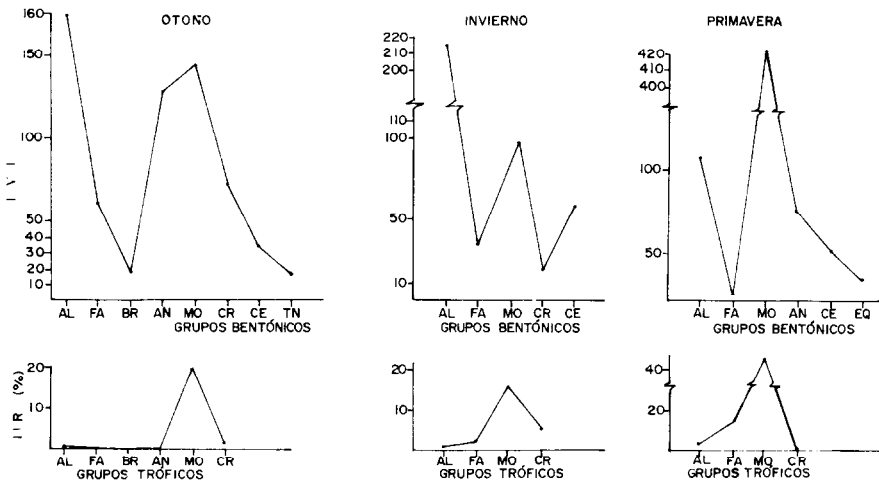


Figura 10. Comparación de las abundancias de los grupos bentónicos (IVI = índice de valor de importancia) muestreados en la localidad de La Bajada (Guzmán-del-Próo, 1987) y los grupos tróficos (IIR = índice de importancia relativa) encontrados en los estómagos de *Panulirus interruptus* en otoño (noviembre 1986), invierno (febrero 1987) y primavera (mayo 1987). AL = algas, FA = *Phyllospadix torreyii*, BR = briozoarios, AN = anélidos, MO = moluscos, CR = crustáceos, CE = celenterados, TN = tunicados, EQ = equinodermos.

Figure 10. Comparison of the benthic group abundances (IVI = importance value index) sampled in the La Bajada area (Guzmán-del-Próo, 1987) and the trophic groups (IRI = index of relative importance) found in the stomachs of *Panulirus interruptus* in fall (November 1986), winter (February 1987) and spring (May 1987). AL = algae, FA = *Phyllospadix torreyii*, BR = bryozoans, AN = annelids, MO = mollusks, CR = crustaceans, CE = coelenterates, TN = tunicates, EQ = echinoderms.

b) Si las áreas que ocupa cada sexo son diferentes, los movimientos tróficos realizados permitirían aprovechar en su dieta el grupo más abundante dentro de estos mismos movimientos, lo cual podría indicar, en ambos casos, un comportamiento alimenticio de tipo oportunista. Esto sugiere que los machos posiblemente tienen un mayor ámbito de hogar y una conducta más agresiva en la obtención de su alimento, la cual es más limitada en las hembras, coincidiendo con Aramoni-Serrano (1982) para *P. inflatus*.

Al contrastar los resultados del análisis estomacal de la especie en cuestión con las abundancias específicas de los componentes del bentos de la zona (Guzmán-del-Próo *et al.*, 1991), se encontró que hay una aparente corres-

pondencia entre los hábitos alimenticios de los machos y las abundancias de los grupos bentónicos que consumen, pasando de herbívoros a omnívoros e incluso carroñeros de acuerdo a las variaciones en la abundancia de los grupos bentónicos que consume, correspondiendo a los cambios ambientales durante el año.

