

Research Article

Alimentación y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), frente a Chile centro-norte durante 2005

Sergio Letelier¹, Roberto Meléndez¹, Esteban Carreño², Sebastián Lopez³ & Patricio Barría⁴

¹Museo Nacional de Historia Natural, Casilla 787, Santiago, Chile

²Sociedad Malacológica de Chile. Interior Quinta Normal s/n, Casilla 787, Santiago

³Facultad de Ecología y Recursos Naturales. Universidad Andrés Bello, República 440, Santiago

⁴Instituto de Fomento Pesquero, Blanco 839, Valparaíso, Chile

RESUMEN. Se analizaron 126 estómagos de pez espada (*Xiphias gladius*), capturados entre los 25° y 34°S y 78° y 90°W, por barcos palangreros de la pesquería industrial frente a Chile centro-norte. Del total de estómagos analizados, 54 se encontraron vacíos (42,9%) y 72 (57,1%) presentaron sus estómagos con contenidos, de estos últimos la proporción sexual correspondió a 32 machos (44,4%), 37 hembras (51,4%) y 3 indeterminados (4,2%). Para el análisis de contenidos estomacales se utilizaron los métodos numéricos, de frecuencia, gravimétricos e índice de importancia relativa (IIR). Los cefalópodos fueron el alimento principal (%IIR > 90), mientras que los peces aparecen como alimento secundario (%IIR < 4). El cefalópodo *Dosidicus gigas* fue la presa principal (%IIR = 85,1). No se encontró diferencia significativa entre la alimentación por sexos ($U = 81$; $p = 0,4862$, $p < 0,05$). Los análisis de conglomerados revelaron que los contenidos estomacales son más similares en otoño e invierno que en primavera; mientras que entre los distintos grupos de tallas el grupo I aparece como distinto del resto de las tallas, y los estómagos analizados provenientes de la zona 3 serían más diferentes que el resto de las áreas estudiadas.

Palabras clave: *Xiphias gladius*, ecología trófica, Chile, Pacífico suroriental.

Feeding and trophic relationships of the swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), off central and northern Chile during 2005

ABSTRACT. A total of 126 swordfish (*Xiphias gladius*) stomachs were analyzed. The stomachs were obtained from specimens captured within the 25° to 34°S and 78° to 90°W area, by industrial longline vessels. Only 72 (57.1%) of the total stomachs had food items in their stomachs, with a sex proportion of 32 males (44.4%), 37 females (51.4%) and 3 indeterminate (4.2%). Traditional methods for the stomach contents analysis such as the numeric, frequency of occurrence, gravimetric and index of relative importance (IRI) were used. Cephalopods were the main food items (%IRI > 90) followed by the fishes (%IRI < 4). The squid (*Dosidicus gigas*) was the principal food in this study (%IRI = 85.1). No significant differences were found between the feeding of males and females of swordfishes ($U = 81$; $p = 0.4862$, $p < 0.05$). A cluster analysis showed higher stomach contents similarity between fall and winter than those from spring, within the size groups the I group was different than others and finally, the feeding from zone 3 were different from others zones.

Key words: *Xiphias gladius*, feeding, Chile, southeastern Pacific Ocean.

INTRODUCCIÓN

El pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus 1758, es un predador mesopelágico, oceánico, solitario y altamente migratorio (Macías *et al.*, 2005), con una distribución cosmopolita en todos los océanos del mundo entre los 50°N y 50°S (Rosel & Block, 1996). Especialmente el pez espada se asocia a temperaturas superficiales entre 14° y 18°C (Nakamura, 1985; Yáñez *et al.*, 1996; Barbieri *et al.*, 1998). Los individuos cazan en la superficie durante la noche (0-90 m), en cambio durante el día descienden hasta 650 m, registrándose hasta los 900 m de profundidad (Carey & Robison, 1981; Carey, 1990, Matsumoto *et al.*, 2003; Takahashi *et al.*, 2003).

Clarke *et al.* (1995), consideran al pez espada como un predador oportunista de amplio espectro trófico, que se alimenta de cefalópodos, peces y crustáceos, al igual que lo señalado por Stillwell & Kohler (1985); Moreira (1990); Bello (1991); Guerra *et al.* (1993); Hernández-García (1995); Clarke *et al.* (1995); Ibáñez *et al.* (2004); Chancollon *et al.* (2006); entre otros. Los estudios de alimentación sobre el pez espada se concentran en el océano Atlántico como los de Stillwell & Kohler (1985), Moreira (1990), Guerra *et al.* (1993), Hernández-García (1995), Clarke *et al.* (1995) y Chancollon *et al.* (2006), en tanto para el océano Pacífico son escasos, aunque Markaida & Sosa-Nishizaki (1998) e Ibáñez *et al.* (2004), han contribuido al conocimiento de los hábitos alimentarios señalando a los cefalópodos y peces como el alimento más frecuente. En algunos aspectos tróficos, Daza (2002) demuestra diferencias ontogénicas y estacionales, como ocurre con la mayoría de estos grandes peces pelágicos que cambian de hábitat y dieta durante su historia de vida (Smale, 1996). Ibáñez *et al.* (2004) se concentran en el tamaño de selección de la presa, encontrando que no existe relación entre el tamaño corporal del predador y el de sus presas. En los trabajos antes señalados no se incluye un método para estimar el número adecuado de estómagos para la representación de la dieta, ya que cualquier estudio de alimentación al utilizar un número bajo de muestras puede producir un sesgo en la interpretación final de su dieta.

En el Pacífico suroriental las relaciones tróficas de los peces oceánicos con características migratorias como el pez espada no están bien estudiadas, ya que los autores sólo analizan ciertos aspectos de la dinámica trófica y, en muchos casos, se limitan a describir cuantitativamente la dieta de los predadores y no se remiten a estudiar en conjunto los problemas que muestran las especies al estudiar la variación en la

alimentación. La ontogenia, cambios estacionales y diarios en la dieta son ejemplos de esta variabilidad (Wootton, 1990).

El presente estudio tiene como objetivo analizar las relaciones intraespecíficas en la dieta del pez espada frente a Chile centro-norte durante el año 2005.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizó el contenido estomacal de 126 especímenes de *Xiphias gladius* provenientes del sistema de muestreo de la pesquería palangrera industrial que posee el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) y, que forma parte del proyecto "Seguimiento de pesquerías de recursos altamente migratorios, 2005" (Barría *et al.*, 2006). Los muestreos fueron realizados del 24 de marzo al 8 de diciembre de 2005, en el área comprendida entre 25°-34°S y 78°-90°W. Por la distribución de las capturas y para efectos de los análisis, éstas se dividieron arbitrariamente en las cinco zonas siguientes (Fig. 1): zona 1: 26,15°-26,88°S; zona 2: 27,28°-28,75°S; zona 3: 28,89°-30,89°S; zona 4: 31,02°-33,00°S y zona 5: 34,00°-34,80°S. Los peces capturados fueron medidos desde el extremo anterior de la mandíbula inferior hasta la horquilla de la aleta caudal (LMIH), pesados y se les determinó su sexo, luego los estómagos fueron extraídos, etiquetados y congelados.

