

**OBSERVACIONES SOBRE LA ALIMENTACIÓN DEL TIBURÓN  
*Heterodontus francisci* GIRARD 1854 (CHONDRICHTHYES:  
HETERODONTIDAE), EN LAGUNA SAN IGNACIO,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**OBSERVATIONS ON THE FEEDING HABITS OF THE SHARK  
*Heterodontus francisci* GIRARD 1854 (CHONDRICHTHYES:  
HETERODONTIDAE), IN SAN IGNACIO LAGOON,  
BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO**

Julio César Segura-Zarzosa<sup>1</sup>  
Leonardo Andrés Abitia-Cárdenas<sup>2\*</sup>  
Felipe Galván-Magaña<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juárez del Edo. de Durango  
Av. Universidad s/n  
Apartado postal 329  
Gómez Palacio, Durango, México

<sup>2</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), IPN  
Apartado postal 592  
La Paz, Baja California Sur, México

*Recibido en mayo de 1996; aceptado en octubre de 1996*

**RESUMEN**

Se revisaron 108 estómagos del tiburón *Heterodontus francisci* Girard, 1854, capturados en Laguna San Ignacio, Baja California Sur, en muestreos trimestrales de enero de 1992 a febrero de 1993. Esta especie se encuentra en la laguna durante todo el año, disminuyendo su abundancia durante las estaciones de verano y otoño. De acuerdo con el índice de importancia relativa (IIR), el tiburón se alimenta de los siguientes invertebrados bentónicos: gasterópodos (*Lucapinella milleri* y *Calyptreaa* spp.), crustáceos (*Callinectes bellicosus*, *Penaeus* spp. e isópodos), pelecípodos (no identificados), sipuncúlidos (*Sipunculus nudus*), cefalópodos (*Octopus* spp.), así como de peces pequeños (*Syngnathus auliscus*). *Heterodontus francisci* es un consumidor de tercer orden, ya que es una especie bentónica, predominantemente carnívora, que se caracteriza por ser un depredador selectivo de hábitos nocturnos y/o crepusculares.

*Palabras clave:* tiburón dormilón cornudo, hábitos alimenticios, Laguna San Ignacio, Baja California Sur.

**ABSTRACT**

A total of 108 stomach contents of horn shark (*Heterodontus francisci* Girard, 1854) from San Ignacio Lagoon were analyzed. The samples were taken seasonally from January 1992 to February 1993. This species occurred all year round, with low abundance in summer and fall. The index of relative importance (IRI) was used to determine the prey importance. The horn shark feeds mainly on

\* Becario de la COFAA, IPN.

benthic invertebrates, such as gastropods (*Lucapinella milleri* and *Calyptreaea* spp.), crustaceans (*Callinectes bellicosus*, *Penaeus* spp. and isopods), pelecypods (unidentified), sipunculoids (*Sipunculus nudus*), cephalopods (*Octopus* spp.), as well as on small fishes (*Syngnathus auliscus*). This shark is a third-order consumer, because it is a predominantly carnivorous benthic species; it is a selective predator with nocturnal or crepuscular habits.

*Key words:* horn shark, feeding habits, San Ignacio Lagoon, Baja California Sur.

## INTRODUCCIÓN

Los peces cartilaginosos de la familia Heterodontidae, denominados comúnmente tiburones dormilones cornudos, constituyen un solo género con ocho especies (Kato *et al.*, 1967; Compagno, 1984). La especie *Heterodontus francisci* habita en las aguas templadas y cálidas del Pacífico oriental, desde la parte central de California, EUA, hasta el Golfo de California, México, y probablemente hasta Ecuador y Perú (Kato *et al.*, 1967).

Es un tiburón bentónico, solitario y de hábitos nocturnos; durante el día se le encuentra entre las rocas, donde descansa a menudo con la cabeza dentro de alguna grieta. Es muy abundante cerca de los lechos de algas a profundidades de 7 a 10 m, aunque también se le ha capturado en cuevas a más de 100 m de profundidad (Dempster y Herald, 1961). Se cree que emigra de aguas someras a profundas en ciertas épocas del año, dependiendo de la estación (Roedel, 1953).

A pesar de que se han realizado un gran número de estudios con relación a los hábitos alimenticios de los peces a nivel mundial, los trabajos publicados con respecto a los tiburones de la familia Heterodontidae han sido pocos y, en particular, más reducidos para el tiburón *H. francisci* (Dempster y Herald, 1961; Kato *et al.*, 1967; Nelson y Johnson, 1970; Feder *et al.*, 1974; Castro, 1983; Compagno, 1984); éstos indican que esta especie de tiburón se alimenta preferencialmente de invertebrados bentónicos, como son los crustáceos y moluscos, y que ocasionalmente incluyen peces pequeños en su dieta.

Para el Pacífico oriental mexicano, el único estudio sobre el género *Heterodontus* es el de Galván-Magaña *et al.* (1989), en donde se hace referencia a la especie *H. mexicanus* Taylor y

## INTRODUCTION

The cartilaginous fish of the family Heterodontidae, commonly called horn sharks, constitute only one genus with eight species (Kato *et al.*, 1967; Compagno, 1984). The species *Heterodontus francisci* inhabits the warm and hot waters of the eastern Pacific, from central California, USA, to the Gulf of California, Mexico, and probably as far as Ecuador and Peru (Kato *et al.*, 1967).

It is a benthic, solitary shark with nocturnal habits; during the day it is found among rocks, where it frequently rests with its head in a crevice. It is very abundant around algal beds at depths from 7 to 10 m, although it has been caught in caves deeper than 100 m (Dempster and Herald, 1961). It is believed to emigrate from shallow to deep waters during certain times of the year, depending on the season (Roedel, 1953).

Although numerous studies have been conducted on the feeding habits of fishes, few works have been published on the sharks of the family Heterodontidae and even fewer on the shark *H. francisci* (Dempster and Herald, 1961; Kato *et al.*, 1967; Nelson and Johnson, 1970; Feder *et al.*, 1974; Castro, 1983; Compagno, 1984). These studies indicate that this shark species feeds mainly on benthic invertebrates, such as crustaceans and mollusks, and occasionally includes small fishes in its diet.

For the eastern Mexican Pacific, the only study on the genus *Heterodontus* is that of Galván-Magaña *et al.* (1989), in which reference is made to the species *H. mexicanus* Taylor and Castro (1972). These authors report that this species is more abundant in the lower Gulf of California during winter and spring, and that it preferably feeds on benthic crustaceans and fishes.

Castro (1972), la cual registra sus mayores abundancias en el bajo Golfo de California durante las estaciones de invierno y primavera, siendo su alimento preferencial los crustáceos bentónicos y peces.

Con respecto a la Laguna San Ignacio, solamente existen a la fecha dos publicaciones científicas referentes a listados sistemáticos ictiofaunísticos (Danemann y de la Cruz-Agüero, 1993; Villavicencio y Abitia-Cárdenas, 1994), así como también algunos reportes de recolecciones de peces (e.g., Streets, 1877; Osburn y Nichols, 1916; Wales, 1932; CICIMAR, 1992). Tomando en consideración la escasez de antecedentes que hacen referencia a algún aspecto biológico de la especie, el objetivo del presente trabajo fue el estudiar los hábitos de alimentación del tiburón dormilón, especie que en el estado de Baja California Sur puede ser considerado como un recurso potencial, ya que se encuentra bien representada a lo largo de sus costas.

## ÁREA DE ESTUDIO

Laguna San Ignacio está situada en la costa occidental de la península de Baja California, entre los 26°38' y 27°00' latitud N y los 113°06' y 113°18' longitud O (fig. 1). Esta laguna costera se encuentra rodeada por el desierto de Vizcaíno, que se ubica en la porción norte del estado de Baja California Sur.