Nutritional state

Upon subjecting the nutritional indexes to a two-way analysis of variance (tables 3, 4) and the Student-Newman-Keuls multiple comparison (tables 5, 6), significant differences were found between the four seasons of the year, for the condition factor ($F = 6.487$, g.l. = 3, $p \leq 0.05$) as well as for the reserve index ($F = 5.095$, g.l. = 3, $p \leq 0.05$). In reference to the condition factor, winter presents the highest value ($\bar{x} = 407.7$, s.d. = 30.27, $n = 31$) and appears to be significantly different from the

Tabla 3. Análisis de varianza bifactorial para el factor de condición (K) de *Panulirus interruptus* (* = significativa, n.s. = no significativa a $p \leq 0.05$).

Table 3. Two-way analysis of variance of the condition factor (K) for *Panulirus interruptus* (* = significant, n.s. = not significant at $p \leq 0.05$).

Fuente	Suma de cuadros	g.l.	Media cuadrática	F	Prob.
Estación	6,521.6649	3	42,137.883	6.487*	0.000
Sexo	846.001	1	846.001	2.524 n.s.	0.115
Error	32,508.246	97	335.137	---	---

Tabla 4. Análisis de varianza bifactorial para el índice de reserva (Ir) de *Panulirus interruptus* (* = significativa, n.s. = no significativa a $p \leq 0.05$).

Table 4. Two-way analysis of variance of the reserve index (Ri) for *Panulirus interruptus* (* = significant, n.s. = not significant at $p \leq 0.05$).

Fuente	Suma de cuadros	g.l.	Media cuadrática	F	Prob.
Estación	9.372	3	3.124	5.095*	0.003
Sexo	0.202	1	0.202	0.330 n.s.	0.567
Error	59.472	97	0.613	---	---

Tabla 5. Valores del factor de condición (K) de *Panulirus interruptus* por estación del año y prueba de comparación múltiple de Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1981); \bar{x} = media, d.e. = desviación estándar, n = número de datos, * = significativa, n.s. = no significativa, $p \leq 0.05$.

Table 5. Values of the condition factor (K) for *Panulirus interruptus* per season and the multiple comparison test of Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1981); \bar{x} = mean, d.e. = standard deviation, n = number of data, * = significant, n.s. = not significant, $p \leq 0.05$.

x	d.e.	n	Tratamiento	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
390.3	11.96	25	Primavera	---	---	---	---
386.0	8.08	23	Verano	n.s.	---	---	---
392.7	7.86	26	Otoño	n.s.	n.s.	---	---
407.7	30.27	31	Invierno	*	*	*	---

pondencia entre los grupos tróficos de la langosta y la abundancia en el medio de un grupo bentónico determinado. Esto es muy claro en el caso de la abundancia de moluscos en el tracto digestivo de las langostas y la que presenta este grupo en el ambiente en cada una de las estaciones del año estudiadas (fig. 10). Este com-

others (table 5). As for the reserve index, spring was the significantly different season, presenting the lowest value ($\bar{x} = 1.55$, s.d. = 0.48, $n = 21$) (table 6). The analysis did not show significant differences between the sexes.

The highest values of the reserve index in fall and of the condition factor in winter can

Tabla 6. Valores del índice de reserva (Ir) de *Panulirus interruptus* por estación del año y prueba de comparación múltiple de Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1981); \bar{x} = media, d.e. = desviación estándar, n = número de datos, * = significativa, n.s. = no significativa, $p \leq 0.05$.

Table 6. Reserve index (Ri) values for *Panulirus interruptus* per season and the multiple comparison test of Student-Newman-Keuls (Scheffler, 1918); \bar{x} = mean, d.e. = standard deviation, n = number of data, * = significant, n.s. = not significant, $p \leq 0.05$.

x	d.e.	n	Tratamiento	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
1.55	0.48	21	Primavera	---	---	---	---
2.24	0.41	17	Verano	*	---	---	---
2.29	0.52	25	Otoño	*	n.s.	---	---
2.07	0.59	31	Invierno	*	n.s.	n.s.	---

portamiento coincide con lo observado para *P. inflatus* y *P. gracilis* por Aramoni-Serrano (1982) y para *P. argus* por Colinas-Sánchez y Briones-Fourzán (1990), especies que también reflejan cierta plasticidad en su dieta ante los cambios ambientales. Por otro lado, pese a la gran abundancia de algas en el bentos comparada con la de moluscos, la alimentación de la langosta roja fue predominantemente carnívora.

