

00381



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**DINÁMICA TRÓFICO-ENERGÉTICA DEL MARLÍN  
RAYADO *Tetrapturus audax* (PHILIPPI, 1887) EN EL  
ÁREA DE LOS CABOS, B.C.S., MÉXICO**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGÍA)**

**PRESENTA**

**M. en C. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. ARTURO FABIAN MUHLIA MELO**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## ***DEDICATORIA***

Agradezco a mi hermosa y gran familia, por el cariño y apoyo que en todo momento me han brindado:

A mi querida esposa MATY y a mis hijos LUPITA, ANDRESITO y EDGARIN, mil gracias por su amor

A mis Padres SILVINA y ANTONIO. con gran respeto y cariño.

A mis hermanos (y respectivas familias); SILVIA. PATY. MIGUEL. ARMANDO. MAYTE.TOÑO. JULIO y JUAN PABLO, gracias por todo.

A todos mis sobrinos y los que aún no llegan.

## **AGRADECIMIENTOS**

Sin duda, un gran número de personas contribuyeron de una u otra forma en el desarrollo y culminación de este trabajo, a todos Ustedes mi agradecimiento por siempre.

Al Dr. Arturo Muhlia Melo, por sus comentarios, dirección y revisión del trabajo.

A los integrantes de la Comisión de Sinodales: Dra. Bertha Lavaniegos Espejo, Dr. Arturo Muhlia Melo, Dr. Felipe Galván Magaña, Dr. Virgilio Arenas Fuentes, Dr. Carlos Robinson Mendoza, Dr. Francisco Xavier Chiappa Carrara y Dr. Albert Vander Heiden, por sus comentarios y sugerencias, los cuales sin duda contribuyeron a enriquecer esta investigación.

A la Dra. Laura Sanvicente Añorve y Dr. Casimiro Quiñónez Velázquez, por su gran disposición para realizar la revisión del trabajo (de manera extraoficial) y sobre todo por todas sus finas atenciones.

A mis amigos de hoy y de siempre, Felipe Galván, Jesús Rodríguez, Francisco Gutiérrez, Marcial Villalejo, Bernabe Aguilar, Horacio Pérez, Víctor Irigoyen, Víctor Cruz, Arturo Tripp, Lucía Campos, Margarita Casas y Sofía Ortega.

Agradezco a la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por las facilidades y apoyos otorgados durante mi estancia en el Programa de Doctorado en Biología. Así como al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por todo el apoyo brindado. De igual forma mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el otorgamiento de una beca durante el desarrollo del trabajo de tesis.

## ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	
1.1 Planteamiento del problema	5
1.2 Antecedentes	8
1.2.1 Sistemática	8
1.2.2 Taxonomía	10
1.2.3 Distribución	11
1.2.4 Pesquerías	11
1.2.5 Biología	13
1.3 Objetivos	18
CAPÍTULO II. MATERIAL Y MÉTODOS	
2.1 Área de estudio	19
2.1.1 Localización geográfica	19
2.1.2 Marco oceanográfico regional	19
2.2 Trabajo de campo	21
2.3 Trabajo de laboratorio y análisis de información	22
2.3.1 Trabajo taxonómico	22
2.3.2 Métodos cuantitativos de análisis	23
2.4 Análisis estadísticos	25
2.4.1 Análisis variación del espectro trófico	25
2.4.2 Estimaciones de la ración de alimento consumido y abundancia relativa de especies presa	26
2.4.3 Análisis calorimétricos	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS	
3.1 Análisis cualitativos y cuantitativos	31
3.2 Variación del espectro trófico estacional	32
3.3 Variación del espectro trófico por talla y sexo	33
3.4 Estimación abundancia relativa de presas	34
3.5 Análisis calorimétricos	36
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN	
4.1 Ecología trófica	40
4.2 Variación del espectro trófico	46
4.2.1 Variación estacional	46
4.2.2 Variación por tallas y sexos	51
4.3 Estimaciones de abundancias relativas de presas	52
4.3.1 Segas en el calculo de las abundancias	52
4.3.2 Estimaciones tasas de ración y abundancias relativas	54
4.4 Dinámica energética	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	61
CAPÍTULO VI. LITERATURA CITADA	64
RELACIÓN DE TABLAS	78
RELACIÓN DE FIGURAS	99
APÉNDICE	116

## RESUMEN

Se analizó la dinámica trófica (disponibilidad y utilización de la energía) del marlín rayado *Tetrapturus audax* capturado por la flota de pesca deportiva de Cabo San Lucas, Baja California Sur, con la finalidad de validar la hipótesis de que el área de Los Cabos, B.C.S. es una zona importante de alimentación del marlín rayado, el cual almacena energía excedente, con el fin de prepararse para el evento reproductivo. Durante el período de estudio (1987-1989 y 1994-1995), el marlín rayado se registró durante todas las estaciones climáticas en el área de Los Cabos, con menor abundancia a finales de verano y principios de otoño. El marlín rayado en el área de Los Cabos se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos de la zona nerítica y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas. La amplitud de nicho trófico del marlín rayado, implica un patrón de conducta alimentaria generalista. Asimismo el registro de presas de hábitos epipelágicos (zona nerítica y oceánica), demersales y bentónicos sugiere que el marlín realiza migraciones verticales y horizontales para poder hacer uso de este tipo de presas. No se detectaron diferencias estacionales del espectro trófico del marlín rayado, pero se registro una tendencia a la mayor aparición de especies de hábitos pelágicos que forman grandes cardúmenes como son la macarela *Scomber japonicus*, la sardina Monterrey *Sardinops caeruleus* y el calamar gigante *Dosidicus gigas*, las cuales de manera general constituyeron más del 85 % del IIR. La tasa de ración diaria estimada para el marlín fue de 2.04 kg de presas, lo cual representa el 3.6 % de su peso promedio. Asimismo para el periodo 1987-1989 se obtuvo una estimación total

de biomasa de presas consumidas de 24. 818. 6 Tm, de las cuales la macarela aportó el 28.9 % (7,199.9 Tm), la sardina Monterrey el 15.8 % (3.921.3 Tm) y el calamar gigante el 10 % (2.481.9 Tm) El consumo y almacenamiento de energía (kcal/ g) del marlín rayado mostró diferencias significativas, con una tendencia similar al patrón de condiciones definido por la temperatura del agua. Este análisis sugiere que el mayor consumo de alimento y acumulación de energía en músculo y ovario, ocurre durante el verano. Con base a las evidencias presentada se puede deducir que las aguas oceánicas de la región sur de la Península de Baja California (costa occidental de Baja California Sur y Boca del Golfo de California), constituyen una de las zonas más importante de alimentación del marlín rayado en el Pacífico Nororiental. Asimismo, se confirma la hipótesis de que la región de Los Cabos es una zona del circuito de migración del marlín rayado, en el cual una fracción de la población con longitud modal menor a 200 cm de longitud postorbital (LP) se encuentra en la zona consumiendo y almacenando energía para prepararse para el evento reproductivo.

**Trophic dynamics and seasonal energetics of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) in the area of Los Cabos, B.C.S., Mexico.**

**ABSTRACT**

The trophic dynamics analysis (consumption and energy storage) of the striped marlin *Tetrapturus audax* captured by the sport-fishing fleet of Cabo San Lucas in the southern Gulf of California, was done to validate the hypothesis that the Los Cabos area is an important feeding zone of the striped marlin, where the energy stores, to be prepared for the reproductive event. During study period (1987-1989 and 1994-1995), the striped marlin was recorded during all seasons in the Los Cabos area, with smaller abundance at the end of summer and fall beginnings. Striped marlin predate mainly on epipelagic organisms from neritic zone and less from oceanic species. The diet breadth of the striped marlin confirms their generalist feeding pattern with a high predatory capacity. The presence of epipelagic (neritic and oceanic zone), demersal and benthic prey suggests that striped marlin accomplishes vertical and horizontal migrations. They were not found seasonal differences in the trophic spectrum. The striped marlin feed on organisms that swimming on large school as chub mackerel *Scomber japonicus*, California pilchard *Sardinops caeruleus* and jumbo flying squid *Dosidicus gigas*, this species contributed more than 85% of IRI. The daily ration rate estimated for marlin was 2.04 kg of prey, which represents 3.6 % of their body weight average. Also, during 1987-1989 a total estimate of consumed prey biomass was 24,818.6 Tm, where the chub mackerel provided 28.9% (7,199.9 Tm), the California pilchard 15.8% (3,921.3

Tm) and the jumbo flying squid 10% (2.481.9 Tm). The consumption and energy storage (kcal / g) of the striped marlin showed significant differences, with similar trend to the environmental changes defined by water temperature. The results suggests that the major intake energy and storage energy in the muscle and ovary, occurs during summer. Considering the results would be deduced that the oceanic waters of the south region of the Peninsula of Baja California (western coast of Baja California and entrance of the lower Gulf of California), constitute one of the most important zones of feeding of striped marlin in the eastern Pacific. This confirmed the hypothesis that southern Gulf of California is a migration zone of the striped marlin, where a fraction of the population with smaller modal length of 200 cm of postorbital length are consuming and storing energy to be prepared for reproduction.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

En el océano Pacífico oriental, la familia Xiphiidae está representada por dos subfamilias y seis especies: la subfamilia Xiphiinae con su única especie el pez espada *Xiphias gladius* y la subfamilia Isthiophorinae representada por 5 especies. el marlín rayado *Tetrapturus audax*, marlín azul *Makaira mazara*, marlín negro *Makaira indica*, pez vela *Istiophorus platypterus* y el pez pico corto *Tetrapturus angustirostris* (Nelson, 1994; Nakamura 1995)

Las altas tasas de captura de las especies de peces de pico en aguas cercanas a la costa del Pacífico mexicano han propiciado que estas áreas sean reconocidas como zonas de pesca comercial y deportiva de gran importancia a nivel mundial. A finales de los ochentas debido a diversas opiniones de los sectores de la pesca comercial y deportiva en torno al problema del manejo y explotación de estos recursos en aguas mexicanas la polémica derivó primero en la implantación de tres áreas de exclusión para la pesca comercial: 1) la costa occidental de Baja California Sur. 2) la boca del Golfo de California. y 3) el Golfo de Tehuantepec (Anónimo. 1987), y finalmente a principios de 1990 en la prohibición de la pesca comercial de marlines y pez vela, autorizándose solo la captura del pez espada (Scsa 1998).

La implantación de las tres zonas de exclusión, corresponden a las áreas más críticas en función de las características biológicas de las especies. La costa occidental de Baja California Sur y Boca del Golfo de California, son las zonas de mayor

concentración y vulnerabilidad del marlín rayado (Anónimo, 1987). Las altas concentraciones de marlín rayado en estas áreas del Pacífico mexicano han sido objeto de diferentes estudios que han tratado de explicar y sugerir las posibles causas de la gran abundancia de esta especie en la zona, la cual contribuye aproximadamente con el 80 % de la captura total de los peces de pico en el área de Los Cabos, lo cual es muy relevante, al considerar que los índices de pesca deportiva de esta área, son citados como los más altos a nivel mundial (Klett *et al.*, 1996).

Se han planteado dos hipótesis para tratar de explicar la abundancia de esta especie: la primera esta relacionada con la conducta reproductiva, es decir que estas áreas constituyen una zona de desove en el Pacífico Oriental (Rodríguez, 1991 y Anónimo, 1991). A este respecto y después de que en el primer trabajo, no se registró la presencia de organismos con gónadas colapsadas (desovadas) y de que en el segundo trabajo (el cual corresponde a un Informe Técnico), se mencionó una baja incidencia de hembras en estadios de maduración avanzada, se puede concluir que el marlín rayado no se reproduce al menos en la zona de incidencia de la flota de pesca deportiva (50 millas náuticas) que opera en el área de Cabo San Lucas.

En la segunda hipótesis se sugiere que los peces son atraídos a esta zona durante su temporada de crecimientos (Squire, 1987; Squire y Au, 1990), por lo que se considera como una importante área de alimentación. En apoyo a esta segunda hipótesis Abitia (1992) planteó a partir del estudio de los hábitos alimentarios del marlín rayado del área de Los Cabos, que la mayor abundancia de poblaciones de especies

## 1.2 Antecedentes

### 1.2.1 Sistemática

Collette *et al.* (1984) al discutir sobre las relaciones filogenéticas de las seis familias y 44 géneros existentes del Suborden Scombroidei, concluyen que las familias Istiophoridae y Xiphiidae (peces de pico) son grupos hermanos que están en relación muy cercana con la familia Scombridae. A este respecto en otro análisis cladístico Johnson (1986) argumenta sobre la cercana interrelación de los peces de pico y el grupo de los *Acanthocybium* (escombridos).

Asimismo, Fierstine (1990) concluye que la familia ya extinta Xiphiohynchidae de la cual se han documentado registros fósiles en los depósitos del Terciario (Eoceno de África Europa y Norte América y Oligoceno de Europa), asociados con el Océano Atlántico norte y occidente del Mar de Tethys (remanente actual, Mar Mediterráneo) puede ser el origen de los peces de pico y el enlace con los Scombridae. Además, este autor señala que no existen evidencias que refuten la hipótesis de Fierstine y Applegate (1974) quienes argumenta que la familia Xiphiohynchidae es morfológicamente el eslabón intermedio entre los Istiophoridae y Xiphiidae.

Finalmente Nelson (1994), sustentado en las evidencias existentes (e.g. Fierstine, 1978; Collette *et al.* 1984; Johnson, 1986; Joseph *et al.*, 1988), reconoce en su esquema de clasificación sistemática de los peces del mundo que las familias Istiophoridae y Xiphiidae son grupos hermanos, y los agrupa como dos subfamilias (Xiphiinae e Istiophorinae) de la familia Xiphiidae.

El arreglo sistemático propuesto por Nelson (1994) para las formas recientes de los peces de pico es el siguiente:

Phylum Chordata  
Subphylum Vertebrata (Craniata)  
Superclase Gnathostomata  
Clase Actinopterygii  
Subclase Neopterygii  
Division Teleostei  
Subdivision Euteleostei  
Superorden Acanthopterygii  
Serie Percomorpha  
Orden Perciformes  
Suborden Scombroidei  
Familia Xiphiidae  
Subfamilia Xiphiinae  
Género *Xiphias* Linnaeus  
Especie *gladius* Linnaeus. 1758 (Pez espada)  
Subfamilia Istiophorinae  
Género *Istiophorus* Lacepede  
Especie *platypterus* (Shaw y Nodder. 1792) (Pez vela)  
Género *Makaira* Lacepede  
Tres Especies  
*mazara* (Jordan y Snyder. 1901) (Marlín azul del Pacífico)  
*nigricans* (Lacepède. 1802) (Marlín azul del Atlántico)  
*indica* (Cuvier. 1832) (Marlín negro)  
Género *Tetrapturus* Rafinesque  
Seis Especies  
*albidus* Poey 1860 (Marlín blanco)  
*belone* Rafinesque. 1810 (Marlín del Mediterráneo)  
*georgei* Lowe. 1840 (Marlín peto)  
*pfluegeri* Robins y de Syiva. 1963 (Marlín aguja picuda)  
*angustirostris* Tanaka. 1915 (Marlín pico corto)  
*audax* (Philippi. 1887) (Marlín rayado)

### 1.2.2 Taxonomía

Nombre científico en uso: *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887)

Sinonimias : *Makaira audax* (Philippi, 1887); *Makaira mitsukurii* (Jordan y Snyder, 1901); *Tetrapturus mitsukurii* Jordan y Snyder, 1901.

#### Descripción de la especie

De acuerdo con Nakamura (1995), taxonómicamente el marlín rayado se caracteriza por tener la mandíbula superior prolongada en forma de pico redondeado. Un cuerpo alargado y comprimido, densamente cubierto por escamas; dorso de color azul oscuro, vientre blanco-plateado; cuerpo con unas 20 franjas verticales formadas por varias manchas y líneas azules claras. Línea lateral visible, arqueada a la altura de las pectorales y casi recta hasta la aleta caudal, y posee 24 vertebras (12+12). Presenta dos aletas dorsales: la primera grande con 37 a 42 radios, la altura de la parte anterior mayor que la altura del cuerpo y la segunda aleta es pequeña con 6 radios. Presenta dos aletas anales separadas, la primera con 13 a 18 radios y la segunda con 5 ó 6 radios; aletas pectorales falciformes con 18 a 22 radios; aletas pélvicas con 1 espina y 2 radios.

Con base a las diferencias en el número de radios de las aletas dorsales y anales, así como en algunas de las relaciones morfométricas en ejemplares capturados en el Pacífico occidental suroriental y oriental, algunos autores (e.g. Kamimura y Honnma, 1958; Wares y Sakagawa, 1974) han considerado la posible existencia de más de una población. Sin embargo tal y como lo mencionan Squire y Suzuki (1990) y Klett *et al.* (1996), debido a la naturaleza clinal de dichas divergencias, no existe aún consenso en cuanto a sus límites geográficos.

### 1.2.3 Distribución

El marlín rayado es de distribución oceánica, generalmente se le encuentra encima de la termoclina, se distribuye a partir de los 45° Norte hasta los 40° Sur, con una mayor concentración a los 115° Oeste. Es un pez altamente migratorio. En el Océano Pacífico se han registrado grandes migraciones de organismos marcados en las costas del Pacífico Mexicano y recapturados a 5500 km al oeste y 3700 km al sur del punto de marcado (Joseph *et al.*, 1988). Otra evidencia de estos movimientos es la estacionalidad de su pesquería en las áreas de pesca comercial explotadas por barcos palangreros (Strasburg 1970).

### 1.2.4 Pesquería

Los peces de pico al formar parte de un importante componente de peces de naturaleza altamente migratoria y frecuentemente de distribución circumglobal, están particularmente bien representados tanto en la pesquería comercial como en la deportiva, ya que son muy apreciados por la excelente calidad de su carne y el alto índice de tejido utilizable con respecto a su peso corporal (van der Elst, 1990; Sosa, 1998).

De acuerdo con Squire y Au (1990) finalizada la segunda guerra mundial los japoneses expandieron sus operaciones de pesca comercial desde el Pacífico occidental al Pacífico central y suroccidental, y no fue hasta el año de 1963 cuando empezaron a pescar en la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales del Pacífico Oriental. En el

Pacífico nororiental los japoneses se encontraron grandes concentraciones de marlín rayado, pez vela y pez espada.

En particular para el marlín rayado los índices de captura y el esfuerzo de pesca se incrementaron por la concentración de la flota palangrera japonesa en las áreas de las Islas Clarión y Socorro, así como en la costa suroccidental de la península de Baja California y Boca del Golfo de California (zonas catalogadas como de alta concentración y vulnerabilidad de la especie), por lo que se cree que la actividad de la pesca deportiva en estas regiones fueron afectadas por este hecho (Klett *et al.*, 1996).

En la Tercera Conferencia Internacional sobre Derecho del Mar (CONFEMAR-ONU) en 1976, el gobierno mexicano hizo la declaración de la Zona Económica Exclusiva (ZEEM). en donde la nación ejerce los derechos de soberanía y las jurisdicciones que determinen las leyes del Congreso (Diario Oficial de la Federación febrero de 1976). Posteriormente el 28 de agosto de 1987, se dio a conocer el Decreto Presidencial para regular el aprovechamiento de las especies de peces de pico en la ZEEM del litoral del Océano Pacífico (Diario Oficial de la Federación, 1987).

A principios de 1990, debido a los continuos conflictos entre la pesca comercial y la pesca deportiva de peces de pico, como primer estrategia de regulación se establecieron y delimitaron amplias zonas de exclusión para la pesca comercial, y una franja costera de 50 millas se destinó para la pesca deportiva-recreativa (Diario Oficial de la Federación, 1991). Finalmente la Secretaría de Pesca (SEPESCA) prohibió totalmente la pesca comercial de marlines y pez vela, y a la fecha solo se efectúa la pesca comercial del pez

espada, por medio de redes agalleras en el Pacífico mexicano (Sosa, 1998).

## **1.2.5 Biología**

### **1.2.5.1 Reproducción**

Los estudios sobre la biología del marlín rayado son escasos. Respecto a su biología reproductiva, los estudios realizados abordan aspectos generales utilizando índices gonádicos (Kume y Joseph, 1969; Ueyanagi y Wares, 1972; Eldrige y Wares, 1974; Joseph *et al.*, 1974; Squire, 1987, Klett y Rodríguez, 1988) y la presencia de larvas en el plancton (Ueyanagi, 1959, 1974; Nishikawa *et al.*, 1985; Squire y Suzuki, 1990. González *et al.*, 1993). En la literatura consultada, solamente dos trabajos utilizan análisis histológicos para describir el ciclo reproductivo del marlín rayado en el área de Cabo San Lucas, B.C.S (Rodríguez, 1991; Anónimo, 1991).

Rodríguez (1991) determinó el ciclo de madurez gonadal y proporción de sexos del marlín rayado en Los cabos; B.C.S. En este trabajo se caracterizaron cinco tipos celulares de gametos femeninos (ovogonias, ovocitos previtelogénicos, ovocitos con alvéolos corticales, ovocitos vitelogénicos y ovocitos vitelogénicos activos) que correspondieron a un espectro que incluye a individuos jóvenes que nunca se han reproducido hasta organismos completamente maduros listos para el desove. Al no registrarse la presencia de organismos con gónadas colapsadas (desovadas), se concluyó que la zona de los Cabos no es una zona de desove de marlín rayado.

En otro estudio (Anónimo, 1991) en la misma zona se caracterizaron todos los

estadios de madurez (estadios de desarrollo ovárico, con sus respectivas características asociadas) y dada la baja incidencia de hembras en estadios de maduración avanzada, se concluyó que esta especie no se reproduce en la zona de incidencia de la flota de pesca deportiva (50 millas náuticas) que opera en el área de Cabo San Lucas.

#### **1.2.5.2 Edad y Crecimiento**

En el Pacífico Oriental se han realizado trabajos sobre la edad y crecimiento de esta especie, los cuales en su gran mayoría hacen referencia a los análisis de tallas. Con respecto a organismos capturados por la flota palangrera, Shingu *et al.* (1974) registró un intervalo de talla entre 100 y 200 cm de longitud postorbital (LP). Asimismo Miyabe y Bayliff (1987) encontraron un intervalo de tallas mayor al anterior (80-240 cm de LP). Mientras que Squire y Suzuki (1990) registraron un intervalo de tallas de 100 a 220 cm de LP

En lo que respecta a la pesca deportiva, Wares y Sakagawa (1974) registraron intervalos de tallas para las áreas de Buenavista, B.C.S. y Mazatlán, Sinaloa de 119.6 a 215 cm y 110 a 204.5 cm de LP, respectivamente. El antecedente más reciente en donde se realizó un análisis de tallas de 1977 a 1989, del marlín rayado en Baja California Sur es el de Ponce *et al.* (1991). En este trabajo se determinaron tres grupos modales, detectándose un intervalo de talla de 107.5 cm a 222.5 cm de LP, en donde el 96 % de los datos quedaron incluidos en el grupo cuya LP promedio fue de 177.1 cm. En cuanto a la relación peso longitud, se determinaron los parámetros correspondientes, donde el

valor del exponente "b" indicó un crecimiento alométrico.

### 1.2.5.3 Alimentación

Sobre los hábitos alimentarios del marlín rayado. Morrow (1952) encontró para el marlín rayado en Nueva Zelanda, que se alimenta principalmente de peces y cefalópodos. el pez *Scomberesox saurus* fue la presa más importante. Backer (1966) para la misma zona encontró que los peces de la familia Carangidae y cefalópodos fueron las presas más importantes. Yabuta (1953) al analizar el alimento consumido por el marlín rayado de las Islas Bonin, encontró una alta frecuencia de aparición de las especies de peces *Gempylus serpens* y *Pseudoscopelus sagamianus*, así como de cinco especies de calamares. Para el marlín de África oriental, Williams (1967) registró que los peces *Fistularia* spp. y *Auxis* spp., así como calamares no identificados fueron su principal alimento. De acuerdo con Koga (1968) los peces de la familia Alepisauridae y Clupeidae constituyeron las presas más importantes para el marlín rayado del Mar de Tasmania.

En el área de Perú y Chile, La Monte (1955) registró a los calamares como el alimento preferencial; mientras que De Sylva (1962) en la misma zona encontró que los peces de la familia Engraulidae y Carangidae (*Trachurus symmetricus*) y calamares son las especies principales en su dieta.

En el Pacífico nororiental, Hubbs y Wisner (1953) analizaron los contenidos estomacales de 32 ejemplares de marlín rayado del área de San Diego California, Estados Unidos. ellos encontraron que el espectro trófico se conformaba de siete

especies de peces y dos de calamares. Las especies *Cololabis saira*, *Engraulis mordax* y *Sardinops caeruleus* fueron las presas más importantes. Evans y Wares (1972) analizaron el contenido estomacal de 924 marlines rayados capturados por las flotas deportivas de Mazatlán, Sinaloa; Buena Vista, B.C.S., México y de San Diego California, Estados Unidos, durante el período de 1967 y 1969. Dichos autores encontraron que el marlín rayado se alimentó principalmente de peces pelágicos y calamares *Dosidicus gigas* en el área de Mazatlán y Buena Vista mientras que en San Diego las presas más importantes fueron la anchoveta norteña *E. mordax* y el pez ratón *Polydactylus* spp.

Eldridge y Wares (1974), a partir de los muestreos llevados a cabo en 1970 en las mismas áreas encontraron que los peces *Etrumeus teres* (39 %), *Euthynus lineatus* (17 %) fueron las presas dominantes en la dieta del marlín rayado. Abitia (1992), analizó el contenido estomacal de 403 marlines rayados capturados por la flota de pesca deportiva que opera en el área de Cabo San Lucas, B.C.S., de mayo de 1988 a diciembre de 1989. Las especies neríticas *Scomber japonicus* y *Sardinops caeruleus* representaron el 68.8 % del espectro trófico.

#### **1.2.5.4. Dinámica energética**

Las investigaciones sobre la transferencia de energía en los ecosistemas, se han incrementado desde que Lindeman (1942) formuló el concepto de dinámica trófica. Este concepto ha propiciado un rápido progreso del uso de la teoría termodinámica en estudios ecológicos. Durante las últimas dos décadas, la lista de investigaciones sobre

la utilización y flujo de la energía (bioenergética) en peces ha ido en aumento (e.g. Mackinnon, 1972; Sharp y Dotson, 1977; Brett y Blackburn, 1978; Kitchell, 1983; Pandian y Vivekanandan, 1985; Olson y Boggs, 1986; Lovell, 1989; Boggs y Kitchell, 1991; Ikeda 1994).

Para los peces de pico (Familia Xiphiidae) los antecedentes de investigaciones sobre dinámica trófica son escasos. a la fecha solo existe el trabajo de Abitia (1992), en donde se caracterizó de manera puntual (otoño de 1987), el espectro trófico energético. a partir del uso del contenido calórico de las presas. Se debe señalar que la información generada en este último estudio y la obtenida en otros dos años y medio de muestreos. se integraron y conformaron la base de datos que se utilizó en el presente trabajo de tesis. En este sentido el presente estudio aporta nuevos elementos para el entendimiento de la dinámica trófica (consumo y almacenamiento de energía) del marlín rayado a partir del uso de la metodología calorimétrica.

Finalmente como productos de la investigación desarrollada. se publicaron dos artículos científicos (Abitia *et al.*, 1997 y 1998) en donde se presentan los resultados más relevantes acerca de la dinámica trófico-energética del marlín rayado. estos trabajos constituyen los antecedentes más reciente sobre la conducta alimentaria de la especie (Apéndice).

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la dinámica trófica (diponibilidad y utilización de la energía) del marlín rayado, con la finalidad de validar la hipótesis de que el área de Los Cabos, B.C.S.. es una zona importante de alimentación en donde esta especie almacena energía como preparación para el evento reproductivo.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- 1).- Describir los hábitos alimentarios del marlín rayado y sus variaciones por talla, sexo y época del año (estacionalidad).
- 2) - Evaluar la abundancia relativa de las especies presa mas importantes del marlín rayado, a partir de los análisis cualitativos y cuantitativos de su espectro trófico.
- 3).- Analizar la variación estacional del contenido energético de la dieta, tejido muscular y tejido gonádico del marlín rayado

## CAPÍTULO II

### MATERIAL Y METODOS

#### 2.1 Área de estudio

##### 2.1.1 Localización geográfica

Cabo San Lucas Baja California Sur, México se encuentra ubicado en los 22° 53' latitud Norte y 109° 54' longitud Oeste. Esta zona presenta características oceanográficas particulares debido a que carece de plataforma continental y se encuentran profundidades de 800 m cerca de la costa. El área de pesca deportiva comprende un radio de 56 km (30 millas náuticas), en donde las áreas de captura más importantes son el Banco Gorda (sureste), Banco San Jaime (oeste) y Banco Golden Gate (noroeste) (Fig. 1).

##### 2.1.2 Marco oceanográfico regional

De acuerdo con los trabajos de Wyrcki (1965, 1967), Gómez y Vélez (1982) y Gómez (1992) el sistema de corrientes en esta región, está influido por el patrón de circulación del Océano Pacífico Oriental Tropical, el cual es dominado por las corrientes de California y la Norecuatorial. La corriente de California tiene su origen en los 40°N y fluye hacia el Ecuador, extendiéndose hasta aproximadamente 1000 Km de distancia de la costa las profundidades varían entre 100 y 300 m. el flujo más intenso se presenta durante la primera mitad del año.

Entre los 20° y 30° N la corriente de California gira hacia el Oeste y continúa como parte de la Corriente Norecuatorial, a la cual convergen también aguas de la Contracorriente Ecuatorial y del Océano Pacífico Oriental Tropical. En dirección

opuesta a la corriente de California, existe un flujo hacia el norte compuesto por la Contracorriente Superficial Costera y la Corriente Profunda de California. Este patrón de corrientes se enriquece cerca de la costa por la influencia de corrientes costeras y estacionales, eventos de surgencias y por los sistemas de remolinos locales semipermanentes (Beirstein *et al.*, 1977; Hewitt, 1981).

Específicamente en la región sur del Golfo de California (Boca) confluyen tres tipos de masas de agua superficiales: 1) el agua de la Corriente de California de baja salinidad y temperatura ( $T < 22$  °C,  $S < 34.6$  UPS), 2) el agua cálida del Pacífico Oriental Tropical de salinidad y temperatura intermedias ( $T > 25$  °C,  $34.6 \text{ UPS} < S < 34.9 \text{ UPS}$ ) y 3) el agua originada en el interior del Golfo de California, de muy alta salinidad y temperatura (Roden y Groves, 1959; Wyrki, 1967; Alvarez, 1983). La circulación superficial, en esta zona está directamente relacionada al patrón de vientos, por lo que durante el invierno es predominantemente hacia el sureste y en el verano al noreste (Alvarez, 1994)

En la Boca del Golfo de California, un rasgo importante es la presencia de frentes oceánicos, los cuales por lo general están localizados cerca del área de Cabo San Lucas (Alvarez 1994) Típicamente estos sistemas de frentes ocurren en los primeros 120 m de la columna de agua, por el encuentro de las masas de agua de diferentes propiedades (e.g. temperaturas, salinidades y velocidad de corrientes) que confluyen en el área, tienen un impacto biológico significativo en las poblaciones (alta productividad), ya que diversos estudios han demostrado y enfatizado la relación

existente entre las condiciones ecológicas de los sistemas de frentes y los florecimientos de fitoplancton; así como con algunas pesquerías importantes (e.g. escombridos y clupeidos) (Griffiths, 1965; Traganza *et al.*, 1987, Videau, 1987; Franks, 1992)

## 2.2 Trabajo de campo

Durante los períodos de octubre de 1987 a diciembre de 1989 y de junio de 1994 - abril de 1995 se realizaron muestreos en los desembarcos de las capturas de marlín rayado de la flota de pesca deportiva que opera en el área de Los Cabos. Durante el primer período (1987-1989) los muestreos fueron mensuales y para el segundo (1994-1995) bimestrales.

El arte de captura utilizado por la flota deportiva es el método tradicional de pesca superficial, en donde por lo general se utilizan de dos a cuatro líneas con carnada artificial (curricán) o carnada viva (macarela) por embarcación.

De cada organismo muestreado se registró su peso total y las longitudes postorbital (LP) y total (LT). El estómago fue removido haciendo dos cortes, el primero a la altura del esófago y el segundo 5 cm abajo de la válvula pilórica. El contenido estomacal fue fijado con una solución de formaldehído al 10%. Las gónadas fueron también removidas y se registró el peso, sexo y estado de madurez de los ejemplares macroscópicamente para lo cual se consideró la textura, forma, color y volumen que ocupaban las gónadas en la cavidad celómica.

Durante el segundo período de muestreo, en cada una de los seis muestreos realizados, se colectaron y congelaron muestras del contenido estomacal, tejido muscular y ovarios de seis ejemplares, para su posterior análisis a través de la metodología calorimétrica

## **2.3 Trabajo de laboratorio y análisis de la información**

### **2.3.1 Trabajo taxonómico**

Durante el análisis del contenido estomacal se procedió a separar las diferentes especies presa de acuerdo al grupo taxonómico y se identificaron hasta el menor taxón posible, de acuerdo al estado de digestión de las presas. Para la determinación taxonómica se usaron las claves especializadas según el tipo de presa.

Para el caso de los peces, la identificación se realizó por medio del esqueleto axial. Para las características vertebrales (e.g. conteo, número, posición) se utilizaron las claves de Clothier (1950), Monod (1968) y Miller y Jorgensen (1973). En algunos casos, la identificación también se realizó por comparación directa con los esqueletos de peces previamente identificados en el Laboratorio de Ictiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), en La Paz, B.C.S., México.

Para los peces que presentaron un estado de digestión mínimo se utilizaron las claves de Jordan y Evermann (1896 -1900), Meek y Hildebrand (1923 -1928), Miller y Lea (1972), Thomson *et al.* (1979) y Fischer *et al.* (1995).

Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, mediante el uso de las claves de Garth y Stephenson (1966) y Brusca (1980). En los cefalópodos debido a la rápida digestión de las partes blandas de su cuerpo, se utilizó el aparato mandibular (pico), para identificar a estos organismos. Para este grupo en particular se emplearon los trabajos de: Clarke (1962, 1986), Iverson y Pinkas (1971) y Wolff (1982, 1984).

### 2.3.2 Métodos cuantitativos de análisis

Para cuantificar los diferentes tipos de especies presas consumidas, se utilizaron los siguientes métodos de acuerdo con Hyslop (1980) y Cailliet *et al.* (1986):

#### 1) Frecuencia de Aparición

Con este método, se obtuvo el número de estómagos que contenían uno o más tipos de categorías alimenticias (especies presa).

$$FA = \frac{n}{NE} * 100$$

Donde, n= Número de estómagos que contienen un determinado tipo de alimento, NE= Total de estómagos analizados.

#### 2) - Abundancia Numérica

Con este método se registró la importancia numérica de cada tipo de presa en los estómagos analizados y el total se expresó como una proporción del total de presas.

$$N = \frac{n}{NT} * 100$$

Donde: n= Número total de presas de una determinada especie NT= Número total de

presas de todas las especies.

