

## 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 periodo 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 está 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).

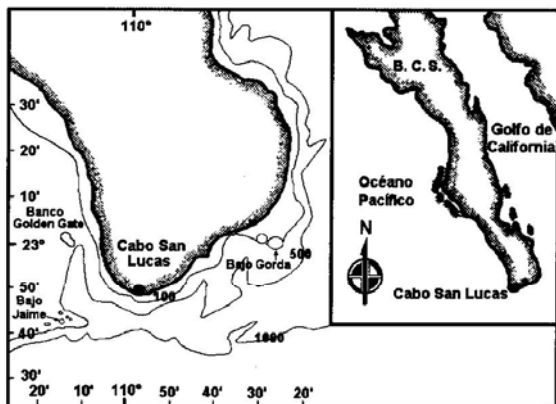


Figura 1. Área de estudio.

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.

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' 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 muestreó un total de 505 ejemplares de marlín rayado con un promedio de longitud postorbital de 176,81 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.

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								
Belonidae								
<i>Strongylura exilis</i>	1	0,22	5	0,13	11,30	0,00	0,03	0,00

(Continuación Tabla 1)

Especies presa	FO	% FO	N	% N	V	% V	IRI	% IRI
Syngnathiformes								
<i>Fistularia corneta</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 averruncus</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

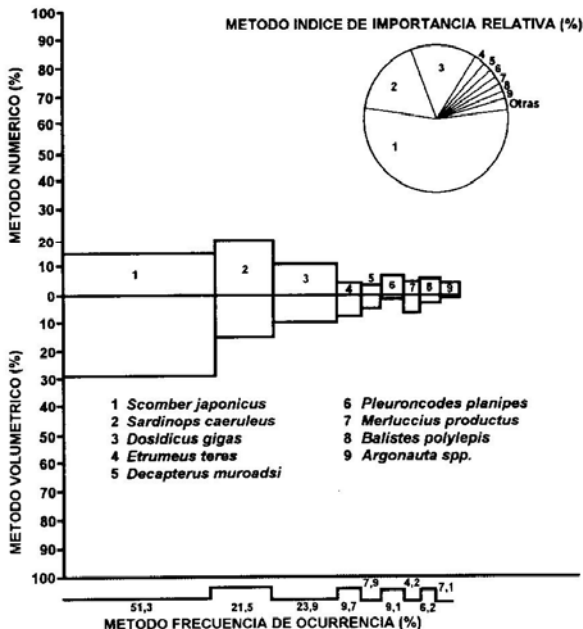


Figura 2. Espectro trófico combinado (cuatro métodos de análisis) del marlín rayado *Tetraodon lineatus*, presentado como porcentajes del número de individuos, volumen, frecuencia de ocurrencia e IIR.

Figure 2. Trophic spectrum of striped marlin *Tetraodon lineatus*, presented as percentages of number of individuals, volume, frequency of occurrence, and IIR.

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 ( $F=1,96$ ;  $P=0,82$ ).







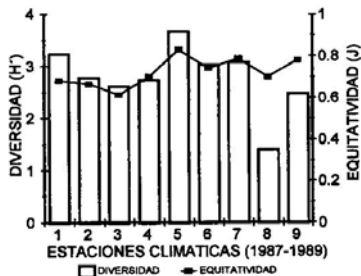


Figura 3. Amplitud de nicho trófico por estación del año, determinado por los Índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y equitatividad ( $J'$ ). 1= otoño 1987; 2= invierno 1988; 3= primavera 1988; 4= verano 1988; 5= otoño 1988; 6= invierno 1989; 7= primavera 1989; 8= verano 1989; 9= otoño 1989.

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*, *Sardinops 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 Bollman.

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 período 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

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* Bonnaterre) 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 *Scorpaenopsis diabolus* (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

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

- Abitia CLA, MF Galvan & RJ Rodriguez. 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.
- 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.
- Colwell RK & DJ Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567-575.

- 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.
- Eldridge 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 palaeontological 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 Niemi. 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 Stephenson. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America. Brachyrhyncha: 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. *Memories de L'Intitute Fundamental D' Afrique Noire* 81: 705 p.

- 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, bionergetics, and cesium concentrations. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences* 43: 1760-1775.
- Pielou 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, *Euthyrnus 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: 26-43.
- 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 Kerstitch 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 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 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.