



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS



**“ESPECTRO TRÓFICO DEL PEZ ESPADA
(*Xiphias gladius* Linneaus, 1758) EN LA COSTA
OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN
MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

PRESENTA

ARIANA TRUJILLO OLVERA

LA PAZ, B.C.S., JULIO 2015



SIP-14 BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 17 del mes de Junio del 2015 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

"ESPECTRO TRÓFICO DEL PEZ ESPADA (*Xiphias gladius* Linneaus, 1758)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR"

Presentada por el alumno:

TRUJILLO
Apellido paterno

OLVERA
materno

ARIANA
nombre(s)

Con registro:

B	1	3	0	8	7	5
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DRA. SOFIA ORTEGA GARCÍA
Directora de Tesis

DRA. OFELIA ESCOBAR SÁNCHEZ
2ª. Directora de Tesis

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

DR. LEONARDO ANDRÉS CORTÉS CÁRDENAS

DR. ARTURO TRIPP VALDEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



IPN
CICIMAR
DIRECCION



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 16 del mes Julio del año 2015
el (la) que suscribe BP. ARIANA TRUJILLO OLVERA alumno(a) del
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS
con número de registro B130875 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS
manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:
DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA y DRA. OFELIA ESCOBAR SÁNCHEZ
y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESPECTRO TRÓFICO DEL PEZ ESPADA (*Xiphias gladius* Linneaus, 1758)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR"

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ari_zemc@hotmail.com - sortega0408@gmail.com - escobars.ofelia@gmail.com
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

BP. ARIANA TRUJILLO OLVERA

nombre y firma

DEDICATORIA

Dedico esta tesis, con todo mi amor y cariño.

A ti Dios, que me diste la oportunidad de vivir y regalarme una familia maravillosa, gracias por permitirme concluir un nuevo ciclo en mi vida y permitirme conocer personas fabulosas y de gran corazón.

Este nuevo triunfo es dedicado principalmente a mis padres “Eligio Trujillo Reyes y Ma. Esther Olvera Ruiz”, por darme la vida, por brindarme su amor incondicional, por creer en mí y apoyarme en cada instante de mi vida, porque gracias a su esfuerzo me dieron una formación académica y me fomentaron a luchar en todo momento por mis sueños. Los amo.

A mis hermanos “Ulises, Marlene y Yessenia G” por enseñarme a luchar y esforzarme para conseguir mis metas. A mis sobrinas “Nelly Paola y Natally Paolete” por hacer amenos momentos difíciles, con sus sonrisas abrazos, travесuras y amor. Los quiero con todo mi corazón.

*Con esfuerzo, constancia,
dedicación y pasión se pueden
lograr grandes cosas*

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por el apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo. Asimismo a los maestros que formaron parte de mi formación académica.

Al Centro Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por brindarme el apoyo de sus becas durante el periodo de maestría (2013-2015).

A los apoyos económicos beca BEIFI otorgados por el Instituto Politécnico Nacional con los proyectos: “Hábitat preferencial del pez vela (*Istiophorus platypterus*) en el océano Pacífico oriental: efectos de los eventos ENSO en su distribución espacial.”; “Movimientos migratorios y preferencias de temperatura del dorado (*Coryphaena hippurus*) en el noroeste de México”.

Al proyecto pelágicos mayores, por las muestras otorgadas para la realización de este trabajo y a todo el equipo (Ulianov Jackes, Hideki Yoshida, Fátima Medina, Javier Carrera, Jonathan, Ember, Tatiana Acosta) por permitirme ser parte de este grupo.

A mis directoras de tesis, la Dra. Sofía Ortega García y la Dra. Ofelia Escobar Sánchez, por su ayuda y apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo, por sus enseñanzas y recomendaciones, al igual que su gran amistad que me brindaron en todo este tiempo.

A mi comité revisor: Dr. Felipe Galván Magaña, Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas y al Dr. Arturo Tripp Valdez, por sus comentarios y sugerencias que sirvieron para enriquecer la presente tesis.

Al laboratorio de Química Marina de CICIMAR y al Dr. Alberto Sánchez Gonzáles por facilitarme la utilización de sus instalaciones y equipo, gracias a la Dra. Griselda Rodríguez responsable del laboratorio. También agradezco al Laboratorio de Espectrometría de Masas (LESMA-CICIMAR) y al Tec. Ángel Ruvalcaba por la gran ayuda para que se llevaran a cabo los análisis.

Al C.P. Humberto Ceseña y César Casas por su ayuda en todos los trámites requeridos en estos años.

A mis amigos y compañeros de generación, por hacer amenos mis días, por apoyarme en cualquier momento y escucharme: Fátima, Gisela, Casandra, Ana, Hideki, Roberto, Tamayo, Eva, David, Ivan, Tati, Andrea, Juan David, Olinda y Christina.

A toda mi familia, que con su esfuerzo, apoyo y amor me han ayudado a llegar hasta donde estoy.

A la familia Payan-Alcacio (Juan Carlos Payan, Araceli Alcacio y Rosalba Payan) que me abrieron sus puertas y me dejaron ser parte de ellos, por cuidarme en las buenas y en las malas y brindarme su amor.

A mi novio y amigo incondicional Juan Ángel Payan por estar apoyándome en todo momento, le agradezco por acompañarme, cuidarme y aguantarme en esas horas largas de trabajo y estrés, por no dejar que me rindiera, por hacer mis días más agradables, por eso y más gracias.

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tablas.....	ix
Lista de Acrónimos	x
Glosario.....	xi
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES	4
III. OBJETIVOS	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos	7
Área de estudio.....	8
IV. MATERIAL Y MÉTODOS.....	10
Trabajo de campo	10
Trabajo de laboratorio	11
Análisis taxonómico	11
Trabajo de gabinete	12
Análisis de contenido estomacal.....	12
Relación con la temperatura superficial del mar (TSM)	18
Análisis de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno	18
Extracción de lípidos.....	19
Nivel trófico para isótopos.....	20
Modelo de mezclas Bayesiano (SIAR)	20
Comparaciones isotópicas.....	21

V. RESULTADOS	22
Análisis de contenido estomacal	22
Curva de acumulación y tamaño de muestra.....	23
Espectro trófico general	25
Variabilidad interanual del espectro trófico	28
Espectro trófico por tallas	31
Espectro trófico por sexo	33
Amplitud de dieta - Índice de Levins (Bi).....	35
Análisis de Costello (1990)	36
Análisis de similitud (ANOSIM)	37
Relaciones tróficas interespecíficas (traslapo trófico)	38
Nivel trófico para contenido estomacal	38
Relación con la temperatura superficial del mar (TSM)	39
Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$	42
Comparación isotópica estacional (2013)	44
Comparación isotópica por tallas.....	48
Comparación isotópica por sexo.....	49
Nivel trófico para isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$	52
Modelo de mezcla Bayesiano (SIAR)	53
VI. DISCUSIÓN	55
Análisis de contenido estomacal	55
Porcentaje de llenado (estómagos)	55
Espectro trófico general.....	56
Espectro trófico por tallas	57
Espectro trófico por sexo	58

Variabilidad interanual del espectro trófico	58
Amplitud de la dieta (Índice de Levins - Análisis de Costello).....	59
Nivel trófico	60
Relación con la temperatura superficial del mar.	61
Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$	62
Comparación isotópica estacional (2013)	63
Comparación isotópica por tallas.....	64
Comparación isotópica por sexo.....	65
Nivel Trófico para isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$	65
Modelo de mezclas Bayesiano (SIAR)	66
VII. CONCLUSIONES	67
VIII.RECOMENDACIONES	68
IX. LITERATURA CITADA	69
IX. ANEXO	81