Para verificar si el número de estómagos analizados fue adecuado se generó una curva de diversidad trófica, siguiendo lo propuesto por Ferry & Calliet (1996), Cortes (1997) y Gelsleichter *et al.* (1999). Al usar curvas tróficas acumulativas, se asume que, cuando se logra la asíntota la dieta está bien caracterizada con ese número total de estómagos, ya que nuevos ítems presa son cada vez menos frecuentes. Estas curvas se pueden obtener por el tipo de muestra; por ejemplo si todos los animales fueron capturados en el mismo lugar, la asíntota se produciría más rápido (Gartland, 2002); en cambio, si los individuos son recolectados en lugares diferentes, se requerirá un mayor número de estómagos y la asíntota se obtendrá más lentamente, aunque provee una mejor representación de la dieta de la especie (Cortes, 1997; Gelsleichter *et al.*, 1999).

De acuerdo con los tamaños de los ejemplares capturados y con el programa estadístico Statistica 6.0 (StatSoft, Inc. 2001), se realizó un histograma de frecuencia de tallas y se separaron ocho clases de tallas a saber: I ($\leq 153,37$ cm); II (153,37-169,75 cm); III (169,76-186,12 cm); IV (183,13-202,5 cm); V (202,6-218,87 cm); VI (218,88-235,25 cm); VII (235,26-251,62 cm) y VIII ($> 251,62$ cm).

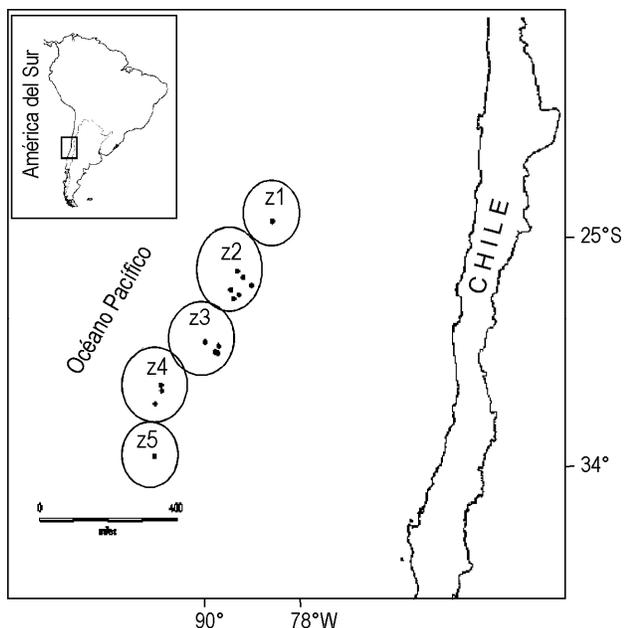


Figura 1. Zonas pesca y área de captura de *X. gladius* frente a Chile centro-norte durante el año 2005.

Figure 1. Fishing zone and capture area of *X. gladius* off central-northern Chile during 2005.

Las muestras se analizaron en el laboratorio de Ictiología y de Malacología del Museo Nacional de Historia Natural (MNHCL) en Santiago, Chile. Cada estómago se pesó y se le extrajo su contenido estomacal. Las presas se separaron y se identificaron al taxon más específico posible. Cada presa se contó y se registró su peso húmedo. Los cefalópodos se identificaron de acuerdo a Roper *et al.* (1984), Wolf (1984), Clarke (1986), Nesis (1987), Roper *et al.* (1988) y Voss *et al.* (1998). Las mandíbulas de cefalópodos se compararon con aquellas de la colección de referencia del MNHNC (Vega *et al.*, 2001; Letelier *et al.*, 2003). El resto de las presas como peces y crustáceos se identificaron, utilizando claves y/o descripciones especializadas (Mead, 1972; Nakamura, 1986; Retamal, 1981). Además, los peces encontrados en los contenidos estomacales, se compararon con especímenes de la colección de peces depositados en el MNHNC. Se utilizaron índices comunes para describir la dieta del pez espada (Hyslop, 1980), como los métodos de frecuencia, numérico y gravimétrico. La frecuencia de ocurrencia (%F), abundancia (%N) y gravimétricos (%P) se calcularon por regla de porcentajes simple. Las tasas digestivas producen sesgos en la real importancia del peso de cada ítem presa (Pinkas *et al.*, 1971), por esta razón se calculó el índice de importancia relativa (IIR) para determinar los efectos combinados de %P de cada ítem presa. Siguiendo a Pinkas *et al.* (1971), el IIR se calculó por la siguiente ecuación:

$$\text{IIR} = \%F (\%P + \%N)$$

donde, F es la frecuencia de ocurrencia, P el peso y N el número de las presas.

Cortes (1997) recomienda usar el porcentaje de importancia relativa (%IIR), al igual que Liao *et al.* (2001), quienes confirman que al usar el %IIR, se obtiene una información general y balanceada de la categoría de la presa.

Para la representación gráfica de la dieta general del pez espada se siguió la metodología propuesta por Cortes (1997), en la cual, sobre la base de un sistema tridimensional de coordenadas con los porcentajes de los métodos descritos anteriormente en sus vértices, se puede inferir de manera adecuada: a) la importancia de la presa (dominante o rara), b) la estrategia alimenticia del depredador (especializado o generalista), y c) el grado de homogeneidad de la alimentación en la población del predador.

Se estimó la diversidad de presas por el índice de Shannon-Wiener (*vide* Berg, 1979), este estadístico entrega la información de cuan heterogénea u homogénea es la dieta de cada predador (Ellis, 2003), dicha relación se calculó por la siguiente ecuación:

$$H = -\sum (P_i \log [P_i])$$

Las variaciones intraespecíficas fueron estudiadas con el índice de similaridad porcentual (ISP) (Schoener, 1970), dado por la siguiente ecuación:

$$\text{ISP} = 1 - 0,5 (\sum (|P_{ij} - P_{ik}|))$$

donde:

P_{ik} , es la proporción del IIR de un ítem presa en un grupo

P_{ij} es la proporción de IIR del mismo ítem presa de un segundo grupo.

Este índice permite comparar tamaños o grupos etarios y estaciones del año. Los rangos de ISP van de 0 (sin presas en común) hasta 1 (superposición completa). La superposición de la dieta entre los grupos se obtuvo mediante el coeficiente de correlación de Spearman (r_s) (Fritz, 1974), el cual se basó en la contribución de cada presa en la dieta expresado como %IIR. La hipótesis nula para r_s , indica una dieta diferente cuando se comparan los grupos ($r_s = 0$). Si r_s fuese significativo, la hipótesis nula es rechazada, indicando que las dietas son similares (Zar, 1996). Los valores obtenidos de ISP se sometieron a un análisis de conglomerados, para ello se utilizó el índice de

Manhattan, mientras que para la elaboración del fenograma se aplicó el método UPGMA (unweighed pair-group with arithmetic mean) (Sneath & Sokal, 1973). Al análisis de conglomerado se sometió a un bootstrap de 1000 pseudoréplicas. Para comparar la dieta entre sexos se utilizó el test de U Mann-Whitney para dos muestras independientes (Zar, 1996). Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., 2001).

