

RESUMEN de la Tesis de Unai Markaida Aburto presentada como requisito parcial para la obtención del grado de MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA Ensenada, Baja California, México. Febrero de 1995.

La ecología trófica del pez espada (*Xiphias gladius*) ha sido insuficientemente estudiada en el océano Pacífico donde, sin embargo, se realizan la mitad de las capturas mundiales de esta especie. Se examinaron los contenidos estomacales de 173 peces espada capturados en ocho viajes de pesca comercial en la costa occidental de Baja California, durante 1992 y enero de 1993.

Los cefalópodos dominaron en la dieta durante los primeros cuatro cruceros, realizados en el sur de Baja California, con el 85% en número, 90% en peso y 96% en frecuencia de ocurrencia y su composición en la dieta fue constante con el ommatréfido *Sthenoteuthis oualaniensis* como especie más relevante. Los peces dominaron en la dieta en los últimos cuatro cruceros, correspondientes al norte de Baja California, con un 62% en número, 84% en peso y 65% en frecuencia de ocurrencia y su composición en la dieta varió específicamente entre los distintos cruceros, estando encabezada por peces mesopelágicos. Sin embargo, se encontraron diferencias altamente significativas en la composición numérica de las presas entre todos los cruceros, incluso entre aquellos más similares ($G=15.23$, g.l.=3, $p<0.01$).

El orden asignado a las presas por el método del volumen modificado se correlacionó significativamente con aquel asignado por el método gravimétrico en la mayoría de los cruceros ($r_s > 0.8$, $p<0.01$), pero no con el asignado por el índice de importancia relativa. El tamaño mínimo de muestra estimado fue de 20 estómagos y se colectaron suficientes estómagos para describir la dieta tanto en el norte como en el sur de la costa. No se encontraron diferencias significativas en el índice de llenado de los estómagos ($F=0.988$, g.l.=7, 157, $p=0.441$). Se discuten dos interpretaciones distintas relacionadas con este hecho. Se hallaron diferencias significativas en el contenido calórico de las presas, pero probablemente el aporte calórico de éstas en la dieta del pez espada depende en mayor medida de su participación en la dieta.

El pez espada resultó ser un depredador eficaz y oportunista cuya dieta refleja la abundancia de sus presas en el medio. Este hecho permitió obtener información sobre la

ecología algunas presas. Se discute también la metodología empleada en el estudio de la dieta de grandes depredadores.

ABSTRACT

Trophic ecology of swordfish (*Xiphias gladius*) has not been sufficiently studied in the Pacific ocean where half of the world catches occur. Stomach contents of 173 swordfishes caught along Baja California western coast in eight comercial fishing trips during 1992 and January 1993 were analyzed.

Cephalopods dominated the diet over the first four cruises, made off southern Baja California: 85% by number, 90% by weight and 96% by frequency of occurrence. Their composition in the diet was constant, ommastrephid *Sthenoteuthis oualaniensis* was the most important species. Fishes dominated the diet in the last four cruises, off northern Baja California: 62% by number, 84% by weight and 65% by frequency of occurrence. The fish species composition in the diet varied specifically over distinct cruises, being mesopelagic species the most important class. However, highly significant differences were found in numerical composition of prey species between all cruises, even between the most similar cruises ($G=15.23$, g.l.=3, $p<0.01$).

Modified volume method's order of prey ranking was high significantly correlated in most cruises with that of gravimetric method but it was not correlated with that of index of relative importance. Estimated minimum sample size was found to be 20 stomachs, enough stomachs were collected for diet description in both, southern and northern coasts. Significant differences were not observed in stomachs fullness index between all cruises ($F=0.988$, g.l.=7, 157, $p=0.441$) and two related interpretations with this fact are discussed. Significant differences were found between prey species caloric contents, but each prey's caloric contribution to swordfish diet depends mainly on their proportion in the diet.

Swordfish prove to be an efficient and opportunistic predator, whose diet reflects prey abundances in their environment. This allowed to obtain additional information about some prey's ecology. Methodologies used in marine predators diet studies are also dicussed.

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE
EDUCACIÓN SUPERIOR DE ENSENADA**

**DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA DIETA DEL PEZ ESPADA (*Xiphias gladius*
Linnaeus, 1758) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS

**que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para
obtener el grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:**

UNAI MARKAIDA ABURTO

Ensenada, Baja California, México. Febrero de 1995

La Naturaleza limitó su bondad a su boca,
le dio una espada, pero dejó desarmada su mente.

Ossian, ca. 176-180

DIE BY THE SWORD

*Live by the Sword and help to contain
the helpless minb of you all
die by my hand in pools of blood
clutch yourself as you fall
mindless tyranie, forgotten victims
children slaughtered in vain
raping the maids, in wich they serve
only the Sword of the lord*

Die by the Sword, Die by the Sword

*Satnn watches all of us
smiles as some do his bidding
try to scape the grasp on my hand
and your live will no longer exist
hear our cry, save us from
the Hell in wich we live
we turn our heads toward the sky
and listen for the steel*

Die by the Sword, Die by the Sword

*Watch as flowers decay
on cryptic life that die
the wisdom of the wizards
is only a neurtured lie
black knights of Hell domain
walk upon the head
Satanas sips upon
the blood in wich He feeds*

Die by the Sword

SLAYER, 1983

GRANDIBVS EXIGVI SUNT PISCES PISCIBVS ESCA

AGRADECIMIENTOS

Al CICESE por haberme dado esta oportunidad.

A Oscar Sosa por haberme aceptado en su grupo de investigación y por el apoyo demostrado en todo el transcurso de la realización de esta tesis. A Jaime Färber, sin cuya decisión jamás estaría aquí.

A Reina Castro, por haberse echado los estómagos de los primeros cuatro cruceros y por sus concienzudas correcciones a la tesis. A Felipe Galván, recordman mundial de apertura estomacal, por la experiencia transmitida en el oficio. A Luis Calderón y Francisco Suarez por su participación en el comité de esta tesis.

A Rubén de la Rosa, por obtener las muestras para este estudio. Al armador Jorge Ballesteros, el capitán Parroquín y su tripulación, Enrique, Martín y los hermanos Mayón, por el desfase a bordo del *Tlaloc II*. A Jimmy Uchiyama, Bob Skillman, la tripulación del *Townsend Cromwell* y la peña del Honolulu Lab. por dos estupendos cruceros.

A Eric Hochberg por la amabilidad y atención otorgadas en la identificación de los picos de cefalópodos. Malcolm Clarke identificó dos especies. A Richard Rosenblatt, Cynthia Klepadlo, H. Walker, Dave Ambrose y Felipe Galván, de nuevo, por la identificación de los peces presa. A Vicente Hernández y Antonio García, por la información sobre sus trabajos.

A Benjamín Barón por la paciencia demostrada con el calorímetro. A Cesar Almeda por lo mismo con las computadoras. A Nury López por su atención en el laboratorio. A Xexi González, Lupita Morales y el resto de doñas por el “prestamo” bibliotecario. A Lupillo Prado por la correspondencia, Gerardo López por la cura de cada tarde y Rafael Sandoval, entre otros, por abrirme las puertas. A Marisa Echevarría y Francisco Javier Ponce por el montaje de las gráficas. A Crispín por las correcciones al escrito. A Horacio de La Cueva y a Elena Solana por sus sugerencias bioestadísticas.

A la peña Markaida por el apoyo económico (entre otros) incondicional. Al CSIC y al CONACyT por la beca intercambio que disfruté durante la tesis. A Angel Guerra por su colaboración en la solicitud de dicha beca. Al Consejo Interno de la división de Oceanología del CICESE, por la ayuda de estos dos últimos meses. A “Calamario” Rasero, “Zarigüey” Mtnez. de Ilarduya y Hassier “Rodríguez” El Puma, por aguantar la chapa y mocharse cuando hizo falta.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
I INTRODUCCIÓN	1
I.1 Biología del pez espada	1
I.2 Pesquería del pez espada	3
I.3 Dieta del pez espada	4
II MATERIALES Y MÉTODOS	10
III RESULTADOS	20
IV DISCUSIÓN	39
IV.1 Presas del pez espada	39
IV.1.1 Teleósteos	39
IV.1.2 Cefalópodos	45
IV.1.3 Pez espada como muestreador biológico	55
IV.2 Hábitos alimenticios	56
IV.2.1 Dinámica de alimentación	56
IV.2.2 Depredación	59
IV.2.3 Variación en la dieta	62
IV.2.4 Ecología trófica	65
IV.3 Metodología de la dieta	69
IV.3.1 Digestión diferencial y acumulación de restos	69
IV.3.2 Cuantificación de la dieta	70
IV.3.3 Otolitos y lentes oculares en el estudio de la dieta	73
IV.3.4 Presas secundarias	74
IV.4 Calorimetría	76
IV.4.1 Calorías por peso húmedo	76

CONTENIDO (Continuación)

	<u>Página</u>
IV.4.2 Calorías por peso seco libre de ceniza	77
IV.4.3 Preservantes y calorimetría	78
IV 4.4 Aporte calórico	79
V CONCLUSIONES	80
LITERATURA CITADA	81
APÉNDICE A	106
APÉNDICE B	114
APÉNDICE C	115
APÉNDICE D	116
APÉNDICE E	118
APÉNDICE F	119

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1	Área de muestreo y localización de los ocho viejes de pesca donde fueron capturados los peces espada analizados en este estudio.	11
2	Picos superior (izquierda) e inferior (derecha) de un cefalópodo teutoideo mostrando la longitud rostral inferior (LRI). Tomado de Wolff (1984).	13
3	Composición porcentual por número (% N), peso (% G) y frecuencia de ocurrencia (% F O) de la dieta del pez espada capturado durante los cuatro primeros cruceros.	25
4	Composición porcentual por número (% N), peso (% G) y frecuencia de ocurrencia (% F O) de la dieta del pez espada capturado durante los cuatro últimos cruceros.	26
5	Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores de <i>Sthenoteuthis oualaniensis</i> , <i>Dosidicus gigas</i> , <i>Gonatus berryi</i> , <i>G. californiensis</i> y <i>Gonatopsis borealis</i> .	30
6	Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores de <i>Onychoteuthis</i> sp., <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> , <i>Histioteuthis heteropsis</i> y <i>Thysanoteuthis rhombus</i> .	31
7	Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores (LRI), y sus correspondientes longitudes de manto (LM), de <i>Sthenoteuthis oualaniensis</i> durante los primeros cuatro cruceros. La línea une las medias de cada histograma.	32
8	Diversidad de Bernoulli (H_k) graficada contra los estómagos acumulados correspondientes a los cuatro primeros cruceros (A) y los cuatro últimos cruceros (B).	35
9	Medias logarítmicamente transformadas del índice de peso de llenado (IPL) para cada crucero.	36

LISTA DE TABLAS

<u>Tabla</u>	<u>Página</u>
I Relación de los trabajos realizados sobre la dieta del pez espada en el Atlántico y Mediterráneo y que incluyen cuantificaciones de la misma.	6
II Relación de los trabajos que describen la dieta del pez espada en el océano Pacífico.	8
III Relación de los estómagos examinados correspondientes a los viajes de pesca de pez espada con redes agalleras realizados durante 1992 y (*) 1993 frente a la costa occidental de Baja California.	10
IV Relación de las especies o taxones de presas (* nuevo registro) identificados en los estómagos de pez espada capturados en la costa occidental de Baja California.	21
V Especies de presas, por número, peso y frecuencia de ocurrencia, hallados en 84 estómagos de pez espada capturados en la costa sur de Baja California occidental, durante los cuatro primeros cruceros.	23
VI Especies de presas, por número, peso y frecuencia de ocurrencia, hallados en 75 estómagos de pez espada capturados en la costa norte de Baja California occidental, durante los cuatro últimos cruceros.	24
VII Longitud de manto estimada (LM_E) (según regresiones en ¹ Wolff (1984) y ² Clarke (1986a); * regresiones no disponibles) de los cefalópodos analizados en el contenido estomacal del pez espada, longitud de manto máxima registrada de las mismas especies (LM_M), y longitudes rostrales inferiores (LRI) y longitudes de manto (LM) registradas en otros depredadores. (LRI _R): Longitudes rostrales registradas en este estudio, de especies no incluidas en los histogramas de frecuencia.	33
VIII Tallas de los individuos medidos de peces presa del pez espada.	34
IX Porcentajes de agua y cenizas y valores calóricos (media \pm desviación estandar de tres réplicas excepto *, cuatro réplicas) de 11 presas del pez espada.	37
X Resultados de los análisis de varianza y grupos homogéneos de los valores calóricos para cada categoría. El análisis de grupos homogéneos sigue la enumeración de la tabla IX para cada especie de presa considerada.	38

CARACTERIZACIÓN DE LA DIETA DEL PEZ ESPADA (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

I INTRODUCCIÓN

I.1 Biología del pez espada

El pez espada, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, única especie representante de la familia Xiphiidae¹, orden Perciformes, es un pelágico mayor ampliamente distribuido en todos los mares tropicales y templados, siendo sus límites los 45° N y 45°S en el océano Atlántico, 45°S en el océano Índico y 50° N y 35°S en el océano Pacífico (Nakamura, 1974). En este último océano, el pez espada se concentra en cantidades comercialmente explotables en cinco zonas frontales de alta productividad primaria: Pacífico noroeste, sudeste de Australia, norte de Nueva Zelanda, Pacífico oriental tropical y a lo largo de las costas de California y Baja California (Sakagawa, 1989).

Tibbo *et al.* (1961) son los primeros en suponer la naturaleza migratoria de esta especie y presentan dos hipótesis sobre el movimiento del pez espada en el Atlántico noroeste: a) el pez espada migra hacia el noreste sobre el talud continental en verano y retorna al suroeste en otoño, o b) existen distintos grupos de peces que migran desde aguas profundas hacia el borde continental en el verano y vuelven en dirección contraria en otoño.

¹Tradicionalmente se han considerado dos familias entre los peces de pico: Xiphiidae, con su único representante *Xiphias gladius*, e Istiophoridae, con el resto de los picudos. Nelson (1994) considera esta división a nivel de subfamilia (Xiphiinae e Istiophorinae) y agrupa a todos los peces de pico en la familia Xiphiidae; Finnerty y Block (1995), sin embargo, retornan a la clasificación tradicional.

En el sur de California, el pez espada aparece de mayo a junio y es común en el área hasta el otoño tardío o invierno temprano (Anónimo, 1979). Los registros de las capturas indican una migración del pez espada frente a la costa de Baja California, que se desarrolla hacia el norte durante el verano y otoño (Kume y Joseph, 1969).

Los patrones diarios de las actividades del pez espada quedan definidos en los trabajos de Carey y Robison (1981), Carey (1989) y Holts *et al.* (1994) donde, por medio de telemetría acústica, realizan el seguimiento de cinco peces espada en la región de Los Cabos, Baja California Sur, seis en el Atlántico noroeste, y uno frente a California, y determinan que el pez espada nada en profundidades de hasta 800 m durante el día y emerge a la superficie durante la noche. Church (1968), navegando a bordo del sumergible Deepstar a gran profundidad, observó peces espada, uno de ellos a 645 m; y Zarudzki y Haedrich (1974) informan sobre la embestida de otro espécimen contra el sumergible Alvin a 610 m de profundidad (y vieron otros a 340, 450 y 630 m), lo que constituyen dos evidencias anteriores al comportamiento descrito. Un órgano calentador del cerebro (Carey, 1982) y una disposición especial del músculo rojo (Carey, 1989) posibilita al pez espada la capacidad de cierta homeotermia para realizar estas migraciones verticales.

I.2 Pesquería del pez espada

En 1991 se capturaron en todo el mundo 67,142 t de pez espada, de las cuales 29,245 (44%) correspondieron a capturas en el océano Pacífico (FAO, 1993). Las capturas de pez espada en este océano han aumentado en los últimos años de 18,597 t en 1980 a 29,460 t en 1990, debido en gran parte al desarrollo de su pesquería en países como Chile, E.U.A. (Hawai) y México (Sosa-Nishizaki²). Dado el alto valor que el producto alcanza en el mercado se espera que este aumento continúe, sin embargo Anónimo (1991) estima una captura potencial anual de 29,000 t para el Pacífico.

Actualmente, las naciones pescadoras de pez espada en este océano son: Estados Unidos (arpón y red agallera en California); Chile, México y Perú (pesca con línea, red agallera y palangre); Japón (palangre en todo el Pacífico y red agallera en Honshu); Filipinas (pesca con línea); Taiwan (palangre en todo el Pacífico y palangre y arpón en la costa), y Corea (palangre en todo el Pacífico) (Sakagawa, 1989).

En México la pesca de pez espada con de redes agalleras de deriva se inició en 1986 por medio de embarcaciones con base en el puerto de El Sauzal, Ensenada, B. Cfa., el cual concentra prácticamente toda la pesquería del país. Las capturas con red agallera de deriva en Baja California se han mantenido en torno a las 600 toneladas durante las temporadas 1989-90, 1990-91 y 1991-92 (Sosa-Nishizaki *et al.*, 1992). Este arte de pesca tiene unos 2,000 m de longitud y opera por 12-14 horas durante la noche.

² Sosa-Nishizaki, O. Ecología Marina, CICESE, A. P. 2732, 22800 Ensenada, B. C., México. Comunicación personal, mayo 1994.

I.3 Dieta del pez espada

Los estudios del contenido estomacal de los peces son de gran utilidad para entender sus agregaciones locales y regionales, así como su comportamiento (Amézaga, 1988). Los análisis tróficos incluyen una cuantificación de la composición alimentaria de la dieta por medio de porcentajes de índices que evalúan la participación de cada elemento presa, los cuales se combinan con datos como tallas, sexo, estación y hora del día, y permite conocer algunos aspectos del comportamiento alimenticio del pez (Amézaga, 1988).

El estudio de la dieta de los grandes depredadores marinos ha experimentado un gran auge durante los últimos años debido al trabajo en dos líneas de investigación: por una parte, su aplicación en el estudio de los cefalópodos desde que Clarke (1966) reconociera la gran eficacia de los vertebrados marinos para colectar cefalópodos y, por otra, la importancia que han cobrado últimamente los estudios sobre la biología de los mamíferos marinos, entre los cuales no han faltado aquellos referentes a su dieta.

Los trabajos dirigidos específicamente al estudio del contenido estomacal del pez espada han sido realizados principalmente en aguas del Atlántico norte y Mediterráneo, donde el recurso se ha explotado históricamente. En la tabla I se relacionan aquellos que incluyen una cuantificación de su dieta.

Tibbo *et al.* (1961) y Scott y Tibbo (1968), en la costa noreste de E.U.A., realizaron el estudio más completo en cuanto a número de estómagos y meses del año muestreados. Encontraron que los peces constituían la principal dieta del pez espada, algo que corroborarían posteriormente Scott y Tibbo (1974), Moreira (1990) y Gouveia (1992).

Sin embargo, Toll y Hess (1981), en el estrecho de Florida, hallaron que los cefalópodos, y sobre todo los calamares ommastréfidos, constituyen el componente principal del pez espada, algo que corroborarían la mayoría de los trabajos posteriores. Con ellos comenzó una serie de estudios como los de Bello (1991), Guerra *et al.* (1993) y Hernández-García (en prensa), específicamente dirigidos al estudio de los calamares hallados en el contenido estomacal del pez espada. Por otra parte, Stillwell y Kohler (1985) estimaron la ración diaria y, por medio de ella, la biomasa anual que consume la población de pez espada en el bajo George, Atlántico noroeste.

Descripciones someras de la dieta del pez espada, carentes de cualquier análisis cuantitativo, se encuentran en Kingsley (1922), Parr (1933), Bigelow y Schroeder (1953), Eschmeyer (1963), Beckett (1974), Carey y Robinson (1981), Nakamura (1985), Carey (1989) y Azevedo (1989), mientras que resúmenes históricos sobre el tema pueden hallarse en Scott y Tibbo (1968), Palko *et al.* (1981) y Toll y Hess (1981).

Tabla I. Relación de los trabajos realizados sobre la dieta del pez espada en el Atlántico norte y Mediterráneo y que incluyen cuantificaciones de la misma.

Referencia	Tamaño de muestra	Área	Meses	Presas más importantes
Tibbo <i>et al.</i> , 1961; Scott y Tibbo, 1968	514	Nueva Escocia y NE de E.U.A.	marzo-octubre	<i>Scomber</i> , Paralepididae, <i>Illex</i> , <i>Merluccius</i> , <i>Sebastes</i> , <i>Cuplea</i>
Cavaliere, 1963	—	Estrecho de Mesina	primavera-verano	<i>Illex</i> , <i>Loligo</i> , <i>Todarodes</i>
Guitart-Manday, 1964	—	Norte de Cuba	febrero-marzo	<i>Brama brama</i>
Maksimov, 1969	502	Atlántico tropical	—	Cefalópodos, Trichiuridae, Alepisauridae, Myctophidae
Scott y Tibbo, 1974	141	Nueva Escocia y NE de E.U.A.	—	<i>Illex</i> , <i>Scomber</i> , Paralepididae, <i>Sebastes</i> , Myctophidae, <i>Merluccius</i>
Toll y Hess, 1981	65	Estrecho de Florida	—	<i>Illex</i> , <i>Ommastrephes</i> , <i>Histioteuthis</i> , <i>Onychoteuthis</i> , peces
Stillwell y Kohler, 1985	168	Cabo Hatteras, Grandes bancos	Todo el año, excepto enero	Ommastréfidos (<i>Illex</i>), <i>Merluccius</i> , <i>Scomber</i>
Bello, 1985	14	Golfo de Taranto, Mares Jónico y Adriático	verano	<i>Todarodes sagittatus</i>
Bello, 1990 y 1991	38	<i>Ibidem</i>	mayo-septiembre	<i>Todarodes</i> , <i>Ancistroteuthis</i> , <i>Heteroteuthis</i> , teleósteos
Moreira, 1990	37	Portugal	septiembre-diciembre	<i>Micromesistius</i> , <i>Illex</i>
Gouveia, 1992	130	Islas Madeira	septiembre-mayo	<i>Scomber</i> , <i>Belone</i>
Guerra <i>et al.</i> , 1993	113	Islas Azores y Madeira; Galicia, NO España	agosto-septiembre	Ommastréfidos: <i>Sthenoteuthis</i> , <i>Todarodes</i> y <i>Ommastrephes</i>
Hernández-García (en prensa)	75	Atlántico este y central	marzo, septiembre	Ommastrephidae, Onychoteuthidae, Histioteuthidae, Thysanoteuthidae, <i>Micromesistius poutassou</i>

Los trabajos realizados sobre alimentación del pez espada en el océano Pacífico, relacionados en la tabla II, no han sido tan completos como los correspondientes al Atlántico y se encuentran como parte de estudios más amplios. Cabe destacar los trabajos de Yabe *et al.* (1959), los cuales reportan los contenidos estomacales de nueve larvas y veintiún juveniles de pez espada, y los de Mearns *et al.* (1981) y Mearns (1982), donde se proporcionan las razones cesio/potasio y el nivel trófico (3.97) del pez espada, situándolo como carnívoro secundario.

Sólo cuatro de estos trabajos registran cuantificaciones de la dieta del pez espada. De Silva (1962) observó 24 calamares gigantes *Dosidicus gigas* en los cinco estómagos con contenido que analizó. Mearns (1982) encontró que la anchoveta norteña *Engraulis mordax* y la merluza del Pacífico *Merluccius productus* participaban con más del 40% del índice de importancia relativa, cada una, en la dieta de quince peces espada, siendo más del 6% restante restos de peces. Seki (1993) calculó que nueve *Ommastrephes bartramii*, con el 40.9%; cinco *Sthenoteuthis oualaniensis*, con el 18.3%; siete *Thysanoteuthis rhombus*, con el 31.8%, y tres ommastréfidos no identificados, con el 13.6%, constituían los cefalópodos hallados en la dieta de 22 peces espada en términos de frecuencia de ocurrencia. González³ cuantificó con el mismo método la dieta de 55 peces espada: la merluza de cola *Macruronus magellanicus* y el charrito *Trachurus symmetricus murphyi*, el 60% cada uno; el calamar *Loligo gahi* y el calamar gigante *Dosidicus gigas*, juntos, el 15%; los restos de peces óseos, otro 15%, y el camarón nailon *Heterocarpus reedi*, el 10%.

³ González, A. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Casilla 1020, Valparaíso, Chile. Comunicación personal, diciembre 1994.

Tabla II. Relación de los trabajos que describen la dieta del pez espada en el océano Pacífico.

Referencia	Tipo de estudio	Tamaño de muestra	Área de estudio	Temporada	Presa
LaMonte y Marcy, 1941; La Monte (<i>in</i> Hubbs y Wisner, 1953)	Biología de peces de pico	—	Perú y Chile	—	calamar
Nakamura, 1949	Biología y pesquerías de túnidos y picudos	—	—	—	bacalao, <i>Sebastes</i> , mictófidis
Yabe <i>et al.</i> , 1959	Biología del pez espada	30	Pacífico oeste	—	Lepidotidae, otros peces, calamares, crustáceos
De Silva, 1962	Ecología de mareas rojas	7	Norte de Chile	abril-mayo	<i>Dosidicus gigas</i>
Wisner (<i>in</i> De Silva, 1962)	—	—	Sur de California	—	Peces de aguas profundas
Mearns <i>et al.</i> , 1981; Mearns, 1982	Razones Cs/K en ecosistemas marinos; Niveles tróficos en animales marinos	17	Islas del Canal, California	octubre-diciembre	<i>Engraulis mordax</i> , <i>Merluccius productus</i>
Seki, 1993	Relaciones tróficas de <i>Ommastrephes bartramii</i>	22	Norte de Hawai	marzo-mayo	<i>Ommastrephes</i> , <i>Thysanoteuthis</i> , <i>Sthenoteuthis</i>
González ⁴	Pesquería de pez espada en Chile	55	Chile	—	<i>Macruronus</i> , <i>Trachurus</i> , calamares

⁴ *Ibidem* p. 7

Ninguno de los trabajos mencionados aquí informa sobre los valores calóricos de las presas más abundantes y frecuentes del pez espada. Sin embargo, Abitia-Cárdenas (1992) en un estudio sobre el espectro trófico del marlín rayado *Tetrapturus audax* y marlín azul *Makaira mazara*, calculó los valores energéticos de aquellas especies presa de mayor índice de importancia relativa en la dieta de ambos depredadores, y encontró que no había diferencias significativas entre ellas.

Los objetivos del presente trabajo se definen a continuación:

- 1.- Caracterizar la dieta del pez espada, *Xiphias gladius*, en aguas de la costa occidental de Baja California.
- 2.- Inferir el comportamiento trófico del pez espada.
- 3.- Determinar las variaciones espaciales y estacionales en la dieta del pez espada.
- 4.- Determinar el valor energético de las presas más frecuentes y abundantes del pez espada.

El presente estudio se enmarca dentro del proyecto "Estudio biológico pesquero del pez espada (*Xiphias gladius*) y otras especies de picudos (marlines y pez vela)" dirigido por el Dr. Oscar Sosa Nishizaki⁵ en CICESE, y que además incluye estudios sobre madurez sexual, edad y crecimiento, genética poblacional y pesquería de la especie en la región.

⁵*Ibidem* p. 3

II MATERIALES Y MÉTODOS

En el transcurso de ocho viajes de pesca realizados durante el año 1992 y enero de 1993, se obtuvieron los estómagos de 173 peces espada capturados en la costa occidental de la península de Baja California (figura 1, tabla III) por barcos de la flota comercial ubicada en el puerto de El Sauzal, Ensenada, B. Calif. Los cuatro primeros cruceros se realizaron frente al sur de Baja California¹, mientras que los cuatro últimos transcurrieron en aguas al norte de Baja California. Se tomó esta división arbitrariamente para describir la dieta del pez espada a lo largo de la península. De cada individuo muestreado se midió la longitud ojo-furca, con una precisión de un cm, y fue sexado en el laboratorio.

Tabla III. Relación de los estómagos examinados correspondientes a los viajes de pesca de pez espada con redes agalleras realizados durante 1992 y (*) 1993 frente a la costa occidental de Baja California

Estación	Fecha	Estómagos			
		con contenido	vacíos	evertidos	totales
1	29 febrero - 21 marzo	23	2	3	28
2	5 - 22 abril	17	1	—	18
3	29 junio - 16 julio	22	—	—	22
4	28 julio - 7 agosto	22	4	—	26
5	17 - 27 octubre	32	1	—	33
6	10 - 13 noviembre	8	—	—	8
7	10 - 22 diciembre	24	1	1	26
8	(*) 14 - 20 enero	11	—	1	12
Total estómagos		159	9	5	173

¹ Se refiere en este estudio a la península de Baja California, y no a sus divisiones políticas, estados de Baja California y Baja California Sur.