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1	Área de muestreo del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) en la costa occidental de Baja California Sur (las marcas blancas representan las posiciones geográficas de los lances donde se capturaron los organismos muestreados).	8
2	Diagrama explicativo sobre la estrategia alimenticia de Costello, contribución de la amplitud de nicho trófico e importancia de la presa según Amundsen <i>et al.</i> (1996) donde, CIF es componente intra-fenotípico y CEF componente entre fenotipos.	15
3	Número de estómagos con alimento y sin alimento de <i>Xiphias gladius</i> por año (n=244) colectados para su análisis en la costa occidental de Baja California Sur.	22
4	Curva de acumulación y tamaño de muestra del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) capturados en la costa occidental de Baja California Sur.	24
5	Curva de acumulación y tamaño de muestra del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) por año (2011, 2012 y 2013) capturados en la costa occidental de Baja California Sur.	24
6	Espectro trófico del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) representando el porcentaje de número (%N), peso (%P) frecuencia de aparición (%FA) Índice de importancia relativa (IIR); en la categoría de otros se agruparon los organismos con valores menores al 0.2% en importancia (<i>Thysanoteuthis rhombus</i> , <i>Cubiceps paradoxus</i> , <i>Mastigoteuthis dentata</i> , <i>Japetella diaphana</i> , <i>Auxis</i> spp., <i>Sthenoteuthis oulaniensis</i> , Restos de pez, <i>Caranx caballus</i> , <i>Naucrates ductor</i>).	27
7	Variabilidad interanual del espectro trófico del pez espada por grupo de presas en la costa de Baja California Sur; MONI (Materia Orgánica No Identificada).	29
8	Variabilidad interanual de la dieta del pez espada por grupo de presas en la costa occidental de Baja California Sur.	30
9	Estructura de tallas (I: 90 - 134 cm; II: 134.1 - 178 cm; III: 178.1 - 222 cm; IV: 222.1 - 266 cm y V: 266.1 - 310 cm) de los peces espadas (<i>Xiphias gladius</i>) capturados por la flota palangrera que operó en la costa occidental de Baja California durante el periodo 2011-2013.	30
10	Composición del espectro trófico del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) en la costa occidental de Baja California Sur, por grupo de presas para cada intervalo de talla (I: 90 - 134 cm; II: 134.1 - 178 cm; III: 178.1 - 222 cm; IV: 222.1 - 266 cm y V: 266.1 - 310 cm); MONI (Materia Orgánica No Identificada).	33
11	Número de estómagos con alimento y sin alimento de hembras, machos e indiferenciados de los peces espada	34

	muestreados en la costa occidental de Baja California.	
12	Índice de importancia relativa por grupo de presas de los peces espada machos, hembras e indiferenciados muestreados en la Costa de Baja California Sur.	35
13	Representación gráfica de la composición de las especies presas más importantes descritas por el análisis de Costello-Amundsen (1990). a) <i>Dosidicus gigas</i> b) <i>Gonatus</i> spp. c) <i>Argonauta</i> spp. d) <i>Ancistrocheirus lesueurii</i> e) <i>Scomber japonicus</i> f) <i>Pleuroncodes planipes</i> g) <i>Thysanoteuthis rhombus</i> .	37
14	Frecuencia de peces espada en relación a la temperatura superficial del mar (TMS) (°C).	39
15	Frecuencia de peces espada para machos y hembras en relación a la temperatura superficial del mar (°C)	40
16	Frecuencia de peces espada por grupo de presas en relación a la temperatura superficial del mar	41
17	Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ medidos del músculo dorsal del pez espada (hembras, machos e indiferenciados) de la costa occidental de Baja California Sur, durante el 2013 (punto amarillo representa la media y su desviación estándar de los valores para ambos isótopos).	42
18	Relación C:N del pez espada (valor teórico de proteínas puras C:N = 3.5)	43
19	Promedios y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada en organismos que presentaron estómagos con y sin alimento en la costa Occidental de Baja california Sur, durante el 2013.	44
20	Variación estacional en isótopos de $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada (<i>X. gladius</i>) en la costa Occidental de Baja california Sur.	45
21	Variación estacional en isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ del pez espada (<i>X. gladius</i>) en la costa Occidental de Baja california Sur.	46
22	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ provenientes del músculo de peces espada capturados en la costa occidental de Baja California Sur.	47
23	Variación estacional en la frecuencia de aparición de los diferentes ítems presa del pez espada en el año 2013.	84
24	Representación gráfica de los valores promedio y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los intervalos de tallas del pez espada.	48
25	Variación de los valores de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) para hembras y machos de pez espada (<i>X. gladius</i>)	50
26	Variación de los valores de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) para hembras y machos de pez espada (<i>X. gladius</i>)	51
27	Medias y desviaciones estándar de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las hembras y machos del pez espada.	52
28	Diagrama de dispersión de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para la estimación de	53

las posibles contribuciones de las fuentes (presas) al consumidor (pez espada).

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	PAGINA
1	Valores de nivel trófico en organismos marinos (Pauly & Palomares, 2000).	17
2	Estómagos del pez espada (<i>X. gladius</i>) con y sin alimento analizados por meses (2011-2013).	23
3	Composición del espectro trófico general del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) en la costa de Baja California Sur. A través del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de Aparición (%FA), e índice de Importancia relativa (%IIR) (Anexo: Taxonomía).	26
4	Espectro trófico del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) durante el año 2011 en la costa de Baja California Sur. A través del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de aparición (%FA), e índice de importancia relativa (%IIR).	81
5	Espectro trófico del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) durante el año 2012 en la costa de Baja California Sur. A través del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de aparición (%FA), e índice de importancia relativa (%IIR).	81
6	Espectro trófico del pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) durante el año 2013 en la costa de Baja California Sur. A través del método numérico (%N), gravimétrico (%P), frecuencia de aparición (%FA), e índice de importancia relativa (%IIR).	82
7	Amplitud de dieta (Índice de Levins) por intervalos de talla.	36
8	Descripción del análisis de similitud en los diferentes grupos donde si $R \leq 0$ nos indica que las dietas son similares, de manera contraria si $R \geq 1$ nos indica que las dietas son diferentes entre los grupos.	37
9	Tamaño de la muestra, valor mínimo, máximo y promedio de los isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada por estación.	47
10	Promedios y desviaciones estándar (SD) de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por tallas del pez espada (2013) en la costa occidental de Baja California Sur.	49
11	Taxonomía de especies presas principales de <i>Xiphias gladius</i> en la costa occidental de Baja California Sur.	85
12	Contribución de las presas al músculo de <i>X. gladius</i>	54

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANOSIM:	Análisis de similitud
ANOVA:	Análisis de varianza
Bi:	índice estandarizado de Levins
CC:	Corriente de California
C:N:	Proporción entre la cantidad de C sobre la proporción de N de cada una de las muestras
CCNE:	Contracorriente Norecuatorial
CNE:	Corriente Norecuatorial
FA:	Frecuencia de aparición
Fig:	Figura
ICCAT:	Comisión internación para la conservación del Atún Atlántico
IIR:	Índice de importancia relativa
Lf:	Longitud mandibulo-furcal
MONI:	Materia Orgánica No Identificada
MOP:	Materia orgánica particulada
N:	Numérico
NT:	Nivel trófico
P:	Peso
PM:	Modo posteriori
R:	Coefficiente de determinación
SD:	Desviación estándar
TSM:	Temperatura superficial del mar
ZCIT:	Zona de convergencia intertropical

GLOSARIO

Amplitud de la dieta: Selección de la dieta con respecto a un número potencial de tipos alimenticios.

Cadena trófica: Flujo de energía transferida sucesivamente de productores primarios a consumidores primarios, secundarios y así sucesivamente dentro de una comunidad.

$\delta^{13}\text{C}$: Proporción de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ en la muestra comparada con la proporción $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ de un estándar. Valores bajos indican que esta proporción es menor en la muestra que en el estándar.

$\delta^{15}\text{N}$: Proporción de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ en la muestra comparada con la proporción $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ de un estándar. Valores bajos indican que esta proporción es menor en la muestra que en el estándar.

Hábitos alimenticios. Estudios que provee una descripción detallada del alimento que es ingerido recientemente por los organismos.

Isótopo estable: Átomos de un mismo elemento con igual número de protones pero diferente número de neutrones, que no presentan desintegración espontánea.

Materia orgánica particulada: Materia orgánica de diámetro mayor a $0.2\mu\text{m}$ y menor a 1cm , en la que se incluyen principalmente secreciones, exudados celulares, material fecal de organismos vivos, restos de fitoplancton y zooplancton y material detrítico parcialmente o totalmente degradado.

Nivel trófico: Lugar que ocupa un organismo en una cadena trófica. Es un valor que refleja el número promedio (intercambios tróficos) existente entre los nutrientes en la base de la red trófica y el consumidor, teniendo en cuenta la importancia relativa del aporte de energía a cada nivel.

Organismo especialista: Aquel que presenta un espectro alimenticio más restringido, enfocando su alimentación en una sola presa.

Organismo generalista: Especies que no presentan selectividad en el alimento o por una presa en particular, recurren a un amplio espectro de alimentos.