### 3) - Importancia Volumétrica

El método volumétrico se empleó para obtener información de la biomasa de las presas consumidas. Cada tipo de alimento fue separado y su volumen se midió por desplazamiento de agua en una probeta graduada. El volumen fue referido al volumen total estimado para todas las presas contenidas en los estómagos analizados y se expresó como un porcentaje del mismo

$$V = \frac{v}{VT} * 100$$

Donde. v= Volumen desplazado por un determinado tipo de alimento (especies); VT= Volumen desplazado por la totalidad de especies

### 4) Índice de Importancia Relativa (IIR)

Este índice combina a los tres métodos anteriores y fue propuesto por Pinkas *et al* (1971) El IIR se utilizó con la finalidad de valorar de manera integral la importancia de cada tipo de alimento en el espectro trófico de la especie. La formulación de este índice es el siguiente.

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

Donde: N = Porcentaje número de organismos; V = Porcentaje volumen; FA = Porcentaje frecuencia de aparición

## 2.4 Análisis estadísticos

### 2.4.1 Análisis de la variación del espectro trófico

Para el análisis de la variación estacional del espectro trófico, se determinó la amplitud de nicho trófico de cada época del año (período 1987-1989) mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_j \log (P_j)$$

Donde.  $P_j = \frac{n_i}{N}$ .  $n_i$ =número de individuos de la especie  $i$ .  
 $N$ = número total de individuos.

Este índice ha sido sugerido y utilizado como una medida de amplitud de nicho trófico en diferentes estudios (e.g. Colwell y Futuyma. 1971; Marshall y Elliot. 1997), ya que considera el número de especies presa y su abundancia numérica.

Los valores obtenidos por este índice fueron estandarizados a una escala de 0 a 1, mediante el cálculo del índice de equitatividad de Pielou (1976), en donde a mayor equitatividad se obtienen valores más cercanos a uno.

$$J' = \frac{H}{H' \text{ Max.}}$$

Donde  $H$  = Índice diversidad Shannon-Wiener;  $H' \text{ Max.} = \ln (N)$ ;  $N$ = número de especies

Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) de una sola vía a los valores de diversidad ( $H'$ ), para evaluar ( $\alpha = 0.05$ ) la significancia de las diferencias en la amplitud de

los espectros tróficos estacionales, considerando que de acuerdo con Magurran (1988), la distribución de  $H'$  es normal.

Para evaluar las diferencias en las dietas (alimento consumido) por tallas y sexos del marlín rayado se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA). En el análisis por tallas se compararon el volumen del espectro trófico de 12 intervalos de tallas los cuales fueron determinados de acuerdo con Ponce *et al.* (1991), para esto se consideró la longitud postorbital, se agrupó en intervalos de 10 cm. Mientras que en el análisis por sexos se compararon los espectros tróficos volumétricos de hembras y machos

#### **2.4.2 Estimaciones de la ración de alimento consumido y abundancia relativa de especies presa**

La técnica descrita por Stillwell y Kohler (1982), fue usada para obtener la medida de la capacidad teórica de llenado máximo del estómago, con la finalidad de poder describir el grado de llenado de los estómagos (repleción gástrica), se consideró que el volumen del contenido estomacal (ml) puede ser expresado como una proporción de la capacidad del estómago

Así, la capacidad máxima de llenado fue determinada considerando un estómago de cada uno de los 12 intervalos de tallas definidos. Los 12 estómagos vacíos fueron ligados en la porción posterior y llenados con agua. En el momento que el agua era forzada a salir del saco estomacal, este se considero como totalmente lleno

Posteriormente se midió la totalidad de agua contenida en el estomago.

El promedio de los 12 valores registrados fue considerado como la capacidad máxima de llenado. con la finalidad de asignar a partir de este valor, el grado de llenado de cada uno de los estómagos revisados (se consideró los valores obtenidos por el método volumétrico), los cuales fueron agrupados en cuatro categorías de llenado: 1-25%. 26-50% 51-75% y 76-100%.

Utilizando el valor promedio del contenido estomacal de los 452 marlines (se aplicó la conversión de 1 ml = 1 g) y tasas de evacuación gástrica ya calculadas por Olson y Boggs (1986) para el atún aleta amarilla *Thunnus albacares* (especie que cohabita los mismos niveles tróficos del marlín rayado). se realizaron estimaciones de las tasas de ración diaria y anual. A partir de éstas se extrapolió a la captura realizada (organismos anzueleados) por las ocho flotas de pesca deportiva de Cabo San Lucas. durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989. con la finalidad de obtener una estimación de la abundancia relativa (biomasa) de las presas consumidas por esta especie durante este período

#### **2.4.3 Análisis calorimétricos**

El contenido calórico de 36 muestras de contenido estomacal. 36 de tejido muscular y 36 de tejido gonádico durante un ciclo anual (obtenidas bimestralmente durante el periodo de 1994-1995). fue estimado con un calorímetro adiabático.

Las muestras analizadas requirieron de un tratamiento previo el cual dependió básicamente de sus características físicas. El contenido estomacal, una vez cuantificado cualitativa y cuantitativamente fue homogeneizado (fraccionado y mezclado) en el laboratorio con la ayuda de una licuadora. De cada contenido estomacal se tomó una muestra de 50 g la cual fue congelada.

Para el caso de las gónadas se registro su peso con una balanza de precisión de 0.01 g, macroscópicamente se determinó su fase de maduración de acuerdo con la siguiente escala:

Fase I: Organismos inmaduros (no se puede determinar el sexo)

Fase II: Organismos en reposo (pueden ser diferenciados sexualmente)

Fase III: Organismos con gónadas muy desarrolladas y en proceso de hidratación

Fase IV: Organismos en desove (gónadas totalmente hidratadas)

Fase V: Organismos desovados (gónadas muy vascularizadas y en proceso de reabsorción)

Posteriormente se tomó una muestra de 50 g, la cual fue congelada. De las muestras de tejido muscular se tomaron muestras de 50 g, mismas que también se congelaron.

Dependiendo del tamaño y grosor de la totalidad de la muestra se procedió a su secado en una cámara liofilizadora durante un período de 3 a 7 días, para posteriormente transferirlo a una estufa a 65°C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante, el cual fue considerado como peso seco. El contenido de agua se calculó restando el peso seco al peso fresco.

Inmediatamente después, las muestras secas se desmenuzaron en una licuadora y se terminaron de moler en un molino. luego se metieron a la estufa durante 24 horas y se transfirieron a un desecador. Finalmente se tomaron submuestras de aproximadamente 1 gramo (3 réplicas de cada muestra) las cuales se compactaron en forma de pastillas para posteriormente transferirlas a la estufa por 24 horas colocándolas en el desecador hasta el momento de su pesado y determinación calorimétrica (Parr Instrument Co. 1980). Los valores de energía obtenidos fueron expresados como kilocalorías por gramo (kcal/g) de peso seco, peso fresco y libres de cenizas de acuerdo con Phillipson (1964) y el manual Parr Instrument (1980).

Para la cuantificación del espectro trófico energético (ETE), los valores calóricos estimados fueron el resultado de la suma de los valores de energía (kcal/g de peso fresco) de la totalidad del alimento consumido durante el ciclo anual. Se consideró la conversión de 1 ml = 1 g para convertir los datos de volumen (método volumétrico) a peso.

El patrón estacional de almacenamiento de energía (AET) se estimó de acuerdo con Mackinnon (1972) a partir de la suma de los valores de energía estimados bimestralmente tanto para tejido muscular (AEM) como gonádico (AEG) en un ciclo anual (AET = AEM + AEG).

Los valores energéticos de ETE como de AET fueron comparados estadísticamente mediante un análisis de Varianza (ANDEVA) con la finalidad de evaluar las diferencias entre los valores calóricos estimados bimestralmente.

Asimismo con la finalidad de evaluar el posible efecto de la temperatura del agua en la dinámica trófica (disponibilidad y utilización de la energía) del marlín rayado, se contó con los registros de temperaturas diarias, correspondientes a los dos períodos de estudios, los cuales fueron proporcionados por el Departamento de Fluctuaciones del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR).

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS

#### 3.1 Análisis cualitativos y cuantitativos

Se colectó un total de 505 ejemplares de marlín rayado con una longitud postorbital (LP) de 176.81 cm  $\pm$  11.47 cm (desviación estándar) y un peso promedio de 56.14 kg  $\pm$  10.95 kg. De los 505 organismos muestreados, 452 presentaron estómagos con alimento (89.6 %), 27 estómagos vacíos (5.3 %) y 26 regurgitados (5.1 %) (Tabla 1). Se identificaron un total de 42 tipos de organismos presa de los cuales 31 fueron peces, 6 cefalópodos y 5 crustáceos, los cuales correspondieron a 21 familias, 35 géneros y 36 especies (Tabla 2).

El contenido estomacal de los ejemplares con alimento desplazó un volumen total de 231.114 ml, de los cuales los peces aportaron 87.6 %, cefalópodos 11.5 % y crustáceos 0.9 %. Las especies más importantes fueron: la macarela *Scomber japonicus* (29 %) la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* Girard (15.8 %), el calamar gigante *Dosidicus gigas* (10 %) y la sardina japonesa *Etrumeus teres* (8.5 %).

De acuerdo al método numérico, se cuantificaron un total de 3,861 presas, de las cuales el 71.1 % correspondió a peces, 19.2 % a cefalópodos y 9.7 % a crustáceos. Las especies de mayor importancia numérica fueron los peces *S. caeruleus* (21.7 %) y *S. japonicus* (15.6 %), así como el calamar *D. gigas* (11.6 %) y la langostilla *Pleuroncodes planipes* (7.7 %).

Los peces también constituyeron el grupo más frecuente en los estómagos del marlín rayado, ocurriendo en el 95 % de los estómagos; los cefalópodos en el 31% y los crustáceos en el 10 %. Las especies de mayor frecuencia de aparición fueron los peces *S. japonicus* (51.3 %) y *S. caeruleus* (27.5 %), el calamar *D. gigas* (23.9 %) y la langostilla *P. planipes* (9.1 %).

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), los peces aportaron a la dieta 84.6 % lo cual indica que son el alimento principal del marlín; seguidos por los cefalópodos (13.5 %) y los crustáceos (1.9 %). Las presas más importantes fueron los peces *S. japonicus* (54.5 %) y *S. caeruleus* (19.2 %), así como el calamar *D. gigas* (13.5 %). En la figura 2 se presentan los resultados obtenidos mediante cada uno de los métodos.

### 3.2 Variación del espectro trófico estacional

Los resultados del análisis de la amplitud de nicho trófico basado en los valores registrados por el método numérico, indicó que la amplitud (diversidad,  $H'$ ) fluctuó entre un valor mínimo de 1.4 registrado en el verano de 1989 a un valor máximo de 3.7 correspondiente al otoño de 1988. El valor mínimo de equitatividad ( $J'$ ) fue de 0.61 en primavera de 1988 y el máximo de 0.83 en otoño 1989 (Fig. 3). El ANDEVA realizado indicó que no existieron diferencias significativas en la amplitud de los espectros tróficos del marlín en las diferentes épocas del año ( $F= 1.96$ ;  $P=0.82$ ).

### 3.3 Variación del espectro trófico por tallas y sexos

La distribución de frecuencias de longitud postorbital del marlín rayado, capturado en el área de Los Cabos durante 1987 a 1989, presentó un intervalo de tallas entre 120 a 221 cm de LP en donde el mayor porcentaje (36 %) de los organismos analizados correspondieron al intervalo de talla de 171-180 cm (Fig. 5).

El mayor número de estómagos analizados estuvieron comprendidos entre los 151 y 200 cm de LP. Asimismo del intervalo de 121 a 140 cm solamente se colectó un espécimen que presentó el estómago vacío. En la tabla 4, se presenta el contenido estomacal por intervalo de tallas, expresado en valores absolutos del método volumétrico, así como el número de estómagos analizados. El análisis múltiple de varianza (MANOVA), efectuado incluyó solamente a los 10 intervalos de tallas en donde se analizaron estómagos con alimento.

El MANOVA realizado indicó que existieron diferencias significativas en el consumo del alimento entre los diferentes intervalos de tallas ( $P < 0.0001$ ). Asimismo al realizar la prueba *a posteriori* de Tukey, se encontró que de acuerdo a sus preferencias tróficas, se conforman dos grandes grupos, en donde las diferencias son altamente significativas, el primero integrado por los organismos con tallas  $\leq 180$  cm de LP y el segundo por los organismos  $> 181$  cm de LP. La diferencia entre estos dos grupos se dan básicamente por el consumo de las diferentes especies de peces, ya que al considerar solamente a los otros dos grupos alimenticios (cefalópodos y crustáceos) las diferencias

en su consumo no fueron significativas.

Del total de 505 organismos analizados 297 fueron hembras (58.8 %) y 208 machos (41.2 %). En la tabla 5 se presentan las frecuencias de hembras y machos por estación de muestreo así como la variación en la proporción de sexos. De manera general en este trabajo se encontraron más hembras que machos, la proporción sexual total fue de 1.4 hembras por macho (1.4: 1). Con respecto a la dieta de hembras y machos (Tabla 6ab y Fig. 6) el MANOVA realizado indicó que existen diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ). Asimismo al realizar la prueba *a posteriori* de Tukey (DVS) para muestras desiguales, se encontró que estas diferencias se dan básicamente por el consumo de especies de peces y que las hembras consumen el doble de este tipo de presas que los machos. Mientras que en el caso del consumo de cefalópodos y crustáceos las diferencias no son significativas

### **3.4 Estimación abundancia relativa de presas**

Para determinar el grado de llenado de los estómagos analizados, se calculó el equivalente en términos de porcentaje de la proporción del alimento encontrado en cada uno de ellos con relación al valor teórico máximo de llenado estimado, el cual fue de 2.500 ml, que equivale al 4.4 % del peso promedio del marlín. Así de los 452 estómagos 261 (57.74 %) correspondieron a un grado de llenado del 1-25%, 120 (26.54 %) al de 26-50% 48 (10.62 %) al de 51-75% y 23 (5.1%) al de 76-100%. El análisis por sexos nos indicó que de manera general las hembras presentaron un porcentaje mayor de

estómagos con un grado de llenado mayor ( $> 1-25\%$ ) (Tabla 7).

Asimismo en lo que respecta a los intervalos de tallas se encontró que cuando la longitud postorbital se incrementa, el promedio del contenido estomacal (volumen) aumenta. De igual forma se observó una clara tendencia en la disminución del número de estómagos vacíos en los organismos con tallas mayores

Al no existir información sobre tasas de evacuación gástrica de marlín rayado, pero al cohabitar estos en los mismos niveles tróficos que el atún aleta amarilla y además coincidir sobre el consumo de un porcentaje alto de especies presas (Galván, 1989), se asumió que es razonable aplicar los resultados encontrados por Olson y Boggs (1986). Así el cálculo de ración diaria del marlín fue estimado considerando un tiempo promedio de evacuación gástrica de 6 h y un promedio de consumo de alimento por marlín de 0.511 kg. Este último valor corresponde al promedio del alimento consumido por los 452 marlines rayados, lo cual equivale al 1% del peso promedio del marlín (56.14 kg). La ración diaria de alimento estimada fue de 2.04 kg de presas consumidas por marlín al día, lo cual representa el 3.6% de su peso promedio. Por lo que la tasa de consumo de presas de los 452 marlines fue de 0.922 Tm.

Al extrapolar la estimación anterior a un promedio de captura estimada de 12.166 organismos anzuleados por ocho flotas de pesca deportiva con representación en el muelle de desembarco de Cabo San Lucas durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989 (Klett *et al.* 1996), se obtuvo una estimación total de 24.818.6 Tm de presas consumidas, lo que equivale a una tasa anual de consumo de 11,030.5 Tm.

Para la estimación de la abundancia relativa de las especies presas más importantes en el espectro trófico del marlín, se tomó en consideración la información de la biomasa obtenida a partir del método volumétrico (considerando la conversión de 1 ml = 1 g) de cada uno de los tipos de alimento consumido. De esta manera a la macarela *Scomber japonicus* le correspondió el 29 % de la abundancia relativa (7.197.4 Tm), a la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* el 15.8 % (3 921.3 Tm) , al calamar gigante *Dosidicus gigas* el 10 % ( 2.481.9 Tm), a la sardina japonesa *Etrumeus teres* el 8.5 % (2 109.6 Tm) , a la merluza *Merluccius productus* el 7.2 % (1.786.9 Tm) , al carángido *Decapterus muroadsi* el 6.3 % (1.563.6 Tm ) y al escómbrido *Auxis* spp. el 3.6 % ( 893.5 Tm) (Fig. 7).

### 3.5 Análisis calorimétricos

Durante el período de junio de 1994 - abril 1995 se muestrearon un total de 155 organismos con un promedio de LP. de 173.29 cm  $\pm$  12.75 cm (desviación estándar) y un peso promedio de 53.73 kg  $\pm$  12.76 kg, de los cuales 91 ejemplares presentaron estómagos con alimento (58.7 %), 33 estómagos vacíos ( 21.3 %) y 31 regurgitados (20 %). Se identificaron un total de 32 tipos de organismos presa. de los cuales 27 fueron peces. 3 cefalópodos y 2 crustáceos. los cuales correspondieron a 20 familias. 29 géneros y 31 especies (Tabla 8)

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), los peces aportaron 88.9 % lo cual indica que son el alimento principal del marlín; seguido por los cefalópodos (8.1 %) y los crustáceos (3 %). Las especies presa más importantes fueron la macarela *Scomber japonicus* (27.9 %), la sardina *Sardinops caeruleus* (26.8 %), el pez cochito *Balistes polylepis* (8.7 %) y el calamar *Dosidicus gigas* (13.5 %).

La metodología calorimétrica se aplicó a 36 marlines rayados (6 por muestreo), con promedio de longitud postorbital de  $179.06 \pm 10.47$  cm; una talla mínima de 158 cm y una máxima de 208 y con un peso promedio de  $59.6 \text{ kg} \pm 14.01$  kg; un registro mínimo de 35 kg y un máximo de 104.4 kg (Tabla 9). En las tablas 10, 11 y 12 se presentan los valores energéticos en kilocalorías por gramo (kcal/g) de peso fresco, peso seco y peso libre de cenizas del tejido gonádico, tejido muscular y contenido estomacal homogeneizado.

Los valores calóricos estimados del contenido estomacal fluctuaron entre  $4.09 \pm 0.17$  kcal/g de peso seco correspondiente al mes de diciembre de 1994 (cuarto muestreo) y  $6.02 \pm 0.11$  kcal/g registrados durante el mes de agosto de 1994 (segundo muestreo). El ANDEVA realizado mostró que los valores energéticos estimados fueron significativamente diferentes ( $F= 5.99$ ;  $P= 0.001$ ) (Fig.8).

Considerando que el volumen total de alimento consumido por los marlines durante el período 1994-1995 fue de 140,367 g, y que el valor energético promedio del alimento consumido por el marlín fue de 1.44 kcal/g de peso fresco, se estimó que los marlines consumieron un total de 202,128.5 kcal. En la tabla 13 y figura 9 se presenta el

patrón de variación estacional del espectro trófico energético

Los valores calóricos estimados de las gónadas fluctuaron de un valor mínimo de  $3.89 \pm 0.61$  kcal/g de peso seco, el cual corresponde a una gónada en reposo (Fase II) recolectadas en el mes de octubre de 1994, a un valor máximo de  $5.33 \pm 0.01$  kcal/g registrado en un organismo con gónadas muy desarrolladas (Fase III) capturado en el mes de agosto de 1994 (Tabla 9). El análisis de Varianza (ANDEVA) mostró que los valores energéticos registrados durante el ciclo anual fueron significativamente diferentes ( $F= 2.95$ ;  $P = 0.03$ ) (Fig. 10)

La variación de energía del tejido muscular fue de  $4.04 \pm 0.03$  a  $5.58 \pm 0.13$  kcal/g de peso seco, cuyo valor mínimo correspondió a un organismo (LP=176.5 cm; P= 56.8 kg) capturado durante el mes de abril de 1995 y el máximo a un pez (LP= 202 cm; P= 77.2 kg) colectado en el mes de agosto de 1994) (Tabla 9). El ANDEVA realizado indicó que existieron diferencias altamente significativas en los valores de energía comparados ( $F= 7.18$ ;  $P= 0.0002$ ) (Fig. 11).

En la tabla 14 se presentan los valores del almacenamiento de energía (AEM y AEG), estimados para cada uno de los 36 ejemplares de marlín rayado analizados. Los valores de energía almacenada en gónadas (AEG) fluctuaron en un valor mínimo de  $104 \pm 21.09$  kcal correspondiente al mes de abril de 1995 y un valor máximo de  $1010 \pm 534.8$  kcal para el mes de agosto de 1994. El almacenamiento de energía (kcal) en tejido muscular (AEM) registró el valor mínimo ( $57785 \pm 51656.8$  kcal) durante el mes de abril de 1995 y un máximo ( $123817 \pm 11439.4$  kcal) en agosto de 1994.

Asimismo se encontraron diferencias altamente significativas en los valores totales de almacenamiento de energía total (AET) ( $F= 5.36$ ;  $P= 0.001$ ) (Fig. 12) La estimación del promedio anual fue de  $80.745.4 \pm 34105.4$  kcal, con una fluctuación entre un valor mínimo de  $57889 \pm 11437.5$  kcal, correspondiente al mes de abril de 1995 en donde se registró la temperatura más baja ( $22.2$  °C) y un valor máximo de  $124828 \pm 52042.8$  kcal estimado para el mes de agosto de 1994, en donde también se obtuvo el registro de temperatura más alto ( $29.6$  °C) (Fig. 13).

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

#### 4.1 Ecología trófica

En el área de Cabo San Lucas, B.C.S., el marlín rayado se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos de la zona nerítica y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas. Las presas más comunes son la macarela *Scomber japonicus*, las sardinias *Sardinops caeruleus* y *Etrumeus teres*, el calamar *Dosidicus gigas* y en menor grado los carangidos *Decapterus muroadsi* Gill y *Selar crumenophthalmus* Bloch.

Otras de las presas registradas forman parte del necton demersal, el cual involucra a organismos que pasan la mayor parte de su ciclo de vida cerca del fondo, como son, la merluza *Merluccius productus* Ayres, el pez soldadito *Prionotus* spp., el cabaicucho *Diplectrum* spp y el pez sapo *Kathetostoma averruncus* Jordan y Bollman. Asimismo se encontraron organismos bentónicos, como el estomatópodo *Squilla* spp., y organismos integrantes del zooplancton como eufáusidos, anfípodos e isópodos, los cuales por su menor representatividad en la dieta, se pueden considerar como alimento incidental.

Esta alta diversidad de presas registradas (amplitud de nicho trófico) en los estómagos del marlín rayado, necesariamente implica una conducta alimentaria generalista y oportunista. Además el registro de presas epipelágicas (zona nerítica y oceánica), demersales y bentónicas sugiere que el marlín realiza migraciones verticales y horizontales para hacer uso de este tipo de presas. Existen datos generados a partir del

marcado y seguimiento telemétrico sobre los movimientos verticales y horizontales del marlín rayado (Holts y Bedford, 1990; Brill *et al.*, 1993), en donde se menciona que el marlín rayado pasa la mayor parte del tiempo en la superficie (10 m) del agua, haciendo inmersiones hasta aproximadamente una profundidad de 170 m, se estimó que los movimientos verticales del marlín están fuertemente influenciados por la temperatura del agua

De acuerdo con Block *et al.* (1992a) el marlín rayado parece ocupar preferentemente el hábitat cercano a la superficie, pero en las aguas frías de California esta especie se puede mover a través de la termoclina y en algunas ocasiones se puede alimentar en profundidades similares a las del marlín azul. De manera general, el seguimiento telemétrico de peces de la familia Xiphiidae han revelado que en el marlín rayado y marlín azul (subfamilia Istiophorinae) las migraciones verticales son de tiempo corto y de profundidades moderadas, mientras en el caso del pez espada (subfamilia Xiphiinae) los movimientos son a mayor profundidad y por períodos prolongados.

Con respecto a los movimientos horizontales del marlín rayado estos pueden, probablemente, simplificarse a una estrategia reproductiva buscando masas de agua más adecuadas para el crecimiento y sobrevivencia de las larvas. Los juveniles y adultos inmaduros se ubican en aguas con alta disponibilidad de presas. Estos peces migran regularmente a lugares donde las condiciones son más adecuadas en una fase particular de su vida, por lo que se considera que las migraciones son de importancia adaptativa, ya que los organismos aseguran condiciones favorables para su existencia

y reproducción (Radakov 1973; Lagler *et al.*, 1977)

El marlín rayado y otras especies de escombroideos presentan migraciones activas moviéndose en la dirección que su curso de orientación le indique. Este tipo de migraciones son energéticamente costosas e involucran movimientos de una región geográfica a otra, distantes en términos de la velocidad de crucero óptimo de la especie. Estos movimientos son regularmente de ciclos estacionales que pueden incluir períodos de alimentación, o bien en muchos de los casos la sobrevivencia de la especie se basa en su almacenamiento de energía (Sharp y Dotson, 1977; Walker, 1984; Weihs, 1984)

Debido a que las principales vías de gasto energético asociado al proceso de alimentación en peces pelágicos se dan en la búsqueda, persecución, captura (manipulación) y digestión, la estrategia de una alimentación óptima está en el balance de estos factores (Moyle y Ceach 1988). De manera general se reconoce que la selección natural ha favorecido a los depredadores para que a partir del uso de diferentes estrategias puedan maximizar la eficiencia de la captura de presas, para incrementar la ganancia de energía neta (con el menor gasto energético), con el propósito de eficientar su funcionamiento metabólico.

En ese sentido los peces pelágicos y en especial el marlín rayado presentan estrategias para una óptima alimentación que pueden estar asociadas con su patrón de movimiento y detección del alimento. Este tipo de depredadores presentan dos tipos de velocidades de nado: 1) la velocidad óptima de alimentación, en donde se maximiza

la tasa de energía consumida o producción en su sentido amplio y 2) la velocidad de crucero óptimo, con la cual se maximiza la distancia recorrida por unidad de energía consumida (Ware, 1978).

El concepto de velocidad óptima de alimentación, implica que este tipo de depredadores pelágicos responden a las variaciones en la disponibilidad y abundancia del alimento con cambios en su velocidad para maximizar su tasa de producción. De acuerdo con Block *et al.* (1992b) los marlines tienen la capacidad de que en períodos cortos, se logren altas velocidades, lo cual les facilita la captura de presas disponibles.

Otro ejemplo de lo anterior son los resultados obtenidos por Muir y Newcombe (1974, citado por Ware, 1978) quienes señalan que en experimentos realizados con la macarela del Atlántico (mantenida en cautiverio), los peces ajustaban su velocidad de alimentación de acuerdo con la cantidad del alimento disponible. En ausencia de plancton la macarela se movía a una velocidad mínima (basal), de cerca de una longitud corporal por segundo incrementando progresivamente su velocidad cuando las concentraciones de plancton aumentaban hasta alcanzar una velocidad de alimentación óptima de dos longitudes corporales por segundo.

En cuanto al concepto de velocidad de crucero óptimo este se puede definir como la velocidad a la cual el gasto de energía (costo) por unidad de distancia recorrida es mínima. La mayor cantidad de información que se ha generado sobre las velocidades de crucero en los peces pelágicos se debe a la subsecuente recaptura de organismos marcados en diferentes épocas y lugares de aquel en donde fueron

marcados y liberados. Una de las más notables distancias recorridas, registradas para los peces de pico es la de un marlín negro (*Makaira indica*) de 58 kg, que fue marcado y liberado en Baja California y posteriormente recapturado a 10,000 km del punto de liberación en Nueva Zelanda por un barco de pesca comercial japonés (Block *et al.*, 1992b).

Tradicionalmente en la literatura sobre peces escombroides, existen frecuentes referencias de que la mayoría de ellos son nadadores muy veloces (e.g. Davie, 1990), pero a la luz de los recientes trabajos sobre marcado y seguimiento telemétrico, en donde se registran los movimientos verticales y horizontales de especies como el marlín rayado y marlín azul (Block *et al.*, 1992 a y b; Brill *et al.*, 1993), se ha logrado establecer que la velocidad de crucero de estas especies es relativamente lenta, lo cual sugiere que las bajas velocidades de nado es una vía para minimizar el alto costo energético de la locomoción a grandes distancias

Asimismo si se considera que en los mares cálidos en donde se distribuyen estos organismos los recursos alimenticios están frecuentemente distribuidos heterogeneamente, el minimizar el gasto de energía al nadar lentamente grandes distancias entre los parches alimenticios, puede sin duda ser altamente ventajoso ya que de acuerdo con Weihs (1984), la mayor eficiencia de la energía de nado (energía mínima gastada por distancia recorrida) se logra con la menor velocidad.

Los marlines al estar altamente adaptados al tipo de vida pelágico, poseen numerosas estructuras morfológicas y fisiológicas que efficientizan su desempeño

locomotor. Así en el caso particular del marlín rayado su cuerpo es extremadamente hidrodinámico, presentando aletas pectorales recorridas hacia el dorso con grandes superficies de área. Una de las principales características morfológicas es el alargamiento de sus huesos premaxilar y prenasal para formar un pico redondeado, lo cual muy probablemente le ayude a reducir la presión frontal del agua (Longhurst y Pauly 1987).

En la actualidad también existen opiniones encontradas sobre el posible uso del pico (familia Xiphiidae) para la obtención del alimento. Bigelow y Schroeder (1953) y Scott y Tibbo (1968) coinciden en reconocer y aceptar que el pez espada está altamente especializado para acuchillar lateralmente a sus presas utilizando su espada (pico). Asimismo, Evans y Wares (1972) señalaron la presencia de presas con lesiones ocasionadas por el pico del marlín rayado, lo cual probablemente lo realiza para debilitar a la presa y hacer más fácil su ingestión. Sin embargo Hubbs y Wisner (1953), documentan que en ninguna de las presas consumidas por el marlín rayado en California se presentan lesiones que pudieran ser ocasionadas por el pico de este organismo.

De igual forma Strasburg (1969) al registrar el testimonio de un investigador de la Universidad de Hawaii, el cual observó a un marlín atravesar con su pico a un pez dorado *Coryphaena* sp. concluye que este comportamiento del marlín es incidental ya que la mayoría de las presas encontradas en los contenidos estomacales no presentan lesiones ocasionadas por el pico

Los antecedentes más recientes de reportes de ataques de peces de pico (subfamilia Isthiophorinae) al tiburón *Isurus oxyrinchus* son los de Cliff *et al.* (1990) quienes documentaron que el pico de un pez vela fue encontrado embebido en órbita ocular izquierda de un tiburón capturado en Africa del Sur, y el de Fierstine *et al.* (1997), quienes citaron que el pico de un marlín azul también estaba embebido en el lado izquierdo del cuerpo (a nivel de la segunda aleta dorsal) de otro tiburón capturado en Ensenada Baja California, México.

A este respecto en el presente trabajo no se registraron vestigios de un comportamiento alimentario de este tipo en ninguna de las presas consumidas. Sin embargo resulta claro que en los peces de pico, la modificación y crecimiento de los huesos premaxilar y prenasal en un *rostrum* redondeado en el caso de la subfamilia Isthiophorinae y aplanado en la subfamilia Xiphiinae (Fierstine, 1990; Nelson, 1994), les permite adquirir una forma más hidrodinámica que les ayuda a tener un desplazamiento de mayor dinamismo y por ende de una mayor eficiencia en su conducta alimentaria.

## **4.2. Variación del espectro trófico**

### **4.2.1. Variación estacional**

De acuerdo a los registros de temperatura superficial del agua en el área, las condiciones ambientales que prevalecieron durante el período de 1987-1989, corresponden a un régimen ambiental asociado a un período de calentamiento el cual fue registrado también por diferentes autores (e.g. Cole y McLain, 1989; Karoly Lavery, 1989).

Lander, 1989; McPhanden *et al.*, 1990), para la costa occidental de Baja California y el Pacífico Sur

Asimismo de acuerdo con Gómez (1992), las condiciones que predominaron en la región sur de la costa occidental de Baja California, fueron de un calentamiento anormal moderado, caracterizado por una termoclina profunda y una capa mínima de concentración de oxígeno (< 20 % de saturación) ente los 75 y 150 m. Los efectos de estas características ambientales particulares, son señaladas en los estudios de Garate, (1989), Gendron (1990) y Gómez (1992), quienes corroboran que este régimen moderadamente cálido, en aguas del Golfo de California y costa occidental de la península de Baja California, favoreció la incursión de la fauna de afinidad tropical, al registrar la presencia de especies de zooplancton y fitoplancton que en años normales no están presentes en estas zonas

Con base a nuestros resultados, durante el período de 1987-1989 el marlín se encontró durante todas las estaciones climáticas en el área de Los Cabos, con una menor abundancia a finales de verano y principios de otoño durante estos tres años. Esta variación estacional en la presencia y abundancia del marlín en el área no puede atribuirse al calentamiento moderado registrado durante este período, ya que de acuerdo a los registros históricos mensuales de capturas realizadas por la flota de pesca deportiva (Anónimo, 1991; Klett *et al.*, 1996) esto constituye un patrón normal de variación de sus abundancias

Asimismo durante este período no se detectaron diferencias significativas en la variación estacional de su espectro trófico, manteniendo una tendencia a la mayor aparición de especies de hábitos pelágicos que forman grandes cardúmenes como lo son la macarela *S. japonicus*, la sardina monterrey *S. caeruleus* y el calamar gigante *D. gigas*, las cuales de manera general constituyeron arriba del 85 % del IIR.

Cabe señalar que la frecuente aparición de estas especies presa en los estómagos del marlín rayado, reflejan su gran abundancia en el Pacífico Oriental Mexicano y de manera particular en la costa occidental de Baja California y Golfo de California, en donde por ejemplo de acuerdo con Gluyas y Quiñonez (1996) la macarela debido a sus altas abundancias es capturada durante todo el año, obteniéndose sus mayores volúmenes de captura desde finales de invierno hasta mediados del verano. Asimismo la sardina monterrey registra grandes volúmenes de captura en la zona, por lo que constituye una de las pesquerías nacionales más importantes (Félix *et al.*, 1996).

La dominancia del calamar gigante podría estar en relación directa a la presencia de masas de agua más cálidas en la Boca del Golfo de California (de 25 a 29 °C) y con la abundancia de especies presa disponibles como la sardina y macarela (pelágicos menores que pueden conformar cardúmenes mixtos) que integran su dieta básica (Ehrhardt *et al.*, 1986).

Al analizar los trabajos publicados por Evans y Wares (1972), Eldrige y Wares (1974) y Abitia (1992), en aguas del Pacífico Oriental (Mazatlán, Sinaloa; Buena Vista y Cabo San Lucas, B.C.S., México y San Diego, California, Estados Unidos) se encuentra

que las presas más importantes son prácticamente las mismas (e.g., *D. gigas*, *S. japonicus*, *E. teres*, *S. caeruleus*, *Fistularia* spp., y *E. lineatus*). Lo anterior parece indicar la existencia de una estabilidad en la composición y abundancia de poblaciones de especies que representan recursos alimenticios potenciales y accesibles para el marlín rayado y otras especies depredadoras, en comparación con otras regiones del Pacífico Oriental (Blackburn, 1968).

A este respecto se debe enfatizar lo que diferentes autores han mencionado sobre las peculiares características oceanográficas y ecológicas de la costa occidental de la Península de Baja California, en el sentido de que procesos hidrodinámicos importantes como son las surgencias, remolinos y sistemas de frentes se presentan durante casi todo el año, siendo especialmente importante la influencia de los frentes oceánicos durante las estaciones de primavera y verano en las aguas oceánicas de la región de Los Cabos (Griffiths 1965)

El efecto de los frentes, surgencias y remolinos en la producción biológica se manifiesta en el incremento de la biomasa de fitoplancton y su tasa de crecimiento como respuesta al efecto de la mezcla del agua. Este hecho ha sido reportado por numerosos estudios que han registrado picos de productividad primaria justo en las zonas en donde se presentan este tipo de fenómenos (e.g. Traganza *et al.*, 1987; Videau, 1987). Asimismo de acuerdo con Richardson (1985, citado por Franks, 1992) en un frente de masas de agua se aumenta la productividad primaria del agua en un orden de 25 veces más que en las aguas adyacentes.

