

CONTENIDOS ESTOMACALES DE DOS PECES PLANCTÍVOROS DEL GOLFO DE CALIFORNIA DURANTE EL VERANO DE 1991

STOMACH CONTENTS OF TWO PLANKTIVOROUS FISHES OF THE GULF OF CALIFORNIA DURING SUMMER 1991

Raúl E. Molina
Fernando A. Manrique*

Departamento de Ciencias Marinas
Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas
Bahía de Bacochibampo s/n, Fracc. Lomas de Cortés
Apartado postal 484
Guaymas, Sonora, CP 85400, México

Recibido en mayo de 1996; aceptado en noviembre de 1996

RESUMEN

Se examinaron contenidos estomacales y aparatos filtradores de ejemplares adultos de sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*) y sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), recolectados en el Golfo de California, con el fin de describir su alimentación. Ambas especies son filtradores omnívoros que presentan un espectro trófico amplio, mostrando índices de selectividad elevados hacia algunos grupos planctónicos, siendo la frecuencia de éstos directamente proporcional a su abundancia en el plancton. El traslapeo por alimento, tanto en número como en volumen, fue alto entre las dos especies. Los adultos de ambas especies presentan espacios interbranquiespinales muy reducidos, en comparación con los individuos de menor tamaño, siendo éstos de 90.20 a 96.50 μm para la sardina monterrey y de 60.60 a 62.50 μm para la sardina crinuda. Esta morfología del aparato filtrador se refleja en un mayor consumo de microplancton durante las fases adultas. Los taxa más importantes en la dieta de ambas especies fueron *Planktoniella sol* y *Coscinodiscus* sp. (Bacillariophyceae), *Peridinium* sp. (Dinophyceae), con tamaños que variaron entre 75 y 150 μm , así como *Calanus* sp. (Copepoda), con tallas variables entre 700 y 1,500 μm .

Palabras clave: sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*), sardina crinuda (*Opisthonema libertate*), contenidos estomacales, hábitos alimenticios, Golfo de California.

ABSTRACT

Stomach contents and filtering apparatus of adult specimens of Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) and Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*) from the Gulf of California were examined, in order to describe their feeding habits. Both species are omnivorous filter-feeders that present a wide trophic spectrum, showing high selectivity index values for some planktonic groups, whose frequency was directly proportional to their abundance in the plankton. The food overlap, in number as well as in volume, was found to be high between both species. The adults, compared to smaller-sized individuals, present very reduced gill raker gaps, of 90.20 to 96.50 μm for Pacific sardine and 60.60 to 62.50 μm for Pacific thread herring. This morphology of the filtering apparatus is reflected in a higher consumption of microplankton during the adult phase. The most important taxa in

* Dirección actual: Centre d'Océanologie de Marseille, Station Marine d'Endoume, Chemin de la Batterie des Lions, 13007 Marseille, Francia.

the diet of both species were *Planktoniella sol* and *Coscinodiscus* sp. (Bacillariophyceae), *Peridinium* sp. (Dinophyceae), with sizes that ranged from 75 to 150 μm , as well as *Calanus* sp. (Copepoda), with variable sizes between 700 and 1,500 μm .

Key words: Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*), Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*), stomach contents, feeding habits, Gulf of California.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de California tiene una gran importancia como zona de pesca; entre 1993 y 1995 aportó, en promedio, el 50% de la captura mexicana en biomasa (SEMARNAP, 1996). Esta producción se debe principalmente a las elevadas tasas de productividad fitoplanctónica de esta zona (Valdez-Holguín y Lara-Lara, 1987; Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994).

Los pelágicos menores son uno de los recursos pesqueros de mayor importancia en el Golfo, en términos biológico-pesqueros. Éstos incluyen a las sardinias monterrey (*Sardinops caeruleus* Girard, 1854), crinuda (*Opisthonema libertate* Günther, 1867; *O. medirastre* Berry y Barrett, 1963; *O. bulleri* Regan, 1904), japonesa (*Etrumeus teres* De Kay, 1842) y bocona (*Cetengraulis mysticetus* Günther, 1867); a la anchoveta (*Engraulis mordax* Girard, 1856); a la piña (*Oligoplites refulgens* Gilbert y Starks, 1904 y *O. saurus* Bloch y Schneider, 1801); y a la macarela (*Scomber japonicus*) (Smith-Vaniz y Staiger, 1973; Collette y Nauen, 1983; Whitehead, 1985; Hammann y Cisneros-Mata, 1989). La talla comercial de estas especies está comprendida entre 90 y 300 mm. Los individuos de estas especies forman cardúmenes compactos y constituyen una de las principales fuentes de proteína en los mares tropicales y subtropicales. Su uso es para el consumo humano, producción de alimentos para animales y en la producción de fertilizantes (Blaxter y Hunter, 1982; Whitehead, 1985).

Los estudios de hábitos alimenticios y de ecología trófica cuantitativa de estos peces son escasos para el Golfo de California. Los primeros estudios publicados, muy descriptivos, son los de Wong (1974). En la presente década, los estudios cuantitativos han cobrado mayor importancia (López-Martínez, 1991; Jacob-Cervantes *et al.*, 1992; Molina-Ocampo, 1993;

INTRODUCTION

The Gulf of California, as an integral fishery area, is of the utmost importance for Mexico. Between 1993 and 1995, this region contributed, on average, 50% of the national fish catches (SEMARNAP, 1996). This is due to the high productivity rates in the gulf (Valdez-Holguín and Lara-Lara, 1987; Santamaría-del Ángel *et al.*, 1994).