Como consecuencia de todo lo anterior, su análisis general permite caracterizar a esta especie como omnívora. Consume una gran diversidad de organismos bentónicos, cambiando su preferencia alimentaria de básicamente carnívora a vegetariana y carroñera de acuerdo a las variaciones en abundancia de los grupos bentónicos de los que se alimenta, esto último en correspondencia con las fluctuaciones ambientales a lo largo del año.

Estado nutricional

Sometidos los datos de los índices nutricionales a las pruebas de análisis de varianza bifactorial (tablas 3, 4) y comparación múltiple de Student-Newman-Keuls (tablas 5, 6), se encontraron diferencias significativas entre las cuatro estaciones del año, tanto para el factor de condición ($F = 6.487$, g.l. = 3, $p \leq 0.05$) como para el índice de reserva ($F = 5.095$, g.l. = 3, $p \leq 0.05$). Por lo que se refiere al factor de condición, el invierno presenta el valor más alto de dicho índice ($\bar{x} = 407.7$, d.e. = 30.27, n = 31) y aparece como una estación significativamente diferente

be explained by the greater availability of food in fall and the intrinsic requirements of the species to carry out its vital functions, mainly reproductive. With regard to this function, Gracia and Kensler (1980) and Ayala-Martínez *et al.* (1988) report that mature females of *P. interruptus* spawn once a year, from March to August, with a peak in reproduction in June. Pineda *et al.* (1981) places the reproductive peak during August and September for the central part of the Baja California Peninsula. Thus, once spawning has occurred between spring and summer, the organisms prepare themselves by accumulating reserves from fall to winter for the next reproductive cycle in the following spring and summer. The behavior shown by the reserve index during the evaluation of the nutritional state of the lobsters should be taken with caution, since the hepatopancreases are soft and small amounts of tissue are lost during their manipulation, introducing certain errors in the gravimetric measurements of some specimens. In fact, Aramoni-Serrano (1982) describes it as an inadequate indicator, due to the rapid decomposition of the hepatopancreas as a result of the many enzymes it contains.

The seasonal changes in the condition factor and the number of food components observed are congruent, with maxima in winter and minima towards the spring and fall (fig. 11). However, the patterns of specific richness found in the area of La Bajada do not concur with the diversity of the food components found in the stomachs, particularly during win-

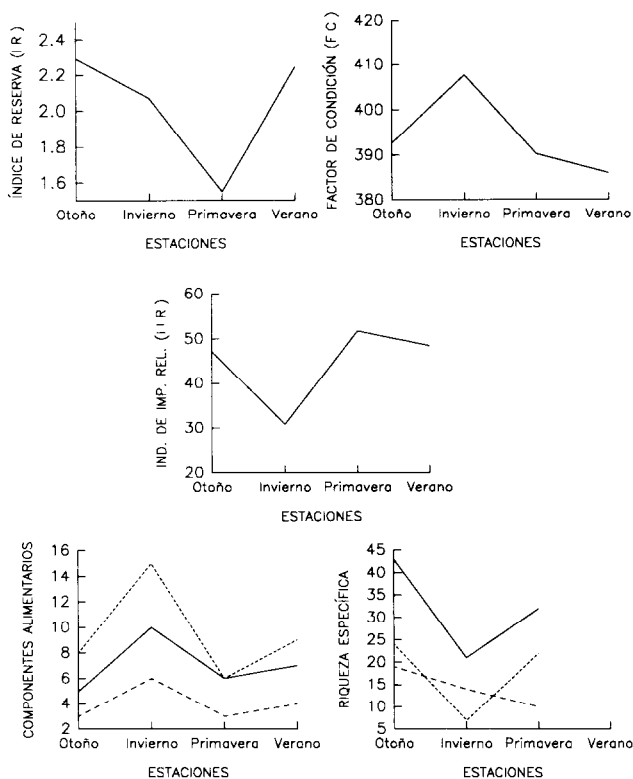


Figura 11. Comparación entre los índices de estado nutricional, abundancia y diversidad de los componentes alimentarios de *Panulirus interruptus* y riqueza específica de los grupos bentónicos en el área de La Bajada (— total, --- fauna, ---- flora).