Laguna San Ignacio presenta una profundidad de 2 a 4 m en la mayor parte de su extensión, llegando hasta los 26 m en los canales que la comunican con el Océano Pacífico (Jones y Swartz, 1984). Dos brazos se separan a partir de la zona baja de la laguna: uno hacia el norte, que es el cuerpo de agua principal, y otro hacia el sudeste, que contiene amplias extensiones de manglar y canales poco profundos. La costa de la laguna está representada por playas arenosas, bajos lodosos, manglares y parches de costa rocosa.

En general, el clima es cálido y muy seco, con lluvias principalmente en verano. El promedio anual de temperatura oscila entre los 18° y 22°C, con una fluctuación diaria de 7° a 14°C (Contreras, 1985).

For San Ignacio Lagoon, there are, to date, only two scientific publications regarding systematic lists of the ichthyofauna (Danemann and de la Cruz-Agüero, 1993; Villavicencio and Abitia-Cárdenas, 1994), and a few reports on fish collections (e.g., Streets, 1877; Osburn and Nichols, 1916; Wales, 1932; CICIMAR, 1992). Considering the few studies that refer to any biological aspect of this species, the objective of the present work was to study the feeding habits of the horn shark, a species that, in the state of Baja California, can be considered a potential resource, because it is commonly found along the coasts.

## STUDY AREA

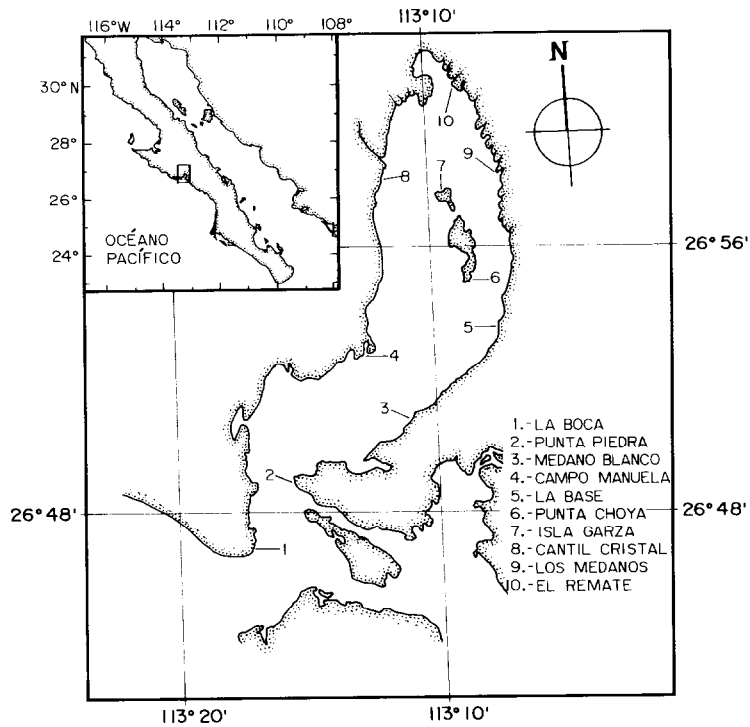
San Ignacio Lagoon is located on the west coast of the peninsula of Baja California, between 26°38' and 27°00'N and 113°06' and 113°18'W (fig. 1). This coastal lagoon is surrounded by the Vizcaíno Desert, located in the northern region of the state of Baja California Sur.

San Ignacio Lagoon has a depth of 2 to 4 m in most parts, reaching 26 m in the channels that communicate with the Pacific Ocean (Jones and Swartz, 1984). Two arms split off at the lower part of the lagoon: one towards the north, which is the principal body of water, and another towards the southeast, which has many mangroves and shallow channels. The coast of the lagoon consists of sandy beaches, muddy lowlands, mangroves and patches of rocky coast.

The climate is generally hot and very dry, with rains mainly during the summer. The average annual temperature ranges from 18° to 22°C, with daily fluctuations between 7° and 14°C (Contreras, 1985).

## MATERIAL AND METHODS

The stomach samples analyzed were obtained from four seasonal samplings conducted between 1992 and 1993, during spring (May), summer (August), autumn (November) 1992, and winter (February) 1993. Ten sampling stations were established in the area, at: 1. La Boca, 2. Punta Piedra, 3. Médano Blanco,



**Figura 1.** Área de la Laguna San Ignacio y estaciones de muestreo.  
**Figure 1.** Area of San Ignacio Lagoon and sampling stations.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras de estómagos que se analizaron se obtuvieron de cuatro muestreos estacionales en un periodo comprendido entre 1992 y 1993, durante primavera (mayo), verano (agosto), otoño (noviembre) de 1992, e invierno (febrero) de 1993. En el área de estudio se ubicaron 10 estaciones de muestreo, en las localidades de: 1. La Boca, 2. Punta Piedra, 3. Médano Blanco, 4. Campo Manuela, 5. La Base, 6. Punta Choya, 7. Isla Garza, 8. Cantil Cristal, 9. Los Médanos y 10. El Remate (fig. 1).

Las artes de captura utilizadas fueron una red agallera (chinchorro), de 140 m de longitud, 3 m de ancho y luz de malla de 9 cm, y una red de arrastre tipo camaronesa (chango), de 9 m de longitud, con una abertura de 8 m y luz de malla de 1 cm. Las actividades de recolección

4. Campo Manuela, 5. La Base, 6. Punta Choya, 7. Isla Garza, 8. Cantil Cristal, 9. Los Médanos and 10. El Remate (fig. 1).

The fishing gear used were a gill net, 140 m long, 3 m wide and a mesh size of 9 cm; and a shrimp trawl net, 9 m long, with an opening of 8 m and mesh size of 1 cm. The collections were carried out by placing the gill net at dusk (18:00 h) and recovering it at dawn (06:00 h). Hauls with the trawl nets were conducted at depths of 2 to 4 m for 20 min per station during the early morning hours. Water temperature was recorded at each station with a 1-100°C Kahlsico thermometer.

The total length (to the nearest millimeter) and total weight (to the nearest gram) of each shark were determined. The organisms were then dissected and the digestive tracts removed. The digestive tracts were placed in plastic bags containing a 10% formaldehyde solution,

se realizaron colocando la red agallera al atardecer (18:00 h) y recobrándose al amanecer (06:00 h). Con el cambio se realizaron lances en profundidades de 2 a 4 m, con una duración de 20 min de arrastre por estación, durante las primeras horas de la mañana. En cada una de las estaciones se registró la temperatura del agua, con un termómetro marca Kahlsico de 1 a 100°C.

De cada tiburón se determinó su longitud total (ajustándose al milímetro) y peso total (ajustándose a 1 g), realizándose posteriormente la extracción completa de sus tractos digestivos mediante la disección de los organismos. Los tractos se preservaron en bolsas de plástico con una solución de formaldehído al 10%, neutralizado previamente con borato de sodio. Además de lo anterior, algunos ejemplares fueron fijados y posteriormente preservados en alcohol isopropílico al 50%, con la finalidad de corroborar su identificación taxonómica, utilizando para este fin el trabajo de Compagno (1984).

Para la determinación de la composición específica del espectro trófico del tiburón dormilón, el contenido estomacal fue filtrado a través de una red de 1 mm de luz de malla y preservado en alcohol isopropílico al 70% (Tricas, 1979).

Durante el análisis del contenido gástrico, se procedió a separar las diferentes especies presa de acuerdo con el grupo taxonómico, identificándose hasta el menor taxón posible, dependiendo del grado de digestión de las presas. Para el caso de los peces, la determinación taxonómica se realizó utilizando las claves de Herald (1940) y Fischer *et al.* (1995). Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, utilizando las claves de Jones y Swartz (1964), Garth y Stephenson (1966), Schultz (1975), Van der Heiden y Hendrickx (1979) y Brusca (1980). Para la identificación de los moluscos (gasterópodos), se utilizaron los trabajos de Keen (1971) y Brusca (1980); para los cefalópodos, debido a la rápida digestión de las partes blandas del cuerpo, el aparato mandibular, comúnmente conocido como "pico", fue la estructura empleada para la identificación, para lo cual se empleó el trabajo de Clarke (1986).

previously neutralized with sodium borate. Some specimens were also fixed and later preserved in 50% isopropyl alcohol; to determine their taxonomic level, the work of Compagno (1984) was used.