RESULTADOS

Del total de estómagos analizados, 72 (57,1%) presentaron contenidos, mientras que los restantes 54 (42,9%) estuvieron vacíos. Los estómagos con contenidos provienen de especímenes cuyas longitudes de LMIH variaron entre 137 y 268 cm, que corresponden a ejemplares de 49 a 312 kg de peso total (Barría *et al.*, 2006). El peso de los estómagos fluctuó entre 533 y 10401 g. La proporción sexual correspondió a 32 machos (44,4%), 37 hembras (51,4%) y 3 indeterminados (4,2%).

La curva de diversidad trófica estaría alcanzando la asíntota, de manera que el número de estómagos analizados en el presente estudio sería adecuado (Fig. 2). En cuanto al número mínimo de estómagos necesarios para realizar un estudio sobre alimentación de pez espada y de acuerdo a la Figura 2, este debería ser igual o superior a 15 estómagos.

En toda el área estudiada y de acuerdo a los métodos utilizados, el espectro trófico del pez espada estuvo dominado por cefalópodos con un 95,87% IIR (N = 74,3%, F = 61,7% y P = 98,1%) e incluye nueve especies. Los peces óseos fueron la categoría presa secun-

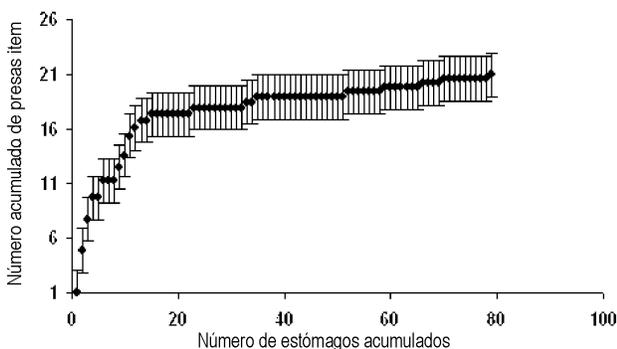


Figura 2. Curva de diversidad trófica para *X. gladius* frente a Chile centro-norte durante el año 2005. (barras indican error estándar).

Figure 2. Trophic diversity curve for *X. gladius* off central-northern Chile during 2005. (bars= standard error).

daria con un 2,68% IIR (N = 16,5%, F = 19,9% y P = 1,2%), con cinco especies, en tercer lugar aparecen los crustáceos con 0,03 %IIR (N = 0,8%, F = 1,8% y P = 0,0001%), que incluye sólo una especie (Fig. 3). De los resultados se desprende que *Dosidicus gigas* es el alimento principal con un 85,1% IIR (N = 48,3%, F = 32,7% y P = 85,2%), le sigue otro cefalópodo *Todarodes filippovae* con un 10,2% IIR (N = 20,2%, F = 18,2% y P = 8,7%), en tercer lugar se encontró el teleósteo *Cubiceps pauciradiatus* con un 2,4% IIR (N = 12%, F = 10% y P = 0,3%) (Tabla 1). Se destaca la importancia de los cefalópodos como alimento principal, relegando a un segundo plano a los peces teleósteos y finalmente a los crustáceos (Fig. 3). Además se destaca que la incidencia de los crustáceos en la dieta sería considerada como accidental.

El número de machos con contenidos estomacales fue de 32 ejemplares cuyas longitudes fluctuaron entre 139 y 216 cm de LMIH, mientras que 37 hembras entre 138 y 258 cm de LMIH presentaron contenidos en sus estómagos. Comparando los sexos, las hembras presentaron un mayor espectro trófico que los machos (Tablas 2 y 3). El alimento principal fueron los cefalópodos, con la especie presa *D. gigas* (> 75% IIR en hembras; > 80% IIR en machos). Cabe destacar que *T. filippovae* y *C. pauciradiatus* se encontraron en segundo y tercer lugar de importancia para ambos sexos en porcentajes de IIR. La diversidad de presas expresadas en H' , fue menor en machos ($H' = 1,121$) que en hembras ($H' = 1,541$), indicando una tendencia general estenófaga, en tanto U indicó que las dietas entre sexos no fueron distintas ($U = 81$, $p = 0,4862$; $p < 0,05$).

La dieta estacional del pez espada estuvo dominada por los cefalópodos (> 80% IIR) con *D. gigas* como alimento principal (Fig. 4a), cabe destacar que en primavera, aunque en importancia reducida (< 2% IIR) aparece el crustáceo *Haliporoides diomedea*. Los cefalópodos como ítem general y *D. gigas* en particular, fueron los alimentos dominantes en la mayoría de las clases de tallas (Fig. 4b), salvo en la clase I, en la cual los peces óseos dominaron (> 50% IIR), con *C. pauciradiatus* como la presa de mayor importancia (55,6% IIR). La diversidad de presas de este grupo fue baja ($H' = 1,189$) presentando seis especies en su espectro trófico. En los grupos de talla restante los cefalópodos dominaron como alimento por sobre el 70% IIR, dentro de los cuales dominó *D. gigas* con un alto porcentaje de IIR (> 60%).

En las zonas 1, 2, 4 y 5 la alimentación estuvo dominada por los cefalópodos (Fig. 4c) con más del 80% IIR. La fauna teutológica de estas zonas estuvo representada por el calamar gigante *D. gigas* (> 70% IIR) como presa principal, seguido por *T. filippovae* (>

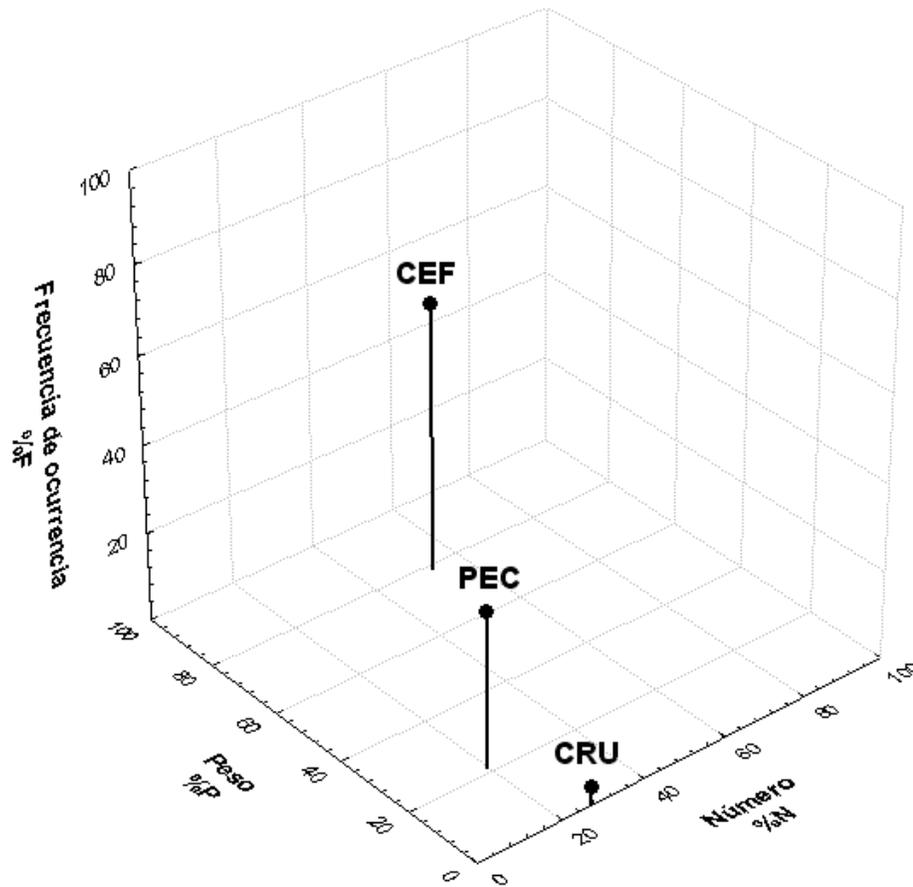


Figura 3. Representación tridimensional de la dieta de *X. gladius* frente a Chile centro-norte. CEF: cefalópodos, PEC: peces, CRU: crustáceos.