Al analizar la dieta del marlín rayado en otras áreas del mundo, se encuentra que en su mayoría está conformada de peces (familias Clupeidae, Scombridae y Carangidae) y cefalópodos (principalmente calamar). Para el marlín rayado en aguas de Nueva Zelanda. Morrow (1952) registró a 10 especies de peces y 2 de calamares, el pez *Scomberesox saurus* fue la presa más importante; coincidentemente Backer (1966) en la misma zona encontró calamares y peces (carangidos) como los organismos más representativos en la dieta. En Perú y Chile. La Monte (1955) y De Sylva (1962) registraron calamares y peces, principalmente de las familias Engraulidae y Carangidae

Al comparar el presente estudio con los trabajos anteriores no se observaron variaciones en cuanto a los grupos presa; sin embargo si existen diferencias evidentes en la composición específica de la dieta, lo cual puede ser provocado por la diferencia de áreas geográficas y ciclos estacionales en la abundancia de los organismos presa

Por todo lo anteriormente expuesto se puede señalar que las aguas oceánicas de la región sur de la Península de Baja California (costa occidental de Baja California Sur y boca del Golfo de California) constituyen una de las zonas más importante de alimentación del marlín rayado en el Pacífico Nororiental. Lo anterior coincide con lo expresado por Squire y Suzuki (1990), cuando mencionan que el patrón de migración del marlín rayado es un movimiento general entre las áreas de alimentación y desove, observándose una inmigración de peces de tallas menores de las áreas de desove del Pacífico Norte (central y occidental) a las zonas del Pacífico Nororiental (a la cual consideran como una de las principales áreas de alimentación y crecimiento) y

Suroriental (Fig 14).

#### 4.2.2. Variación por tallas y sexos

De acuerdo a los estudios efectuados en el Océano Pacífico Oriental con respecto a la estructura de tallas, para la pesca palangrera el intervalo de talla registrado va de los 80 cm a los 240 cm de LP (Shingu *et al.*, 1974; Miyabe y Bayliff, 1987), mientras que para la pesca deportiva en el área de Mazatlán se registró un intervalo de tallas de los 110.0 a 204.5 cm de LP (Wares y Sakagawa, 1974) y para las zonas de Buenavista y Los Cabos, B.C.S., el intervalo de tallas fue de 107.5 a 225.5 cm de LP (Wares y Sakagawa, 1974; Ponce *et al.* 1991)

Por lo anterior es evidente que los intervalos de tallas registrados en este trabajo coinciden con los encontrados en las capturas de la pesca deportiva, pero en el caso de los organismos capturados por la pesca comercial, los registros de tallas mínimas fueron menores y los valores de tallas máximas superiores. A este respecto tenemos que indudablemente el intervalo de tallas sobre el cual incide la pesca deportiva no es muy amplio, lo cual por un lado es indicio de lo selectivo del arte de captura, y por otro, de que el espectro de tallas que confluye en estas áreas es reducido. En este sentido, se debe señalar que en este tipo de pesca, el esfuerzo de captura está dirigido a organismos de tallas y pesos grandes por lo que en los muestreos biológicos es difícil obtener información de organismos pequeños. Asimismo en el caso de la obtención de tallas máximas inferiores a las registradas en la pesca comercial, sin duda es indicativo de la menor confluencia de ejemplares de tallas mayores a los 220 cm de LP, en al menos la

zona de incidencia de la flota de pesca deportiva (18.5 km) que opera en estas áreas

En cuanto a las preferencias tróficas de los diferentes intervalos de tallas, se determinó la conformación de dos grandes grupos en donde las diferencias son altamente significativas. el primero integrado por los organismos con tallas  $\leq 180$  cm los cuales consumen un menor número de especies y biomasa de peces y el segundo por los organismos  $> 181$  cm. los cuales se alimentan de un mayor número de especies de peces y mayor biomasa de presas

Lo anterior nos indica que cuando la longitud del marlín rayado se incrementa. el promedio del volumen del alimento consumido también aumenta. debido probablemente a que los organismos con tallas mayores consumen presas de mayor tamaño.

Con respecto a la dieta de hembras y machos. se encontraron diferencias altamente significativas. destacando que de manera general las hembras presentaron un porcentaje mayor de estómagos con un grado de llenado mayor ( $> 1-25$  %) consumiendo el doble de la biomasa de presas (basicamente especies de peces) que los machos.

#### **4.3 Estimación de la abundancia relativa de presas**

##### **4.3.1. Sesgos en el calculo de las abundancias de presas**

En los estudios de contenido estomacal de peces y otros organismos marinos (e.g. delfines y ballenas). se pueden presentar sesgos en las tasas diferenciales de retención y degradación del alimento consumido. Esto es común por ejemplo cuando hay especies presa como los cefalópodos. en donde regularmente el aparato mandibular

(pico) es el único vestigio que se encuentra en los estómagos, debido a que su musculatura blanda es digerida y evacuada rápidamente (Robertson y Chivers, 1997).

Schaefer (1984) y Olson y Boggs (1986) estimaron que el tejido blando de calamares pasa por el tracto digestivo de algunos atunes (barrilete negro *Euthynnus lineatus* y atún aleta amarilla *Thunnus albacares*) en un período de 5 a 10 horas, por lo que la estimación de la importancia relativa de este tipo de presas puede ser subestimada. Asimismo puede darse el caso de que la importancia de cefalópodos y en algunos casos de peces pudiera ser sobrestimada debido al elevado número de estructuras duras como picos y otolitos que pudieran acumularse en los pliegues del estómago (Clarke, 1986).

En el presente trabajo se registró la frecuente aparición de picos de calamar en los estómagos lo cual puede ocurrir debido a que la captura de los marlines habitualmente se realiza entre las 08:00 y las 14:00 horas, descargándose en el puerto entre las 14:00 a 18:00 horas (hora del fijado del contenido estomacal con formaldehído) por lo que evidentemente durante el período de la captura hasta la fijación, los procesos de digestión continúan desdoblando la materia orgánica, debido a que las enzimas gástricas ya fueron excretadas. Este hecho puede explicar el avanzado estado de digestión de los cefalópodos (principalmente *D. gigas*). Asimismo pudiera darse el caso de la acumulación de picos en los pliegues de los estómagos como producto del consumo de este tipo de presas en días anteriores.

De acuerdo a esto, aparentemente el único camino para evitar estos sesgos, es

trabajar con organismos recién capturados, con la finalidad de obtener solamente presas frescas. Sin embargo en muchos casos esto puede limitar en gran medida los tamaños de muestra y en el caso de depredadores como el marlín, que son muestreados en las capturas efectuadas por pescadores deportivos, esto no puede ser llevado a cabo por los problemas inherentes al propio muestreo biológico. Además se debe señalar que en la mayoría de los estudios sobre los hábitos alimentarios de peces, puede existir un sesgo en cuanto al cálculo de la importancia relativa de las presas, esto debido a la digestibilidad diferencial de las mismas (Hyslop 1980; Robertson y Chivers, 1997).

#### **4.3.2. Estimaciones de tasas de ración diaria y abundancia relativa de presas**

Es generalmente aceptado que los grandes peces depredadores consumen lo que está disponible en grandes abundancias en su medio ambiente (Paiko *et al.*, 1981; Stilwell y Kohler, 1985). En este sentido las estimaciones de la ración diaria y consumo de biomasa de especies presa efectuado por los grandes peces depredadores en su medio ambiente son difíciles de estimar debido a que factores como el tamaño del pez y del alimento, la temperatura ambiental y las tasas de consumo y evacuación del alimento juegan un papel importante, por lo que solamente se pueden llegar a obtener cálculos de tasas de ración diaria y abundancia relativa de presas aproximados.

Tomando en consideración el valor promedio del peso del contenido estomacal de los 452 marlines y una tasa de evacuación gástrica estimada para el atún aleta amarilla, se estimó que el marlín rayado consume una tasa de ración diaria de 2.04 kg de presas.

lo cual representa el 3.6 % de su peso promedio. El valor obtenido, parece ser razonable y favorablemente comparable con estimaciones determinadas para otras especies de depredadores. Así para especies como los atunes y tiburones, se han calculado valores que van desde los 0.3 % de su peso corporal registrado por Clark (1963) para el tiburón *Ginglymostoma* spp. hasta la estimación de tasas que representan el 10 % del peso corporal, obtenido por Butler y Mason (1977) para el atún aleta azul

En el caso de los peces de la familia Xiphiidae, el único antecedente que se tiene sobre estimaciones de ración diaria es el trabajo de Stillwell y Kohler (1985), en donde estiman un consumo de 0.93 kg kg de presas, lo cual representa el 1.6 % de su peso promedio

De manera indirecta el estudio de los hábitos alimentarios del marlín rayado nos permitió evaluar la abundancia relativa de las especies presa más abundantes en su dieta. En este sentido al extrapolar la estimación del valor de la ración diaria a un promedio de captura estimada de 12,166 organismos anzueledos por la flota deportiva de Cabo San Lucas durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989 (Klett *et al.* 1996) se obtuvo una estimación total de 24,818.6 Tm de presas consumidas, de las cuales al considerar los valores de abundancia de las tres especies presa más importantes en su dieta, encontramos que la macarela *Scomber japonicus* aportó el 28.9 % (7,199.9 Tm), la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* el 15.8 % (3,921.3 Tm) y el calamar gigante *Dosidicus gigas* el 10 % (2,481.9 Tm).

Con base a lo anterior podemos inferir que el marlín rayado capturado por la flota deportiva en la región de Los Cabos requiere una tasa anual de consumo (biomasa) de alimento del orden de las 11, 030. 5 Tm. Se debe señalar que estas estimaciones se deben considerar como mínimas ya que el 72.4 % de los estómagos analizados presentaron un grado de llenado  $\leq 50$  % de la capacidad máxima estimada (grado de llenado).

#### **4.4 Dinámica energética**

El análisis energético se ha usado para estudiar la relación entre el ciclo anual de almacenamiento de energía y los procesos de ingestión y crecimiento en peces. Este análisis requiere de información concerniente a períodos de alimentación, crecimiento, periodicidad de los eventos reproductivos, tasas de metabolismo y ciertas eficiencias energéticas (Mackinnon, 1972). Sin embargo en el caso del marlín rayado la obtención de mediciones directas (en vivo) de estos parámetros no es posible obtenerlos por tratarse de organismos grandes de hábitos pelágicos, lo cual implica grandes y severos problemas logísticos.

En este trabajo los valores calóricos determinados por la producción de calor durante la combustión de las muestras biológicas (biomasa expresada en unidades de energía) en un calorímetro adiabático, fueron usados para proveer de una estimación relativa del consumo y almacenamiento de energía del marlín rayado durante un ciclo anual. En general, el patrón de consumo y almacenamiento de energía (kcal/ g de peso

fresco) mostraron diferencias significativas, con una tendencia similar al patrón de condiciones definido por la temperatura del agua (Fig. 13).

Lo anterior nos viene a confirmar la necesidad de realizar estimaciones energéticas estacionales y no depender de constantes o equivalentes obtenidas puntualmente (en un solo muestreo), ya que el valor calórico de cualquier tejido (vegetal o animal) está en función de su condición nutritiva y fisiológica, mismas que a su vez pueden variar con las condiciones ecológicas (Golley, 1961)

El análisis de la dinámica energética del marlín rayado sugiere que el mayor consumo de alimento y acumulación de energía (músculo y ovario), ocurre durante el verano (agosto de 1994). De acuerdo con Nikolsky (1963) y MacKinnon (1972), la estrategia de un ciclo estacional de consumo y almacenamiento de energía en el modo de vida de las especies de peces tiene significancias adaptativas, ya que los incrementos en la eficiencia del uso de la energía en los sistemas biológicos de este tipo les proporciona una gran estabilidad en situaciones en donde se presentan fluctuaciones en la abundancia y disponibilidad del alimento

Las diferencias estacionales en el almacenamiento de energía (AET) observadas en el presente estudio indican que un depredador generalista como el marlín rayado tiene la capacidad de alimentarse en grandes cantidades de las presas que se encuentran disponibles en un tiempo determinado en los diferentes ambientes que frecuentan. Este tipo de conducta alimentaria, les ayuda a maximizar la toma de energía con un mínimo de gasto energético, lo cual les puede permitir almacenar

energía en forma de lípidos corporales con la finalidad de que en un momento determinado, puedan hacer uso de estas reservas para garantizar el óptimo desarrollo de sus procesos metabólicos (migraciones, reproducción, etc.), o bien, para poder sobrevivir en situaciones en donde las condiciones medioambientales le sean adversas

Un ejemplo de la disponibilidad y utilización de la energía almacenada en peces pelágicos es el citado por Sharp y Dotson (1977), en donde documentar que el atún albacora (*Thunnus alalunga*) al recorrer una distancia de 5. 239 km en 110 días (ellos asumieron que durante la migración las tasas de crecimiento se disminuyen al mínimo y que la energía captada en las reservas de grasas solamente fueron usadas en este proceso) tuvo una disminución en sus reservas de grasa del orden de 1 450 g, lo que equivale a un gasto en términos energéticos de 13. 630 kcal.

Existe una gran similitud entre el potencial metabólico de los marlines y atunes. Estos tienen la mayor tasa metabólica entre los peces teleosteos y consecuentemente sus requerimientos energéticos también son muy grandes (Daxboeck y Davie, 1986). En este sentido si consideramos que más del 72 % de los estómagos de los marlines presentaron grados de llenado  $\leq 50$  % y que además la capacidad depredadora del marlín puede permitirles digerir grandes cantidades de presas en un tiempo corto, podemos suponer una subestimación de los valores relativos de la energía consumida. Además cabe señalar que estos valores energéticos deben de estar muy por debajo de las necesidades reales de esta especie y en general

de los peces altamente migratorios, ya que en los movimientos horizontales y verticales estos organismos son extrademandados energéticamente.

Brett y Groves (1979), proponen a partir de un modelo teórico bionérgico, la posible distribución fisiológica de la energía, a partir de la captación total vía alimento en la dieta de un pez de hábitos carnívoros. Estimaron que del 100 % de la energía consumida por un pez carnívoro, un 20 % es excretada vía heces fecales, y un 80 % corresponde a la energía digerible, de la cual el 7 % se excreta vía compuestos nitrogenados, por lo que el 73 % corresponde a la energía metabolizable. Se calcula una pérdida del 14 % por el gasto energético en digestión y asimilación del alimento, por lo que al final la energía neta canalizada hacia el crecimiento y metabolismo en general es de alrededor del 59 % .

De esta energía un mínimo del 7 % es requerido para mantener el metabolismo basal. Alternativamente todo este 59 % puede ser requerido en un momento determinado en el proceso reproductivo o de migración. Para el crecimiento se estima que un pez puede invertir de 0 a un 45 % según la edad, estado fisiológico, cantidad y calidad del alimento (Weatherley, 1972).

Este esquema de distribución de la energía consumida por un pez carnívoro (Fig.15) puede ser adaptado a las características propias del marlín rayado, el cual por ser un pez pelágico altamente migratorio, de crecimiento rápido, con una tasa metabólica alta, en ambientes oligotróficos, los porcentajes de energía canalizados hacia el crecimiento y metabolismo en general (energía neta) deben ser mayores.

Una de las principales características fisiológicas de los marlines y la cual quizá les permita lograr una mejor y óptima dinámica energética, es la presencia de un órgano termogénico que mantiene al cerebro y ojos con temperaturas mayores que las del agua (Block, 1990). Este órgano, aparentemente les proporciona un cierto grado de independencia térmica que les permite un mejor rendimiento fisiológico y una mayor movilidad en los diferentes ambientes que frecuentan, y los habilita para permanecer en la cumbre de la cadena trófica de los océanos (Carey, 1982; Block, 1990.).

Con base a la evidencia presentada en este trabajo, y los resultados del análisis de la distribución de tallas de 1,748 marlines rayados (período 1977-1989) del área de Cabo San Lucas realizado por Ponce *et al.* (1991), en donde se determinó que el 96 % de los organismos correspondieron a un grupo modal de 177.07 cm de longitud postorbital promedio, se puede confirmar la hipótesis de que la región de Los Cabos es una zona del circuito de migración del marlín rayado (Fig. 14), en el cual una fracción de la población con longitud modal menor a 200 cm de LP se encuentra en la zona consumiendo y almacenando energía para prepararse para el evento reproductivo. Al alcanzar estos organismos longitudes > 200 cm de LP, tienden a migrar rápidamente hacia el sur durante el verano probablemente a las Islas Revillagigedo, zona descrita como de desove pero aún sin verificación (Squire, 1987; Squire y Suzuki, 1990).

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación ha permitido confirmar la hipótesis , de que el área de Los Cabos es una zona importante de alimentación del marlín rayado.

Las conclusiones más relevantes son las siguientes

- 1) En el área de Los Cabos B.C.S , el marlín rayado se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos de la zona nerítica y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas.
- 2) No se detectaron diferencias significativas en la variación estacional de su espectro trófico mostrándose siempre la mayor aparición de especies de hábitos pelágicos que forman grandes cardúmenes como lo son la macarela *S. japonicus*, la sardina monterrey *S. caeruleus* y el calamar gigante *D. gigas*, las cuales de manera general constituyeron más del 85 % del IIR.
- 3) Durante el período de 1987-1989 el marlín fue registrado durante todas las estaciones climáticas, disminuyendo su abundancia a finales de verano y principios de otoño durante estos tres años. Esta variación en la presencia y abundancia del marlín en el área no es un reflejo particular del calentamiento anormal moderado del agua registrado durante este período, ya que de acuerdo a los registros históricos mensuales de capturas realizadas por la flota de pesca deportiva esto constituye un patrón normal de variación de sus abundancias.

- 4) La tasa de ración diaria del marlín rayado fue de 2.04 kg de presas, lo cual representa el 3.6 % de su peso promedio, siendo la estimación total de biomasa relativa de presas consumidas del orden de las 24, 818. 6 Tm, de las cuales la macarela *Scomber japonicus* aportó el 28.9 % (7.199.9 Tm), la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* el 15.8 % (3.921.3 Tm) y el calamar gigante *Dosidicus gigas* el 10 % (2 481.9 Tm).
- 5) El consumo y almacenamiento de energía (kcal/ gr de peso seco) del marlín rayado mostró diferencias significativas con una tendencia similar al patrón de condiciones definido por la temperatura del agua. Este análisis demostró que el mayor consumo de alimento y acumulación de energía (músculo y ovario), ocurre durante el verano en el área de Los Cabos. B.C.S
- 6) Con base a toda la evidencia presentada se puede establecer, que las aguas oceánicas de la región sur de la Península de Baja California (costa occidental de Baja California Sur y boca del Golfo de California) constituyen una de las zonas más importantes de alimentación del marlín rayado en el Pacífico nororiental y es una región del circuito de migración del marlín rayado, en la cual una fracción de la población con longitud modal menor a 200 cm de LP se encuentra consumiendo y almacenando energía con el fin de prepararse para el evento reproductivo.

Finalmente y tomando en consideración que las especies de peces de pico constituyen la base de la pesca deportiva, actividad pilar del desarrollo económico de los principales centros turísticos del litoral del Pacífico mexicano y en virtud de que el manejo

de cualquier pesquería se debe basar en las características biológicas de las especies más que en patrones económicos o sociales, se recomienda continuar con los estudios de biología básica (alimentación reproducción, edad y crecimiento etc.) de estas especies. Asimismo, considerando que el problema de la disponibilidad y utilización de la energía en los peces pelágicos es aún muy complejo, se sugiere fomentar el desarrollo de esta línea de investigación

## CAPÍTULO VI

### LITERATURA CITADA

- bitia. C.L.A. (1992). Espectro trófico energético del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlín azul *Makaira mazara* (Jordan y Snyder, 1901), del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 76 pp.
- bitia. C.L.A., F. Galvan, M. y J. Rodriguez, R. (1997). Food habits and energy values of prey of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin*, 95:360-368.
- bitia. C.L.A., F. Galvan. M. y A. Muhlia, M. (1998). Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887), en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur. México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 33:277-290.
- Ivarez. A.A.D. (1994). Evolución del frente termico de la Boca del Golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 124 pp.
- Ivarez. B.S. (1983). Gulf of California. Pp. 247-449. *En*: Ketchum B.H. (ed.). *Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Publishing Co. New York. 26.
- ónimo (1987). Informe final del análisis de la pesquería de picudos y especies afines. Comité Técnico Consultivo. Secretaria de Pesca, Instituto Nacional de la Pesca. 103 pp.
- ónimo (1991). Estudios biológicos en dos especies de peces picudos en el área comprendida entre Cabo San Lucas, Mazatlán Sinaloa, Manzanillo Colima y Puerto Vallarta Jalisco. México. Informe Técnico. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 202 pp.
- acker. A.M. (1966). Food of marlins from New Zealand waters. *Copeia*, 4: 818-822.
- reirstein, R.L., L. Breaker. y R. Whritner. (1977). California Current eddy formation: ship, air and satellite result. *Science*, 195:353-359.

- Bigelow, H.B., y W.C. Schroeder. (1953). Fishes of the Gulf of Maine. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service, Fish Bulletin, 53: 351-357.
- Blackburn, M. (1968). Micronekton of the eastern tropical Pacific ocean: Family composition, distribution, abundance, and relations to tuna. Fishery Bulletin, 67: 71-115.
- Block, B.A. (1990). Physiology and ecology of brain and eye heaters in billfishes. Pp.123-136. *En* Stroud R H (ed.) Planning the future of Billfishes. Research and Management in the 90s and Beyond. National Coalition for Marine Conservation. Parte 2: Savannah, Georgia.
- Block, B.A., D. Booth, y F.G. Carey. (1992a). Depth and temperature of the blue marlin, *Makaira nigricans*, observed by acoustic telemetry. Marine Biology, 114: 175-183.
- Block, B.A., D. Booth, y F.G. Carey. (1992b). Direct measurement of swimming speeds and depth of blue marlin. Journal of Experimental Biology, 166:267-284.
- Boggs C.H., y J.F. Kitchell. (1991). Tuna metabolic rates estimates from energy losses during starvation. Physiological Zoology, 64: 502-524.
- Brett, J.R., y J.M. Blackburn. (1978). Metabolic rate and energy expenditure of the spiny dogfish, *Squalus acanthias*. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 35 816-821
- Brett, J.R., y D.D. Groves. (1979). Physiological energetics. Pp. 259-372. *En*: Hoar, W.S., D.J. Randall y J.R. Brett (eds.). Fish Physiology. Bionergetics and Growth. Vol. VIII.
- Brill, R.W., D.B. Holts, R.K.C. Chang, S. Sullivan, H. Dewar, y F.G. Carey. (1993) Vertical and horizontal movements of striped marlin (*Tetrapturus audax*) near the Hawaiian Islands. determined by ultrasonic telemetry, with simultaneous measurement of oceanic currents. Marine Biology, 117: 567-574.
- Brusca, R.C. (1980). Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press. (2nd.Ed.) 513 pp.
- Butler, M.J.A. y J.M. Mason. (1977). Behavioral studies on impounded bluefin tuna. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, 7:379-382.

- Cailliet, G.M., M.S. Love, y A.W. Ebeling. (1986). *Fishes. A field and laboratory manual on their structure identification, and natural history.* Wadsworth Publishing Company, 194 pp.
- Carey, F.G. (1982). A brain heater in the swordfish. *Science*, 216:1327-1329.
- Clark, E. (1963). The maintenance of sharks in captivity, with a report on their instrumental conditioning. Pp. 115-149. *En: Gilbert, P. (ed.) Sharks and survival* D C. Heath and Company. Boston.
- Clarke, M.R. (1962). The identification of cephalopod beaks and the relationship between beak size and total body weight. *Bulletin British Museum (Natural History)*, 8: 422-480.
- Clarke, M.R. (1986). *A Handbook for the identification of cephalopod beaks.* Clarendon Press, Oxford, 273 pp.
- Cliff, G., S.F.J. Dudley, y B. Davis. (1990). The shortfin mako shark. *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque) caught in the protective gill nets off Natal, South Africa *Journal of Marine Science*, 9:115-126
- Clothier, C.R. (1950). A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game. *Fishery Bulletin*. 79. 83 pp.
- Cole, A.D., y D.R. McLain (1989) Interannual variability of temperature in the upper layer of the North Pacific Eastern Boundary región, 1971-1987. National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service. *Technical Memories* 17 pp.
- Colwell, R.K., y D.J. Futuyma. (1971). On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 52:567-575.
- Collete, B.B., T. Potthoff, W.J. Richards, S. Ueyanagi, J.L. Russo, y Y. Nishikawa. (1984). Scombroider: development and relationships. Pp 691-620. *En: H.G. Moser et al.* (eds). *Ontogeny and systematics of fishes* Special publications No 1. Supplement to *Copeia*. American Society of Ichthyologists and Herpetologists.
- Daly, K.L., y W.O. Smith Jr. (1993). Physical biological interactions influencing marine plankton production. *Annual Review Ecology System*, 24.555-585

- Davie, P.S. (1990). Pacific marlins, Anatomy and Phisiology. Massey, New Zealand. Masey University Printery
- Daxboeck, C., y P.S. Davie. (1986). Physiological investigation of marlin. P.p. 50-70. *En*: S. Nilsson, y S. Holmgren (eds.). Fish physiology: recent advances, Croom Helm. LTD., Londres.
- De Silva, D.P. (1962). Red water blooms off northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. *Pacific Science*. 16:271-279
- Diario Oficial de la Federación. (1976). Decreto por el cual se adiciona un octavo párrafo al Artículo 27 Constitucional para adoptar una zona económica exclusiva de 200 millas náuticas (febrero 1976)
- Diario Oficial de la Federación. (1987). Decreto por el cual se regula el uso y aprovechamiento de los peces picudos en el litoral del Pacífico de México (agosto 1987).
- Diario Oficial de la Federación. (1991). Acuerdo por el que se establece un esquema de regulación para la pesca deportiva-recreativa (marzo 1991).
- Ehrhardt, N.M., A. Solis, N. J. Pierre, S., J. Ortiz, C., P. Ulloa, R., G. González, D. y F. García. B. (1986). Analisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California. durante 1980. *Ciencia Pesquera. Pesca*. 5:63-76
- Eldrige, M.B., y P.G. Wares. (1974). Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. Pp. 89-101. *En*: R.S. Shomura y F. Williams (Eds.). Proceeding of the International Billfish Symposium. Kailuakona, Hawaii, 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration National Marine Fisheries Service. Technical Report. 675.
- Evans, D.H., y P.G. Wares (1972) Food habits of the striped marlin and sailfish off México and southern California. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service Research Report. 76-1-10.

- Davie, P.S. (1990). Pacific marlins, Anatomy and Phisiology. Massey, New Zealand. Masey University Printery
- Daxboeck, C., y P.S. Davie. (1986). Physiological investigation of marlin. P.p. 50-70. *En*: S. Nilsson, y S. Holmgren (eds.). Fish physiology: recent advances, Croom Helm. LTD.. Londres
- De Silva, D.P (1962). Red water blooms off northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. *Pacific Science*. 16:271-279.
- Diario Oficial de la Federación. (1976). Decreto por el cual se adiciona un octavo párrafo al Artículo 27 Constitucional para adoptar una zona económica exclusiva de 200 millas náuticas (febrero 1976).
- Diario Oficial de la Federación. (1987). Decreto por el cual se regula el uso y aprovechamiento de los peces picudos en el litoral del Pacífico de México (agosto 1987).
- Diario Oficial de la Federación. (1991). Acuerdo por el que se establece un esquema de regulación para la pesca deportiva-recreativa (marzo 1991).
- Ehrhardt, N.M., A. Solis, N. J. Pierre. S., J. Ortiz, C., P. Ulloa, R., G. González. D. y F. García. B. (1986). Analisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, durante 1980. *Ciencia Pesquera. Pesca*. 5 63-76.
- Eldrige. M.B., y P G Wares. (1974). Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. Pp. 89-101. *En*: R.S. Shomura y F. Williams (Eds.). Proceeding of the International Billfish Symposium. Kailuakona. Hawaii, 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service Technical Report. 675.
- Evans. D.H., y P.G Wares (1972). Food habits of the striped marlin and sailfish off México and southern California. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Research Report, 76:1-10.

- Felix, U. R., R.M. Alvarado. C. y R. Carmona. P. (1996). The sardine fishery along the western coast of Baja California, 1981 to 1994. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports. 37:188-192.
- Fierstine, H.L. (1978). A new marlin *Makaira panamensis* from the late Miocene of Panama. Copeia, 1:1-11.
- Fierstine, H.L. (1990). A paleontological review of three billfish families (Istiophoridae, Xiphiidae and Xiphiorhynchidae). Pp. 11-19 *En*: R. H. Stroud (ed.), Planning the future of billfishes: Research and management in the 90s and beyond. part 2. National Coalition for Marine Conservation.
- Fierstine, H.L., y S.P. Applegate. (1974). *Xiphiorhynchus kimblalocki*. a new billfish from the Eocene of Mississippi, with remarks on the systematics of xiphioid fishes. Bulletin of Southern California Academy Science, 73:14-22.
- Fierstine, H.L. G.M. Cailliet, y J.A. Neer. (1997). Shortfin mako. *Isurus oxyrinchus*, impaled by blue marlin, *Makaira nigricans* (Teleostei:Istiophoridae). Bulletin of Southern California Academy Science. 96:117-121.
- Fischer. W., F. Krupp, W. Schneider. C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem. (1995). Guia FAO para la identificación de peces para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II y III. Vertebrados. Parte 1 y 2:647-1813.
- Franks. P.J.S (1992). Phytoplankton blooms at fronts. patterns, scales, and physical forcing mechanisms *Reviews in Aquatic Sciences*, 6:121-137.
- Galván. M.F (1989). Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*. en el océano Pacífico mexicano. durante el periodo 1984-1985. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 86 p.
- Garate. L.I. (1989). Nuevos registros de especies del género *Rhizosolenia* en la región Central del Golfo de California y Bahía Magdalena. B.C.S. Investigaciones Marinas Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 4:287-293.
- Garth. J.S., y W. Stephenson. (1966). Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: Portunidae. Allan Hancock Monography. Marine Biology 1. 154 pp.

- Gendron, L.D. (1990). Relación entre la abundancia de eufausidos y de ballenas azules (*Balenoptera musculus*) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 78 pp.
- Gluyas, M.M G y C. Quiñonez, V. (1996). Evidencias de distintos grupos poblacionales de macarela *Scomber japonicus*. Ciencias Marinas, 22:377-395.
- Golley F.R. (1961). Energy values of ecological materials. Ecology, 42: 581-584.
- Gómez. G.J. (1992). Efecto de las condiciones ambientales sobre la distribución y abundancia de las poblaciones de eufausidos (Crustacea) en la costa occidental de Baja California. durante mayo de 1986, julio de 1987 y 1988. Tesis de Maestría Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 128 pp.
- Gómez. V J. y M. Vélez. (1982). Variaciones estacionales de temperatura y salinidad en la región costera de la Corriente de California. Ciencias Marinas, 8:167-178.
- González, A.R., R. Funes. R. y V.A. Levy. P. (1993). Primer registro de larvas de larvas de marlín rayado (*Tetrapturus audax*) (Scombroidei:Istiophoridae) en las costas de Jalisco. Pacífico oriental de México. Revista de Biología Tropical, 41:919-920.
- Griffiths. R.C. (1965). A study of ocean fronts off Cabo San Lucas. Lower California United States Fish and Wildlife Service. Special Scientific Report Fisheries No 499. 53 pp.
- Hewitt R. (1981). Eddies and speciation in the California Current. California Cooperative Oceanographies Fishery. Investigation Report. 22:96-98.
- Holts D., y D Bedford. (1990) Activity patterns of striped marlin in the southern California bight. Pp 81-93. En: R. H. Stroud (ed.). Planning the future of billfishes: Research and management in the 90s and beyond part 2. National Coalition for Marine Conservation.
- Hubbs. C.L. y Wisner. L. (1953). Food of marlin in 1951 off San Diego California California Fish and Game, 39:127-131.
- Hyslop. E.J. (1980). Stomach contents analysis, a review of methods and their application Journal of Fish Biology. 17:411-429.

- Okada, T. (1994). Metabolism, body composition and energy budget of the mesopelagic fish *Maurollicus muelleri* in the Sea of Japan. *Fishery Bulletin*, 94:49-58.
- Olson, L.K., y L. Pinkas (1971). A pictorial guide to beaks of certain eastern Pacific cephalopods. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152: 83-105
- Johnson, D.G. (1986). Scombroid phylogeny: an alternative hypothesis. *Bulletin of Marine Science*, 39:1-41
- Jordan, D.S., y B.W. Evermann. (1896-1900). The fishes of North and Middle America. United States National Museum Bulletin. 47, 3313 pp.
- Joseph, J., W. Klawe, y P. Murphy. (1974). A review of the longline fishery for billfishes in the Eastern Pacific Ocean. Pp. 309-323. *En*: R.S. Shomura y F. Williams (Eds.). *Proceeding of the International Billfish Symposium*. Kailuakona, Hawaii, 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Technical Report, Part 2. 675.
- Joseph J., W. Klawe, y P. Murphy. (1988) Tuna and billfish. Fish without a country. Inter-American Tropical Tuna Commission. La Jolla California. 69 pp.
- Kamimura, T., y M. Honnma. (1958) A population study of the so-called Makajiki (striped marlin) of both northern and southern hemispheres of the Pacific. I. Comparison of external characters (En Japonés, Resumen en Inglés) Report of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. 8:1-11.
- Karoly, D.J., y B. Lavery. (1989). The 1986-1988 ENSO event. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 49.1-2.
- Kitchell J.F. (1983). Energetics. Pag. 312-338. *En*: Webb, P y D. Weihs (eds.). *Fish biomechanics*. Praeger, N.Y.
- Klett, T.A. y S. Rodríguez. R. (1988). Contribución al estudio del desarrollo gonádico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887). Resúmenes VII. *Simposium Internacional de Biología Marina*. 45-53.
- Klett, T.A., G. Ponce D. y S. Ortega, G. (1996). Pesquería deportiva-recreativa. Pp. 389-418 *En*: Casas, V. M. y G. Ponce, D. (eds.), *Estudio del potencial pesquero y acuicola de Baja California Sur. Vol II*

- Koga, S. (1968). A study of the fishing conditions of the tuna and marlin in the Tasman Sea. *J. Shimonoseki Univ. Fish.*, 16:1-20.
- Kume, S., y J. Joseph. (1969). Size composition and sexual maturity of billfish caught in the eastern Pacific Ocean, east of 130° W, 1964-1966. *Bulletin of Inter-American Tropical Tuna Commission*, 2:115-162.
- La Monte, F.R. (1955). A review and revision of the marlins genus *Makaira*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 107: 323-328.
- Magier, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller, y D.R. May, P. (1977). *Ictiología*. AGT. Editor S.A. (1a. Ed. en español) 489 pp.
- Mander, M.A. (1989). A comparative analysis of the 1987 ENSO event. *Tropical Ocean-Atmosphere Newsletter*, 49:3-6
- Mindeman, R.L. (1942). The trophic-dynamic aspect of ecology. *Ecology*, 23:399-418
- Longhurst, A.R., y D. Pauly (1987) *Ecology of tropical oceans*. Academic Press, INC. 407
- Lovell, T. (1989). *Nutrition and feeding of fish*. An. Aui. Book Published by Van Nostrand Reinhold N.Y. 260 pp.
- Mackinnon, J.C (1972). Summer storage of energy and its use for winter metabolism and gonad maturation in american plaice (*Hippoglossoides platessoides*). *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 29.1749-1759.
- Magurran, A.E (1988) *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press. Nueva Jersey. 179 pp
- Marshall, S., y M. Elliott. (1997). A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter-and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology*. 51:528-545.
- McPhanden, M.J., S.P. Hayes, y L.J. Magnum. (1990). Variability in the western equatorial Pacific Ocean during the 1986-1987 El Niño/Southern Oscillation event. *Journal Physical Oceanography*. 20:190-208.