In order to determine the specific composition of the trophic spectrum of the horn shark, the stomach content was filtered through a 1-mm mesh and preserved in 70% isopropyl alcohol (Tricas, 1979).

During the analysis of the gastric content, the different prey species were separated according to their taxonomic group and identified to the lowest possible taxon permitted by their degree of digestion. The keys of Herald (1940) and Fischer *et al.* (1995) were used for the taxonomic identification of the fishes. The crustaceans were identified from their exoskeletons or remains of these, using the keys of Jones and Swartz (1964), Garth and Stephenson (1966), Schultz (1975), Van der Heiden and Hendrickx (1979) and Brusca (1980). The works of Keen (1971) and Brusca (1980) were used to identify the gastropod mollusks; due to the rapid digestion of the soft body parts of the cephalopods, the mandible, commonly known as the beak, was used for their identification, according to Clarke (1986).

The sipunculoids (peanut worms) were identified according to Brusca (1980). The work of Dawes (1986) was used to identify the marine grass.

The quantitative analysis of the stomach content was conducted using the volumetric (V) and numeric (N) methods and frequency of occurrence (FO) (Pinkas *et al.*, 1971; Hyslop, 1980; Cailliet *et al.*, 1986). The index of relative importance (IRI) proposed by Pinkas *et al.* (1971) was also used, which incorporates the three previous methods in the following equation:

$$IRI = (V + N) FO$$

where V is the percent volume, N the percent number and FO the percent frequency of occurrence.

In order to determine significant differences ( $\alpha = 0.05$ ) in the seasonal trophic spectrum of

Los sipunculidos (gusanos cacahuete) se identificaron por medio del trabajo de Brusca (1980). La diagnosis del pasto marino se realizo utilizando el trabajo de Dawes (1986).

El analisis cuantitativo del contenido estomacal se realizo utilizando los metodos volumetrico (V), numerico (N) y de frecuencia de ocurrencia (FO) (Pinkas *et al.*, 1971; Hyslop, 1980; Cailliet *et al.*, 1986). Asimismo, se empleo el indice de importancia relativa (IIR) propuesto por Pinkas *et al.* (1971), el cual incorpora los tres metodos anteriores por medio de la siguiente formula:

$$IIR = (V + N) FO$$

donde V es el porcentaje de volumen, N el porcentaje de numero y FO el porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

Con la finalidad de determinar si existian diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en el espectro trofico estacional del tiburón dormilón, los valores del IIR fueron comparados estadisticamente mediante un analisis de varianza (ANDEVA). Para definir si existian diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en los espectros troficos de hembras y machos, se realizaron pruebas de ordenes con signo de Wilcoxon (Sokal y Rohlf, 1981). Asimismo, se determino el numero de componentes alimentarios de los espectros troficos de 10 intervalos de tallas, los cuales fueron definidos de acuerdo con Elorduy-Garay and Caraveo-Patiño (1994).

## RESULTADOS

En total, se analizaron 108 estómagos del tiburón dormilón, de los cuales 97 presentaron estómagos con alimento (89.8%) y 11 mostraron estómagos vacíos (10.2%). A partir del trabajo taxonomico, se identificaron 12 tipos diferentes de organismos presa, de los cuales 4 fueron crustaceos, 4 moluscos (gasterópodos, cefalópodos y restos de pelecípodos), 1 sipunculido, 1 pez, 1 pasto marino y restos de materia organica no identificada. Los crustaceos identificados fueron la jaiba *Callinectes bellicosus*, el camarón *Penaeus* spp. y un isópodo marino de la familia Aegidae; los gasterópodos fueron

the horn shark, the IRI values were statistically compared using an analysis of variance (ANOVA). Wilcoxon's signed-ranks tests (Sokal and Rohlf, 1981) were conducted to determine significant differences ( $\alpha = 0.05$ ) in the trophic spectra of the females and males. Furthermore, the number of components of the trophic spectra for 10 size ranges was determined, which were defined according to Elorduy-Garay and Caraveo-Patiño (1994).

## RESULTS

A total of 108 stomachs of horn shark were analyzed; of these, 97 contained food (89.8%) and 11 were empty (10.2%). From the taxonomic work, 12 different types of prey organisms were identified: 4 crustaceans, 4 mollusks (gastropods, cephalopods and remains of pelecypods), 1 sipunculoid, 1 fish, 1 sea grass and remains of unidentified organic matter. The crustaceans identified were the crab *Callinectes bellicosus*, the shrimp *Penaeus* spp. and one marine isopod of the family Aegidae; the gastropods were the fleshy limpet *Lucapinella milleri* and the cup shell *Calyptraea* spp.; the cephalopods, the octopus *Octopus* spp.; the sipunculoids, the peanut worm *Sipunculus nudus*; the fishes, the barred pipefish, *Syngnathus auliscus*; and the marine grass, *Zostera marina*.

According to the numeric method, the trophic spectrum was composed of 138 prey organisms. The gastropod mollusks contributed 44% (60 organisms); the pelecypods, 29% (40); the crustaceans, 24% (33); the cephalopod mollusks, 1.4% (2); the sipunculoids, 1.4% (2); and the fishes, 0.7% (1). The prey species that had the highest percentage values were the fleshy limpet *L. milleri* (40.6%), one unidentified pelecypod species (28.9%) and the crab *C. bellicosus* (20.3%) (table 1).

With regard to volume, the prey displaced 322 ml. The unidentified organic matter (UOM) represented 62% (199.6 ml), followed by the crustaceans, 15.5% (51.5 ml); the pelecypod mollusks, 9% (29 ml); the gastropod mollusks, 8.7% (28 ml); the sipunculoids, 2.1% (7 ml); the sea grass, 1.9% (6.1 ml); the fishes, 0.1% (0.5 ml); and the cephalopods, 0.1% (0.3 ml).

**Tabla 1.** Espectro trófico de *Heterodontus francisci* en la Laguna San Ignacio, BCS, México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos numérico (N), volumétrico (V), frecuencia de ocurrencia (FO) e índice de importancia relativa (IIR).

**Table 1.** Trophic spectrum of *Heterodontus francisci* in San Ignacio Lagoon, BCS, Mexico, expressed in absolute values and percentages of the numeric method (N), volumetric method (V), frequency of occurrence (FO) and index of relative importance (IRI).

Especies presa	N	%N	V	%V	FO	%FO	IIR	%IIR
<b>Sipuncula</b>								
Sipunculidae								
<i>Sipunculus nudus</i>	2	1.45	7.0	2.17	2	2.15	7.78	0.08
<b>Mollusca</b>								
Gastropoda								
Archaeogastropoda								
Fissurellidae								
<i>Lucapinella milleri</i>	56	40.58	25.0	7.76	32	34.41	1,663.38	17.41
Mesogastropoda								
Calyptraeidae								
<i>Calyptraea</i> spp.	4	2.90	3.0	0.93	1	1.08	4.14	0.04
Pelecipoda	40	28.99	29.0	9.01	27	29.03	1,103.14	11.55
Cephalopoda								
Octopoda								
Octopodidae								
<i>Octopus</i> spp.	2	1.45	0.3	0.09	2	2.15	3.31	0.03
<b>Arthropoda</b>								
Crustracea								
Decapoda								
Portunidae								
<i>Callinectes bellicosus</i>	28	20.29	50.0	15.53	27	29.03	1,039.85	10.89
Penaeidae								
<i>Penaeus</i> spp.	2	1.45	1.0	0.31	2	2.15	3.78	0.04
Isopoda								
Aegidae	1	0.72	0.1	0.03	1	1.08	0.81	0.01
Crustáceos no identificados								
	2	1.45	0.4	0.12	2	2.15	3.38	0.04
<b>Chordata</b>								
Actinopterygii								
Gasterosteiformes								
Syngnathidae								
<i>Syngnathus auliscus</i>	1	0.72	0.5	0.16	1	1.08	0.95	0.01
<b>Angiospermophyta</b>								
Potamogetonaceae								
<i>Zostera marina</i>			6.1	1.90	27	29.03	55.16	0.58
Materia orgánica no identificada								
			199.6	61.99	85	91.40	5,665.89	59.32
<b>Total</b>	<b>138</b>	<b>100.00</b>	<b>322.0</b>	<b>100.00</b>			<b>9,551.57</b>	<b>100.00</b>

la lapa oradada *Lucapinella milleri* y el caracol *Calyptraea* spp.; los cefalópodos, el pulpo *Octopus* spp.; los sipuncúlidos, el gusano cacaahuete *Sipunculus nudus*; los peces, el pez aguja *Syngnathus auliscus*; y el pasto marino, *Zostera marina*.