Organismo oportunista: Organismo que cambia de una fuente de alimento a otro, para aprovechar la fuente más rentable en el momento.

Organismo Piscívoro: Organismo carnívoro que se alimenta principalmente de peces

PM: Referente a la máxima probabilidad posterior en un análisis bayesiano

Teutófago: Organismo que se alimenta principalmente de cefalópodos

RESUMEN

En su carácter de depredador tope, se considera que el pez espada tiene un papel importante en la estructura trófica del ecosistema pelágico. Es un organismo cosmopolita que se distribuye en aguas con temperaturas entre los 5 y 27°C. No obstante que se captura de forma importante en la costa occidental de Baja California Sur, su información biológica en esta área es escasa. En este contexto se pretende conocer la variación de sus hábitos alimentarios bajo dos técnicas complementarias, que constan del análisis de contenido estomacal (244 muestras colectadas de marzo 2011 a diciembre 2013) y el análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (40 muestras de tejido muscular colectadas durante el 2013) a partir de organismos capturados por la flota palangrera. Los organismos muestreados registraron tallas entre 90 a 310 cm de longitud furcal (Lf), siendo las tallas más frecuentes de 134.1 a 222 cm Lf. Un total de 159 (65.16%) organismos presentaron estómagos con alimento, mientras que 85 (34.84%) se encontraron vacíos. Mediante el análisis taxonómico se identificaron 30 presas diferentes, pertenecientes a grupos de cefalópodos (%IIR=99.2), peces (%IIR=0.67) y crustáceos pelágicos (%IIR=0.10), donde el cefalópodo *Dosidicus gigas* fue la presa más representativa. El análisis de similitud demostró que no existen diferencias en la dieta del pez espada entre los diferentes grupos (interanuales, intervalos de tallas y sexos), con valores de $R \leq 0$. Por otra parte, el índice de Levin demostró que es un organismo especialista ($B_i < 0.6$). La presencia de este recurso se registró en un intervalo de temperatura superficial del mar entre 19 - 26 °C con mayor frecuencia en los 21 y 23 °C. La frecuencia de hembras fue mayor en temperaturas más altas (21-26°C). De manera general para el análisis de isótopos estables se registraron intervalos para $\delta^{15}\text{N}$ de 14.23 a 19.66‰ ($\mu=17.96 \pm 1.00\text{‰}$); mientras que el intervalo del $\delta^{13}\text{C}$ fueron de -17.05 a -20.75‰ ($\mu=-18.61 \pm 1.65\text{‰}$). Estos resultados isotópicos demostraron que sus fuentes alimenticias son principalmente de origen oceánico. Finalmente el modelo de mezcla (SIAR) demostró que la presa que más contribuye en la dieta de *X. gladius* es *D. gigas*, lo que permite inferir que un periodo de tiempo de 2 a 3 meses, se ha estado alimentando constantemente de esta presa.

ABSTRACT

As top predator, swordfish has an important role in the trophic structure of the pelagic ecosystem. It is a cosmopolitan organism which is distributed in cold waters along the 5 to 27 °C. However, in spite of being an important species in the Mexican fisheries, mainly in the western coast of Baja California Sur, the information on its biology in this area is scarce. The aim of this study was to know the variation in the feeding habits of the swordfish, *Xiphias gladius* using two complementary techniques: stomach contents (244 samples collected from March 2011 to December 2013) and stable isotopes of $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (40 muscle tissue collected in 2013) from organism captured by the longline fleet. The individual sizes ranged between 90 and 310 cm furcal length (Lf), being 134.1 to 222 cm Lf the most frequent size. A total of 159 (65.16%) organism presented stomachs with food, while 85 (34.84%) were empty. According to taxonomic analysis, 30 different preys were identified belonging to three groups: cephalopods (%IIR=99.2), fishes (%IIR=0.67) and pelagic crustacean (%IIR=0.10), where *Dosidicus gigas* was the most representative prey. No differences in the diet of the swordfish between different groups (interannual, size intervals and sexual gender) were observed (ANOSIM: $R \leq 0$). Levin index showed a specialist behavior ($B_i < 0.6$). Swordfish occurred in a interval of sea surface temperature between 19 to 26 °C with highest abundance between 21 to 23 °C. Female frequency was higher in warmer temperatures (21-26 °C). Isotopic analysis showed intervals between 14.23 to 19.66‰ ($\mu = 17.96 \pm 1.00\text{‰}$) for $\delta^{15}\text{N}$; while the intervals of $\delta^{13}\text{C}$ were between -17.05 to -20.75‰ ($\mu = -18.61 \pm 1.65\text{‰}$); these isotopic results shown that food items are in oceanic area. Finally the mixing model (SIAR) revealed that the prey with major isotopic contribution for *X. gladius* is *D. gigas*, which allow us to infer that in a period on time no longer than 2 to 3 months, swordfish feed constantly on this prey.

I. INTRODUCCIÓN.

El pez espada *Xiphias gladius* (Familia Xiphiidae) es una especie mesopelágica, oceánica y altamente migratoria que habita el Océano Pacífico entre los 50°N y 50°S aproximadamente (Latelier *et al.*, 2009). En comparación con los demás peces de pico, *X. gladius* se caracteriza por presentar una mandíbula inferior muy puntiaguda y de corte redondeado, logrando alcanzar más de 400 cm de longitud total y 500 kg de peso (Mejuto *et al.*, 2012).

Los principales países que capturan este recurso son: Japón, Estados Unidos, Italia, España, Canadá, República de Corea, China, Filipinas y Chile con capturas que han pasado de las 10,000 toneladas en 1950 hasta las 120,000 en 2010 (FAO 1985). Se ha establecido que esta especie es más abundante en áreas de convergencia de corrientes cálidas y frías, y de producción primaria relativamente alta que generan condiciones capaces de soportar a grandes depredadores pelágicos (Joseph *et al.*, 1994). De acuerdo con Alvarado-Bremer *et al.* (1999), la población del pez espada que se distribuye en el noroeste de México corresponde a una de las cuatro que existen en el Océano Pacífico, esto de acuerdo a estudios genéticos que determinan su presencia al noroeste, noreste, suroeste y sureste. Su captura se realiza principalmente en las pesquerías palangreras en los Océanos Pacífico, Atlántico e Índico.

El pez espada es considerado un depredador oportunista que se alimenta de especies pelágicas como cefalópodos y peces (Palko *et al.*, 1981; Nakamura, 1985), su dieta varía ontogénica y estacionalmente (Daza, 2002). Pescan en la superficie durante la noche (0-90m), mientras que durante el día descienden hasta 650 o 900 m de profundidad (Carey & Robinson, 1981; Carey, 1990; Matsumoto *et al.*, 2003). Los depredadores de peces espada adultos, además de los humanos, son mamíferos marinos como las orcas (*Orcinus orca* y *Pseudorca crassidens*), mientras que los juveniles son consumidos por los tiburones, marlines, peces vela, atunes aleta amarilla, entre otros (Palko *et al.*, 1981).

Con base en lo antes mencionado y dado al gran valor económico y ecológico que el pez espada presenta a nivel mundial y para nuestro país, es de gran importancia conocer aspectos básicos de su biología (crecimiento, alimentación, edad y reproducción). Los estudios orientados a conocer los hábitos de alimentación de las especies son significativos, ya que estos son la base para que otros procesos biológicos como el crecimiento, la reproducción y el desarrollo se puedan realizar, además de que inciden directamente en la dinámica poblacional de cualquier organismo (Nikolsky, 1963). A través de estos estudios es posible establecer las relaciones intra e inter-específicas que existen con otros organismos dentro del ecosistema, así como inferir las posibles consecuencias que se generarían si esta especie desapareciera con una sobrexplotación, afectando directa o indirectamente a la supervivencia de otras especies generando cambios en la red alimenticia (Stevens *et al.*, 2000).

Estudios realizados anteriormente con base en la ecología trófica del pez espada se han enfocado en el análisis de contenido estomacal, si bien este método aporta información importante, solo representa el alimento consumido recientemente y suele presentar problemas de identificación de las presas debido a su grado de digestión. En la actualidad, como método complementario se ha empleado el uso de técnicas bioquímicas como el análisis de las proporciones isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) que permiten evaluar el comportamiento alimenticio a largo plazo, basado en la asimilación del alimento consumido por el organismo. Cabe mencionar que la mayoría de los valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ encontrados naturalmente están entre -100 y +50 ‰ y dependen de las diferentes tasas de recambio del tejido analizado y, en caso de que cambie su dieta, obedece también a que los tejidos se encuentren equilibrados con la nueva dieta (Fry *et al.*, 1984; Vander-Zanden & Rasmussen, 1997).