The small pelagic fishes are one of the most important fishery resources in the gulf. These include the Pacific sardine (*Sardinops caeruleus* Girard, 1854), the Pacific thread herring (*Opisthonema libertate* Günther, 1867; *O. medirastre* Berry and Barrett, 1963; *O. bulleri* Regan, 1904), the round herring (*Etrumeus teres* De Kay, 1842), the anchovies (*Engraulis mordax* Girard, 1856 and *Cetengraulis mysticetus* Günther, 1867), the leatherjacket (*Oligoplites refulgens* Gilbert and Starks, 1904 and *O. saurus* Bloch and Schneider, 1801), and the Pacific mackerel (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782) (Smith-Vaniz and Steiger, 1973; Collette and Nauen, 1983; Whitehead, 1985; Hammann and Cisneros-Mata, 1989). The commercial size of these species ranges from 90 to 300 mm. The individuals of these species form compact fish schools, and their fishery constitutes one of the main protein resources in tropical and subtropical seas. They are used for human consumption, the production of animal food and fertilizers (Blaxter and Hunter, 1982; Whitehead, 1985).

Studies on the quantitative trophic ecology and feeding habits of these fishes are scarce and discontinuous for the Gulf of California. The first, very descriptive, studies published were those of Wong (1974). In the present decade, the importance of quantitative studies has increased (López-Martínez, 1991; Jacob-Cervantes *et al.*, 1992; Molina-Ocampo, 1993;

Molina y Manrique, 1994, 1995; Molina *et al.*, 1996).

Este trabajo tiene el propósito de aportar nueva información sobre la alimentación y solapamiento en la dieta de dos especies de alto valor económico en el Golfo de California: las sardinas monterrey y crinuda.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Se recolectaron ejemplares de sardinas monterrey (*Sardinops caeruleus*) y crinuda (*Opisthonema libertate*) en capturas comerciales realizadas en tres localidades del Golfo de California (fig. 1), a bordo de un barco cerquero dotado de un ecolocalizador. Los muestreos se realizaron durante el mes de junio de 1991. Simultáneamente, se recolectaron muestras de plancton en trayectos verticales ($n = 12$), empleando una red estándar de 100 μm de luz de malla. Los trayectos se realizaron desde la profundidad del cardumen, determinada por eco-registro, hasta la superficie.

Para evitar la degradación de los contenidos estomacales, se fijó la región abdominal de los peces inmediatamente después de su captura, usando 10% (v/v) de formalina neutralizada con borato de sodio (FNBS), solubilizada con agua potable. Las muestras de plancton se colocaron en botellas de plástico y se fijaron con 4% FNBS.

Análisis de muestras

En el laboratorio, los peces se disectaron siguiendo las técnicas de Hyslop (1980) y Amezaga-Herrán (1988). Los contenidos estomacales, recuperados y homogeneizados en cajas petri con 4% FNBS, se revisaron con un microscopio estereoscópico en aumentos de 6 \times a 40 \times . Los grupos componentes de la dieta fueron identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible. El número mínimo de estómagos examinados, para que los datos fueran representativos, se calculó con el método gráfico de Pielou (Hoffman, 1979): el tamaño mínimo de muestra se considera como el punto en el cual el número acumulado de grupos componentes de

Molina and Manrique, 1994, 1995; Molina *et al.*, 1996).

The purpose of this paper is to provide new information about the feeding and food overlap of two highly valuable fishes of the Gulf of California: the Pacific sardine and the Pacific thread herring.

MATERIAL AND METHODS

Sampling

Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*) and thread herring (*Opisthonema libertate*) specimens were collected from commercial catches at three sites of the Gulf of California (fig. 1), during June 1991, on board a sardine purse seiner equipped with acoustic devices. Simultaneously, plankton samples were collected by means of vertical hauls ($n = 12$), using a standard net of 100- μm mesh opening. The beginning haul depths were made at fish school depths, registered by ecosounding, and the hauls were led up to the surface.

The abdominal region of the fish was fixed immediately after being caught, using 10% (v/v) formaline and tap water, neutralized with sodium borate (FNSB), so as to avoid spoilage. The plankton samples were fixed with a 4% FNSB solution and stored in plastic bottles.

Biological analysis

In the laboratory, fishes were dissected following the techniques of Hyslop (1980) and Amezaga-Herrán (1988). Stomach contents, recovered and homogenized in petri dishes with 4% FNSB, were examined by means of a stereoscopic microscope at 6 \times and 40 \times resolution. The food items were identified until the lowest possible taxonomic level. The minimum number of stomachs examined, so that the data were representative, was calculated by Pielou's graphic method (Hoffman, 1979): The minimum sample size is considered as the point in which the accumulated number of food items ceases to grow according to the number of stomachs examined ($P < 0.01$).