Figure 3. Tri-dimensional representation of *X. gladius* diet off central-northern Chile. CEF: cephalopods, PEC: fishes and CRU: crustaceans.

10% IIR). Sin embargo, en la zona 3 los peces fueron el alimento predominante en los estómagos (> 60% IIR), desplazando a los cefalópodos a un segundo lugar (< 40% IIR). En esta última zona también aparecen los crustáceos con un 1,0% IIR. *C. pauciradiatus* fue la presa predominante en los peces (60,8% IIR), mientras que *D. gigas* (16,8% IIR) fue la presa secundaria.

En la Tabla 4 se resumen los valores de diversidad de las clases de tallas, de estación y zonas de pesca, además del número de estómagos con contenidos estudiados para cada categoría de análisis; de ella se desprende que los grupos de tallas que presentaron mayor diversidad corresponden a las clases III y VI ($H' = 1,285$ y $1,972$ respectivamente) con ocho especies presa cada una. La diversidad de presas fue proporcional en las tres estaciones (invierno $H' = 1,225$; otoño $H' = 1,149$ y primavera $H' = 1,202$), la mayor

diversidad se encontró en invierno con nueve especies. La diversidad de presas en las distintas zonas de pesca fue baja (Tabla 4) y la mayor diversidad se obtuvo en la zona 5 con nueve especies presas ($H' = 1,292$).

De acuerdo a los fenogramas de las zonas de pesca, clases de tallas y estaciones del año, se puede señalar que para la zona de pesca Z3 la alimentación fue la más diferente de todas (Fig. 5a); en el caso de las tallas, la correspondiente al grupo I fue diferente al resto de las tallas (Fig. 5b), es decir individuos $\leq 153,37$ cm LMIH predan en su mayoría sobre *C. pauciradiatus*, en cambio los ejemplares mayores a esta talla se alimentan principalmente de *D. gigas*; finalmente, en primavera se determinó una alimentación diferente a la de otoño e invierno (Fig. 5c).

Los valores de r_s resumidos en la Tabla 5 muestran que los individuos de la menor longitud estimada

Tabla 1. Contenidos estomacales del pez espada (*X. gladius*) frente a Chile centro-norte a los 25°-34°S, durante el 2005. (%N = método numérico, %F = método frecuencia de ocurrencia, %P = método gravimétrico; IIR = índice de importancia relativa y %IIR = porcentaje de índice de importancia relativa).

Table 1. Stomach contents of the swordfish (*X. gladius*) off central-northern Chile between 25°-34°S, during 2005. (%N = numeric method, %F = frequency occurrence method, %P = gravimetric method; IIR = relative importance index and %IIR = percentage of importance relative index).

Item	%N	%F	%P	IIR	%IIR
Crustacea					
<i>Haliporoides diomedae</i>	0,8	1,8	0,001	1,5	0,03
Cephalopoda					
Ommastrephidae					
<i>Dosidicus gigas</i>	48,3	32,7	85,2	4371,3	85,11
<i>Todarodes filippovae</i>	20,2	18,2	8,7	526	10,24
<i>Ommastrephes bartramii</i>	0,4	0,9	0,02	0,3	0,01
Histioteuthidae					
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	0,4	0,9	0,04	0,4	0,01
<i>Histioteuthis hoylei</i>	1,7	1,8	0,04	3,1	0,06
<i>Histioteuthis</i> sp. "A1"	1,7	3,6	4,1	21,0	0,41
Lychoteuthidae					
<i>Lychoteuthis diadema</i>	0,8	1,8	0,0	1,5	0,03
Tremoctopodidae					
<i>Tremoctopus violaceus gracialis</i>	0,4	0,9	0,0	0,4	0,01
Vampyroteuthidae					
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	0,4	0,9	0,01	0,4	0,01
Indeterminados*	4,6	8,3	0,2	38,4	0,75
Pisces					
Nomeidae					
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	12,0	10,0	0,3	122,9	2,39
Restos <i>Cubiceps</i>	2,1	4,5	0,2	10,4	0,20
Alepisauridae					
<i>Alepisaurus ferox</i>	0,8	1,8	0,2	1,9	0,04
Bramidae					
<i>Brama australis</i>	0,4	0,9	0,2	0,6	0,01
Tetragorunidae					
<i>Tetragonurus cuvieri</i>	0,4	0,9	0,1	0,5	0,01
Carangidae					
<i>Trachurus murphyi</i>	0,4	0,9	0,1	0,4	0,01
Scombridae					
Restos <i>Thunnus</i>	0,4	0,9	0,1	0,5	0,01
Indeterminados*	3,8	8,3	0,5	34,7	0,68
Total	100	100	100	5136,2	100

* No incluidos en los análisis.

Tabla 2. Contenidos estomacales de machos de pez espada (*X. gladius*) frente a Chile centro-norte a los 25°-34°S durante el 2005. (%N = método numérico, %F = método frecuencia de ocurrencia, %P = método gravimétrico; IIR = índice de importancia relativa y %IIR = porcentaje de índice de importancia relativa).

Table 2. Male stomach contents of the swordfish (*X. gladius*) off central-northern Chile between 25°-34°S, during 2005. (%N = numeric method, %F = frequency occurrence method, %P = gravimetric method; IIR = relative importance index and %IIR = percentage of importance relative index).

Item	%N	%F	%P	IIR	%IIR
Cephalopoda					
<i>Ommastrephidae</i>					
<i>Dosidicus gigas</i>	62,3	39,2	86,3	5825,1	89,1
<i>Ommastrephes bartramii</i>	0,9	2,0	0,04	1,8	0,03
<i>Todarodes filippovae</i>	19,3	21,6	8,3	596,2	9,1
<i>Histioteuthidae</i>					
<i>Histioteuthis hoylei</i>	0,9	2,0	0,04	1,8	0,03
<i>Histioteuthis</i> sp. "A1"	1,8	3,9	4,2	23,5	0,4
<i>Vampyroteuthidae</i>					
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	0,9	2,0	0,03	1,8	<0,03
<i>Lychoteuthidae</i>					
<i>Lychoteuthis diadema</i>	0,9	2,0	<1	1,7	0,03
Indeterminado	3,5	5,9	<1	20,6	0,3
Pisces					
<i>Alepisaurus ferox</i>	0,9	2,0	0,2	2,2	0,03
<i>Nomeidae</i>					
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	4,4	9,8	0,4	46,8	0,7
Restos <i>Cubiceps</i>	1,8	3,9	0,01	6,9	0,1
<i>Tetragonuridae</i>					
<i>Tetragonurus cuvieri</i>	0,9	2,0	0,3	2,3	0,03
Indeterminados					
Restos Teleostei	1,8	3,9	0,2	7,5	0,1
Total	100	100	100	6538,2	100

(Clase I) presentan menor similitud ($p = 0,3198$), en cambio aquellos de longitudes intermedias (Clases III, IV y VI) presentan dietas similares ($p < 0,05$).