Es importante resaltar que el fraccionamiento de $\delta^{13}\text{C}$ es aproximadamente 1‰ por nivel trófico, por lo que es utilizado generalmente para identificar la última fuente de carbono obtenida por el organismo más que para el nivel trófico (Lajtha

& Michener, 2007), en este sentido la acumulación de lípidos tiende a generar valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$ de presa a depredador (Tieszen *et al.*, 1983; Post *et al.*, 2002). Por otra parte, el contenido de $\delta^{15}\text{N}$ típicamente se enriquece en un consumidor con 3 ó 4‰ en relación a su presas (Lajtha & Michener, 2007). Ambas técnicas, contenido estomacal e isótopos estables nos permiten tener una información integrada a una mayor escala de tiempo ya que los isótopos estables no se descomponen con el tiempo, y por ello es posible seguir su “firma única” en un sistema dinámico (Margalef, 1969), ampliando así el conocimiento de la dinámica trófica de una especie. En este sentido y tomando en cuenta que para Baja California Sur este tipo de estudios no se han llevado a cabo para el pez espada, se espera que este trabajo aporte información para comprender los flujos de energía en las redes tróficas acuáticas de las que este organismo forma parte.

II. ANTECEDENTES

A nivel mundial existen varios trabajos enfocados al estudio de la biología general del pez espada tales como reproducción (Chow *et al.*, 1997; De Martini *et al.*, 2000; Sun *et al.*, 2002; Mejuto *et al.*, 2012), edad y crecimiento (Chong, 1992; 2009), pesquerías (Holts & Sosa-Nishizaki, 1989; Barbieri *et al.*, 1998; Seki *et al.*, 2002), marcado y migración (Sedberry *et al.*, 2001; Carruthers *et al.*, 2011), entre otros.

Sin embargo estudios que determinen la composición trófica del pez espada son pocos a nivel mundial. Entre ellos se pueden destacar para el Océano Atlántico (zona norte) el trabajo de Stillwell & Kohler (1985) quienes analizaron 168 estómagos de pez espada capturados entre Cabo Hatteras, Carolina del Norte (EE.UU.) y la cola de los Grandes Bancos (Terranova), identificando al grupo de los cefalópodos como las presas más representativas, donde Ommastrephidae (28.57% FA) e *Illex illecebrosus* (26.37% FA) fueron las presas que destacaron para este grupo, mientras que para el grupo de peces las presas principales fueron *Merluccius bilinearis* (6.04% FA), *Scomber scombrus* (4.94% FA), gádidos (3.30% FA) y el pescado azul (*Pomatomus saltatrix*; 2.75% FA). De igual forma, Clarke *et al.* (1995) Investigaron la dieta de *X. gladius* en el archipiélago de Azores examinando 32 estómagos recolectados en 1992 y 1993, determinando que el alimento principal para esta especie estuvo conformado por cefalópodos (50.5% P) y por peces (49.5% P), siendo el calamar *Ommastrephes bartrami* (46.3% P) y el pez *Lepidopus caudatus* (38.23 % P) las presas más representativas en su dieta. Por otra parte, al analizar la ecología trófica de grandes depredadores pelágicos frente a Bahía de Vizcaya, Chancollon *et al.* (2006) a partir del análisis de 86 estómagos describieron que las presas con mayor importancia en la dieta del pez espada fueron cefalópodos de la especie *Todarodes sagittatus* (6.0% FA), *Ommastrephes bartramii* (4.8% FA) y *Gonatus steenstrupi* (7.2% FA), peces como *Notoscopelus kroeyeri* (13.3% FA), *Symbolophorus veranyi* (28.9% FA) y *Paralepis atlantica* (25.3% FA) y finalmente crustáceos como, Peneidae (2.4% FA) y Euphasidae (2.4% FA); determinando que este organismo presentó variaciones ontogénicas en su dieta.

Para la zona centro del Océano Atlántico Hernández-García (1995) determinó la dieta del pez espada en tres áreas diferentes, encontrando variación en la composición de la misma para las diferentes zonas, donde en la zona A (Estrecho de Gibraltar) su dieta estuvo compuesta principalmente por peces (93.3 %IIR), mientras que en la zona B y C (sur de Islas Canarias y Golfo de Guinea) se alimentaron principalmente de cefalópodos (69.9% y 41.6 %IIR respectivamente). De la misma manera, Barreto *et al.* (1996) analizaron 114 ejemplares de pez espada capturados en el Mar Caribe y estableciendo que su dieta estaba constituida principalmente por peces óseos de las familias Bramidae, Dactylopteridae y Clupeidae.

Al sur del Océano Atlántico Gorni *et al.* (2012) determina la importancia de cada categoría alimentaria a partir del análisis de contenido estomacal de 101 organismos de *X. gladius* capturados al sureste de Brasil, aplicado en un enfoque Bayesiano, observando que el componente principal en su dieta fueron moluscos cefalópodos (PM= 0.50), seguidos por los peces teleósteos (PM= 0.43) y en menor cantidad crustáceos (PM= 0.06).

En el Océano Pacífico frente a las costas de Chile, Ibáñez *et al.* (2004) a través del análisis de 48 estómagos capturados en diferentes zonas frente a Valparaíso, determinaron que durante el invierno del 2003, el pez espada fue un depredador principalmente teutófago y piscívoro, siendo *D. gigas* (FA= zona 1: 100%; zona 2: 66.7%; zona 3: 75.0%), *Onychoteuthis banksii* (FA= zona 2: 71.4%; zona 3: 58.3%), *Trachurus murphyi* (FA= zona 3: 66.7%) y *Thyrsites atun* (FA= zona 2: 66.7%) sus presas principales. Para la misma región, Castillo *et al.* (2007) analizaron 51 organismos (intervalo de talla: 173-301 cm) en cuatro zonas de pesca durante el otoño del 2004, determinaron que se alimentaba de 10 especies de calamares y 5 de peces. *Dosidicus gigas* (FA por zona 1= 94.4%, 2= 100%, 3= 100% y 4= 90.1%) fue la presa predominante en todas las áreas de pesca. Por otra parte, Letelier *et al.* (2009) a través del análisis del contenido estomacal de 126 peces espada capturados frente a Chile identificaron que durante el 2005, el componente principal de su espectro trófico lo constituyó el grupo de los

cefalópodos (*D. gigas*) obteniendo un IIR mayor al 90%, mientras que el grupo de los peces solo representaron el 4%. Asimismo, no encontraron diferencias significativas entre la alimentación por sexo.

De manera particular, para el Pacífico mexicano únicamente se encuentra el trabajo realizado por Markaida *et al.* (1998) quienes a partir de análisis de 173 estómagos de pez espada capturados en dos zonas de muestreo (norte y sur de Baja California) durante el año 1992 y enero de 1993 dan una descripción de la dieta de este organismo. Encontraron diferencias en su alimentación dependiendo de la zona de captura, donde los organismos capturados al norte se alimentaron principalmente de peces, mientras que aquellos capturados al sur mostraron una preferencia por los cefalópodos, siendo el calamar *Sthenoteuthis oualaniensis* la presa de mayor importancia. Estos autores concluyen que el pez espada es un depredador oportunista cuya dieta indica abundancia de presas en el medio ambiente, considerando que puede ser usado como un eficiente muestreador biológico, brindándonos información acerca de otros recursos comerciales potenciales frente a Baja California. En este contexto y con base en la importancia que presentan los cefalópodos, Markaida & Hochberg (2005) describen que la importancia o presencia en la alimentación del pez espada, puede deberse a la similitud en estrategias de alimentación ya que ambas especies se alimentan en aguas superficiales durante la noche.

Por otra parte, en lo que respecta a estudios mediante el uso de isótopos estables en *Xiphias gladius*, se encuentra el trabajo de Young *et al.* (2006) quienes describen su ecología alimentaria de la especie al Este de Australia a partir de análisis de contenido estomacal e isótopos estables de $\delta^{15}\text{N}$. Observando que el grupo de presas con mayor IIR fue el de los cefalópodos con un 61.65%, (*Ommastrephes bartramii* presa dominante), seguido por el grupo de los peces con un 38.10%, donde *Cubiceps baxteri* y *C. pauciradiatus* fueron las presas más representativas. En el análisis de isótopos estables observaron que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tanto para *X. gladius* ($\mu= 12.9\text{‰}$) como para el grupo de presas de

cefalópodos ($\mu= 12.3\text{‰}$) eran similares, más no así para los valores en el grupo de los peces presa ($\mu= 10.9\text{‰}$).