The first branchial arch was also removed from ten specimens of each species in order to

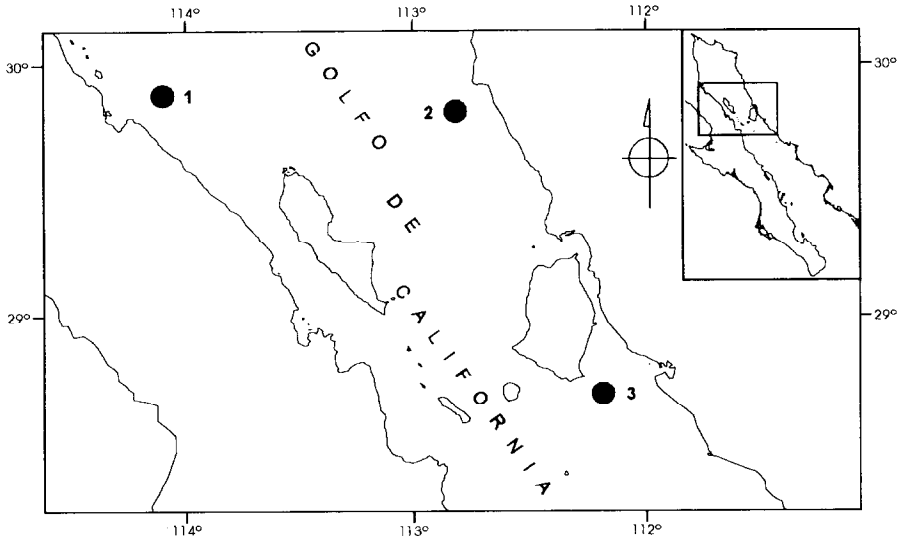


Figura 1. Localidades de recolección en el Golfo de California: 1 y 3, sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*); 2, sardina crinuda (*Opisthonema libertate*).

Figure 1. Sampling localities in the Gulf of California: 1 and 3, Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*); 2, Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*).

la dieta deja de crecer con el número de estómagos examinados ($P < 0.01$).

También se extrajo el primer arco branquial de 10 ejemplares de cada especie para realizar conteos y mediciones de branquiespinas en el segmento ceratobranquial.

Las muestras de plancton se examinaron siguiendo las técnicas de Guillard (1978). Se utilizó un microscopio de campo claro con aumentos de 10× a 100×. Las mediciones de los taxa, previamente identificados, se realizaron con un micrómetro ocular calibrado (sensibilidad de 0.01 mm) y el volumen, en milímetros cúbicos de esos taxa, se obtuvo empleando ecuaciones estereométricas (Molina-Ocampo, 1993).

Análisis de datos

Para analizar y describir la alimentación con base en el estudio de contenidos estomacales, se utilizaron las frecuencias numéricas y volumétricas de cada grupo alimenticio (Hyslop, 1980).

Para evaluar la selectividad alimenticia, se utilizó el índice de Jacobs (Lawlor, 1980):

count and measure gill rakers in the ceratobranquial segment.

Plankton samples were examined according to the techniques of Guillard (1978). A light field microscope with 10× to 100× resolution was used. The measurements of the taxa, previously identified, were made with a calibrated ocular micrometer (0.01 mm sensitivity), and the volume, in cubic millimeters of those taxa, was obtained by applying stereometric equations (Molina-Ocampo, 1993).

Data analysis

In order to analyze and describe the feeding based upon the study of stomach contents, the numeric and volumetric frequencies of each food item were used (Hyslop, 1980).

To evaluate the food selectivity by fish, the Jacobs index (Lawlor, 1980) was used:

$$D_j = \frac{r_j - p_j}{(r_j + p_j) - 2(r_j \cdot p_j)}$$

where r_j is the numeric frequency of taxon j in the predator's stomach and p_j is the numeric

$$D_j = \frac{r_j - p_j}{(r_j + p_j) - 2(r_j \cdot p_j)}$$

donde r_j es la frecuencia numérica del taxón j en el estómago del depredador y p_j es la frecuencia numérica del taxón j en el plancton. Los valores del índice de Jacobs varían entre -1 , indicando incompatibilidad entre la presa j y el depredador, y $+1$, indicando selectividad hacia j . Los valores iguales o cercanos a cero indican selección azarosa.

El solapamiento en la dieta de ambas especies se calculó con el índice de MacArthur-Levins (Wallace, 1981):

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n (p_{ij} \cdot p_{kj})}{\sum_{j=1}^n (p_{ij})^2}$$

donde p_{xy} es la frecuencia (en número o volumen) de j que está presente en la dieta del depredador x (i y k , respectivamente); 0 indica que i y k utilizan diferentes recursos alimenticios y 1 indica que utilizan los mismos recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total, se revisaron los contenidos estomacales de 120 ejemplares adultos de peces: 80 de sardina monterrey y 40 de sardina crinuda. Ambas especies se encontraron a una profundidad promedio de 27 m y a una temperatura media de 23°C.

Ambas especies presentan un estómago dividido en dos cámaras: una superior (cardiaca) y otra inferior (pilórica). Esta última es del tipo molleja y presenta paredes gruesas con invaginaciones interiores. El grado de llenado estomacal fue mayor en la sardina monterrey que en la sardina crinuda (en promedio, 80.22% y 19.78%, respectivamente), debido a que el estómago de esta última especie se encuentra desprovisto de ciego gástrico, lo que se refleja en una baja capacidad de almacenamiento.

frecuencia de taxón j en el plancton. The values of the Jacobs index range from -1 , indicating incompatibility between prey j and predator, to $+1$, indicating selection towards j . Values similar or close to zero indicate a random selection.