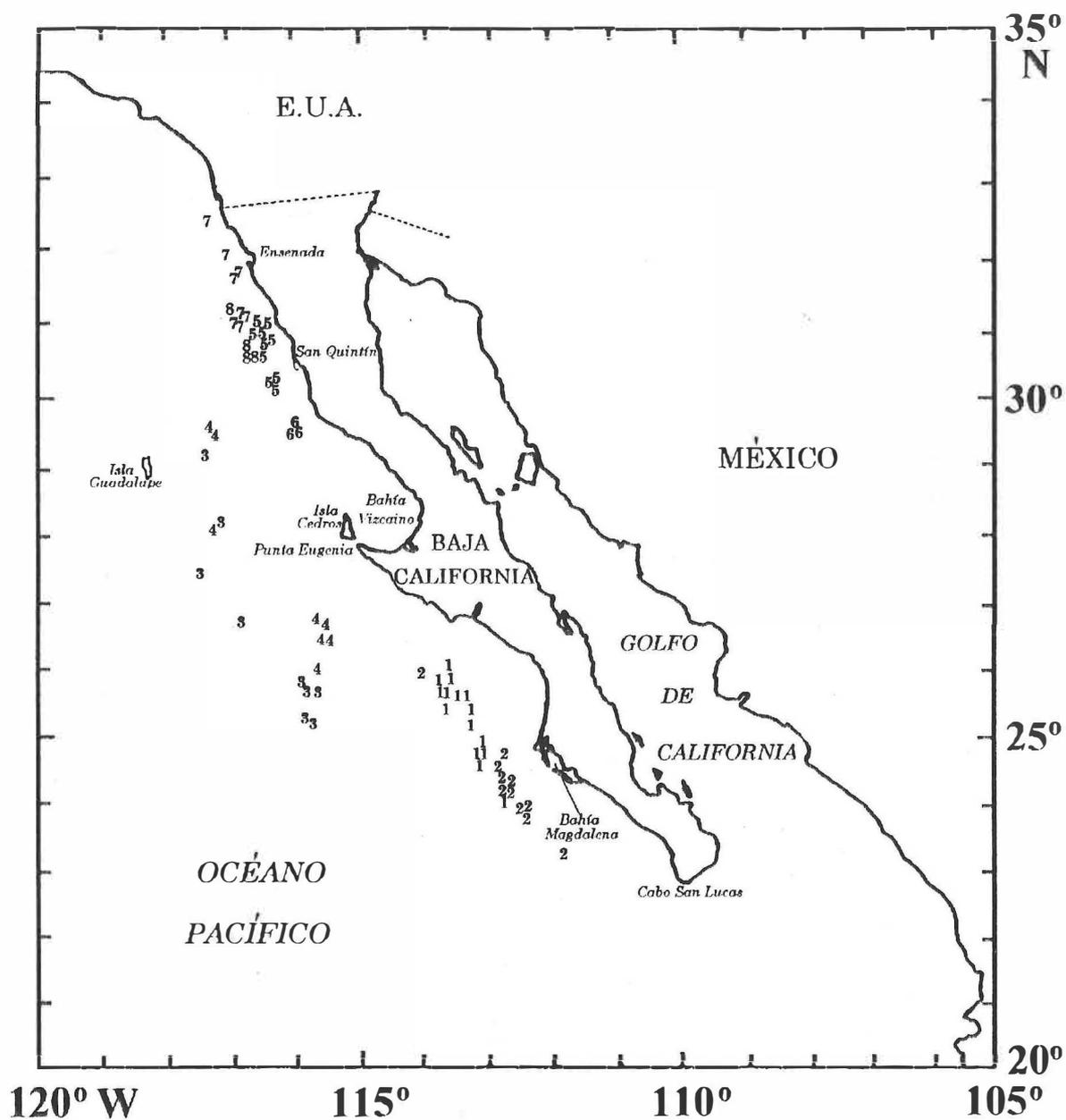


Figura 1. Área de muestreo y localización de los lances de los ocho viajes de pesca donde fueron capturados los peces espada analizados en este estudio.

Los estómagos colectados fueron preservados a bordo en una solución de formaldehído al 10%, neutralizado con borato de sodio a pH 7. Posteriormente, en el laboratorio, el contenido fue transferido a alcohol al 70% y fue pesado, medido, cuantificado y clasificado taxonómicamente.

Los cefalópodos encontrados en estómagos de depredadores pierden fácilmente las características taxonómicas utilizadas en su identificación (Hess y Toll, 1981; Toll y Hess, 1981); por ello, la determinación específica de los cefalópodos se llevó a cabo examinando sus picos que, siendo la estructura más resistente a la digestión, es a menudo la única que representa a los cefalópodos en el estómago del depredador. Dado que el aparato bucal de un cefalópodo está compuesto por un pico superior y uno inferior, el conteo máximo de cualquiera de los dos fue tomado como el número mínimo de individuos presente (Perrin *et al.*, 1973; Lowry *et al.*, 1990). La identificación de los picos de cefalópodos se llevo a cabo consultando los trabajos de Clarke (1962 y 1986a); Iverson y Pinkas (1971); Young (1972); Hess y Toll (1981), Wolff (1982 y 1984) y Fiscus (1991), así como los grabados realizados por el Dr. Hochberg² (no publicados).

Se visitó la colección de picos de cefalópodos a cargo del Dr. Hochberg³, con cuya ayuda se pudo proceder a una identificación definitiva. Al menos un par de picos de cada especie de cefalópodo identificada en este estudio fue depositada en dicho museo con el fin

² Hochberg, F. G. Department of Invertebrate Zoology, Santa Barbara Museum of Natural History, 2559 Puesta del Sol Road, Santa Barbara, CA 93105-2936, USA.

³ *Ibidem*, agosto 1994.

de contribuir a la colección existente. El Dr. Clarke⁴ contribuyó a la identificación de dos de las especies de calamares.

Se tomó la longitud rostral de los picos inferiores, LRI, (figura 2) con una precisión de 0.01 cm con un vernier. Se realizaron histogramas de frecuencia mostrando la distribución de las tallas de la longitud rostral inferior de las especies de cefalópodos más numerosas, con objeto de compararlas con las mismas especies obtenidas en distintas regiones o depredadores. Existe una relación alométrica entre la longitud rostral inferior y la longitud del manto o el peso del cefalópodo (Clarke, 1962) (ver regresiones para varias especies en Clarke (1986a)), por lo que estos histogramas dan una idea de la distribución de tallas de los cefalópodos depredados.

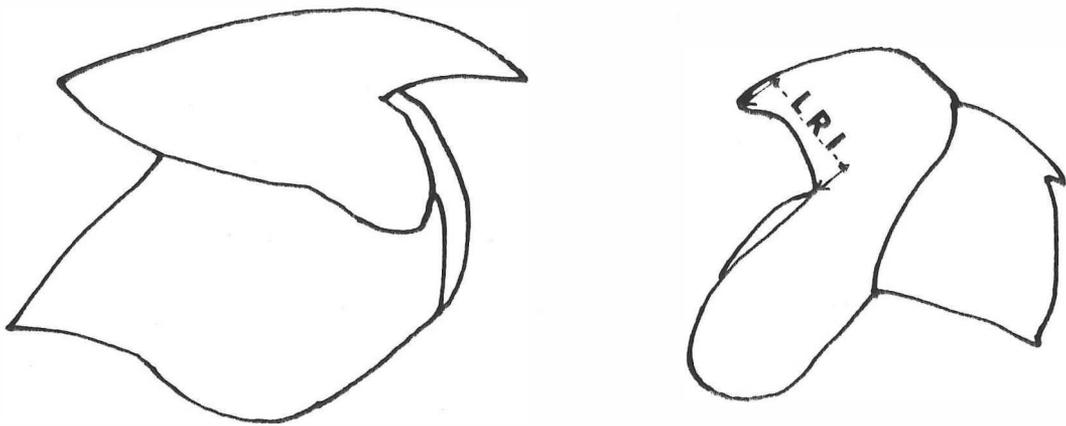


Figura 2. Picos superior (izquierda) e inferior (derecha) de un cefalópodo teutoideo mostrando la longitud rostral inferior (LRI). Tomado de Wolff (1984).

⁴ Clarke, M. R. 'Ancarva', Southdown, Millbrook, Torpoint, PL10 1ZX, Cornwall, U. K.

Se calculó la longitud del manto de las especies de cefalópodos más numerosas y se estableció una comparación con las tallas registradas para las mismas especies. De igual manera, las longitudes rostrales de las especies más numerosas se compararon con las registradas en el contenido estomacal de otros depredadores.

En el caso de los peces, la determinación específica se realizó con la ayuda de las claves de Clothier (1950) y Miller y Jorgenson (1973) para los restos óseos y la de Miller y Lea (1972) para los ejemplares mejor conservados, así como de otras claves específicas de cada familia de peces hallados, las cuales se mencionan en el apartado correspondiente. El Dr. Rosenblatt, Klepadlo y Walker⁵, el Dr. Ambrose⁶, y el M. en C. Galván-Magaña⁷ ayudaron en la determinación definitiva de la ictiofauna mesopelágica. El examen de piezas óseas de las especies así identificadas contribuyeron a la determinación de los restos óseos hallados en otros estómagos por comparación con aquellas.

Para la cuantificación del contenido estomacal se emplearon los métodos de frecuencia de ocurrencia, numérico, y volumétrico o gravimétrico. A partir de ellos se calcularon los siguientes índices porcentuales:

Frecuencia de ocurrencia (% F). El porcentaje de peces espada que se alimenta de una determinada presa.

⁵ Rosenblatt, R. H., C. Klepadlo y H. J. Walker, Jr. Scripps Marine Vertebrates Collection, Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, CA 92037, USA.

⁶ Ambrose, D. A. Larval Fish Lab., Southwest Fish. Sci. Cent., Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA, P.O. Box 271, La Jolla, CA 92093, USA.

⁷ Galván-Magaña, F. Centro Interdisciplinario de Ciencia Marinas (CICIMAR), IPN, A. P. 592, La Paz, B. C. S., México.

Peso o volumen. (% G). El porcentaje en peso o volumen de una determinada presa con respecto al total de presas. Se optó por medir sólo el peso por ser el método más rápido y preciso, aunque se utilizó la conversión 1 ml = 1 g cuando fue necesario (Stillwell y Kohler, 1985). Se utilizó una balanza granataria de 2610 g de capacidad con una precisión de décimas de gramo.

Número (% N). El porcentaje del número de individuos de una determinada presa respecto al total de individuos presa.

Índice de importancia relativa (I.I.R.). Se calcula a partir de los tres métodos anteriores (Pinkas *et al.*, 1971):

$$I.I.R. = (\%N + \%V)(\%F)$$

Se utilizaron además las gráficas de los índices porcentuales propuestas por los anteriores autores para ilustrar la composición de la dieta de cada crucero. Sólo aquellas especies presa o grupos de especies presa que comprendieron más del 1% del I.I.R. total fueron graficadas.

Volumen modificado (V. M.). Bigg y Perez (1985) describen un índice de volumen modificado para cuantificar la dieta de depredadores que se alimentan de peces y cefalópodos. Primero se calcula la proporción total de peces y cefalópodos en la dieta utilizando los valores de frecuencia de ocurrencia sin trazas (ocurrencias de al menos 10 ml). Luego se calcula el porcentaje del volumen de cada especie de presa únicamente dentro de los peces o cefalópodos. Estos porcentajes se ajustan para sumar la proporción total de peces y cefalópodos en la dieta. Por último, todos los valores se reajustan al 100% total.

Se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (r_s) (Fritz, 1974) para calcular la correlación existente entre el orden de importancia asignado a las especies presa por el índice de importancia relativa y el asignado por el método de volumen modificado, en cada crucero. Con objeto de evitar que las especies presa poco importantes alterasen la correlación, sólo se utilizaron en esta comparación aquellas especies que obtuvieron valores mayores al 1% en cualquiera de los dos métodos.

Se utilizó el análisis de tablas de contingencia (Crow, 1982) para probar diferencias en la composición de la dieta entre los distintos cruceros. Se trabajó con el número de individuos de cada especie de presa por ser la única medida válida estadísticamente. Las especies de peces presa poco numerosas se agruparon en grupos mayores de equivalentes ecológicos (epipelágicas o mesopelágicas) para lograr que en cada análisis el número de frecuencias esperadas fuera suficiente. Las especies de presas o grupos de presas se colocaron en los renglones y los cruceros en las columnas. Si se obtenía alguna diferencia significativa, las variables (presas o cruceros) con valores más extremos, se extraían para volver a probar diferencias con las restantes variables.

El estadístico G (Sokal y Rohlf, 1969) se usó para probar si existieron diferencias en la dieta de los peces espada capturados en viajes de pesca distintos:

$$G = 2 \sum_{ij} X_{ij} \ln(X_{ij} / ((X_i)(X_j) / N))$$

donde X_{ij} es el número de presas de la categoría i hallados en los depredadores del crucero j , X_i es el número de presas de la categoría i , X_j es el número de depredadores del crucero j y

N es el número total de presas halladas en todos los depredadores. Este estadístico está distribuido como una variable aleatoria de chi-cuadrada de $(R-1)(C-1)$ grados de libertad.

En principio el muestreo fue diseñado para coleccionar entre veinte y veinticinco estómagos de pez espada por crucero. Aunque en algunos cruceros se superaron esas cifras, por razones ajenas al muestreo, en los cruceros sexto y octavo no se logró coleccionar el número de estómagos establecido. Posteriormente, se utilizó el método gráfico propuesto por Hoffman (1979) para estimar el tamaño mínimo de muestra. El índice de diversidad de Bernoulli, H_k , se grafica contra el número de estómagos acumulados, k :

$$H_k = (1/N_k) \log (N_k! / \prod N_{ki}!)$$

donde H_k es la diversidad en los k estómagos acumulados, N_k es el número de individuos en esos estómagos y N_{ki} es el número de individuos de la especie i en los k estómagos acumulados. El punto k donde la diversidad H_k se estabiliza se considera como el número mínimo de estómagos necesarios para describir la dieta del depredador.

Para cada pez espada se calculó un índice de peso de llenado como la relación entre el peso del contenido estomacal (g) y el peso corporal total (g), multiplicado por 10,000 (Castro y Guerra, 1990). Este índice elimina el efecto de la talla del depredador al calcular el peso de su contenido estomacal. Se utilizó el ajuste al modelo alométrico de crecimiento, peso-longitud del pez espada, de Castro-Longoria⁸ para obtener el peso corporal a partir de

⁸ Castro-Longoria, R. CICTUS, Rosales y Niños Héroes s/n, Hermosillo, 83000 Son., México. Comunicación personal, agosto 1994.

la longitud ojo-furca. Se realizó un análisis de varianza para probar diferencias en el índice de llenado entre los distintos cruceros, después de haber probado normalidad en la distribución de los valores de este índice con la prueba Kolmogorov-Smirnov y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene.

Los estómagos vacíos no se tomaron en cuenta al cuantificar la dieta del pez espada. Sin embargo, sí se incluyeron tanto en el cálculo del tamaño mínimo de muestra como en el del índice de peso de llenado.

Se utilizó el índice de porcentaje de similitud de Bray y Curtis (Ludwig y Reynolds, 1988) para calcular la similitud en las dietas de los peces espada capturados en el mismo lance:

$$PS = \left(\frac{2W}{A + B} \right) \times 100$$

donde W es el número especies de presas que comparten dos peces espada, y A y B son los números de especies de presas que ingirió cada uno de ellos. Este índice toma un valor de 100 cuando ambos peces espada se alimentaron de las mismas especies de presas, y de 0 cuando no compartieron ninguna especie de presa en común. El índice se calculó para todos los posibles pares de peces espada capturados en el mismo lance.

Se realizó la determinación calorimétrica de las especies de peces presa de mayor índice de importancia relativa en un calorímetro Parr 1425 semimicro de bomba de oxígeno. Se utilizaron individuos frescos cuando fue posible y material del contenido estomacal en el caso de especies que no pudieron ser obtenidas frescas. Los valores del contenido calórico de los cefalópodos se extrajeron de Abitia-Cárdenas (1992), Childress y Nygaard (1973),

Clarke *et al.* (1985), Croxall y Prince (1982) y Perez (1994). Los resultados se expresaron en calorías por gramo de peso fresco, por gramo de peso seco y por gramo de peso seco libre de cenizas y fueron comparados estadísticamente utilizando una prueba de análisis de varianza paramétrico con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre ellos.

III RESULTADOS

La longitud ojo-furca de los peces espada analizados varió entre 90 y 233 cm (excepto un ejemplar de 76.5 cm y cinco ejemplares que no se midieron) y no se encontraron diferencias significativas en la distribución de tallas entre cruceros ($F=0.317$, g. l.=7, 162, $p=0.94$). 139 ejemplares eran hembras, 32 machos, y dos no se analizaron, y no hubo diferencias significativas en la proporción de hembras entre cruceros ($\chi^2=1.69$, g. l.=7, $p<0.97$).

Fueron identificados un total de 1,103 cefalópodos pertenecientes a 17 géneros y 19 especies. Los géneros *Onychoteuthis*, *Mastigoteuthis* y *Argonauta* comprenderían dos especies cada uno. Quedaron sin identificar un ommastréfido, dos teutoideos y un octópodo desconocidos (tabla IV).

Con respecto a los teleósteos, fueron identificados 772 organismos, pertenecientes a 18 géneros y 16 especies. Una especie fue identificada como *Bathylagus* sp., otra como *Auxis* sp., como perteneciente a la familia Scopelarchidae, otra al suborden Stromateoidei y una última quedó asignada a la Especie A. 42 individuos (6.2 % del total de teleósteos) no pudieron ser identificados. Un individuo perteneciente al orden Rajiformes constituye el único elasmobranquio registrado en el presente estudio (tabla IV).

Tabla IV. Relación de las especies o taxones de presas (* nuevo registro) identificados en los estómagos de pez espada capturados en la costa occidental de Baja California.

CEPHALOPODA

TEUTHOIDEA

Ommastrephidae

Sthenoteuthis oualaniensis

Dosidicus gigas

Gonatidae

*Gonatus berryi**

*Gonatus californiensis**

*Gonatopsis borealis**

Thysanoteuthidae

Thysanoteuthis rhombus

Ancistrocheiridae

Ancistrocheirus lesueurii

Onychoteuthidae

Onychoteuthis banksii

Onychoteuthis spp.

Histioteuthidae

Histioteuthis dofleini

*Histioteuthis heteropsis**

Mastigoteuthidae

*Mastigoteuthis dentata**

Mastigoteuthis spp.

Grimalditeuthidae

Grimalditeuthis bonplandi

Octopoteuthidae

*Octopoteuthis deletron**

Pholidoteuthidae

*Pholidoteuthis boschmai**

OCTOPODA

Argonautidae

Argonauta argo?

Argonauta spp.

Bolitaenidae

*Japetella diaphana**

Alloposidae

Haliphron atlanticus

Octopodidae

*Octopus rubescens**

VAMPYROMORPHA

Vampyroteuthidae

*Vampyroteuthis infernalis**

TELEOSTEI

CLUPEIFORMES

Engraulidae:

Engraulis mordax

Clupeidae:

*Sardinops sagax caeruleus**

*Etrumeus teres**

OSMERIFORMES

Microstomatidae:

*Microstoma microstoma**

Bathylagidae:

Bathylagus sp.*

STOMIIFORMES

Photichthyidae:

*Vinciguerria lucetia**

Stomiidae:

*Idiacanthus antrostomus**

AULOPIIFORMES

Scopelarchidae*

Synodontidae:

*Synodus lucioceps**

Paralepididae:

Paralepis atlanticus

Alepisauridae:

Alepisaurus ferox

LAMPRIDIFORMES

Trachipteridae:

*Trachipterus altivelis**

GADIFORMES

Merlucciidae:

Merluccius productus

BELONIFORMES

Belonidae:

*Strongylura exilis**

Scomberesocidae:

*Cololabis saira**

PERCIFORMES

Carangidae:

*Trachurus symmetricus**

Trichiuridae:

*Lepidopus fitchi**

Scombridae:

*Scomber japonicus**

Auxis sp.

Stromateoidei

ELASMOBRANCHII

RAJIFORMES*

Restos de la langostilla pelágica *Pleuoncodes planipes* aparecieron en 31 estómagos, siempre asociados a la merluza del Pacífico *Merluccius productus* y al traquiptérico *Trachipterus altivelis*, por lo que no se considera parte de la dieta del pez espada. De igual manera, tres especies de eufasiáceos, *Nematoscelis difficilis*, *Nyctiphanes simplex* y *Euphausia eximia* (Lavaniegos-Espejo¹) aparecieron asociados mayoritariamente al paralepídido *Paralepis atlanticus*, por lo que tampoco se incluye entre las presas del pez espada.

En un estómago aparecieron restos de una fanerógama marina (probablemente *Phylospadix*) y, en otro, varios lentes oculares de calamar se encontraban embebidos en alquitrán. Entre los parásitos cabe destacar los nemátodos, y sus quistes en las paredes de los estómagos y, en menor medida, los tremátodos.

La composición de la dieta agrupando los cruceros de los cuatro primeros y cuatro últimos cruceros se muestra en las tablas V y VI. La composición de la dieta por crucero se detalla en el apéndice A, en forma de métodos numérico, gravimétrico, frecuencia de ocurrencia, índice de importancia relativa y volumen modificado. Las gráficas de los índices porcentuales para cada crucero se ilustran en las figuras 3 y 4.

En los primeros cuatro cruceros, frente al sur de la costa de Baja California, los cefalópodos dominaron en la composición de la dieta, con el 85% en número, 90% en volumen y 96% en frecuencia de ocurrencia. El ommastréfido *Sthenoteuthis oualaniensis* resultó ser la especie más consumida mientras que otro ommastréfido, el calamar gigante

¹ Lavaniegos-Espejo, B. Centro de Investigaciones Biológicas de B.C.S., A. P. 128, La Paz, B.C.S., México. Comunicación personal, febrero 1995.

Tabla V. Especies de presas, por número, peso y frecuencia de ocurrencia, hallados en 84 estómagos de pez espada capturados en la costa sur de Baja California occidental, durante los cuatro primeros cruceros.

Taxon	Número	%	Peso (g)	%	Frecuencia	%
TELEOSTEI						
<i>Merluccius productus</i> (merluza)	81	9.03	1,658.4	5.51	37	44.04
Stromateoidei	17	1.89	285.2	0.94	11	13.09
<i>Scomber japonicus</i> (macarela)	4	0.44	259.2	0.86	3	3.57
<i>Trachipterus altivelis</i> (rey de los salmones)	4	0.33	169.1	0.56	4	4.76
<i>Alepisaurus ferox</i>	2	0.22	128.9	0.42	2	2.38
<i>Lepidopus fitchi</i>	2	0.22	50.9	0.16	2	2.38
<i>Engraulis mordax</i> (anchoveta nortefía)	5	0.55	5.0	0.01	1	1.19
<i>Synodus lucioceps</i>	2	0.22	320.0	1.06	1	1.19
<i>Paralepis atlanticus</i>	1	0.11	21.0	0.06	1	1.19
<i>Auxis</i> sp. (melva)	1	0.11	18.5	0.06	1	1.19
<i>Trachurus symmetricus</i> (charrito)	1	0.11	13.8	0.04	1	1.19
Scopelarchidae	1	0.11	0.7	<0.01	1	1.19
<i>Microstoma microstoma</i>	1	0.11	0.1	<0.01	1	1.19
Sin identificar	14	1.56	103.4	0.34	8	9.52
CEPHALOPODA						
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	396	44.14	11,982.7	39.84	59	70.23
<i>Dosidicus gigas</i> (calamar gigante))	137	15.27	1,977.9	6.57	44	52.38
Ommastréfido no identificado	5	0.55	0.8	<0.01	5	5.95
<i>Gonatus berryi</i>	67	7.46	11.7	0.03	34	40.47
<i>Gonatus californiensis</i>	42	4.68	568.4	1.89	24	28.57
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	18	2.00	3.5	0.01	14	16.66
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	22	2.45	452.8	1.50	14	16.66
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	7	0.78	0.3	<0.01	2	2.38
<i>Mastigoteuthis</i> spp.	2	0.22	0.2	<0.01	2	2.38
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	6	0.66	0.7	<0.01	2	2.38
<i>Histioteuthis dofleini</i>	1	0.11	0.2	<0.01	1	1.19
<i>Grimalditeuthis bonplandi</i>	2	0.22	0.6	<0.01	2	2.38
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	1	0.11	0.2	<0.01	1	1.19
Teutoideo no identificado	4	0.44	0.4	<0.01	3	3.57
<i>Argonauta</i> spp.	43	4.79	49.2	0.16	12	14.28
<i>Haliphron atlanticus</i>	3	0.33	0.2	<0.01	2	2.38
<i>Octopus rubescens</i>	3	0.22	0.1	<0.01	2	2.38
Octópodo no identificado	1	0.11	0.1	<0.01	1	1.19
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	1	0.11	1	<0.01	1	1.19
Restos	—	—	11,920.9	39.64	40	47.61
Materia orgánica no identificada	—	—	64.9	0.21	2	2.38
TOTAL	897		30,071.0		84	

Tabla VI. Especies de presas, por número, peso y frecuencia de ocurrencia, hallados en 75 estómagos de pez espada capturados en la costa norte de Baja California occidental, durante los cuatro últimos cruceros.

Taxon	Número	%	Peso (g)	%	Frecuencia	%
TELEOSTEI						
<i>Merluccius productus</i> (merluza)	103	11.18	7,378.7	14.89	37	49.33
<i>Paralepis atlanticus</i>	109	11.83	1,643.1	3.31	27	36.00
Scopelarchidae	91	9.88	736.4	1.48	25	33.33
<i>Trachipterus altivelis</i> (rey de los salmones)	33	3.58	21,458.1	43.31	21	28.00
<i>Sardinops sagax</i> (sardina monterrey)	55	5.97	2,125.7	4.29	7	9.33
<i>Trachurus symmetricus</i> (charrito)	24	2.60	991.6	2.00	7	9.33
Especie A	23	2.49	99.4	0.20	7	9.33
<i>Auxis</i> sp. (melva)	12	1.30	1,552.9	3.13	7	9.33
<i>Strongylura exilis</i>	8	0.86	216.5	0.43	7	9.33
<i>Microstoma microstoma</i>	38	4.12	156.3	0.31	6	8.00
<i>Scomber japonicus</i> (macarela)	4	0.43	181.8	0.36	3	4.00
<i>Lepidopus fitchi</i>	17	1.84	4,298.1	8.67	2	2.66
<i>Vinciguerria lucetia</i>	13	1.41	3.1	<0.01	2	2.66
<i>Engraulis mordax</i> (anchoveta norteña)	6	0.65	3.8	<0.01	2	2.66
<i>Etrumeus teres</i> (sardina japonesa)	2	0.21	156.2	0.31	2	2.66
<i>Bathylagus</i> sp.	3	0.32	16.5	0.03	2	2.66
<i>Alepisaurus ferox</i>	1	0.10	73.6	0.14	1	1.33
<i>Cololabis saira</i>	1	0.10	61.2	0.12	1	1.33
<i>Idiacanthus antrostomus</i>	1	0.10	12.0	0.02	1	1.33
Stromateoidei	1	0.10	0.5	<0.01	1	1.33
Sin identificar	28	3.04	35.0	0.07	15	20.00
ELASMOBRANCHII						
Rajiformes	1	0.10	128.5	0.25	1	1.33
CEPHALOPODA						
Materia orgánica no identificada	—	—	406.9	0.82	12	16.00
TOTAL	921		49,540.2		75	

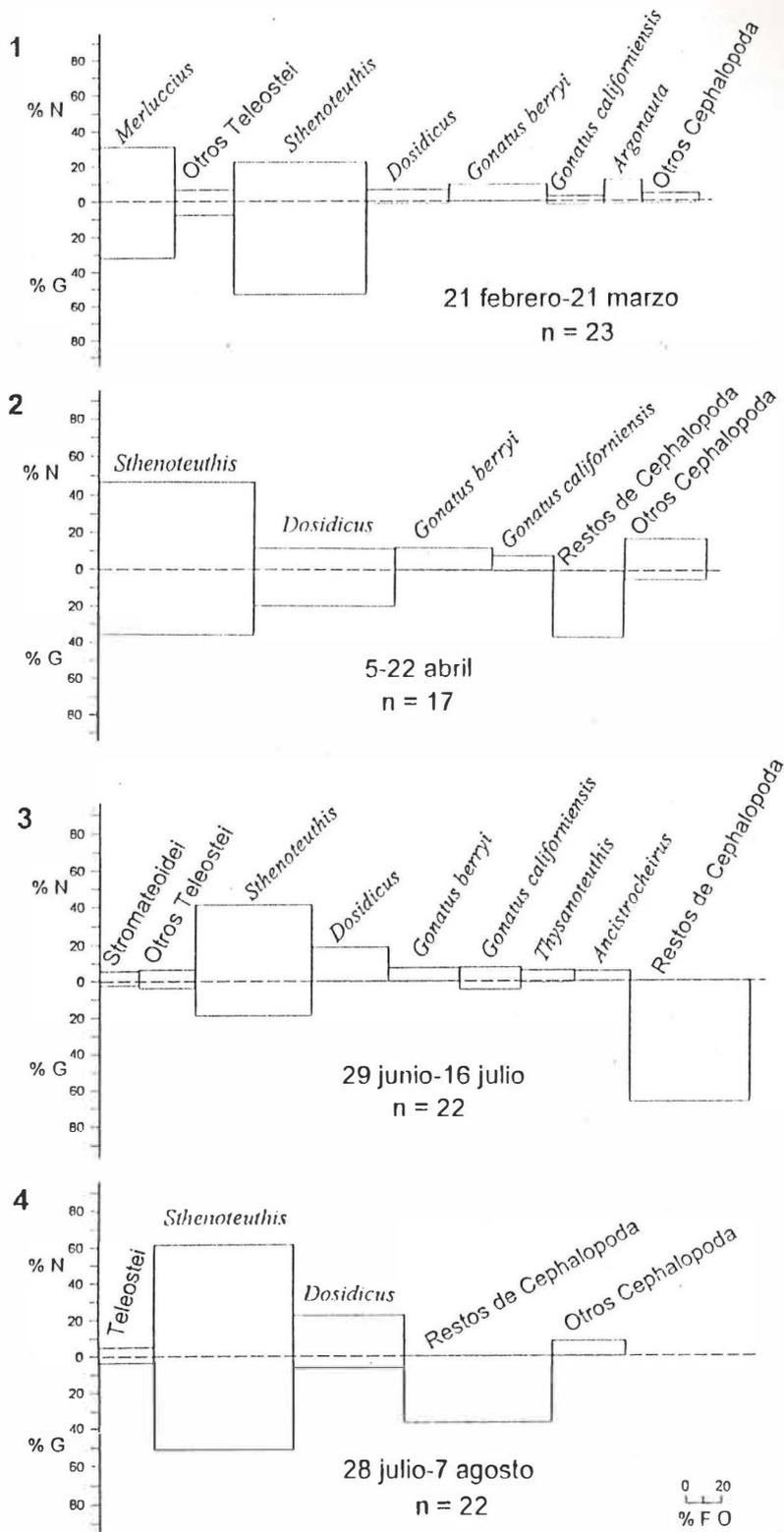


Figura 3. Composición porcentual por número (% N), peso (% G) y frecuencia de ocurrencia (% F O) de la dieta del pez espada capturado durante los cuatro primeros cruces.