Figure 11. Comparison between the indexes of nutritional state, abundance and diversity in the food components of *Panulirus interruptus* and specific richness of the benthic groups in the La Bajada area (— total, --- fauna, ---- flora).

a las demás (tabla 5). En cuanto al índice de reserva, la primavera se presentó como la estación significativamente diferente con el valor más bajo de todas las estaciones ($x = 1.55$, d.e. = 0.48, $n = 21$) (tabla 6). En el caso de los sexos, el análisis no mostró diferencias significativas.

Los valores más altos del índice de reserva en otoño y del factor de condición en el invierno podrían ser explicados en función de la mayor disponibilidad de alimento en el otoño y de los requerimientos intrínsecos de la especie para llevar a cabo sus funciones vitales, principal-

ter, when the opposite is observed. This apparent contradiction can be explained by the fact that low diversity does not necessarily signify less food, keeping in mind the coincidence between the environmental abundance of the preferred benthic groups and their abundance in the contents analyzed during this season of the year (fig. 10). On the other hand, the components found in the stomachs do not necessarily correspond exclusively to the flora and fauna of the area of La Bajada, which is where our study was conducted.

mente las reproductivas. En relación a esta función, Gracia y Kensler (1980) y Ayala-Martínez *et al.* (1988) reportan que las hembras maduras de *P. interruptus* desovan una vez al año en el periodo que comprende desde marzo hasta agosto, con un pico de reproducción en el mes de junio. Por su parte, Pineda *et al.* (1981) fija el pico de reproducción durante el periodo de agosto-septiembre para la parte central de la península de Baja California. De esta forma, ocurrido el desove entre primavera y verano, el organismo se prepararía, acumulando reservas desde el otoño y a través del invierno, para la próxima actividad reproductiva en la primavera y el verano siguiente. Cabe hacer notar que el comportamiento mostrado por el índice de reserva en la evaluación del estado nutricional de las langostas debe tomarse con cautela, dado que por la consistencia blanda del hepatopáncreas, las pequeñas pérdidas de tejido durante su manipulación introducen un cierto error en las mediciones gravimétricas de algunos ejemplares. A este respecto, Aramoni-Serrano (1982) lo describe como un indicador poco adecuado, debido a la rápida descomposición del hepatopáncreas como resultado de la gran cantidad de enzimas que contiene.

Los cambios estacionales del factor de condición y número de componentes alimentarios observados muestran congruencia entre sí, coincidiendo los máximos en el invierno y los mínimos hacia la primavera y el otoño (fig. 11). Sin embargo, los patrones de riqueza específica encontrados en la zona de La Bajada no concuerdan con la diversidad de componentes alimentarios encontrados en los estómagos, particularmente en la época de invierno cuando se observa una imagen opuesta. Esta aparente contradicción podría explicarse porque la baja en diversidad no necesariamente significa una menor disponibilidad de alimento. Debe recordarse la coincidencia de abundancia de los grupos bentónicos preferenciales en el medio con su abundancia en los contenidos analizados para esa época (fig. 10). Por otra parte, los componentes encontrados en los estómagos no necesariamente corresponderían exclusivamente a la flora y fauna de la zona de La Bajada, que es de donde proceden nuestras muestras.