Ménard *et al.* (2007) en el Océano Índico occidental, analizaron muestras de isótopos estables ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) en atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y pez espada (*X. gladius*) con la finalidad de observar y asociar sus hábitos alimenticios con patrones de migración y cambios ontogénicos. Encontrando variaciones ontogénicas en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ para ambas especies (*X. gladius* $\delta^{15}\text{N}= 11.8$ a 16.2‰ , $\delta^{13}\text{C}= -17.4$ a -15.0‰ ; *T. albacares* $\delta^{15}\text{N}= 10.2$ a 15.2‰ , $\delta^{13}\text{C}= -17.4$ a -15.2‰), sugiriendo que dichas variaciones fueron producto de las diferentes estrategias alimenticias (migraciones-selección de alimento) que realizan los organismos a lo largo de su ciclo de vida.

III. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la dieta y conducta trófica del pez espada en la costa occidental de Baja California Sur, México.

Objetivos específicos

- Determinar los hábitos alimentarios del pez espada con base en el análisis de contenido estomacal y la razón de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.
- Determinar la amplitud del espectro trófico del pez espada y el traslapo trófico por año, talla y sexo.
- Determinar el nivel trófico del pez espada con base en contenido estomacal y la razón isotópica de $\delta^{15}\text{N}$.
- Determinar el efecto de la temperatura superficial del mar en la variabilidad interanual del espectro trófico.

Área de estudio

La costa occidental de Baja California Sur se localiza entre los 28° y 24° de latitud norte y los 116° y 110° de longitud oeste (Fig. 1). Se encuentra bajo el efecto de la corriente de California (CC) de origen templado-frío y de la corriente Norecuatorial (CNE), que le confiere sus características físico-químicas, las cuales favorecen la presencia de surgencias costeras, giros oceánicos, chorros, filamentos y frentes (Parés-Sierra *et al.*, 1997). El medio ambiente pelágico en esta región representa un ecosistema de frontera oriental donde los florecimientos del fitoplancton soportan una red trófica abundante; los cuales exhiben señales estacionales que están moduladas por la intensidad y dirección del viento (Gaxiola-Castro *et al.*, 2008).

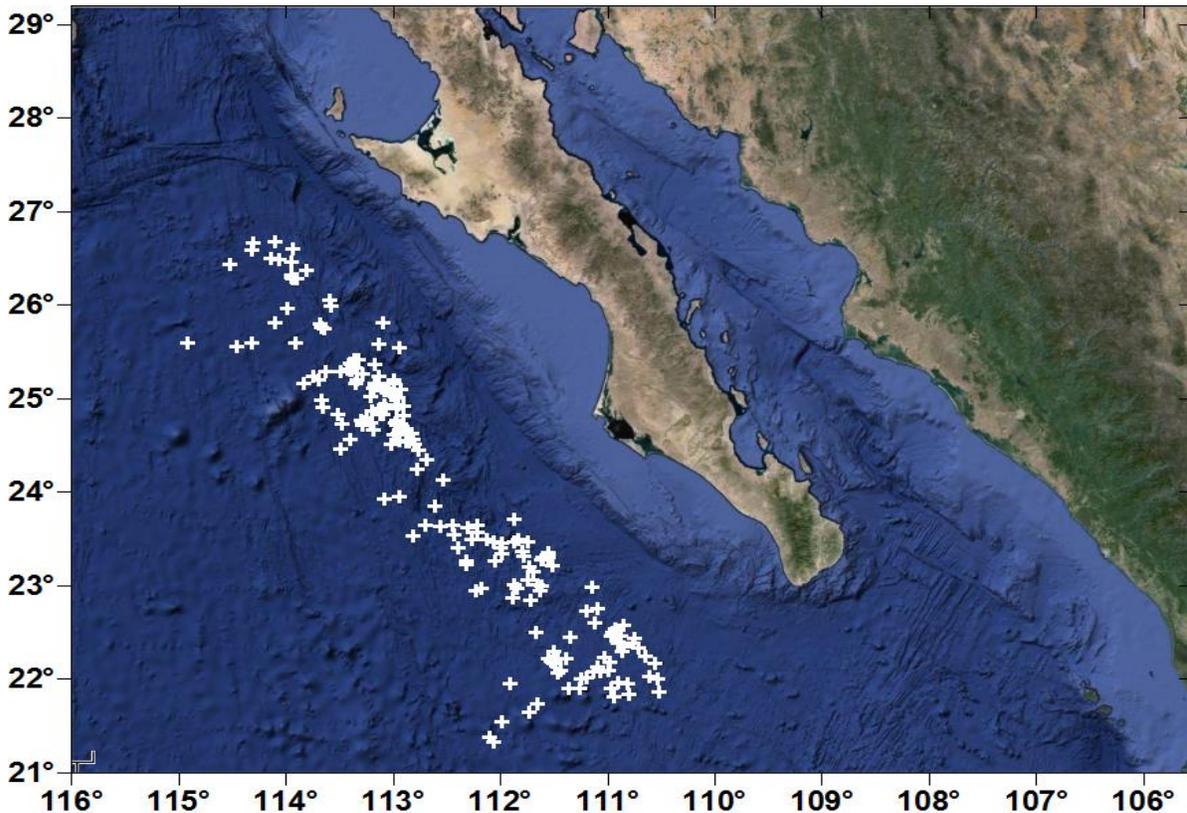


Figura 1. Área de muestreo del pez espada (*Xiphias gladius*) en la costa occidental de Baja California Sur (las marcas blancas representan las posiciones geográficas de los lances donde se capturaron los organismos muestreados).

- *Patrón circulatorio.*

La CC se origina cerca de los 40° latitud norte, derivada del giro anticiclónico del Pacífico Norte y fluyendo superficialmente hacia el Ecuador en una banda de aproximadamente 1000 km desde la costa y con su mayor intensidad durante la primera mitad del año (Lynn & Simpson, 1987).

La CNE llega a presentar patrones estacionales; en los cuales, de agosto a diciembre cuando la CNE está completamente desarrollada al norte del Ecuador, la corriente de Costa Rica se encuentra intensificada, extendiéndose hasta la boca del Golfo de California. Su contraparte, la CC, se mantiene alejada de la costa a partir de los 25° N, donde gira hacia el oeste para alimentar a la CNE.

Por otra parte, en enero cuando la zona de convergencia intertropical inicia su desplazamiento hacia el sur, la contracorriente Norecuatorial CCNE se debilita y se divide en varios segmentos, al tiempo que la CC se intensifica y extiende más al sur. De febrero a abril, cuando la zona de convergencia intertropical (ZCIT) se encuentra en la posición más al sur, la CCNE desaparece. Y finalmente de mayo a julio, cuando la CCNE se ha formado nuevamente, la corriente de Costa Rica fluye a lo largo de la costa hasta Cabo Corrientes (Kessler, 2006).

- *Temperatura y salinidad*

La CC se puede dividir en tres zonas, la zona de dominio de la masa de agua subártica (de los 35° N hacia el norte) que es considerada como una zona fría (<15°C), de baja salinidad (<33.5‰) y con alta concentración de oxígeno disuelto procedente del Pacífico subártico, la zona de transición (entre los 30° y 35°N) influenciada por aguas del Pacífico central noroeste (cálida, salada y con baja concentración de oxígeno disuelto) y la zona de dominio de la masa de agua ecuatorial, frente a las costas de Baja California Sur, desde Punta Eugenia hasta Cabo San Lucas, la cual se reconoce por ser una zona con aguas de temperaturas elevadas (>20°C), alta salinidad (>34.5‰) y baja concentración de oxígeno disuelto (Gómez & Vélez-Muñoz, 1982).