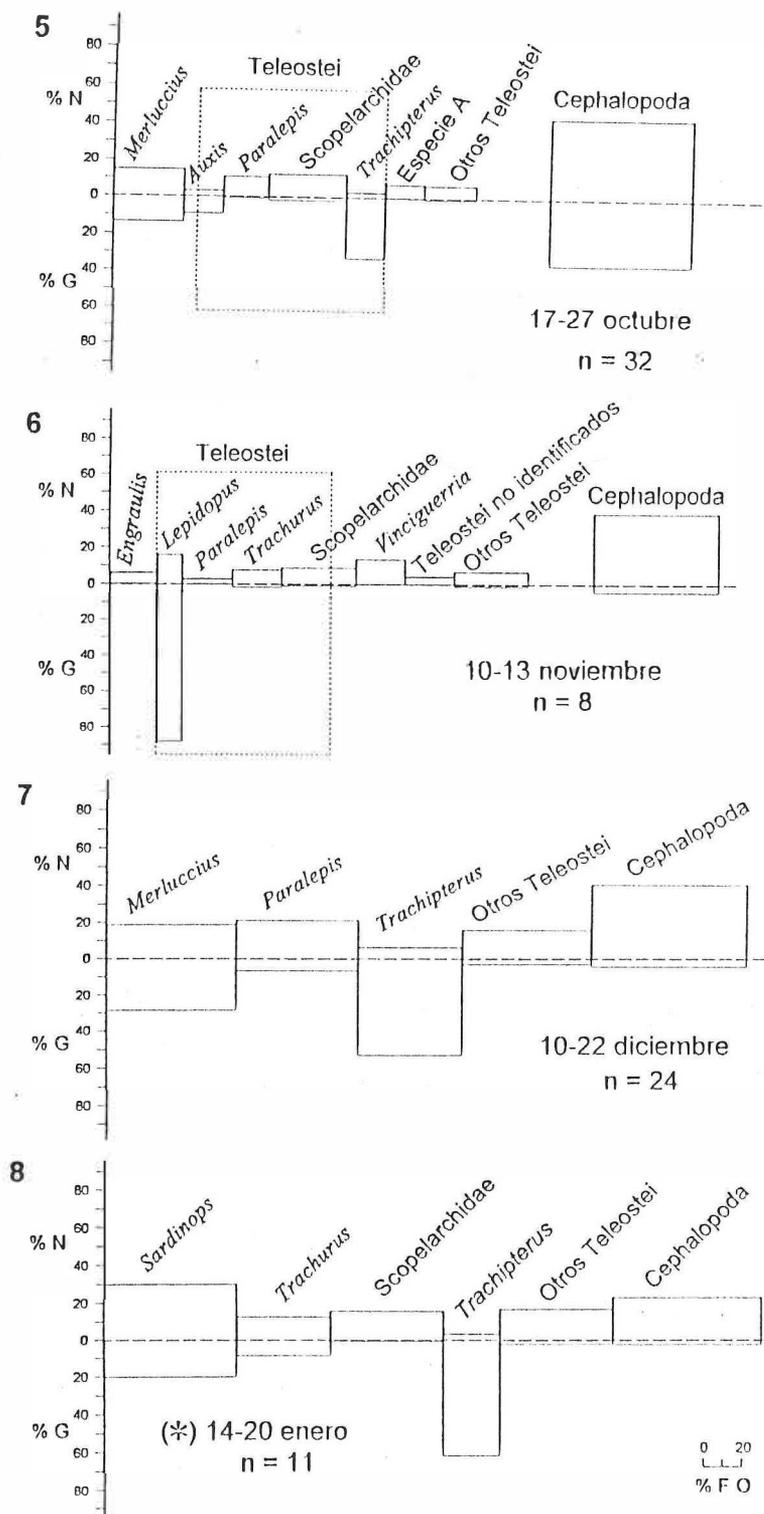


Figura 4. Composición porcentual por número (% N), peso (% G) y frecuencia de ocurrencia (% F O) de la dieta del pez espada capturado durante los cuatro últimos cruceros.

Dosidicus gigas, y el gonátido *Gonatus berryi* le siguieron en importancia. El género *Argonauta* fue el único octópodo importante. Los citados cefalópodos, junto a *Thysanoteuthis rhombus*, fueron, además, los únicos que aparecieron en todos los cruceros. *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* aparecieron sólo, y tuvieron cierta importancia, en los primeros cuatro cruceros.

Los restos de cefalópodos estuvieron constituidos en su mayor parte por mantos de calamares carentes de cualquier característica que permitiera su identificación. La merluza del Pacífico *Merluccius productus* fue el único pez importante en el primer crucero. En los otros tres cruceros la importancia de los peces fue mínima.

En los últimos cuatro cruceros, frente al norte de Baja California, los peces dominaron en la composición de la dieta con 62% en número, 84% en peso y 65% en frecuencia de ocurrencia. Entre las especies más importantes, la merluza del Pacífico sólo apareció en el quinto y séptimo crucero, y la sardina del Pacífico, *Sardinops sagax*, sólo lo hizo en el octavo. *Paralepis atlanticus*, en el sexto crucero, y *Trachipterus altivelis*, en los otros tres, deben su importancia en la dieta al mayor tamaño frente a las otras presas.

Entre los cefalópodos más importantes se observó básicamente la misma composición que en los primeros cuatro cruceros, pero con la ausencia de *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* y la aparición de las especies *Gonatopsis borealis* y *Onychoteuthis* sp. No fue posible cuantificar la composición de las especies de cefalópodos por separado en los últimos cuatro cruceros debido a la falta de registros.

El índice de importancia relativa asignó un 73% de importancia a los cefalópodos y un 27% a peces en los primeros cuatro cruceros; mientras que, según el método de volumen modificado, los cefalópodos constituyeron el 81% y los peces el 19%. En los últimos cuatro cruceros, el I.I.R. asignó un 54% a los peces y un 46% a cefalópodos; mientras que el volumen modificado lo hizo con un 70% a peces y un 30% a cefalópodos. La mayor importancia asignada por el I.I.R. a los cefalópodos durante los últimos cruceros se debe al hecho de que este método presenta un efecto multiplicativo no deseado que hace que el I.I.R. de todos los cefalópodos resulte mayor que aquel que se hubiese obtenido sumando los I.I.R.s parciales, si la importancia de cada especie de cefalópodo se hubiese cuantificado por separado. La correlación entre los rangos de importancia de las presas asignados por el índice de importancia relativa y el volumen modificado (apéndice B) es alta y significativa ($r_s > 0.8$, $p < 0.05$) sólo en el quinto y sexto crucero.

Del análisis de tablas de contingencia se deriva que hubo diferencias altamente significativas en número al agrupar las presas en merluza del Pacífico, peces pelágicos, peces mesopelágicos y cefalópodos y compararlas entre todos los cruceros ($G=1,682$, g.l.=21, $p < 0.01$), y entre los cruceros más similares, segundo y quinto, ($G=15.23$, g.l.=3, $p < 0.01$). De forma más general, la diferencia en la proporción entre peces y cefalópodos también fue altamente significativa entre todos los cruceros ($G=616$, g.l.=7, $p < 0.01$) y hasta entre los dos más similares, segundo y sexto, ($G=21.64$, g.l.=1, $p < 0.01$). No se encontraron diferencias significativas en la proporción de los ommastréfidos *Sthenoteuthis oualaniensis* y *Dosidicus gigas* entre los cuatro primeros cruceros ($G=4.54$, g.l.=3, $p > 0.05$).

Las figuras 5 y 6 muestran los histogramas de frecuencia de la longitud rostral inferior de los cefalópodos más numerosos. Se pudo hacer un seguimiento de la variación en la distribución de tallas del cefalópodo más abundante, *Sthenoteuthis oualaniensis*, durante los cuatro primeros cruceros (figura 7). Se distinguirían dos grupos de talla en el primer crucero (modas en 20-24 cm y 32-26 cm); hacia el tercer crucero el grupo mayor habría desaparecido. En el tercer crucero la moda se sitúa en los 24 cm y en el cuarto crucero en los 28 cm, implicando un crecimiento de 4 cm de LM en un mes. Sin embargo, no se puede apreciar si estas dos últimas modas corresponden al grupo de talla menor observado en el primer crucero o pertenecen a nuevos reclutamientos.

La tabla VII muestra las longitudes de manto de los cefalópodos más numerosos calculadas a partir de la longitud rostral inferior de sus picos, así como las tallas máximas registradas para las mismas especies y las longitudes rostrales inferiores (o longitudes de manto) registradas en el contenido estomacal de otros depredadores, para establecer una comparación.

Los calamares cuyas mediciones de pico no figuran en la tabla VII son los siguientes: Mastigoteuthidae, LRI de 2.3, 2.7, y 3.4 (dos) mm; *Grimalditeuthis bonplandi*, 1.3, 1.4 y 2.5 mm; *Pholidoteuthis boschmai*, 3.3 mm; y *Octopoteuthis deletron*, 6.1 mm. Las tallas de las especies de peces presa que se pudieron medir figuran en la tabla VIII.

Los picos de octópodos y vampiromorfos no se midieron por no tener un rostro bien definido (Clarke, 1986a). Setenta y cinco de los picos se cree que pudieran ser *Argonauta argo*, ocho pertenecerían a otra especie de *Argonauta* y uno, a una tercera; cuatro de *Japetella diaphana* (todos en los últimos cuatro cruceros); cinco de *Haliphron atlanticus*

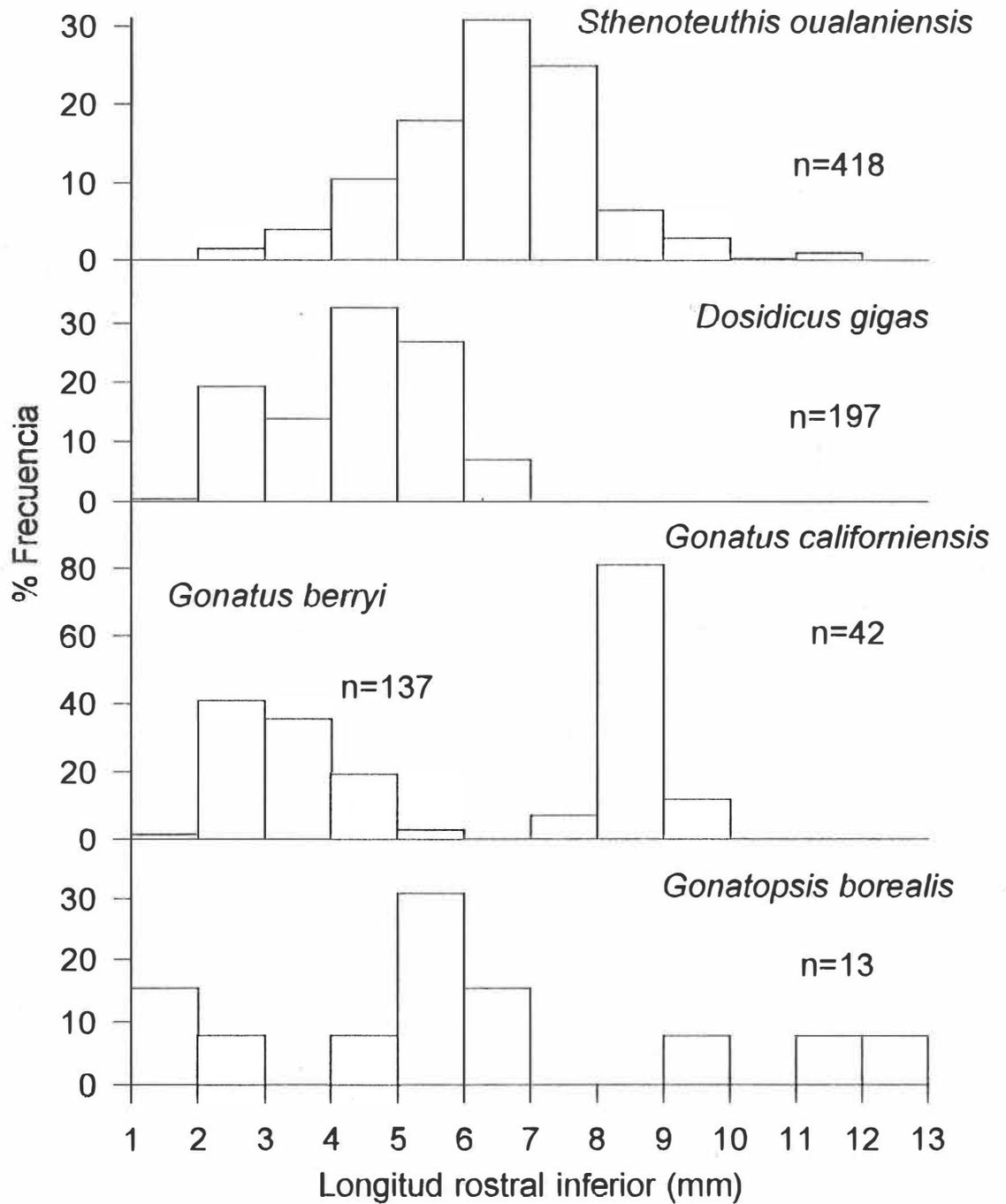


Figura 5 Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores de *Sthenoteuthis oualaniensis*, *Dosidicus gigas*, *Gonatus berryi*, *G. californiensis* y *Gonatopsis borealis*.

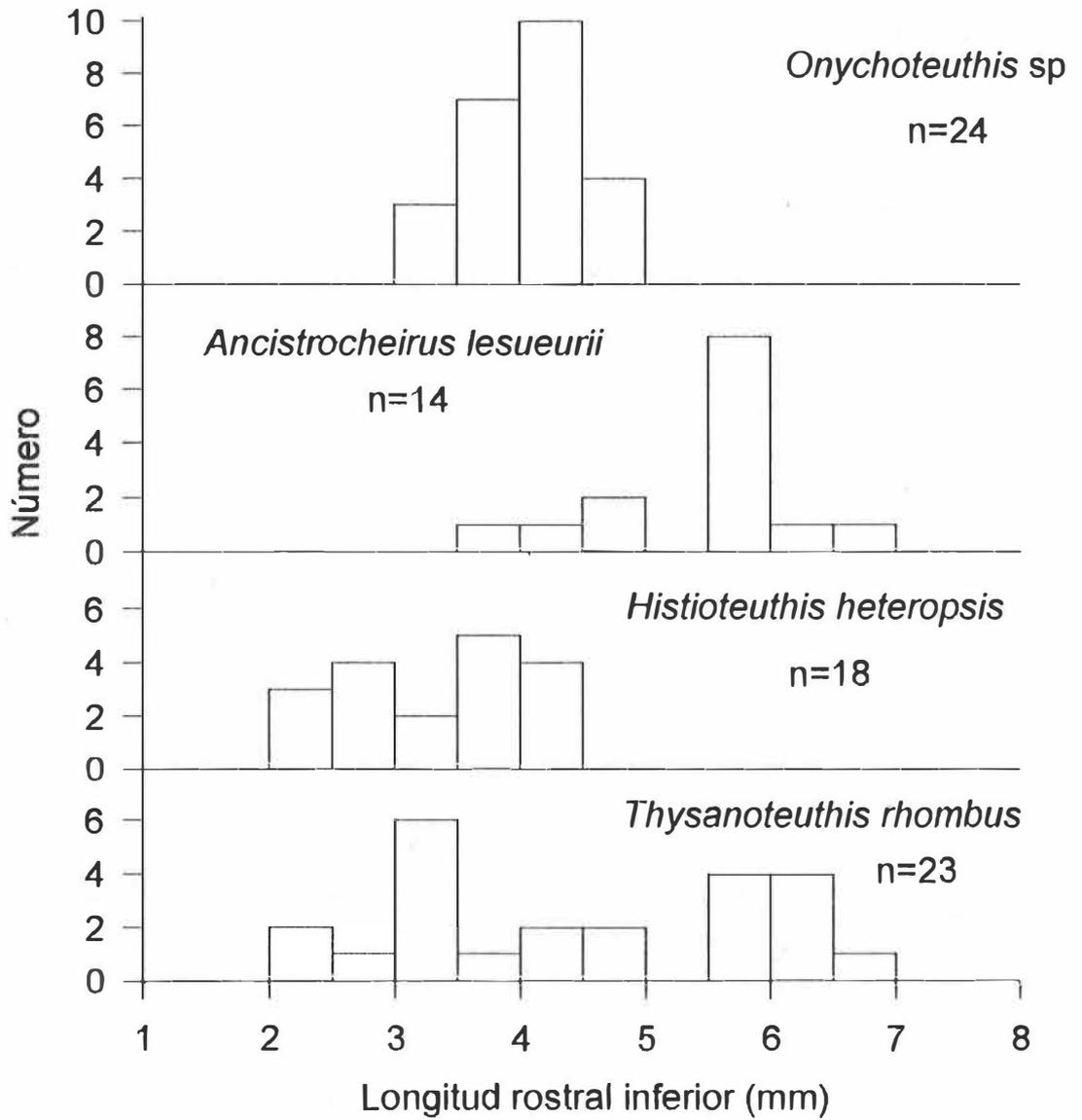


Figura 6. Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores de *Onychoteuthis* sp., *Ancistrocheirus lesueurii*, *Histioteuthis heteropsis* y *Thysanoteuthis rhombus*.

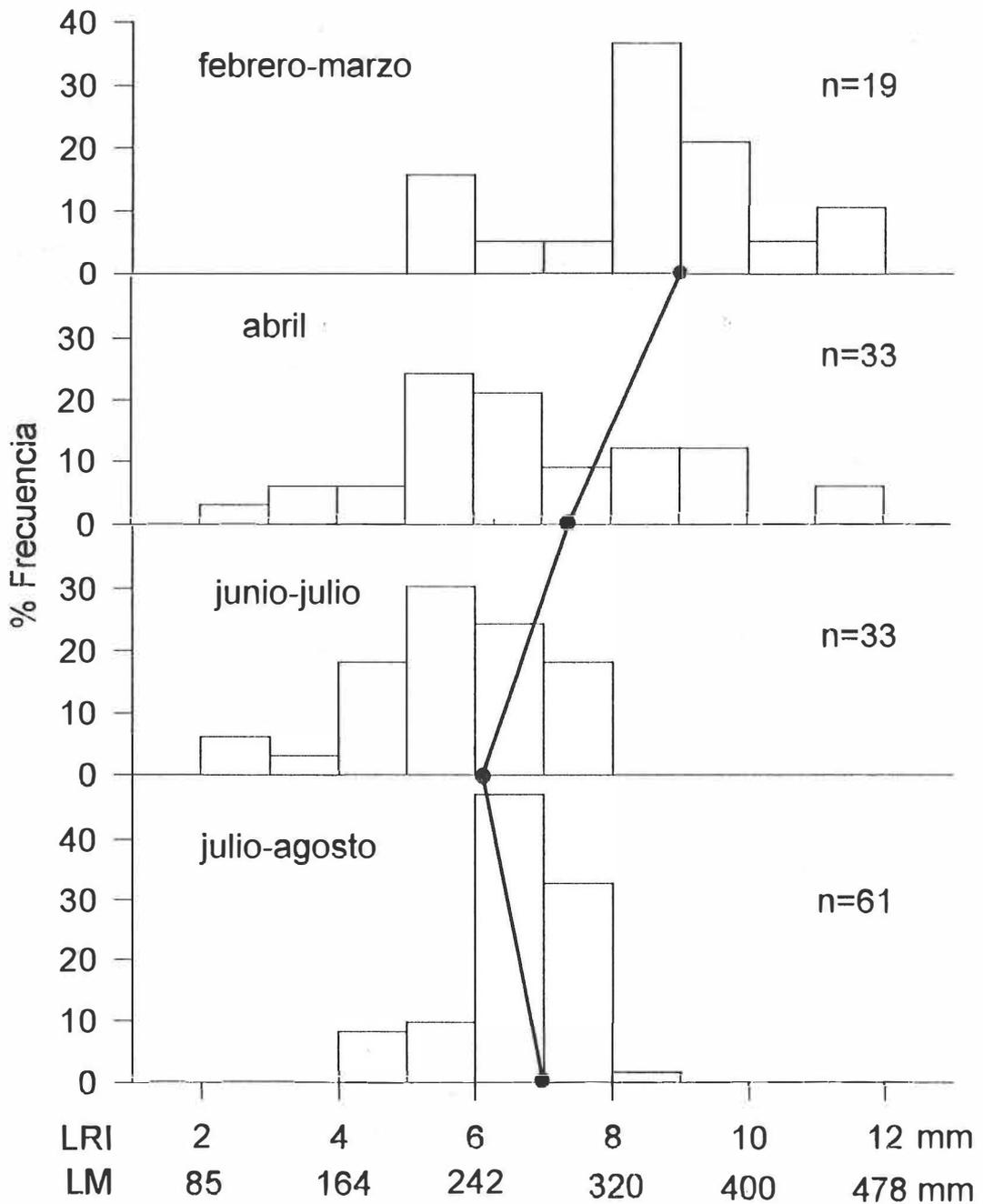


Figura 7. Histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores (LRI), y sus correspondientes longitudes de manto (LM), de *Sthenoteuthis oualaniensis* durante los primeros cuatro cruceros. La línea une las medias de cada histograma.

Tabla VII. Longitud de manto estimada (LM_E) (según regresiones en ¹ Wolff (1984) y ² Clarke (1986a); * regresiones no disponibles) de los cefalópodos analizados en el contenido estomacal del pez espada, longitud de manto máxima registrada de las mismas especies (LM_M), y longitudes rostrales inferiores (LRI) y longitudes de manto (LM) registradas en otros depredadores. (LRI_R): Longitudes rostrales registradas en este estudio, de especies no incluidas en los histogramas de frecuencia.

Especie	LM_E (cm)	LM_M (cm) [Fuente]	LRI (mm) depredador [Fuente]
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i> ¹	20-32	39 [19] 10-20 [21] Madurez	3.2-8.6 A, T [20].
<i>Dosidicus gigas</i> ¹	10-30	>100 [18, 27]; >45 [26] 30 [18] Madurez	10-30 C [8]; 1.8-3.7 M [1].
<i>Gonatus berryi</i> *	—	20 [22]	5-5.8 C [10]; 0.8-2.8 B [15].
<i>Gonatus californiensis</i> *	—	12.2 [28] <i>Gonatus</i> sp.	7.0-9.0 C [10]; 3.2-6.5 Me [17].
<i>G. fabricii</i>	—	35 [19]	6.3-7.7 C [4]; 4.8-6.0 C [5]; 3.5-7.2 H [3].
<i>G. antarcticus</i>	—	35 [19]	4.0-9.0 C [8]; 6.0-7.2 C [23]; 5.0-8.9 Av [13]; 2.7-7.5 Av [24].
<i>Gonatopsis borealis</i> ²	17-22	33-50 [19, 22]	7-9 C [10]; 4-8.5 G [14]; 5-15 cm LM Mar [16].
<i>Thysanoteuthis rhombus</i> ²	14.7-62.7	100 [19]	3.3-7.6 P [12]; 9.5, 9.7 cm LM T [20].
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i> ²	11.3-22.7	39 [2]	5.9-6.9 C [4]; 5.6-10.4 C [6]; 4.0-9.0 C [8]; 7.5-8.3 C [9]; 1.5-2.9 cm LM A [20].
<i>Onychoteuthis borealijaponicus</i> *	—	37 [25]	3, 5.5, 6 C [10].
<i>Histioteuthis heteropsis</i> ¹	4.5-9.1	13 [19]	—
	<u>LRI_R (mm)</u>		
<i>O. banksii</i> ¹	2.3, 2.6, 2.7 1.1, 1.1, 1 3.6	11.1-13 3.2 19	2.1, 7, 11 [20]; 37 [19]
<i>Histioteuthis dofleini</i> *	6.9, 7	—	12 [25]
			3-7 C [10]; 4-7.5 G [14]; 6-7 C [4]; 6.3-8.2 P [11]; 5.4-7 P [12].

Código de referencias: [1] Abitia-Cárdenas 1992, [2] Clarke 1986a, [3] Clarke y Kristensen 1980, [4] Clarke y MacLeod 1976, [5] Clarke y MacLeod 1980, [6] Clarke y MacLeod 1982, [7] Clarke y Trillmich 1980, [8] Clarke *et al.* 1976, [9] Clarke *et al.* 1980, [10] Fiscus *et al.* 1989, [11] Guerra *et al.* 1993, [12] Hernández-García (en prensa), [13] Imber 1978, [14] Kubodera y Miyazaki 1993, [15] Kubodera y Shimizaki 1989, [16] Kuramochi *et al.* 1993, [17] Mead *et al.* 1982, [18] Nesis 1970, [19] Nesis 1987, [20] Okutani y Tsukada 1988, [21] Okutani y Tung 1978, [22] Okutani *et al.* 1988, [23] Pascoe *et al.* 1990, [24] Rodhouse *et al.* 1990, [25] Roper *et al.* 1984, [26] Sánchez-Juárez 1991, [27] Wormuth 1971, [28] Young 1972.

Código de depredadores: (A) *Alepisaurus*, (Av) Aves marinas, (B) *Brama Brama japonica*, (C) Cachalote, (G) Globicéfalo, (H) Ballena de hocico de botella del norte *Hyperoodon ampullatus*, (L) León marino de las Galápagos, (M) Marlin, (Mar) Marsopa de puerto Dall, (P) Pez espada, (T) Túnidos.

Tabla VIII. Tallas de los individuos medidos (cm) de los peces presa hallados en el contenido estomacal del pez espada y tallas de madurez o máximas (cm) registradas para las mismas especies.