ACKNOWLEDGEMENTS

The *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* provided the first author with a thesis scholarship (No. 55945) and funded this study under project PCECBNA-021110. Thanks to the researchers at the Marine Ecology Laboratory at ENCB-IPN for their help in identifying the trophic groups and with the data analysis. The personnel at CRIP in Bahía Tortugas provided facilities during the samplings. Sara de la Campa J. provided valuable comments. Alma Fierro M., César O. Almeda and Marina Mondragón helped with the text and figures.

English translation by Jennifer Davis.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología el haber otorgado una beca-tesis, con registro 55945, al primer autor y el apoyar esta investigación como parte del proyecto PCECBNA-021110. El personal de investigadores del Laboratorio de Ecología Marina de la ENCB-IPN brindó asesoría en la identificación de los grupos tróficos y análisis de los datos. El personal del CRIP de bahía Tortugas otorgó las facilidades durante las colectas. Agradecemos a Sara de la Campa J. sus valiosos comentarios, y a Alma J. Fierro M., César O. Almeda y Marina Mondragón su ayuda en el procesamiento del texto y figuras.

REFERENCIAS

- Abbott, I.A. and Hollenberg, G.J. (1976). **Marine Algae of California**. Stanford University Press, Stanford, pp. 121-747.
- Aramoni-Serrano, G.P. (1982). Alimentación de las langostas *Panulirus inflatus* (Bouvier) y *P. gracilis* (Streets) en Zihuatanejo, Guerrero, y su relación con el bentos. Tesis profesional, **Facultad de Ciencias, UNAM**, México, pp. 3-7, 21-22, 29-38.
- Ayala-Martínez, Y. (1973). Madurez sexual y aspectos reproductivos de la langosta roja, *Panulirus interruptus* (Randall), en la