The food overlap between both species was calculated with the MacArthur-Levins index (Wallace, 1981):

$$O_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^n (p_{ij} \cdot p_{kj})}{\sum_{j=1}^n (p_{ij})^2}$$

where p_{xy} is the frequency (either in number or volume) of j that is present in the stomach contents of predator x (i and k , respectively); 0 indicates that i and k use different food resources and 1 indicates that they use the same food resources.

RESULTS AND DISCUSSION

A total of 120 adult fishes were obtained: 80 of Pacific sardine and 40 of Pacific thread herring. Both species were found at an average depth of 27 m, moving within the 23°C isotherm.

Both species present a stomach divided into two chambers: a superior one (cardiac) and an inferior one (piloric). The latter is of the gizzard kind and has thick walls with interior invaginations. The degree of stomach fullness was higher for the Pacific sardine than for the Pacific thread herring (an average of 80.22% and 19.78%, respectively), due to the fact that the stomach of the latter species does not have a gastric caecum, which is reflected in a low storage capacity.

The food selectivity analysis indicates the importance of food items present in the diet in terms of their abundance and availability in the plankton (table 1, figs. 2-4). In conjunction, the diatoms *Planktoniella sol* and *Coscinodiscus* sp. and the dinoflagellate *Peridinium* sp. possess, in the three localities, the highest

Tabla 1. Valores del índice de selectividad de Jacobs (D_j) para los tres grupos de peces por localidad en el Golfo de California: 1 y 3, sardina monterrey (*Sardinops caeruleus*); 2, sardina crinuda (*Opisthonema libertate*).

Table 1. Values of the Jacobs (D_j) index of selectivity for the three fish groups by locality in the Gulf of California: 1 and 3, Pacific sardine (*Sardinops caeruleus*); 2, Pacific thread herring (*Opisthonema libertate*).

Grupos alimenticios	1	2	3
Fitoplancton			
<i>Planktoniella sol</i>	0.67	1.00	1.00
<i>Asterionella</i> sp.		-1.00	0.22
<i>Thalassionema</i> sp.	-1.00		-0.19
<i>Dytilum</i> sp.	-0.65		
<i>Dyctiocha</i> sp.	1.00		1.00
<i>Chaetoceros</i> sp.			-1.00
<i>Coscinodiscus</i> sp.	0.53	0.64	0.87
<i>Peridinium</i> sp.	1.00	1.00	0.29
<i>Ceratium</i> sp.	-0.14	-1.00	-0.46
Zooplancton			
<i>Calanus</i> sp.	-0.03	-0.53	-0.87
<i>Acartia</i> sp.	-0.03		
<i>Evadne</i> sp.		0.57	1.00
<i>Penilia avirostris</i>	-0.38		
<i>Oikopleura</i> sp.	-0.37		
<i>Penaeus</i> sp. (larvas)		1.00	1.00
Poliquetos (larvas)	0.78	1.00	
Sifonóforos		1.00	1.00
Braquiuros (larvas)			-1.00
Gastrópodos (larvas)			1.00
Huevos de invertebrados	0.68	1.00	1.00
Huevos de peces		-1.00	

El análisis de selectividad por alimento indica la importancia de grupos alimentarios presentes en la dieta en función de su abundancia y disponibilidad en el plancton (tabla 1, figs. 2-4). Las diatomeas *Planktoniella sol* y *Coscinodiscus* sp., junto con el dinoflagelado *Peridinium* sp. poseen, en las tres localidades, los valores más altos del índice de Jacobs (D_j). Para el zooplancton, el cladóceros *Evadne* sp., larvas de camarones del género *Penaeus* y huevos de invertebrados de varias especies poseen, también, los valores más altos del D_j .

El análisis del solapamiento en la dieta indica el grado de utilización de recursos

values of the Jacobs index. For the zooplankton, the cladoceran *Evadne* sp., shrimp larvae of the genus *Penaeus* and eggs of invertebrates of at least three species, possess the highest values.

The food overlap analysis indicates the degree of similarity of the diet among the three groups of fishes. The results indicate that, generally, there is a higher overlap in the volume of food items than in the number, which is clearly reflected between groups A-C and B-C (fig. 5).

The morphometric analysis of the first branchial arch indicates that the Pacific sardine