Presa	Tallas	\bar{x} (n)	Talla de madurez o máxima (Fuente)
<i>Merluccius productus</i>			
Población enana	9.5, 14.0, 24.0	—	22 (Ermakov, 1982)
Población oceánica	21.0-45.5	34.2 (14)	40 (Best, 1962)
<i>Trachipterus altivelis</i>	161.2, 140.4	—	135-155, 5-7 años, tallas máx. (Fitch, 1964)
<i>Sardinops sagax</i>	15.1-22.9	19.3 (15)	15 (Hamman ²)
<i>Trachurus symmetricus</i>	14.7-21.0	16.7 (17)	25 (Abramov y Kotlyar, 1980)
<i>Auxis</i> sp.	24.0-35.5	29.9 (6)	60 talla máx (Miller y Lea, 1972)
<i>Lepidopus fitchi</i>	59.8, 63.5	—	>100 talla máx. (Fitch y Lavenberg, 1968; Mikhaylin, 1982)
Scopelarchidae	15, 16.5	—	17 talla máx (Miller y Lea, 1972)
<i>Vinciguerria lucetia</i>	3.0-4.7	3.7 (10)	—
<i>Strongylura exilis</i>	41.6	—	90 talla máx (Miller y Lea, 1972)
<i>Cololabis saira</i>	26.0	—	35 talla máx (Miller y Lea, 1972)
<i>Synodus lucioceps</i>	36.0	—	64 talla máx (Miller y Lea, 1972)
<i>Etrumeus teres</i>	26.6	—	30 talla máx (Miller y Lea, 1972)
Rajiformes	48.0	—	—

(=*Alloposus mollis*) (tres en los últimos cuatro cruceros), y tres de *Octopus rubescens*, entre los octópodos, y tres picos de *Vampyroteuthis infernalis*, entre los vampiromorfos.

Se hizo especial énfasis en aquellas especies de presas que comprendieron al menos el 1% del I.I.R. en cualquiera de los cruceros. En el apéndice C se muestran esas especies de presas, o similares a las halladas en el presente estudio, y registradas para la dieta del pez espada en otros lugares del mundo. En el apéndice D se muestran los depredadores que

² Hamman, G. Ecología Marina, CICESE, A. P. 2732, 22800 Ensenada, B. C., México. Comunicación personal, enero 1995.

fueron registrados para esas mismas especies de presas en el Pacífico oriental. Para los nombres vulgares de los mamíferos marinos se siguió la nomenclatura de la FAO (Northridge, 1985) y para el de los túnidos la utilizada en Ruíz-Durá (1992), que recoge los nombres de uso común en México.

El método gráfico de Hoffman (figura 8) muestra que en general la diversidad de Bernoulli se estabiliza hacia los veinte estómagos acumulados (26 en el primer crucero) indicando que ese sería el tamaño mínimo de muestra. Sin embargo, en las gráficas correspondientes a los cruceros sexto y octavo no se alcanza un punto de estabilidad, lo cual significa que el número de estómagos colectado durante esos cruceros (ocho y doce, respectivamente) no fue suficiente para caracterizar la dieta del pez espada en ellos.

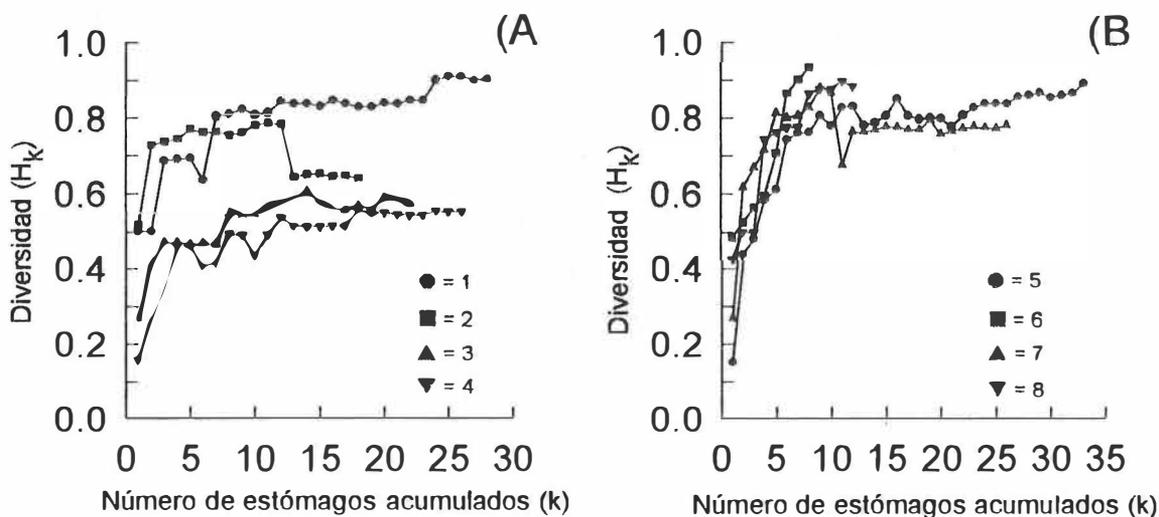


Figura 8. Diversidad de Bernoulli (H_k) graficada contra los estómagos acumulados correspondientes a los cuatro primeros cruceros (A) y los cuatro últimos cruceros (B).

El peso de los contenidos estomacales del pez espada fluctuó entre 0 y 4,265 g. El índice de peso de llenado no se calculó para diez peces espada, debido a que cinco de ellos presentaron el estómago evertido y otros individuos no fueron medidos. La figura 9 muestra las medias por crucero del índice de peso de llenado. El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias significativas entre los índices de peso de llenado de todos los cruceros ($F=0.988$, g.l.=7, 157, $p=0.441$).

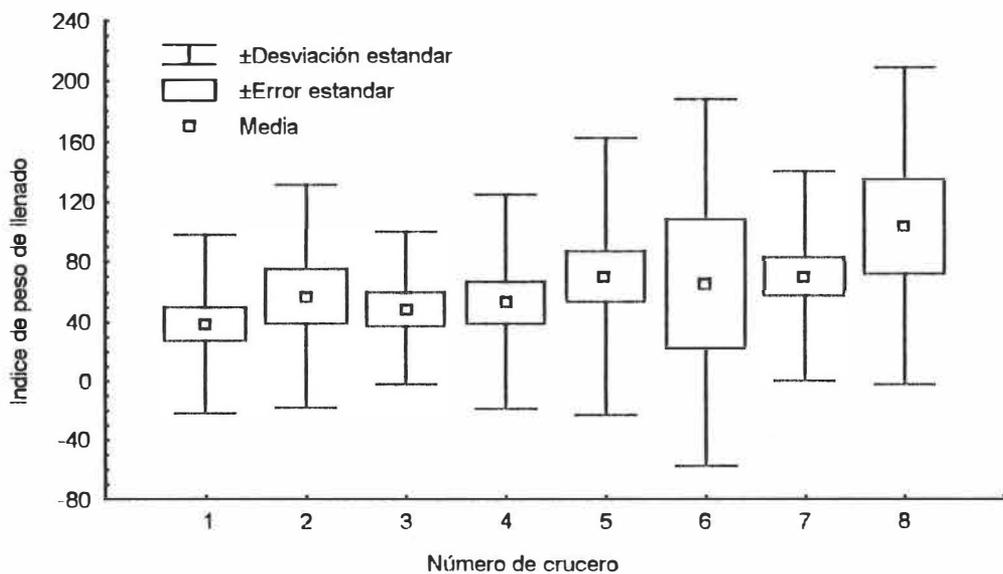


Figura 9. Media, desviación estándar y error estándar del índice de peso de llenado para cada crucero.

Los valores del índice de similitud de Bray y Curtis, entre todos los posibles pares de peces espada capturados en cada crucero se presentan en el apéndice E, no hallándose ninguna consistencia en los resultados, lo que significa que los peces espada capturados en la misma noche no presentan igual composición específica en su dieta.

El contenido calórico de diez especies de peces y una especie de cefalópodo fue analizado (tabla IX). Las muestras de la macarela del Pacífico *Scomber japonicus*, la sardina del Pacífico *Sardinops sagax* y el calamar gigante *Dosidicus gigas* provenían de ejemplares frescos; las de la merluza del Pacífico *Merluccius productus* y la melva *Auxis thazard* provenían de ejemplares conservados en formol, y posteriormente en alcohol, y las muestras de las restantes especies provenían del contenido estomacal del pez espada. No se pudo calcular el contenido de agua de *Lepidopus fitchi* y el traquipterido *Trachipterus altivelis*.

Tabla IX. Porcentajes de agua y cenizas y valores calóricos (media desviación estandar de tres réplicas excepto *, cuatro réplicas) de 11 presas del pez espada.

Especies	Peso húmedo		Peso seco		
	% Agua	kJ/g	kJ/g	% Cenizas	kJ/g libre de cenizas
TELEOSTEI					
PELÁGICOS					
1 <i>Sardinops sagax</i>	70.19	6.457 ± 0.026	21.663 ± 0.089	12.50	24.758 ± 0.102
2 <i>Auxis</i> sp. *	72.11	6.104 ± 0.087	21.889 ± 0.313	19.44	27.171 ± 0.389
3 <i>Trachurus symmetricus</i>	75.07	5.763 ± 0.036	23.118 ± 0.145	11.84	26.223 ± 0.165
4 <i>Scomber japonicus</i>	74.85	4.778 ± 0.050	18.998 ± 0.201	15.61	22.512 ± 0.239
TELEOSTEI					
MESOPELÁGICOS					
5 <i>Microstoma microstoma</i>	76.30	5.178 ± 0.064	21.849 ± 0.270	10.75	24.481 ± 0.302
6 Scopelarchidae	77.82	5.065 ± 0.011	22.836 ± 0.051	11.59	25.829 ± 0.058
7 <i>Paralepis atlanticus</i> *	80.00	4.413 ± 0.051	22.068 ± 0.257	11.96	25.066 ± 0.292
8 <i>Merluccius productus</i>	80.63	4.366 ± 0.051	22.541 ± 0.265	10.42	25.163 ± 0.296
9 <i>Trachipterus altivelis</i>	—	—	21.249 ± 0.067	15.30	25.087 ± 0.079
10 <i>Lepidopus fitchi</i>	—	—	23.153 ± 0.179	9.29	25.524 ± 0.197
CEPHALOPODA					
11 <i>Dosidicus gigas</i>	79.57	4.250 ± 0.006	20.804 ± 0.029	8.90	22.836 ± 0.032

En la literatura se encontró información sobre los valores calóricos de algunas especies de presas halladas en este estudio (apéndice F). Pese a que no se pudieron realizar análisis estadísticos, se halló que el intervalo registrado en los diversos para los valores

calóricos expresados como peso seco libre de cenizas (20.88-25.91 kJ/g) era menor al registrado como peso húmedo (1.82-9.05 kJ/g).

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre todas las especies analizadas en el contenido calórico expresado en peso fresco, seco o seco libre de cenizas (tabla X). Sin embargo, los valores son más homogéneos al expresarse como peso seco libre de cenizas que como peso seco o peso húmedo.

Tabla X. Resultados de los análisis de varianza y grupos homogéneos de los valores calóricos para cada categoría. El análisis de grupos homogéneos sigue la enumeración de la tabla IX para cada especie de presa considerada.

	g.l.	<i>F</i>	<i>p</i>	Grupos homogéneos										
kJ/g de peso húmedo	28	420.9	< 0.01	11 ^A	8 ^{AB}	7 ^B	4 ^C	6 ^D	5 ^D	3 ^E	2 ^F	1 ^G		
kJ/g de peso seco	35	108.9	< 0.01	4 ^A	11 ^B	9 ^{BC}	1 ^{CD}	5 ^D	2 ^D	7 ^D	8 ^E	6 ^{EF}	3 ^F	10 ^F
kJ/g de peso seco libre de cenizas	35	107.5	< 0.01	4 ^A	11 ^A	5 ^B	1 ^{BC}	7 ^{CD}	9 ^{CD}	8 ^{DE}	10 ^{EF}	6 ^{FG}	3 ^G	2 ^H

IV DISCUSIÓN

IV.1 Presas del pez espada

IV.1.1 Teleósteos

Merluccius productus (merluza del Pacífico)

La merluza del Pacífico se extiende desde el golfo de Alaska hasta el golfo de California y es uno de los peces más importantes de la corriente de California (Bailey *et al.* 1982). En las costas de Baja California se diferencian dos poblaciones: la merluza enana distribuida al sur de los 28 °N y la merluza oceánica, según Ermakov (1982), o costera, según Bailey *et al.* (1982), al norte hasta Canadá (Vrooman y Paloma, 1977; Ermakov, 1982).

Según Ermakov (1982), la población enana desova entre 25-28 °N a una distancia entre 10 y 80 millas de la costa, de febrero a abril. Esto explicaría posiblemente la aparición de la merluza en la dieta del pez espada capturado durante el segundo crucero, el único que coincide en tiempo y espacio con este hecho, y explicaría por qué no apareció esa especie en los restantes tres cruceros frente al sur de Baja California. De acuerdo a las tallas halladas en este estudio (tabla VIII), el pez espada se podría estar alimentando de esta población adulta desovante.

La merluza oceánica migra en otoño desde el norte hasta las costas del sur de California y norte de Baja California, donde desova en invierno (Bailey *et al.*, 1982). Este comportamiento explicaría la presencia de merluza en los cruceros quinto y séptimo; sin

embargo no resuelve la ausencia de merluza en la dieta de los peces espada capturados en los otros dos cruceros realizados frente al norte de Baja California. De acuerdo a las tallas registradas en la tabla VIII, el pez espada se podría alimentar de merluzas oceánicas cercanas a la madurez.

La merluza del Pacífico cuenta con numerosos depredadores en su área de distribución (apéndice D) y otras especies de merluzas fueron comunes en la dieta del pez espada de otros partes del mundo (apéndice C). La merluza del Pacífico se alimenta de camarones y eufasiáceos en primavera y verano, y de peces (peces planos, bacalao y smelt) en invierno al norte de California (Gothshall, 1969). Un patrón migratorio vertical nocturno permite a la merluza alimentarse de sus presas en superficie, aunque la merluza que está desovando no se alimenta y, por lo tanto, carece de dicho comportamiento (Bailey *et al.*, 1982). La merluza forma cardúmenes cerca del fondo durante el día, que se transforman en densas agregaciones en época reproductiva, a lo largo de la columna de agua (Bailey *et al.*, 1982).

***Trachipterus altivelis* (rey de los salmones)**

Este traquiptérido habita el Pacífico oriental desde Chile hasta Alaska. El conteo merístico de dos ejemplares completos (161.2 y 140.4 cm) permitió distinguirlo de la única especie semejante, *Trachipterus fukuzakii*, la cual se distribuye al sur de Baja California central, donde se hallaron solamente 4 ejemplares de *Trachipterus*. Por el tamaño, los ejemplares observados en la dieta del pez espada son adultos cercanos a su talla máxima (tabla VIII).

Se han encontrado ejemplares, mayoritariamente juveniles, de *Trachipterus altivelis* y otros *Trachipterus* en varios depredadores del Pacífico oriental (apéndice D). Sólo en un estudio sobre dieta del pez espada se halló el género *Trachipterus* (apéndice C).

Trachipterus altivelis se alimenta de peces epipelágicos y mesopelágicos, pequeños calamares y macrozoplancton (Fitch, 1964). En el presente estudio fue frecuente la presencia de langostilla pelágica *Pleuoncodes planipes* en su contenido estomacal, y en el estómago de uno de ellos se encontró un ejemplar completo del calamar *Octopoteuthis deletron*. *Trachipterus altivelis* se distribuye en la columna de agua desde la superficie hasta los 650 m (Fitch, 1964).

Paralepis atlantica

De distribución cosmopolita, se conoce en aguas de California por hallarse en el contenido estomacal de los túnidos patudo y albacora (Kajimura, 1969; Pinkas *et al.*, 1971). Miembros de la familia Paralepididae han sido registrados en el contenido estomacal de otros depredadores del Pacífico oriental (apéndice D). Esta familia es especialmente abundante entre los 300 y 800 m de profundidad (Fitch y Brownell, 1968). De igual manera se registró *P. atlantica* o la familia Paralepididae en la dieta del pez espada anteriormente (apéndice C). En este estudio fue frecuente la presencia de tres especies de eufasiáceos en el contenido estomacal de los *Paralepis atlantica* depredados.

***Sardinops sagax* (sardina del Pacífico)**

Especie pelágica, común en el Pacífico noreste, desde la península de Kamchatka hasta Guaymas, México (Miller y Lea, 1972), de hábitos planctívoros. No se pudo relacionar

la única aparición de la sardina en la dieta del pez espada capturado frente a San Quintín en enero de 1993 con las capturas de sardina por la flota comercial, puesto que ésta no operó durante ese mes en esa área (García-Franco *et al.*, 1994). El pez espada se alimentó de sardinias maduras (tabla VIII). La sardina del Pacífico se registró en varios depredadores del Pacífico oriental (apéndice D) y otros cupleidos fueron identificados en la dieta del pez espada en otras partes del mundo (apéndice C).

***Trachurus symmetricus* (charrito)**

Especie pelágica que se extiende desde Alaska hasta Bahía Magdalena, Baja California Sur (Miller y Lea, 1972). Tampoco se puede relacionar la aparición, con cierta importancia, de esta especie en la dieta del pez espada capturado en los cruceros sexto y octavo con las abundancias en las capturas de barcos comerciales, dado que, como en el caso de la sardina, la flota comercial no operó en esas áreas durante esos meses (García-Franco, 1993; García-Franco *et al.*, 1994). Es probable que el pez espada se alimentara de ejemplares juveniles de esta especie (tabla VIII). En su área de distribución el charrito forma parte de la dieta de numerosos depredadores (apéndice D) y miembros del género *Trachurus* ya han sido registrados para la dieta del pez espada (apéndice C).

***Auxis* sp. (melva)**

Aunque se reconocen dos especies en este género, *Auxis thazard* y *A. rochei*, dadas las dificultades que presenta distinguir sus restos óseos, no se llegó a una identificación más exacta. El género es cosmopolita en mares templados, epipelágico y formador de cardúmenes (Miller y Lea, 1972; Uchida, 1981). Se alimenta de pequeños peces como

anchovetas o juveniles de otras especies, crustáceos y, en menor medida, cefalópodos (Uchida, 1981). Tal vez los individuos hallados en el contenido estomacal del pez espada sean juveniles (tabla VIII). Los depredadores de *Auxis* sp. se detallan en el apéndice D. Este género no había sido registrado anteriormente para la dieta del pez espada.

***Engraulis mordax* (anchoveta norteña)**

Especie epipelágica de hábitos planctívoros, abundante en la corriente de California desde Columbia Británica hasta el cabo San Lucas, Baja California Sur (Miller y Lea, 1972). Tampoco hubo explotación comercial durante el mes de noviembre, en el área donde la especie apareció con alguna importancia en el contenido estomacal del pez espada (García-Franco, 1993). En su área de distribución, la anchoveta norteña es alimento de numerosos depredadores (apéndice D) y el género *Engraulis* sólo se registró en dos ocasiones para la dieta del pez espada (apéndice C).

***Lepidopus fitchi* (= *L. xantusi*)**

Esta especie, que presenta distribución antitropical en el Pacífico oriental, se distribuye en su porción norte desde Oregón hasta el golfo de California (Rosenblatt y Wilson, 1987), en la parte superior del talud continental, entre los 100 y 500 m de profundidad (Fitch y Lavenberg, 1968; Mikhaylin, 1982). Forma cardúmenes y se alimenta de noche de especies pelágicas como merluza y anchoveta (Mikhaylin, 1982).

La importancia de esta especie en el presente estudio es debida a la aparición de dieciseis ejemplares en un solo estómago del sexto crucero, sumando casi todo el peso del contenido estomacal hallado en ese crucero. Probablemente se traten de ejemplares adultos,

a pesar de que su tamaño máximo pueda ser mayor a los registrados en el presente estudio (tabla VIII). Miembros de la especie *Lepidopus fitchi* (= *L. caudatus*) o la familia Trichiuridae han sido registrados para depredadores del Pacífico oriental (apéndice D) y *L. caudatus* ha sido registrado para la dieta del pez espada (apéndice C).

Stromateoidei

Los especímenes de este suborden no pudieron ser identificados con precisión debido a la falta de información, aunque por la semejanza en las vertebras es muy probable que se trate de una sola especie. Fitch y Lavenberg (1968) tratan tres familias en la corriente de California y en todas se desconoce la vida del adulto, que probablemente viva en aguas profundas. La familia Stromateidae ha sido registrada para varios depredadores del Pacífico oriental (apéndice D) y para la dieta del pez espada en otros lugares del mundo (apéndice C).

Scopelarchidae

Tampoco se pudo identificar con mayor detalle los ejemplares englobados en esta familia, aunque Klepadlo¹ opina que probablemente no se trate del género *Benthalbella*. Fitch y Lavenberg (1968) y Miller y Lea (1972) tratan dos especies de *Benthalbella*, género mesopelágico que asciende de noche a superficie. El pez espada se alimenta de ejemplares adultos de esta especie (tabla VIII). La familia se ha hallado en varios depredadores del Pacífico oriental pero no anteriormente en la dieta del pez espada.

¹ *Ibidem* p. 14

Vinciguerria lucetia

Esta especie estuvo representada en la dieta por trece ejemplares hallados en dos peces espada capturados en el sexto crucero. *Vinciguerria* permanece durante el día bajo los 300 m de profundidad y presenta migración vertical a superficie de noche (Fitch y Brownell, 1968). Aunque también se halló en la dieta de otros grandes depredadores del Pacífico oriental (apéndice D) es muy probable que, dado su escaso tamaño, en el caso del pez espada se trate de una presa secundaria (ver más adelante).

Microstoma microstoma

No se ha encontrado esta especie mesopelágica en la dieta de ninguno de los grandes depredadores marinos del Pacífico oriental. No se dispone de más información sobre esta especie.

IV.1.2 Cefalópodos

Sthenoteuthis (= *Symplectoteuthis*) *oualaniensis*

Este ommastréfido oceánico se halla ampliamente distribuido en el Pacífico ecuatorial y central (Wormuth, 1971). Forma cardúmenes de unos 30 individuos y, aunque no existe información sobre su distribución vertical, ésta probablemente se asemeje a la de otras especies de la familia, la cual oscila desde los 1,500 m de profundidad hasta la superficie, donde suele ser observado por la noche (Wormuth, 1971; Young, 1975).

El crecimiento de esta especie, observado a través de los histogramas de frecuencia de las longitudes rostrales inferiores (LRI) (figura 7), es difícil de relacionar con el descrito por Okutani y Tung (1978), donde se encontró que en mayo existen dos grupos de distinta

talla, de 12-18 y 19-24 cm de longitud de manto (LM). El grupo menor crece hasta 16-22 cm en junio mientras el grupo mayor desaparece. Otros grupos de talla menor se van reclutando hasta septiembre, y el calamar crece unos 4 cm en dos meses. Un seguimiento a lo largo de todo el año hubiese podido ofrecer mayor información sobre el crecimiento de este calamar, pero desafortunadamente no se pudieron construir histogramas para los últimos cruceros debido a la falta de registros.

El pez espada se estaría alimentando de la población adulta de *Sthenoteuthis oualaniensis* (tabla VII). Otros depredadores de esta especie se relacionan en el apéndice D y se registró en una ocasión para la dieta del pez espada (apéndice C). *Sthenoteuthis oualaniensis* se alimenta principalmente de pequeños peces (mictófidios) que depreda en superficie durante la noche, además de crustáceos y otros cefalópodos (Wormuth, 1971; Young, 1975; Okutani y Tung, 1978)

***Dosidicus gigas* (calamar gigante)**

Ommastréfido endémico del Pacífico tropical oriental (Wormuth, 1971), su límite al norte alcanza Santa Cruz, California (Clark y Phillips, 1936), aunque su distribución media comprende desde Baja California hasta el norte de Chile (Nesis, 1983). Se trata de una especie oceánica pero de distribución nerítico-oceánica, de migración vertical limitada (de día probablemente permanezca sobre la termoclina, 80 m), y forma cardúmenes de decenas de individuos (Nesis, 1983).

Se ha planteado una posible migración del calamar gigante desde el Pacífico al golfo de California, donde entra a principios de año y sale hacia otoño, probablemente para

reproducirse frente a aguas de Baja California (Ehrhardt *et al.*, 1986). Sin embargo existen fuertes fluctuaciones anuales de abundancia y distribución en las costas de Baja California.

De acuerdo a los registros de la LM (tabla VII), el pez espada se está alimentando de calamar gigante inmaduro. Numerosos depredadores se alimentan de esta especie en el Pacífico oriental (apéndice D) y ha sido registrado para la dieta del pez espada frente a las costas de Chile (apéndice C). La dieta del calamar gigante varía según autores, y se tienen registrados mictófidios, langostilla pelágica, anchoveta norteña, macarela, sardina del Pacífico y calamares entre sus presas (Ehrhardt *et al.*, 1986).

Los picos de esta especie se asemejan a los de *Sthenoteuthis oualaniensis*, lo que ha provocado que ambas especies hayan sido identificadas como probables en varios estudios. La separación entre los picos de ambas especies de ommastréfidios se realizó por medio de las diferencias intrafamiliares de talla y pigmentación de los mismos, más desarrollada en el caso de *S. oualaniensis* (Perrin *et al.*, 1973).

Gonatus berryi

Se distribuye desde el mar de Bering hasta el norte de Baja California, siendo la isla Guadalupe su límite sur (Young, 1972; Nesis, 1987; Okutani *et al.*, 1988). Sin embargo, en este estudio apareció en todos los cruceros, lo que sugiere una revisión de su límite meridional. Esta especie posiblemente no presente migración vertical, manteniéndose preferentemente entre los 400 y 800 m (Roper y Young, 1975).

Esta especie apareció en la dieta de dos mamíferos marinos del Pacífico oriental (apéndice D). Imber (1978) concluye que los picos trazados en Iverson y Pinkas (1971)

como *Gonatus* sp. (*fabricii*?), y que según estos autores aparecieron en el atún albacora, pertenecen en realidad a *G. berryi*. De acuerdo a las LRI registradas en la tabla VII para otros depredadores, el pez espada se alimenta de ejemplares adultos de esta especie.

Gonatus californiensis

Young (1972) describió la especie *Gonatus californiensis* a partir de ejemplares capturados entre los 34° y 28°N (California sur y Baja California central) y uno en los 25°N, el mayor de los cuales medía 112 mm de longitud de pluma (\cong LM). El citado autor reconoció la semejanza de esta especie con *G. fabricii* del Atlántico norte y *G. antarcticus* de aguas antárticas. *G. fabricii* había sido registrado como el único gonátido para el Pacífico por McGowan (1967), entre otros autores. Nunca se capturó un ejemplar adulto o se describieron los picos de *G. californiensis* en ningún depredador.

Posteriormente, Imber (1978) coincidió también en la semejanza que presentan *G. californiensis*, *G. fabricii* y *G. antarcticus* y el parecido entre los picos de estas dos últimas especies. Clarke y MacLeod (1980) describieron picos de *G. fabricii*, en cachalotes capturados en la costa oeste canadiense, basándose en su semejanza con aquellos hallados en ballenas del Atlántico por Clarke y Kristensen (1980). Mead *et al.* (1982) ilustran los picos de *Gonatus* sp., los cuales son similares a los hallados en el presente estudio, procedentes del contenido estomacal del mesoplodón de Hubb *Mesoplodon carlhubbsi* en California.

Clarke (1986a) propone la siguiente distribución: *Gonatus fabricii* para el Ártico y Atlántico norte y límite meridional desconocido en el Pacífico norte; *G. californiensis* para el Pacífico norte, desde Oregón a Baja California; y *G. antarcticus* para el Antártico y

Pacífico sur, al norte hasta Perú (Clarke *et al.*, 1976). Este autor, además, remarca el parecido entre los picos de *G. fabricii* y *G. antarcticus* (y con *G. steenstrupi*, nueva especie descrita para el Atlántico norte); reconoce que los picos hallados por Mead *et al.* (1982) en aguas de California, similares a *G. fabricii*, puedan pertenecer en realidad a *G. californiensis*, y nota la falta de picos de ejemplares adultos de varias especies de la familia.

Okutani *et al.* (1988) no incluyen a *G. fabricii* en una revisión sobre gonátidos del Pacífico subártico y comentan que en realidad son otras especies las que fueron identificadas con ese nombre en este océano por varios autores. Fiscus *et al.* (1989) registran picos de *Gonatus* sp. en cachalotes capturados en California, similares a los de *G. fabricii*, aunque reconocen que esta especie no se ha identificado con seguridad para el Pacífico. Hacen una discusión histórica sobre el tema y concluyen sobre la necesidad de contar con picos grandes de individuos conocidos de *G. californiensis*, sugiriendo que éstos han de parecerse a los de *G. fabricii* y *G. antarcticus*.

Los picos hallados en este estudio aparecieron en los primeros cuatro cruceros (sur de Baja California), pero no lo hicieron en ninguno de los últimos cuatro (norte de Baja California). De acuerdo a la distribución planteada por este autor, Clarke⁶ afirma que los picos hallados en el presente estudio sean posiblemente *G. californiensis* aunque el tamaño de ellos sugiere ejemplares mucho mayores que los que describiera Young (1972).