- costa oeste central de la península de Baja California, México. **Ciencia Pesquera** (4): 33-48.
- Ayala-Martínez, Y. (1976). Aspectos biológicos de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1840), del área comprendida entre Punta Malarrimo y La Lobera (5 km al sur de Punta Eugenia, B.C.). **Mem. 1er Simp. Nal. Recursos Pesqueros Masivos de México. Vol. Especial Abulón/Langosta II. Subsec. de Pesca, Inst. Nal. de Pesca.** Sept. 28-30, 1976, pp. 37-73.
- Ayala-Martínez, Y., Pineda, B.J. y Guzmán del Prío, S. (1973). Explotación de langosta roja en el estado de Baja California durante la temporada 1971-1972. Análisis de la composición por talla de la captura comercial. En: **Informe Técnico Abulón/Langosta, Inst. Nal. de Pesca, México**, 5 pp.
- Ayala-Martínez, Y., Pineda B.J. y Díaz de León, A.J. (1976). Análisis comparativo de las temporadas de pesca 1971, 1972 y 1972-1973 de langosta roja *Panulirus interruptus* registrada en Baja California Norte. En: **Mem. 1er Simp. Nal. Recursos Pesqueros Masivos de México. Vol. Especial Abulón/Langosta I. Subsec. de Pesca, Inst. Nal. de Pesca.** Sept. 28-30, 1976, pp. 103-144.
- Ayala-Martínez, Y., González-Avilés, J.G. y Espinoza-Castro, G. (1988). Biología y pesca de langosta en el Pacífico mexicano. En: **Los recursos pesqueros del país.** Secretaría de Pesca, México, DF, pp. 251-286.
- Barroso-Fernandes, L.M. (1971). Sobre la alimentacao da langosta *Panulirus argus* (Latr.) 1804 (Crustacea, Reptantia). **Comisión Asesora de Pesca para et Atlantica Sudoccidental (CARPAS), 5a Ses. Mar del Plata Doc. CARPAS/5/D.** Tec. 31.
- Belmar-Pérez, J. (1988). Estudio preliminar sobre la biología reproductiva y aspectos ecológicos de *Astraea undosa* Wood, 1828 (Mollusca, Gastropoda: Turbinidae). Tesis de licenciatura, **ENCB-IPN, México**, pp. 7-9.
- Brusca, R.C. (1973). **Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California**, 2nd ed. University of Arizona Press, Tucson, 427 pp.
- Carlberg, J.M. and Ford, R.F. (1977). Food preferences, feeding activity patterns, and potential competition between *Homarus americanus*, *Panulirus interruptus* and *Cancer antennarius*. **Circ. CSIRO, Div. Fish. Oceanogr. (Aust.)**, pp. 7-23.
- Chapa, S.H. (1964). Contribución al conocimiento de la langosta del Pacífico mexicano y su pesquería. **Inst. Nal. Inv. Biol. Pesq., Secc. Ind. Com., Publ. 6**, pp. 1-68.
- Chittleborough, R.G. (1975). Environmental factors affecting growth and survival of juvenile western rock lobsters *Panulirus longipes* (Milne-Edwards). **Aust. J. Mar. Freshwater Res.**, 26: 177-196.
- Cobb, J.S. and Phillips, B.F. (1981). **The Biology and Management of Lobsters. Vol. II. Ecology and Management.** Academic Press, pp. 4-9, 78-96.
- Colinas-Sánchez, F. y Briones-Fourzán, P. (1990). Alimentación de las langostas *Panulirus guttatus* y *P. argus* (Latreille, 1804) en el Caribe mexicano. **An. Inst. Cienc. Mar y Limnol., UNAM**, 17(1): 89-106.
- Crawford, D.R. and De Smidth, W.J.J. (1922). The spiny lobster, *Panulirus argus*, of southern Florida. Its natural history and utilization. **Bull. U.S. Bur. Fish.**, 38: 281-310.
- Crisci, J.V. (1983). **Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica.** OEA, Washington, DC, pp. 51-69.
- Davis, G.E. (1977). Effects of recreational harvest on a spiny lobster, *Panulirus argus*, population. **Bull. Mar. Sci.**, 27(2): 223-236.
- Dexter, D. (1972). Molting and growth in laboratory reared phyllosomes of the California spiny lobster *Panulirus interruptus*. **Calif. Fish and Game**, 58(2): 107-115.
- Franco L., J., de la Cruz A., G., Cruz G., A., Rocha R., A., Navarrete S., N., Flores M., G., Kato M., E., Sánchez C., S., Abarca A., L.G., Bedia S., C.M. y Winfield A., I. (1985). **Manual de Ecología.** Ed. Trillas, México, pp. 101-127.