De acuerdo con r_s las tres estaciones presentan dietas diferentes, este resultado se refuerza con el análisis de "bootstrap", ya que la separación encontrada ocurrió en el 100% de las pseudorélicas utilizadas. ($r_s = 0,5$; $p = 0,6666$), no obstante las estaciones de invierno y otoño presentaron la mayor similitud (Fig. 5c). Finalmente, la alimentación del pez espada en las distintas zonas de pesca fue diferente (Tabla 6); sin embargo, las zonas 1 y 4 presentaron similitud en la dieta ($r_s = 0,9$; $p = 0,0373$), como se demuestra en el fenograma de la Figura 5a.

DISCUSIÓN

El número de estómagos analizados es todavía insuficiente para una completa descripción de la dieta de este predador tope, ya que la curva de diversidad trófica obtenida indica que las especies presas acumuladas todavía no alcanzarían la asíntota esperada (Fig. 2). Sin embargo, la cantidad de estómagos analizados es a la fecha, el mayor obtenido en el Pacífico suroriental. En este sentido, la Tabla 4 indica que para cada clase de tallas sólo la IV y V tendrían el número mínimo de estómagos; mientras que para las diferentes estaciones del año y zonas de capturas estudiadas, la cantidad de estómagos analizados sería adecuado. No obstante, el número de estómagos obtenidos en los muestreos

Tabla 3. Contenidos estomacales de hembras de pez espada (*X. gladius*) frente a Chile centro-norte a los 25°-34°S, durante el 2005. (%N = método numérico, %F = método frecuencia de ocurrencia, %P = método gravimétrico; IIR = índice de importancia relativa y %IIR = porcentaje de índice de importancia relativa).

Table 3. Female stomach contents of the swordfish (*X. gladius*) off central-northern Chile between 25°-34°S, during 2005. (%N = numeric method, %F = frequency occurrence method, %P = gravimetric method; IIR = relative importance index and %IIR = percentage of importance relative index).

Item	%N	%F	%P	IIR	%IIR
Crustacea					
<i>Haliporipoides diomedae</i>	1,7	3,3	< 1	5,61	0,1
Cephalopoda					
Ommastrephidae					
<i>Dosidicus gigas</i>	37,8	28,3	83,6	3440,9	79,6
<i>Todarodes filippovae</i>	22,7	18,3	9,7	594,3	13,7
Histioteuthidae					
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	0,8	1,7	0,1	1,5	0,003
<i>Histioteuthis hoylei</i>	2,5	1,7	0,1	4,3	0,1
<i>Histioteuthis</i> sp. "A1"	1,7	3,3	4,0	19,0	0,4
Lychoteuthidae					
<i>Lychoteuthis diadema</i>	0,8	1,7	< 1	1,4	0,03
Tremoctopodidae					
<i>Tremoctopus violaceus gracialis</i>	0,8	1,7	< 1	1,4	0,03
Indeterminados	5,9	10,0	0,3	61,7	1,4
Pisces					
Alepisauridae					
<i>Alepisaurus ferox</i>	0,8	1,7	0,2	1,7	0,03
Bramidae					
<i>Brama australis</i>	0,8	1,7	0,4	2,1	0,05
Nomeidae					
<i>Cubiceps pauciradiatus</i>	14,3	8,3	0,2	120,6	2,8
Restos <i>Cubiceps</i>	2,5	5,0	0,4	14,6	0,3
Carangidae					
<i>Trachurus murphyi</i>	0,8	1,7	0,1	1,6	0,03
Scombridae					
Restos <i>Thunnus</i>	0,8	1,7	0,1	1,6	0,03
Indeterminados					
Restos Teleostei	5,0	10,0	0,8	58,7	1,4
Total	100	100	100	4325,3	100

podría deberse a la abundancia de las clases por estación y zona de pesca. Estudios posteriores debieran considerar alcanzar o superar los 15 estómagos en cada categoría de análisis y al mismo tiempo, reconsiderar las estructuras de los grupos de tallas y zonas de pesca.

Los contenidos estomacales de los ejemplares analizados en este estudio no difieren de otros realizados con anterioridad frente a Chile y también en otras latitudes, en especial al considerar los moluscos cefalópodos como presa (Hernández-García, 1995; Ibáñez *et al.* 2004, entre otros). En efecto, el análisis por taxa