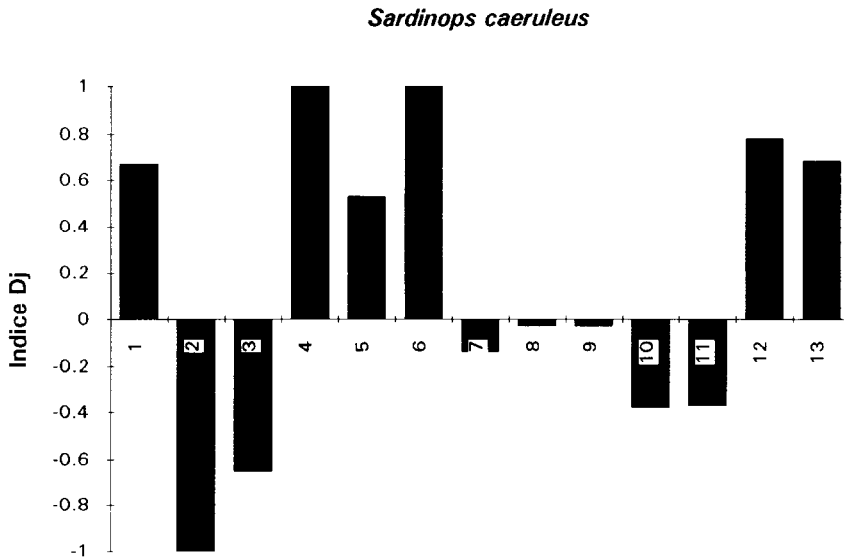


Figura 2. Índice de selección de Jacobs (D_j) para *Sardinops caeruleus* (localidad 1). 1 = *Planktoniella sol.*, 2 = *Thalassionema* sp., 3 = *Dytilum* sp., 4 = *Dyctiocha* sp., 5 = *Coscinodiscus* sp., 6 = *Peridinium* sp., 7 = *Ceratium* sp., 8 = *Calanus* sp., 9 = *Acartia* sp., 10 = *Penilia avirostris*, 11 = *Oikopleura* sp., 12 = larvas de poliquetos, 13 = huevos de invertebrados.

Figure 2. Jacobs (D_j) index of selectivity for *Sardinops caeruleus* (locality 1). 1 = *Planktoniella sol.*, 2 = *Thalassionema* sp., 3 = *Dytilum* sp., 4 = *Dyctiocha* sp., 5 = *Coscinodiscus* sp., 6 = *Peridinium* sp., 7 = *Ceratium* sp., 8 = *Calanus* sp., 9 = *Acartia* sp., 10 = *Penilia avirostris*, 11 = *Oikopleura* sp., 12 = polychaete larvae, 13 = invertebrate eggs.

alimentarios entre los tres grupos de peces de las localidades muestreadas. Los resultados indican que, en general, existe mayor solapamiento en el volumen de las presas que en su abundancia numérica, lo que se refleja claramente entre los grupos A-C y B-C (fig. 5).

El análisis morfométrico del primer arco branquial indica que la sardina monterrey presenta espacios interbranquiespinales que varían entre 90.20 y 96.50 μm (media = 93.22, DE = 1.88, $n = 23$), mientras que la sardina crinuda presenta valores que varían entre 60.60 y 62.50 μm (media = 61.51, DE = 0.56, $n = 25$). Estos datos resultan importantes, dado que indican que la sardina crinuda puede ingerir presas de menor tamaño y, en consecuencia, tiene un espectro trófico con mayor carga microplancónica (Jacob-Cervantes *et al.*, 1992).

Las observaciones microscópicas de las branquiespinas muestran que, en la sardina monterrey, están presentes denticulos margina-

presenta gill raker gaps that range from 90.20 to 96.50 μm (mean = 93.22, SD = 1.88, $n = 23$); the Pacific thread herring shows values that range from 60.60 to 62.50 μm (mean = 61.51, SD = 0.56, $n = 25$). These data prove to be important, since they indicate that the Pacific thread herring can ingest smaller-sized prey and, consequently, has a wider trophic spectrum with a higher composition of microplankton (Jacob-Cervantes *et al.*, 1992).

The microscopic observations of the gill rakers show that, in the Pacific sardine, marginal denticles are present, which reduce the gill raker gaps considerably, whereas in the Pacific thread herring, these are missing. They are, however, present in the two other sympatric species of the eastern Pacific: *Opisthonema medirastre* and *O. bulleri* (Berry and Barrett, 1963; Rodríguez-Sánchez, 1989). It has been shown that these accessory structures in the gill rakers of filter-feeding fishes are fundamentally

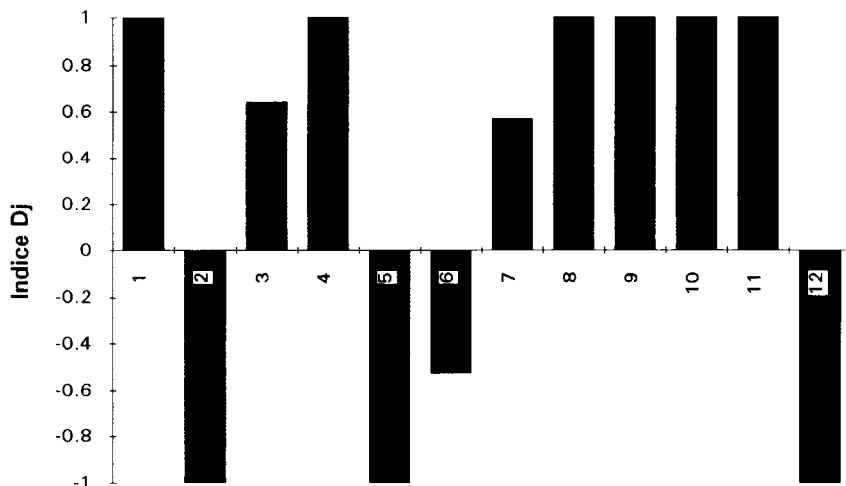
Opisthonema libertate

Figura 3. Índice de selección de Jacobs (D_j) para *Opisthonema libertate* (localidad 2). 1 = *Planktoniella sol*, 2 = *Asterionella* sp., 3 = *Coscinodiscus* sp., 4 = *Peridinium* sp., 5 = *Ceratium* sp., 6 = *Calanus* sp., 7 = *Evadne* sp., 8 = *Penaeus* sp., 9 = larvas de poliquetos, 10 = sifonóforos, 11 = huevos de invertebrados, 12 = huevos de teleósteos.