- *Surgencias*

Las surgencias costeras en la costa occidental están influenciadas por los campos de vientos, que a su vez es una función de las variaciones en intensidad y movimientos de los tres principales centros de presión atmosférica de Norteamérica (Centro de alta presión del Pacífico norte, Centro Aleutiano de baja presión y Centro de baja presión al sudoeste de Norteamérica) (Reid *et al.*, 1958). El viento paralelo a la costa causa transporte de Ekman y produce surgencias costeras fomentando una alta productividad en el Océano. De acuerdo a Castro *et al.* (2000), en primavera se presentan surgencias en toda la región costera, indicadas por temperaturas de $\sim 13^{\circ}\text{C}$ y por el levantamiento de las isopícnas de ~ 100 m de profundidad hasta la superficie.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

El material utilizado en este trabajo fueron muestras de estómagos (marzo del 2011 a diciembre del 2013) y músculos (enero-diciembre 2013) que se colectaron por medio del Proyecto de Pelágicos Mayores del CICIMAR-IPN. Estas muestras provienen de la pesca comercial de barcos palangreros con permiso para pez espada que operaron en la costa occidental de Baja California y descargaron en Puerto San Carlos, B.C.S.

Trabajo de campo

Una vez capturada la especie se registró la fecha de captura, la posición geográfica, el sexo y la longitud mandíbulo-furcal (Lf). Se extrajo el estómago y tejido muscular de la parte dorsal de cada espécimen, mismos que fueron etiquetados y congelados para su posterior análisis en el Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) en La Paz, Baja California Sur.

Trabajo de laboratorio

De acuerdo al método de Stillwell & Kohler (1982), se calculó la proporción de llenado del estómago determinando el grado de repleción gástrica, los cuales fueron agrupados en 4 categorías de llenado: 1-25% (categoría 1), 26-50% (categoría 2), 51-75% (categoría 3) y 76-100% (categoría 4), considerando que el contenido estomacal puede ser expresado como una proporción de la capacidad de llenado del estómago.

Análisis taxonómico

Para el análisis taxonómico, se realizó un análisis cualitativo separando las diferentes especies presa de acuerdo a su grupo taxonómico y se identificó hasta el mínimo taxón posible. Dependiendo de su grado de digestión, se asignaron cuatro estados: I= presas recién consumidas (que aún conservan sus características físicas), II=presas completas que ya presenta una evidencia de digestión, III= presas que ya tengan un grado avanzado de digestión (esqueletos de peces o exoesqueletos de crustáceos) y IV= restos de presas.

Una vez que las presas fueron separadas, se procedió a cuantificarlas y pesarlas para su posterior análisis cuantitativo. Para las presas completas como algunos peces se utilizó la morfología externa que aún se conservó, o bien por medio del esqueleto axial y apendicular. Para vértebras (conteo) se utilizaron las claves de Monod (1968) y Miller & Lea (1972), Rosenblatt & Butler (1977) y Tyler *et al.* (1989). Para aquellos peces que presentaron un estado de digestión mínimo se utilizaron las claves de Miller & Lea (1972), Thomson *et al.* (2000); Allen & Robertson (1994) y Fischer *et al.* (1995). Los crustáceos se identificaron por medio de los exoesqueletos o por restos de éstos, mediante las claves de Garth & Stephenson (1966), Brusca (1980) y Froese & Pauly (2015). Para cefalópodos se utilizaron las claves de Wolff (1984) y Xavier & Cherel (2009).

Trabajo de gabinete

Análisis de contenido estomacal

Curva de acumulación y tamaño de muestra

Para determinar el número de estómagos necesarios para describir el espectro trófico del pez espada se realizó una curva de acumulación de especies de forma general, dicha curva mostró una asíntota en el momento en que el número de estómagos fue representativo para describir la dieta. La curva se realizó mediante el software Estimate-S y StatisticS 7.0 y fue ajustada a la ecuación de Clench con el fin de evaluar la calidad de muestras (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003), estableciendo la relación entre el número de estómagos y el número de especies presa presentes en cada estómago. La ecuación de Clench se calculó mediante la fórmula:

$$St = \frac{at}{1 + (b * t)}$$

Donde:

St= Número de especies estimado.

a= Tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del análisis

b= Pendiente de la curva

t= Número acumulativo de presas

Se utilizó el método Simplex & Quasi Newton como método de ajuste o de estimación de los parámetros del modelo. Los resultados del análisis reflejaron: i) el coeficiente de determinación, ii) los parámetros de la función: a y b y iii) la gráfica de la función ajustada a los datos. Con estos datos se evaluó la calidad del muestreo calculando la pendiente al final de la curva, la cual consideró el número de presas obtenidas como suficientemente confiable, cuando presentó un valor menor de 0.1. El valor de la pendiente también determinó la tasa de entrada de nuevas especies y se calculó mediante la fórmula:

$$b = \frac{a}{(1 + b * n)^2}$$

Análisis cuantitativo de la dieta – (espectro trófico).

De acuerdo a los hábitos alimentarios de la especie y al tipo de presas que se encontraron en los estómagos, se realizó un análisis cuantitativo aplicando los siguientes métodos: Numérico (%N), Gravimétrico (%P) y Frecuencia de Aparición (%FA) (Hyslop, 1980), los cuales fueron utilizados para estimar el Índice de Importancia Relativa (IIR) de acuerdo con Pinkas *et al.* (1971).

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

Dónde:

N= Porcentaje del número de presas

P= Porcentaje del peso

FA= Porcentaje de frecuencia de aparición

Frecuencia de tallas

Para la determinación de los intervalos de tallas se utilizaron los valores de longitud mandibulo-furcal (Lf) de cada organismo aplicando la fórmula de Sturges para determinar los intervalos de clase con la siguiente fórmula.

$$k = 1 + 3.322 (\log, n)$$

Dónde:

k=Número de intervalos de clase

n= Número total de valores

Una vez que se obtuvo el número de intervalos de clase para cada especie se procedió a determinar la amplitud de este intervalo, el cual se calculó con la siguiente fórmula (Daniel, 1997):

$$w = R/k$$

Dónde:

w= Amplitud del intervalo

R= Valor máximo menos el valor mínimo del total de datos

k= Número de intervalo

Proporción de Sexos

Para estimar la proporción sexual se utilizó la escala morfocromática para determinar el sexo y el estado de madurez de las gónadas, clasificando los organismos en tres categorías: hembra, macho e indiferenciado, asignándole este último a los organismos de tallas pequeñas muy difíciles de diferenciar. Los resultados se expresan en porcentaje.

Amplitud del espectro trófico

Para determinar la amplitud del espectro trófico del pez espada se empleó el índice estandarizado de Levins (B_i) (Hurlbert, 1978; Krebs, 1999), a partir de los datos obtenidos de IIR (Bocanegra *et al.*, 2000). Los valores de este índice varían de 0 a 1. Un valor <0.6 indica una dieta de pocas presas que corresponde a un depredador especialista y un valor ≥ 0.6 supone un depredador generalista que consume diversas presas (Krebs, 1999). El índice se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$B_i = \frac{1}{n-1} \left(\frac{1}{\sum P_{ij}^2} - 1 \right)$$

Donde:

B_i = Índice estandarizado de Levins para el depredador i

P_{ij}^2 = Proporción de la presa j en la dieta del depredador i

n = Número de componentes alimenticios

Análisis de Costello (1990)

Para describir la estrategia alimenticia se construyó una gráfica de dispersión empleando el método de Costello, modificado por Amundsen *et al.* (1995). Este método se utilizó como una técnica complementaria que nos permite corroborar la amplitud del nicho trófico, ya que por medio de éste se puede identificar la importancia de la presa, su estrategia de la alimentación y los componentes intra e interindividuales en la amplitud del nicho. Del mismo modo permite hacer una representación bidimensional de la importancia específica de las presas y su frecuencia de aparición.

La información acerca de la importancia de la presa y la estrategia del depredador puede ser obtenida al examinar la distribución de los puntos a lo largo de las diagonales y lo ejes del diagrama (Fig. 2). El porcentaje de importancia de la presa incrementa a lo largo de la diagonal desde la parte inferior izquierda a la esquina superior derecha. Por otro lado, el eje vertical representa la estrategia de alimentación del depredador en términos de especialización o generalización.