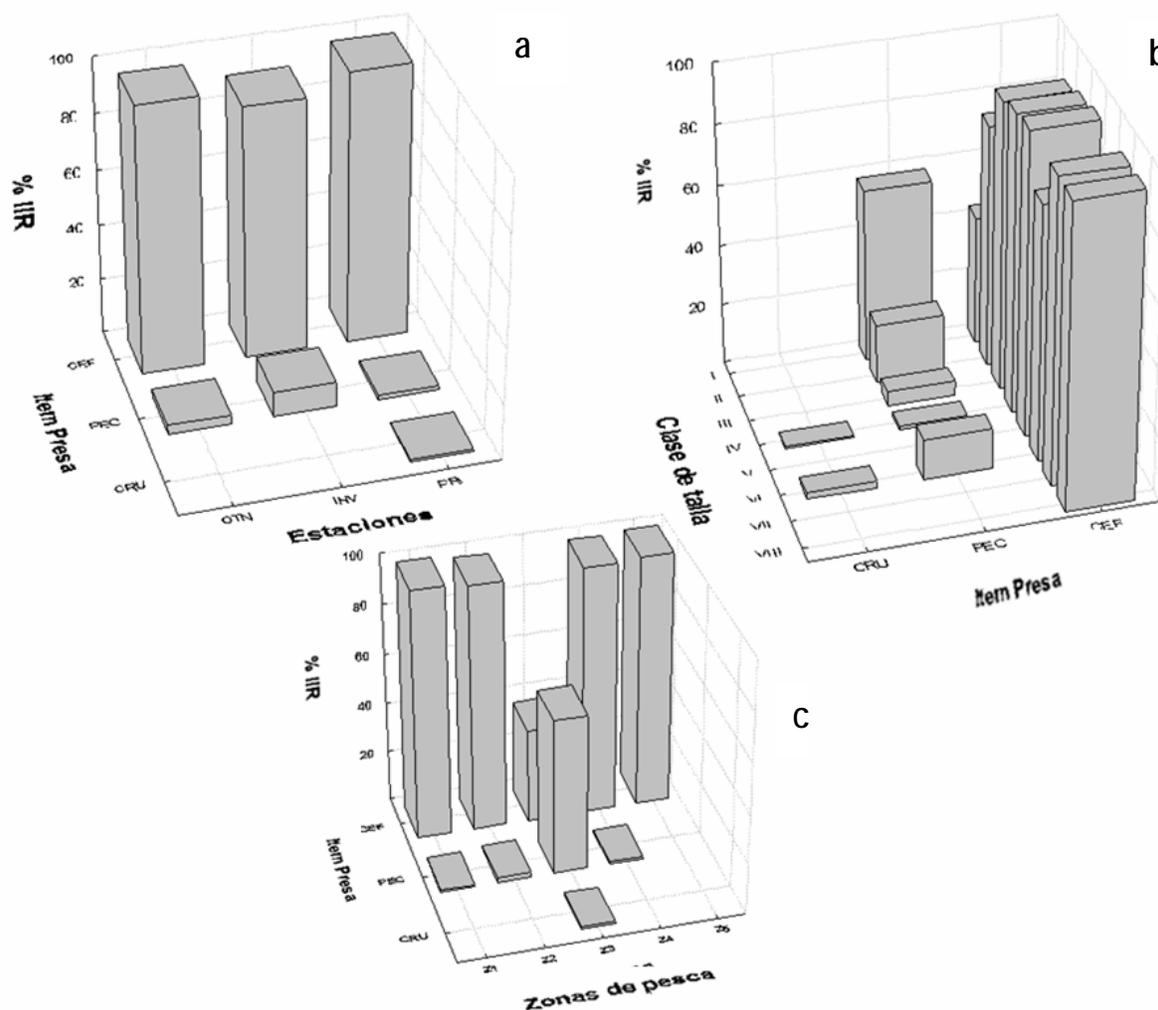


Figura 4. Variación del %IIR en grupos mayores de alimentos en las distintas clases de tallas de *X. gladius*; a) estaciones (OTN = otoño; INV = invierno y PRV = primavera); b) clases de tallas (I = $\leq 153,37$ cm; II = 153,38-169,75; III = 169,76-186,12; IV = 186,13-202,5; V = 202,6-218,87; VI = 218,88-235,25; VII = 235,26-251,62 y VIII = $> 251,62$), y c) zonas de pesca.

Figure 4. Variation of the %IIR in major food categories in the different size class of *X. gladius*; a) seasons (OTN = fall; INV = winter and PRV = spring) b) size class (I = ≤ 153.37 cm; II = 153.38-169.75; III = 169.76-186.12; IV = 186.13-202.5; V = 202.6-218.87; VI = 218.88-235.25; VII = 235.26-251.62 and VIII = > 251.62), and c) fishing zone.

de los contenidos estomacales (Fig. 3) refleja claramente la dominancia de los cefalópodos en la dieta para la zona y época estudiada, confirmando al pez espada como un predador principalmente teutófago, con *D. gigas* como presa principal. Los peces aparecen como alimento secundario siendo *C. pauciradiatus* el más frecuente en la dieta. Los crustáceos son un alimento accidental en la dieta de este predador, aportando más en número que en peso (Fig. 3).

Los estudios sobre alimentación de pez espada señalados anteriormente, consideran a éste como un

predador generalista oportunista. Sin embargo, un predador puede ser especializado en categorías mayores de alimento, no discriminando por presa, sobre todo si estos influyen en sus tasas de consumo de alimento (Cortes, 1997). De acuerdo con los análisis del presente estudio y asumiendo que todavía no se genera la asíntota en la curva trófica (Fig. 2), se observa que el pez espada podría ser un predador especializado en esta zona del Pacífico a nivel de categorías mayores de alimento (*v.gr.* Clase). No obstante, se debe tener presente que para estos peces pelágicos migratorios la

Tabla 4. Diversidad de presas (índice de Shannon-Weiner, H'), riqueza de especies (N° de especies) y número de estómagos con contenidos por clases de tallas, estaciones y zonas de pesca del pez espada, frente a Chile centro-norte a los 25°-34°S, durante el 2005.

Table 4. Diversity of prey (Shannon-Weiner index, H'), species richness (N° species) and number of stomachs with food for size class, season and fishing zone of the swordfish off central-northern Chile between 25°-34°S, during 2005.

Clases de tallas	N° de estómagos	H'	N° de especies
I	6	1,189	6
II	8	1,272	7
III	10	1,285	8
IV	14	0,982	5
V	15	0,678	3
VI	7	1,972	8
VII	7	0,305	2
VIII	5	0	1
Estación			
Otoño	20	1,225	9
Invierno	28	1,149	7
Primavera	24	1,202	7
Zonas			
1	14	0,627	4
2	15	1,219	8
3	13	1,29	6
4	18	1,292	9
5	12	0	1

estrategia de alimentación está condicionada por la oferta ambiental de sus presas, ya que al realizar grandes desplazamientos migratorios y cambiar de hábitat constantemente su dieta podría ser amplia. La alimentación de cualquier predador, en este caso de un pez, refleja el alimento disponible en el ambiente (Ricklefs, 1979; Wootton, 1990). Por lo tanto, la alimentación del pez espada podría ser utilizada para conocer la abundancia relativa de las presas a través de su contenido estomacal (Smale, 1996).

No se presentaron diferencias significativas en la dieta entre machos y hembras, aunque en machos el espectro trófico fue menor. Las hembras presentaron una mayor diversidad de peces y sólo en ellas se encontraron crustáceos. Otros estudios sobre alimentación del pez espada tampoco han encontrado diferencias entre sexos (Daza, 2002), sin embargo, se debe considerar el número reducido de estómagos analizados y la corta escala espacio-temporal utilizados en esos trabajos. El fenograma de similitud reveló que existen variaciones ontogénicas en la dieta del pez espada (Fig. 5a), mostrando dos grupos marcados. Nakamura (1985) señala que para el Pacífico norte y centro, la talla de madurez sexual ocurre en promedio (para hembras y machos) en un L_{50} 150 cm de LMIH. En cambio, estudios recientes (Chancollon *et al.*, 2006) señalan que peces espada < 120 cm LMIH están en su primer año de vida, mientras que entre 120 y 177 cm de LMIH ocurren los individuos juveniles y sobre los 177 cm de LMIH están los individuos maduros, entonces las variaciones del alimento en la distribución de las tallas podría deberse a la separación de estados de madurez.