² *Ibidem* p. 13. Comunicación personal, enero 1995.

La distribución de tallas de la LRI de *Gonatus californiensis* (figura 5) coincide con la registrada para el *Gonatus* sp. de Fiscus *et al.* (1989) y Mead *et al.* (1982) y los picos de *G. fabricii* y *G. antarcticus* de otros autores (tabla VII). Los picos hallados por Rancurel (1973) (uno inferior de 8 mm LRI) en un tiburón capturado en Nueva Caledonia posiblemente pertenezcan *G. antarcticus*.

Si es cierto que, como proponen Okutani *et al.* (1988), *G. fabricii* no habita el Pacífico, y los picos hallados en el presente estudio pertenecen a *G. californiensis*, los picos hallados por Clarke y MacLeod (1980), Mead *et al.* (1982) y Fiscus *et al.* (1989) pertenecerían en realidad a dicha especie. Siendo así, el área de distribución de *G. californiensis* se extendería desde Canadá hasta el sur de Baja California, al menos, y su morfología, picos y talla máxima sería semejante a las de *G. fabricii*, *G. steenstrupi* y *G. antarcticus* (tabla VII). *Gonatus californiensis* permanece entre los 400 y 800 m durante el día y presenta una ligera migración vertical (hacia los 300-500 m) durante la noche (Roper y Young, 1975).

Gonatopsis borealis

Se distribuye desde las aguas subárticas del océano Pacífico hasta la isla Guadalupe, Baja California central, siendo el único representante de su género en el Pacífico oriental (Young, 1972; Fiscus *et al.*, 1989; Okutani *et al.*, 1988). Fiscus (1991), Fiscus *et al.* (1989) y Sinclair (1991) discuten la dificultad de distinguir los picos de esta especie de los del género *Berryteuthis*, lo que ha ocasionado que haya sido identificada dudosamente en varios estudios de la corriente de California (apéndice D). Sin embargo, California parece ser el

límite sur de *Berryteuthis* (Fiscus *et al.*, 1989; Okutani, 1980). En el presente estudio *Gonatopsis borealis* sólo apareció en los cuatro últimos cruceros (norte de Baja California), lo que coincide con el límite sur de su distribución.

Esta especie se registró para varios depredadores de la corriente de California (apéndice D) y el pez espada no se alimenta de individuos adultos de esta especie, de acuerdo a las tallas de LM y LRI registradas en la tabla VII. Al menos los juveniles de esta especie migran desde los 400-700 m de día a profundidades por encima de los 400 m de noche (Roper y Young, 1975) y es considerada como mesopelágica y epipelágica (Fiscus *et al.*, 1989).

La familia Gonatidae solamente fue registrada para la dieta del pez espada en dos ocasiones (apéndice C). Esto se debe al hecho que los cuatro géneros y diecinueve especies nominales de la familia Gonatidae se encuentran en el Pacífico norte, mientras que tan solo tres especies de *Gonatus* ocurren fuera de él (Okutani *et al.*, 1988). Esta familia es la más abundante en el Pacífico subártico, donde juega un importante papel en la economía del mar, siendo alimento de numerosos depredadores (Okutani *et al.*, 1988). Las tres especies registradas en la dieta del pez espada pertenecen al grupo de los gonátidos musculosos, epipelágicos a mesopelágicos y euribáticos (Okutani *et al.*, 1988).

Thysanoteuthis rhombus

Especie epipelágica de distribución cosmopolita en aguas tropicales y subtropicales (Nesis, 1987). Wolff (1984) ilustra los picos de esta especie, aunque sólo se registró en tres estudios en Pacífico oriental (apéndice D). De acuerdo a las tallas que puede alcanzar esta

gigantesca especie (tabla VII), el pez espada se alimenta de ejemplares no maduros. En el presente estudio se encontró a lo largo de toda la costa occidental de la península de Baja California y ya se registró anteriormente para la dieta del pez espada en otros lugares del mundo (apéndice C).

Ancistrocheirus lesueurii

Especie epi y mesopelágica que se distribuye en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo (Nesis, 1987). Aunque Clarke *et al.* (1976) la registraron por primera vez para el Pacífico en contenidos estomacales de cachalotes capturados en Perú y Chile, probablemente no se haya registrado anteriormente para la corriente de California. En este estudio sólo apareció frente a las costas del sur de Baja California.

Las tallas registradas para esta especie sugieren que el pez espada se alimenta de ejemplares inmaduros (tabla VII). *A. lesueurii* ya fue registrado para la dieta del pez espada anteriormente (apéndice C).

Onychoteuthis sp.

De las dos especies, *Onychoteuthis boreali-japonicus* y *O. banksii*, que actualmente se reconocen en el género, es probable que el pico hallado en este estudio pertenezca a la primera, ya que fue hallado sólo frente a la costa norte de Baja California, y según Young (1972) el límite sur de *O. boreali-japonicus* sería la isla Guadalupe, en la Baja California central. Esta especie, distribuida sólo en el Pacífico norte, fue registrada para la corriente de California en la dieta de numerosos depredadores (apéndice D). Se trata de una especie

epipelágica y mesopelágica que emigra hacia la superficie de noche. Tres picos medidos en Fiscus *et al.* (1989) eran algo mayores que los registrados en este estudio (tabla VII).

Tal vez otros picos hallados en este estudio pertenezcan a la otra especie, *O. banksii*, cosmopolita en aguas subtropicales y tropicales (Young, 1972), y epipelágico aunque probablemente no restringido (Roper y Young, 1975). Se trata de tres grupos de picos cuyas medidas quedaron registradas, aunque no parece estar claro cual es la talla máxima de esta especie, por lo que no procede concluir sobre las tallas halladas en la dieta del pez espada (tabla VII).

De cualquier modo, la sistemática de *O. banksii* está siendo revisada actualmente por Seki³, quien afirma que en el Pacífico central constituye un complejo donde se hallan integradas hasta cuatro especies diferentes. *O. banksii* ha sido hallado en el Pacífico oriental en el contenido estomacal de varios depredadores (apéndice D) y en la dieta del pez espada del Atlántico norte y Mediterraneo (apéndice C).

Histioteuthis heteropsis

Se reconocen tres especies de la familia Histioteuthidae en el Pacífico noreste (Fiscus *et al.*, 1989). Una especie, que por su forma, tamaño y distribución geográfica podría tratarse de *Histioteuthis heteropsis* (Clarke⁴) comprendió 18 picos inferiores cuyas tallas de muestran en la figura 6. Se trata de una especie de aguas frías común en California,

³ Seki, M. Southwest Fish. Sci. Cent. Honolulu Lab., Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA, 2570 Dole Street, Honolulu, HI 96822-2396. Comunicación personal, octubre 1994.

⁴ *Ibidem* p. 13. Comunicación personal, enero 1995.

distribuida desde Monterey hasta los 27°34' N, en Baja California central (Young, 1972), aunque en el presente estudio el registro más al sur fue 24°03' N, frente al sur de Baja California y Galván-Magaña *et al.* (1989) aún la citan para el golfo de California. Frente a California mostró una migración vertical hacia la superficie durante la noche (Roper y Young, 1975). *H. heteropsis* e *Histioteuthis* sp. han sido registrados en el Pacífico oriental para la dieta de varios depredadores marinos (apéndice D).

Pudieron ser identificados dos picos inferiores de *Histioteuthis dofleini*, especie distribuida en aguas tropicales y subtropicales del Atlántico y el Pacífico (Young, 1972). Estos picos presentan una LRI similar a la máxima registrada por otros autores (tabla VII), y la especie ya fue hallada en otros depredadores del Pacífico oriental (apéndice C) y en la dieta del pez espada anteriormente (apéndice D).

Argonauta sp.

En el Pacífico oriental pueden ser halladas las especies *Argonauta argo* y *Argonauta hians*, además de *A. noury* y *A. pacifica*, aunque la validez de estas dos últimas especies es dudosa (Young, 1972; Nesis, 1987). El género es estrictamente epipelágico (Voss, 1967) y hasta el momento no existe una clave satisfactoria para distinguir los picos de las distintas especies (Clarke, 1986a). Varias especies de *Argonauta* han sido registradas para depredadores del Pacífico oriental (apéndice D) y en la dieta del pez espada se han hallado *Argonauta* sp. y *A. argo* (apéndice C), aunque no con la importancia con la que aparecieron en este estudio.

Siguiendo a Young (1972), los cefalópodos hallados en el presente estudio quedarían clasificados en a) subárticas y transicionales: *Gonatus berryi*, *Gonatus californiensis*, *Gonatopsis borealis*, *Onychoteuthis borealijaponicus* e *Histioteuthis heteropsis*; b) especies ecuatoriales del Pacífico oriental: *Dosidicus gigas* y c) especies tropicales y subtropicales cosmopolitas: *Sthenoteuthis oualaniensis*, *Thysanoteuthis rhombus*, *Ancistrocheirus lesueurii*, *Histioteuthis dofleini* y *Onychoteuthis banksii*.

IV.1.3 Pez espada como muestreador biológico

Clarke (1966) puso en evidencia que los vertebrados marinos son unos eficientes colectores de cefalópodos, algunas especies de las cuales aparecían en raras ocasiones en las redes de muestreo. Bello (1990, 1991) comenta el desconocimiento sobre la distribución de los cefalópodos y peces en el Mediterráneo y describe al pez espada como colector de especies raras. Parr (1933) describe un nuevo género y especie de estomiátido (Teleostei) a partir de un espécimen hallado en el contenido estomacal del pez espada. Buscando una aplicación más práctica, Ashmole y Ashmole (1968) propusieron el empleo de ciertas aves marinas para detectar cambios estacionales o de largo plazo en el medioambiente mediante el análisis de sus contenidos estomacales, como una alternativa económica a los costosos cruceros oceanográficos.

El pez espada cumpliría varios requisitos que lo harían propicio para emplearlo como muestreador biológico con aplicación en pesquerías: a) amplia cobertura de muestreo durante su migración vertical diurna, b) efectividad en la captura de sus presas, c) carácter oportunista en su dieta que reflejaría la diversidad y abundancia de las presas y d) objeto de

captura comercial que abarataría los costos del programa. Dos de las más abundantes presas del pez espada en la costa occidental de Baja California, la merluza y el calamar gigante, no están siendo explotadas actualmente en esta costa. Un programa de observación del contenido estomacal de los peces espada capturados en las embarcaciones comerciales permitiría obtener información inmediata sobre la presencia de esas especies en el área donde se hallase operando la flota.

IV.2 Hábitos alimenticios

IV.2.1 Dinámica de alimentación

Carey y Robison (1981) observaron que el pez espada se halla de día sobre fondos someros cercanos a la costa y de noche se desplaza lejos de ella para emerger a la superficie. Relacionan este comportamiento con la posibilidad de que el pez espada se alimente de peces demersales en el día y de calamares y otras presas en la noche. De Silva (1962) sugirió de alguna manera este doble patrón alimenticio. Toll y Hess (1981), Stillwell y Kohler (1985), Bello (1991), Seki (1993), Guerra *et al.* (1993) y Hernández-García (en prensa) en sus trabajos relacionan la distribución de las presas encontradas con la migración vertical descrita en Carey y Robison (1981) y Carey (1989).

LaMonte (*in* Hubbs y Wisner, 1953) observó que los calamares son abundantes en la superficie durante la noche y los marlines y peces espada se alimentan de ellos entonces, puesto que aquellos peces capturados por la mañana presentaban contenidos estomacales menos digeridos que los capturados al atardecer. Toll y Hess (1981) analizan la distribución

batimétrica de los cefalópodos hallados en la dieta del pez espada y concluyen que éste se alimenta en las zonas pelágica y mesopelágica superior. Del mismo modo, Bello (1985, 1991) y Guerra (1993) sugieren una alimentación tanto en aguas superficiales como profundas.

Hernández-García (en prensa) propone que el pez espada, en aguas oceánicas, se alimenta de mayor número de cefalópodos (proporciones de cefalópodos por estómago de 1.8 y 3; Guerra *et al.* (1993) de 2.1) que en aguas someras (proporciones de 0.7; similar a Moreira, 1990), aludiendo al hecho de que en esas aguas puede depredar sobre cefalópodos tanto en superficie de noche como en profundidad de día, mientras que en aguas someras los peces demersales constituyen el alimento en profundidad (Carey y Robison, 1981). En el presente estudio el número promedio de cefalópodos por estómago fue de 6.3, fluctuando entre los 3.5 en el octavo crucero a los 11 en el cuarto (proporciones mayores que las calculadas Hernández-García (en prensa) para aguas oceánicas); y sin embargo el presente estudio se realizó en una zona costera. Por lo tanto, cabría pensar que tal relación entre cefalópodos y batimetría fuese más bien aparente.

Algunos autores (Bigelow y Schroeder, 1953; Scott y Tibbo, 1968; Nakamura, 1985; Hernández-García, en prensa) consideran la presencia de peces de profundidad en el estómago del pez espada como evidencia de su alimentación en profundidad. Beckett (1974) sugiere que en fondos someros se alimenta de lupones, merluza y estromateidos.

Habría que interpretar con cautela la presencia de los llamados peces de profundidad. Nakamura (1952) alude a la migración vertical de las presas para explicar la existencia de

mictófidos en la dieta, y aún Scott y Tibbo (1968) sugieren que la merluza, especie típicamente demersal, es depredada lejos del fondo. Las presas halladas en el presente estudio, y discutidas anteriormente, se caracterizan por presentar una migración vertical diurna, si no es que son estrictamente pelágicas. La distribución vertical de varias familias de cefalópodos halladas por Stillwell y Kohler (1985), y que incluyen la mayoría de las halladas aquí, se ilustran en su trabajo y todas ellas alcanzan el estrato epipelágico durante su migración vertical diurna. Especies como la merluza y el lupón *Sebastes* (del cual se registraron dos ejemplares en estómagos no incluidos en este trabajo) se toman como demersales, pero presentan una amplia distribución en la columna de agua. Otro tanto ocurre con las especies mesopelágicas, aunque ciertamente éstos son organismos poco estudiados.

Existen, sin embargo, evidencias directas de la alimentación del pez espada en profundidad. La captura con palangre para pez espada se realiza entre los 5 y 50 m de profundidad (Carey y Robison, 1981). Sin embargo, ha sido capturado accidentalmente en palangres para lenguado cercanos al fondo a 365 m (Bigelow y Schroeder, 1953). Eschmeyer (1963) relata la captura de dos especímenes a 350 m, y Zarudzki y Haedrich (1974) citan otra captura más a profundidades similares. Cavaliere (1963) menciona capturas en palangres de 100 a 300 m de profundidad y Tibbo *et al.* (1961) las registran a 110 m.

Mientras se halla en profundidad durante el día, el pez espada aparece asociado a bajos y a cañones submarinos del talud continental (Carey y Robinson, 1981; Carey, 1989; Holts *et al.*, 1994). Carey y Robinson (1981) mencionan que la concentración de organismos

a causa de la turbulencia en los cañones submarinos atraería al pez espada hacia ellos. Holts *et al.* (1994) concluyeron que el pez que ellos siguieron se hallaba alimentándose sobre un bajo, ya que disminuyó su velocidad al acercarse a él.

Zarudski y Haedrich (1974) observaron dos peces espada descansando sobre el fondo oceánico y Carey y Robinson (1981) mencionan la captura de varios peces espada en arrastres de fondo. Nakamura (1952) y Carey (1989) niegan la alimentación en el fondo, aunque la admiten en grandes profundidades. Carey y Robinson (1981) sugieren que el pez espada descansa sobre el fondo y que este comportamiento es común. Bigelow y Schroeder (1953) relatan que varios peces se clavaron con su espada en el fondo al tratar de escapar después de ser arponeados, lo que da una idea de la ineficacia de la espada cerca del fondo.

A pesar del patrón diario de movimientos observado en el pez espada, se ha encontrado que éste descansa ocasionalmente durante el día en la superficie (Tibbo *et al.*, 1961; Beckett, 1974, Carey y Robinson, 1981), lo que de hecho propició el desarrollo de su pesquería con arpón en varias partes del mundo. Carey y Robinson (1981) y Carey (1989) interpretan este comportamiento como una recuperación tras experimentar una variedad de estrés en profundidad (falta de oxígeno en el Pacífico oriental o bajas temperaturas en el Atlántico noroeste). De hecho, ellos opinan que la migración vertical en el Pacífico es impedida en mayor profundidad por la presencia de una capa somera de oxígeno mínimo.

IV.2.2 Depredación

El pez espada se alimenta de peces formadores de cardúmenes (Scott y Tibbo, 1968; Bello, 1991) ya que de esa manera aumentan su atractivo como presa (Stillwell y Kohler,

1985). La misma observación la documentan Toll y Hess (1981), Guerra *et al.* (1993) y Seki (1993) en cuanto al calamar como presa. También se confirmó lo mismo en este estudio, ya que probablemente casi todas las presas halladas se agregan en cardúmenes. La merluza, la sardina y el charrito aparecieron en algunos estómagos en números superiores a diez y hasta 44 picos inferiores de *Sthenoteuthis oualaniensis* se hallaron en un solo estómago. Aún 14 individuos de una presa relativamente grande como *Lepidopus fitchi* aparecieron en otro estómago.

La mandíbula superior del pez espada está modificada en una prolongación comprimida dorsoventralmente y que presenta bordes afilados, conocida como espada. El pez la utiliza para alimentarse, blandiéndola lateralmente mientras asciende o desciende a través de los cardúmenes que forman sus presas; luego retorna para ingerir los restos de las presas así troceadas (Bigelow y Schroeder, 1953; Tibbo *et al.*, 1961; Scott y Tibbo, 1968). En el caso de presas de movimiento vertical, como la familia Paralepididae, el pez espada se desplazaría sobre ellas en posición horizontal (Scott y Tibbo, 1968). Voss (1953) comenta el uso del pico de los peces vela (*Istiophorus platypterus*) en su alimentación, así como Baker (1966) y Evans y Wares (1972) para el caso del marlín rayado. Sin embargo, Hubss y Wisner (1953), no observaron indicios de ese comportamiento en la última especie y Nakamura (1952) lo niega para todos los istiofóridos.

Como evidencia, Tibbo *et al.* (1961) y Scott y Tibbo (1968) observaron que muchos de los peces digeridos presentaban profundos cortes o se hallaban partidos en dos, aunque esto no ocurrió en algunos que bien podrían haber sido ingeridos completos. El mismo

patrón de presas dañadas se observó en los cefalópodos (Toll y Hess, 1981; Nakamura, 1985; Stillwell y Kohler, 1985; Bello, 1991). En este estudio fueron evidentes los cortes causados por la espada en los mantos de los calamares y los cuerpos de los peces. Algunos de estos se hallaban partidos en dos trozos. Sin embargo, los peces más pequeños y los argonautas se hallaban aparentemente intactos. El pez espada también ingiere animales muertos, como prueba el hecho de que la mayor parte de su captura se realiza con palangre, utilizando principalmente la aguja *Cololabis saira* u ommastréfidos como carnada.

El tamaño de la presa no es un factor limitante en su selección, a menos que ésta sea lo suficientemente pequeña como para no atraer su atención o lo suficientemente grande como para no poder trocearla con la espada (Stillwell y Kohler, 1985). Maksimov (1968) registra traquiptéridos de hasta más de dos metros y medio en el contenido estomacal del pez espada. Los traquiptéridos registrados en el presente estudio se hallaban completos, plegados en forma de acordeón por las partes donde fueron cortados con la espada. Al parecer el pez espada, aún cuando no logra partirlos, los golpea repetidamente para poder doblarlos en el estómago.

Toll y Hess (1981), Bello (1991) y Guerra *et al.* (1993) señalan la efectividad del pez espada para capturar cefalópodos de poderosa musculatura y rápido desplazamiento (ommastréfidos, *Thysanoteuthis*). El pez espada goza de una excelente visión en la penumbra que le permite acechar a sus presas visualmente en el ambiente oscuro que lo rodea (Carey y Robinson, 1981; Carey, 1989). En los desplazamientos verticales diarios en forma de U, el pez iría siguiendo una isoluma de muy baja intensidad de luz (Carey y

Robinson, 1981). De la Serna *et al.* (1992) comenta que en luna llena baja la captura por unidad de esfuerzo, mientras que ésta aumenta con luna nueva, debido probablemente a un cambio en el comportamiento de la especie que afectaría a su distribución batimétrica en aguas superficiales, y Guitart-Manday (1964) cita que los pescadores modifican el calado de la red de acuerdo con las fases lunares, lo cual reforzaría esta idea. El pez espada podría guiarse de la bioluminiscencia causada por diversos organismos para situarse en la profundidad adecuada para buscar a sus presas (Carey y Robinson, 1981).

El pez espada es un organismo presumiblemente solitario, aunque ocasionalmente ha sido avistado en parejas (Tibbo *et al.*, 1961). Los resultados del índice de similitud de Bryan y Curtis no mostraron ninguna congruencia en la posible similitud de la dieta de los peces capturados durante la misma noche, lo cual sugiere que los peces espada se alimentan en solitario sobre cardúmenes distribuidos en parches.

El pez espada se caracteriza por su agresividad y existen relatos de ataques contra embarcaciones y ballenas (Nakamura, 1952; Bigelow y Schroeder, 1953; Tibbo *et al.*, 1961). Smith (1956) registra la aparición de numerosos picos de marlines y peces espada clavados en fardos de goma flotantes. Carey y Robison (1981) relatan un ataque entre peces espada.

IV.2.3 Variación en la dieta

La dieta del pez espada varía entre las diferentes zonas geográficas (Maksimov, 1969; Hernández-García, en prensa) y depende de las especies presa presentes en el área (Tibbo *et al.*, 1961; Scott y Tibbo, 1968). Nakamura (1985) observa que el pez espada se

alimenta de peces y calamares oceánicos en aguas profundas, mientras que en aguas someras se alimenta de peces neríticos. El contenido estomacal del pez espada refleja la diversidad y abundancia relativa de las presas en el medio (Bello, 1985) y el número de especies varía con la latitud, incrementándose hacia el sur (Scott y Tibbo, 1968 y 1974).

No existe una preferencia clara ni en el transcurso del presente estudio ni entre los distintos estudios realizados por otros autores (Figura 3 y 4, Tablas I y II). La aparente persistencia de los ommastréfidos y la merluza o gádidos en la dieta del pez espada no es más que el reflejo de la abundancia de esas formas en el dominio donde se captura el pez espada.

La dieta del pez espada en la costa occidental de Baja California resulta interesante ya que ocurre en una zona de transición oceanográfica, entre la Corriente de California y el Pacífico tropical oriental, que causa una transición faunística (Young, 1972). Ya se discutió la distribución de las especies de cefalópodos observada en la dieta del pez espada. Algunas de las especies aparecieron en latitudes más sureñas que las registradas en Young (1972), lo que sugiere que la costa occidental de Baja California constituye una frontera oceanográfica de carácter dinámico.

La variabilidad anual en la dieta se debe a la variabilidad en la disponibilidad de las presas (LaMonte, 1941). Stillwell y Kohler (1985) justifican el cambio entre el tipo de presa hallado por anteriores autores, principalmente peces, y los hallados en su estudio, cefalópodos, en la dieta del pez espada del Atlántico noroeste; y justifican este hallazgo con

el aumento registrado durante esos años en la biomasa de cefalópodos en el margen continental de esa área.

Las muestras analizadas en este estudio fueron colectadas durante 1992 y principios de 1993, período en el cual se prolongó el evento de El Niño 1991-92 (Hayward, 1993). Este tipo de años se caracterizan por presentar una serie de anomalías oceanográficas cuyo efecto más notable es el incremento de la temperatura superficial en el Pacífico oriental, que ese traduce en un desplazamiento de las especies marinas de esta área hacia el norte de su límite septentrional (Pearcy y Schoener, 1987).

Tres estudios que incluyen dieta de depredadores marinos fueron realizados durante El Niño de 1983 en la corriente de California: Bernard *et al.* (1985) hallaron, en comparación con otros años, el eufasiáceo subtropical *Nyctiphanes simplex*, mayor dominancia de la anchoveta norteña *Engraulis mordax* y ausencia de cefalópodos en la dieta de tres especies de túnidos; Brodeur Pearcy (1992) hallaron el mismo eufasiáceo en el contenido estomacal de varios depredadores y mayor abundancia de larvas de anchoveta norteña en el plancton; y Lowry *et al.* (1990) encontraron restos de la langostilla pelágica *Pleuoncodes planipes* en excretas de león marino de California como efecto de El Niño. En adición, Pearcy y Schoener (1987) comentan la presencia de las dos especies citadas de crustáceos durante varios años de El Niño en la región subártica del Pacífico oriental.

No se puede establecer que el efecto de El Niño de 1991-92 se reflejara en la dieta del pez espada. Aparentemente, la langostilla pelágica *Pleuoncodes planipes* y el eufasiáceo *Nyctiphanes simplex*, presas secundarias del pez espada en este estudio, son especies

frecuentes frente a las costas de Baja California. Resultan evidentes la falta de estudios sobre la dieta del pez espada en el Pacífico oriental que permitieran una comparación, así como la falta de información sobre la distribución geográfica de las presas. No hay un trabajo de distribución de cefalópodos para el área desde Young (1972) y sobre los peces mesopelágicos desde Fitch y Lavenberg (1968).

Sin embargo, puede suponerse el potencial de la dieta del pez espada para percibir los cambios generados por el efecto de El Niño en la composición del necton del Pacífico este. Es de esperar, además, que los resultados obtenidos en el presente estudio difieran de los que puedan obtenerse en futuros trabajos. Brodeur y Pearcy (1992), comentan que la variaciones geográficas (latitudinales y costeras-oceánicas) en la composición de la dieta de varios depredadores fueron menos pronunciadas que las interanuales.

IV.2.4 Ecología trófica

En estudios sobre la dieta del pez espada en el Atlántico norte, Scott y Tibbo (1968) y Stillwell y Kohler (1985) observaron que el volumen de contenido estomacal aumentaba con la talla del pez, mientras que el volumen por unidad de peso corporal disminuía con la misma. Stillwell y Kohler (1985) no observaron diferencias en el peso del contenido estomacal ingerido por peces espada de distinto sexo ni en los tamaños de presa ingeridos por individuos de distintas tallas. En el presente estudio no se obtuvo suficientes muestras para probar diferencias en la dieta debido a sexo o tamaño en cada crucero. Sin embargo, dado que en los cruceros las proporciones de sexos, así como la distribución de tallas,

resultaron ser homogéneas, las diferencias en la dieta entre cruceros no pudo deberse a ninguna de estas dos causas.

Stillwell y Kohler (1985) observaron diferencias en el peso del contenido estomacal entre las áreas al norte y al sur del cañón de Hudson, Atlántico noroeste, y concluyeron que este hecho se debería tanto al mayor tamaño de los peces espada, como a la mayor productividad primaria registrada por otros autores para esa área.

El efecto producido por la diferencia de tamaños se contrarresta utilizando un índice de llenado respecto al peso del pez. En el presente estudio, el análisis de dicho índice permitió concluir que no existen diferencias en la cantidad de alimento que el pez espada ingiere en la costa occidental de Baja California. Esto sugeriría que el pez espada se concentra a lo largo de zonas frontales caracterizadas por una alta productividad (Sakagawa, 1989) para asegurar la alimentación, y que las migraciones inferidas dentro de esas áreas por medio de los movimientos de su pesquería (Tibbo *et al.*, 1961; Kume y Joseph, 1969) serían debidas a otras necesidades biológicas como la reproducción.

Si se toma en cuenta el efecto de la digestión diferencial, el peso de aquellos contenidos estomacales con mayor proporción de cefalópodos se hallaría subestimado en este cálculo. Estos datos corresponderían a los estómagos de los primeros cuatro cruceros (figuras 3 y 4), de lo que resulta que el pez espada se alimenta, en realidad, en mayor cantidad frente al sur de Baja California que frente a la costa norte. Blackburn (1969) menciona que la costa suroeste de Baja California es una zona de fuertes surgencias capaces de sostener una alta productividad primaria que atrae a los túnidos. No descarta que,

además, éstos sean atraídos por los numerosos bajos presentes en el área. En tal caso sería posible una diferenciación regional en cuanto a la disponibilidad de alimento, tal y como la plantean Stillwell y Kohler (1985) para el Atlántico noroeste.