Figure 3. Jacobs (D_j) index of selectivity for *Opisthonema libertate* (locality 2). 1 = *Planktoniella sol*, 2 = *Asterionella* sp., 3 = *Coscinodiscus* sp., 4 = *Peridinium* sp., 5 = *Ceratium* sp., 6 = *Calanus* sp., 7 = *Evadne* sp., 8 = *Penaeus* sp., 9 = polychaete larvae, 10 = siphonophores, 11 = invertebrate eggs, 12 = teleost eggs.

les que reducen considerablemente el espacio interbranquiespinal, mientras que en la sardina crinuda, estos denticulos están ausentes; sin embargo, están presentes en las otras dos especies simpátricas del Pacífico oriental: *Opisthonema medirastre* y *O. bulleri* (Berry y Barrett, 1963; Rodríguez-Sánchez, 1989). Se ha demostrado que estas estructuras accesorias en las branquiespinas de peces filtroalimentadores, son estratégicas para la retención del alimento y dictan virtualmente los tamaños mínimos de partículas que pueden ser consumidas (Friedland, 1985).

El análisis general de los contenidos estomacales de estas sardinias indica que ambas son omnívoras facultativas, que utilizan en mayor proporción la alimentación por filtración que por partícula. Este comportamiento ya había sido reportado previamente para la sardina del Pacífico de Norteamérica, *S. caeruleus* (Radovich, 1952; Hand y Berner, 1959), pero no para la población del Golfo de California

strategic for the retention of food and, therefore, they dictate the minimum particle size which can be consumed (Friedland, 1985).

The general stomach contents analysis of these sardinias indicates that both are facultative omnivores, using mostly filter-feeding instead of particulate-feeding. This behaviour has been previously reported for the Californian population of Pacific sardine, *S. caeruleus* (Radovich, 1952; Hand and Berner, 1959), but not for the Gulf of California populations (Molina-Ocampo, 1993). Recent studies (López-Martínez, 1991; Jacob-Cervantes *et al.*, 1992) have shown that, during the growth phase, the diet of both species (*S. caeruleus* and *O. libertate*) is composed mainly of diatoms and then zooplankton; moreover, they are particle-size selected. This pattern was also observed in the present study; however, the "selectivity" was based on frequency and availability of prey in the plankton, rather than on size.

Sardinops caeruleus

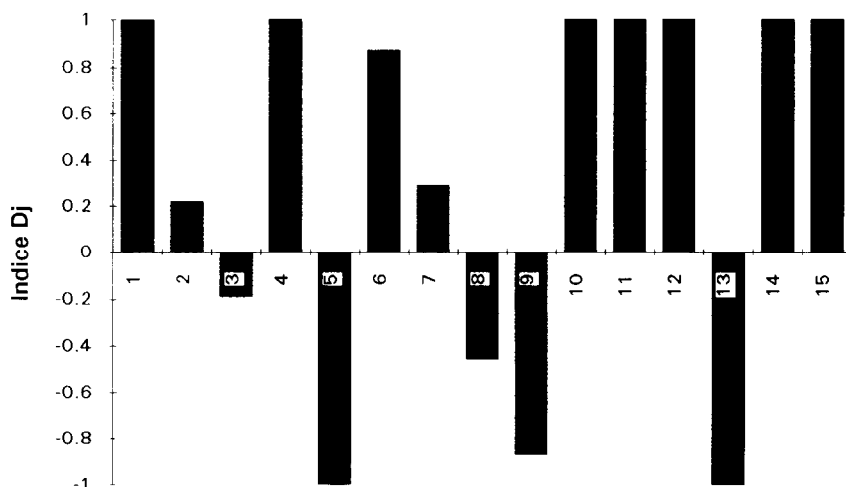


Figura 4. Índice de selección de Jacobs (D_j) para *Sardinops caeruleus* (localidad 3). 1 = *Planktoniella sol.*, 2 = *Asterionella* sp., 3 = *Thalassionema* sp., 4 = *Dyctiocha* sp., 5 = *Chaetoceros* sp., 6 = *Coscinodiscus* sp., 7 = *Peridinium* sp., 8 = *Ceratium* sp., 9 = *Calanus* sp., 10 = *Evadne* sp., 11 = *Penaeus* sp., 12 = sifonóforos, 13 = larvas de braquiuros, 14 = larvas de gastrópodos, 15 = huevos de invertebrados.

Figure 4. Jacobs (D_j) index of selectivity for *Sardinops caeruleus* (locality 3). 1 = *Planktoniella sol.*, 2 = *Asterionella* sp., 3 = *Thalassionema* sp., 4 = *Dyctiocha* sp., 5 = *Chaetoceros* sp., 6 = *Coscinodiscus* sp., 7 = *Peridinium* sp., 8 = *Ceratium* sp., 9 = *Calanus* sp., 10 = *Evadne* sp., 11 = *Penaeus* sp., 12 = siphonophores, 13 = brachyuran larvae, 14 = gastropod larvae, 15 = invertebrate eggs.