De acuerdo con el método numérico, el espectro trófico se integró de 138 organismos presa. Los moluscos gasterópodos aportaron el 44% (60 organismos); los pelecípodos el 29% (40), los crustáceos el 24% (33), los moluscos cefalópodos el 1.4% (2), los sipuncúlidos el 1.4% (2) y los peces el 0.7% (1). Las especies presas que alcanzaron los más altos valores porcentuales fueron la lapa oradada *L. milleri* (40.6%), una especie de pelecípodo no identificado (28.9%) y la jaiba *C. bellicosus* (20.3%) (tabla 1).

Volumétricamente, las presas desplazaron 322 ml. La materia orgánica no identificable (MONI) representó el 62% (199.6 ml); los crustáceos, el 15.5% (51.5 ml); los moluscos pelecípodos, el 9% (29 ml); los moluscos gasterópodos, el 8.7% (28 ml); los sipuncúlidos, el 2.1% (7 ml); el pasto marino, el 1.9% (6.1 ml); los peces, el 0.1% (0.5 ml); y los cefalópodos, el 0.1% (0.3 ml). En cuanto a las especies presa se refiere, la jaiba *C. bellicosus* representó el 15.5% (50 ml); la especie no identificada de pelecípodo, el 9% (29 ml); la lapa oradada *L. milleri*, el 7.8% (25 ml); y el sipuncúlido *S. nudus*, el 2.2% (7 ml) (tabla 1).

En la tabla 2 se presenta la distribución del volumen del contenido estomacal de los 108 organismos analizados, siendo evidente el gran porcentaje de estómagos con una repleción gástrica baja, ya que el 93.7% (porcentaje acumulado) de éstos contenían volúmenes de alimento inferiores a 9.1 ml. Además, dentro de este porcentaje, el 10.1% correspondió a estómagos vacíos.

La MONI fue el contenido gástrico dominante en la dieta del tiburón, ocurriendo en el 91.4% (85 estómagos). Los moluscos gasterópodos representaron el 35.5% (33 estómagos); los moluscos pelecípodos, el 29% (27); los crustáceos, el 34.4% (32); el pasto marino, el 29% (27); los sipuncúlidos, el 2.2% (2); los moluscos cefalópodos, el 2.2% (2); y los peces,

Regarding the prey species, the crab *C. bellicosus* represented 15.5% (50 ml); the unidentified pelecypod species, 9% (29 ml); the fleshy limpet *L. milleri*, 7.8% (25 ml); and the sipunculoid *S. nudus*, 2.2% (7 ml) (table 1).

Table 2 presents the distribution of the volume of the stomach content of the 108 organisms analyzed and shows a large percentage of stomachs with low gastric repletion, since 93.7% (accumulated percentage) of these had food volumes of less than 9.1 ml. Furthermore, 10.1% of this percentage corresponded to empty stomachs.

The UOM was the predominant gastric content of the shark's diet, occurring in 91.4% (85 stomachs). The gastropod mollusks represented 35.5% (33 stomachs); the pelecypod mollusks, 29% (27); the crustaceans, 34.4% (32); the marine grass, 29% (27); the sipunculoids, 2.2% (2); the cephalopod mollusks, 2.2% (2); and the fishes, 1.1% (1). The most frequent prey species were the fleshy limpet *L. milleri*, with 34.4% (32 stomachs), followed by one unidentified pelecypod species and the crab *C. bellicosus*, both with 29% (27 stomachs) (table 1).

According to the IRI, the UOM had the highest percentage, 59.3%, followed by the gastropod mollusks, 17.5%; the pelecypod mollusks, 11.6%; the crustaceans, 11%; the sipunculoids, 0.1%; the cephalopod mollusks, 0.03%; and the fishes, 0.01%. As for the prey species, the fleshy limpet *L. milleri* had the highest percentage of relative importance (17.4%), followed by the pelecypods (11.6%) and the crab *C. bellicosus* (10.9%) (table 1).

Considering that similar results were obtained by the quantitative methods used and that the IRI formulation is presented as a combination of the numeric, volumetric and frequency of occurrence methods, the results obtained from the IRI were used in the seasonal analysis of the overall trophic spectrum. During spring (19 to 21 May 1992), a total of 33 stomachs were analyzed. The UOM represented 53.8%, followed by the crustaceans, with 21.9%, and the gastropod mollusks, with 18%. The predominant species were the crab *C. bellicosus* (21.7%), the fleshy limpet *L. milleri*



**Tabla 2.** Distribución del volumen del contenido estomacal de 108 tiburones, capturados en la Laguna San Ignacio, BCS, México.**Table 2.** Distribution of the volume of the stomach content of 108 sharks, caught at San Ignacio Lagoon, BCS, Mexico.

Volumen del contenido estomacal (ml)	Número de organismos	Porcentaje	Porcentaje acumulado
Vacio	11	10.2	10.2
0.1-1.0	37	34.3	44.5
1.1-2.0	15	13.9	58.4
2.1-3.0	10	9.2	67.6
3.1-4.0	11	10.2	77.8
4.1-5.0	5	4.6	82.4
5.1-6.0	5	4.6	87.0
6.1-7.0	2	1.9	88.9
7.1-8.0	3	2.8	91.7
8.1-9.0	2	1.9	93.6
9.1-10.0	1	0.9	94.5
10.1-11.0	3	2.8	97.3
11.1-12.0	0	0.0	97.3
12.1-13.0	0	0.0	97.3
13.1-14.0	1	0.9	98.2
14.1-15.0	0	0.0	98.2
15.1-16.0	0	0.0	98.2
16.1-17.0	0	0.0	98.2
17.1-18.0	0	0.0	98.2
18.1-19.0	0	0.0	98.2
19.1-20.0	1	0.9	99.1
20.1-21.0	0	0.0	99.1
21.1-22.0	1	0.9	100.0
Totales	108	100.0	100.0

el 1.1% (1). Las especies presa más frecuentes fueron la lapa oradada *L. milleri*, con 34.4% (32 estómagos), seguida por una especie de pelecípodo no identificada y la jaiba *C. bellicosus*, cada uno con el 29% (27 estómagos) (tabla 1).