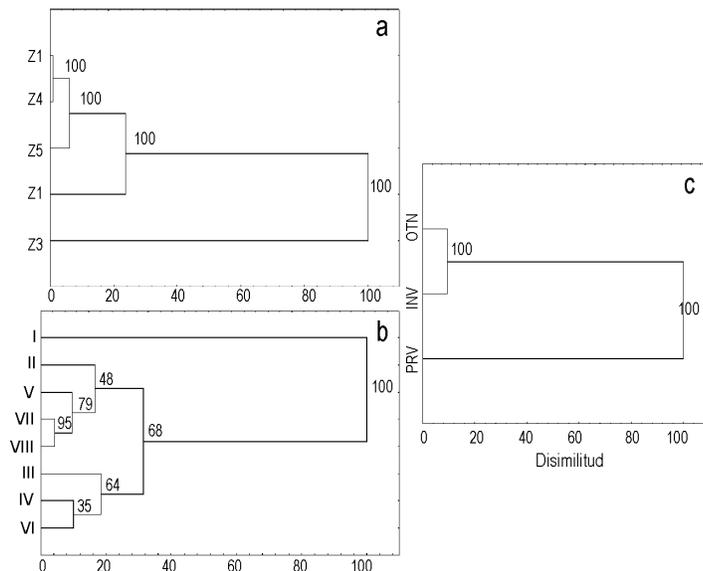


Figura 5. Fenograma de similitud para los contenidos estomacales de *X. gladius* para las diferentes clases de tallas (números en los nodos corresponden a los valores obtenidos del análisis de bootstrap); a) zonas de pesca, b) clases de tallas (I = \leq 153,37 cm; II = 153,38-169,75; III = 169,76-186,12; IV = 186,13-202,5; V = 202,6-218,87; VI = 218,88-235,25; VII = 235,26-251,62 y VIII = $>$ 251,62), y c) estaciones (OTN = otoño; INV = invierno y PRV = primavera).

Figure 5. Similarity dendrogram of *X. gladius* stomach contents for the different size class (numbers at node are values from bootstrap analysis); a) fishing zone, b) size class (I = \leq 153.37 cm; II = 153.38-169.75; III = 169.76-186.12; IV = 186.13-202.5; V = 202.6-218.87; VI = 218.88-235.25; VII = 235.26-251.62 and VIII = $>$ 251.62), and c) seasons (OTN = fall; INV = winter and PRV = spring).

Tabla 5. Comparación de la composición de la dieta de *X. gladius* de las diferentes clases de tallas estudiadas utilizando los valores de la sobreposición de la dieta obtenidos con el coeficiente de correlación de Spearman (r_s) (sobre la diagonal) y el nivel de significancia (p) (bajo la diagonal), calculado del índice de importancia relativa expresado como porcentaje (%IIR).

Table 5. Comparison of the *X. gladius* diet composition of the different size class studied using values of diet overlap obtained with Spearman rank correlation coefficient (r_s) (above the diagonal) and level of significance (p) (below the diagonal), calculated from the importance relative index expressed as a percent (%IIR).

LMIH (cm)	< 153,37	153,38-169,75	169,76-186,12	186,13-202,5	202,6-218,87	218,88-235,25	235,26-251,62	> 251,62
Clase de talla	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
I		-0,40476	0,07142	0,00000	-0,76190	0,11904	-0,83333	0,85714
II	0,31988		-0,09523	-0,02381	0,85714	-0,02381	0,78571	0,76190
III	0,86652	0,82250		0,92857	-0,14285	0,88095	-0,26190	0,28571
IV	1,00000	0,95537	0,00086		-0,07142	0,95238	-0,19047	0,21428
V	0,02800	0,00653	0,73576	0,86652		-0,16666	0,92857	0,90476
VI	0,77888	0,95537	0,00385	0,00026	0,69323		-0,23809	0,53092
VII	0,01017	0,02081	0,53092	0,65140	0,00086	0,57015		0,97619
VIII	0,00653	0,02800	0,49272	0,61034	0,00200	-0,26190	0,00003	

Tabla 6. Comparación de la composición de la dieta de *X. gladius* en las diferentes zonas de pesca estudiadas utilizando valores obtenidos de la sobreposición de la dieta obtenidos con el coeficiente de correlación de Spearman (r_s) (sobre la diagonal) y el nivel de significancia (p) (bajo la diagonal), calculado del índice de importancia relativa expresado como porcentaje (%IIR).

Table 6. Comparison of the *X. gladius* diet composition in the different fishing zone studied using values of diet overlap obtained with Spearman rank correlation coefficient (r_s) (above the diagonal) and level of significance (p) (below the diagonal), calculated from the importance relative index expressed as a percent (%IIR).

Zona	1	2	3	4	5
1		0,40000	-0,60000	0,90000	0,60000
2	0,504632		0,00000	0,30000	0,00000
3	0,284757	1,000000		-0,70000	-1,00000
4	0,037386	0,623838	0,188120		0,70000
5	0,284757	1,000000	1,00000	0,188120	

En efecto, Wootton (1990) señala que las variaciones ontogénicas en la alimentación de cualquier pez están ligadas estrechamente a los estados de madurez de éstos, ya que los requerimientos energéticos pueden ser distintos en la historia de vida del predador. Sin embargo, hay que dejar en claro que en este estudio los análisis de similitud están basados en el porcentaje de la importancia relativa de la categoría del alimento y sus variaciones, como se señaló anteriormente, y por lo tanto están sujetos a la disponibilidad de las presas en el ambiente. Otros dos análisis de conglomerados

mostraron diferencias estacionales y geográficas, las que están estrechamente ligadas a la dinámica predador-presa (Ricklefs, 1979; Wootton, 1990), sobre todo si se trata de peces que son altamente migratorios. Los resultados obtenidos señalan que estacionalmente, la importancia relativa del alimento es diferente, al igual que aquellos que se presentan de acuerdo a las zonas de pesca, estas diferencias pueden atribuirse a las variaciones de las dinámicas poblacionales de las distintas presas, ya que su abundancia relativa (estacional y geográficamente) está determinada por la competen-

cia, depredación, reproducción y procesos ambientales (Krebs, 1985), generando así la flexibilidad trófica (Wootton, 1990).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Sr. Augusto Cornejo y al Biólogo Marino Sr. Fernando Burgos, por su colaboración en el trabajo de laboratorio en el Museo Nacional de Historia Natural.