(Molina-Ocampo, 1993). Estudios recientes (López-Martínez, 1991; Jacob-Cervantes *et al.*, 1992) han demostrado que en la fase de crecimiento, las dos especies (*S. caeruleus* y *O. libertate*) componen su dieta principalmente de diatomeas, seguidas de zooplankton, con elevados índices de selectividad por tamaño de partícula. Este patrón también fue observado en este estudio; sin embargo, la "selectividad" hacia determinadas presas se presentó en función de su abundancia y disponibilidad en el plancton, no tanto por su tamaño.

En la fase adulta de ambas especies, los espacios interbranquiespinales del aparato filtrador son más reducidos que en estadios tempranos o subadultos (López-Martínez, 1991; Molina-Ocampo, 1993), teniendo los adultos una dieta compuesta totalmente de microplancton retenido por filtración.

During the adult phase of both species, the gill raker gaps of the filtering apparatus are more reduced than in the early or sub-adult phase (López-Martínez, 1991; Molina-Ocampo, 1993), and adults rely on a diet made up totally of filter-retained microplankton.

The selectivity indexes indicate that the abundance of a given prey in the stomach contents is more related to its frequency and abundance in the plankton than to its size; for example, the central diatoms with an average diameter of 150 μm are the most abundant taxa in the plankton and, consequently, they are also the most consumed.

In localities 1 and 3, typically the Pacific sardine samples, diatoms of the *Coscinodiscus* genus and several other zooplankton groups were the most important prey in the diet of this species. On the other hand, in locality 2, the

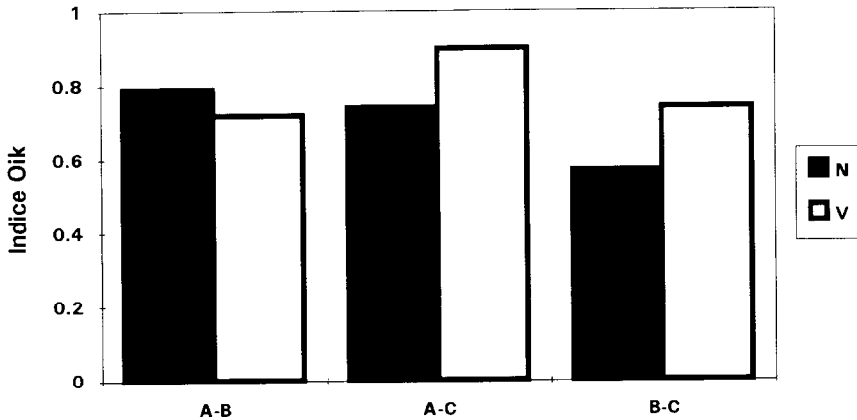


Figura 5. Índice de MacArthur-Levins (O_{ik}) para solapamiento en la dieta entre los tres grupos de sardina. A y C, *Sardinops caeruleus* de las localidades 1 y 3; B, *Opisthonema libertate* de la localidad 2. N, en número; V, en volumen.

Figure 5. MacArthur-Levins (O_{ik}) food overlap index of the fish groups. A and C, *Sardinops caeruleus* (localities 1 and 3); B, *Opisthonema libertate* (locality 2). N, in number; V, in volume.

Los índices de selectividad indican que la abundancia de una determinada presa en los contenidos estomacales de estos peces, depende más de su abundancia y disponibilidad en el plancton que de su tamaño; por ejemplo, las diatomeas centrales con tamaños promedio de 150 μm fueron las taxa más abundantes en el plancton y, como consecuencia, los de mayor consumo por los peces.

En las muestras de las localidades 1 y 3, representadas por la sardina monterrey, las diatomeas del género *Coscinodiscus* y varios grupos del zooplancton fueron las presas más importantes en la dieta de esta especie; sin embargo, en la localidad 2, representada por la sardina crinuda, no parecen existir grupos preferenciales, por lo que la dieta de esta especie puede ser considerada como más uniforme, con baja dominancia y alta diversidad.

No se encontraron diferencias significativas en la utilización de recursos alimenticios. Por los valores de solapamiento en la dieta muy cercanos a 1, se puede inferir que existe una relación competitiva entre ambas especies, ya que son simpátricas y coexisten en los mismos ambientes dentro del Golfo de California.

De igual manera, no se puede descartar la posibilidad de que exista canibalismo de los

Pacific thread herring samples do not show any preference. Therefore, the diet of this last species can be considered more uniform, with low dominance and high diversity.

No significant differences were found in the utilization of food resources. For overlap values near to 1, the inference of a competitive relationship between both species can be made, as they are sympatric and coexist in the same environments within the Gulf of California.

It is not possible to discard the possibility of cannibalism of adults toward early stages (eggs and larvae); this would have ecological consequences that may partially explain the oscillations of these populations.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study belongs to the research project "Epipelagic community of the central Gulf of California: trophic ecology and system analysis", sponsored by the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (500186-5-1748N). We would like to thank Horacio Martínez, Juana López and Ubaldo Benitez (ITESM, Guaymas Campus), and Miguel A. Cisneros (CRIP Guaymas), who kindly contributed to this study with their

individuos adultos sobre sus estadios tempranos (huevos y larvas), lo que tendría implicaciones ecológicas que podrían explicar, en parte, las oscilaciones de estas poblaciones.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es parte del proyecto "Comunidad epipelágica de la región central del Golfo de California: ecología trófica y análisis del sistema", financiado por el CONACYT (500186-5-1748N). Agradecemos la ayuda de Horacio Martínez, Juana López y Ubaldo Benítez (ITESM, Campus Guaymas) y de Miguel A. Cisneros (CRIP Guaymas). Asimismo, agradecemos la tripulación del cerquero *Pescador II* de Guaymas las facilidades para realizar las recolecciones del material biológico.