- Meek, S.E., y S. F. Hildebrand. (1923-1928). The Marine Fishes of Panama. Field Museum National History, Zoology Series.15,1045 pp.
- Miller, D.J.. y S.C. Jorgensen. (1973). Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 71. 301-312.
- Miller, D.J.. y R.N. Lea. (1972). Guide to the coastal marine fishes of California. California Department of Fish and Game Fish Bulletin 157 249 pp
- Miyabe, N.. y W.H. Bayliff (1987). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean. 1971-1980. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin. 19,163 pp
- Monod. T. (1968). Le complexe urophore des poissons teleosteens. Memories de L'Intitute Fundamental D' Affrique Noire. 81, 705 pp
- Morrow, J.E. (1952). Food of the striped marlin *Makaira mitsukurini*. from New Zealand Copeia. 3 143-145.
- Moyle, P.B.. y J.J. Cech, Jr. (1988). Fishes An Introduction to Ichthyology. 2nd. ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs. New Jersey. 559 pp.
- Nakamura. I (1995). Isthiophoridae. Agujas. marlines, peces vela. Pp.1186-1194. En: W. Fischer. F. Krupp. W. Schneider. C. Sommer K.E. Carpenter y V.H. Niem. (1995) Guia FAO para la identificación de peces para los fines de pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. II. Vertebrados. Parte 1:
- Nelson. J.S (1994). Fishes of the world. 3a. ed John Wiley and Sons. Nueva York . 600 pp.
- Nikolsky, G.V.. (1963). *The ecology of fishes* Academic Press. 352 pp.
- Nishikawa. Y. M. Honma. S. Ueyanagi. y S. Kikawa (1985). Average distribution of larvae of oceanic species of scombroid fishes. 1956-1981. Bull. Far Seas Research Laboratory Series 12. 99 pp
- Dilson. R.J.. y C.H. Boggs. (1986). Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). independent estimates from gastric evaluation and stomach contents bioenergetics, and cesium concentrations. Canadian Journal Fishery Aquatic

- Science, 43: 1760-1775.
- Alko. B.J , G.L. Beardsley, y W.L. Richards (1981). Synopsis of the biology of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Technical Report Circular. 441
- andian, T.J., y E. Vivekanandan. (1985). Energetics of feeding and digestion. Pp. 99-124. *En*. Tytler, P. y P. Calow (eds.) Fish Energetics, new perspectives. The Johns Hopkins University Press.
- arr Instrument. Co. (1980). Instructions for the 1241 automatic adiabatic calorimeter. Manual 33 pp.
- Phillipson. J. (1964). A miniature bomb calorimeter for small biological samples. *Oikos* 15:130-139.
- ielou. E.C. (1976). Ecological diversity John Wiley and Sons. Nueva York. 286 pp.
- inkas. L , M.S. Oliphant. y L.K. Iverson. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California Department of Fish and Game Fish Bulletin, 152: 105 pp.
- Ponce D.G. S. Ortega. G. y P.G. González. R. (1991). Análisis de tallas y relación peso-longitud del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887). *Ciencias Marinas*. 17:69-82
- Radakov. D.V. (1973). Schooling in the ecology of fish. John Wiley and Sons. 173 pp.
- Ryther. J.H. (1971). Photosynthesis and fish production on the sea. *Readings in Marine Ecology* 540-544.
- Roden. G.H. y G.W. Groves. (1959) Recent oceanographic investigations in the Gulf of California *Journal of Marine Research*, 18:10-35
- Robertson. K.M., y S.J. Chivers (1997). Prey occurrence in pantropical spotted dolphins. *Stenella attenuata*. from the eastern tropical Pacific. *Fishery Bulletin*. 95: 334-348.
- Rodríguez. R.S (1991). Determinación del ciclo de madurez gonadal y proporción de sexos del marlín rayado (*Tetrapturus audax*, Philippi, 1887. Pisces: Istiophoridae) en la zona de Cabo San Lucas. B.C.S., México). Tesis de Licenciatura.

Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 81 pp.

- Schaefer, K.M. (1984) Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. *Copeia*, 4:1000-1005.
- Scott, W.B., y S.N. Tibbo. (1968). Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the western north Atlantic. *Journal Fisheries Research Board of Canada*, 25: 903-919.
- Sharp, G.D., y R.C. Dotson. (1977). Energy for migration in albacore, *Thunnus alalunga*. *Fishery Bulletin*. 75:447-450.
- Shingu, C., P. Tomlinson, y C. Peterson. (1974). A review of the Japanese longline fishery for tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean, 1967-1970. *Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin*. 16:68-230.
- Sosa, N.O. (1998). Revisión histórica del manejo de los picudos en el Pacífico Mexicano. *Ciencias Marinas*. 24:95-111.
- Squire, J.L. (1987). Striped marlin (*Tetrapturus audax*) migration pattern and rates in the northeast Pacific Ocean as determined by a cooperative tagging program. *Marine Fisheries Review*, 49: 26-43.
- Squire, J.L., y D.W.K. Au (1990). Striped marlin in the Northeast Pacific- A case for local depletion and core area management. Pp. 199-214. *En*: R. H. Stroud (ed.). *Planning the future of billfishes: Research and management in the 90s and beyond*, part 2. National Coalition for Marine Conservation.
- Squire, J.L., y Z. Suzuki (1990). Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific Ocean. Pp. 67-80. *En*: R. H. Stroud (ed.). *Planning the future of billfishes: Research and management in the 90s and beyond*, part 2. National Coalition for Marine Conservation.
- Stillwell, C.E., y N.E. Kohler. (1982). Food, feeding habits and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the northwest Atlantic. *Canadian Journal Fishery Aquatic Science*. 39: 407-514.

- Willwell, C.E., y N.E. Kohler. (1985). Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the western North Atlantic Ocean with estimates of daily ration Marine Ecology Progress Series, 22:239-247.
- Strasburg, W.B. (1969). Billfish of the central Pacific Ocean. United States, Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Bureau of Commercial Fisheries Circular 311:1-20.
- Strasburg, W.B. (1970) A report on their billfish of the Central Pacific Ocean. Bulletin of Marine Science, 20:575-604.
- Thomson, D.A., L.T. Findley, y A.N. Kerstitch (1979). Reef fishes of the Sea of Cortez. John Wiley and Sons, New York, 302 pp.
- Traganza, E D . D.G. Redalje, y R.W. Gatwood. (1987). Chemical flux, mixed layer entrainment and phytoplankton blooms at upwelling fronts in the California coastal zone. Contribution Shelf Research, 7:89-105.
- Ueyanagi. S. (1959). Larvae of the striped marlin (*Makaira mitsukurii*) (Jordan and Snyder). Report of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory, 11:130-146.
- Ueyanagi. S. (1974). A review of the world commercial fisheries for billfishes. Pp. 132-159. En: R.S. Shomura, y F. Williams (Eds.). Proceeding of the International Billfish Symposium Kailuakona, Hawaii. 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service Technical Report, 675(3).
- Ueyanagi. S., y P G. Wares. (1974). Synopsis of biological data on striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887). Pp 132-159 En: Shomura, R.S., y F. Williams (Eds.), .). Proceeding of the International Billfish Symposium Kailuakona, Hawaii. 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Technical Report, 675
- Wander Elst. R.P. (1990). Aspects of the biology and sport fishery for billfishes in the S.W. Indian Ocean Pp. 147-158. En: R. H. Stroud (ed.), Planning the future of billfishes: Research and management in the 90s and beyond. part 2. National Coalition for

Marine Conservation.

- ideau, C. (1987). Primary production and physiological state of phytoplankton at the Ushant tidal front (west coast of Brittany, France). *Marine Ecology Progress Series*, 35:141-151.
- Valker, M.M. (1984). Magnetic sensitivity and its possible physical basis in the yellowfin tuna, *Thunnus albacares*. Pp. 125-141. *En: McCleave, J.D., G.P. Arnold, J.J. Dodson, y W.H. Neill (eds.). Mechanisms of migration in fishes. NATO Conference Series. Series IV: Marine Sciences, Voi. 14.*
- Vares, P , y G. Sakagawa. (1974). Some morphometrics of billfishes from the eastern Pacific Ocean. Pp. 107-120. *En: R S. Shomura, y F. Williams (eds.). Proceeding of the International Billfish Symposium. Kailuakona. Hawaii. 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Technical Report, 675. Part 2.*
- Vare, D.M. (1978). Bioenergetics of pelagic fish: Theoretical change in swimming speed and ration with body size. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*. 35:220-228.
- Weatherley, A.H. (1972). Growth and ecology of fish populations. Academic Press Inc. New York. USA. 293 pp.
- Veih's, D. (1984). Bioenergetic considerations in fish migration Pp. 487-508 *En: J D McCleave. G.P. Arnold, J.J. Dodson, y W.H. Neill (eds.), Mechanisms of migration in fishes. New York: Plenum Press.*
- Williams, F. (1967). Longline fishing for tuna off the coast of east Africa 1958-1960. *Indian Journal of Fisheries. Section A. 10:233-390.*
- Wolff, C A. (1982). A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species. with relationship between their beak dimensions and size *Fisnery Bulletin. 80:357-370.*
- Wolff, C. A. (1984). Identification and stimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service, Technical Report, 17. 50 pp.

- Myrki, K. (1965). Surface current of the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission Bulletin, 9: 270-304.
- Myrki, K. (1967). Circulation and water masses in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Journal Oceanography and Limnology, 2:117-147.
- Abuta, Y. (1953). On the stomach contents of tuna and marlin from the adjacent seas of Bonin Islands. Contribution of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory. 1, 6 pp.

## RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1.- Número de estómagos analizados de marlín rayado durante los dos períodos de muestreo en el área de Cabo San Lucas, B.C.S.

Tabla 2 - Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IIR)

Tabla 3.- Valores absolutos del método numérico (N) y diversidad de Shannon-Wiener (H') de los contenidos estomacales del marlín rayado *Tetrapturus audax*, donde n= número de estómagos con alimento. I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño

Tabla 4.- Espectros tróficos por intervalos de tallas del marlín rayado, expresado en valores absolutos del método volumétrico donde n= número total de organismos muestreados.

Tabla 5 - Frecuencia estacional de hembras y machos y proporción de sexos del marlín rayado durante el período de 1987- 1989.

Tabla 6a.- Espectro trófico de 279 hembras del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IIR)

Tabla 6b.- Espectro trófico de 173 machos del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FO), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IIR).

Tabla 7.- Grado de llenado de los 452 estómagos con alimento analizados del marlín rayado

Tabla 8.- Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los

métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IIR). período 1994-1995.

Tabla 9.- Datos generales de los 36 marlines rayados sobre los cuales se hicieron determinaciones calorimétricas.

Tabla 10.- Determinaciones calorimétricas del contenido estomacal homogenizado del marlín rayado.

Tabla 11 - Determinaciones calorimétricas del tejido muscular del marlín rayado.

Tabla 12.- Determinaciones calorimétricas del gónadas del marlín rayado

Tabla 13.- Variación estacional del espectro trófico energético del marlín rayado.

Tabla 14.- Matriz general de los valores de almacenamiento de energía total (AET) del marlín rayado donde PTO= peso total del organismo; PG= peso gónada; KCAL/G PFM= kilocalorias por gramo de peso fresco en musculo; KCAL/G PFG= kilocalorias por gramo de peso fresco en gónadas. AEM= almacenamiento en tejido muscular. AEG almacenamiento en tejido gonádico.

Tabla 1.- Número de estómagos analizados de marlín rayado durante los dos períodos de muestreo en el área de Cabo San Lucas, B.C.S., México.

ANO	MES	ESTÓMAGOS CON ALIMENTO	ESTÓMAGOS VACIOS	ESTÓMAGOS REGURGITADOS	TOTALES
1987	Octubre	9	0	0	9
	Noviembre	16	0	0	16
	Diciembre	8	0	0	8
1988	Enero	18	0	0	18
	Febrero	9	0	0	9
	Marzo	17	0	0	17
	Abril	7	0	0	7
	Mayo	32	0	0	32
	Junio	41	1	0	42
	Julio	9	0	0	9
	Agosto	8	3	0	11
	Septiembre	17	2	7	26
	Octubre	36	0	2	38
	Noviembre	41	0	8	49
	Diciembre	15	0	0	15
1989	Enero	19	0	4	23
	Febrero	30	0	0	30
	Marzo	7	2	4	13
	Abril	30	0	0	30
	Mayo	23	0	0	23
	Junio	14	5	0	19
	Julio	11	4	0	15
	Agosto	0	0	0	0
	Septiembre	0	0	0	0
	Octubre	0	0	0	0
	Noviembre	8	3	1	12
	Diciembre	27	7	0	34
	TOTALES	452	27	26	505
1994	Junio	22	12	9	43
	Agosto	11	2	3	16
	Octubre	7	1	1	9
	Diciembre	21	7	5	33
1995	Febrero	24	11	10	45
	Abril	6	0	3	9
	TOTALES	91	33	31	155

Tabla 2.- Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IRI).

Especies presa	FA	% FA	N	% N	V	% V	IRI	% IRI
<b>MOLLUSCA</b>								
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Enoploteuthidae								
<i>Abraliopsis affinis</i>	16	3.54	50	1.30	1474.20	0.64	6.84	0.16
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	108	23.89	449	11.63	23136.84	10.01	517.06	12.31
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	17	3.76	37	0.96	1.67	0.00	3.61	0.09
Octopoda								
Octopodidae								
<i>Octopus spp</i>	7	1.55	14	0.36	131.23	0.06	0.65	0.02
<i>Japetella heathi</i>	5	1.11	5	0.13	0.41	0.00	0.14	0.00
Argonautidae								
<i>Argonauta spp</i>	32	7.08	187	4.84	1809.99	0.78	39.83	0.95
TOTAL			742	19.22	26554.34	11.49	568.14	13.53
<b>ARTHROPODA</b>								
Crustacea								
Amphipoda	2	0.44	22	0.57	13.50	0.01	0.25	0.01
Isopoda	3	0.66	8	0.21	3.00	0.00	0.14	0.00
Stomatopoda								
Squillidae								
<i>Squilla spp</i>	1	0.22	1	0.03	15.10	0.01	0.01	0.00
Euphausiacea	3	0.66	48	1.24	11.00	0.00	0.83	0.02
Decapoda								
Galatheididae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	41	9.07	296	7.67	1937.00	0.84	77.14	1.84
TOTAL			375	9.71	1979.60	0.86	78.37	1.87
<b>CHORDATA</b>								
Osteichthyes								
Clupeiformes								
Clupeidae								
	49	10.84	134	3.47	3206.00	1.39	52.66	1.25
<i>Etrumeus teres</i>	44	9.73	199	5.15	19681.00	8.52	133.07	3.17
<i>Opisthonema libertate</i>	10	2.21	28	0.73	4985.00	2.16	6.38	0.15
<i>Sardinops caeruleus</i>	97	21.46	839	21.73	36492.00	15.79	805.18	19.17
Gadiformes								
Merlucciidae								
<i>Merluccius productus</i>	19	4.20	257	6.66	16619.00	7.19	58.21	1.39
Exocoetidae								
Exocoetus spp.	1	0.22	1	0.03	0.10	0.00	0.01	0.00
Cyprinodontiformes								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	1	0.22	5	0.13	11.30	0.00	0.03	0.00
Syngnathiformes								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	18	3.98	42	1.09	5092.00	2.20	13.11	0.31

Continua Tabla 2.

Especies presa	FA	% FA	N	% N	V	%V	IIR	% IIR
<b>Scorpaeniformes</b>								
<b>Triglidae</b>								
<i>Prionotus spp</i>	2	0.44	2	0.05	45.00	0.02	0.03	0.00
<b>Uranoscopidae</b>								
<i>Kathetostoma averruncus</i>	1	0.22	1	0.03	5.00	0.00	0.01	0.00
<b>Perciformes</b>								
<b>Serranidae</b>								
<i>Diplectrum spp.</i>	1	0.22	4	0.10	226.50	0.10	0.04	0.00
<b>Carangidae</b>								
<i>Caranx caballus</i>	12	2.65	20	0.52	1988.50	0.86	3.66	0.09
<i>Caranx hippos</i>	9	1.99	10	0.26	769.00	0.33	1.18	0.03
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0.66	3	0.08	54.20	0.02	0.07	0.00
<i>Decapterus muroadsi</i>	36	7.96	133	3.44	14460.00	6.26	77.27	1.84
<i>Naucrates ductor</i>	4	0.88	5	0.13	68.00	0.03	0.14	0.00
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1	0.22	1	0.03	6.50	0.00	0.01	0.00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	25	5.53	42	1.09	5017.00	2.17	18.02	0.43
<b>Coryphaenidae</b>								
<i>Coryphaena hippurus</i>	3	0.66	3	0.08	185.00	0.08	0.10	0.00
<b>Mugilidae</b>								
<i>Mugil curema</i>	3	0.66	3	0.08	700.00	0.30	0.25	0.01
<b>Sphyraenidae</b>								
<i>Sphyraena ensis</i>	1	0.22	2	0.05	680.00	0.29	0.08	0.00
<b>Scombridae</b>								
<i>Auxis spp</i>	15	3.32	90	2.33	8201.50	3.55	19.51	0.46
<i>Euthynus lineatus</i>	1	0.22	1	0.03	70.00	0.03	0.01	0.00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	0.44	2	0.05	13.30	0.01	0.03	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	232	51.33	601	15.57	67055.50	29.01	2288.17	54.48
<b>Tetraodontiformes</b>								
<b>Balistidae</b>								
<i>Balistes polylepis</i>	28	6.19	185	4.79	5721.00	2.48	45.02	1.07
<i>Xanthichthys mento</i>	1	0.22	1	0.03	115.00	0.05	0.02	0.00
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1	0.22	1	0.03	135.00	0.06	0.02	0.00
<b>Diodontidae</b>								
<i>Diodon holocanthus</i>	3	0.66	13	0.34	68.00	0.03	0.24	0.01
TOTAL			2744	71.07	202435.2	87.59	3553.82	84.61
Materia organica no identifica	1	0.22	0	0.00	145.00	0.06	0.01	0.00
TOTALES	452		3861	100.00	231114.1	100.00	4200.34	100.00

Tabla 3. Valores absolutos del método numérico (N) y diversidad de Shannon-Wiener (H') de los contenidos estomacales del marlín rayado *Tetrapturus audax*, donde n= número de estómagos con alimento, I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño.

ESPECIES PRESA	O. 1987		I. 1988		P. 1988		V.1988		O. 1988		I. 1989		P. 1989		V.1989		O. 1989	
	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'
	n=33		n=44		n= 80		n=34		n=92		n= 56		n=67		n=11		n=35	
<i>Abraliopsis affinis</i>	1	0.02	2	0.03	1	0.01	0	0.00	11	0.08	33	0.30	2	0.04	0	0.00	0	0.00
<i>Dosidicus gigas</i>	43	0.34	4	0.06	22	0.16	94	0.52	146	0.42	21	0.22	76	0.46	0	0.00	43	0.36
<i>Stenoteuthis oualaniensi</i>	3	0.05	0	0.00	5	0.05	2	0.06	21	0.12	2	0.04	4	0.07	0	0.00	0	0.00
<i>Octopus spp.</i>	0	0.00	3	0.05	2	0.03	1	0.04	2	0.02	0	0.00	6	0.09	0	0.00	0	0.00
<i>Ocythoe tuberculata</i>	1	0.02	3	0.05	1	0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Argonauta spp.</i>	16	0.18	88	0.45	13	0.11	24	0.36	42	0.20	4	0.07	0	0.00	0	0.00	0	0.00
Amphipoda	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	22	0.24
Isopoda	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	0.06	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Squilla spp.</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00
Euphausiacea	0	0.00	0	0.00	25	0.18	15	0.28	0	0.00	0	0.00	8	0.11	0	0.00	0	0.00
<i>Pleuroncodes planipes</i>	8	0.11	88	0.45	25	0.18	2	0.06	88	0.32	36	0.31	34	0.31	15	0.38	0	0.00
Clupeidae	56	0.39	58	0.37	8	0.08	0	0.00	0	0.00	0	0.00	12	0.15	0	0.00	0	0.00
<i>Etrumeus teres</i>	0	0.00	0	0.00	46	0.27	16	0.29	71	0.28	19	0.21	46	0.36	0	0.00	1	0.02
<i>Opisthonema libertate</i>	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	27	0.27	0	0.00	0	0.00
<i>Sardinops caeruleus</i>	117	0.52	98	0.47	317	0.51	4	0.11	39	0.19	69	0.44	81	0.47	2	0.31	112	0.52
<i>Merluccius productus</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	123	0.39	111	0.51	23	0.24	0	0.00	0	0.00
<i>Exocoetus spp.</i>	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Strongylura exilis</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	5	0.08	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Fistularia corneta</i>	3	0.05	1	0.02	0	0.00	0	0.00	27	0.15	7	0.10	0	0.00	0	0.00	4	0.07
<i>Prionotus spp.</i>	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Kathetostoma averruncus</i>	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00

Continua Tabla 3.

ESPECIES PRESA	O. 1987		I. 1988		P. 1988		V.1988		O. 1988		I. 1989		P. 1989		V.1989		O. 1989	
	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'	N	H'
	n=33		n=44		n= 80		n=34		n=92		n= 56		n=67		n=11		n=35	
<i>Serranidae</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	87	0.32	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Diplectrum spp.</i>	4	0.07	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Carangidae</i>	10	0.13	4	0.06	0	0.00	3	0.09	5	0.04	6	0.09	1	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Caranx caballus</i>	5	0.08	0	0.00	6	0.06	3	0.09	3	0.03	0	0.00	0	0.00	3	0.39	0	0.00
<i>Caranx hippos</i>	0	0.00	0	0.00	2	0.03	0	0.00	2	0.02	2	0.04	0	0.00	0	0.00	4	0.07
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0.05	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Decapterus hypodus</i>	7	0.10	5	0.07	59	0.31	6	0.15	8	0.06	0	0.00	1	0.02	0	0.00	47	0.37
<i>Naucrates ductor</i>	0	0.00	3	0.05	2	0.03	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	0.05	0	0.00	10	0.09	18	0.31	10	0.07	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.02	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Mugil curema</i>	0	0.00	0	0.00	3	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	2	0.31	0	0.00
<i>Auxis spp.</i>	4	0.07	3	0.05	2	0.03	2	0.06	72	0.29	7	0.10	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Euthynus lineatus</i>	0	0.00	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	84	0.47	102	0.48	111	0.43	15	0.28	113	0.37	73	0.45	70	0.44	0	0.00	33	0.31
<i>Balistes polylepis</i>	17	0.19	4	0.06	0	0.00	0	0.00	52	0.23	0	0.00	0	0.00	0	0.00	112	0.52
<i>Xanthichthys mento</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	1	0.01	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Lagocephalus lagocephal</i>	1	0.02	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
<i>Diodon holocanthus</i>	12	0.15	0	0.00	0	0.00	1	0.04	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
No. Total Especies Presa	26		18		19		15		21		17		15		4		9	
Diversidad (H') Total		3.23		2.77		2.60		2.73		3.66		3.03		3.06		1.40		2.48

Tabla 4. Espectros tróficos por intervalos de tallas, expresado en valores absolutos del método volumétrico, donde n= número total de estómagos analizados

ESPECIES PRESA	INTERVALOS DE TALLAS (cm)												TOIALES
	111-120 n=1	121-130 n=0	131-140 n=1	141-150 n=4	151-160 n=26	161-170 n=120	171-180 n=182	181-190 n=116	191-200 n=44	201-210 n=8	211-220 n=2	221-230 n=1	
<i>Abrialiopsis affinis</i>					417	297	458.2	302					1474.20
<i>Dosidicus gigas</i>	0.84			750	1429	7400	7146.5	2412.5	1304	1270	1124	300	23136.84
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>						0.42	0.61	0.64					1.67
<i>Octopus spp</i>					27		104.23						131.23
<i>Japetella heathi</i>						0.2	0.21						0.41
<i>Argonauta spp</i>				44		513.5	802	236		214.49			1809.99
Amphipoda						1.5	12						13.50
Isopoda							1.9	1.1					3.00
<i>Squilla spp</i>							15.1						15.10
Euphausiacea						4.3	6.7						11.00
<i>Pleuroncodes planipes</i>	1.9			81	340	338	443.5	307.5	225.1	200			1937.00
Clupeidae	125						774	1600	707				3206.00
<i>Etrumeus teres</i>					4345	4075	5092	4055	1768	346			19681.00
<i>Opisthonema libertate</i>						1357.5	1120	2507.5					4985.00
<i>Sardinops caeruleus</i>	210			303	2869	6324.5	18010	4226.5	2958	1077	514		36492.00
<i>Merluccius productus</i>						6000	4032.5	2101.5	3200	1285			16819.00
<i>Exocoetus spp.</i>							0.1						0.10
<i>Strongylura exilis</i>							11.3						11.30
<i>Fistularia corneta</i>					2003	1672	873	211	333				5092.00
<i>Prionotus spp</i>							45						45.00
<i>Kathetostoma averruncus</i>							5						5.00

Tabla 6a.- Espectro trófico de 279 hembras de marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V), e índice de importancia relativa (IIR).

species presa	FA	% FA	N	% N	V	% V	IIR	% IIR
<i>braliopsis affinis</i>	9	3.23	28	1.18	615.50	0.44	5.23	0.13
<i>osidicus gigas</i>	66	23.66	293	12.37	16030.68	11.46	563.77	13.75
<i>tenoteuthis oualaniensis</i>	8	2.87	19	0.80	1.00	0.00	2.30	0.06
<i>ctopus spp</i>	6	2.15	13	0.55	131.13	0.09	1.38	0.03
<i>apetella heathi</i>	4	1.43	4	0.17	0.31	0.00	0.24	0.01
<i>rgonauta spp</i>	14	5.02	88	3.71	909.72	0.65	21.90	0.53
<i>mhipoda</i>	2	0.72	22	0.93	13.50	0.01	0.67	0.02
<i>opoda</i>	2	0.72	6	0.25	2.10	0.00	0.18	0.00
<i>quilla spp</i>	1	0.36	1	0.04	15.10	0.01	0.02	0.00
<i>uphausiacea</i>	2	0.72	28	1.18	5.80	0.00	0.85	0.02
<i>leuoncodes planipes</i>	23	8.24	176	7.43	1035.08	0.74	67.35	1.64
<i>lupeidae</i>	30	10.75	119	5.02	2299.00	1.64	71.69	1.75
<i>itrumeus teres</i>	22	7.89	92	3.88	8394.90	6.00	77.96	1.90
<i>ipisthonema libertate</i>	6	2.15	16	0.68	2867.40	2.05	5.86	0.14
<i>ardinops caeruleus</i>	57	20.43	493	20.81	20457.10	14.63	724.05	17.66
<i>erluccius productus</i>	9	3.23	134	5.66	7246.50	5.18	34.96	0.85
<i>exocoetus spp.</i>	1	0.36	1	0.04	0.10	0.00	0.02	0.00
<i>strongylura exillis</i>	1	0.36	5	0.21	11.30	0.01	0.08	0.00
<i>istularia corneta</i>	12	4.30	26	1.10	3523.40	2.52	15.56	0.38
<i>Prionotus spp</i>	1	0.36	1	0.04	20.00	0.01	0.02	0.00
<i>Kathetostoma averruncus</i>	1	0.36	1	0.04	5.00	0.00	0.02	0.00
<i>Serranidae</i>	18	6.45	87	3.67	8365.00	5.98	62.29	1.52
<i>Diplectrum spp.</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Carangidae</i>	8	2.87	14	0.59	1009.18	0.72	3.76	0.09
<i>Caranx caballus</i>	4	1.43	6	0.25	839.80	0.60	1.22	0.03
<i>Caranx hippos</i>	6	2.15	7	0.30	461.70	0.33	1.35	0.03
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	1.08	3	0.13	54.20	0.04	0.18	0.00
<i>Decapterus muroadsi</i>	19	6.81	74	3.12	7824.00	5.60	59.38	1.45
<i>Naucrates ductor</i>	1	0.36	1	0.04	4.00	0.00	0.02	0.00
<i>Trachinotus rhodopus</i>	1	0.36	1	0.04	6.50	0.00	0.02	0.00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	13	4.66	24	1.01	2931.90	2.10	14.49	0.35
<i>Coryphaena hippurus</i>	2	0.72	2	0.08	5.00	0.00	0.06	0.00
<i>Mugil curema</i>	1	0.36	1	0.04	223.20	0.16	0.07	0.00
<i>Sphyaena ensis</i>	1	0.36	2	0.08	680.00	0.49	0.20	0.00
<i>Auxis spp</i>	10	3.58	65	2.74	6011.30	4.30	25.24	0.62
<i>Euthynus lineatus</i>	1	0.36	1	0.04	70.00	0.05	0.03	0.00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	135	48.39	381	16.08	43807.10	31.33	2294.07	55.96
<i>Balistes polylepis</i>	15	5.38	127	5.36	3649.60	2.61	42.85	1.05
<i>Xanthichthys mento</i>	1	0.36	1	0.04	115.00	0.08	0.04	0.00
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Diodon holocanthus</i>	2	0.72	6	0.25	46.00	0.03	0.21	0.01
Materna organica no identific	1	0.36	0	0.00	145.00	0.10	0.04	0.00
<b>TOTALES</b>	<b>279</b>		<b>2369</b>	<b>100.00</b>	<b>139833.10</b>	<b>100.00</b>	<b>4099.65</b>	<b>100.00</b>

Tabla 6b.- Espectro trófico de 173 machos de marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V), e índice de importancia relativa (IIR).

Especies presa	FA	% FA	N	% N	V	% V	IIR	% IIR
<i>Abraliopsis affinis</i>	7	4.05	22	1.47	858.70	0.94	9.77	0.22
<i>Dosidicus gigas</i>	42	24.28	156	10.46	7106.16	7.78	442.84	9.96
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	9	5.20	18	1.21	0.67	0.00	6.28	0.14
<i>Octopus spp</i>	1	0.58	1	0.07	0.10	0.00	0.04	0.00
<i>Japetella heathi</i>	1	0.58	1	0.07	0.10	0.00	0.04	0.00
<i>Argonauta spp</i>	18	10.40	99	6.64	900.27	0.99	79.30	1.78
Amphipoda	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
sopoda	1	0.58	2	0.13	0.90	0.00	0.08	0.00
<i>Squilla spp</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Euphausiacea	1	0.58	20	1.34	5.20	0.01	0.78	0.02
<i>Pleuroncodes planipes</i>	18	10.40	120	8.04	901.92	0.99	93.96	2.11
Clupeidae	19	10.98	15	1.01	907.00	0.99	21.95	0.49
<i>Etrumeus teres</i>	22	12.72	107	7.17	11286.10	12.36	248.43	5.59
<i>Opisthonema libertate</i>	4	2.31	12	0.80	2117.60	2.32	7.22	0.16
<i>Sardinops caeruleus</i>	40	23.12	346	23.19	16034.90	17.57	942.36	21.19
<i>Merluccius productus</i>	10	5.78	123	8.24	9372.50	10.27	107.00	2.41
Exocoetus spp.	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Strongylura exilis</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Fistularia corneta</i>	6	3.47	16	1.07	1568.60	1.72	9.68	0.22
<i>Prionotus spp</i>	1	0.58	1	0.07	25.00	0.03	0.05	0.00
<i>Kathetostoma averruncus</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Serranidae	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Diplectrum spp.</i>	1	0.58	4	0.27	226.50	0.25	0.30	0.01
Carangidae	12	6.94	15	1.01	1390.62	1.52	17.54	0.39
<i>Caranx caballus</i>	8	4.62	14	0.94	1148.70	1.26	10.16	0.23
<i>Caranx hippos</i>	3	1.73	3	0.20	307.30	0.34	0.93	0.02
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Decapterus muroadsi</i>	17	9.83	59	3.95	6636.00	7.27	110.30	2.48
<i>Naucrates ductor</i>	3	1.73	4	0.27	64.00	0.07	0.59	0.01
<i>Trachinotus rhodopus</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	12	6.94	18	1.21	2085.10	2.28	24.21	0.54
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.58	1	0.07	180.00	0.20	0.15	0.00
<i>Mugil curema</i>	2	1.16	2	0.13	476.80	0.52	0.76	0.02
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Auxis spp</i>	5	2.89	25	1.68	2190.20	2.40	11.78	0.26
<i>Euthynus lineatus</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	1.16	2	0.13	13.30	0.01	0.17	0.00
<i>Scomber japonicus</i>	97	56.07	220	14.75	23248.40	25.47	2254.79	50.69
<i>Balistes polylepis</i>	13	7.51	58	3.89	2071.40	2.27	46.26	1.04
<i>Xanthichthys mento</i>	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1	0.58	1	0.07	135.00	0.15	0.12	0.00
<i>Diodon holocanthus</i>	1	0.58	7	0.47	22.00	0.02	0.29	0.01
Materia orgánica no identificada	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALES	173		1492	100.00	91281.04	100.00	4448.143	100

Tabla 8.- Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* del área de Cabo San Lucas, B.C.S., México, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IRI), período 1994-1995. .