REFERENCIAS

- Barría P., M. Donoso, J. Azócar, F. Cerna, V. Catasti, C. Bernal & H. Miranda. 2006. Seguimiento del estado de situación de las principales pesquerías nacionales. Investigación situación recursos altamente migratorios, 2005. Informe Final. IFOP-SUBPESCA: 140 pp.
- Barbieri, M.A., C. Canales, V. Correa, M. Donoso, A. González, B. Leiva, A. Montiel & E. Yáñez. 1998. Development and present state of the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in Chile. In: I. Barrett, O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and fisheries of swordfish, *Xiphias gladius*. NOAA Tech. Rep. NMFS, 142: 1-10.
- 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.
- Carey, F.G. 1990. Further acoustic telemetry observations of swordfish. In: R.H. Stroud (ed.). Planning the future of billfishes: research and management in the 90s and beyond. Proceedings of the Second International billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii, August 1-5, 1988. Fishery and stock synopses, Data Needs and Management. Part 2: 103-122.
- Carey, F.G. & B.H. Robison. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, *Xiphias gladius*, observed by acoustic telemetry. US Fish. Bull., 79: 277-292.
- Clarke, M.R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press, Oxford, 273 pp.
- Clarke, M.R., D.C. Clarke, H.R. Martins & H.M. Silva. 1995. The diet of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azorean waters. Archipelago. Life Mar. Sci., 13A: 53-69.
- Chancollon, O., C. Pusineri & V. Ridoux. 2006. Food and feeding ecology of northeast Atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay. ICES J. Mar. Sci., 63: 1075-1085.
- Cortes, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 54: 726-738.
- Daza, E. 2002. Dinámica trófica del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, asociada a la pesquería del recurso en el Pacífico sur oriental. Tesis de Biología Marina, Universidad de Concepción, Concepción, 120 pp.
- Ellis, J. 2003. Diet of the sandbar shark, *Carcharhinus plumbeus* in the Chesapeake Bay and adjacent waters. Master Thesis College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, 120 pp.
- Ferry, L. & G.M. Caillet. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? In: D. MacKinlay & K. Shearer (ed.). Feeding ecology and nutrition in fish, Symposium Proceedings. American Fisheries Society, San Francisco, pp. 71-80.
- Fritz, E. 1974. Total diet comparison in fishes by Spearman rank correlations coefficients. Copeia, 1974: 210-214.
- Gartland, J. 2002. Diet composition of young-of-the-year bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in the lower Chesapeake Bay and Virginia's coastal ocean. Masters Thesis, College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, 138 pp.
- Gelsleichter, J., J.A. Musick & S. Nichols. 1999. Food habits of the smooth dogfish, *Mustelus canis*, dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, Atlantic sharpnose shark, *Rhizoprionodon terranova*, and the sand tiger, *Carcharias taurus*, from the northwest Atlantic Ocean. Environ. Biol. Fish., 54: 205-217.
- Guerra, A., F. Simon & A.F. González. 1993. Cephalopods in the diet of the swordfish, *Xiphias gladius*, from the Northeastern Atlantic Ocean. In: T. Okutani, R.K. O'Dor & T. Kubodea. (eds.). Recent advances in cephalopod fishery biology. Tokai University Press, Tokio, 159-164.
- Ibañez, C.M., C. González & L. Cubillos. 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. Invest. Mar. Valparaíso, 32(2): 113-120.
- Hernández-García, V. 1995. The diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central East Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. US Fish. Bull., 93(2): 403-411.
- Hyslop, E.J. 1980. Stomach content analysis - a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17: 187-203.

- Krebs, Ch. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Harla, México, 753 pp.
- Letelier, S., M.A. Vega, A.M. Ramos & E. Carreño. 2003. Base de datos del Museo Nacional de Historia Natural: moluscos de Chile. Capítulo Chileno. Rev. Biol. Trop., 51(Suppl.3): 33-137.
- Liao, C.H., C.L. Pierce & J.G. Larscheid. 2001. Empirical assessment of indices of prey importance in the diets of predacious fish. Trans. Am. Fish. Soc., 130: 583-591.
- Macias, D., A. Hattour, J.M. de la Serna, M.J. Gomez-Vives & D. Godoy. 2005. Reproductive characteristics of Swordfish (*Xiphias gladius*) caught in the southwestern Mediterranean during 2003. Collective Volume Scientific Paper of the International Commission of the Conservation of Atlantic Tuna, 58(2): 454-469.
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 1998. Food and feeding of swordfish, *Xiphias gladius* L., caught off western Baja California. In: I. Barret, O. Sosa-Nishizaki & N. Bartoo (eds.). Biology and fisheries of swordfish, *Xiphias gladius*, US Dep. Commer., NOAA Tech. Rep. NMFS, 142 (245-259).
- Matsumoto, T., H. Saito & N. Miyabe. 2003. Report of observer program for Japanese tuna longline fishery in the Atlantic Ocean from September 2001 to March 2003. Collective Volume of Scientific Papers International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, 55: 1679-1718.
- Mead, G.W. 1972. Bramidae. Dana Report, 81: 1-166.
- Moreira, F. 1990. Food of swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, off the Portuguese coast. J. Fish Biol., 36: 623-624.
- Nakamura, I. 1985. Billfishes of the world: an annotated and illustrated catalogue of marlins, sailfishes, spearfishes and swordfishes know to date. FAO Fish. Synop., 125(5): 1-65.
- Nakamura, I. 1986. Important fishes trawled off Patagonia. Japan Marine Fishery Resource Research Center, Tokyo, 369 pp.
- Nesis, K.N. 1987. Cephalopods of the world. T.F.H. Publications. New Jersey, 351 pp.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant & Z.L. Iverson. 1971. Food habits of Albacore bluefin tuna and bonito in California waters. Dep. Fish & Game. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Retamal, M.A. 1981. Catálogo ilustrado de los crustáceos decápodos de Chile. Gayana Zool., (Chile) 44: 1-110.
- Ricklefs, R. 1979. Ecology. Chiron Press, University of Pennsylvania, New York, 966 pp.
- Roper, C.F., M.J. Sweeney & C.E. Nauen. 1984. FAO Species Catalogue. Vol.3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop., (125)3: 277 pp.
- Roper, C.F., M.J. Sweeney & M.R. Clarke. 1988. Cefalópodos. En: W. Fischer & J.C. Hureau (ed.). Océano austral. Área de la convención CCAMLR, áreas de pesca 48, 58 y 88. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de pesca. FAO, I: 117-205.
- Rosel, P. & B. Block, 1996. Mitochondrial control region variability and global populations in the swordfish, *Xiphias gladius*. Mar. Biol., 125: 11-22.
- Stillwell, C.E. & N.E. Kohler. 1985. Food and feeding ecology of the swordfish *Xiphias gladius* in the North Atlantic Ocean with estimates of daily ration. Mar. Ecol. Prog. Ser., 22: 239-247.
- Schoener, T.W. 1970. Nonsynchronous spatial overlap of lizards in patchy habitats. Ecology, 51(3): 408-418.
- Smale, M.J. 1996. Cephalopods as preys. IV. Fishes. Phil. Trans. Roy. Soc. London B., 351: 1067-1081.
- StatSoft, Inc. 2001. Statistica (data analysis software system), version 6.0. www.statsoft.com.
- Sneath, P.H.A. & R.R. Sokal. 1973. Numerical taxonomy: the principles and practice of numerical classification, Freeman, San Francisco, 573 pp.
- Takahashi, M., M. Okazaki, H. Okamura & K. Yokawa. 2003. Swimming behavior and migration of a swordfish recorded by archival tag. Mar. Freshw. Res., 54: 527-534.
- Vega, M.A., S. Letelier & E. Carreño. 2001. Colección de cefalópodos del Museo Nacional de Historia Natural: catálogo de especies de aguas chilenas. Publicación Ocasional, MNHN, Chile, 57: 7-86.
- Voss, N.A., K.N. Nesis & P.G. Rodhouse. 1998. The cephalopod family Histioteuthidae (Oegopsida): systematics, biology and biogeography. En: N.A. Voss, M. Vecchione, R.B. Toll & M.J. Sweeney (eds.). Systematics and biogeography of cephalopods. Smithsonian Contrib. to Zool., 586: 599 pp.
- Wolff, G.A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of Cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS, 17: 50 pp.
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. Chapman & Hall, London, 404 pp.
- Yáñez, E., C. Silva, M.A. Barbieri & K. Nieto. 1996. Pesquería artesanal de pez espada y temperatura superficial del mar registrada con satélites NOAA en Chile central. Invest. Mar., Valparaíso, 24: 131- 144.
- Zar, J. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, New York, 663 pp.

Received: 27 April 2007; Accepted: 24 October 2008.