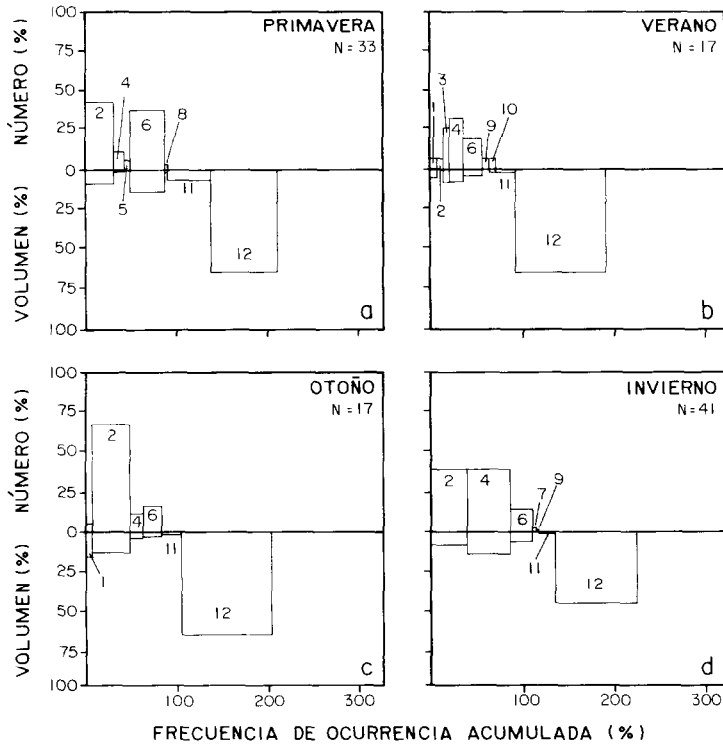
De acuerdo con el IIR, la MONI presentó el valor porcentual más alto, 59.3%, seguido por los moluscos gasterópodos, 17.5%; los moluscos pelecípodos, 11.6%; los crustáceos, 11%; los sipunculidos, 0.1%; los moluscos cefalópodos, 0.03%; y los peces, 0.01%. En cuanto a las especies presa, la lapa oradada *L. milleri* presentó el valor porcentual más alto con respecto a la importancia relativa (17.4%), seguida por los pelecípodos (11.6%) y la jaiba *C. bellicosus* (10.9%) (tabla 1).

Considerando que en los métodos cuantitativos utilizados se obtuvieron resultados

(18%) and one unidentified pelecypod species (2.1%) (fig. 2a).

During summer (6 to 8 August 1992), 17 stomachs were analyzed. The UOM had the highest percentage value, with 50%, followed by the pelecypod mollusks, with 18.2%; the crustaceans, with 17.5%; and the gastropod mollusks, with 9.6%. The prey species most often found in the stomach content were the unidentified pelecypod (18.2%), the crab *C. bellicosus* (15.9%) and the cup shell *Calyptrea* spp. (7.9%) (fig. 2b).

During autumn (6 to 7 November 1992), 17 stomachs were analyzed. The analysis again showed the UOM to have the highest value in the IRI, 60.4%, followed by the gastropods with 32.2%; the crustaceans, with 3.8%; and the pelecypods, with 2%. Regarding the spe-



**Figura 2.** Índices de importancia relativa estacionales. 1 = *Sipunculus nudus*, 2 = *Lucapinella milleri*, 3 = *Calyptraea* spp., 4 = Pelecípoda, 5 = *Octopus* spp., 6 = *Callinectes bellicosus*, 7 = *Penaeus* spp., 8 = Aegidae, 9 = crustáceos no identificados, 10 = *Syngnathus auliscus*, 11 = *Zostera marina*, 12 = material orgánico no identificado.

**Figure 2.** Seasonal indexes of relative importance. 1 = *Sipunculus nudus*, 2 = *Lucapinella milleri*, 3 = *Calyptraea* spp., 4 = Pelecypoda, 5 = *Octopus* spp., 6 = *Callinectes bellicosus*, 7 = *Penaeus* spp., 8 = Aegidae, 9 = unidentified crustaceans, 10 = *Syngnathus auliscus*, 11 = *Zostera marina*, 12 = unidentified organic matter.

similares y, además, que la formulación del IIR se presenta como una combinación de los métodos numérico, volumétrico y frecuencia de ocurrencia, para el análisis estacional del espectro trófico global se utilizaron los resultados obtenidos por el IIR. Para la primavera (del 19 al 21 de mayo de 1992), se analizaron un total de 33 estómagos, en donde la MONI alcanzó el 53.8%, seguido por los crustáceos, con el 21.9%, y los moluscos gasterópodos, con el 18%. Las especies dominantes fueron la jaiba *C. bellicosus* (21.7%), la lapa oradada *L. milleri* (18%) y una especie no identificada de pelecípodo (2.1%) (fig. 2a).

cific composition, the fleshy limpet *L. milleri* was the most important prey during the season (32.2%), followed by the crab *C. bellicosus* (3.8%) and the peanut worm *S. nudus* (1.4%) (fig. 2c).

During winter (11 to 14 February 1993), 41 sharks were sampled. According to the results, the UOM had the greatest percentage in the IRI, with 55.2%, followed by the pelecypod mollusks, with 22.5%; the gastropods, with 17.5%; and the crustaceans, with 4.6%. The unidentified pelecypod species (22.5%), the fleshy limpet *L. milleri* (17.5%) and the crab *C. bellicosus* (4.5%) constituted most of the diet (fig. 2d).

Durante el verano (del 6 al 8 de agosto de 1992), el número de estómagos analizados fue de 17. La MONI presentó el valor porcentual más alto, constituyendo el 50%, seguida por los moluscos pelecípodos, con el 18.2%; los crustáceos, con el 17.5%; y los moluscos gasterópodos, con el 9.6%. Las especies presa más comúnmente encontradas en el contenido estomacal fueron el pelecípodo no identificado (18.2%), la jaiba *C. bellicosus* (15.9%) y el caracol *Calyptraea* spp. (7.9%) (fig. 2b).

Durante el otoño (del 6 al 7 de noviembre de 1992) se analizaron 17 estómagos. A partir del análisis, se encontró que la MONI ocupó de nueva cuenta el valor más alto de IIR, 60.4%, seguida por los gasterópodos, con el 32.2%; los crustáceos, con el 3.8%; y los pelecípodos, con el 2%. En cuanto a la composición específica, la lapa oradada *L. milleri* se constituyó como la presa de mayor importancia durante la estación (32.2%), seguida por la jaiba *C. bellicosus* (3.8%) y el gusano cacahuete *S. nudus* (1.4%) (fig. 2c).

En el invierno (del 11 al 14 de febrero de 1993) se muestrearon 41 tiburones. De acuerdo con los resultados, la MONI fue el contenido gástrico de mayor porcentaje de IIR, con el 55.2%, seguida por los moluscos pelecípodos, con el 22.5%; los gasterópodos, con el 17.5%; y los crustáceos, con el 4.6%. Las especies no identificadas de pelecípodos (22.5%), junto con la lapa oradada *L. milleri* (17.5%) y la jaiba *C. bellicosus* (4.5%) fueron las de mayor contribución en la dieta (fig. 2d).

El ANDEVA realizado mostró que no existen diferencias significativas entre el alimento consumido en las cuatro estaciones del año ( $F = 0.48$ ,  $gl = 3$ ,  $P < 0.70$ ). Asimismo, no se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre los espectros tróficos de hembras y machos.

Los registros de tallas de los ejemplares analizados fluctuaron entre los 291 y 760 mm de longitud total (LT) ( $\bar{X} = 404.6$  mm de LT), con pesos comprendidos entre 211 y 2,500 g ( $\bar{X} = 481.2$  g). Un alto porcentaje de ejemplares analizados correspondieron a dos intervalos de tallas: el primero entre 357 y 410 mm y el segundo entre 411 y 464 mm de LT. Para cada uno de estos intervalos de tallas se analizaron 35 estómagos (70 en total), lo cual representa el

The ANOVA did not show significant differences between the food consumed and the seasons ( $F = 0.48$ ;  $gl = 3$ ;  $P < 0.70$ ). Furthermore, there were no significant differences ( $P \leq 0.01$ ) between the trophic spectra of the males and females.

The sizes of the specimens analyzed ranged from 291 to 760 mm total length (TL) ( $\bar{X} = 404.6$  mm TL), with weights between 211 and 2,500 g ( $\bar{X} = 481.2$  g). A high percentage of the specimens analyzed fell within two size ranges: the first between 357 and 410 mm and the second between 411 and 464 mm TL. For each of these size ranges, 35 stomachs were analyzed (70 in total), representing 65% of the total stomachs analyzed and in which the 12 food components consumed by the shark were recorded (table 3).