Especies presa	FA	% FA	N	% N	V	% V	IRI	% IRI
<b>MOLLUSCA</b>								
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	39	42.86	278	12.34	3239	2.31	627.95	7.73
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	3	3.30	12	0.53	110	0.08	2.02	0.02
Octopoda								
Octopodidae								
<i>Octopus spp</i>	8	8.79	55	2.44	1146	0.82	28.64	0.35
TOTAL			345	15.31	4495	3.20		8.11
<b>ARTHROPODA</b>								
Crustacea								
Euphausiacea								
	10	10.99	133	5.91	435	0.31	68.31	0.84
Decapoda								
Galatheidae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	21	23.08	152	6.75	1108	0.79	173.97	2.14
TOTAL			285	12.66	1543	1.10		2.98
<b>CHORDATA</b>								
Osteichthyes								
Clupeiformes								
Clupeidae								
<i>Etrumeus teres</i>	37	40.66	132	5.86	8088	5.76	472.60	5.82
<i>Sardinops caeruleus</i>	71	78.02	387	17.18	15054	10.72	2177.50	26.80
Ophidiiformes								
Ophidiidae								
<i>Cherublemma emmelas</i>	1	1.10	7	0.31	350	0.25	0.62	0.01
Gadiformes								
Merlucciidae								
<i>Merluccius productus</i>	10	10.99	43	1.91	1025	0.73	29.01	0.36
Exocoetidae								
<i>Exocoetus spp.</i>	10	10.99	18	0.80	1115	0.79	17.51	0.22
<i>Cypselurus callopterus</i>	2	2.20	6	0.27	315	0.22	1.08	0.01
Syngnathiformes								
Fistulariidae								
<i>Fistularia corneta</i>	5	5.49	7	0.31	2050	1.46	9.73	0.12
Syngnathidae								
<i>Hippocampus ingens</i>	1	1.10	1	0.04	101	0.07	0.13	0.00

continua Tabla 8

species presa	FA	% FA	N	% N	V	%V	IIR	% IIR
erciformes								
erranidae								
<i>liplectrum spp.</i>	3	3.30	5	0.22	501	0.36	1.91	0.02
laemulidae								
<i>laemulon spp</i>	1	1.10	1	0.04	325	0.23	0.30	0.00
arangidae								
<i>aranx caballus</i>	11	12.09	27	1.20	4130	2.94	50.06	0.62
<i>aranx caninus</i>	28	30.77	84	3.73	6660	4.74	260.76	3.21
<i>deapterus muroadsi</i>	38	41.76	77	3.42	5086	3.62	294.10	3.62
<i>rachinotus rhodopus</i>	11	12.09	22	0.98	2424	1.73	32.68	0.40
<i>selar crumenophthalmus</i>	18	19.78	40	1.78	2743	1.95	73.79	0.91
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	12	13.19	26	1.15	10929	7.79	117.90	1.45
Sphyraenidae								
<i>Sphyraena ensis</i>	2	2.20	3	0.13	2111	1.50	3.60	0.04
Polynemidae		0.00						
<i>Polydactylus aproximans</i>	1	1.10	5	0.22	563	0.40	0.68	0.01
Scombridae								
<i>Auxis spp</i>	29	31.87	123	5.46	18526	13.20	594.66	7.32
<i>Euthynus lineatus</i>	1	1.10	2	0.09	3120	2.22	2.54	0.03
<i>Thunnus albacares</i>	8	8.79	11	0.49	12526	8.92	82.74	1.02
<i>Scomber japonicus</i>	62	68.13	377	16.74	23216	16.54	2267.44	27.90
Stromateidae								
<i>Peprilus palometa</i>	3	3.30	9	0.40	2720	1.94	7.71	0.09
Tetraodontiformes								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	48	52.75	189	8.39	6925	4.93	702.91	8.65
<i>Sufflamen verres</i>	3	3.30	8	0.36	1150	0.82	3.87	0.05
Diodontidae								
<i>Diodon holocanthus</i>	6	6.59	12	0.53	2111	1.50	13.43	0.17
TOTAL			1622	72.02	133864.00	95.37		88.85
Materia orgánica no identificada	15	16.48	0	0.00	465	0.33	5.46	0.07
TOTALES	91		2252	100.00	140367	100.00	8125.61	100.00

a 9. Datos generales de los 36 marlines rayados sobre los que se aplicó la metodología calorimétrica.

FECHA	ORGANISMOS	LONG. POST. (cm)	PESO TOTAL (kg)	PESO GÓNADA (kg)	FASE MADURACIÓN	GRADO LLENADO ESTÓMAGO
OCTUBRE 1994	1	180.00	70.00	0.43	2	3
	2	190.00	65.00	0.11	2	4
	3	174.50	50.00	0.03	2	4
	4	185.00	70.00	1.03	3	3
	5	180.00	50.00	0.30	2	3
	6	183.50	65.00	0.24	2	Vacío
NOVIEMBRE 1994	7	202.00	77.20	0.93	3	3
	8	187.00	68.10	1.00	3	2
	9	188.50	63.60	0.88	3	2
	10	208.00	104.40	1.13	3	4
	11	174.00	56.80	0.52	2	3
	12	171.00	45.40	0.13	2	Vacío
DICIEMBRE 1994	13	158.00	35.00	0.09	2	3
	14	170.00	35.40	0.35	2	1
	15	170.00	60.00	0.38	3	3
	16	179.00	86.30	1.03	2	3
	17	180.00	61.00	0.32	2	1
	18	180.00	63.00	0.57	3	Vacío
ENERO 1994	19	177.00	45.40	0.43	2	4
	20	195.00	81.70	0.47	2	3
	21	175.00	47.70	0.39	2	3
	22	191.00	60.00	0.05	2	2
	23	186.00	61.00	0.20	2	3
	24	177.00	52.00	0.22	2	Vacío
FEBRERO 1994	25	173.00	65.00	0.20	2	3
	26	181.00	65.00	0.43	2	3
	27	180.00	56.70	0.36	2	4
	28	180.00	68.10	0.36	2	3
	29	173.00	47.70	0.15	2	4
	30	180.00	60.00	0.10	1	Vacío
MARZO 1994	31	163.50	38.60	0.11	2	Regurgitado
	32	186.00	54.50	0.12	2	4
	33	168.00	59.00	0.09	2	3
	34	166.00	45.40	0.10	2	5
	35	167.50	56.80	0.08	2	Regurgitado
	36	166.5	54.50	0.11	2	Regurgitado

Tabla 10.- Determinaciones calorimétricas de contenido estomacal homogenizado de marlín rayado.

FECHA	NÚMERO ORGANISMO	% AGUA	% CENIZAS	KCAL / G PESO FRESCO	KCAL / G PESO SECO	KCAL / G LIBRE DE CENIZA
1994 JUNIO	1	73.60	5.32	1.20	4.54±0.03	4.80
	2	69.96	7.60	1.43	4.75±0.11	5.14
	3	67.22	6.11	1.63	4.98±0.07	5.30
	4	68.56	7.89	1.28	4.83±0.01	5.24
	5	71.13	7.58	1.42	4.91±0.03	5.31
AGOSTO	7	64.95	3.10	1.71	4.87±0.09	5.03
	8	69.20	7.33	1.14	4.93±0.07	4.78
	9	63.14	4.34	2.16	5.87±0.23	6.14
	10	65.87	6.89	2.04	5.98±0.12	6.42
	11	62.43	7.02	2.26	6.02±0.11	6.47
OCTUBRE	13	70.10	5.13	1.45	4.86±0.11	5.12
	14	63.90	3.92	2.10	5.81±0.05	6.05
	15	62.30	8.94	2.22	5.90±0.01	6.03
	16	71.2	4.67	1.38	4.78±0.04	5.01
	17	68.36	3.98	1.44	4.56±0.10	4.75
DICIEMBRE	19	74.74	4.95	1.10	4.24±0.06	4.46
	20	73.21	6.83	1.22	4.57±0.01	4.91
	21	67.97	5.92	1.61	5.03±0.11	5.35
	22	73.69	9.17	1.15	4.37±0.07	4.81
	23	79.92	7.01	0.86	4.09±0.17	4.40
1995 FEBRERO	25	70.66	6.14	1.39	4.74±0.08	5.05
	26	74.49	8.25	1.14	4.48±2.00	4.88
	27	72.32	5.07	1.26	4.55±0.17	4.79
	28	73.21	8.71	1.22	4.57±0.01	5.01
	29	75.72	11.01	1.08	4.45±0.02	5.00
ABRIL	32	70.18	6.97	1.30	4.36±0.08	4.69
	33	74.91	6.63	1.08	4.29±0.11	4.59
	34	76.55	7.56	1.01	4.32±0.12	4.67

Tabla 11.- Determinaciones calorimétricas de tejido muscular de marlín rayado.

FECHA	NÚMERO ORGANISMO	% AGUA	% CENIZAS	KCAL / G PESO FRESCO	KCAL / G PESO SECO	KCAL / G LIBRE DE CENIZA
1994						
JUNIO	1	68.96	5.60	1.57	5.06±0.11	5.36
	2	60.53	8.72	1.88	4.76±0.09	5.21
	3	68.08	4.67	1.70	5.33±0.05	5.59
	4	69.15	7.74	1.23	4.00±0.15	4.34
	5	60.80	6.19	1.69	4.31±0.07	4.59
	6	70.38	8.04	1.41	4.83±0.11	5.25
AGOSTO	7	62.67	6.74	2.17	5.82±0.01	6.24
	8	65.12	4.78	1.81	5.19±0.14	5.45
	9	70.43	11.70	1.43	4.84±0.05	4.90
	10	65.27	8.23	1.94	5.58±0.13	6.08
	11	68.68	5.78	1.57	5.01±0.08	5.32
	12	69.70	7.90	1.53	5.04±0.02	5.47
OCTUBRE	13	78.45	5.98	1.03	4.76±0.05	5.06
	14	74.10	6.38	1.11	4.27±0.07	4.56
	15	72.90	3.34	1.20	4.42±0.01	4.62
	16	73.60	5.99	1.19	4.49±0.01	4.78
	17	73.55	4.33	1.16	4.39±0.03	4.59
	18	64.72	7.33	1.19	4.72±0.02	5.09
DICIEMBRE	19	74.01	6.03	1.13	4.36±0.03	4.64
	20	72.79	5.77	1.25	4.59±0.15	4.87
	21	76.99	4.78	0.97	4.20±0.03	4.41
	22	71.10	4.52	1.40	4.85±0.30	5.08
	23	72.05	6.14	1.20	4.30±0.10	4.58
	24	76.81	5.09	1.03	4.43±0.05	4.67
1995						
FEBRERO	25	73.15	5.66	1.22	4.55±0.03	4.82
	26	76.24	7.32	1.04	4.37±0.20	4.72
	27	74.58	6.23	1.09	4.28±0.18	4.56
	28	74.44	7.82	1.13	4.43±0.01	4.81
	29	72.91	5.93	1.17	4.68±0.08	4.98
	30	73.67	7.38	1.23	4.31±0.23	4.67
ABRIL 1994	31	72.56	10.97	1.17	4.28±0.15	4.81
	32	76.46	6.09	1.02	4.33±0.15	4.61
	33	72.85	5.81	1.22	4.51±0.16	4.79
	34	75.62	6.41	1.02	4.18±0.17	4.47
	35	74.88	5.32	1.01	4.04±0.03	4.29
	36	72.60	4.16	1.29	4.72±0.29	4.92

bla 12.- Determinaciones calorimétricas de gónadas de marlín rayado.

FECHA	NUMERO ORGANISMOS	% AGUA	% CENIZAS	KCAL / G PESO FRESCO	KCAL / G PESO SECO	KCAL / G LIBRE DE CENIZAS
1994						
JUNIO	1	68.42	1.96	1.40	4.43±0.02	4.52
	2	71.65	2.82	1.23	4.33±0.10	4.42
	3	74.91	3.15	1.11	4.42±0.01	4.56
	4	76.30	3.78	1.07	4.52±0.03	4.70
	5	74.30	4.63	1.29	5.03±0.13	5.27
	6	75.00	2.57	1.02	4.08±0.02	4.19
AGOSTO	7	70.80	4.37	1.41	4.83±0.03	5.05
	8	74.86	5.36	1.34	5.33±0.01	5.63
	9	69.54	1.19	1.48	4.87±0.11	4.93
	10	73.35	4.58	1.26	4.71±0.07	4.94
	11	79.74	9.30	1.05	5.16±0.01	5.69
	12	75.53	7.34	1.07	4.38±0.05	4.73
OCTUBRE	13	78.46	5.60	0.87	4.02±0.11	4.26
	14	73.30	6.13	1.19	4.47±0.07	4.76
	15	73.95	4.89	1.27	4.87±0.01	5.12
	16	76.03	5.15	0.93	3.89±0.61	4.10
	17	73.25	9.70	1.35	5.03±0.06	5.57
	18	75.87	2.30	1.12	4.63±0.22	4.73
DICIEMBRE	19	75.24	1.87	1.12	4.52 ±0.01	4.61
	20	76.47	2.75	1.09	4.64±0.03	4.77
	21	72.94	3.01	1.16	4.29±0.01	4.42
	22	74.18	3.56	1.15	4.44±0.30	4.6
	23	81.22	2.95	0.83	4.40±0.14	4.53
	24	73.69	3.15	1.15	4.37±0.07	4.51
1995						
FEBRERO	25	72.45	3.83	1.26	4.59±0.05	4.77
	26	76.14	4.01	1	4.21±0.03	4.39
	27	74.7	1.96	1.09	4.31±0.01	4.4
	28	74.93	3.53	1.02	4.05±0.04	4.2
	29	75.57	3.47	1.04	4.27±0.14	4.42
	30	74.71	4.72	1.19	4.65±0.03	4.88
ABRIL	31	74.83	4.32	1.11	4.40±0.06	4.6
	32	77.71	3.57	0.96	4.29±0.02	4.45
	33	76.67	5.2	1.02	4.39±0.01	4.63
	34	76.39	4.63	0.99	4.19±0.03	4.39
	35	76.68	3.07	0.95	4.09±0.08	4.22
	36	74.55	2.75	1.14	4.49±0.04	4.62

Tabla 13.- Variación estacional del espectro trófico energético del marlín rayado

MESES	No. ESTÓMAGOS	PESO ALIMENTO CONSUMIDO (G)	KCAL/G PESO FRESCO CONTENIDO ESTOMACA	ESPECTRO TRÓFICO (KCAL)
1994				
Junio	22	32610.50	1.39 ± 0.17	45328.60
Agosto	11	21170.80		39377.70
Octubre	7	12863.30	1.71 ± 0.41	21996.24
Diciembre	21	29178.60	1.18 ± 0.27	34430.75
1995				
Febrero	24	34560.30	1.22 ± 0.12	42163.57
Abril	6	9983.50	1.13 ± 0.15	14176.60
TOTALES	91	140367.00	1.42 ± 0.30	197473.46

Tabla 14.- Matriz general de los valores de almacenamiento de energía total (AET) del marlín rayado. Donde; PTO= peso total organismo; PG= peso gónada; KCAL/G PFM= kilocalorías por gra de peso fresco en musculo; KCAL/G PFG= kilocalorías por gramo de peso fresco en gónada AEM= almacenamiento en tejido muscular; AEG= almacenamiento en tejido gonádico.

FECHA	NUMERO ORGANISMO	P T (kg)	P G (kg)	KCAL / (PFM)	KCAL / (PFG)	A EM (kcal)	A EG (kcal)	AET (kcal)
1994								
JUNIO								
	1	70.00	0.43	1.57	1.40	109900.00	602.00	110502.00
	2	65.00	0.11	1.88	1.23	122200.00	136.53	122336.53
	3	50.00	0.03	1.70	1.11	85000.00	33.30	85033.30
	4	70.00	1.03	1.23	1.07	86100.00	1102.10	87202.10
	5	50.00	0.30	1.69	1.29	84500.00	387.00	84887.00
	6	65.00	0.24	1.41	1.02	91650.00	244.80	91894.80
	Subtotal					579350.00	2505.73	581855.73
	Valor Promedio					96558.33	417.62	96975.96
AGOSTO								
	7	77.20	0.93	2.17	1.41	167524.00	1311.30	168835.30
	8	68.10	1.00	1.81	1.34	123261.00	1340.00	124601.00
	9	63.60	0.88	1.43	1.48	90948.00	1302.40	92250.40
	10	104.40	1.13	1.94	1.26	202536.00	1423.80	203959.80
	11	56.80	0.52	1.57	1.05	89176.00	546.00	89722.00
	12	45.40	0.13	1.53	1.07	69462.00	139.10	69601.10
	Subtotal					742907.00	6062.60	748969.60
	Valor Promedio					123817.83	1010.43	124828.27
OCTUBRE								
	13	35.00	0.09	1.03	0.87	36050.00	78.30	36128.30
	14	35.40	0.35	1.11	1.19	39294.00	416.50	39710.50
	15	86.30	1.03	1.20	1.27	103560.00	1308.10	104868.10
	16	61.00	0.32	1.19	0.93	72590.00	297.60	72887.60
	17	60.00	0.38	1.16	1.35	69600.00	513.00	70113.00
	18	63.00	0.57	1.19	1.12	74970.00	638.40	75608.40
	Subtotal					396064.00	3251.90	399315.90
	Valor Promedio					66010.67	541.98	66552.65
DICIEMBRE								
	19	45.40	0.43	1.13	1.12	51302.00	481.60	51783.60
	20	81.70	0.47	1.25	1.09	102125.00	512.30	102637.30
	21	47.70	0.39	0.97	1.16	46269.00	452.40	46721.40
	22	60.00	0.05	1.40	1.15	84000.00	57.50	84057.50
	23	61.00	0.20	1.20	0.83	73200.00	166.00	73366.00
	24	52.00	0.22	1.03	1.15	53560.00	253.00	53813.00
	Subtotal					410456.00	1922.80	412378.80
	Valor Promedio					68409.33	320.47	68729.80
1995								
FEBRERO								
	25	65.00	0.20	1.22	1.26	79300.00	252.00	79552.00
	26	65.00	0.43	1.04	1	67600.00	430.00	68030.00
	27	56.70	0.36	1.09	1.09	61803.00	392.40	62195.40
	28	68.10	0.36	1.13	1.02	76953.00	367.20	77320.20
	29	47.70	0.15	1.17	1.04	55809.00	156.00	55965.00
	30	60.00	0.10	1.23	1.19	73800.00	114.24	73914.24
	Subtotal					415265.00	1711.84	416976.84
	Valor Promedio					69210.83	285.31	69496.14
ABRIL								
	31	38.60	0.11	1.17	1.11	45162.00	122.10	45284.10
	32	54.50	0.12	1.02	0.96	55590.00	115.20	55705.20
	33	59.00	0.09	1.22	1.02	71980.00	89.76	72069.76
	34	45.40	0.10	1.02	0.99	46308.00	99.00	46407.00
	35	56.80	0.08	1.01	0.95	57368.00	71.25	57439.25
	36	54.50	0.11	1.29	1.14	70305.00	125.70	70430.70
	Subtotal					346713.00	623.01	347336.01
	Valor Promedio					57785.50	103.83	57889.33

## RELACIÓN DE FIGURAS

- Fig. 1 - Ubicación geográfica del área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México.
- Fig. 2.- Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) del marlín rayado *Tetrapturus audax*, presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de aparición e IIR.
- Fig. 3.- Amplitud de nicho trófico por estación del año, determinado por los Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equitatividad ( $J'$ ) Donde, 1= otoño 1987; 2= invierno 1988; 3 = primavera 1988; 4=verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989; 8= verano 1989; 9= otoño 1989.
- Fig. 4 - Variación de la temperatura superficial ( $^{\circ}$  C) , en el área de Los Cabos, B.C.S., durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989. Donde, 1= otoño 1987, 2= invierno 1988; 3 = primavera 1988, 4=verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989 8= verano 1989; 9= otoño 1989.
- Fig. 5.- Distribución estacional de frecuencias de tallas (período 1987-1989) de longitudes postorbitales (LP) del marlín rayado, en el área de Cabo San Lucas, B C S
- Fig 6.- Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) de hembras y machos de marlín rayado presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de aparición e IIR
- Fig 7.- Biomasa relativa total de las especies presa más importantes en la dieta del marlín rayado en el área de Cabo San Lucas, B.C.S. Donde, 1= *S. japonicus*; 2= *S. caeruleus*; 3 = *D.gigas*; 4= *E. teres*; 5= *M. productus*; 6= Carangidae; 7= *D. muroadsi*; 8= Serranidae; 9= *Auxis* spp.; 10= *B. polylepis*; 11 = *S. crumenophthalmus*; 12= *O. libertate*; 13= Clupeidae.
- Fig. 8 - Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del contenido estomacal homogenizado del marlín rayado durante el período de

junio de 1994 a abril de 1995.

Fig. 9.- Variación estacional del espectro trófico energético ((kcal) del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

Fig. 10.- Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del tejido gonádico del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

Fig. 11.- Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del tejido muscular del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

Fig. 12.- Variación estacional del almacenamiento de energía total (AET) (kcal/ g peso fresco) del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

Fig. 13.- Variación del almacenamiento de energía (AET) y de los valores promedio de la temperatura superficial (° C) , en el área de Los Cabos, B.C.S., Donde, 1= junio 1994; 2= agosto 1994; 3 = octubre 1994; 4= diciembre 1994; 5= febrero 1995; 6= abril 1995.

Fig. 14.- Patrón de migración del marlín rayado en el Océano Pacífico. Las flechas (continuas) indican el movimiento de los peces juveniles hacia las zonas de alimentación y crecimiento (Pacífico Oriental) y el retorno a las áreas de desove más importantes (Pacífico Occidental y Central). Las flechas (discontinuas) muestran el movimiento de los peces de mayor edad (tomado de Squire y Suzuki, 1990).

Fig. 15.- Distribución de la energía a partir de la captación total vía alimento en la dieta de un pez de hábitos carnívoros (tomado de Brett y Groves, 1979).

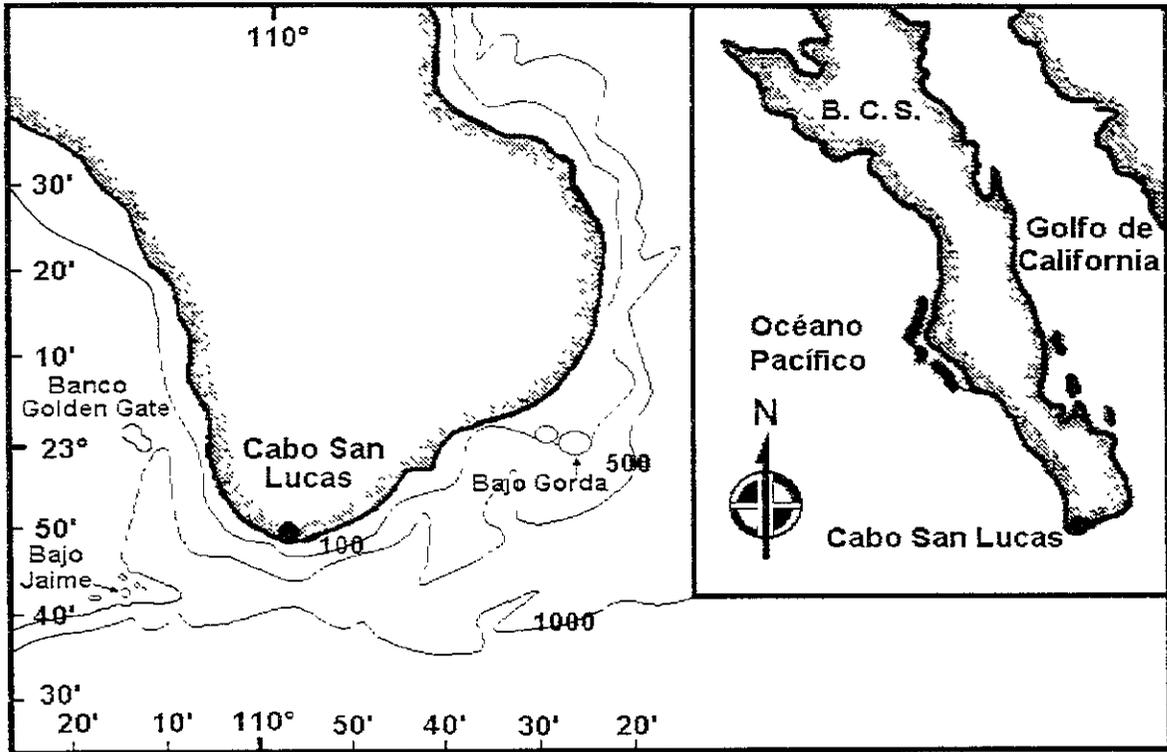


Fig. 1.- Ubicación geográfica del área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México.

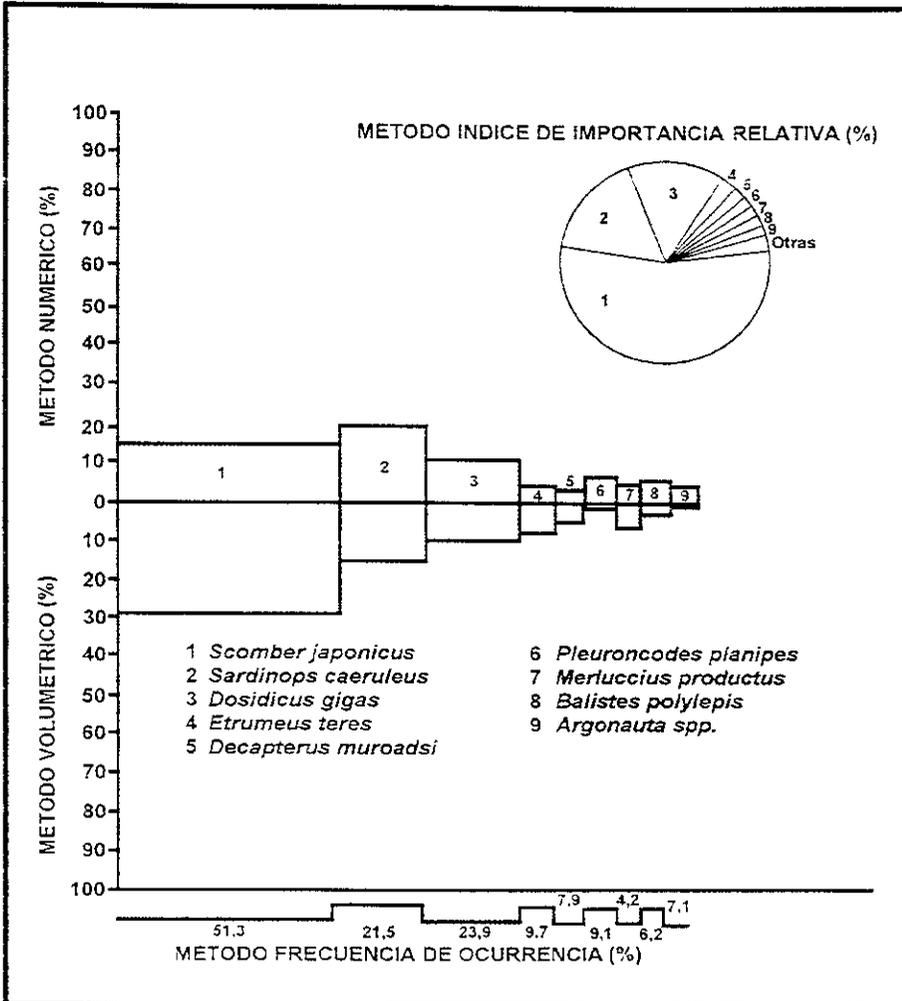


Fig. 2.- Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) del marlín rayado *Tetrapturus audax*, presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de aparición e IIR.

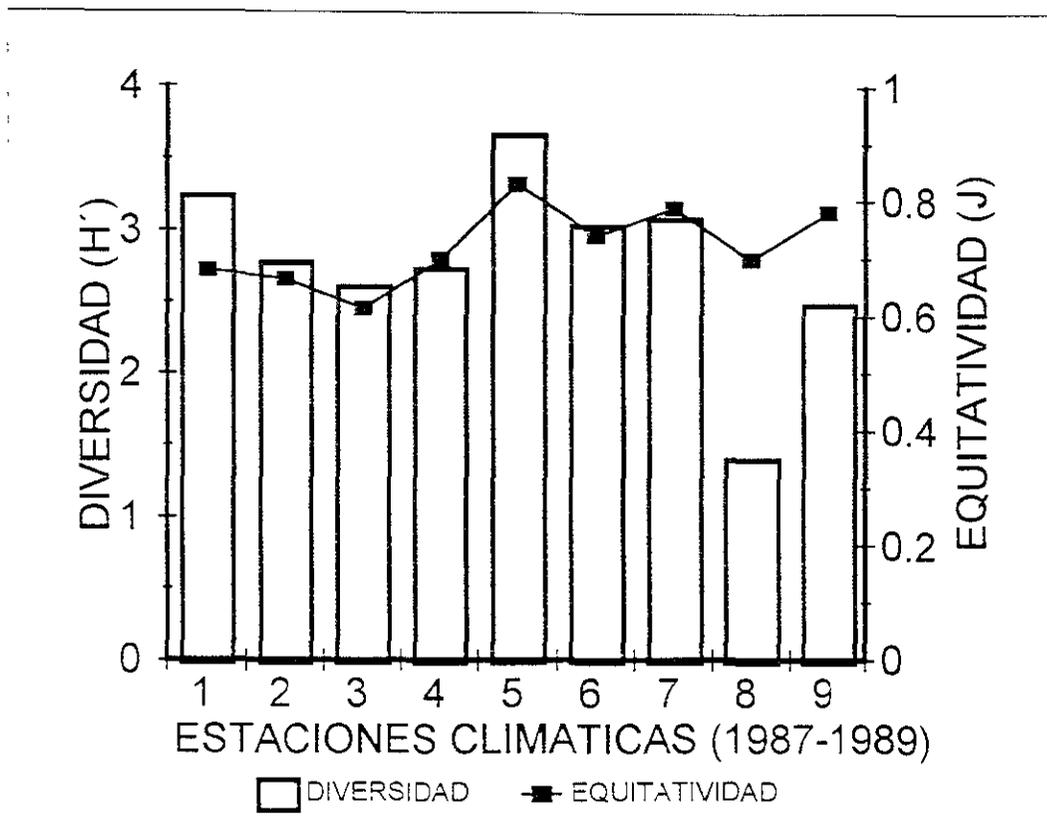


Fig. 3.- Amplitud de nicho trófico por estación del año, determinado por los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equitatividad ( $J'$ ). Donde, 1= otoño 1987; 2= invierno 1988; 3 = primavera 1988; 4=verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989; 8= verano 1989; 9= otoño 1989.

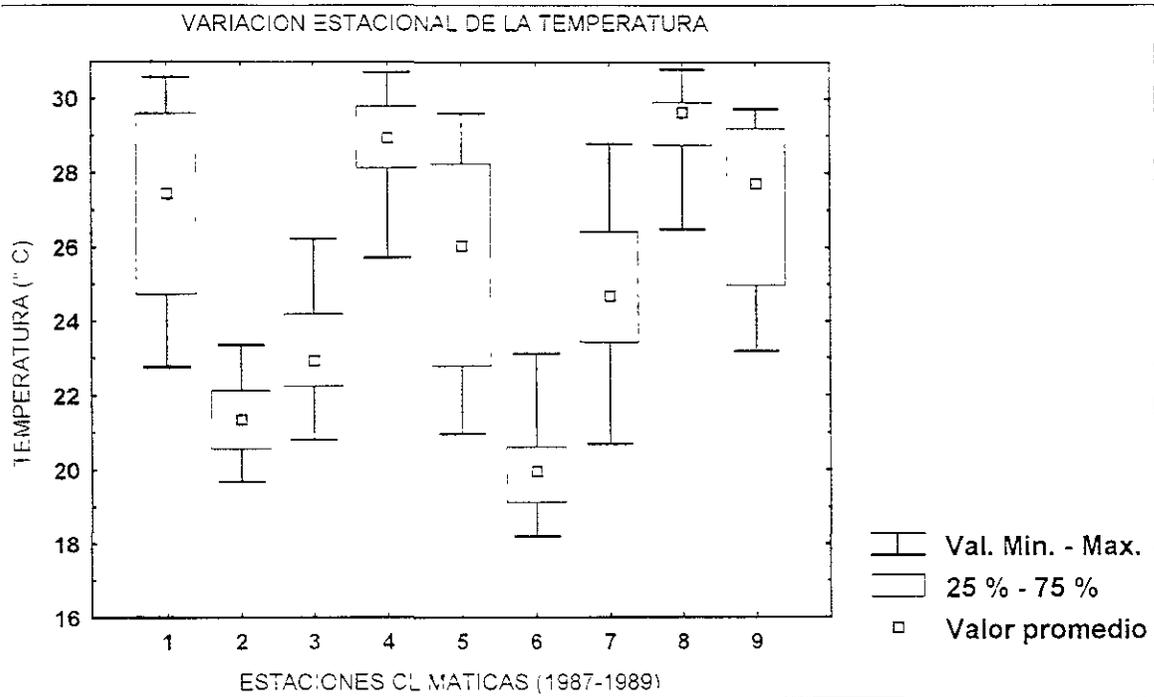


Fig. 4.- Variación de la temperatura superficial (° C) , en el área de Los Cabos, B.C.S., durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989. Donde, 1= otoño 1987; 2= invierno 1988; 3 = primavera 1988; 4=verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989; 8= verano 1989; 9= otoño 1989.

DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS PERIODO 1987-1989

MARLIN RAYADO (n=505)

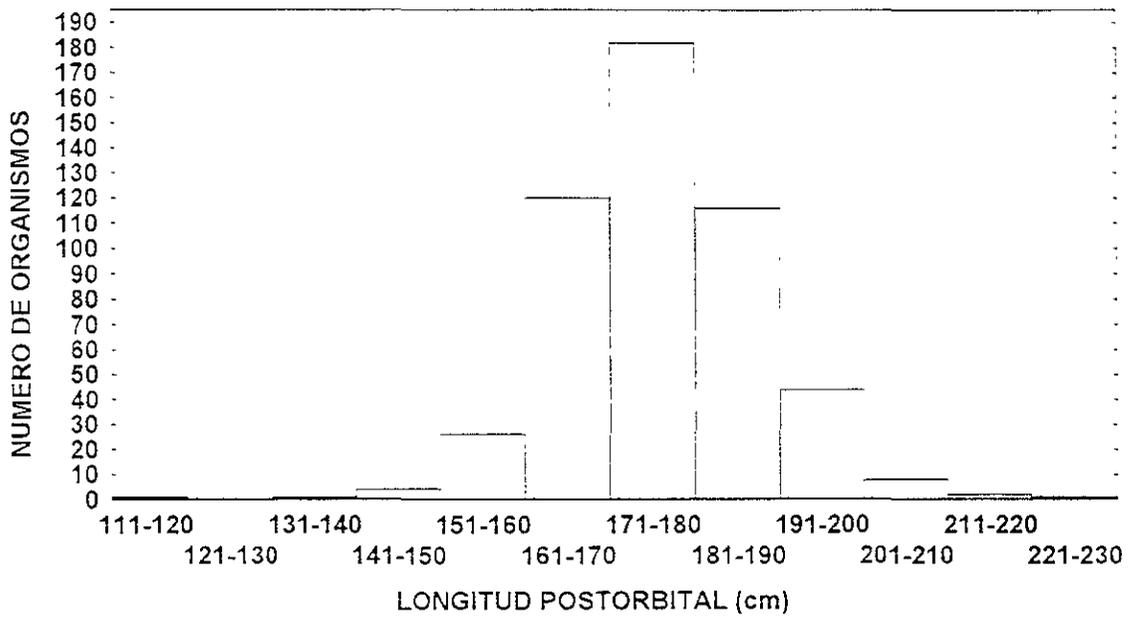


Fig. 5.- Distribución estacional de frecuencias de tallas (período 1987-1989) de longitudes postorbitales (LP) del marlín rayado, en el área de Cabo San Lucas, B.C.S.