No se han hecho suficientes estudios conducentes a explicar de manera más completa el papel del pez espada en el ecosistema pelágico. Mearns (1982) asigna al pez espada un nivel trófico de 3.97 en un trabajo sobre niveles tróficos de varios ecosistemas marinos de California. Su estudio se basa en 17 estómagos de pez espada colectados en tres meses (Mearns *et al.*, 1981) lo cual hace suponer que se trata de un tamaño de muestra insuficiente. Mearns (1982) otorga a los planctívoros una importancia desmedida en la dieta del pez espada, que en su estudio se compone de partes iguales de anchoveta norteña y merluza del Pacífico según el I.I.R., negando la participación de carnívoros como calamares y peces mesopelágicos. Esto se traduce en una subestimación del nivel trófico del pez espada.

Según Stillwell y Kohler (1985) la naturaleza oportunista del comportamiento alimenticio del pez espada le permite alimentarse de varios niveles tróficos durante su migración vertical diurna. Es lógico pensar que su nivel trófico varíe en el espacio y en el tiempo junto con el de sus presas. Brodeur y Pearcy (1992) hallaron diferencias en los niveles tróficos del ecosistema pelágico que ellos estuvieron estudiando durante cuatro años, por lo que éste es un concepto variable.

Mearns (1982) sitúa al pez espada en el ecosistema pelágico costero, junto con el bonito *Sarda chiliensis*, el tiburón cola de zorro *Alopias vulpinus*, el tiburón azul *Prionace*

glauca, el león marino de California *Zalophus californianus* y el mako *Isurus oxyrinchus*. Todos estos depredadores marinos se capturan junto al pez espada habitualmente (Hanan *et al.*, 1989), además de otros más como la opah *Lampris regius* y el pez sol *Mola mola*. La interacción entre estos depredadores, que supuestamente ocupan el mismo nicho ecológico, no se ha estudiado, ni siquiera la dieta de algunos de ellos. Toll y Hess (1981) comparan los hábitos alimenticios del pez espada con la de los istiofóridos del Atlántico tropical y concluyen que los peces y los octópodos son más importantes en la dieta de éstos últimos que en la del pez espada. El pez espada comparte un gran número de presas con túnidos, istiofóridos, tiburones y mamíferos marinos. Se requeriría un estudio simultáneo para evaluar las interacciones entre estas especies, ya que las variaciones espaciotemporales limitan cualquier tipo de comparaciones entre distintos trabajos.

Dicho estudio permitiría evaluar el consumo ejercido por los depredadores marinos sobre especies de interés comercial para el hombre. Stillwell y Kohler (1985) estimaron entre 2,100 y 11,000 t la biomasa consumida por el pez espada durante sus seis meses de residencia en el Banco de George. Entre todos los depredadores considerados en esa área consumirían 330,000 t, esto es, el 15% de la producción estimada de peces y calamares en el área.

Con respecto a sus depredadores, algunos túnidos, istiofóridos, el dorado y el tiburón azul se alimentan de larvas y juveniles de pez espada (Yabe *et al.*, 1959). El tiburón mako *Isurus oxyrinchus* es el único depredador que se alimenta de pez espada, aunque no de ejemplares de gran tamaño (Bigelow y Schroeder, 1953; Stillwell y Kohler, 1982).

IV.3 Metodología de la dieta

IV.3.1 Digestión diferencial y acumulación de restos

La cuantificación de la dieta de un depredador que se alimenta principalmente de dos tipos de presa como son los cefalópodos y peces está sujeta a dos tipos de errores. El primero está provocado por la digestión diferencial, que alude al hecho de que los distintos tipos de presa presentan distinta tasa de digestión. Olson y Boggs (1986) encontraron que el calamar era digerido más rápido por el atún aleta amarilla que la macarela, debido a que el primero tiene menor contenido graso y una cavidad corporal que ofrece mayor área a la digestión. Bigg y Fawcett (1985), en un experimento con digestión artificial, observaron que mientras los calamares quedan reducidos a los picos y la pluma en 7-10 horas, la sardina aún mantiene las bandas musculares.

El otro tipo de error es el producido por la diferencia en la acumulación de los distintos restos duros. Scheffer (1950) es el primero en meditar sobre la persistencia de los picos de calamar en el contenido estomacal. Bigg y Fawcett (1985) observaron que los picos de calamar permanecen hasta 33 horas en el estómago de oso marino del norte después de ser ingeridos, aunque este tiempo es muy variable, mientras que los otolitos, huesos y escamas de salmón lo hacen hasta 9 horas. Ellos explican este hecho aludiendo a la forma irregular de los picos que, al trabarse en el pliegue del estómago, se impediría su paso hacia el intestino, además de que su naturaleza quitinosa los hace más indigestos que los restos calcáreos de los peces.

Hernández-García (en prensa) halló que en una solución más ácida que el tracto digestivo de los peces, los otolitos de la macarela del Pacífico se digieren en seis horas, mientras que los picos de ommastréfidos permanecen sin hacerlo al menos 48 horas. Fitch y Brownell (1968) y Jobling y Breiby (1986) concluyen que los otolitos presentes en los estómagos de mamíferos y aves marinas son los restos de una sola ración. Furness *et al.* (1984) comentan que los picos de cefalópodos pueden ser retenidos en el estómago del albatros al menos 50 días, mientras que los otolitos no permanecen más de un día. Brock (1984) y Bello (1990) también sugieren que los picos de calamar son más duraderos que los restos óseos de los peces.

IV.3.2 Cuantificación de la dieta

La digestión diferencial hace que el método gravimétrico subestime la participación de los cefalópodos en la dieta. El segundo tipo de error hace que los cefalópodos sean sobreestimados por los métodos numérico y de frecuencia de ocurrencia, si se toman en cuenta las trazas. Para evitar estos dos errores, Bigg y Perez (1985) crearon el método de volumen modificado, que se explicó en materiales y métodos, y que en esencia evita la comparación de volúmenes entre peces y cefalópodos.

Perez y Bigg (1981), al cuantificar la dieta del oso marino del norte, usaron el coeficiente de concordancia de Kendall para comparar el orden de los valores porcentuales asignados por siete métodos distintos con el asignado por el método del volumen modificado y hallaron diferencias significativas sólo en tres de las 162 combinaciones que compararon por área y mes.

El uso del coeficiente de correlación ordenada de Spearman entre los órdenes asignados por el I.I.R. y el método de volumen modificado para las presas del pez espada en su dieta no permitió concluir que hubiese correlación alguna entre ambos métodos. Una nueva prueba en cada crucero, tras eliminar aquellas presas que presentaron porcentajes menores al 1% en cualquiera de los dos métodos, no mejoró en general la correlación entre ellos, pese a haber disminuido el número de pares comparados.

En general el I.I.R. asigna mayores porcentajes a las presas más numerosas y frecuentes, debido al hecho de haber tomado en cuenta los restos traza en la cuantificación de la dieta por los tres métodos que componen este índice. Además ya se mencionó el efecto multiplicativo que presenta este índice cuando las presas se cuantifican por grupos respecto a las cuantificadas individualmente. Se prefiere el uso de las gráficas de este método, donde queda desglosado el cálculo de los tres índices porcentuales básicos (número, peso y frecuencia), al uso de su valor numérico, el cual resulta difícil de interpretar.

Se observó que el método del volumen modificado asignaba mayores valores a las presas más voluminosas. Esto quedó patente al utilizar de nuevo el coeficiente de correlación ordenada de Spearman para calcular la correlación existente entre el orden asignado por volumen modificado y el asignado por el método gravimétrico. Tomando en cuenta las presas donde el volumen modificado asignó algún valor, la correlación entre ambos métodos resultó altamente significativa en la mayoría de los cruceros ($r_s > 0.8$, $p < 0.01$) (apéndice B). Un nuevo análisis tomando en cuenta todas las presas mostró que la correlación entre ambos métodos en todos los cruceros era altamente significativa en todos

ellos ($r_s > 0.8$, $p < 0.01$). Se concluye que en este estudio el método del volumen modificado asigna esencialmente el mismo orden de importancia que el método gravimétrico, aunque esto no significa que los dos métodos asignen los mismos porcentajes a cada especie de presa (Bigg y Perez, 1985). Esta similitud tiene su base en que, mientras el método de volumen modificado no toma en cuenta a las presas represanetadas sólo por restos traza (<10 ml), en el método volumétrico esas mismas son las menos importantes.

Croxall (1993) recomienda el uso de los tres métodos básicos (numérico, gravimétrico y frecuencia de ocurrencia). Este uso se toma como redundante en Macdonald y Green (1983) aunque, al menos en el presente estudio, cada uno de los métodos tuvo distinto significado (figuras 3 y 4). Es esencial conocer las interpretaciones y errores que cada uno de estos métodos proporciona, las cuales quedan ampliamente discutidas en Cailliet (1976), Berg (1979) e Hyslop (1980).

Perez y Bigg (1980) sugieren eliminar los restos de trazas (aquellos restos menores a 10 cc), como picos de calamar o huesos y otolitos de peces en la cuantificación de la dieta, con objeto de hacer más precisos los métodos numérico y de frecuencia. Ankenbrandt (1985) y Bernard *et al.* (1985) proponen una medida de razón volumétrica media, como la media resultante del cálculo del porcentaje volumétrico de cada presa en cada estómago. De igual manera se puede obtener una medida de razón numérica media que, a diferencia de los métodos volumétrico y numérico convencionales, permite determinar una media, varianza y desviación estándar para utilizarlos en pruebas estadísticas.

Moreira (1990) utilizó el método del volumen reconstruido (Hyslop, 1980), esto es, la estimación de los volúmenes de las presas a partir de regresiones basadas en la longitud del otolito en peces y la LRI en cefalópodos, para cuantificar la dieta del pez espada. Aunque se dispone de regresiones para cefalópodos y peces pelágicos (cuya importancia comercial ha contribuido a estudiarlos) la falta de regresiones calculadas para los peces mesopelágicos reduce la aplicación de este método. Además, el uso de la LRI de cefalópodos para estimaciones de volumen resulta en una exageración del mismo, debido a la prolongada residencia de los picos en el estómago. Incluso los efectos de la digestión sobre los otolitos (ver más abajo) derivan en la subestimación del volumen de los peces, por lo que este método no debería utilizarse en depredadores que, como el pez espada, se alimentan de presas de tan distinta naturaleza.

IV.3.3 Otolitos y lentes oculares en el estudio de la dieta

Los otolitos se han utilizado en estudios de dieta para identificar no sólo las especies sino las tallas de los peces presa digeridos (Fitch y Brownell, 1968), a pesar de que este uso ha sido criticado (Jobling y Breiby, 1986). Los otolitos de *Lepomis cyanellus* sumergidos en formol neutralizado se mantienen sin deteriorarse durante 60 días (McMahon y Tash, 1986), aunque Treacy y Crawford (1981) duden de su uso con otolitos más delicados. A pesar de haber utilizado formol neutralizado para preservar las muestras a bordo y nunca haber superado ese tiempo antes de analizar los contenidos estomacales, en el presente estudio sólo fueron observados otolitos de *Merluccius productus*. Los otolitos de los gádidos se consideran entre los más resistentes a la digestión (Jobling y Breiby, 1986; Pierce *et al.*,

1993, Hernández-García, en prensa) y su cuantificación subestimaría la participación de las otras especies de peces en la dieta.

Tampoco está claro si los últimos restos del pez en digerirse son los otolitos, por estar protegidos en el cráneo, como proponen Jobling y Breiby (1986) y Treacy (1981), o son los huesos, por estar constituidos de fosfato cálcico, como proponen Pierce *et al.* (1993). Estos últimos autores comentan que, mientras que las especies de peces más comunes fueron detectadas con más frecuencia por medio de sus otolitos, otras especies fueron detectadas más frecuentemente por medio de sus huesos.

El uso de los lentes oculares de cefalópodos y peces fue propuesto por Clarke (1986b) para cuantificar la participación de ambos en la dieta, basándose en que estos restos supuestamente no presentaban la digestión diferencial que se había observado para otras piezas, algo que Hernández-García (en prensa) comprobó posteriormente. Sin embargo estos restos presentan el inconveniente de que no pueden ser utilizados de momento para la identificación de las especies de presas, aunque Pierce *et al.* (1993) sugieren que el análisis de las proteínas que componen los lentes oculares podrían permitirlo en un futuro.

IV.3.4 Presas secundarias

Otra fuente de error la constituye el hecho de considerar las presas secundarias, aquellas depredadas por las presas primarias, en la cuantificación de la dieta del pez espada (Perrin *et al.*, 1973). Este es un factor de difícil cuantificación. Se encontró un *Octopoteuthis deletron* carente de manto (LRL = 5.2 mm) en el contenido estomacal de un *Trachipterus altivelis* hallado en un pez espada del octavo crucero. En el mismo estómago

de pez espada se halló otro par de picos de la misma especie de calamar, desconociéndose si provenía del mismo *Trachipterus*. Tal vez las presas de menor tamaño, como *Vinciguerria lutea* entre los peces u *Onychoteuthis banksii* entre los calamares sean en realidad presas secundarias. De cualquier modo esto no influiría en el estudio, dado que todas ellas tuvieron escasa importancia en la dieta del pez espada.

Se supuso que los restos de crustáceos hallados corresponderían al contenido estomacal de presas como *Trachipterus altivelis*, *Paralepis atlanticus* o *Merluccius productus*. Aunque también se han registrado crustáceos, principalmente del orden Decapoda, para la dieta del pez espada en Yabe *et al.* (1959), Tibbo *et al.* (1961), Scott y Tibbo (1968), Maksimov (1969), Azevedo (1989), Bello (1990) y Gouveia (1992), estos solo fueron importantes en su dieta en Guitart-Manday (1964), Moreira (1990), Hernández-García (en prensa) y González⁶. Un peneido no identificado fue importante en la dieta del pez espada inmaduro al norte del archipiélago hawaiano (observación personal). Cavaliere (1963), Maksimov (1969), Stillwell y Kohler (1985) y Bello (1990) registraron otros invertebrados para la dieta del pez espada, aunque el primero de ellos comenta que la rara ocurrencia de plancton le llevó a pensar que éste no toma parte en la alimentación normal del animal.

Ocasionalmente, el pez espada capturado regurgita su contenido estomacal, lo cual afecta a la cuantificación de la dieta (Tibbo *et al.*, 1961; Beckett, 1974; Bello, 1990 y 1991). Estos autores al menos lo pudieron observar, pues sus muestras provenían de peces

⁶ *Ibidem* p. 7

capturados por arpón. Si, por el contrario, el pez se captura con red o palangre no es posible detectarlo y produce un error difícil de cuantificar. La eversión de los estómagos, sin embargo, es fácil de detectar y durante este estudio su frecuencia fue muy baja.

IV.4 Calorimetría

IV.4.1 Calorías por peso húmedo

Childress y Nygaard (1973) encontraron que al aumentar en profundidad la distribución vertical de las distintas especies, éstas presentan un mayor contenido corporal de agua que se traduce en un menor contenido calórico por peso húmedo, como respuesta a la ventaja de contar con un mayor tamaño corporal. Si se prescinde del valor calórico de la macarela *Scomber japonicus* (tabla IX), anormalmente bajo debido probablemente a un error experimental, los peces pelágicos, salvando las diferencias observadas en la misma tabla, presentan un menor contenido acuoso y un mayor contenido calórico que las especies mesopelágicas. Thayer *et al.* (1973) comentan que los peces planctívoros, debido a tan energético alimento, presentan un mayor contenido calórico que los peces carnívoros u omnívoros. Esto podría explicar también los mayores valores observados en los peces pelágicos analizados en este estudio (principalmente planctívoros) en relación a los mesopelágicos (carnívoros).

Los valores calóricos de los cefalópodos frescos (apéndice F) difieren entre ellos debido a la diferencia en el contenido acuoso que presentan las distintas especies (Clarke *et al.*, 1985). Los cefalópodos presentan un menor contenido calórico que el "krill" o los peces

debido a que su contenido lipídico se aproxima al 0.88% del peso corporal, frente a los 2% o los 8-14% que presentan, respectivamente, estos últimos (Croxall y Prince, 1982). Esto explicaría por qué el calamar gigante presentó el menor valor entre las especies analizadas (tabla IX).

IV.4.2 Calorías por peso seco libre de cenizas

Golley (1961) y Slobodkin y Richman (1961) comentan la constancia entre los valores calóricos por peso seco libre de ceniza en el reino animal. A pesar de que en las especies analizadas aún hubo diferencias significativas entre estos valores calóricos (tabla IX), los resultados fueron más homogéneos que los valores relativos al peso húmedo (tabla X).

Golley (1961) concluye que el valor calórico de un animal está en función de su genética, nutrición e historia de vida. Steimle y Terranova (1985) registraron variaciones estacionales significativas en el contenido calórico de varios peces, y Croxall y Prince (1982) comentan que esas variaciones, producidas por el estado reproductivo o la edad, serían la causa de diferentes contenidos calóricos en varias especies de cefalópodos.

Thayer *et al.* (1973) no encontraron variaciones estacionales en peces adultos, pero sí variaciones relacionadas con el estadio de vida y la dieta. Perez (1994) encontró variaciones estacionales y geográficas en el contenido calórico de varias especies de peces y las atribuyó a diferencias en el contenido lipídico provocadas por el estadio reproductivo. Steimle y Terranova (1985) concluyen que la gran variabilidad existente entre los valores registrados por diversos autores son debidos a la condición (edad, reproducción, salud, etc.)

de las especies analizadas, condiciones medioambientales, variación en la metodología y número de muestras. Las diferencias significativas entre los valores calóricos por peso seco libre de cenizas de las presas del pez espada (tabla X) podrían deberse a cualquiera de estos factores.

IV.4.3 Preservantes y calorimetría

No es conocido el efecto del alcohol y formol en la medición calorimétrica de los ejemplares conservados en tales preservantes. Los peces analizados, excepto la sardina y la macarela, se preservaron en formol hecho con agua de mar por al menos un mes y se transfirieron a alcohol por un año. Supuestamente estos preservantes se evaporarían durante el proceso de deshidratación a que se someten las muestras antes de calcular su peso seco e introducir las en la bomba calorimétrica. Sin embargo, por otra parte, Parker (1963) comenta que los peces preservados en formol hecho con agua de mar pierden entre el 9 y 5% de su peso original por intercambio osmótico en 40 días. Los peces preservados en alcohol también pierden entre el 4 y el 17% de su peso inicial (Parker, 1963).

Este hecho se traduciría en una sobreestimación del contenido calórico por peso húmedo de tales muestras. [Sin embargo, no se vería afectada la cuantificación de la dieta con el método gravimétrico, ya que el procedimiento fue consistente con todas las muestras a lo largo del estudio (Hyslop, 1980).]

Los peces preservados, excepto la merluza y la melva, provenían del contenido estomacal del pez espada. Aunque se eligieron aquellos ejemplares en mejores condiciones, muchos presentaban las vísceras semidigeridas y, como estos órganos son los más ricos en

lípidos, es probable que el contenido calórico de tales ejemplares resulte subestimado, aún respecto al peso seco libre de cenizas.

IV.4.4 Aporte calórico

Las diferencias observadas en el contenido calórico de las presas pudieron deberse a las condiciones de los especímenes examinados o a la metodología empleada. Otros autores no han observado estas diferencias Golley (1961), Slobodkin y Richman (1961) y Abitia-Cárdenas (1992). De cualquier manera, en el caso de un depredador oportunista como el pez espada no se espera una selección por su parte hacia las presas de mayor contenido calórico. Antes bien, dadas las grandes diferencias halladas en la composición de las especies presa en la dieta del pez espada, cabría esperar que el aporte calórico de cada presa estaría más en función de su participación en la dieta que de su contenido calórico específico.

V CONCLUSIONES

1. Los cefalópodos dominan la dieta del pez espada en las costas del sur de Baja California, con una composición específica constante liderada por los ommastréfidios. Los peces dominan la dieta en las costas del norte de Baja California, con una composición específica variable pero liderada por formas mesopelágicas.

2. Existen diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en la composición numérica de la dieta del pez espada a lo largo de toda la costa occidental de Baja California.

3. El pez espada se concentra en las costas de Baja California atraído por su alta productividad, donde se alimenta por igual, o la relativa mayor productividad del sur de Baja California hace que el pez espada se alimente más en esa área.

4. El pez espada es un depredador oportunista y eficaz, de manera que su dieta refleja la composición específica y la abundancia de sus presas en el ecosistema pelágico. Este hecho permite obtener información sobre la ecología y distribución de estas especies, la cual sería especialmente valiosa en el caso de aquellas con importancia comercial.

5. Existen diferencias en el contenido calórico de las presas del pez espada. Sin embargo, y dado que las diferencias en la participación específica en la dieta son mayores que las diferencias interespecíficas en el contenido calórico, el aporte calórico de las presas dependerá en mayor medida de su participación en la dieta del pez espada.

LITERATURA CITADA

- Abitia-Cárdenas L. A. 1992. Espectro trófico energético del marlín rayado *Tetrapturus audax* (Philippi, 1887) y marlín azul *Makaira mazara* (Jordan y Sneider, 1901), del área de Cabo San Lucas, B. C. S., México. Tesis de Maestría. CICIMAR. La Paz, B. C. S. México.
- Abramov, A. A. y A. N. Kotlyar. 1980. Some biological features of the Peruvian jack mackerel, *Trachurus symmetricus murphyi*. J. Ichthyol., 20(1): 25-31.
- Aguilar-Palomino, B. 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. CICIMAR. La Paz, B. C. S. México.
- Alverson, F. G. 1963. El alimento del atún aleta amarilla y del barrilete en el oceano Pacífico oriental tropical. Bol. Com. InterAmer. At. Trop., 7: 293-396.
- Amezaga, R. 1988. Análisis de contenidos estomacales de peces. Revisión bibliográfica de los objetivos y la metodología. Informes Técnicos del Instituto Español de Oceanografía, 63: 49 pp.
- Ankenbrandt, L. 1985. Food habits of bait caught skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, from the southwestern Atlantic Ocean. Fish. Bull., 83(3): 379-393.

- Anónimo. 1979. Fishery Management Plan for Billfish and Oceanic Shark (Eastern Pacific).
Part I: Billfish. Pacific Fishery Management Council. Manuscrito no publicado.
- Anónimo. 1991. Status of Pacific Oceanic living marine resources of interest to the USA for 1991. NOAA TM NMFS SWFSC 165: 78 pp.
- Antonelis, G. A., M. S. Lowry, C. F. Fiscus, B. S. Stewart y R. L. DeLong. 1994. Diet of the northern elephant seal. p. 211-223. En: Elephant seals: Population ecology, behavior and physiology (B. J. Le Boeuf y R. M. Laws eds.). Univ. of Calif. Press. Berkeley.
- Ashmole, M. J. y N. P. Ashmole. 1968. The use of food samples from sea birds in the study of seasonal variation in the surface fauna of tropical oceanic areas. Pac. Sci., 22: 1-10.
- Azevedo, M. 1989. Information on the swordfish fishery in the Portuguese continental EEZ. ICCAT. Col. Vol. Sci. Pap. Vol. XXXII(2): 299-322.
- Bailey, K. M., R. C. Francis y P. R. Stevens. 1982. The life history and fisheries of Pacific whiting, *Merluccius productus*. CalCOFI Rep., Vol XXIII: 81-98.
- Baker, A. N. 1966. Food of marlins from New Zealand waters. Copeia, 4: 818-822.
- Beckett, J. S. 1974. Biology of swordfish, *Xiphias gladius* L., in the northwest Atlantic ocean. En: Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 Aug. 1972. Part 2 (Shomura, R. S. y F. Williams, ed.). Review and Contributed Papers, U. S. Dep. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675: 103-106.

- Bello, G. 1985. Preliminary note on cephalopods in the stomach content of swordfish, *Xiphias gladius* L., from the Ionian and Adriatic seas. Rapp. Comm. int. Mer. Médit., 29(8): 231-232
- Bello, G. 1990. Food of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Eastern Mediterranean sea. Quaderni Ist. Idrobiol. Acquacolt. Brunelli, 10: 33-47.
- Bello, G. 1991. Role of cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the Eastern Mediterranean sea. Bull. Mar. Sci., 49(1-2): 312-324.
- Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). Mar. Biol. 50: 263-273.
- Bernard, H. J., J. B. Hedgepeth y S. B. Reilly. 1985. Stomach contents of albacore, skipjack, and bonito caught off southern California during summer 1983. CalCOFI Rep. Vol. XXVI: 175-182.
- Best, E. A. 1963. Contribution to the biology of the Pacific hake, *Merluccius productus*. CalCOFI Rep. Vol. IX: 51-56.
- Bigelow, H. B. y W. Schroeder. 1953. Fishes of the Gulf of Maine. U. S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull. 53, 577 p.

- Bigg, M. A. y M. A. Perez. 1985. Modified volume: a frequency-volume method to assess marine mammal food habits. p. 277-283. En: Marine mammals and fisheries (J. R. Beddington, R. J. H. Beverton y D. M. Lavigne eds.). G. Allen and Unwin, Londres.
- Bigg, M. A. e I. Fawcett. 1985. Two biases in diet determination of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*). p. 284-291. En: Marine mammals and fisheries (J. R. Beddington, R. J. H. Beverton y D. M. Lavigne eds.). G. Allen and Unwin, Londres.
- Blackburn, M. 1969. Conditions related to upwelling which determine distribution of tropical tunas off western Baja California. Fish. Bull., 68(1): 147-176.
- Blunt, C. E. 1960. Observations on the food habits of longline caught bigeye and yellowfin tuna from the tropical eastern Pacific 1955-1956. Calif. Fish and Game 46(1): 69-80.
- Brock, R. E. 1984. A contribution to the trophic biology of the blue marlin (*Makaira nigricans* Lacépède, 1802) in Hawaii. Pac. Sci., 38(2): 141-149.
- Brodeur, R. D. y W. G. Pearcy. 1992. Effects of environmental variability on trophic interactions and food web structure in a pelagic upwelling ecosystem. Mar. Ecol. Prog. Ser. 84: 101-119.
- Cailliet, G. M. 1976. Several approaches to the feeding ecology of fishes. p. 1-13. En: Fish food habit studies. Proceedings of the 1st Pacific northwest technical workshop (C. A. Summenstad y S. J. Lipovsky eds). Univ. Washington, Seattle, WA.
- Carey, F. G. 1982. A brain heater in the swordfish. Science 216: 1327-1329.

- Carey, F. G. 1989. Further acoustic telemetry observations of swordfish. p: 103-122. En: Planning the future of billfishes. Part 2. Procc. of the Second Int. Billfish Symp. Kailua-Kona, Hawaii. National Coalition for the Marine Conservation (Stroud, R. H. ed.). Inc. Savannah, Georgia. 321 pp.
- Carey, F. G. y B. H. Robison. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. Fish. Bull., 79 (2): 277-292.
- Castro, B. G. y A. Guerra. 1990. The diet of *Sepia officinalis* (Linnaeus, 1758) and *Sepia elegans* (D'Orbigny, 1835) (Cephalopoda, Sepioidea) from the Ria de Vigo, (NW Spain). Sci. Mar., 54(4): 375-388.
- Cavaliere, A. 1963. Studi sulla biologia e pesca di *Xiphias gladius* L. Nota II. Boll. Pesca Pisc. Idrobiol. 18(2):143-170. (English translation: Fish. Res. Board Can. Trans. Ser. No. 2298).
- Childress, J. J. y M. H. Nygaard. 1973. The chemical composition of midwater fishes as a function of depth of occurrence off southern California. Deep-Sea Research, 20: 1093-1109.
- Church, R. E. 1968. Broadbill swordfish in deep water. Sea Frontiers, 14: 246-249.
- Clark, F. N. y J. B. Phillips. 1936. Commercial use of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*. Calif. Fish and Game. 22 (2): 143-144.

- Clarke, A., M. R. Clarke, L. J. Holmes y T. D. Walters. 1985. Calorific values and elemental analysis of eleven species of oceanic squids (Mollusca:Cephalopoda). *J. mar. biol. Ass. U. K.* 65: 983-986.
- Clarke, M. R. 1962. The identification of cephalopod "beaks" and the relationship between beak size and total body weight. *Bull. British Museum (Natural History) Zoology*, 8 (10): 422-480.
- Clarke, M. R. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. *Adv. Mar. Biol.*, 4: 91-300.
- Clarke, M. R. (Ed.) 1986a. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford. 273 pp.
- Clarke, M. R. 1986b. Cephalopods in the diet of odontocetes. p. 281-321. En: *Research on dolphins* (M. M. Bryden y R. Harrison eds.). Clarendon Press, Oxford.
- Clarke, M. R. y T. K. Kristensen. 1980. Cephalopod beaks from the stomachs of two northern bottlenosed whales (*Hyperoodon ampullatus*). *J. mar. biol. Ass. U. K.* 60: 151-156.
- Clarke, M. R. y N. MacLeod. 1976. Cephalopod remains from sperm whales caught off Iceland. *J. mar. biol. Ass. U. K.* 56: 733-749.
- Clarke, M. R. y N. MacLeod. 1980. Cephalopod remains from sperm whales caught off Western Canada. *Mar. Biol.* 59: 241-246.