The average water temperatures were: 23.5°C during May 1992 (spring), 27.3°C during August 1992 (summer), 18.5°C during November 1992 (autumn) and 15.8°C during February 1993 (winter). The lowest temperature recorded was 15.8°C (winter) and the highest was 28.5°C (summer).

## DISCUSSION

The horn shark *H. francisci* has a reduced trophic spectrum, made up principally of 11 types of prey organisms, 3 of which had the highest percentages of relative importance (IRI) and together represented 40% of the total; hence, *H. francisci* could be characterized as a selective fish with respect to its feeding habits. It should be noted that the gastropod *L. milleri* (fleshy limpet) had the highest IRI values, followed by the pelecypods, which were not possible to identify because only very ground shell remains were found, and, in third place, by the crustacean *C. bellicosus* (crab). The remaining 60% was made up of cephalopods, other mollusks and fishes.

In other parts of the world, the diet of this species is similar to the one observed in this study, since mollusks and crustaceans are mentioned as the principal components of their diet. Castro (1983) states that *H. francisci* feeds on crustaceans, fishes and mollusks in waters of the North American Pacific; Compagno (1984)

**Tabla 3.** Número de componentes alimentarios por intervalo de talla del tiburón *Heterodontus francisci*.**Table 3.** Number of food components per size range of the shark *Heterodontus francisci*.

Intervalo de talla L.T (mm)	Número de estómagos analizados	Frecuencia relativa (%)	Número de componentes alimentarios
250-303	2	1.9	5
304-356	18	16.7	11
357-410	35	32.4	12
411-464	35	32.4	12
465-518	8	7.4	9
519-572	1	0.9	3
573-626	5	4.6	7
627-680	1	0.9	1
681-734	1	0.9	3
735-788	2	1.9	4

65% de la totalidad de estómagos analizados y en los cuales se registraron los 12 componentes alimentarios consumidos por el tiburón (tabla 3).

En cuanto a los promedios de temperatura del agua, en el mes de mayo de 1992 (primavera) el registro fue de 23.5°C, en agosto de 1992 (verano) de 27.3°C, en noviembre de 1992 (otoño) de 18.5°C y en febrero de 1993 (invierno) de 15.8°C. Asimismo, la temperatura mínima registrada fue de 15.8°C (invierno) y el máximo de 28.5°C (verano).

## DISCUSIÓN

El tiburón dormilón *H. francisci* tiene un espectro trófico reducido, representado principalmente por 11 tipos de organismos presa, 3 de los cuales presentaron los valores porcentuales más altos de importancia relativa (IIR) y que en conjunto representaron el 40% del total; por tal razón, se podría caracterizar a *H. francisci* como un pez selectivo en cuanto a sus hábitos alimenticios. Es importante resaltar que el gasterópodo *L. milleri* (lapa oradada) presentó los valores más altos de IIR, seguido por los pecicípodos, los cuales no fue posible identificar debido a que solamente se encontraron restos de conchas muy trituradas, y en el tercer lugar de importancia relativa se ubicó el crustáceo *C. bellicosus* (jaiba). El porcentaje restante de este 40% lo constituyeron cefalópodos, otros moluscos y peces.

states that in waters of the western Pacific, from central California (USA) to the Gulf of California (Mexico), the diet of this species is made up of benthic invertebrates, such as crabs, shrimp, abalone, limpets and other marine gastropods, polychaetes and small fishes.

Regarding the diet of other species of the genus *Heterodontus*, Compagno (1984) states that the species *H. galeatus* (Günther, 1879) (Australia) and *H. japonicus* (MacLay and Macleay, 1884) (Japan and China) feed on sea urchins, crustaceans, mollusks and small fishes, whereas, *H. quoyi* (Fremenville, 1840) (Peru and Galapagos Islands) and *H. ramalheira* (Smith, 1949) (Indian Ocean) consume principally crabs. Several observations have been made regarding the diet of *H. portusjacksoni* (Meyer, 1793) (Australia and New Zealand), which ingests sea urchins, sea stars, polychaete worms, gastropods, crabs, acorn barnacles, shrimp and small fishes.

The only study for Mexican waters (lower Gulf of California) on the feeding habits of sharks of the genus *Heterodontus* is that of Galván-Magaña *et al.* (1989), which analyzes the diet of the species *H. mexicanus*; according to the results, it feeds mainly on benthic crustaceans and fishes. All the above describe a very similar pattern in the trophic preferences of the species of this genus world-wide.

In the present study, the UOM obtained a very high value in the analysis of the stomach content, 59.3%. This might be explained by the

En diferentes regiones del mundo, la dieta de esta especie guarda cierta similitud con la obtenida en el presente trabajo, ya que se menciona a los moluscos y crustáceos como el componente principal de su dieta. Castro (1983) describe que *H. francisci* se alimenta de crustáceos, peces y moluscos en aguas del Pacífico en Norteamérica. Compagno (1984) menciona que en aguas del Pacífico occidental, desde la parte central de California (EUA) hasta el Golfo de California (México), la dieta de esta especie se constituye de invertebrados bentónicos, como cangrejos, camarones, abulón, lapas y otros gasterópodos marinos, poliquetos y peces pequeños.

Con respecto a la dieta de otras especies del género *Heterodontus*, Compagno (1984) describe que las especies *H. galeatus* (Günther, 1870) (Australia) y *H. japonicus* (Maclay y Macleay, 1884) (Japón y China) se alimentan de erizos, crustáceos, moluscos y peces pequeños, mientras que *H. quoyi* (Fremenville, 1840) (Perú e Islas Galápagos) y *H. ramalheira* (Smith, 1949) (Océano Índico) consumen principalmente cangrejos. Una de las especies sobre las que se han hecho más observaciones de la dieta es *H. portusjacksoni* (Meyer, 1793) (Australia y Nueva Zelanda), la cual ingiere erizos, estrellas de mar, gusanos poliquetos, gasterópodos, cangrejos, balanos, camarones y peces pequeños.

El único antecedente en aguas mexicanas (bajo Golfo de California) sobre los hábitos alimentarios de los tiburones del género *Heterodontus* es el trabajo de Galván-Magaña *et al.* (1989), en donde se analiza la dieta de la especie *H. mexicanus*, la cual, de acuerdo con sus resultados, se alimenta principalmente de crustáceos bentónicos y peces. Todo lo anterior nos describe un patrón muy similar en cuanto a las preferencias tróficas de las especies de este género a nivel mundial.

En el presente estudio, la MONI ocupó un valor sumamente alto en el análisis del contenido estomacal, de 59.3%. Lo anterior se pudiera explicar por el comportamiento del tiburón de escudriñar en el fondo marino en busca de sus presas, por lo cual ingiere accidentalmente detritus. Se debe de señalar que por el color y la textura de dicha materia orgánica, se pudo establecer que se trataba de tejido de

behavior of the shark, which scours the sea floor in search of prey and accidentally ingests detritus. It should be noted that the color and texture of this organic matter indicated animal tissue, since vegetable matter (marine grass) was easily identified.

The type of fishing gear, the way it was operated and the sampling hour are other factors that can influence the high percentage of organic matter recorded in the stomachs. The gill net, for example, was cast and operated for about 12 h, resulting in some of the prey in the stomachs of the trapped organisms being partially or totally digested. The shrimp trawl net, on the other hand, was used in the morning, and the prey ingested by *H. francisci* either suffered a high degree of digestion or were evacuated from the digestive tract.

In this respect, Randall (1967), in a study on the feeding habits of fishes from a Caribbean reef, analyzes the types of fishing gear used in feeding studies, and concludes that traps and nets are not the most appropriate methods for this type of study, due to that mentioned previously. Furthermore, this author suggests that the most appropriate method is the harpoon, since the time between the capture and fixing of the stomach content is greatly reduced, in this way stopping the digestive processes and allowing for a better identification of the content, in addition to obtaining a smaller amount of UOM as a result of the decomposition of the prey inside the stomachs.