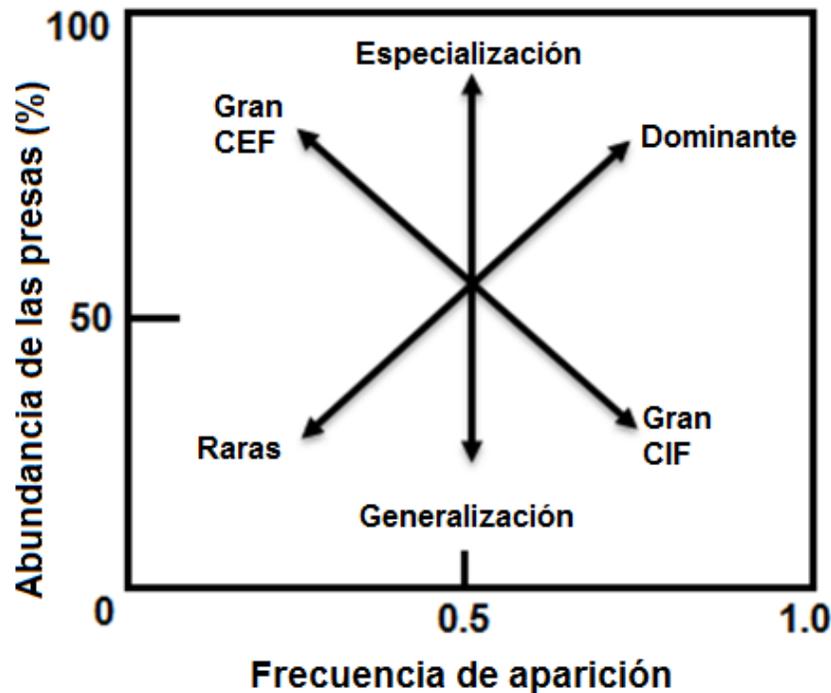


Figura 2. Diagrama explicativo sobre la estrategia alimenticia de Costello, contribución de la amplitud de nicho trófico e importancia de la presa según Amundsen *et al.* (1996) donde, CIF es componente intra-fenotípico y CEF componente entre fenotipos.

Análisis de similitud (ANOSIM)

El ANOSIM o Análisis de Similitud es una prueba no paramétrica donde se lleva a cabo una aproximación análoga al ANOVA (análisis de varianza) de una y dos vías, siendo así una técnica de contraste hipotético que proporciona un coeficiente de determinación (R) y un p -valor asociado, que permiten contrastar

las diferentes hipótesis (Ho = tratamientos son iguales; Ha = tratamientos no son iguales).

Se utilizan los valores del estadístico R para las comparaciones pareadas entre los grupos analizados con el fin de determinar el grado de disimilitud entre los mismos. Los valores del estadístico R van en un intervalo de -1 a 1; donde los valores cercanos o iguales a 1 indican que la composición de los grupos comparados es diferente, mientras que valores cercanos a 0 indican que la hipótesis nula no se puede rechazar y que existen pocas, o nulas diferencias entre los grupos comparados (Clarke & Warwick, 2001).

Como se mencionó anteriormente se utiliza el R como medida de significancia (p valor), la cual es calculada de la siguiente manera:

$$R = \frac{\bar{r}_b - \bar{r}_w}{\frac{1}{4}[n(n-1)]}$$

Donde r_b es el rango promedio de todas las distancias entre grupos, r_w es el rango promedio de todas las distancias dentro de grupos y n es el tamaño de muestra.

Este método se utiliza principalmente para comparar los patrones en la composición de especies y sus variables ambientales; probando hipótesis basadas en permutaciones donde se pone a prueba las diferencias entre los grupos de muestras de diferentes épocas, lugares, tratamientos experimentales, etc.

Relaciones tróficas interespecíficas

Con el fin de analizar el traslape trófico de la especie entre tallas y sexos, se aplicó el índice de Morisita-Horn (Hurlbert, 1978).

$$C\lambda = 2 + \frac{\sum_{i=1}^n (P_{xi} \times P_{yi})}{\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2}$$

Dónde:

$C\lambda$ = Índice de Morisita-Horn

P_{xi} = Proporción de la presa i del total de presas usadas por el depredador x

P_{yi} = Proporción de las presas i usadas por el depredador y
 n = Número total de presas

Con este índice se obtienen valores de 0 a 1. Los valores ≤ 0.29 indicarán sobreposición baja, valores de 0.30-0.65 sobreposición media y valores ≥ 0.66 indicarán sobreposición alta de dietas. El valor de 1 indica que todos los componentes alimenticios entre depredadores (talla o sexo) son similares (Smith & Zaret, 1982; Krebs, 1999).

Nivel trófico

El nivel trófico del pez espada se determinó mediante el contenido estomacal, a través de la fórmula propuesta por Christensen & Pauly (1992).

$$TL = 1 + \left(\sum_{j=1}^n DC_{ij} \right) (TL_j)$$

DC_{ij} = Composición de la dieta, es la proporción de presas (j) en la dieta del depredador (i).

TL_j = Nivel trófico de las presas (j).

n = Número de grupos en la dieta

De acuerdo con estos autores, el detritus y los productores primarios presentan un nivel trófico igual a la unidad; mientras que para el resto de los grupos, el nivel trófico (NT) del depredador o grupo (i) se define como uno más la suma de los niveles tróficos de las presas multiplicado por la proporción de la presa en la dieta del depredador (Pauly & Christensen, 2000; Pauly & Palomares, 2000), con valores que van de 2.0 a 4.5 entre los diferentes grupos (Tabla I)

Tabla 1. Valores de nivel trófico en organismos marinos (Pauly & Palomares, 2000).

Grupos	Nivel trófico	Alimento
Herbívoros	2.0 – 2.1	Detritus, Plantas (algas)
Omnívoros (preferencia por materia vegetal)	2.1 – 2.9	Esponjas, Hidrozoos, Antozoos, Poliquetos, Ostrácodos, Isópodos, Anfípodos y Copépodos.
Omnívoros	2.9 – 3.7	Foraminíferos, Braquiuros,

(preferencia por materia de origen animal)		Balanos, Ascidas, Anfípodos, Anélidos, Isópodos, Gasterópodos, Cnidarios, Ophiuros, Poliquetos, Cladóceros, Misidáceos, Eufaúsidos, Larvas de peces y Cefalópodos
Carnívoros	3.7 – 4.5	Grandes decápodos, Cefalópodos y Peces

Análisis de la variabilidad interanual

Se determinó la variabilidad interanual en la abundancia del pez espada y su espectro trófico, aplicándose un análisis de varianza de Kruskal-Wallis habiendo evaluado previamente la normalidad y homocedasticidad de los datos (Kolmogorov-smirnov & Levene).

Relación con la temperatura superficial del mar (TSM)

La información fue derivada de imágenes de satélite con una resolución especial 1.1 KM (http://spg.ucsd.edu/Satellite_Projects/Satellite_projects.htm), obteniéndose promedios mensuales de la zona de muestreo, mismos que fueron procesados usando el software comercial Windows Image Manager WIM 6.6 (Kahru, 2010). La temperatura superficial del mar se relacionó con la frecuencia de aparición (%FA: Cailliet *et al.*, 1986), mensual del pez espada.

$$\%FA = N / NE * 100$$

Donde:

N = Número de estómagos en el cual aparece un determinado tipo de presa.

NE= Número total de estómagos con alimento

Análisis de isótopos estables de Carbono y Nitrógeno

Para el análisis isotópico, las muestras de músculo del pez espada y sus presas (con menor grado de digestión), fueron colocadas en viales previamente

lavados y esterilizados, para realizar la extracción de humedad del músculo mediante una liofilizadora, a una temperatura promedio de -45°C a una presión de 0.120 mbar. Una vez obtenida la muestra libre de humedad fueron maceradas en un mortero de ágata, una vez molida la muestra se pesó 1.0 mg de la muestra en cápsulas de estaño de 8x5 mm en una balanza analítica.

Posteriormente las muestras fueron procesadas en el Laboratorio de Isótopos estables del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional. Las razones isotópicas fueron cuantificadas en un espectrómetro de masas de razones isotópicas (EMRI) (20-20, PDZEuropa, Sandbach, UK) para obtener las abundancias de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$).