- Clarke, M. R. y N. McLeod. 1982. Cephalopod remains from the stomachs of sperm whales caught in the Tasman sea. *Memoirs of the National Museum Victoria*, 43: 25-42.
- Clarke, M. R. y F. Trillmich. 1980. Cephalopods in the diet of fur seals of the Galapagos Islands. *J. Zool.*, 190: 211-215.
- Clarke, M. R., N. MacLeod y O. Paliza. 1976. Cephalopods remains from the stomachs of sperm whales caught off Peru and Chile. *J. Zool.*, 180: 477-493.
- Clarke, M. R., N. MacLeod, H. P. Castello y M. C. Pinedo. 1980. Cephalopod remains from the stomach of a sperm whale stranded at Rio Grande do Sul in Brazil. *Mar. Biol.* 59: 235-239.
- Clothier, C. R. 1950. A key to some Southern California fishes based on vertebral characters. *Calif. Dep. Fish and Game. Fish. Bull.*, 79: 1-83pp.
- Condit, R. y B. J. Le Boeuf. 1984. Feeding habits and feeding grounds of the northern elephant seal. *J. Mamm.*, 65(2): 281-290.
- Crow, M. E. 1982. Some statistical techniques for analyzing the stomach contents of fish. p. 8-15. En: *Fish food habits studies. Proceedings of the Third Pacific Workshop* (G. M. Cailliet y C. A. Simenstad eds.). Washington Sea Grant Publ., Univ. Washington, Seattle, WA.
- Croxall, J. P. 1993. Diet. p. 268-290. En: *Antartic seals. Research methods and techniques* (Laws, R. M. ed.) Cambridge University Press. New York.

- Croxall, J. P. y P. A. Prince. 1982. Calorific content of squid (Mollusca: Cephalopoda). Br. Antarct. Surv. Bull., 55: 27-31.
- De la Serna, J. M., E. Alot y E. Rivera. 1992. Análisis de las CPUES por grupos de tallas de pez espada (*Xiphias gladius*) capturado con artes de superficie y enmalle a la deriva en el area del estrecho de Gibraltar, durante los años 1989 y 1990. Relación con la fase lunar y otros factores ambientales. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap., 39(2): 626-634
- De Sylva, D. P. 1962. Red-water blooms off Northern Chile, April-May 1956, with reference to the ecology of the swordfish and the striped marlin. Pac. Sci. 16: 271-279.
- Ehrhardt, N. M., A. Solís N., J. Pierre S., J. Ortiz C., P. Ulloa R., G. González D. y F. García B. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. Ciencia Pesquera 5: 63-76.
- Ermakov, Y. K. 1982. Populations of Pacific hake, *Merluccius productus* (Merluccidae), and the boundaires of distribution. Journal of Ichthyology, 22(5): 153-156.
- Eschmeyer, W. N. 1963. A deepwater-trawl capture of two swordfish (*Xiphias gladius*) in the Gulf of Mexico. Copeia, 3: 590.
- Evans, D. H. y Wares P. G. 1972. Food habits of striped marlin and sailfish off Mexico and southern California. U. S. Dep. Int. Fish Wild. Serv. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife. Res. Rep., 76: 10 pp.

- FAO. 1993. Anuario Estadístico de Pesca. Capturas y Desembarques. 74: 654 p.
- Finnerty, J. R. y B. A. Block. 1995. Evolution of cytochrome *b* in the Scombroidei (Teleostei): molecular insights into billfish (Istiophoridae y Xiphiidae) relationships. *Fish. Bull.* 93(1): 78-96.
- Fiscus, C. H. 1979. Interactions on marine mammals and Pacific hake. *Mar. Fish. Rev.* 41(10): 1-9.
- Fiscus, C. H. 1991. Notes on North Pacific gonatids: identification of body fragments and beaks from marine mammal stomachs. pp 2-6. En: The Western Society of Malacologist, Annual Report Vol. 23, issued May 4, 1991. Abstracts and Proceedings of the Annual Meeting held at Seattle, Washington, 18-22 June, 1990, 27 p.
- Fiscus, C. H. y G. A. Baines. 1966. Food and feeding behavior of steller and California sea lions. *J. Mammal.*, 47 (2): 195-200.
- Fiscus, C. H., D. W. Rice y A. A. Wolman. 1989. Cephalopods from the stomach of sperm whales taken off California. NOAA Technical Report 83: 21p.
- Fitch, J. E. 1964. The ribbonfishes (Family Trachipteridae) of the eastern Pacific ocean, with a description of a new species. *California Fish and Game* 50(4):228-240.
- Fitch, J. E. y R. L. Brownell. 1968. Fish otoliths in cetacean stomachs and their importance in interpreting feeding habits. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 25(12): 2561-2574.

- Fitch, J. E. y R. J. Lavenberg. 1968. Deep-water teleostean fishes of California. University of California Press. California natural history guides, 25: 155 pp.
- Fritz, E. S. 1974. Total diet comparison in fishes by spearman rank correlation coefficients. COPEIA, 1: 210-214.
- Furness, B. L., R. C. Laugksch y D. C. Duffy. 1984. Cephalopod beaks and studies of seabird diets. Auk, 101: 619-620.
- Galvan-Magaña, F., H. J. Nienhuis y A. P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, Mexico. Calif. Fish and Game, 75(2): 74-84.
- García-Franco, W. 1993. Proyecto pelágicos menores: Boletín anual temporada 1992. SEPESCA. Inst. Nal. Pesca. CRIP. Ensenada, B. C. México.
- García-Franco, W., M. L. Granados-Gallegos, A. Cota-Villavicencio y F. J. Sánchez-Ruiz. 1994. Proyecto pelágicos menores: Boletín anual temporada 1993. SEPESCA. Inst. Nal. Pesca. CRIP. Ensenada, B. C. México.
- Golley, F. B. 1961. Energy values of ecological materials. Ecology, 42(3): 581-584.
- Gotshall, D. W. 1969. Stomachs contents of Pacific hake and arrowtooth flounder from northern California. Calif. Fish. Game 55: 75-82.

- Gouveia, L. 1992. Swordfish (*Xiphias gladius*, Linnaeus) fishing experiment in Madeira EEZ. ICCAT Collect. Vol. Sci. Pap., 39 (2): 477-483.
- Guerra, A., F. Simon y A. F. Gonzalez. 1993. Cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the northeastern Atlantic ocean. p. 159-164. En: Recent Advances in Cephalopod Fishery Biology (Okutani, T., O'Dor, R. K. y Kubodera, Y. eds.). Tokai University Press, Tokio.
- Guitart-Manday, D. 1962. Biología pesquera del emperador o pez espada, *Xiphias gladius* Linnaeus (Teleostomi: Xiphiidae) en las aguas de Cuba. Poeyana, Ser. B., No 1, 37 pp.
- Hanan, D. A., D. B. Holts y A. L. Coan, Jr. 1993. The California drift gill net fishery for sharks and swordfish, 1981-82 through 1990-91. Calif. Fish Bull. 175: 95 p.
- Harvey, J. T. 1989. Food habits, seasonal abundance, size, and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. Calif. Fish and Game 75(1): 33-44.
- Hayward, T. L. 1993. Preliminary observations on the 1993-1992 El Niño in the California current. CalCOFI Rep., 34: 21-29.
- Hernández-García. En prensa. The diet of the swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) in the central East Atlantic with an emphasis on the role of cephalopods. Fish. Bull. 93(2).
- Hess, S. C. y R. B. Toll. 1981. Methodology for specific diagnosis of cephalopod remains in stomach contents of predators with reference to the broadbill swordfish, *Xiphias gladius*. J. Shell. Res. 1 (2): 161-170.

- Hoffman, M. 1979. The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. p. 56-61. En: Fish food habits studies. Proceedings of the Second Pacific Workshop (C. A. Simenstad y S. J. Lipovsky eds.). Washington Sea Grant Publ., Univ. Washington, Seattle, WA.
- Holts, D. B., N. W. Bartoo y D. W. Bedford. 1994. Swordfish tracking in the Southern California Bight. U. S. NMFS SFSC Admin. Rep. LJ-94-15: 9 p.
- Hubbs, C. L. y R. L. Wisner. 1953. Food of marlin in 1951 off San Diego, California. Calif. Fish and Game 39(1): 127-131.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17: 411-429.
- Imber, M. J. 1978. The squid families Cranchiidae and Gonatidae (Cephalopoda: Teuthoidea) in the New Zealand region. N. Z. J. Zool., 5: 445-484.
- Iversen, R. T. B. 1962. Food of albacore tuna, *Thunnus germon* (Lacépede), in the central and northeastern Pacific. U. S. Dep. Int. Fish Wild. Serv., Fish. Bull. 214(62): 459-481.
- Iverson, L. K. y L. Pinkas. 1971. A pictorial guide to beak of certain Eastern Pacific cephalopods. Calif. Fish and Game, 152: 83-105.
- Jobling, M. y A. Breiby. 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. Sarsia 71: 265-274.

- Juhl, R. 1955. Notes on the feeding habits of subsurface yellowfin and bigeye tunas of the eastern tropical Pacific ocean. *Calif. Fish and Game*, 41(1): 99-101.
- Kajimura, H. 1969. Northern range extension for *Paralepis atlantica* Kroyer in the eastern north Pacific. *Calif. Fish and Game*, 55(3): 246-247.
- Kingsley, J. S. 1922. The food habits of swordfish. *Nature*, LVI(1143): 225-226.
- Kubodera, T. y N. Miyazaki. 1993. p. 215-227. Cephalopods eaten by short-finned pilot whales, *Globicephala macrorhynchus*, caught off Ayukawa, Ojika Peninsula, in Japan, in 1982 and 1983. En: *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology* (Okutani, T., O'Dor, R. K. y Kubodera, T. eds.). Tokai University Press, Tokio.
- Kubodera, T. y K. Shimazaki. 1989. Cephalopods from the stomach contents of the pomfret (*Brama japonica* Hilgendorf) caught in surface gillnets in the northern North Pacific. *J. Cephal. Biol.*, 1(1): 71-83.
- Kume, S y J. Joseph. 1969. Size composition and sexual maturity of billfish caught by the Japanese longline fishery in the Pacific Ocean east of 130°W. *Bull. Far. Seas. Fish. Res. Lab. (Shimizu)* 2: 115-162.
- Kuramochi, T., T. Kubodera y N. Miyazaki. 1993. Squids eaten by Dall's porpoises, *Phocaenoides dalli* in the northwestern North Pacific and in the Bering Sea. p. 229-240. En: *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology* (Okutani, T., O'Dor, R. K. y Kubodera, T. eds.). Tokai University Press, Tokio.

- LaMonte, F. y D. E. Marcy. 1941. Swordfish, sailfish, marlin, and spearfish. *Ichtyol. Contribs. Internatl. Game Fish Assoc.*, 1(2): 1-24.
- Lavenberg, R. J. y J. E. Fitch. 1966. Annotated list of fishes collected by midwater trawl in the Gulf of California, March-April 1964. *Calif. Fish and Game*, 52(2): 92-110
- Lowry, M. S., C. W. Oliver y C. Macky. 1990. Food habits of California sea lions *Zalophus californianus* at San Clemente Island, California, 1981-1986. *Fish. Bull.* 88(3):509-521
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons. New York. 337 pp.
- Macdonald, J. S. y R. H. Green. 1983. Redundancy of variables used to describe importancy of prey species in fish diets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40(5): 635-637.
- Maksimov, V. P. 1969. Pitanie bol'shegla zogo tuntsa (*Thunnus obesus* Lowe) í mech-ryby (*Xiphias gladius* L.) vostochnoi chasti tropichesko I Atlantiki. *Atlanticheskii Nauchno Isseldoratel'skii Institut Rybnogo Khozyaistva I Okeanografii (AtlantNIRO)* 25:87-99. (English translation: *Fish. Res. Board Can. Trans. Ser. No. 2248.*).
- McGowan, J. A. 1967. Distributional atlas of the pelagic molluscs in the California current region. *CalCOFI Atlas*, 6: 218 pp.
- McHugh, J. L. 1952. The food of albacore (*Thunnus alalunga*) off California and Baja California. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr., Univ. Calif.* 6(4): 161-172.

- McMahon, T. E. y J. C. Tash. 1979. Effects of formalin (buffered and unbuffered) and hydrochloric acid on fish otoliths. *Copeia*, 1979(1): 155-156.
- Mead, J. G., W. A. Walker y W. J. Houck. 1982. Biological observations on *Mesoplodon carlhubbsi* (Cetacea: Ziphiidae). *Smithson. Contrib. Zool.*, No 344: 25 pp.
- Mearns, A. J. 1982. Assigning trophic levels to marine animals. En: Coastal water research project. Biennial report for the years 1981-1982. Southern California Coastal Research Project, Long Beach, California, USA. Pp: 125-141.
- Mearns, A. J., R. D. Young, R. J. Olson y H. A. Schafer. 1981. Trophic structure and the cesium-potassium ratio in pelagic ecosystems. *CalCOFI Rep.*, XXII: 99-110.
- Mikhaylin, S. V. 1982. Data on the distribution and biology of *Lepidopus xantusi* and *Trichiurus nitens* (Trichiuridae) in the southeastern Pacific. *J. Ichthyol.*, 22(5): 24-32
- Miller, D. J. y R. N. Lea. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. Calif. Dep. Fish and Game, Fish. Bull. 157: 249 pp.
- Miller, G. L. y S. C. Jorgenson. 1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. *Calif. Dep. Fish. Bull.*, 71 (1): 301-312.
- Moreira, F. 1990. Food of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, off the Portuguese coast. *J. Fish. Biol.*, 36: 623-624.

Nakamura, H. 1949. The tunas and their fisheries. Takeuchi Shobo, Tokyo, 118 pp. (Transl. by W. G. Van Campen, 1952, U. S. Fish Wildl. Serv., Spec. Sci. Rep. Fish., 82: 115 pp.)

Nakamura, H. 1974. Some aspects of the systematics and distribution of billfishes. p. 103-106. Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 Aug. 1972. Part 2 (Shomura, R. S. y F. Williams ed.). Review and Contributed Papers, U. S. Dep. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.

Nakamura, I. 1985. FAO species catalogue. Vol. 5. Billfishes of the world. An annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes known to date. FAO Fish. Synop., (125)Vol.5: 65 pp.

Nelson, J. S. 1994. Fishes of the world. John Wiley & Sons, Inc. New York. Tercera ed. 600 pp.

Nesis, K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology 10 (1): 108-118.

Nesis, K. N. 1983. *Dosidicus gigas*. p. 215-231. En: Cephalopod life cycles Vol.I. Species accounts (Boyle, P. R. ed.). Academic Press, London: 453 pp.

Nesis, K. N. 1987. Cephalopods of the world. (L. A. Burgess ed.). T.F.H. Publications Inc., Neptune City: 351 pp.

- Northridge, S. P. 1985. Estudio mundial de las interacciones entre mamíferos marinos y la pesca. FAO Inf. Pesca, 251: 234 p.
- Okutani, T. 1980. Useful and latent cuttlefish and squids of the world. National Cooperative Association of Squid Processors, Tokyo, 66 pp.
- Okutani, T. e I. H. Tung. 1978. Reviews of biology of commercially important squids in Japanese and adjacent waters. 1. *Symplectoteuthis oualanensis* (Lesson). Veliger, 21(1):87-94.
- Okutani, T y S. Tsukada. 1988. Squids eaten by lancetfish and tunas in the tropical Indo-Pacific Oceans. J. Tokyo Univ. Fish., 75(1): 1-44.
- Okutani, T., T. Kubodera y K. Jefferts. 1988. Diversity, distribution and ecology of gonatid squids in the subartic Pacific: A review. Bull. Ocean. Res. Inst. Univ. Tokyo, 26(1): 159-192.
- Olson, R. J. y C. H. Boggs. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): Independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bioenergetics, and cesium concentrations. Can. J. Fish. Aquat. Sci 43: 1760-1775.
- Palko, B. J., G. L. Beardsley y W. J. Richards. 1981. Synopsis of the biology of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. NOAA Technical Report. NMFS Circular 441: 21 pp.

- Parker, R. R. 1963. Effects of formalin on length and weight of fishes. *J. Fish. Res. Board Can.*, 20(6): 1441-1455.
- Parr, A. E. 1933. Two new records of deep sea fishes from New England with description of a new genus and species. *Copeia*, 4: 176-179.
- Pascoe, P. L., M. C. Mickiewicz y H. P. Castello. 1990. Cephalopod remains from the stomach of a sperm whale stranded off Patagonia. *Marine Biology*, 104: 1-4.
- Pearcy, W. G. y A. Schoener. 1987. Changes in the marine biota coincident with the 1982-1983 El Niño in the northeastern subarctic Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 92: 14417-14428.
- Perez, M. A. 1994. Calorimetric measurements of energy value of some Alaskan fishes and squids. U. S. Dep. Commer., NOAA Tech. Memo. NMFS-AFSC-32, 32 p.
- Perez, M. A. y M. A. Bigg. 1980. Interim report on the feeding habits of the northern fur seal in the eastern North Pacific Ocean and eastern Bering Sea. p. 4-172. En: Further analysis of pelagic fur seal data collected by the United States and Canada during 1958-74, Part 2, H. Kajimura, R. H. Lander, M. A. Perez, A. E. York and M. A. Bigg. Unpublished Report of 23rd meeting of the North Pacific Fur Seal Commission, Moscow. Seattle, Washington: National Marine Mammal Laboratory, NMFS, NOAA
- Perez, M. A. y M. A. Bigg. 1981. Modified volume: a two step frequency-volume method for ranking food types found in stomachs of northern fur seals. Unpublished Report of

the 24th meeting of the North Pacific Fur Seal Commission, Tokyo. Seattle, Washington: National Marine Mammal Laboratory, NOAA: 25 pp.

Perez, M. A. y M. A. Bigg. 1983. Food habits of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) off western North America. Unpublished report of 26th meeting of the North Pacific Fur Seal Commission. Seattle, Washington: National Marine Mammal Laboratory, National Marine Fisheries Service, NOAA: 103 pp.

Perez, M. A y M. A. Bigg. 1986. Diet of northern fur seals, *Callorhinus ursinus*, off western North America. Fish. Bull., 84(4): 957-971.

Perrin, W. F., R. R. Warner, C. H. Fiscus y D. B. Holts. 1973. Stomach contents of porpoise, *Stenella* spp., and yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in mixed-species aggregations. Fish. Bull. 71 (4):1077-1092.

Pierce, G. J., P. R. Boyle y J. S. W. Diack. 1991. Identification of fish otoliths and bones in faeces and digestive tracts of seals. J. Zool. 224 (2): 320-328.

Pierce, G. J., P. R. Boyle, J. Watt y M. Grisley. 1993. Recent advances in diet analysis of marine mammals. Symp. zool. Soc. Lond. No. 66: 241-261.

Pinkas, L., M. S. Oliphant e I. L. K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California Waters. Calif. Dep. Fish Game. Fish Bulletin 152: 139 pp.

Rancurel, P. 1973. Note sur quelques becs de Céphalopodes trouvés dans l'estomac d'un requin-tigre. Cah. O.R.S.T.O.M., sér Océanogr., XI(3): 359-366.

- Rodhouse, P. G., P. A. Prince, M. R. Clarke y W. A. Murray. 1990. Cephalopod prey of the grey-headed albatross *Diomedea chrysostoma*. Mar. Biol., 104: 353-362
- Roedel, P. M. 1938. Notes on the ribbon-fish *Trachipterus rexsalmonorum*. Calif. Fish Game 24: 422-423.
- Roper, C. F. E. y R. E. Young. 1975. Vertical distribution of pelagic cephalopods. Smithson. Contrib. Zool. 209: 51 pp.
- Roper, C. F. E., Sweeny, M. J. y Nauen, C. E. 1984. FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. FAO Fisheries Synopsis 125(3): 277 pp.
- Rosenblatt, R. H. y R. R. Wilson, Jr. 1987. Cutlassfishes of the genus *Lepidopus* (Trichiuridae), with two new eastern Pacific species. Jap. J. Ichthyol., 33(4): 342-351
- Ruíz-Durá, M. F. 1992. Recursos pesqueros de las costas de México. Editorial Limusa. Segunda edición. 208 pp.
- Sakagawa, G. 1989. Trends in fisheries for swordfish in the Pacific Ocean. p:61-79. En: Planning the Future of Billfishes. Part 1. Procc. of the Second mt. Billfish Symp. Kailua-Kona, Hawaii. National Coalition for the Marine Conservation (Stromd, R. H. ed.). Inc. Savannah, Georgia. 361 pp.
- Sánchez-Juárez, E. 1991. Resultados obtenidos durante la segunda etapa del programa de prospección y evaluación del calamar gigante *Dosidicus gigas*, realizada en el periodo 14 de junio al 15 de diciembre de 1990, en el Pacífico mexicano. Programa de

prospección y evaluación del calamar gigante. Secretaría de Pesca. Inst. Nal. Pesca. CRIP. Ensenada, B. C. México: 47 pp.

Scheffer, V. B. 1950. The food of the Alaska fur seal. US Dept. Interior, Fish and Wildl. Serv., Wildl. Leaflet. 329: 16 pp.

Scott, W. B. y S. N. Tibbo. 1968. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Western North Atlantic. J. Fish. Res. Board Canada, 25(5): 903-919.

Scott, W. B. y S. N. Tibbo. 1974. Food and feeding habits of swordfish, *Xiphias gladius*, in the northwest Atlantic ocean. p. 138-141. En: Proceedings of the International Billfish Symposium, Kailua-Kona, Hawaii, 9-12 Aug. 1972. Part 2 (Shomura, R. S. y F. Williams eds.). Review and Contributed Papers, U. S. Dep. Comm., NOAA Tech. Rep. NMFS SSRF-675.

Seki, M. P. 1993. Trophic relationships of *Ommastrephes bartramii* during winter migrations to subtropical waters north of the Hawaiian islands. p. 523-529. En: Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology (Okutani, T., O'Dor, R. K. y Kubodera, T. eds.). Tokai University Press, Tokio.

Sinclair, E. H. 1992. Stomach contents of four short-finned pilot whales (*Globicephala macrorhynchus*) from the southern California Bight. Mar. Mammal. Sci. 8(1):76-81.

Sinclair, E. H. 1994. Prey of juvenile northern elephant seals (*Mirounga angustirostris*) in the southern California Bight. Mar. Mammal. Sci. 10(2): 230-239.

Smith, J. L. B. 1956. Pugnacity of marlins and swordfish. *Nature* 178: 1065.

Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. 1969. *Biometry*. W. H. Freeman. 776 pp.

Slobodkin, L. B. y S. Richman. 1961. Calories/mg. in species of animals. *Nature* 4785: 299.

Sosa-Nishizaki, O., R. De la Rosa-Pacheco, R. Castro-Longoria, M. Grijalva-Chon y J. De la Rosa-Bélez. 1992. Estudio biológico pesquero del pez (*Xiphias gladius*) y otras especies de picudos (marlins y pez vela). Reporte Anual 1992. CICESE.

Spalding, D. J. 1964. Comparative feeding habits of the fur seal, sea lion, and harbor seal on the British Columbia coast. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 146: 52 pp.

Steimle, F. W. Jr. y R. J. Terranova. 1985. Energy equivalents of marine organisms from the continental shelf of the temperate Northwest Atlantic. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 6: 117-124.

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. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 39: 407-414.

Stillwell, 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. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 22: 239-247.

- Stroud, R. K., Fiscus, C. H. y H. Kajimura. 1981. Food of the Pacific white-sided dolphin, *Lagenorhynchus obliquidens*, Dall's porpoise, *Phocoenoides dalli*, and northern fur seal, *Callorhinus ursinus*, off California and Washington. Fishery Bulletin 78(4): 951-959.
- Thayer, G. W., W. E. Schaaf, J. W. Angelovic, y M. W. LaCroix. 1973. Caloric measurements of some estuarine organisms. Fish. Bull. 71(1): 289-296.
- Tibbo, S. N., L. R. Day y W. F. Doucet. 1961. The swordfish (*Xiphias gladius* L.), its life-history and economic importance in the northwest Atlantic. Bull. Fish. Res. Board Canada, 130: 47 pp.
- Toll, R. B., y S. C. Hess. 1981. Cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the Florida Straits. Fish. Bull., 79(4): 765-774.
- Treacy, S. D. y T. W. Crawford. 1981. Retrieval of otoliths and statoliths from gastrointestinal contents and scats of marine mammals. J. Wildl. Manage. 45 (4): 990-993.
- Uchida, R. N. 1981. Synopsis of biological data on frigate tuna, *Ausix thazard*, and bullet tuna, *A. rochei*. NOAA Tech. Rep. NMFS Circular 436: 63 pp.
- Voss, G. L. 1953. A contribution to the life history and biology of sailfish. Bull. Mar. Sci., 3: 206-240.

- Voss, G. L. 1967. The biology and bathymetric distribution of deep-sea cephalopods. *Stud. Trop. Oceanogr.*, 5: 511-535.
- Vrooman, A. M. y P. A. Paloma. 1977. Dwarf hake off the coast of Baja California. *CalCOFI Rep. Vol. XIX*: 67-72.
- Wolff, G. A. 1982. A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. *Fish. Bull.*, 80 (2): 357-370.
- Wolff, G. A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NFMS 17: 1-50.
- Wormuth, J. H. 1971. The biogeography, systematics and interspecific relationships of the oegopsid squid family Ommastrephidae in the Pacific ocean. Univ. of Calif., San Diego, PhD. dissertation: 189 pp.
- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa y H. Watanabe. 1959. Study on the life-history of the swordfish, *Xiphias gladius*, Linnaeus. *Rept. Nankai Reg. Fish. Lab.*, 10: 107-150.
- Young, R. E. 1972. The sistematic and areal distribution of pelagic cephalopods from the seas off Southern California. *Smithson. Contrib. Zool.*, 97. 159 pp.
- Young, R. E. 1975. A brief review of the biology of the oceanic squid, *Symplectoteuthis oualaniensis* (Lesson). *Comp. Biochem. Physiol.*, 52B: 141-143.

Zarudzki, E. F. K. y R. L. Haedrich. 1974. Sword-fish (*Xiphias gladius*) attacks submarine (Alvin). *Oceanology* 3: 111-117.