REFERENCIAS

- Amezaga-Herrán, R.H. (1988). Análisis de los contenidos estomacales en peces: revisión bibliográfica de los objetivos y la metodología. *Inf. Tec. Inst. Esp. Oceanogr.*, 63: 1-74.
- Berry, F.H. and Barrett, I. (1963). Gillraker analysis and speciation in the thread herring genus *Opisthonema*. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, 7: 113-190.
- Blaxter, J.H.S. and Hunter, J.R. (1982). The biology of the clupeoid fishes. *Adv. Mar. Biol.*, 20: 1-223.
- Collette, B.B. and Nauen, C.E. (1983). *FAO Species Catalogue. Vol. 2. Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date.* *FAO Fish. Synop.*, 2: 137 pp.
- Friedland, K.D. (1985). Functional morphology of the branchial basket structures associated with feeding in the Atlantic menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Pisces: Clupeidae). *Copeia*, 1985: 1018-1027.
- Guillard, R.R.L. (1978). Separating phytoplankton components. In: A. Sourmia (ed.), *Phytoplankton Manual*. UNESCO, London, 328 pp.
- Hammann, M.G. and Cisneros-Mata, M.A. (1989). Range extension and commercial capture of the northern anchovy, *Engraulis mordax* Girard, in the Gulf of California, Mexico. *Calif. Fish and Game*, 75: 49-53.
- Hand, C.H. and Berner, L. (1959). Food of the Pacific sardine (*Sardinops caerulea*). *Fish. Bull.*, 60: 175-184.
- Hoffman, M. (1979). The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. In: S.J. Lipovsky and C.A. Simenstad (eds.), *Gutshop '78 Fish Food Habits Studies. Proceedings of the Second Pacific Northwest Technical Workshop*. October 10-13, 1978. Maple Valley, Washington, pp. 56-61.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.
- Jacob-Cervantes, M., Gallardo-Cabello, M., Chiappa-Carrara, X. y Rufz-Luna, A. (1992). Régimen alimentario de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de California. *Rev. Biol. Trop.*, 40: 233-238.
- Lawlor, L.R. (1980). Overlap, similarity and competition coefficients. *Ecology*, 6: 245-251.
- López-Martínez, J. (1991). Alimentación de juveniles y adultos de sardina monterrey *Sardinops sagax caeruleus* (Girard) en el norte de Isla Tiburón durante invierno de 1990. Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, BC, México, 127 pp.
- Molina-Ocampo, R.E. (1993). Hábitos alimenticios de peces pelágicos menores de importancia comercial del Golfo de California, México. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guaymas, Sonora, México, 107 pp.
- Molina, R.E. y Manrique, F.A. (1994). Aplicación de dos nuevos índices numéricos a la ecología alimenticia de tres Clupeiformes del Golfo de California. *Rev. Univ. Cienc.*, 11: 37-42.

English translation by the authors.

- Molina, R.E. and Manrique, F.A. (1995). Note on the food of leatherjacket, *Oligoplites refulgens*, in the Golfo de California. *Inv. Mar. CICIMAR*, 10: 55-57.
- Molina, R.E., Manrique, F.A. and Velasco, H.E. (1996). Filtering apparatus and feeding of the Pacific mackerel, *Scomber japonicus*, in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.*, 37: 251-256.
- Radovich, J. (1952). Food of the Pacific sardine, *Sardinops caerulea*, from central Baja California and southern California. *Calif. Fish and Game*, 38: 575-585.
- Rodríguez-Sánchez, R. (1989). Taxonomía de las especies del género *Opisthonema* (sardina crinuda) en el noroeste de México. Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, La Paz, BCS, México, 101 pp.
- Santamaría-del Ángel, E., Álvarez-Borrego, S. and Müller-Karger, F.E. (1994). Gulf of California biogeographic regions based on coastal zone color scanner imagery. *J. Geophys. Res.*, 99: 7411-7421.
- SEMARNAP (1996). Sistema Nacional de Información Pesquera. Subsecretaría de Pesca. Dirección de Estadística y Registro Pesqueros. Edición para Internet. México, DF.
- Smith-Vaniz, W.F. and Staiger, J.C. (1973). Comparative revision of *Scomberoides*, *Oligoplites*, *Parona*, and *Hypacanthus*, with comments on the phylogenetic position of *Campogramma* (Pisces: Carangidae). *Proc. Calif. Acad. Sci.*, 39: 185-256.
- Valdez-Holguín, J.E. y Lara-Lara, J.R. (1987). Productividad primaria en el Golfo de California: efectos del evento El Niño 1982-1983. *Ciencias Marinas*, 13(2): 34-50.
- Wallace, R.K. (1981). An assessment of diet-overlap indexes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110: 72-76.
- Whitehead, P.J.P. (1985). *FAO Species Catalogue. Clupeoid fishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies and wolf-herrings. Part 1. Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae.* *FAO Fish. Synop.*, 7: 1-303
- Wong, M. (1974). Biología de la sardina del Golfo de California (*Sardinops sagax caerulea*). *CalCOFI Rep.*, 47: 97-100.