Since only beaks of cephalopods of the genus *Octopus* spp. were found and not complete organisms, it can be assumed that they were consumed during the night and, thus, there was enough time for the soft tissue of these animals to be completely digested. The beaks are made up of chitin and, therefore, are able to resist the effects of the gastric acids for a longer period of time (Abitia-Cárdenas, 1992). According to Olson and Boggs (1986), the yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788), digests and evacuates the musculature of cephalopods within a period of 8 to 10 h, leaving only the beaks as remains of these organisms.

Due to the above and the small amount of food found in the stomachs (gastric repletion), it can be considered that *H. francisci* is a

origen animal, ya que el material vegetal (pasto marino) se identificaba sin mayor problema.

El tipo y manera de operar de las artes de pesca utilizadas, así como la hora de captura, son otros de los factores que pueden influir en el alto porcentaje de materia orgánica registrada en los estómagos, ya que en el caso de la red agallera, ésta se tendió y operó alrededor de 12 h, por lo que algunas de las presas contenidas en los estómagos de los organismos atrapados pudieron haber sufrido un grado de digestión parcial o total. Por otro lado, al realizar las recolecciones con la red de arrastre (camaronera), lo cual ocurrió por la mañana, las presas ingeridas por *H. francisci* sufrieron un alto grado de digestión, o bien, fueron evacuadas del tracto digestivo.

A este respecto, Randall (1967) en su estudio sobre los hábitos alimenticios de los peces de un arrecife del Caribe, hace un análisis de los tipos de arte de captura usados en los estudios de alimentación y concluye que la utilización de trampas y redes no es el método más apropiado para este tipo de trabajos, debido a lo mencionado en párrafos anteriores. Asimismo, sugiere que el método más apropiado para los estudios de alimentación es el arpón, ya que el lapso comprendido entre la captura y la fijación del contenido estomacal se acorta bastante, deteniendo de esa manera los procesos digestivos, pudiendo así lograr una mejor identificación del contenido, además de obtener una menor cantidad de MONI por causa de la descomposición de las presas contenidas en los estómagos.

El hecho de haber encontrado solamente los aparatos mandibulares (picos) de cefalópodos del género *Octopus* spp. y no los organismos completos, hace suponer que éstos fueron consumidos durante la noche, por lo que transcurrió un lapso de tiempo necesario para que estos organismos sufrieran la digestión total de sus tejidos blandos y en el caso de los picos, al estar constituidos por quitina, les permitió resistir por más tiempo el efecto de los ácidos gástricos (Abitia-Cárdenas, 1992). De acuerdo con Olson y Boggs (1986), el atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) digiere y evacúa la musculatura de los cefalópodos en un periodo

benthic species with nocturnal and/or crepuscular habits; this coincides with the feeding habits of this species in other geographic regions, and with those of other species of the genus *Heterodontus* (Nelson and Johnson, 1970; Feder *et al.*, 1974; Castro, 1983; Compagno, 1984).

Remains of *Z. marina*, a species of marine grass very common in the area of San Ignacio Lagoon, were frequently recorded in the stomach content of the shark. This grass was probably ingested accidentally, due to the possible association of the prey organisms with this grass, given their feeding habits, or the fact that they were seeking refuge from their predators.

In San Ignacio Lagoon, there is a close organism-time relationship that is probably linked to the effect of the variation in temperature (15.8°C during the winter and 28.5°C in the summer). The presence and abundance of the horn shark in the area of San Ignacio Lagoon were greater during spring and winter, decreasing in summer and autumn. These results concur with those of Pelko *et al.* (1982) and Horn and Allen (1985), who report that the presence or absence of this species is directly related to seasonal fluctuations of the environmental parameters.

Furthermore, although significant differences were not found in the seasonal variation of the food spectrum, a greater amount of UOM was generally found during summer and autumn, which indicates a quicker digestion when the water temperature is higher, directly affecting the metabolism of the organisms (Pandian and Vivekanandan, 1985).

According to the results obtained, there is no apparent difference in the composition of the diet between females and males. This is probably due to the low number of stomachs analyzed (62 males and 46 females) and the large amount of UOM found in both sexes. It should be noted that the number of food components recorded was low and most of them were found in both sexes, with the exception of two species: one crustacean of the family Aegidae that was recorded only in one female, and one fish, *S. auliscus*, that was recorded in one male.

de 8 a 10 h, por lo que solo se encuentran los picos como restos de dichos organismos.

Por lo anterior y considerando el bajo volumen del alimento encontrado en los estómagos (repleción gástrica), se puede considerar que *H. francisci* es una especie bentónica de hábitos nocturnos y/o crepusculares, lo cual coincide con la conducta alimentaria de esta especie en otras regiones geográficas y con la de otras especies del género *Heterodontus* (Nelson y Johnson, 1970; Feder *et al.*, 1974; Castro, 1983; Compagno, 1984).

De manera frecuente fueron registrados en el contenido estomacal del tiburón restos de *Z. marina*, la cual es una especie de pasto marino muy común en el área de Laguna San Ignacio. Este pasto probablemente fue ingerido de manera accidental debido a que algunos de los organismos presa pudieron haberse encontrado asociados con dicho pasto, dadas las conductas alimenticias de los mismos, o bien para encontrar refugio para protegerse de sus depredadores.

En la Laguna San Ignacio existe una estrecha relación organismo-tiempo, ligada probablemente al efecto de la variación de la temperatura (15.8°C en el invierno y 28.5°C durante el verano), ya que se registró una mayor presencia y abundancia del tiburón dormilón en el área de la laguna en las estaciones de primavera e invierno, disminuyendo hacia las estaciones de verano y otoño. Estos resultados coinciden con lo reportado por Pelko *et al.* (1982) y Horn y Allen (1985), quienes manifiestan que la presencia o ausencia de las especies está directamente relacionada con las fluctuaciones estacionales de los parámetros ambientales.

Asimismo, aunque no se encontraron diferencias significativas en la variación estacional del espectro alimentario, en términos generales en las estaciones de verano y otoño se encontró una mayor cantidad de MONI, lo cual indica que la velocidad de digestión es mayor cuando la temperatura del agua es más elevada, ya que ésta influye directamente sobre el metabolismo de los organismos (Pandian y Vivekanandan, 1985).

De acuerdo con los resultados encontrados, no existe una diferenciación aparente en cuanto

With regard to the analysis per size range, no clear difference was observed in the trophic spectra of the different size classes, since the number of components in each size range was shown to be affected by the sample size (stomachs analyzed); it was observed that as the number of tracts analyzed increased, the number of food components in the trophic spectrum of the shark also increased.

Based on the results found, the shark *H. francisci* can be identified, according to the ichthyotrophic categories proposed by Yáñez and Nugent (1977), as a third-order consumer, because it is a predominantly carnivorous species. Even though the occurrence of marine grass was recorded in its trophic spectrum, its ingestion is considered to be incidental.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The institutional and financial support for this study was provided by the Instituto Politécnico Nacional (IPN) and the Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas of the IPN, for the project "Evaluación estacional de la ictiofauna y macroalgas de Laguna San Ignacio, BCS, Mexico" (DEPI 923591). Our special thanks to the macroalgal research group at CICIMAR, headed by Margarita Casas-Valdez, for their help with the field work, and to three anonymous reviewers for their comments and suggestions.

English translation by Jennifer Davis.

---

a la composición de la dieta de hembras y machos, debido probablemente al bajo número de estómagos analizados (62 machos y 46 hembras) y de la gran cantidad de MONI encontrada en ambos sexos. Se debe señalar que el número de componentes alimentarios que se registraron fue bajo y la mayoría se encontraron representados en ambos sexos, con excepción de dos especies, un crustáceo de la familia Aegidae, que solamente se registró en una hembra, y un pez, *S. auliscus*, que se encontró en un macho.

Con respecto al análisis por intervalos de tallas, se puede mencionar que no existe una

clara diferenciación de los espectros tróficos de las distintas clases de tallas, ya que, de manera general, se aprecia que el número de componentes en cada intervalo de talla está siendo afectado por el tamaño de muestra (estómagos analizados), observándose que al aumentar el número de tractos analizados se incrementa el número de componentes alimentarios del espectro trófico del tiburón.