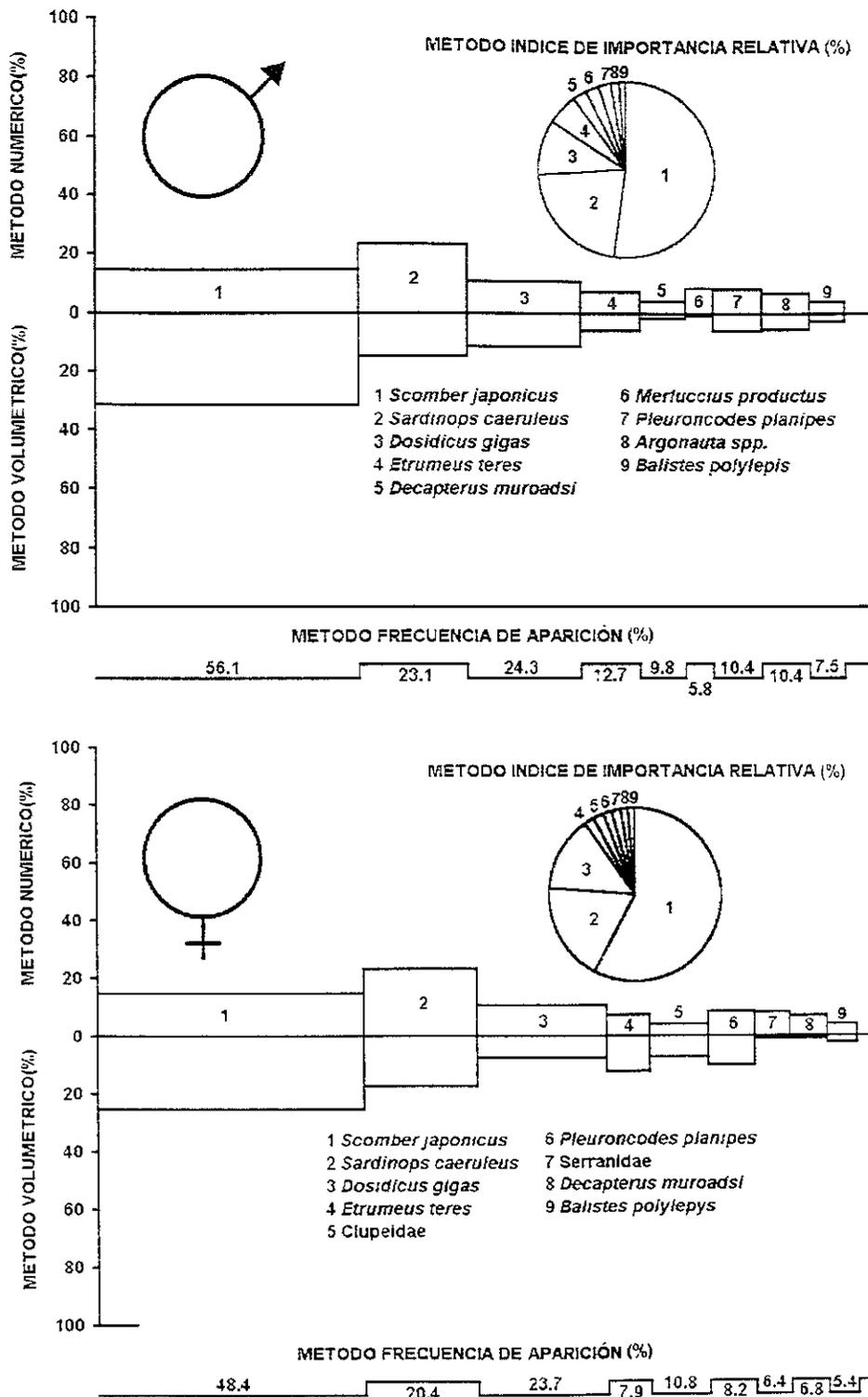


Fig. 6.- Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) de hembras y machos de marlín rayado presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de aparición e IIR.

## BIOMASA DE PRESAS MARLIN RAYADO

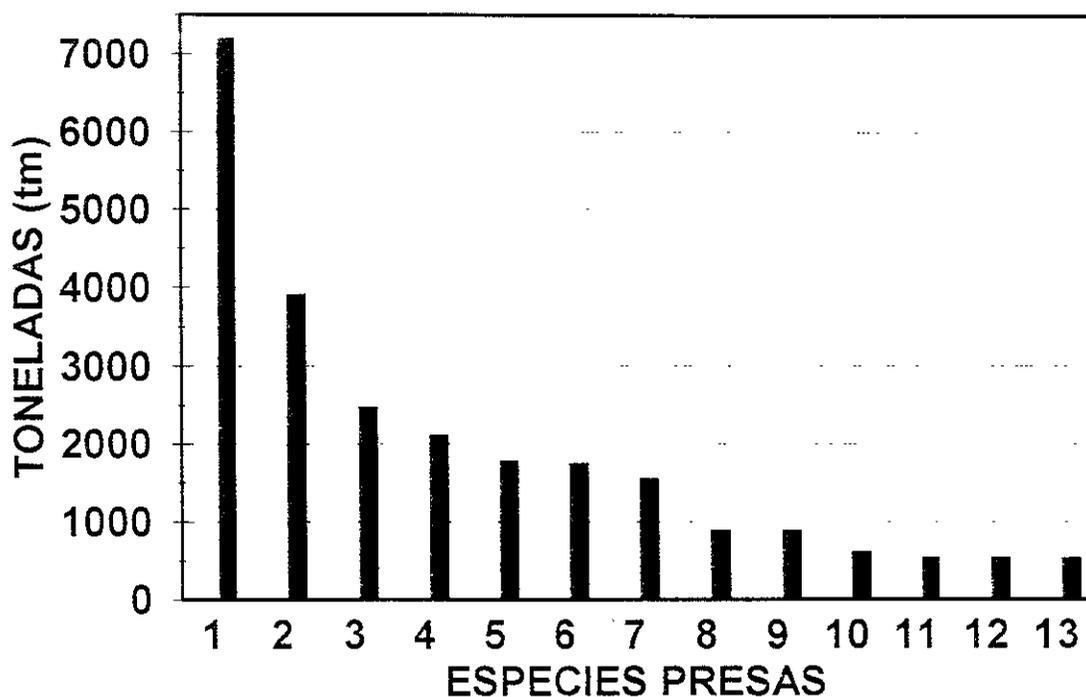


Fig 7.- Biomasa total de las especies presa más importantes en la dieta del marlín rayado en el área de Cabo San Lucas, B.C.S. Donde, 1= *S. japonicus*; 2= *S. caeruleus*; 3 = *D.gigas*; 4= *E. teres*; 5= *M. productus*; 6= Carangidae; 7= *D. muroadsi*; 8= Serranidae; 9= *Auxis* spp.; 10= *B. polylepis*; 11= *S. crumenophthalmus*; 12= *O. libertate*; 13= Clupeidae.

VARIACION DE VALORES ENERGETICOS  
 CONTENIDO ESTOMACAL HOMOGENIZADO DE MARLIN RAYADO  
 (F= 5.99; GL= 5,22; P<.0012)

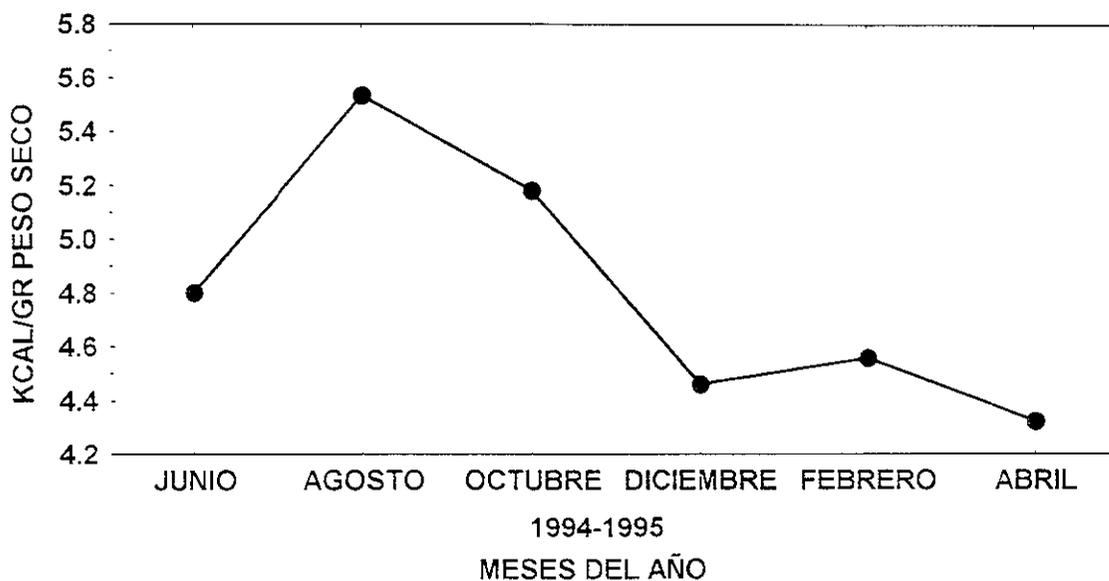
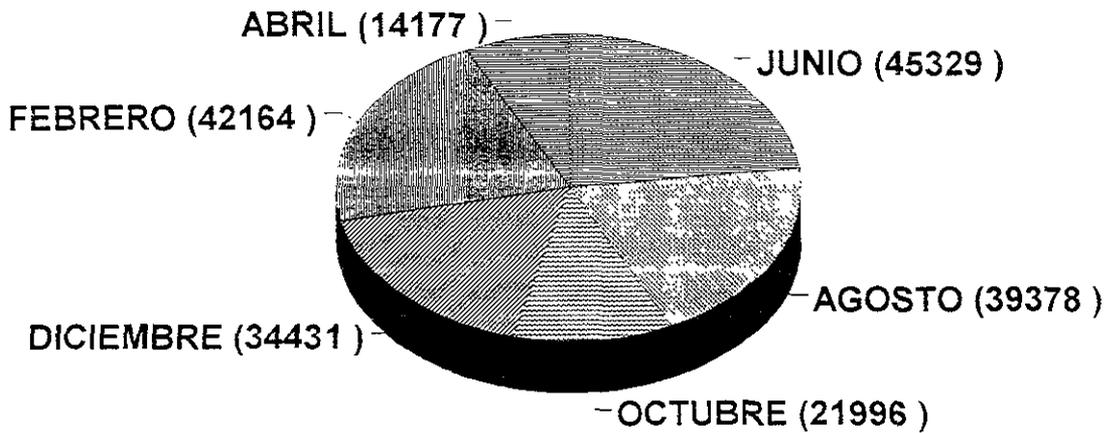


Fig. 8.- Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del contenido estomacal del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

---

**ESPECTRO TRÓFICO ENERGÉTICO  
(KCAL)**



---

Fig. 9.- Variación estacional del espectro trófico energético ((kcal/ g peso fresco) del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

VARIACION DE VALORES ENERGETICOS  
GONADAS DE MARLIN RAYADO  
(F= 2.95; GL= 5, 30; P<0.0278)

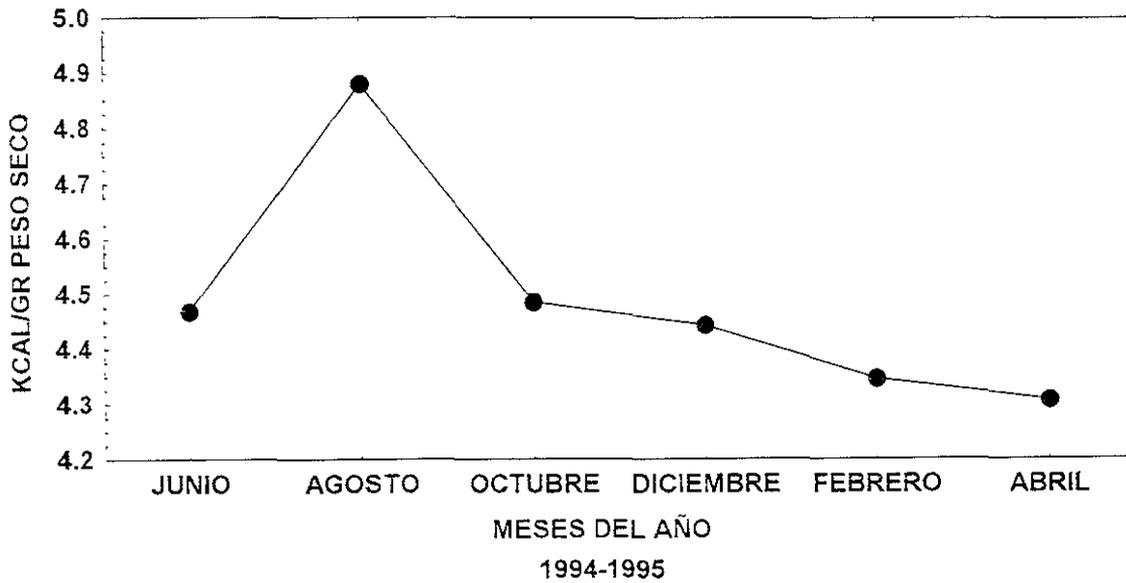


Fig. 10.- Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del tejido gonádico del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

VARIACION DE VALORES ENERGETICOS  
TEJIDO MUSCULAR DE MARLIN RAYADO  
(F= 7.18; GL= 5, 30; P<0.0002)

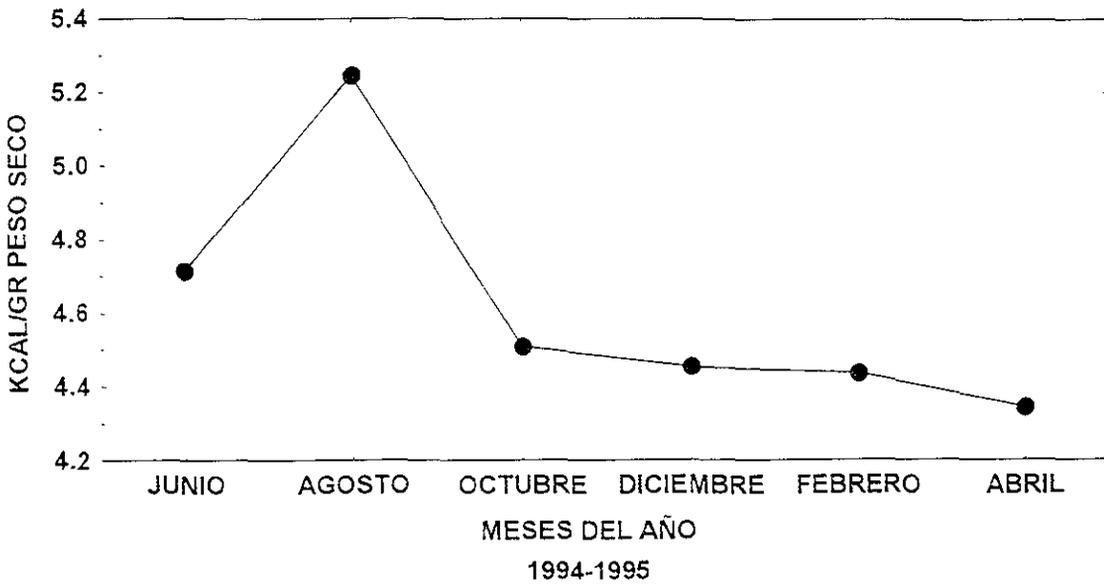


Fig. 11.- Variación estacional de los valores energéticos promedio (kcal/ g peso seco) del tejido muscular del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

ALMACENAMIENTO DE ENERGIA TOTAL  
(MUSCULO + GONADA)  
(F= 5.36; GL= 5, 30; P<.001)

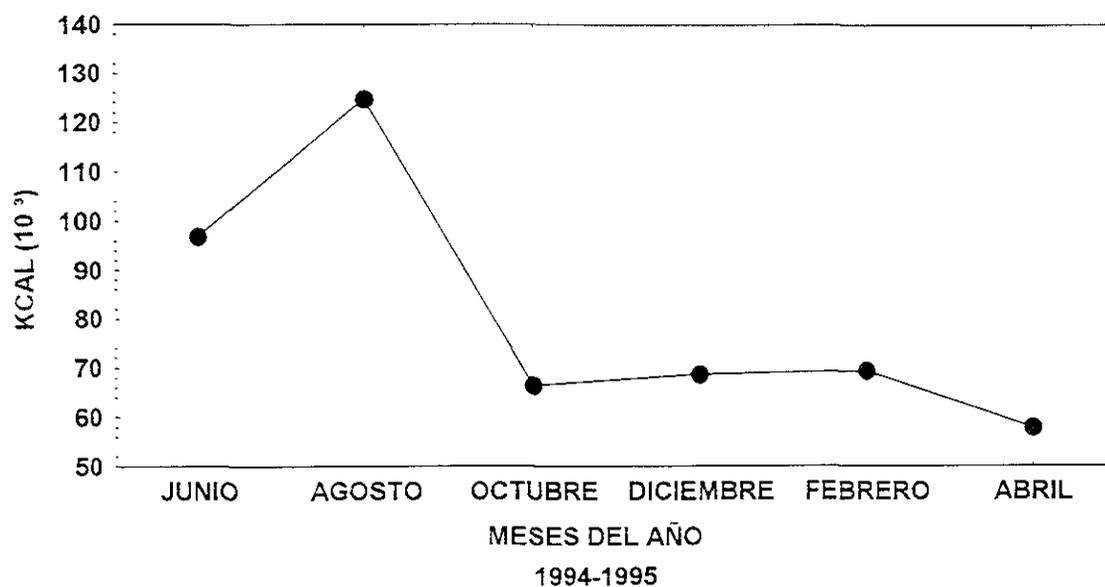


Fig. 12.- Variación estacional del almacenamiento de energía (AET) (kcal/ g peso fresco) del marlín rayado durante el período de junio de 1994 a abril de 1995.

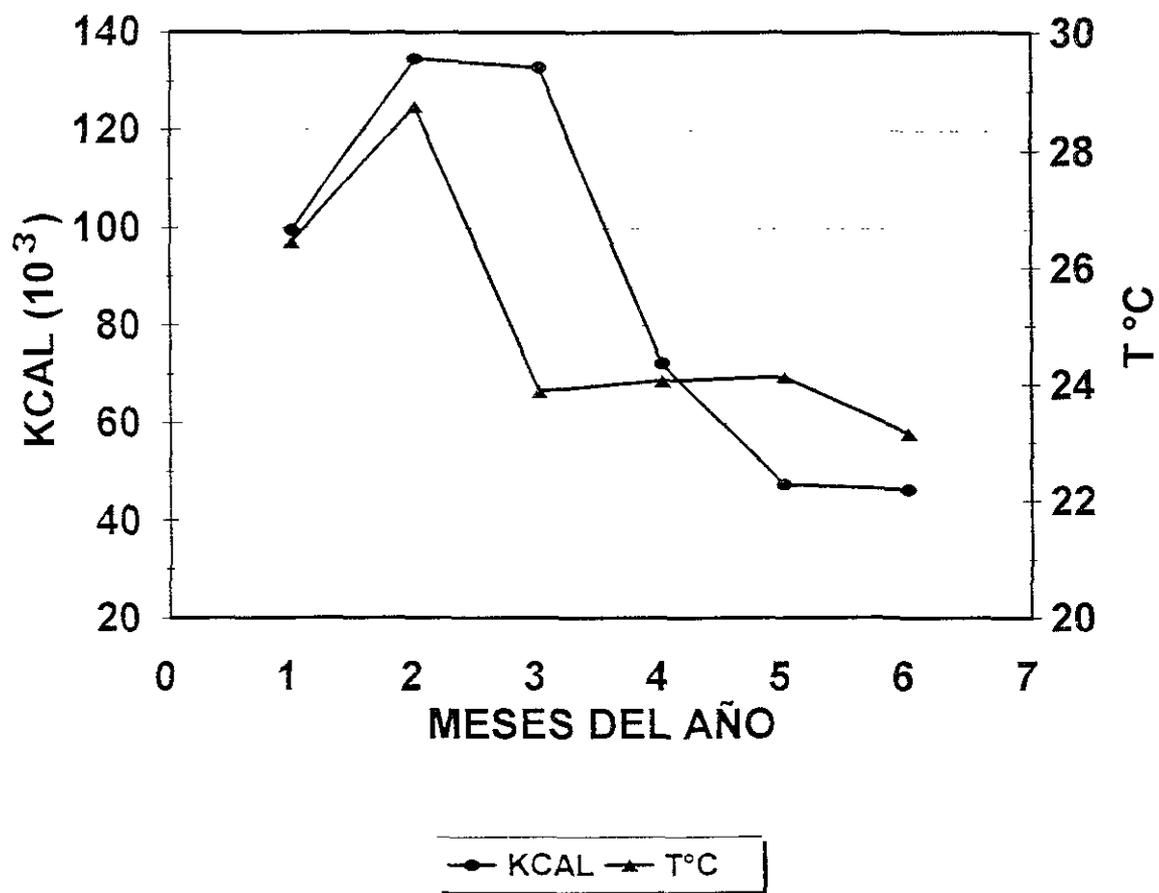


Fig. 13.- Variación del almacenamiento de energía (AET) y de los valores promedio de la temperatura superficial (° C), en el área de Los Cabos, B.C.S., Donde, 1= junio1994; 2= agosto 1994; 3 = octubre 1994; 4= diciembre 1994; 5= febrero 1995; 6= abril 1995.

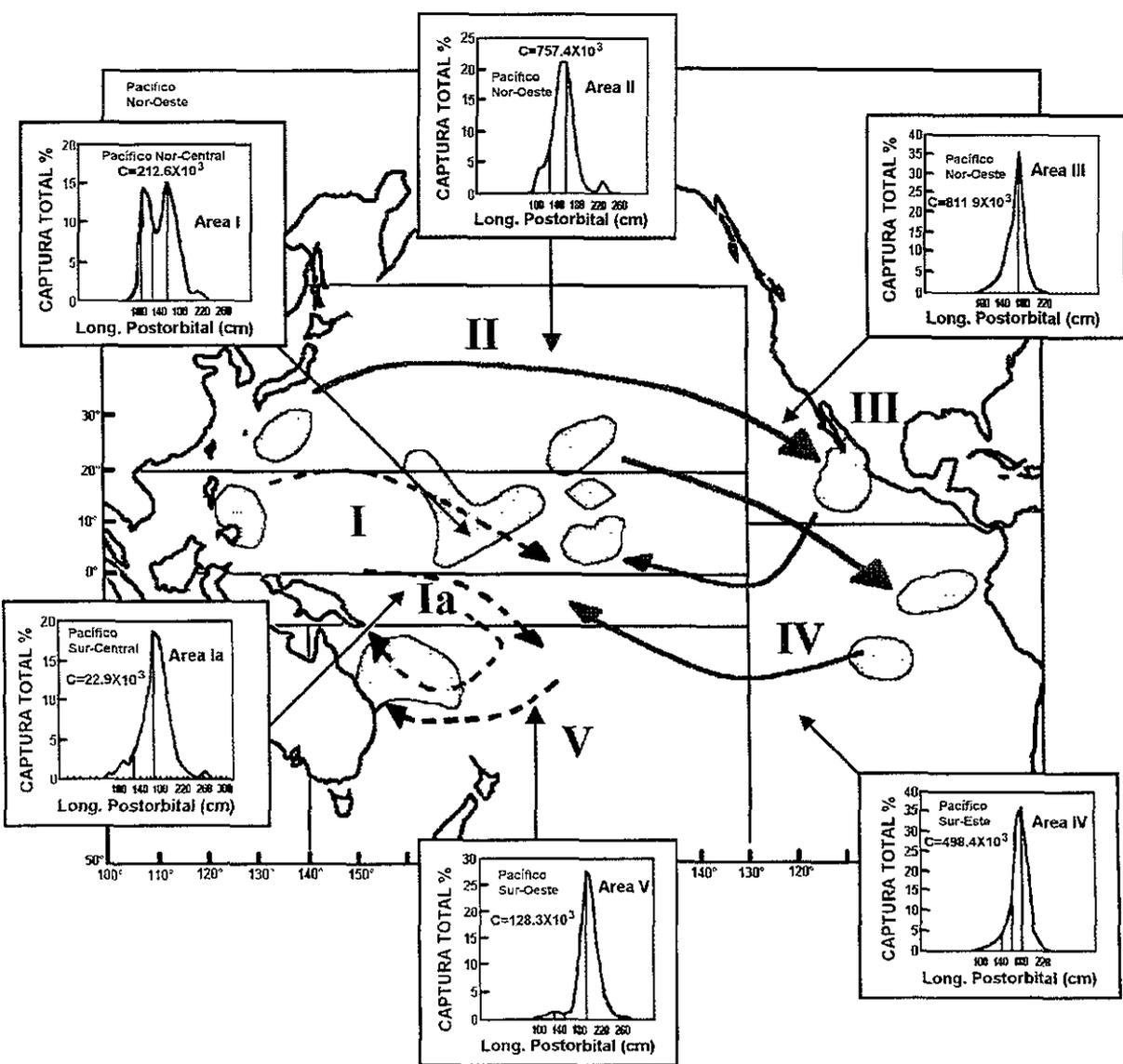


Fig.14.- Patrón de migración del marlín rayado en el Océano Pacífico. Las flechas (continuas) indican el movimiento de los peces juveniles hacia las zonas de alimentación y crecimiento (Pacífico Oriental) y el retorno a las áreas de desove más importantes (Pacífico Occidental y Central). Las flechas (discontinuas) muestran el movimiento de los peces de mayor edad (tomado de Squire y Suzuki, 1990).

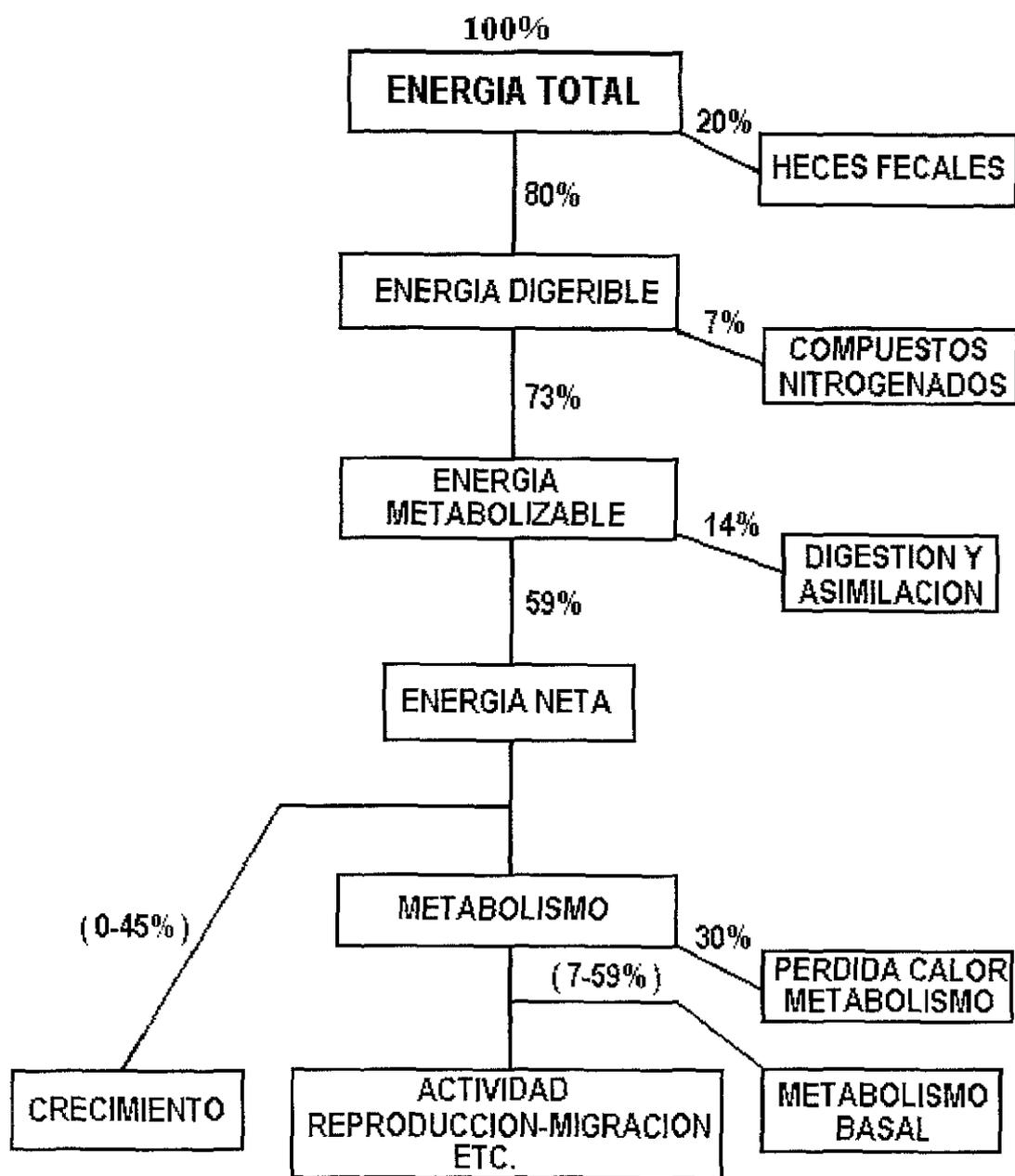


Fig. 15.- Distribución de la energía a partir de la captación total vía alimento en la dieta de un pez de hábitos carnívoros (tomado de Brett y Groves, 1979).

# ***APÉNDICE***

# Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico

Leonardo A. Abitia-Cardenas\*

Felipe Galvan-Magaña

Departamento de Pesquerias y Biología Marina  
Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, IPN  
Apdo. Postal 592 La Paz, Baja California Sur, México C.P. 23000

\*E-mail address: labitia@vmredipn.on.mx

Jesús Rodríguez-Romero

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.  
Apdo. Postal 128 La Paz, Baja California Sur, México C.P. 23000

The waters off the tip of the Baja California peninsula are good fishing grounds for striped marlin, *Tetrapturus audax* (Squire and Suzuki, 1990) because they offer a shallow thermocline and an abundant food supply (Hanamoto, 1974). Although striped marlin are an important game fish, few biological studies have been done on them. Most trophic studies on marlin species have simply identified and determined the relative importance of food consumed in a given geographic region and were based on few samples (Morrow, 1952; Hubbs and Wisner, 1953; Yabuta, 1953; La Monte, 1955; de Sylva, 1962; Williams, 1967; Koga, 1968).

Only two studies have been done off the coast of Mexico in the Pacific Ocean. Evans and Wares (1972) described the stomach contents of striped marlin caught at three locations off southern California and Mexico (San Diego, Mazatlan, and Buenavista) from 1967 to 1969. They found in Buenavista, the site closest to our study area, that the food for marlin consisted mainly of squid and fish, particularly red-eye round herring (*Etrumeus teres*) and chub mackerel (*Scomber japonicus*). In the second

study, Eldrige and Wares (1974) described food habits, seasonal abundance, and parasites of striped marlin caught in 1970 near the same locations. The differences found, in comparison with the first study were the absence of *S. japonicus* and a greater importance for three fish species: *E. teres*, black skipjack (*Euthynnus lineatus*), and oceanic puffer (*Lagocephalus lagocephalus*).

This paper provides information on food habits and energy content of the principal prey consumed by striped marlin in waters off the coast of the Baja California peninsula, Mexico.

## Materials and methods

Striped marlin were caught by trolling with live chub mackerel, *S. japonicus*, and jacks, *Caranx* spp., as bait or by jigs used by the sport fishing fleet. All fish were collected at approximately 22° 53'N, 109° 54'W (Fig. 1) near Cabo San Lucas, Baja California Sur (B.C.S.), Mexico. Stomachs were sampled in port, May 1988 to December 1989, by personnel of the Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR), La Paz, B.C.S. Each

fish was weighed to the nearest kg and its length (eye fork length) measured to the nearest cm. Stomach contents were removed and fixed in 10% formalin. Prey were identified to the lowest possible taxon. Vertebral characteristics (e.g. number, position) were used to identify fish with the help of taxonomic keys (Clothier, 1950; Monod, 1968; Miller and Jorgensen, 1973). The fish collection of CICIMAR was also used for comparison and validation of identifications. For complete, undigested fish, the keys of Jordan and Evermann (1896–1900), Meek and Hildebrand (1923–28), Miller and Lea (1972), and Thomson et al. (1979) were used for identification. Crustacean prey were identified from exoskeleton remains with keys provided by Garth and Stephenson (1966) and Brusca (1980). Cephalopods were identified from mandibles with the keys of Clarke (1962, 1986), Iverson and Pinkas (1971), and Wolff (1982, 1984).

The stomach contents were enumerated ( $N$ ) and the volume ( $V$ ) measured to the nearest mL. These two measures and frequency of occurrence ( $FO$ ) were combined to calculate the index of relative importance ( $IRI$ ) of Pinkas et al. (1971) as

$$IRI = (\%N + \%V) \%FO.$$

$IRI$  is a commonly used measure that provides a more representative summary of dietary composition (Cailliet et al., 1986).

A multivariate analysis of variance (MANOVA) was made on  $IRI$  values to examine differences in the relative importance of prey by season and between species. The treatment included only five seasons because the data in two seasons (summer and fall 1989) had too few values for statistical analysis (Table 1). The data were standardized following the formula

Table 1

Summary of food categories in stomach contents of striped marlin from Cabo San Lucas, B.C.S., Mexico, expressed as percentages based on frequency of occurrence (FO), number (*n*), volume (Vol.), and index of relative importance (IRI).

Prey	FO	% FO	<i>n</i>	% <i>n</i>	Vol.	% Vol.	IRI	% IRI
<b>Mollusca</b>								
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Enoploteuthidae								
<i>Abraliopsis affinis</i>	12	3.43	46	1.72	1,254	0.65	8.13	0.19
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	99	28.3	399	14.9	21,866	11.3	740.37	17.8
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	15	4.28	34	1.27	688	0.35	6.93	0.17
Octopoda								
Octopodidae								
<i>Octopus</i> spp.	4	1.14	11	0.41	131	0.07	0.55	0.01
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	13	3.71	80	2.99	819	0.42	12.65	0.3
Total			570	21.29	24,758	12.79	768.63	18.47
<b>Arthropoda</b>								
Crustacea								
Amphipoda								
	2	0.57	22	0.82	13.5	0.01	0.47	0.01
Isopoda								
	3	0.86	8	0.3	3	0	0.26	0
Stomatopoda								
Squilla								
<i>Squilla</i> spp.	1	0.28	1	0.04	15.1	0	0.01	0
Euphausiacea								
	3	0.86	48	1.79	11	0.05	1.55	0.04
Decapoda								
Galatheididae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	14	4	193	7.2	1,929	0.99	32.76	0.79
Total			272	10.15	1,971.6	1.05	35.05	0.84
<b>Chordata</b>								
Osteichthyes								
Clupeiformes								
Clupeidae								
	30	8.57	12	0.44	3,206	1.65	17.99	0.43
<i>Etrumeus teres</i>	44	12.57	199	7.42	19,681	10.16	220.98	5.31
<i>Ophistonema libertate</i>	10	2.86	27	1.01	4,985	2.57	10.24	0.25
<i>Sardinops caeruleus</i>	97	27.7	507	18.92	36,492	18.83	1,046.05	25.15
Gadiformes								
Merlucciidae								
<i>Merluccius productus</i>	19	5.43	257	9.59	16,619	8.58	98.66	2.37
Cyprinodontiformes								
Belontiidae								
<i>Strongylura</i> spp.	1	0.28	1	0.04	340	0.17	0.06	0
Syngnathiformes								
Fistulariidae								
<i>Fistularia</i> spp.	16	4.57	38	1.42	5,065	2.61	18.42	0.44
Scorpaeniformes								
Triglidae								
<i>Prionotus</i> spp.	1	0.28	1	0.04	10	0.01	0.01	0
Perciformes								
Serranidae								
	1	0.28	2	0.07	245	0.13	0.06	0
Carangidae								
	10	2.86	15	0.56	2,111	1.09	4.72	0.11
<i>Caranx caballus</i>	11	3.14	15	0.56	1,988.5	1.02	4.96	0.12
<i>Caranx hippos</i>	9	2.57	10	0.37	796	0.41	2	0.05
<i>Decapterus hypodus</i>	18	5.14	87	3.25	8,365	4.32	38.91	0.93
<i>Selar crumenophthalmus</i>	16	4.57	31	1.16	3,337	1.72	13.16	0.32
Coryphaenidae								

continued on next page

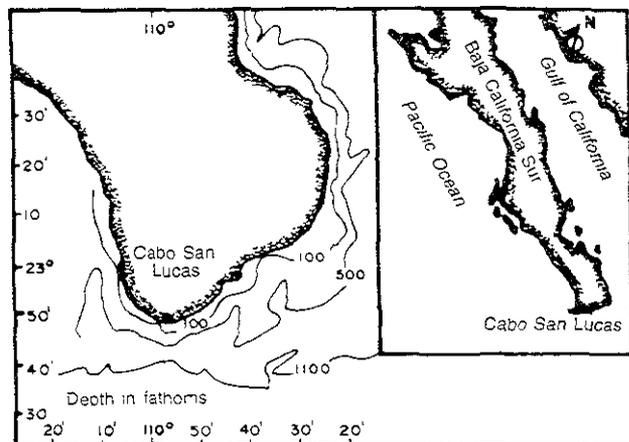


Figure 1

Map showing the location of the study area off the tip of Baja California.

$$x_i - \bar{X} / SD,$$

where:  $x_i$  = the absolute IRI value of each prey species;  
 $\bar{X}$  = the mean value of the IRI; and  
 $SD$  = standard deviation.