- Gracia, G.A. y Kensler, C.B. (1980). Las langostas de México: biología y pesquería. **An. Centro Cienc. Mar y Limnol., UNAM**, 7(2): 111-128.
- Guzmán del Próo, S.A. (1987). Ecología de comunidades bentónicas de Baja California. Informe técnico de avance No. 2, **ENCB-IPN**, México.
- Guzmán del Próo, S.A. (1994). Biología, ecología y dinámica de población del abulón (*Haliotis* spp.) de Baja California, México. Tesis de doctorado, **ENCB-IPN**, México, pp. 171-177.
- Guzmán del Próo, S.A. y Pineda, B.J. (1992). Análisis poblacional de la pesquería de langosta roja (*Panulirus interruptus*, Randall, 1840) de 1971-1975 en la Bocana-Abreojos, B.C.S., México. En: S.A. Guzmán del Próo (ed.), **Memorias del Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos de Baja California**. La Paz, BCS, México, noviembre 25-29, 1991. Sec. Pesca/IPN, pp. 167-177.
- Guzmán del Próo, S.A., Mille P., S.R., Guadarrama G., R., de la Campa de G., S., Carrillo L., J., Pereira C., A., Belmar P., J., Parra A., M. de J. y Luque G., A.C. (1991). La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis* spp., Molusca: Gastropoda) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. **An. Esc. Nac. Cienc. Biol.**, México, 36: 27-59.
- Herrnkind, W.F., Vanderwalker, J. and Barr, L. (1975). Population dynamics, ecology and behaviour of spiny lobsters, *Panulirus argus*, of St John, US V.I. (IV). Habitation patterns of movement and general behaviour. In: S.A. Earl and R.J. Lavenberg (eds.), **Results of the Tektite Program: Coral Reef Invertebrates. Nat. History Museum of Los Angeles County Science Bull.**, 20: 31-45.
- Lindberg, R.G. (1955). Growth, population dynamics and field behaviour in the spiny lobster *Panulirus interruptus*. **Univ. Calif. Pub. Zool.**, 59: 157-248.
- Mitchell, J.R. (1971). Food preferences. Feeding mechanisms and related behaviour in the phyllosoma larvae of the California spiny lobster *Panulirus interruptus* (Randall). **Calif. Fish and Game**, 53(2): 121-131.
- Morris, R.H., Abbott, D.P. and Haderlie, E.C. (1980). **Intertidal Invertebrates of California**. Stanford University Press, Stanford, 690 pp.
- Munro (1974). The biology, ecology exploitation and management of Caribbean reef fishes. **Univ. West Indies Zool. Dept. Res. Rep.**, 3: 1-57.
- Osburn, R.C. (1950). Bryozoa of the Pacific Coast of America. Part I. Cheilostomata-Anasca. **Allan Hancock Pacific Expeditions**, 14(1): 1-269. University of Southern California Press, Los Angeles.
- Osburn, R.C. (1952). Bryozoa of the Pacific Coast of America. Part 2. Cheilostomata-Ascophora. **Allan Hancock Pacific Expeditions**, 14(2): 271-611. University of Southern California Press, Los Angeles.
- Pineda, B.J., Díaz-de-León, A.J. y López, S.F. (1976). Principales áreas de pesca de langosta en la costa occidental de la península de Baja California. **Mem. Simp. Recursos Pesqueros Masivos de México. Vol. Especial Abulón/Langosta I**. Sept. 28-30, 1976, pp. 1-35.
- Pineda, B.J., Díaz de León, A.J. y Uribe, O.F. (1981). Fecundidad de la langosta roja *Panulirus interruptus* (Randall, 1842) en Baja California. **Ciencia Pesquera**, 1(1): 99-118.
- Ramírez Granados, R. (1958). Aspectos biológicos y económicos de la pesquería de la sardina *Sardinops caerulea* (Girard, 1854) en aguas mexicanas del Pacífico. **Sría. de Marina, Dir. Gral. Pesca e Ind. Conexas**, pp. 72-79.
- Secretaría de Pesca (1985-1991). **Anuario estadístico de pesca**. Dir. Gral. de Inf. Estadística y Documentación, Sría. de Pesca, México.
- Scheffler, W.C. (1981). **Bioestadística**. Fondo Educativo Interamericano S.A., pp. 84-89.
- Smith, R.I. and Carlton, J.T. (1975). **Lights Manual: Intertidal Invertebrates of the Central California Coast**, 3rd ed. University of California Press, pp. 33-637.

- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. (1980). **Introducción a la bioestadística**. Ed. Reverté S.A., España, pp. 130-212.
- Vega, A. y Lluch-Cota, D. (1992). Análisis de las fluctuaciones en los volúmenes de captura de langosta en las principales áreas de pesca de Baja California Sur y su relación con factores ambientales durante el periodo 1970-1991. En: S.A. Guzmán del Prío (ed.), **Memorias del Taller México-Australia sobre reclutamiento de recursos bentónicos de Baja California**. La Paz, BCS, México, noviembre 25-29, 1991. Sec. Pesca/IPN, pp. 191-212.
- Yáñez-Arancibia, A., Curiel-Gómez, J. y de Yáñez, V.L. (1976). Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther) en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pisces: Ariidae). **An. Centro Cienc. Mar y Limnol., UNAM**, 3(1): 125-180.