Con base en los resultados encontrados, el tiburón *H. francisci* puede ser ubicado, de acuerdo con las categorías ictiotróficas propuestas por Yáñez y Nugent (1977), como un consumidor de tercer orden debido a que es una especie predominantemente carnívora, ya que aunque en su espectro trófico se registró la ocurrencia de pasto marino, su ingestión se considera incidental.

#### AGRADECIMIENTOS

El apoyo institucional y financiero para la realización de este trabajo fue otorgado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN, para el desarrollo del proyecto "Evaluación estacional de la ictiofauna y macroalgas de Laguna San Ignacio, BCS, México" (clave DEPI 923591). Agradecemos de manera especial al grupo de investigación de macroalgas del CICIMAR, encabezado por Margarita Casas Valdez, el apoyo brindado en las salidas al campo. Asimismo, nuestro agradecimiento a los tres revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

#### REFERENCIAS

Abitia-Cárdenas, L.A. (1992). Espectro trófico energético del marlin rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlin azul *Makaira mazara* (Jordan y Snyder, 1901), del área de Cabo San Lucas, BCS, México. Tesis de maestría, CICIMAR-IPN, México, 76 pp.

Brusca, R.C. (1980). Common Intertidal Invertebrates of the Gulf of California. 2nd ed. University of Arizona Press, 513 pp.

Cailliet, M.G., Love, M.S. and Ebeling, A.W. (1986). Fishes. A field and laboratory

manual on their structure identification and natural history. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, 194 pp.

Castro, J.I. (1983). The Sharks of North American Waters. Texas A&M University Press, College Station, 180 pp.

CICIMAR (1992). Evaluación estacional de la ictiofauna y macroalgas de la Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Informe técnico CICIMAR-IPN, 53 pp.

Clarke, M.R. (1986). A Handbook for the Identification of Cephalopod Beaks. Clarendon Press, Oxford, 273 pp.

Compagno, L.J.V. (1984). FAO Species Catalogue. Sharks of the World. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2. Carcharhiniformes. FAO Fish. Synop., 4(125): 251-655.

Contreras, F. (1985). Las lagunas costeras mexicanas. Centro de Ecodesarrollo, Secretaría de Pesca, México, DF, 265 pp.

Danemann, G.D. y de la Cruz-Agüero, J. (1993). Ictiofauna de Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. Ciencias Marinas, 19(3): 333-341.

Dawes, J.C. (1986). Botánica Marina. Editorial Limusa, 673 pp.

Dempster, R. and Herald, E. (1961). Notes on the hornshark, *Heterodontus francisci*, with observations on mating activities. Occas. Pap. Calif. Acad. Sci., 33: 1-7.

Elorduy-Garay, J.F. y Caraveo-Patiño, J. (1994). Hábitos alimentarios de la pierna, *Caulolatilus princeps* Jenyns 1842 (Pisces: Branchiostegidae), en la Bahía de La Paz, BCS, México. Ciencias Marinas, 20(2): 199-218.

Feder, H.W., Turner, C.H. and Limbaugh, C. (1974). Observations on fishes associated with kelp beds in southern California. Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull., 160: 144 pp.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E. y Niem, V.H. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico centro-oriental. Vols. II y III. Vertebrados, Partes I y 2, pp. 647-1813.

Galván-Magaña, M.F., Nienhuis, H.J. and Klimley, A.P. (1989). Seasonal abundance



- and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game, 75(2): 74-84.
- Garth, J.S. and Stephenson, W. (1966). Branchyura of the Pacific coast of America. Branchyryncha: Portunidae. Allan Hancock Mon. Mar. Biol., (1): 154.
- Herald, E.S. (1940). A key to the pipefishes of the Pacific American coast with descriptions of new genera and species. Allan Hancock Pac. Exp., Univ. South. Calif., 9(3): 51-64.
- Horn, M.H. and Allen, I.G. (1985). Fish community ecology in southern California bays and estuaries. In: A.A. Yáñez (ed.), Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Toward an Ecosystem Integration. Universidad Nacional Autónoma de México, 654 pp.
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their applications. J. Fish. Biol., 17: 411-429.
- Jones, M.L. and Swartz, S.L. (1984). Demography and phenology of grey whales and evaluation of whale-watching activities in Laguna San Ignacio, BCS, Mexico. In: M.L. Jones, S.L. Swartz and S. Leatherwood (eds.), The Grey Whale *Eschirictus robustus*. Academic Press Inc., New York. pp. 309-373.
- Kato, S., Springer, S. and Wagner, M.H. (1967). Field guide to eastern Pacific and Hawaiian sharks. US Fish and Wildlife Serv. Circ., 271: 47 pp.
- Keen, M.A. (1971). Sea Shells of Tropical West America (Marine Mollusks from Baja California to Perú). 2nd ed. Stanford University Press, Stanford, California, 1064 pp.
- Nelson, D.R. and Johnson, R. (1970). Diel activity rhythms in the nocturnal bottom-dwelling sharks, *Heterodontus francisci* and *Cephaloscyllium ventriosum*. Copeia, (4): 732-739.
- Olson, R.J. and Boggs, C.H. (1986). Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*); independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 43: 1760-1775.
- Osburn, R.C. and Nichols, J.T. (1916). Shore fishes collected by the *Albatross* expedition in lower California with descriptions of new species. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 35: 139-181.
- Pandian, T.J. and Vivekanandan, E. (1985). Energetics of feeding and digestion. In: P. Tytler and P. Calow (eds.), Fish Energetics. New Perspectives. The Johns Hopkins University Press, pp. 99-118.
- Pelko, B.J., Berdsley, G.L. and Richards, W.J. (1982). Synopsis of the biological data on the dolphinfishes *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis* Linnaeus. NOAA Tech. Rep. Nat. Mar. Fish. Serv. Circ. 443. FAO. Fish. Synop., 130: 1-288.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S. and Iverson, L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull., 152: 105.
- Randall, E.J. (1967). Food habits of reef fishes of the West Indies. Stud. Trop. Oceanogr., 5: 665-847.
- Roedel, P.M. (1953). Common ocean fishes of the California coast. Calif. Dept. Fish and Game, Fish. Bull., 91:12-13.
- Schultz, G.A. (1975). How to Know the Marine Isopod Crustaceans. 2nd ed. Picture Key Nature Series. W.M.C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa, 359 pp.
- Sokal, R.R. and Rohlf, F.J. (1981). Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 2nd ed. W.H. Freeman and Company, New York, 859 pp.
- Streets, T.H. (1877). Contributions to the natural history of the Hawaiian and Fanning Islands and Lower California, made in connection with the United States North Pacific Surveying Expedition, 1873-75. Ichthyology. I. Fishes of the Upper and Lower California. Bull. US Nat. Mus., 7: 43-56.
- Tricas, T. (1979). Relationships of the blue shark *Prionace glauca* and its prey species near Santa Catalina Island. Calif. Fish. Bull., 77(1): 176.
- Van der Heiden, A.M. y Hendrickx, M.E. (1979). Inventario de la fauna marina y costera del sur de Sinaloa, México. Centro

- Cienc. del Mar y Limnol., UNAM, Estación Mazatlán, Sin., 21 pp.
- Villavicencio, G.C. y Abitia-Cárdenas, L.A. (1994). Elasmobranquios de Bahía Magdalena y Laguna San Ignacio, Baja California Sur, México. *Rev. Cient. Ser. Cienc. Mar., UABCS*, 5(2): 63-67.
- Wales, J.M. (1932). Reports on two collections of Lower California marine fishes. *Copeia*, (2): 163-168.
- Yáñez, A.A. y Nugent, R.S. (1977). El papel ecológico de los peces en estuarios y lagunas costeras. *An. Centro Cienc. del Mar y Limnol., UNAM*, 4(1): 107-114.