The caloric content of each prey, based on three samples obtained from stomach contents, was measured with a Parr 1241 adiabatic calorimeter and expressed as calories per gram of dry weight, wet weight, and ash-free dry weight following Phillipson (1964). One-way analysis of variance was used to evaluate differences between ash-free dry weight caloric values of particular prey. Also a post-hoc test *T*-method (Sokal and Rohlf, 1981) was used to compare the means of dry-weight caloric values.

The calories provided by each prey species were calculated by multiplying the values (calories/g wet weight) of each prey by the sum of their total contribution (weight) in the diet. To convert prey volumes to calories we assumed a density of 1.0 g/mL.

## Results

### Food habits

Striped marlin (403) were sampled. The mean postorbital length was  $177 \pm 15$  cm (standard deviation) and the mean weight was  $58.4 \pm 12.8$  kg. Of those specimens sampled, 27 (6.7%) had empty stomachs and 26 (6.5%) had regurgitated their stomach contents. A total of 33 prey taxa were identified that comprised fish, cephalopods, and crustaceans. Only 17 prey types could be identified to species (Table 2).

The most important prey by volume were fish (86.2%), including *S. japonicus* (25.7%), California pilchard, *Sardinops caeruleus*, (18.8%), and *E. teres* (10.2%). Cephalopods made up 12.8% of the total volume, and jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, was particularly important (11.3%). Crustaceans, mainly red crab, *Pleuroncodes planipes*, represented only 1% of the total volume.

A total of 2,679 organisms were enumerated, 68.6% of which were fish, 21.3% cephalopods, and 10.2% crustaceans. The dominant fish prey by number were *S. caeruleus* (18.9%), *S. japonicus* (14.3%), and Pacific hake, *Merluccius productus*, (9.6%). The cephalopod *D. gigas* represented 14.9%, and *Argonauta* spp. 3.0% of the total stomach contents by number. *Pleuroncodes planipes* was the most abundant crustacean, representing 7.2% of the total number of food items.

In frequency of occurrence, fish were the most important food in the diet of striped marlin (93.4%), particularly *S. japonicus* (45.4%), *S. caeruleus* (27.7%), and *E. teres* (12.6%). Cephalopods occurred in 32.9% of the samples; and *D. gigas* was the most common species (28.3%). Crustaceans, mainly *P. planipes*, occurred in 6.3% of samples.

According to the IRI, fish were the most important prey (80.7%) of striped marlin, followed by cephalopods (18.5%), and crustaceans (0.8%). *Soomber japonicus*, *S. caeruleus*, and *D. gigas* were the most important fish prey (Fig. 2).

Relative importance of several prey varied seasonally (Table 1). During 1988, fish were the most important prey in spring and fall, cephalopods the most important prey in summer. In spring 1988, *S. caeruleus* was the most important fish in the diet, followed by *S. japonicus* and *E. teres*. In summer 1988, the most important species was *D. gigas*, followed by the fish *Selar crumenophtalmus*, *S. japonicus*, and *E. teres*. In fall 1988, the highest IRI values were for *S. japonicus*, *D. gigas*, *E. teres*, and *M. productus*.

During 1989, fish were the most important prey in all seasons, followed by cephalopods and crustaceans. In winter, the dominant species were *S. japonicus*, *M. productus*, and *S. caeruleus*. In spring, *S. japonicus*, *D. gigas*, *S. caeruleus*, and *E. teres* were the most important species. In summer, *Caranx caballus* was the most important prey. In fall, the highest IRI values were for *S. caeruleus*, *S. japonicus*, and *Decapterus hypodus*. The MANOVA showed no significant differences among seasons in the IRI values of food groups consumed ( $F=1.96$ ;  $df=4$ ;  $P=0.11$ ). However, when we considered taxa consumed (33 recorded), we found significant differences ( $F=17.6$ ;  $df=32$ ;  $P<0.005$ ), probably caused by the greater

fish of the families Engraulidae (Hubbs and Wisner, 1953; de Sylva, 1962; Evans and Wares, 1972; Holts and Bedford, 1990), Clupeidae (Hubbs and Wisner, 1953; Koga, 1968), Scombridae (Backer, 1966; Evans and Wares, 1972), Scomberesocidae (Morrow, 1952; Hubbs and Wisner, 1953), and Carangidae (de Sylva, 1962; Backer, 1966; Evans and Wares, 1972), and some cephalopods (Morrow, 1952; Yabuta, 1953; La Monte, 1955; de Sylva, 1962; Williams, 1967; Eldrige and Wares, 1974).

We also found that striped marlin feed on demersal species, such as *M. productus* and searobins,

*Prionotus* spp., as well as on benthic species, such as mantis shrimp, *Squilla* spp. Other authors have found occasional prey from benthic or reef habitats in striped marlin (Morrow, 1952; Backer, 1966; Williams, 1967; Evans and Wares, 1972; Eldrige and Wares, 1974); thus, it appears that striped marlin move to the bottom to prey on benthic organisms.

Our results show the importance of seasonal prey availability off Cabo San Lucas. During spring 1988, *S. caeruleus* was the main prey of striped marlin, whereas in fall and winter, *S. japonicus* was more important. The latter is probably more abundant in

Table 2

Seasonal absolute values of the index of relative importance (IRI) of the stomach contents of striped marlin from Cabo San Lucas, B.C.S. Mexico (WI = Winter, SP = Spring, SU = Summer, FA = Fall).

Species	1988 SP n = 55	1988 SU n = 34	1988 FA n = 92	1989 WI n = 56	1989 SP n = 67	1989 SU n = 11	1989 FA n = 35
<b>Cephalopoda</b>							
<i>Abraliopsis affinis</i>	0	0	6.13	160.62	0.82	0	0
<i>Dosidicus gigas</i>	21.08	2,637.22	480.66	59.48	1,031.04	0	672.83
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	12.21	8.58	24.28	0.97	1.79	0	0
<i>Octopus</i> spp.	1	1.99	0.31	0	2.49	0	0
<i>Argonauta</i> spp.	4.14	42.34	38.08	2.04	0	0	0
<b>Crustacea</b>							
Amphipoda	0	0	0	0	0	0	33.57
Isopoda	0	0	1.05	0	0	0	0
<i>Squilla</i> spp.	0	0	0	0	0.45	0	0
Euphausiacea	10.32	21.49	0	0	3.04	0	0
<i>Pleuroncodes planipes</i>	22.56	3.09	104.10	16.99	13.50	628.17	0
<b>Osteichthyes</b>							
Clupeidae	49.08	27.96	9.59	18.31	33.27	0	0
<i>Etrumeus teres</i>	368.43	346.57	357.95	67.47	369.22	0	51.76
<i>Sardinops caeruleus</i>	8,049.39	30.58	102.05	473.74	739.77	644.94	2,072.04
<i>Opisthonema libertate</i>	0	0	0	0	295.76	0	0
<i>Merluccius productus</i>	0	0	203.19	855.85	49.07	0	0
<i>Strongylura</i> spp.	0	0	0	2.27	0	0	0
<i>Fistularia</i> spp.	0	0	83.03	40.63	0	0	51.76
<i>Prionotus</i> spp.	0	0	0	0.50	0	0	0
Serranidae	0	0	0.31	0	0	0	0
Carangidae	0	74.97	1.97	27.56	1.55	0	0
<i>Caranx caballus</i>	25.30	27.81	4.17	0	0	730.10	0
<i>Caranx hippos</i>	4.48	0	0.59	2.86	0	0	19.88
<i>Decapterus hypodus</i>	54.50	58.56	1.62	0	0	0	1,036.23
<i>Selar crumenophthalmus</i>	1.60	446.19	28.31	2.17	0	0	0
<i>Coryphaena hippurus</i>	0	0	0	1.41	0	0	0
<i>Mugil</i> spp.	1.87	0	0	0	0	0	0
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0	0	0	0	586.04	0
<i>Auxis</i> spp.	2.69	8.76	131.51	22.63	0	0	0
<i>Scomber japonicus</i>	1,299.15	351.06	1,957.42	4,324.37	2,117.20	0	1,073.73
<i>Balistes polylepis</i>	0	0	115.06	0	0	0	864.20
<i>Xanthichthys mento</i>	0	0	0.37	0	0	0	0
<i>Diodon</i> spp.	0	2.09	0	0	0	0	0
Unidentified organic matter	0	0	0.07	0	0.03	0	0

Table 1 (continued)

Prey	FO	% FO	n	% n	Vol.	% Vol	IRI	% IRI
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.28	1	0.04	180	0.09	0.04	0
Mugilidae								
<i>Mugil</i> spp.	1	0.28	1	0.04	290	0.15	0.05	0
Sphyraenidae								
<i>Sphyraena ensis</i>	1	0.28	2	0.07	680	0.35	0.12	0
Scombridae								
<i>Auxis</i> spp.	10	2.85	83	3.09	7,870.5	4.06	20.38	0.49
<i>Scomber japonicus</i>	159	45.43	382	14.26	49,778.5	25.69	1,314.93	43.63
Tetraodontiformes								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	18	5.14	164	6.12	4,844.5	2.5	44.31	1.06
<i>Xanthichthys mento</i>	1	0.28	1	0.04	110	0.06	0.03	0
Diodontidae								
<i>Diodon</i> spp.	1	0.28	1	0.04	27	0.01	0.01	0
Total			1,837	68.55	167,021	86.18	3,356.09	80.66
Unidentified organic matter	1	0.28			145	0.07	0.02	0

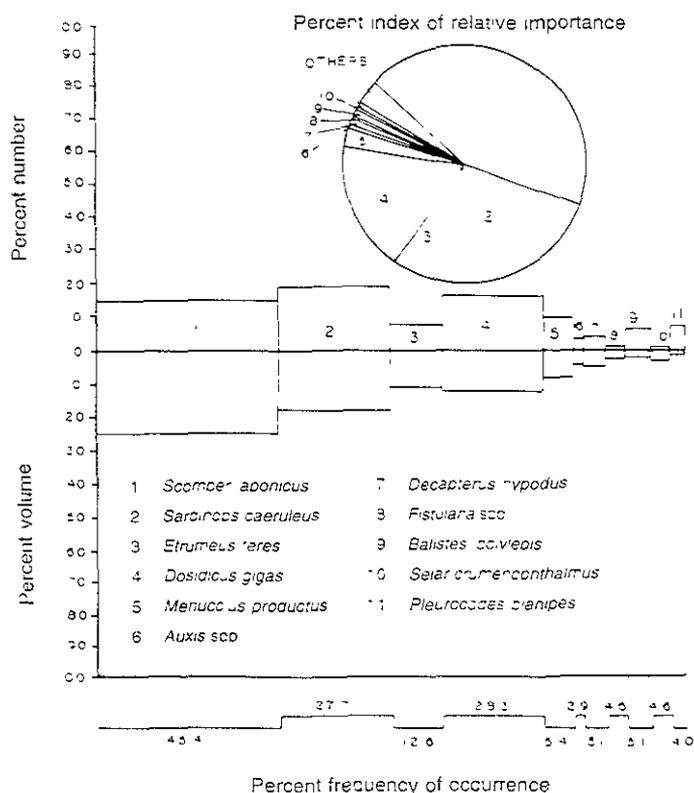


Figure 2

The major prey species found in the stomachs of striped marlin presented as percentages of number of individuals, volume, frequency of occurrence, and IRI

number of five prey species: *D. gigas*, *S. japonicus*, *S. caeruleus*, *E. teres*, and *M. productus*.

Calorimetric analysis

The energy content of the most important prey of striped marlin as wet, dry, and ash-free dry weights, is given in Table 3. Values ranged from 3.42 kcal/g dry weight for red crab, *P. planipes*, to 6.14 kcal/g dry weight for the cornet fish, *Fistularia* spp. The ANOVA showed that the caloric values of the 11 most important prey were significantly different ( $F=904.3$ ;  $df=10$ ;  $P=2.3E-26$ ) When the means of the caloric values were compared by *T*-method, a significant difference was obtained ( $\alpha=0.05$ ) (Fig. 3).

Caloric percentages of the 11 major prey types (Fig. 4), indicate two species, *S. japonicus* (32.4%) and *S. caeruleus* (21.2%), contributed 53.7% of the total calories to the diet of striped marlin.

Discussion

Food habits

Previous studies have shown that striped marlin mainly consume prey that school near the surface. Such prey are generally

Table 3

Mean and standard deviation (SD) caloric values, water content, and ash content of prey in the diet of striped marlin.

Prey	% Water	SD	% Ash	SD	Kcal/g wet wt	SD	Kcal/g dry wt	SD	Kcal/g ash-free dry wt	SD
<b>Cephalopoda</b>										
<i>Dosidicus gigas</i>	70.02	0.97	2.95	0.04	1.57	0.08	5.24	1.20	5.40	0.13
<b>Crustacea</b>										
<i>Pleuroncodes planipes</i>	72.66	0.05	4.67	0.03	0.94	0.01	3.42	0.11	3.59	0.01
<b>Osteichthyes</b>										
<i>Eryumeus teres</i>	64.34	1.10	3.78	0.04	1.80	0.05	5.06	0.03	5.26	0.01
<i>Scardinops caeruleus</i>	65.92	0.38	2.71	0.01	1.77	0.02	5.19	0.09	5.33	0.01
<i>Merluccius productus</i>	68.92	1.01	5.60	0.01	1.47	0.06	4.74	0.57	5.02	0.06
<i>Fistularia</i> spp.	64.44	0.72	13.05	0.07	2.18	0.04	6.14	0.11	7.06	0.01
<i>Decapterus hypodus</i>	64.95	0.34	6.09	0.03	1.79	0.01	5.11	0.12	5.44	0.01
<i>Selar crumenophthalmus</i>	68.64	0.60	7.00	0.01	1.53	0.03	4.87	0.02	5.24	0.00
<i>Auxis</i> spp.	66.31	0.83	1.53	0.03	1.92	0.05	5.69	0.28	5.78	0.03
<i>Scomber japonicus</i>	63.90	0.10	3.16	0.03	2.16	0.01	5.99	0.01	6.19	0.00
<i>Balistes polylepis</i>	69.38	0.54	2.83	0.15	1.48	0.02	4.83	0.14	4.97	0.01

Mexico in the last two decades. Cabo San Lucas appears to be an area with stable prey populations, probably the result of prevailing oceanographic conditions (Roden and Groves, 1959; Alvarez, 1983).

In waters off Baja California, the thermocline is generally shallow and there is a correspondingly high standing crop of zooplankton (Brandhorst, 1958). Laevastu and Rosa (1963) suggested that the shallow thermocline promotes a high standing crop of zooplankton and thus increases the production of small foraging organisms, which in turn may result in the aggregation of top predators. It is likely that the seasonal shifts in good fishing areas for striped marlin coincide with shallow thermocline areas. Feeding ecology, however, may play a major role in determining the distribution and abundance of striped marlin in some areas.

### Calorimetric analysis

Of the eleven most important prey analyzed, *P. planipes* had a significantly low caloric content, common in crustaceans (Golley, 1961; Slobodkin and Richman, 1961; Thayer et al., 1973). Paine (1964) concluded that the presence of calcium carbonate and calcium phosphate in cuticle and valves was the cause of their low caloric value.

We found our results agree well with values from other studies. Thayer et al. (1973) found a caloric value of 5.74 kcal/g dry weight and 1.05 kcal/g wet weight for the squid *Loligo brevis*. For crustaceans, caloric values ranged between 2.12 and 6.03 kcal/g dry weight (average value: 5.74 kcal/g dry weight).

range: 0.80–1.48 kcal/g wet weight). They also found fish contained 4.39 to 6.0 kcal/g dry weight and 0.67 to 1.57 kcal/g wet weight. Cortes and Gruber (1990) estimated the energy content of prey of lemon shark, *Negaprion brevirostris*, and found caloric values of 4.81 kcal/g dry weight and 0.68 kcal/g wet weight for cephalopods, *Octopus* spp. Crustaceans of the genus *Callinectes* yielded 3.2 kcal/g dry weight and 1.04 kcal/g wet weight. For fish, Cortes and Gruber found values that ranged from 3.38 to 4.73 kcal/g dry weight and 0.96 to 1.86 kcal/g wet weight.

Our results show that pelagic fishes and cephalopods yielded more than 30% of the caloric content in the diet of striped marlin. However, if we take into account that more than 70% of the stomachs were less than full and that the predatory capacity of striped marlin allows them to consume large quantities of prey in a short time, as is the case with yellowfin tuna, *Thunnus albacares* (Olson and Boggs, 1986), a pelagic species with feeding habits similar to those of marlin in the eastern Pacific Ocean, we believe the estimated caloric values underestimated actual energy intake.

In summary, we consider that striped marlin is a generalist as a predator and has a high predatory capacity, foraging mainly on schools of epipelagic organisms in neritic and oceanic zones.

### Acknowledgments

We wish to thank Robert J. Olson of the Inter-American Tropical Tuna Commission, David B. Holts of the

the area, as happens in waters off southern California where fall and winter catches present large numbers of chub mackerel (Roedel, 1952). Both *S. japonicus* and *S. caeruleus* were found in some stomachs, but this finding is not surprising because *S. japonicus* is abundant off Baja California and in the Gulf of California (MacCall, 1973), where mixed populations of *S. japonicus* and *S. caeruleus* are often found (Kramer, 1969). During summer, the

greater numbers of the jumbo squid *D. gigas* in striped marlin stomachs are not surprising because this squid is very common in waters from 200 to 2,000 m in depth off Cabo San Lucas (Sato, 1976). This species, from subtropical and tropical waters, undergoes long, large seasonal migrations. The presence of *D. gigas* can be associated with tropical water masses at the entrance of the Gulf of California (25° to 29°C) and with the occurrence of prey species (pilchards and mackerels) in this area (Erhardt et al., 1986).

Our results, compared with those of studies in other areas, showed similar types of prey consumed by striped marlin. Previous studies found that striped marlin commonly feed on clupeids, scombrids, jacks, and cephalopods. Striped marlin in New Zealand ate saury and squid (Morrow, 1952). Baker (1966), in the same area, found that jacks and cephalopods were the main prey. In Peru and Chile, La Monte (1955) and de Sylva (1962) found cephalopods, engraulids, and jacks in the stomach contents of striped marlin. In East Africa, Williams (1967) found cornet fish (*Fistularia* sp.), bullet mackerel (*Auxis thazard*), and unidentified squid. Fish of the families Alepisauridae and Clupeidae are common in the Tasman Sea (Koga, 1968). Around the Bonin Islands, striped marlin ate *Gempylus* sp., *Pseudoscopelus* sp., *Alepisaurus* sp., *Ostracion* sp., cephalopods, and crustaceans (Yabuta, 1953). In the eastern Pacific Ocean, Hubbs and Wisner (1953) found that striped marlin consumed saury, anchovy, and sardine.

Evans and Wares (1972) and Eldrige and Wares (1974) found that the most important prey of striped marlin off Buenavista, Mexico, included the fish *E. teres*, *Euthynnus lineatus*, *Lagocephalus lagocephalus*, and *S. japonicus*, as well as the squid *D. gigas*. These findings are similar to those of our study, even though the relative importance of the main species differed; e.g. in our study *S. japonicus* and *S. caeruleus* were more important than *E. teres*, and squid were less important. These results indicate that the prey composition of striped marlin probably has not changed drastically off the coast of

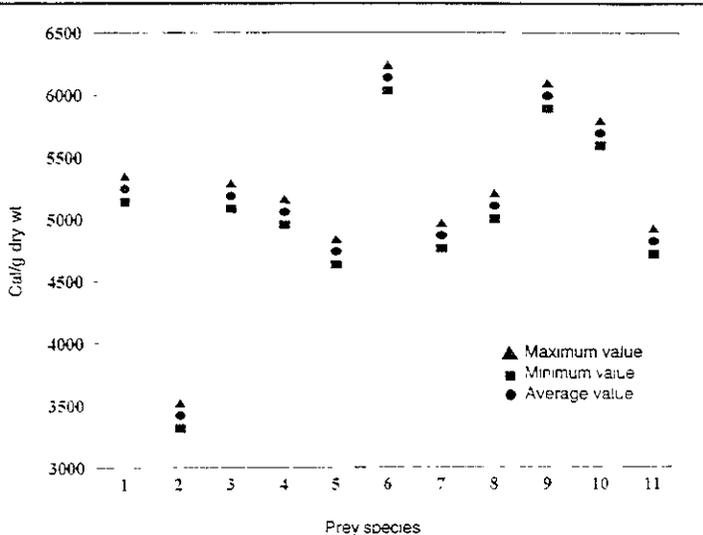


Figure 3

Comparison of group caloric values (cal/g dry wt) of dominant prey: 1 = *D. gigas*, 2 = *P. planipes*, 3 = *E. teres*, 4 = *S. caeruleus*, 5 = *M. productus*, 6 = *Fistularia* sp., 7 = *D. hypodus*, 8 = *S. crumenophthalmus*, 9 = *Auxis* spp., 10 = *S. japonicus*, and 11 = *B. polylepis*.

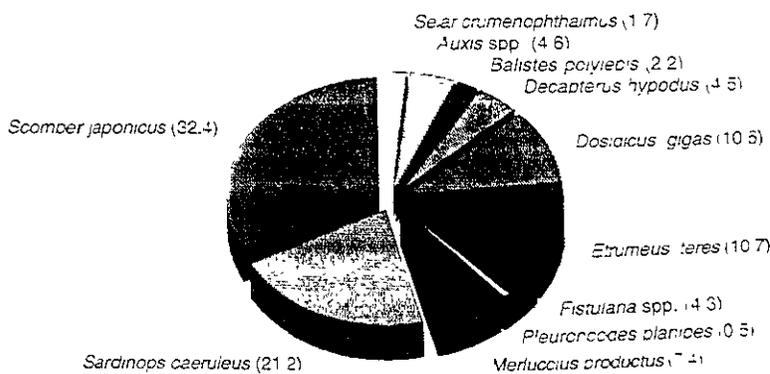


Figure 4

Caloric contribution (expressed as a percent) of the eleven dominant prey types of striped marlin.

Southwest Fisheries Science Center, and Sergio Martínez of CICIMAR for the statistical analysis. Thanks are also extended to Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología and Instituto Politécnico Nacional (COFAA) for their support, and Ellis Glazier, CIBNOR, for a critical review of this manuscript in English.

## Literature cited

- Alvarez, B. S.**  
1983. Gulf of California. In B. H. Ketchum (ed.), *Estuaries and enclosed seas*, p. 247-449. Elsevier Publ. Co., New York, NY.
- Backer, A. M.**  
1966. Food of marlins from new Zealand waters. *Copeia* 1966 (4): 818-822
- Brandhorst, W.**  
1958. Thermocline topography zooplankton standing crop, and mechanisms of fertilization in the eastern tropical Pacific. *J. Cons. Int. Explor. Mer* 24: 16-31.
- Brusca, R. C.**  
1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona Press 2nd ed., 513 p.
- Caillet, G. M., M. S. Love, and A. W. Ebeling.**  
1986. Fishes, a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Wadsworth Publ. Co., CA, 194 p.
- Clarke, M. R.**  
1962. The identification of cephalopod beaks and the relationship between beak size and total body weight. *Bull. British Mus. Nat. Hist.* 8(10): 422-480.  
1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Oxford Univ. Press, Oxford, 273 p.
- Clothier, C. R.**  
1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull.* 79: 83 p.
- Cortes, E., and S. H. Gruber.**  
1990. Diet feeding habits and estimates of daily ration of young lemon shark *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia* 1990 (1): 204-215
- de Silva, D. P.**  
1962. Red water blooms off northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. *Pacific Sci.* 16: 3: 271-279.
- Eldridge, M. B., and P. G. Wares.**  
1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. In R. S. Shomura and F. Williams (eds.), *Species synopsis: proceedings of the international billfish symposium: Kailua-kona, Hawaii, 9-12 August 1972*, p. 89-101. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRF-675
- Erhardt, N., A. Solis, J. Pierre, J. Ortiz, P. Ulloa, G. Gonzalez, and F. Garcia.**  
1986. Analisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, durante 1980. *Ciencia Pesquera* INP Mexico, 5: 63-76
- Evans, D. H., and P. G. Wares.**  
1972. Food habits of the striped marlin and sailfin off Mexico and southern California. *Fish Wildl. Serv. Res. Rep.* 76: 1-10
- Garth, J. S., and W. Stephenson.**  
1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyryncha: Portunidae. *Allan Hancock Monogr. Mar. Biol.* 1, 154 p.
- Golley, F. R.**  
1961. Energy values of ecological materials. *Ecology* 42 (3): 581-584.
- Hanamoto, E.**  
1974. Fishery-oceanographic studies of striped marlin *Tetrapturus audax*, in waters off Baja California. I: Fishing conditions in relation to the thermocline. In R. S. Shomura and F. Williams (eds.), *Species synopsis: proceedings of the international billfish symposium: Kailua-kona, Hawaii, 9-12 August 1972*, p. 302-308. U.S. Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS-SSRF-675.
- Hoits, D., and D. Bedford.**  
1990. Activity patterns of striped marlin in the southern California Bight. In R. H. Stroud (ed.), *Planning the future of billfishes: research and management in the 90s and beyond, part 2*, p. 81-93. National Coalition for Marine Conserv., Savannah, GA.
- Hubbs, C. L., and L. Wisner.**  
1953. Food of marlin in 1951 off San Diego California. *Calif. Fish Game* 39 (1): 127-131.
- Iverson, L. K., and L. Pinkas.**  
1971. A pictorial guide to beaks of certain eastern Pacific cephalopods. *Calif. Div. Fish Game. Fish. Bull.* 152: 83-105.
- Jordan, D. S., and B. W. Evermann.**  
1896-1900. The fishes of North and Middle America. *Bull. U.S. Natl. Mus.* 47, 3313 p.
- Koga, S.**  
1968. A study of the fishing conditions of the tuna and marlin in the Tasman Sea. *J. Shimono-seki Univ. Fish.* 16(2): 1-20.
- Kramer, D.**  
1969. Synopsis of the biological data on the Pacific mackerel *Scomber japonicus* Houttuyn (northeast Pacific). U.S. Fish Wildl. Serv., Circ. 302, 18 p.
- Laevastu, T., and H. Rosa Jr.**  
1963. Distribution and relative abundance of tunas in relation to their environment. *FAO Fish. Rep.* 6(3): 1835-1851.
- La Monte, F. R.**  
1955. A review and revision of the marlins genus *Makaira*. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 107 (3): 323-328.
- MacCall, A. D.**  
1973. The status of the Pacific mackerel resource and its management. *Calif. Dep. Fish Game, Mar. Res. Tech. Rep.* 12, 18 p.
- Meek, S. E., and S. F. Hildebrand.**  
1923-1928. The marine fishes of Panama. *Field. Mus. Nat. Hist. (Zool.)* 15, 1045 p.
- Miller, D. J., and S. C. Jorgensen.**  
1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *Calif. Dep. Fish. Bull.* 71(1): 301-312.
- Miller, D. J., and R. N. Lea.**  
1972. Guide to the coastal marine fishes of California. *Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull.* 157, 249 p.
- Monod, T.**  
1968. Le complexe urophore des poissons téléostéens. *Mémoires de L'Institut Fondamental D'Afrique Noire* 81, 705 p.
- Morrow, J. E.**  
1952. Food of the striped marlin *Makaira mitsukurii*, from New Zealand. *Copeia* 1952: 143-145

## Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, México

Trophic spectrum of striped marlin *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) off the coast of Cape San Lucas, Baja California Sur, Mexico

Leonardo A. Abitia<sup>1</sup>, Felipe Galván<sup>1</sup> y Arturo Muhlia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional  
Apartado postal 592, La Paz, Baja California Sur, México, C.P. 23000

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., México  
labitia@vmredipn.ipn.mx

### ABSTRACT

A study of the feeding habits of 505 striped marlin *Tetrapturus audax* caught by the sport fishing fleet that operates in the area of Cape San Lucas, Baja California Sur, Mexico, during October 1987 to December 1989, is presented. Striped marlin is found around the year, reducing their abundance at the end of summer and the beginning at autumn. The predominant food is basically composed of epipelagic species from the neritic zone and less oceanic organisms. The most common prey are: chub mackerel *Scomber japonicus*, California pilchard *Sardinops caeruleus* and jumbo squid *Dosidicus gigas*. Seasonal variation of prey composition shows mostly occurrence of schools of epipelagic species. Apparently striped marlin feed during the day preferably on pelagic fishes and occasionally migrate to deeper waters to consume prey which live near or on the sandy bottoms, while during the night they feed mainly on cephalopods. Stability in the composition and abundance of potential prey for striped marlin and other large predators indicates that this area is an important feeding zone.

Key words: striped marlin, feeding habits, Cape San Lucas, Mexico.

### RESUMEN

Se realizó el estudio de los hábitos alimentarios de 505 marlines rayados *Tetrapturus audax* capturados por la flota de pesca deportiva que opera en el área de Cabo San Lucas, Baja California Sur, durante el período octubre 1987 - diciembre 1989. El marlín rayado se captura durante todo el año, disminuyendo su abundancia a finales de verano y principios de otoño. Su alimentación esta constituida básicamente por organismos epipelágicos provenientes de la zona nerítica y en menor grado por organismos de aguas oceánicas. Las presas más comunes son: la macarela *Scomber japonicus*, la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* y el calamar *Dosidicus gigas*. El análisis de la variación estacional de la dieta mostró tendencia a una mayor ocurrencia de especies de hábitos pelágicos formadores de cardúmenes. Al parecer esta especie se alimenta durante el día, preferentemente de peces pelágicos y ocasionalmente realiza migraciones hacia aguas de mayor profundidad para consumir presas que viven cerca o sobre los fondos arenosos; mientras que durante la noche se alimenta principalmente de cefalópodos. La estabilidad en la composición y abundancia de poblaciones de especies que representan recursos alimentarios potenciales y accesibles para el marlín rayado y otras especies predatoras, en comparación con otras regiones del Pacífico oriental, parece señalar a esta región como una zona importante de alimentación.

Palabras clave: marlín rayado, hábitos alimentarios, Cabo San Lucas, México.

### INTRODUCCION

Los peces de pico (familia Xiphiidae) son organismos pelágicos mayores, notablemente adaptados a su ambiente. El área de distribución de estos peces comprende las aguas templadas y tropicales de todos los océanos (Joseph *et al.* 1988). Son grandes predadores que realizan extensas migraciones, comprobándose la evidencia de estos movimientos por

la naturaleza estacional de su pesquería y por la recaptura de ejemplares marcados en diferentes zonas (Strasburg 1970). En el Océano Pacífico ejemplares del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi) han sido marcados al oeste de las costas de México y recapturados a 5500 km al oeste y 3700 km al sur del punto de marcaje (Joseph *et al.* 1988).

Seis especies de peces de pico se encuentran comúnmente en el Pacífico mexicano: la subfamilia Xiphiinae representada por su única especie el pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus) y la subfamilia Istiophorinae representada por 5 de sus 11 especies; el marlín rayado (*Tetrapturus audax*) marlín azul (*Makaira mazara* Jordan y Snyder), marlín negro (*Makaira indica* Cuvier en Cuvier y Valenciennes), pez vela (*Istiophorus platypterus* Shaw y Nodder) y el pez pico corto (*Tetrapturus angustirostris* Tanaka) (Nelson 1994, Nakamura 1995).

En el estado de Baja California Sur (B.C.S.) y especialmente en el área de Cabo San Lucas, el marlín rayado *T. audax* es la especie que constituye la base de la pesca deportiva, debido a su presencia durante todo el año, constituyendo uno de los máximos trofeos para los pescadores deportivos. A pesar de su importancia como especie deportiva a nivel mundial, el número de trabajos que hacen referencia a algún aspecto de su biología es bajo, siendo aún más reducidos los que abordan aspectos sobre sus hábitos alimentarios (Morrow 1952, Hubbs & Wisner 1953, Yabuta 1953, De Sylva 1962, Williams 1963, Backer 1966, Evans & Wares 1972, Eldrige & Wares 1974). El antecedente más reciente sobre esta especie es el estudio desarrollado por Abitia *et al.* (1997), donde se analizan aspectos sobre la variación estacional de la cantidad y calidad energética del alimento consumido por el marlín.

En este contexto, el presente trabajo plantea el estudio cualitativo y cuantitativo del espectro trófico (dieta) del marlín rayado, con el propósito de caracterizar aspectos de su dinámica trófica y poder determinar su posible relación con las altas concentraciones de esta especie de marlín en el área de Cabo San Lucas, zona del Pacífico oriental mexicano, donde la pesca deportiva se realiza durante todo el año con gran intensidad.

## MATERIALES Y METODOS

Durante el período de octubre de 1987 a diciembre de 1989 se realizaron muestreos mensuales de las capturas de marlín rayado efectuadas por la flota de pesca deportiva que opera en el área de Cabo San Lucas, B.C.S., México (22° 53' N y 109° 54' W). Esta área presenta características oceanográficas particulares debido a que carece de plataforma continental y se encuentran profundidades de 500 brazas cerca de la costa. La zona de pesca deportiva comprende un radio de 30 millas náuticas (Fig. 1).

El arte de captura utilizado por la flota es el método tradicional de pesca en la superficie del agua, utilizando líneas con carnada artificial (curricán) o carnada viva, usando por lo general dos o cuatro líneas por embarcación. De cada organismo muestreado se registró su peso total y las longitudes furcal, postorbital y total, extrayéndose el estómago mediante la disección de los ejemplares. El contenido estomacal fue fijado con una solución de formalina al 10 %, trasladándose las muestras al laboratorio de Ictiología del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) en La Paz, B.C.S.

Durante el análisis del contenido gástrico se procedió a separar las diferentes especies presa de acuerdo al grupo taxonómico, identificándose hasta el menor taxón posible, dependiendo del estado de digestión de éstas. Para los peces, la determinación taxonómica se realizó por medio del esqueleto axial y apendicular. Para vértebras (conteo) se utilizaron las claves de Clothier (1950), Miller & Jorgensen (1973) y Monod (1968). Para aquellos peces que presentaron un estado de digestión mínimo se utilizaron las claves de Jordan & Evermann (1896-1900), Meek & Hildebrand (1923-1928), Miller & Lea (1972), Thomson *et al.* (1979) y Fischer *et al.* (1995).

Este índice ha sido sugerido y utilizado como una medida de amplitud de nicho trófico en diferentes estudios (i.e. Colwell & Futuyma 1971, Marshall & Elliot 1997), ya que proporciona una mejor información al considerar tanto el número de especies presa como su abundancia numérica.