APÉNDICE A

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al primer crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I.I.R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Merluccius productus</i>	79	32.11	1,633.4	32.37	9	39.13	2,523.31	26.80	35.06
<i>Engraulis mordax</i>	5	2.03	5.0	0.09	1	4.34	9.26	0.09	0.10
<i>Scomber japonicus</i>	3	1.21	197.9	3.92	2	8.69	44.70	0.47	4.08
Stromateoidei	5	2.03	77.9	1.54	3	13.04	46.64	0.49	1.61
<i>Paralepis atlanticus</i>	1	0.40	21.0	0.41	1	4.34	3.57	0.03	0.45
<i>Alepisaurus ferox</i>	1	0.40	71.3	1.41	1	4.34	7.91	0.08	1.53
Sin identificar	2	0.81	2.1	0.04	2	8.69	7.43	0.07	—
CEPHALOPODA									
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	57	23.10	2,769.7	54.89	16	69.56	5,430.31	57.67	45.30
<i>Dosidicus gigas</i>	17	6.91	23.9	0.47	10	43.47	321.05	3.41	9.66
Ommastréfido desconocido	1	0.40	0.2	< 0.01	1	4.34	1.78	0.01	—
<i>Gonatus berryi</i>	24	9.75	4.3	0.08	12	52.17	513.45	5.45	—
<i>Gonatus californiensis</i>	8	3.25	85.0	1.68	7	30.43	150.24	1.59	1.43
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	3	1.21	0.6	0.01	3	13.04	16.06	0.17	—
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	2	0.81	0.4	< 0.01	1	4.34	3.56	0.03	—
<i>Histioteuthis dofleini</i>	1	0.40	0.2	< 0.01	1	4.34	1.78	0.01	—
<i>Argonauta</i> sp.	32	13.00	47.8	0.94	5	21.73	303.37	3.22	0.72
<i>Octopus rubescens</i>	2	0.81	0.1	< 0.01	1	4.34	3.54	0.03	—
<i>Haliphron atlanticus</i>	2	0.81	0.1	< 0.01	1	8.69	7.08	0.07	—
Octópodo no identificado	1	0.40	0.1	< 0.01	2	4.34	1.77	0.01	—
Restos	—	—	40.0	0.79	2	8.69	6.89	0.07	—
RESTOS	—	—	64.9	1.28	2	8.69	11.18	0.11	—
TOTAL	246	100.0	5,045.9	100.00	23	100.00	9,414.99	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al segundo crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Trachurus symmetricus</i>	1	0.55	13.8	0.22	1	5.88	4.60	0.04	8.33
Stromateoidei	3	1.67	3.3	0.05	3	17.64	30.51	0.27	—
Sin identificar	2	1.11	3.9	0.06	2	11.76	13.88	0.12	—
CEPHALOPODA									
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	84	46.92	2,245.2	36.37	13	76.47	6,369.80	57.32	33.99
<i>Dosidicus gigas</i>	20	11.17	1,234.4	19.99	12	70.58	2,200.18	19.80	18.90
Ommastréfido desconocido	3	1.67	0.3	< 0.01	3	17.64	29.66	0.26	—
<i>Gonatus berryi</i>	22	12.29	3.2	0.05	8	47.05	580.81	5.22	—
<i>Gonatus californiensis</i>	14	7.82	2.9	0.04	5	29.41	231.41	2.08	—
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	4	2.23	329.4	5.33	2	11.76	89.06	0.80	5.04
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	3	1.67	0.5	< 0.01	3	17.64	29.71	0.26	—
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	6	3.35	0.7	0.01	2	11.70	39.56	0.35	—
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	7	3.91	0.3	< 0.01	2	11.70	46.06	0.41	—
<i>Grimalditeuthis bonplandi</i>	1	0.55	0.1	< 0.01	1	5.88	3.29	0.02	—
Teutoideo no identificado	1	0.55	0.1	< 0.01	4	5.88	3.29	0.02	—
<i>Argonauta</i> sp.	8	4.46	1.1	0.01	1	23.52	105.57	0.95	—
Restos	—	—	2,334.0	37.80	6	35.29	1,334.42	12.00	33.72
TOTAL	179	100.0	6,173.2	100.00	17	100.00	11,111.91	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al tercer crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Merluccius productus</i>	1	0.58	24.0	0.27	1	4.54	3.90	0.03	1.82
<i>Scomber japonicus</i>	1	0.58	62.0	0.71	1	4.54	5.89	0.05	—
<i>Lepidopus fitchi</i>	1	0.58	11.5	0.13	1	4.54	3.24	0.02	0.87
Stromateoidei	9	5.23	204.0	2.35	5	22.72	172.41	1.53	12.16
<i>Alepisaurus ferox</i>	1	0.54	57.6	0.66	1	4.54	5.66	0.05	4.38
<i>Trachipterus altivelis</i>	3	1.74	169.1	1.95	3	13.63	50.38	0.44	12.74
<i>Microstoma microstoma</i>	1	0.58	0.1	< 0.01	1	4.54	2.64	0.02	—
Sin identificar	3	1.74	65.4	0.75	3	13.63	34.07	0.30	—
CEPHALOPODA									
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	70	40.69	1,678.7	19.36	15	68.18	4,095.37	36.43	14.28
<i>Dosidicus gigas</i>	32	18.60	6.4	0.07	10	45.45	849.02	7.55	—
Ommastreífido desconocido	1	0.58	0.1	< 0.01	1	4.54	2.64	0.02	—
<i>Gonatus berryi</i>	12	6.97	2.4	0.02	9	40.90	286.54	2.54	—
<i>Gonatus californiensis</i>	12	6.97	478.9	5.52	8	36.36	454.61	4.04	4.13
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	10	5.81	121.8	1.40	7	31.81	229.70	2.04	1.05
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	9	5.23	1.8	0.02	7	31.81	167.15	1.48	—
<i>Mastigoteuthis</i> sp.	1	0.58	0.1	< 0.01	1	4.54	2.64	0.02	—
<i>Grimalditeuthis bonplandi</i>	1	0.58	0.1	< 0.01	1	4.54	2.64	0.02	—
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	1	0.58	0.2	< 0.01	1	4.54	2.65	0.02	—
Teutoideo no identificado	1	0.58	0.1	< 0.01	2	9.09	5.29	0.04	—
<i>Argonauta</i> sp.	2	1.16	0.2	< 0.02	2	9.09	10.59	0.09	—
Restos	—	—	5,783.0	66.72	16	72.72	4,852.40	43.17	48.52
TOTAL	172	100.0	8,667.5	100.00	22	100.00	11,239.52	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al cuarto crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Merluccius productus</i>	1	0.33	1.0	< 0.01	1	4.54	1.55	0.01	—
<i>Auxis</i> sp.	1	0.33	18.5	0.18	1	4.54	2.34	0.01	0.85
<i>Lepidopus fitchi</i>	1	0.33	39.4	0.38	1	4.54	3.27	0.02	1.83
Scopelarchidae	1	0.33	0.7	< 0.01	1	4.54	1.54	0.01	—
<i>Synodus lucioceps</i>	2	0.66	320.0	3.14	1	4.54	17.30	0.14	14.87
<i>Trachipterus altivelis</i>	1	0.33	5.2	0.05	1	4.54	1.74	0.01	—
Sin identificar	7	2.33	32.0	0.31	1	4.54	12.03	0.09	1.48
CEPHALOPODA									
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	185	61.66	5,289.1	51.91	15	68.18	7,743.87	63.08	44.57
<i>Dosidicus gigas</i>	68	22.66	713.2	6.99	12	54.54	1,618.16	13.18	5.65
<i>Gonatus berryi</i>	9	3.00	1.8	0.01	5	22.72	68.58	0.50	—
<i>Gonatus californiensis</i>	8	2.66	1.6	0.01	6	27.27	73.15	0.50	—
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	5	1.66	1.0	< 0.01	2	9.09	15.24	0.10	—
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	4	1.33	0.8	< 0.01	3	13.6	18.28	0.10	—
<i>Mastigoteuthis</i> sp. B	1	0.33	0.1	< 0.01	1	4.54	1.51	0.01	—
Teutoideo sin identificar	2	0.66	0.2	< 0.01	1	4.54	3.03	0.02	—
<i>Argonauta</i> sp.	1	0.33	0.1	< 0.01	1	4.54	1.51	0.01	—
<i>Octopus rubescens</i>	1	0.33	0.1	< 0.01	1	4.54	1.51	0.01	—
<i>Haliphron atlanticus</i>	1	0.33	0.1	< 0.01	1	4.54	1.51	0.01	—
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	1	0.33	0.1	< 0.01	1	4.54	1.51	0.01	—
Restos	—	—	3,763.9	36.94	16	72.72	2,686.65	21.88	30.71
	300	100.0	10,188.9	100.00	22	100.00	12,274.41	100.00	99.99

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al quinto crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Merluccius productus</i>	48	14.50	2,372.5	14.01	11	34.37	980.28	10.30	13.28
<i>Auxis</i> sp.	11	3.32	1,541.0	9.10	6	18.75	233.00	2.44	8.76
<i>Lepidopus fitchi</i>	1	0.30	32.5	0.19	1	3.12	1.54	0.01	—
<i>Paralepis atlanticus</i>	33	9.96	234.9	1.38	7	21.87	248.44	2.61	0.46
Scopelarchidae	41	12.38	489.3	2.89	12	37.50	572.91	6.02	2.76
<i>Alepisaurus ferox</i>	1	0.30	14.8	0.08	1	3.12	1.21	0.01	0.08
<i>Trachipterus altivelis</i>	9	2.71	5,665.8	33.47	6	18.75	678.57	7.13	33.03
<i>Microstoma microstoma</i>	4	1.20	21.3	0.12	1	3.12	4.17	0.04	—
<i>Bathylagus</i> sp.	3	0.90	16.5	0.09	2	6.25	6.27	0.06	0.09
Especie A	22	6.64	93.3	0.55	6	18.75	134.95	1.41	—
Sin identificar	14	4.22	29.4	0.17	4	12.50	55.04	0.57	0.11
CEPHALOPODA	144	43.50	6,385.6	37.72	26	81.25	6,599.81	69.53	41.37
TOTAL	331	100.0	16,896.9	100.00	32	100.00	9,516.24	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al sexto crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Engraulis mordax</i>	6	5.88	3.8	0.07	2	25.0	149.04	2.80	—
<i>Auxis</i> sp.	1	0.98	11.9	0.24	1	12.5	15.35	0.28	0.14
<i>Lepidopus fitchi</i>	16	15.68	4,265.6	88.97	1	12.5	1,308.20	24.61	53.01
<i>Trachurus symmetricus</i>	2	1.96	6.1	0.12	2	25.0	52.20	0.98	—
<i>Strongylura exilis</i>	1	0.98	1.8	0.03	1	12.5	12.72	0.23	0.07
<i>Paralepis atlanticus</i>	7	6.86	100.8	2.10	2	25.0	224.12	4.21	1.14
Scopelarchidae	8	7.84	53.0	1.10	3	37.5	335.57	6.31	0.18
<i>Anotopterus pharao</i>	1	0.98	58.8	1.22	1	12.5	27.58	0.51	0.73
<i>Vinciguerria lutecia</i>	13	12.74	3.1	0.06	2	25.0	320.24	6.02	0.03
<i>Microstoma microstoma</i>	3	2.94	3.4	0.07	1	12.5	37.65	0.70	0.07
<i>Idiacanthus antrostomus</i>	1	0.98	12.0	0.25	1	12.5	15.38	0.28	0.14
Sin identificar	4	3.92	5.6	0.11	2	25.0	100.95	1.89	—
CEPHALOPODA	39	38.23	238.4	4.97	5	62.5	2,700.48	50.80	44.44
RESTOS	—	—	30.1	0.62	2	25	15.69	0.29	—
TOTAL	102	100.0	4,794.4	100.00	8	100.00	5,299.54	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al séptimo crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I. I. R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Merluccius productus</i>	55	18.03	5,006.2	28.8	15	62.50	2,932.97	26.27	26.80
<i>Etrumeus teres</i>	2	0.65	156.2	0.90	2	8.33	12.97	0.11	0.85
<i>Scomber japonicus</i>	2	0.65	80.0	0.46	1	4.16	4.65	0.04	0.44
Stromateoidei	1	0.32	0.5	< 0.01	1	4.16	1.37	0.01	—
<i>Strongylura exilis</i>	4	1.31	84.8	0.48	3	12.50	22.51	0.2	0.25
<i>Paralepis atlanticus</i>	63	20.65	1246	7.19	14	58.33	1,624.43	14.55	6.43
Scopelarchidae	13	4.26	112.7	0.65	4	16.66	81.87	0.73	0.56
<i>Trachipterus altivelis</i>	18	5.90	9,301.7	53.68	12	50.00	2,979.46	26.68	49.06
<i>Microstoma microstoma</i>	19	6.22	109.3	0.63	2	8.33	57.16	0.51	0.59
Sin identificar	5	1.63	20.4	0.11	5	20.83	36.60	0.32	—
ELASMOBRANCHII									
Rajiformes	1	0.32	128.5	0.74	1	4.16	4.45	0.03	0.70
CEPHALOPODA									
	122	40.00	862.8	4.97	18	75.00	3,373.49	30.21	14.28
RESTOS									
	—	—	216.5	1.24	6	25.00	31.23	0.27	—
TOTAL	305	100	12,319.4	100.00	24	100	11,163.24	100.00	100.00

APÉNDICE A (Continuación)

Valores del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (F), índice de importancia relativa (I.I.R.) y volumen modificado (V. M), con sus respectivos porcentajes (%), de las especies de presas halladas en los peces espada correspondientes al octavo crucero.

Taxon	N	%	G	%	F	%	I I R.	%	V. M.
TELEOSTEI									
<i>Sardinops sagax</i>	55	29.89	2,125.7	20.45	7	63.63	137,174.0	33.87	34.98
<i>Scomber japonicus</i>	2	1.08	101.8	0.97	2	18.18	1,870.6	0.46	1.75
<i>Trachurus symmetricus</i>	22	11.95	985.5	9.48	5	45.45	45,338.9	11.19	0.50
<i>Strongylura exilis</i>	3	1.63	129.9	1.24	3	27.27	3,587.1	0.88	1.89
<i>Cololabis saira</i>	1	0.54	61.2	0.58	1	9.09	561.3	0.13	1.05
<i>Paralepis atlanticus</i>	6	3.26	61.4	0.59	4	36.36	2,351.3	0.58	1.04
Scopelarchidae	29	15.76	81.4	0.78	6	54.54	5,299.6	1.30	0.75
<i>Trachipterus altivelis</i>	6	3.26	6,490.6	62.44	3	27.27	177,105.3	43.73	39.51
<i>Microstoma microstoma</i>	12	6.52	22.3	0.21	2	18.18	524.0	0.12	0.32
Especie A	1	0.54	6.1	0.05	1	9.09	60.3	0.01	—
Sin identificar	5	2.71	10.3	0.09	4	36.36	473.3	0.10	—
CEPHALOPODA	42	22.82	317.5	3.05	8	72.72	24,750.9	6.11	18.18
RESTOS	—	—	160.3	1.54	4	36.36	5,829.0	1.43	—
TOTAL	184	100.0	10393.7	100.00	11	100.00	404,926.2	100.00	100.00

APÉNDICE B

Número de rangos comparados (N), coeficientes de correlación ordenada de Spearman (r_s) y sus significaciones (p), entre los valores asignados por el método del volumen modificado y los asignados por el porcentaje del índice de importancia relativa (% I.R.I.) y del método gravimétrico (% G) a las presas del pez espada para cada crucero.

Crucero	% I.R.I.			% G		
	N	r_s	p	N	r_s	p
1	9	0.36	0.33	10	0.78	<0.01
2	7	0.63	0.12	5	0.80	0.10
3	11	0.21	0.53	9	0.81	<0.01
4	6	0.88	0.18	7	0.96	<0.01
5	7	0.85	0.01	10	0.96	<0.01
6	7	0.84	0.01	11	0.92	<0.01
7	4	0.40	0.60	10	0.96	<0.01
8	9	0.43	0.24	10	0.69	0.02

APÉNDICE C

Especies de presa halladas en este estudio y (o semejantes) registradas en otros trabajos para la dieta del pez espada

Presas en este estudio	(Presas semejantes) [Fuente]
<i>Meluccius productus</i>	[16]; <i>M. bilinearis</i> [2, 6, 18, 19, 21, 22]; <i>M. merluccius</i> [14]; <i>Micromesistius poutassou</i> [1, 14, 17].
<i>Trachipterus altivelis</i>	<i>T. iris</i> [15].
<i>Paralepis atlantica</i>	[21]; <i>Paralepis</i> sp. [22]; Paralepididae [2, 3, 4, 18, 19].
<i>Sardinops sagax</i>	<i>Clupea harengus</i> [18, 21, 22]; <i>Sardinella aurita</i> , <i>Sardina pilchardus</i> [11]; <i>Sardinella</i> [15].
<i>Trachurus symmetricus</i>	<i>T. trachurus</i> , <i>T. mediterraneus</i> [4]; <i>T. picturatus</i> [11]; <i>T. symmetricus murphyi</i> [10]; <i>Trachurus</i> sp. [14]; Carangidae [15, 19].
<i>Engraulis mordax</i>	[16]; <i>E. encrasicolus</i> [8].
<i>Lepidopus fitchi</i>	<i>L. caudatus</i> [8, 15, 14].
Stromateoidei	Stromateidae [2, 7, 15, 19, 21].
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	[20]; <i>S. pteropus</i> [12, 14]; <i>Illex</i> sp. [6, 17]; <i>I. illecebrosus</i> [18, 19, 21, 23?]; <i>I. oxygonus</i> [23]; <i>I. coindetii</i> [3, 8, 23?]; <i>Todarodes sagittatus</i> [3, 4, 5, 8, 12, 14, 17]; <i>Todaropsis eblanae</i> [14, 17]; <i>Ommastrephes</i> sp. [15, 18]; <i>O. bartramii</i> [5, 12, 14, 20]; <i>O. pteropus</i> [23]; <i>O. caroli</i> [11]; <i>Ornithoteuthis antillarum</i> [23]; Ommastrephidae [3, 14, 21].
<i>Dosidicus gigas</i>	[10, 20]
Gonatidae	[21]; <i>Gonatus</i> sp. [14]
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	[13, 14, 20, 21, 23]
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	[5, 14, 23]
<i>Onychoteuthis banksii</i>	[3, 5, 17, 23]; <i>Onychoteuthis</i> sp. [14, 21]; <i>Ancistroteuthis lichtensteini</i> [3, 5]; Onychoteuthidae [21].
<i>Histioteuthis dofleini</i>	[12, 14, 23]; <i>Histioteuthis</i> sp. [12, 14, 23]; <i>H. bonnellii</i> [5, 12, 14]; <i>H. reversa</i> [5, 12]; Histiototeuthidae [21].
<i>Argonauta</i> sp.	[14, 17, 23]; <i>Argonauta argo</i> [5].

Código de referencias: [1] Azevedo 1989, [2] Beckett 1974, [3] Bello 1985, [4] Bello 1990, [5] Bello 1991, [6] Bigelow y Schroeder, 1953, [7] Carey 1989, [8] Cavaliere 1963, [9] De Silva 1962, [10] González¹, [11] Gouveia 1992, [12] Guerra *et al.* 1993, [13] Guitart-Manday 1964, [14] Hernández-García (en prensa), [15] Maksimov 1968, [16] Mearns *et al.* 1981, [17] Moreira 1990, [18] Scott y Tibbo 1968, [19] Scott y Tibbo 1974, [20] Seki 1993, [21] Stillwell y Kohler 1985, [22] Tibbo *et al.* 1961 [23] Toll y Hess 1981.

¹ *Ibidem* p. 7

APÉNDICE D

Depredadores de los teleósteos hallados en la dieta del pez espada en el Pacífico oriental.

Presa	(Presa similar) Depredador [Fuente]
<i>Merluccius productus</i>	<i>Alepisaurus richardsoni</i> , <i>Anoplopoma fimbria</i> , <i>Ophiodon elongatus</i> , <i>Galeorhinus zyopterus</i> , tiburón blanco <i>Carcharodon carcharias</i> , torpedo <i>Torpedo californicus</i> [4]; tiburón cola de zorro <i>Alopias vulpinus</i> [19]; tiburón azul <i>Prionace glauca</i> [11]; atún aleta azul <i>Thunnus thynnus</i> , albacora <i>Thunnus alalunga</i> , bonito <i>Sarda chilensis</i> [23]; pinnípedos, odontocetos [8].
<i>Trachipterus altivelis</i>	<i>Alepisaurus ferox</i> [24]; delfín blanco del Pacífico <i>Lagenorhynchus obliquoides</i> [26]; oso marino del norte <i>Callorhinus ursinus</i> [20, 25]; (<i>T. fukuzakii</i>) delfín hilador <i>Stenella longirostris</i> [22]; (<i>Trachipterus</i> sp.) albacora [18]; atún patudo <i>Thunnus obesus</i> [5]; atún aleta amarilla <i>Thunnus albacares</i> [3].
<i>Paralepis atlantica</i>	atún patudo, albacora [15, 23]; (Paralepididae) albacora [13, 18]; atún aleta amarilla [3]; delfín moteado <i>Stenella attenuata</i> , delfín hilador [9, 22].
<i>Sardinops sagax</i>	albacora [7]; marlín rayado <i>Tetrapturus audax</i> [1, 6, 12]; marlín azul <i>Makaira mazara</i> [1]; dorado <i>Coryphaena hippurus</i> [2].
<i>Trachurus symmetricus</i>	albacora, atún aleta azul, bonito [18, 23]; atún aleta amarilla [3]; marlín rayado [6, 12]; tiburón mako <i>Isurus oxyrinchus</i> [19]; oso marino del norte, león marino de Steller <i>Eumatopias jubatus</i> [21, 25]; león marino de California <i>Zalophias californicus</i> [17].
<i>Auxis</i> sp.	atún aleta amarilla [3, 5, 14]; barrilete <i>Katsuwonus pelamis</i> [3]; atún patudo [5]; albacora, delfín moteado [22]; dorado [2]; marlín rayado, marlín azul [1]; (<i>A. thazard</i>) marlín rayado [6].
<i>Engraulis mordax</i>	albacora, atún aleta azul, bonito [18, 19, 23]; atún aleta amarilla, barrilete [3]; marlín rayado [6, 12]; macarela <i>Scomber japonicus</i> , barracuda <i>Sphyræna argentea</i> , tiburón cola de zorro [19]; tiburón azul [11, 19]; oso marino del norte, delfín blanco del Pacífico, marsopa de puerto Dall <i>Phocoenoides dalli</i> , delfín común <i>Delphinus delphis</i> [8, 21, 25, 26]; león marino de California [7, 17, 19].
<i>Lepidopus fitchi</i>	atún aleta amarilla, barrilete [3]; (Trichiuridae) albacora [13]; atún aleta amarilla, barrilete [3]; marlín rayado [6].
<i>Vinciguerria lucetia</i>	atún aleta amarilla, barrilete [3]; albacora [18, 23]; túnidos, delfines <i>Stenella</i> spp. [9, 16]; pez vela <i>Istiophorus platypterus</i> [6].
Scopelarchidae	delfín tornillo [9]; (<i>Benthalbella liguidens</i>) <i>Alepisaurus</i> , opah <i>Lampris regius</i> , albacora, salmón <i>Oncorhynchus</i> sp. [10].
Stromateoidei	(Stromateidae) albacora [13]; atún aleta amarilla [3]; bonito [23]; marlín rayado, pez vela [6]; delfín hilador, delfín moteado [22].

Código de referencias: [1] Abitia-Cárdenas 1992, [2] Aguilar-Palomino 1993, [3] Alverson 1963, [4] Best 1963, [5] Blunt 1960, [6] Evans y Wares 1972, [7] Fiscus y Baines 1966, [8] Fiscus 1979, [9] Fitch y Brownell 1968, [10] Fitch y Lavenberg 1968, [11] Harvey 1989, [12] Hubbs y Wisner 1953, [13] Iversen 1962, [14] Juhl 1955, [15] Kajimura 1969, [16] Lavenberg y Fitch 1966, [17] Lowry *et al.* 1990, [18] McHugh 1952, [19] Mearns *et al.* 1981, [20] Pérez y Bigg 1983, [21] Perez y Bigg 1986, [22] Perrin *et al.* 1973, [23] Pinkas *et al.* 1971, [24] Roedel 1938, [25] Spalding 1964, [26] Stroud *et al.* 1981.

APÉNDICE D (Continuación)

Depredadores de los cefalópodos hallados en la dieta del pez espada en el Pacífico oriental.
Prob.: presa identificada como probable.

Presas	(Presas semejantes) depredadores [Fuente]
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	marlín rayado [1]; atún aleta amarilla [3, prob. 21]; túnidos [20]; delfín hilador, delfín moteado [prob. 21]; cachalote <i>Physeter macrocephalus</i> [prob. 8]; lobo marino de dos pelos de las Galápagos <i>Arctocephalus galapagoensis</i> [prob. 7].
<i>Dosidicus gigas</i>	albacora, atún aleta azul [22]; atún aleta amarilla [3, prob. 21]; atún patudo [5, 16]; marlín rayado, marlín azul [1]; dorado [2]; tiburón azul [13]; cachalote [8, 11]; elefante marino del norte <i>Mirounga angustirostris</i> [4]; delfines <i>Stenella</i> spp. [prob. 21].
<i>Gonatus berryi</i>	albacora [22 in 14]; cachalote [11]; elefante marino del norte [4]; petrel <i>Pterodroma macroptera</i> [14?].
<i>Gonatus californiensis</i>	cachalote [6, 11]; mesoplodón de Hubb <i>Mesoplodon carlhubbsi</i> [19].
<i>Gonatopsis borealis</i>	delfín blanco del Pacífico [25]; cachalote [11, prob. 6 in 11]; elefante marino del norte [4, prob. 9, prob. 24]; albacora y atún aleta azul [prob. 22]; globicéfalo <i>Globicephala macrorhynchus</i> [prob. 23].
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	atún patudo [5]; atún aleta amarilla [3]; túnidos [20].
<i>Onychoteuthis borealijaponicus</i>	albacora, atún aleta azul, bonito [22]; tiburón azul [13]; elefante marino del norte [4, 9, 24]; delfín blanco del Pacífico, marsopa de puerto Dall, oso marino del norte [25]; león marino de California [17]; mesoplodón de Hubb [19]; globicéfalo [23]; cachalote [11].
<i>Onychoteuthis banksii</i>	atún aleta amarilla [3]; albacora [18]; túnidos [20]; tiburón martillo <i>Sphyrna zygaena</i> [12]; focas de dos pelos de las Galápagos [7].
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	albacora [22]; tiburones martillo <i>Sphyrna</i> spp. [12]; globicéfalo [23]; elefante marino del norte [24]; cachalote [11]; (<i>Histioteuthis</i> sp.) tiburón azul [13]; atún aleta amarilla, delfines <i>Stenella</i> spp. [21]; elefante marino del norte [4]; cachalote [8, 11].
<i>Histioteuthis dofleini</i>	globicéfalo [23]; elefante marino del norte [4]; cachalote [11]
<i>Argonauta</i> spp.	(<i>A. pacifica</i>) atún aleta amarilla [3]; tiburón azul [13]; (<i>A. nouryi</i>) albacora, atún aleta azul [22]; (<i>A. cornuta</i>) atún aleta amarilla [3]; (<i>Argonauta</i> sp.) atún patudo, aleta amarilla, barrilete [3, 5]; albacora [15]; dorado [2]; marlín rayado [1, 10]; marlín azul [1]; pez vela [10].

Código de referencias: [1] Abitia-Cárdenas 1992, [2] Aguilar-Palomino 1993, [3] Alverson 1963, [4] Antonelis *et al.* 1994, [5] Blunt 1960, [6] Clarke y MacLeod 1980, [7] Clarke y Trillmich 1980, [8] Clarke *et al.* 1976, [9] Condit y LeBoeuf 1984, [10] Evans y Wares 1972, [11] Fiscus *et al.* 1989, [12] Galván-Magaña *et al.* 1989, [13] Harvey 1989, [14] Imber 1978, [15] Iversen 1962, [16] Juhl 1955, [17] Lowry *et al.* 1990, [18] McHugh 1952, [19] Mead *et al.* 1982, [20] Okutani y Tsukada 1988, [21] Perrin *et al.* 1973, [22] Pinkas *et al.* 1971, [23] Sinclair 1992, [24] Sinclair 1994, [25] Stroud *et al.* 1981.

APÉNDICE F

Porcentajes de agua y cenizas y valores calóricos de algunas especies de presas o similares del pez espada, encontradas en este estudio, y registradas por otros autores. Peces en Abitia-Cárdenas (1992), excepto ¹ Perez (1994) y ² Childress y Nygaard (1973). Cefalópodos en Clarke *et al.* (1985), excepto ¹ Perez (1994), ³ Abitia-Cárdenas (1992) y ⁴ Croxall y Prince (1982).

Especies	Peso húmedo		Peso seco		
	% Agua	kJ/g	kJ/g	% Cenizas	kJ/g libre de cenizas
TELEOSTEI PELÁGICOS					
<i>Sardinops sagax</i>	62.92	8.05	21.73	2.71	22.33
<i>Etrumeus teres</i>	64.34	7.55	21.19	3.78	22.02
<i>Clupea pallasii</i> ¹	68.30	8.56	25.95	8.76	28.38
<i>Scomber japonicus</i>	63.90	9.05	25.09	3.16	25.91
<i>Ausix</i> sp.	66.31	8.02	20.21	1.56	24.20
TELEOSTEI MESOPELÁGICOS					
<i>Merluccius productus</i>	68.92	6.16	19.83	5.60	21.01
<i>Idiacanthus antrostomus</i> ²	83.30	3.00	18.40	21.40	23.50
<i>Bathylagus wesethi</i> ²	83.30	2.80	17.00	19.30	21.10
CEFALOPODA					
<i>Dosidicus gigas</i> ³	70.02	6.66	22.24	2.95	22.92
<i>Todaropsis eblanae</i> ⁴	77.60	4.46	—	—	—
<i>Todarodes pacificus</i> ⁴	76.60	4.19	—	—	—
<i>Todarodes sagittatus</i>	81.18	4.01	21.29	10.33	23.74
<i>Gonatus</i> sp.	81.84	3.78	20.84	12.29	23.76
<i>Gonatopsis borealis</i> ⁴	81.40	2.99	—	—	—
<i>Gonatopsis borealis</i> ¹	82.00	4.68	25.91	8.00	27.25
<i>Onychoteuthis</i> sp.	78.43	2.53	21.01	11.71	23.79
<i>O. borealijaponica</i>	79.10	3.41	—	—	—
<i>O. borealijaponica</i> ¹	77.50	5.39	23.95	5.30	25.24
<i>Histioteuthis</i> sp.	87.70	2.65	21.52	16.63	25.81
<i>Octopoteuthis</i> sp.	85.62	2.25	21.43	15.67	25.41
<i>Mastigoteuthis</i> sp.	89.60	1.82	17.53	16.06	20.88