Los valores obtenidos por este índice fueron estandarizados a una escala de 0 a 1, mediante el cálculo del índice de equitatividad de Pielou (1976), en donde a mayor equitatividad se obtienen valores más cercanos a cero. Este cálculo se realizó utilizando la siguiente fórmula:

$$J' = \frac{H'}{H' \text{ Max.}}$$

donde:

$H'$  = índice diversidad Shannon-Wiener

$H' \text{ Max.}$  =  $\ln(N)$ ;

$N$  = número de especies

Asimismo se aplicó un análisis de Varianza (ANDEVA) de una sola vía a los valores de diversidad ( $H'$ ), para determinar si existían diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) en la amplitud de los espectros tróficos estacionales, considerando que de acuerdo con Magurran (1988), la distribución de  $H'$  es normal.

## RESULTADOS

Se muestreo un total de 505 ejemplares de marlín rayado con un promedio de longitud postorbital de 176.31 cm  $\pm$  11.47 cm (Desviación Estándar) y un peso promedio de 56.14 kg  $\pm$  10.95 kg. Del número total, 452 organismos presentaron estómagos con alimento (89.6 %), 27 estómagos vacíos (5.3 %) y 26 regurgitados (5.1 %). A partir del trabajo taxonómico, se identificaron un total de 42 tipos de organismos presa, de los cuales 31 fueron peces, 6 cefalópodos y 5 crustáceos, los

cuales correspondieron a 21 familias, 35 géneros y 36 especies (Tabla 1).

El contenido estomacal de los ejemplares con alimento desplazó un volumen total de 231,114 ml, de los cuales los peces aportaron 87,6 %, cefalópodos 11,5 % y crustáceos 0,9 %. Las especies más importantes fueron: la macarela *Scomber japonicus* Houttuyn (29 %), la sardina monterrey *Sardinops caeruleus* Girard (15,8 %), el calamar gigante *Dosidicus gigas* D'Orbigny (10 %) y la sardina japonesa *Etrumeus teres* De Kay (8,5 %).

Aplicando el método numérico, fueron cuantificados un total de 3861 organismos presa, de los cuales el 71,1 % correspondió a peces, 19,2 % a cefalópodos y 9,7 % a crustáceos. Las especies de mayor importancia numérica fueron *S. caeruleus* (21,7 %) y *S. japonicus* (15,6 %), *D. gigas* (11,6 %) y la langostilla *Pleuroncodes planipes* Stimpson (7,7 %).

Los peces también constituyeron el grupo más frecuente en los estómagos del marlín rayado ocurriendo en el 95 % de los estómagos; los cefalópodos en el 31% y los crustáceos en el 10 %. Las especies de mayor frecuencia de ocurrencia fueron los peces *S. japonicus* (51,3 %) y *S. caeruleus* (27,5 %), *D. gigas* (23,9 %) y la langostilla *P. planipes* (9,1 %).

De acuerdo al índice de importancia relativa (IIR), los peces aportaron a la dieta 84,6 % lo cual indica que son el alimento principal del marlín; seguidos por los cefalópodos (13,5 %) y los crustáceos (1,9 %). Las especies presa más importantes fueron los peces *S. japonicus* (54,5 %) y *S. caeruleus* (19,2 %), así como *D. gigas* (13,5 %). En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos mediante cada uno de los métodos.

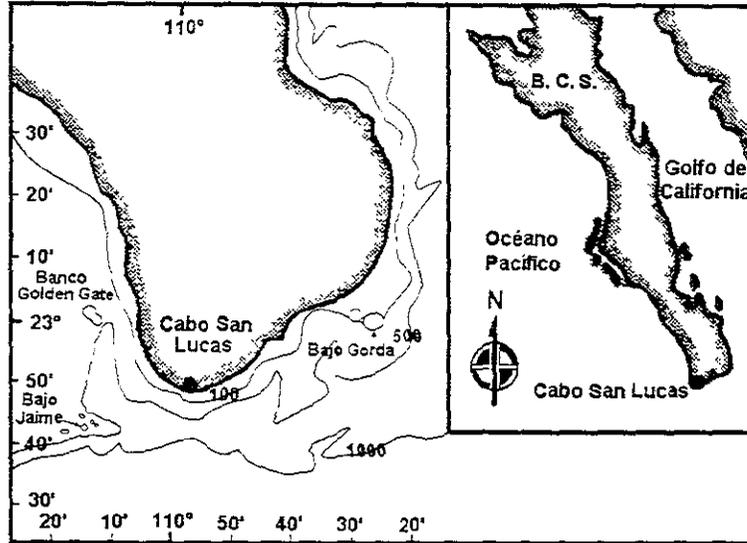


Figura 1. Area de estudio.

Figure 1. Study area.

Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, utilizándose las claves de Garth & Stephenson (1966) y Brusca (1980). En los cefalópodos debido a la rápida digestión de las partes blandas de su cuerpo la única estructura reconocible es el aparato mandibular comúnmente conocido como "pico", la cual por estar compuesta de quitina (material de difícil digestión) permite su identificación. Para este grupo en particular se emplearon los trabajos de Iverson & Pinkas (1971), Wolff (1982, 1984) y Clarke (1986).

En el análisis cuantitativo de los contenidos gástricos se usaron los métodos de frecuencia de ocurrencia (FO), volumétrico (V) y numérico (N) de acuerdo a Cailliet *et al.* (1986). Asimismo se utilizó el Índice de Importancia Relativa (IIR) propuesto por Pinkas *et al.* (1971), para evaluar y caracterizar

el espectro trófico. La formulación de este índice es la siguiente:

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

donde:

N = porcentaje de número de organismos

V = porcentaje de volumen

FO = porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

Se determinó la amplitud de nicho trófico para cada estación del año (período 1987-1989) mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener cuya formulación es la siguiente:

$$H' = -\sum P_j \log (P_j)$$

donde:

$$P_j = \frac{n_i}{N}$$

$n_i$  = número de individuos de la especie

N = número total de individuos.

(Continuación Tabla 1)

Especies presa	FO	% FO	N	% N	V	% V	IRI	% IRI
Syngnathiformes								
<i>Fistularia cometa</i>	18	3,98	42	1,09	5092,00	2,20	13,11	0,31
Scorpaeniformes								
Triglidae								
<i>Prionotus</i> spp	2	0,44	2	0,05	45,00	0,02	0,03	0,00
Uranoscopidae								
<i>Kathetostoma avertuncus</i>	1	0,22	1	0,03	5,00	0,00	0,01	0,00
Perciformes								
Serranidae	18	3,98	87	2,25	8365,00	3,62	23,39	0,56
<i>Diplectrum</i> spp.	1	0,22	4	0,10	226,50	0,10	0,04	0,00
Carangidae	20	4,42	29	0,75	2399,80	1,04	7,92	0,19
<i>Caranx caballus</i>	12	2,65	20	0,52	1988,50	0,86	3,66	0,09
<i>Caranx hippos</i>	9	1,99	10	0,26	769,00	0,33	1,18	0,03
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0,66	3	0,08	54,20	0,02	0,07	0,00
<i>Decapterus muroadsi</i>	36	7,96	133	3,44	14460,00	6,26	77,27	1,84
<i>Naucrates ductor</i>	4	0,88	5	0,13	68,00	0,03	0,14	0,00
<i>Trachinotus rhodophus</i>	1	0,22	1	0,03	6,50	0,00	0,01	0,00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	25	5,53	42	1,09	5017,00	2,17	18,02	0,43
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	3	0,66	3	0,08	185,00	0,08	0,10	0,00
Mugilidae								
<i>Mugil curema</i>	3	0,66	3	0,08	700,00	0,30	0,25	0,01
Sphyraenidae								
<i>Sphyraena ensis</i>	1	0,22	2	0,05	680,00	0,29	0,08	0,00
Scombridae								
<i>Auxis</i> spp.	15	3,32	90	2,33	8201,50	3,55	19,51	0,46
<i>Euthynus lineatus</i>	1	0,22	1	0,03	70,00	0,03	0,01	0,00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	0,44	2	0,05	13,30	0,01	0,03	0,00
<i>Scomber japonicus</i>	232	51,33	601	15,57	67055,50	29,01	2288,17	54,48
Tetraodontiformes								
Balistidae								
<i>Balistes polylepis</i>	28	6,19	185	4,79	5721,00	2,48	45,02	1,07
<i>Xanthichthys mento</i>	1	0,22	1	0,03	115,00	0,05	0,02	0,00
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1	0,22	1	0,03	135,00	0,06	0,02	0,00
Diodontidae								
<i>Diodon holocanthus</i>	3	0,66	13	0,34	68,00	0,03	0,24	0,01
TOTAL			2744	71,07	202435,20	87,59	3553,82	84,61
Materia orgánica no identificada	1	0,22	0	0,00	145,00	0,06	0,01	0,00
TOTALES	452		3861	100,00	231114,10	100,00	4200,34	100,00

Tabla 1. Espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax*, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de ocurrencia (FO), numérico (N), volumétrico (V) e índice de importancia relativa (IRI).

Table 1. Summary of food categories in stomachs contents of striped marlin *Tetrapturus audax*, expressed as percentages based on frequency of occurrence (FO), number (N), volume (V), and index of relative importance (IRI).

Especies presa	FO	% FO	N	% N	V	% V	IRI	% IRI
Cephalopoda								
Teuthoidea								
Enoploteuthidae								
<i>Abraliopsis affinis</i>	16	3,54	50	1,30	1474,20	0,64	6,84	0,16
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	108	23,89	449	11,63	23136,84	10,01	517,06	12,31
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	17	3,76	37	0,96	1,67	0,00	3,61	0,09
Octopoda								
Octopodidae								
<i>Octopus</i> spp.	7	1,55	14	0,36	131,23	0,06	0,65	0,02
<i>Japetella heathi</i>	5	1,11	5	0,13	0,41	0,00	0,14	0,00
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	32	7,08	187	4,84	1809,99	0,78	39,83	0,95
TOTAL			742	19,22	26554,34	11,49	568,14	13,53
Crustacea								
Amphipoda	2	0,44	22	0,57	13,50	0,01	0,25	0,01
Isopoda	3	0,66	8	0,21	3,00	0,00	0,14	0,00
Stomatopoda								
Squillidae								
<i>Squilla</i> spp.	1	0,22	1	0,03	15,10	0,01	0,01	0,00
Euphausiacea	3	0,66	48	1,24	11,00	0,00	0,83	0,02
Decapoda								
Galatheidae								
<i>Pleuroncodes planipes</i>	41	9,07	296	7,67	1937,00	0,84	77,14	1,84
TOTAL			375	9,71	1979,60	0,86	78,37	1,87
Osteichthyes								
Clupeiformes								
Clupeidae	49	10,84	134	3,47	3206,00	1,39	52,66	1,25
<i>Etrumeus teres</i>	44	9,73	199	5,15	19681,00	8,52	133,07	3,17
<i>Ophistonema libertate</i>	10	2,21	28	0,73	4985,00	2,16	6,38	0,15
<i>Sardinops caeruleus</i>	97	21,46	839	21,73	36492,00	15,79	805,18	19,17
Gadiformes								
Merlucciidae								
<i>Merluccius productus</i>	19	4,20	257	6,66	16619,00	7,19	58,21	1,39
Exocoetidae								
<i>Exocoetus</i> spp.	1	0,22	1	0,03	0,10	0,00	0,01	0,00
Cyprinodontiformes								
Belontiidae								
<i>Strongylura exilis</i>	1	0,22	5	0,13	11,30	0,00	0,03	0,00

Tabla 2. Valores absolutos del método numérico (N) y diversidad de Shannon-Wiener (H') de los contenidos estomacales del marlín rayado *Tetrapturus audax*, donde n= número de estómagos con alimento, I= invierno, P= primavera, V= verano, O= otoño.

Table 2. Seasonal absolute values of the numeric method (N), and Shannon-Wiener measure (H') of the stomach contents of striped marlin *Tetrapturus audax*. (n= number stomach contents, I= winter, P= spring, V= summer, O= fall).

Especies presa	O (1987)		I (1988)		P (1988)		V (1988)		O (1988)		I (1989)		P (1989)		V (1989)		O (1989)	
	N	H'																
	n=33		n=44		n= 80		n=34		n=92		n= 56		n=67		n=11		n=35	
<i>Abraliopsis affinis</i>	1	0,02	2	0,03	1	0,01	0	0,00	11	0,08	33	0,30	2	0,04	0	0,00	0	0,00
<i>Dosidicus gigas</i>	43	0,34	4	0,06	22	0,16	94	0,52	146	0,42	21	0,22	76	0,46	0	0,00	43	0,36
<i>Stenoteuthis oualaniensis</i>	3	0,05	0	0,00	5	0,05	2	0,06	21	0,12	2	0,04	4	0,07	0	0,00	0	0,00
<i>Octopus spp.</i>	0	0,00	3	0,05	2	0,03	1	0,04	2	0,02	0	0,00	6	0,09	0	0,00	0	0,00
<i>Japetella heathi</i>	1	0,02	3	0,05	1	0,01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Argonauta spp.</i>	16	0,18	88	0,45	13	0,11	24	0,36	42	0,20	4	0,07	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Amphipoda	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	22	0,24
Isopoda	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	0,06	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Squilla spp.</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,02	0	0,00	0	0,00
Euphausiacea	0	0,00	0	0,00	25	0,18	15	0,28	0	0,00	0	0,00	8	0,11	0	0,00	0	0,00
<i>Pleuroncodes planipes</i>	8	0,11	88	0,45	25	0,18	2	0,06	88	0,32	36	0,31	34	0,31	15	0,38	0	0,00
Clupeidae	56	0,39	58	0,37	8	0,08	0	0,00	0	0,00	0	0,00	12	0,15	0	0,00	0	0,00
<i>Etrumeus teres</i>	0	0,00	0	0,00	46	0,27	16	0,29	71	0,28	19	0,21	46	0,36	0	0,00	1	0,02
<i>Ophistonema libertate</i>	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	27	0,27	0	0,00	0	0,00
<i>Sardinops caeruleus</i>	117	0,52	98	0,47	317	0,51	4	0,11	39	0,19	69	0,44	81	0,47	2	0,31	112	0,52
<i>Merluccius productus</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	123	0,39	111	0,51	23	0,24	0	0,00	0	0,00
<i>Exocoetus spp.</i>	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Strongylura exilis</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	0,08	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Fistularia corneta</i>	3	0,05	1	0,02	0	0,00	0	0,00	27	0,15	7	0,10	0	0,00	0	0,00	4	0,07
<i>Prionotus spp.</i>	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Kathetostoma avertuncus</i>	0	0,00	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

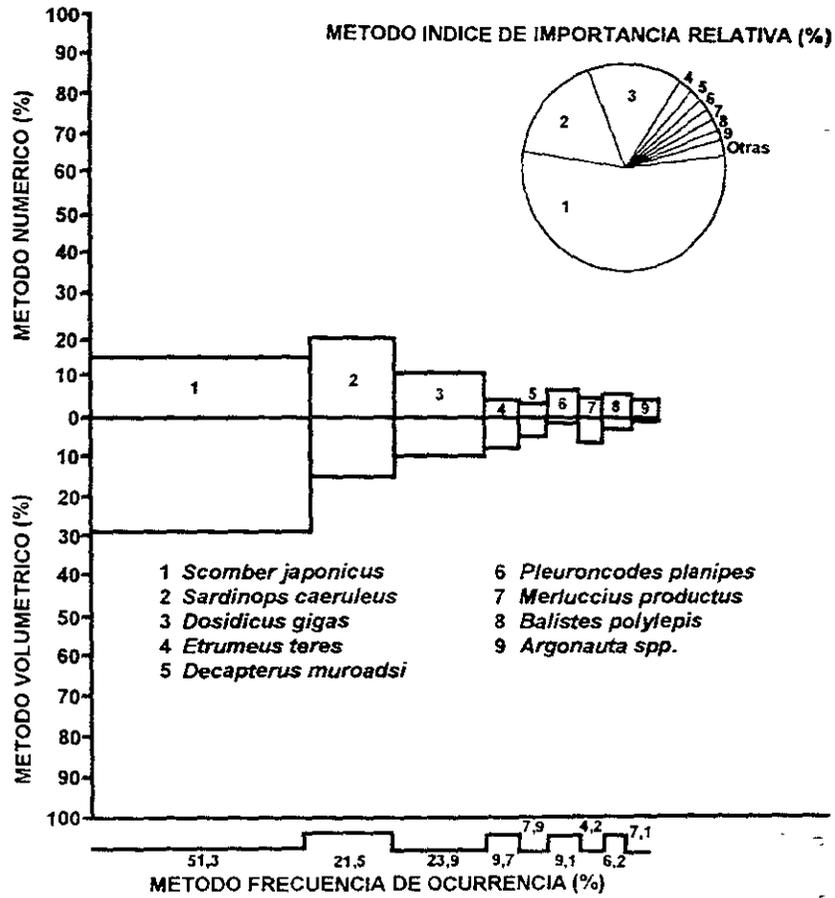


Figura 2. Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) del marlín rayado *Tetrapturus audax*, presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de ocurrencia e IIR.

Figure 2. Trophic spectrum of striped marlin *Tetrapturus audax*, presented as percentages of number of individuals, volume, frequency of occurrence, and IRI.

Los resultados del análisis de amplitud de nicho trófico basado en los valores registrados por el método numérico (Tabla 2), indicó que la diversidad ( $H'$ ) fluctuó entre un valor mínimo de 1,40 registrado en la primavera de 1988 a un valor máximo de 3,66 correspondiente al otoño de 1988. En relación a

la equitatividad ( $J'$ ) el valor mínimo fue de 0,61 (primavera de 1988) y el máximo de 0,83 (otoño 1989) (Fig. 3). El ANDEVA realizado indicó que no existieron diferencias significativas entre los espectros tróficos del marlín en las diferentes estaciones climáticas ( $F= 1,96; P=0,82$ ).

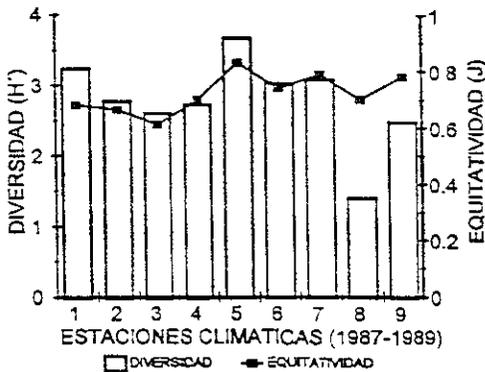


Figura 3. Amplitud de nicho trófico por estación del año, determinado por los Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equitatividad ( $J'$ ). 1= otoño 1987; 2= invierno 1988; 3= primavera 1988; 4= verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989; 8= verano 1989; 9= otoño 1989.

Figure 3. Niche breadth of each season, determined by Shannon-Wiener ( $H'$ ) and evenness ( $J'$ ). 1= fall 1987, 2= winter 1988; 3= spring 1988; 4= summer 1988; 5= fall 1988; 6= winter 1989; 7= spring 1989; 8= summer 1989; 9= fall 1989.

## DISCUSION

En el área de Cabo San Lucas, B.C.S., el marlín rayado se alimenta preferentemente de organismos epipelágicos de la zona nerítica y en menor grado de organismos provenientes de aguas oceánicas. Las presas más comunes son *Scomber japonicus*, *Scorpaenopsis caeruleus*, *Etrumeus teres*, *Dosidicus gigas* y en menor grado *Decapterus muroadsi* Gill y *Selar crumenophthalmus* Bloch. Otras de las presas registradas forman parte del necton demersal, el cual involucra a organismos que pasan la mayor parte de su ciclo de vida cerca del fondo, como son *Merluccius productus* Ayres, el pez soldadito *Prionotus* spp., el cabaicucho *Diplectrum* spp. y el pez sapo *Kathetostoma averruncus* Jordan y Boillman.

Asimismo se encontraron organismos habitantes del piso marino (bentónicos), como es el caso del estomatópodo *Squilla* spp., o bien

integrantes del zooplancton (eufáusidos, anfípodos e isópodos), los cuales por su menor representatividad en la dieta, se pueden considerar como alimento incidental. La gran diversidad (amplitud de nicho trófico) de presas registradas en su dieta permite confirmar la conducta alimentaria generalista del marlín rayado (Abitia *et al.* 1997), especie que de acuerdo a los resultados obtenidos se alimenta principalmente de organismos pelágicos (peces y cefalópodos).

En el área de Cabo San Lucas, el marlín rayado se encuentra durante todo el año, disminuyendo su abundancia a finales de verano y principios de otoño. En cuanto a la variación estacional del espectro trófico, no se encontraron diferencias significativas, mostrándose una tendencia a la mayor ocurrencia de especies de hábitos pelágicos formadores de cardúmenes como son *S. japonicus*, *S. caeruleus*, *D. gigas*, las cuales de manera general constituyeron arriba del 85 % del IIR.

La estrategia del marlín rayado y de otras especies pelágicas como atunes y dorados (Galván 1989, Aguilar 1993) de alimentarse de organismos que forman grandes cardúmenes, sin duda les permite maximizar la eficiencia de la captura de presas y por ende del consumo de energía, debido a la alta disponibilidad y abundancia de este tipo de presas.

Con respecto a la mayor ocurrencia de picos de calamar que los organismos completos, se puede mencionar que en virtud que la captura de los marlines habitualmente se realiza entre las 08:00 y las 14:00, descargándose en el puerto entre las 14:00 a 18:00 (hora del fijado del contenido estomacal con formaldehído), evidentemente durante este periodo de captura hasta la fijación, los procesos de digestión continúan desdoblando la materia orgánica, debido a que las enzimas gástricas ya fueron excretadas. Este hecho

(Continuación Tabla 2)

Especies presa	O(1987)		I(1988)		P(1988)		V(1988)		O(1988)		I(1989)		P(1989)		V(1989)		O(1989)	
	N	H'																
	n=33		n=44		n=80		n=34		n=92		n=56		n=67		n=11		n=35	
<i>Serranidae</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	87	0,32	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Diplazium spp.</i>	4	0,07	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Carangidae</i>	10	0,13	4	0,06	0	0,00	3	0,09	5	0,04	6	0,09	1	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Caranx caballus</i>	5	0,08	0	0,00	6	0,06	3	0,09	3	0,03	0	0,00	0	0,00	3	0,39	0	0,00
<i>Caranx hippos</i>	0	0,00	0	0,00	2	0,03	0	0,00	2	0,02	2	0,04	0	0,00	0	0,00	4	0,07
<i>Chloroscombrus orqueta</i>	3	0,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Decapterus hypodus</i>	7	0,10	5	0,07	59	0,31	6	0,15	8	0,06	0	0,00	1	0,02	0	0,00	47	0,37
<i>Nauclrates ductor</i>	0	0,00	3	0,05	2	0,03	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Trachinotus rhodophilus</i>	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Selar crumenophthalmus</i>	3	0,05	0	0,00	10	0,09	18	0,31	10	0,07	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0,02	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Mugil curema</i>	0	0,00	0	0,00	3	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Sphyraena ensis</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	0,31	0	0,00
<i>Axils spp</i>	4	0,07	3	0,05	2	0,03	2	0,06	72	0,29	7	0,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Euthynnus lineatus</i>	0	0,00	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Katsuwonus pelamis</i>	2	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Scomber japonicus</i>	84	0,47	102	0,48	111	0,43	15	0,28	113	0,37	73	0,45	70	0,44	0	0,00	33	0,31
<i>Balistes polylepis</i>	17	0,19	4	0,06	0	0,00	0	0,00	52	0,23	0	0,00	0	0,00	0	0,00	112	0,52
<i>Xanthichthys mento</i>	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,01	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1	0,02	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<i>Diodon holocanthus</i>	12	0,15	0	0,00	0	0,00	1	0,04	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
No. Total especies presa	26		18		19		15		21		17		15		4		9	
Diversidad (H') Total	2,23		2,77		2,60		2,73		3,66		3,03		3,06		1,40		2,48	

de presas con lesiones ocasionadas por el pico del marlín rayado, lo cual probablemente lo realiza para debilitar a la presa y hacer más fácil su ingestión. Sin embargo, Hubbs & Wisner (1953) documentan que en ninguna de las presas consumidas por el marlín rayado en California se presentan lesiones que pudieran ser ocasionadas por el pico de este organismo. De igual forma Strasburg (1969) al registrar el testimonio de un investigador de la Universidad de Hawaii, el cual observó a un marlín atravesar con su pico a un pez dorado *Coryphaena* sp., concluye que este comportamiento del marlín es incidental ya que la mayoría de las presas encontradas en los contenidos estomacales no presentan lesiones ocasionadas por el pico.

A este respecto, en el presente trabajo no se registró vestigios de un comportamiento alimentario de este tipo en ninguna de las presas consumidas. Sin embargo resulta claro que en los peces de pico, la modificación y crecimiento de los huesos premaxilar y prenasal en un rostrum redondeado en el caso de la subfamilia Istiophorinae y aplanado en la subfamilia Xiphiinae (Fierstine 1990, Nelson 1994), les permite adquirir una forma más hidrodinámica, que les ayuda a tener un desplazamiento de mayor dinamismo y por ende de una mayor eficiencia en su conducta alimentaria.

#### AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), el apoyo otorgado en sus estudios doctorales. Asimismo se agradece el apoyo institucional y financiero del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas del IPN (COFAA). Finalmente nuestro agradecimiento a los dos revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

#### LITERATURA CITADA

- Abita CLA, MF Galvan & RJ Rodriguez. 1997. Food habits and energy values of prey of striped marlin *Tetrapturus albidus* (Philippi, 1887) off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin* 95: 360-368.
- Aguilar PB. 1993. Espectro trófico del dorado *Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758 (Osteichthyes: Coryphaenidae), capturado en la bahía de La Paz y Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, durante 1990 y 1991. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, 102 p.
- Backer AM. 1966. Food of marlin from New Zealand waters. *Copeia* 1966 (4): 818-822.
- Bigelow HB. & WC Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service, Fish Bulletin 53: 351-357.
- Blackburn M. 1968. Micronekton of the eastern tropical Pacific ocean: Family composition, distribution, abundance, and relations to tuna. *Fishery Bulletin* 67: 71-115.
- Brusca RC. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. The University of Arizona Press, (2nd. Ed.), 513 p.
- Cailliet MG, MS Love & AW Ebeling. 1986. Fishes. A field and laboratory manual on their structure identification and natural history. Wadsworth Publishing Company, Belmont, California, 194 p.
- Clarke MR. 1986. A Handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford, 273 p.
- Clothier CR. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 79: 83 p.
- Coiwell RK & DJ Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567-575.

parece explicar el avanzado estado de digestión de los cefalópodos (principalmente *D. gigas*), debido a que generalmente la musculatura blanda es digerida y evacuada rápidamente. Schaefer (1984) y Olson & Boggs (1986) estimaron que el tejido blando de los calamares pasa por el tracto digestivo de atunes (barrilete negro *Euthynnus lineatus* Kishinouye y atún aleta amarilla *Thunnus albacares* Bonnatere) en un período de 5 a 10 horas.

Al analizar la dieta del marlín rayado en otras áreas del mundo, se encuentra que en su mayoría está conformada de peces (familias Clupeidae, Scombridae y Carangidae) y cefalópodos (principalmente calamar). Para el marlín rayado en aguas de Nueva Zelanda, Morrow (1952) encuentra a 10 especies de peces y 2 de calamares, siendo el pez *Scomberesox saurus* (Walbaum) la presa más importante; coincidentemente Backer (1966) en la misma zona registra calamares y peces (carángidos) como los organismos más representativos en la dieta. En Perú y Chile, La Monte (1955) y De Sylva (1962) registraron calamares y peces, principalmente de las familias Engraulidae y Carangidae.

Al comparar el presente estudio con los trabajos anteriores no se observaron variaciones en cuanto a los grupos presa; sin embargo sí existen diferencias evidentes en la composición específica de la dieta, lo cual puede ser provocado por la diferencia de áreas geográficas y ciclos estacionales en la abundancia de los organismos presa.

Al analizar los trabajos publicados por Evans & Wares (1972), Eldrige & Wares (1974) y Abitia *et al.* (1997), en aguas del Pacífico oriental (Mazatlán, Sinaloa; Buena Vista y Cabo San Lucas, B.C.S., México y San Diego, California, Estados Unidos) se encuentra que las presas más importantes son prácticamente las mismas (*i.e.*, *D. gigas*, *S. japonicus*, *E. teres*, *S. caeruleus*, *Fistularia* spp., y *E. lineatus*). Lo anterior parece indicar

la existencia de una estabilidad en la composición y abundancia de poblaciones de especies que representan recursos alimentarios potenciales y accesibles para el marlín rayado y otras especies predatoras, en comparación con otras regiones del Pacífico oriental (Blackburn 1968, Abitia *et al.* 1997), este hecho podría señalar a Cabo San Lucas como un área importante de alimentación en donde el marlín rayado se encuentra almacenando energía excedente en forma de lípidos corporales, con el fin de prepararse para el evento reproductivo.

En este sentido, Squire & Suzuki (1990) mencionan que el patrón de migración del marlín rayado es un movimiento general entre las áreas de alimentación y desove, observándose una inmigración de peces de tallas menores de las áreas de desove del Pacífico norte (central y occidental) a las zonas del Pacífico nororiental (considerada como una de las principales áreas de alimentación y crecimiento) y suroriental. En estas zonas se encuentran organismos entre los 170 y 180 cm de longitud postorbital (ojo-furca), los cuales después de un período de maduración (generalmente con tallas mayores a 200 cm), regresan hacia las áreas principales de desove en el Pacífico occidental. En el caso del marlín rayado que se encuentra en aguas cercanas a la península de Baja California, este tiende a migrar rápidamente hacia el sur durante el verano, a una zona descrita como de desove (islas Revillagigedo) pero aún sin verificación (Squire 1987).

En la actualidad existen opiniones encontradas sobre la conducta alimentaria de los peces de la familia Xiphiidae con respecto al posible uso del pico para la obtención del alimento. Bigelow & Schroeder (1953) y Scott & Tibbo (1968), coinciden en reconocer y aceptar que el pez espada está altamente especializado para acuchillar lateralmente a sus presas utilizando su espada (pico). Asimismo Evans & Wares (1972), señalaron la presencia

- Morrow JE. 1952. Food of the striped marlin *Makaira mitsukurii*, from New Zealand. *Copeia* 3: 143-145.
- Nakamura I. 1985. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Species Catalogue. FAO Fisheries Synopsis 5 (125): 65 p.
- Nelson JS. 1994. Fishes of the world. Tercera edición. John Wiley and Sons, Nueva York, 600 p.
- Olson RJ & CH Boggs 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences* 43: 1760-1775.
- Petrou EC. 1976. Ecological diversity. John Wiley and Sons. Nueva York, 286 p.
- Pinkas L, MS Oliphant & LK Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152, 105 p.
- Schaefer KM. 1984. Swimming performance, body temperatures and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. *Copeia* 4: 1000-1005.
- Scott WB & SN Tibbo. 1968. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the western north Atlantic. *Journal Fisheries Research Board of Canada* 25: 903-919.
- Squire JL. 1987. Striped marlin, *Tetrapturus audax*, migration patterns and rates in the northeast Pacific ocean as determined by a cooperative tagging program: its relation to resource management. *Marine Fisheries Review* 49: 25-43.
- Squire JL & Z Suzuki. 1990. Migration trends of striped marlin (*Tetrapturus audax*) in the Pacific ocean. En: Stroud, RH (ed) Planning the future of billfishes. Research and Management in the 90s and Beyond. National Coalition for Marine Conservation. Proceedings of the Second International Billfish Symposium. Kailuakona, Hawaii, August 1-5, 1988. Parte 2: 321 p.
- Strasburg WB. 1969. Billfish of the central Pacific Ocean. United States, Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Bureau of Commercial Fisheries. Circular 311: 1-20.
- Strasburg WB. 1970. A report on the billfish of the central Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science* 20: 575-604.
- Thomson DA, LT Findley & AN Kersutch 1979. Reef fishes of the Sea Cortez. John Wiley and Sons, Nueva York, 302 p.
- Williams F. 1963. Longline fishing for tuna off the coast of east Africa 1958-1960. *Indian Journal of Fisheries*, Section A 10: 233-390.
- Wolff CA. 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. *Fishery Bulletin* 80: 357-370.
- Wolff CA. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service, Technical Report 17, 50 p.
- Yabuta Y. 1953. On the stomach contents of tuna and marlin from the adjacent seas of Bonin islands. *Contributions of Nankai Regional Fisheries Research Laboratory* 1: 1-6.

- De Sylva DP. 1962. Red water blooms off northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. *Pacific Science* 16: 271-279.
- Eldrige MB & PG Wares. 1974. Some biological observations of billfishes taken in the eastern Pacific Ocean. En: Shomura RS & F Williams (Eds), *Proceedings of the International Billfish Symposium*. Kailuakona, Hawaii, 9-12 August 1972. Species Synopsis. National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service. Technical Report 675: 89-101.
- Evans DH & PG Wares. 1972. Food habits of the striped marlin and sailfish off Mexico and southern California. United States Department of the Interior. Fish and Wildlife Service. Research Report 76: 1-10.
- Fierstine HL. 1990. A paleontological review of three billfish families (Istiophoridae, Xiphiidae, and Xiphiorhynchidae). En: Stroud, HR (ed) *Planning the future of billfishes. Research and management in the 90s and beyond*. National Coalition for Marine Conservation. Proceedings of the Second International Billfish Symposium. Kailuakona, Hawaii, August 1-5, 1988. Parte 2: 11-19.
- Fischer W, F Krupp, W Schneider, C Sommer, KE Carpenter & VH Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Vols. II y III. Vertebrados, Partes 1 y 2: 647-1813.
- Galván MF. 1989. Composición y análisis de la dieta del atún aleta amarilla *Thunnus albacares*, en el océano Pacífico mexicano, durante el periodo 1984-1985. Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. 86 p.
- Garth JS & W Stejneger. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyryncha: Portunidae. Allan Hancock Monography. Marine Biology 1: 154 p.
- Hubbs CL & L Wisner. 1953. Food of marlin in 1951 off San Diego California. *California Fish and Game* 39: 127-131.
- Iverson LK & L Pinkas. 1971. A pictorial guide to beak of certain eastern Pacific cephalopods. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 152: 83-105.
- Jordan DS & BW Evermann. 1896-1900. The fishes of North and Middle America. United States National Museum, Bulletin 47, Partes I, II, III y IV, 3313 p.
- Joseph J, W Klawe & P Murphy. 1988. Tuna and billfish. Fish without a country. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla California. 69 p.
- La Monte FR. 1955. A review and revision of the Marlins genus *Makaira*. Bulletin of the American Museum of Natural History 107: 232-358.
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. Nueva Jersey, 179 p.
- Marshall S & M Elliott. 1997. A comparison of univariate and multivariate numerical and graphical techniques for determining inter- and intraspecific feeding relationships in estuarine fish. *Journal of Fish Biology* 51: 528-545.
- Meek SE & SF Hildebrand. 1923-1928. The marine fishes of Panama. Field Museum National History, Zoology Series, 15, Partes 1, 2 y 3, 1045 p.
- Miller DJ & RN Lea. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 157, 249 p.
- Miller DJ & SC Jorgensen. 1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. California Department of Fish and Game, Fish Bulletin 71: 301-312.
- Monod T. 1968. Le complexe urophore des poissons teleostéens. *Mémoires de L'Institut Fondamental D' Afrique Noire* 81: 705 p.