Los valores de δ se calculan mediante la fórmula (McKinney *et al.*, 1950).

$$\delta X (\text{‰}) = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] \times 100$$

Dónde:

$\delta X (\text{‰})$ = Razón isotópica de la muestra en notación delta en partes por mil

R_{muestra} = Razón isotópica absoluta de la muestra

$R_{\text{estándar}}$ = Razón isotópica absoluta del estándar

Extracción de lípidos

Debido a que se encontró que los lípidos se mostraron reducidos en $\delta^{13}\text{C}$ en relación a la dieta, lo que afectó la interpretación ecológica de las señales de $\delta^{13}\text{C}$, por lo que fue necesaria la extracción de lípidos en las muestras. Para ello, se utilizó la normalización o corrección aritmética propuesta por Post *et al.* (2007) para organismos acuáticos:

$$\delta^{13}\text{C}_{\text{normalizado}} = \delta^{13}\text{C}_{\text{concentrado}} - 3.32 + 0.99 \times \text{C:N}$$

Donde:

$\delta^{13}\text{C}_{\text{normalizado}}$ = Valor delta carbono normalizado sin concentración de lípidos

$\delta^{13}\text{C}_{\text{concentrado}}$ = Valores de delta carbono con lípidos concentrados

C:N = Relación carbono-nitrógeno

Para confirmar la extracción exhaustiva de lípidos y como indicador de homogeneidad bioquímica de las muestras, se graficó $\delta^{13}\text{C}$ contra la relación C:N. De manera teórica se espera que al hacer una extracción exhaustiva de lípidos los valores de la relación C:N (proporción entre la cantidad de C sobre la proporción de N de cada una de las muestras) oscilen alrededor de 2.9 a 3.5 que representan proteínas puras (McConnaughey & McRoy, 1979; Post *et al.*, 2007).

Nivel trófico para isótopos

Del mismo modo para determinar el nivel trófico en isótopos (TL) se utilizó la ecuación establecida por Post (2002):

$$TL = \lambda + \frac{(\delta^{15}\text{N}_{depredador} - \delta^{15}\text{N}_{Base})}{\Delta_n}$$

Donde:

λ = Posición trófica del Material Orgánico Particulado (MOP)

Δ_n = Valor teórico de enriquecimiento en ^{15}N por nivel trófico (3.4‰, Post, 2002).

$\delta^{15}\text{N}_{depredador}$ = Promedio de la determinación de $\delta^{15}\text{N}$ de *X. gladius*

$\delta^{15}\text{N}_{base}$ = Determinación del $\delta^{15}\text{N}$ de MOP el cual cumple con los criterios propuestos por Post (2002)

Modelo de mezclas Bayesiano (SIAR)

Una vez determinadas las especies presas más importantes en la dieta del pez espada se procedió a realizar una comparación isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre el depredador y sus presas con la finalidad de establecer cuáles de las presas consumidas habían sido asimiladas por el pez espada, para ello se utilizó el paquete SIAR del programa R Studio (Parnell *et al.*, 2010). Este análisis genera un modelo de mezcla ajustado en un diagrama de dispersión de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ a partir de un marco Bayesiano para estimar las posibles contribuciones de las fuentes.

Los modelos de mezcla Bayesianos relacionan los valores medios y la desviación estándar de las señales isotópicas de las presas y el depredador, así como el fraccionamiento (3.5‰ para $\delta^{15}\text{N}$ y 1‰ para $\delta^{13}\text{C}$) que se presenta entre ambos, con el objetivo de determinar la contribución relativa de cada de las presas a la dieta del consumidor (Moore & Semmens, 2008; Parnell *et al.*, 2010).

Cabe destacar que para este trabajo, al no obtenerse los valores isotópicos de todas las fuentes principales, se procedió a realizar revisiones bibliográficas con fuentes cercanas al área de estudio en busca de dicha información (Tripp-Valdez *et al.*, 2014; Torres-Rojas *et al.*, 2013).

Comparaciones isotópicas

Con la finalidad de observar la variabilidad o semejanza entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por grupos de tallas, sexos y estaciones se realizaron pruebas no paramétrica de Kruskal-Wallis utilizando el lenguaje de programación R (R Development Core Team, 2007), el nivel de significancia utilizado para todas las pruebas fue de 0.05. Las estaciones fueron definidas de la siguiente manera: invierno (diciembre, enero y febrero), primavera (marzo, abril, mayo), verano (junio, julio, agosto) y otoño (septiembre, octubre, noviembre).

V. RESULTADOS

Durante el periodo de estudio, se analizaron un total de 244 organismos: 49 muestras de pez espada para el 2011, 31 para el 2012 y 164 para el 2013 (Fig. 3).

Análisis de contenido estomacal

De los ejemplares procesados 159 (65.16%) presentaron estómagos con alimento, mientras que 85 (34.84%) se encontraron sin alimento (Fig. 3; Tabla 3). Se identificaron un total de 34 diferentes ítems presa los cuales fueron agrupados en tres grupos principales, como cefalópodos (13 organismos), peces (14 organismos) y crustáceos (3 organismos).

Con relación al porcentaje de repleción gástrica, utilizando la escala de Stillwell & Kohler (1982), se obtuvieron los siguientes resultados: en la categoría 1 (52%), categoría 2 (15%), categoría 3 (14%), y categoría 4(18%)

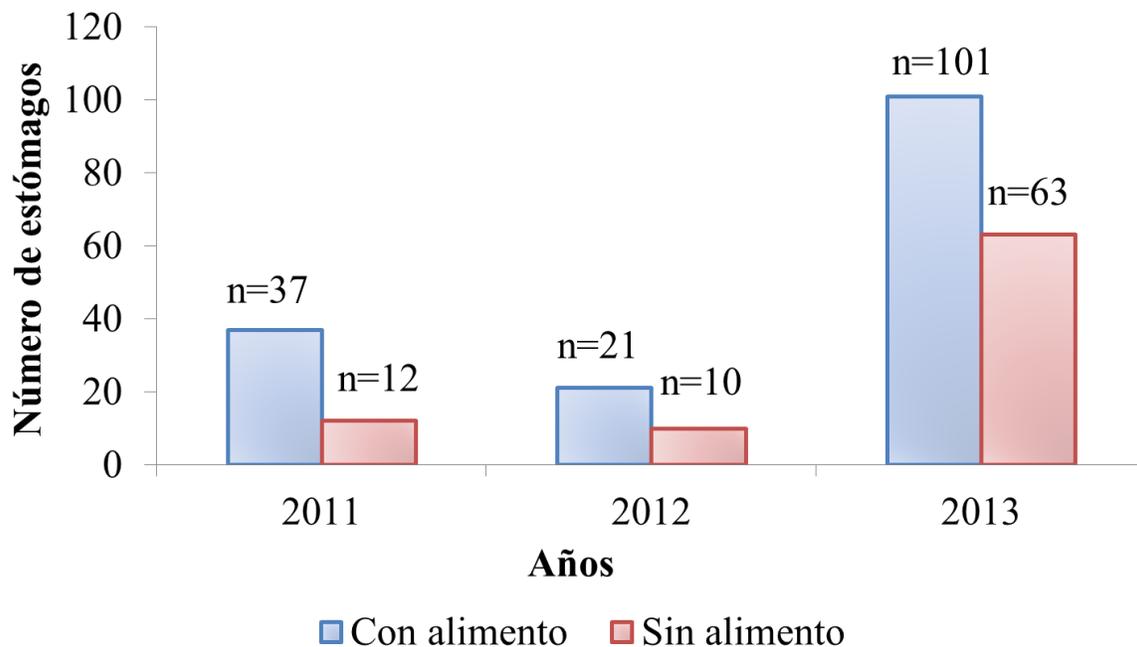


Figura 3. Número de estómagos con alimento y sin alimento de *Xiphias gladius* por año (n=244) colectados para su análisis en la costa occidental de Baja California Sur.

Tabla 2. Estómagos del pez espada (*X. gladius*) con y sin alimento analizados por meses (2011-2013).

Año	Mes	Estómagos con alimento	Estómagos sin alimento
2013	Febrero	18	8
	Marzo	10	6
	Abril	18	11
	Agosto	14	10
	Septiembre	7	0
	Octubre	11	4
	Noviembre	13	20
	Diciembre	10	4
Total		101	63
2012	Febrero	10	2
	Marzo	1	0
	Abril	8	2
	Mayo	2	5
	Noviembre	0	1
Total		21	10
2011	Marzo	10	5
	Abril	5	1
	Mayo	7	4
	Agosto	5	1
	Septiembre	10	1
Total		37	12

Curva de acumulación y tamaño de muestra

Del total de organismos capturados (244) se consideraron únicamente los ejemplares que presentaron alimento (159), y por medio de la metodología propuesta por Jiménez-Valverde & Hortal (2003) se estimó la curva acumulativa para *X. gladius*, la cual mostró una asíntota a partir de los 90 organismos, lo que indica que el número de estómagos analizados fue el suficiente para describir de manera general su alimentación (Fig. 4). La curva de acumulación para cada año de muestreo también confirmó que el número de organismos fue suficiente para describir la dieta de esta especie (Fig. 5).

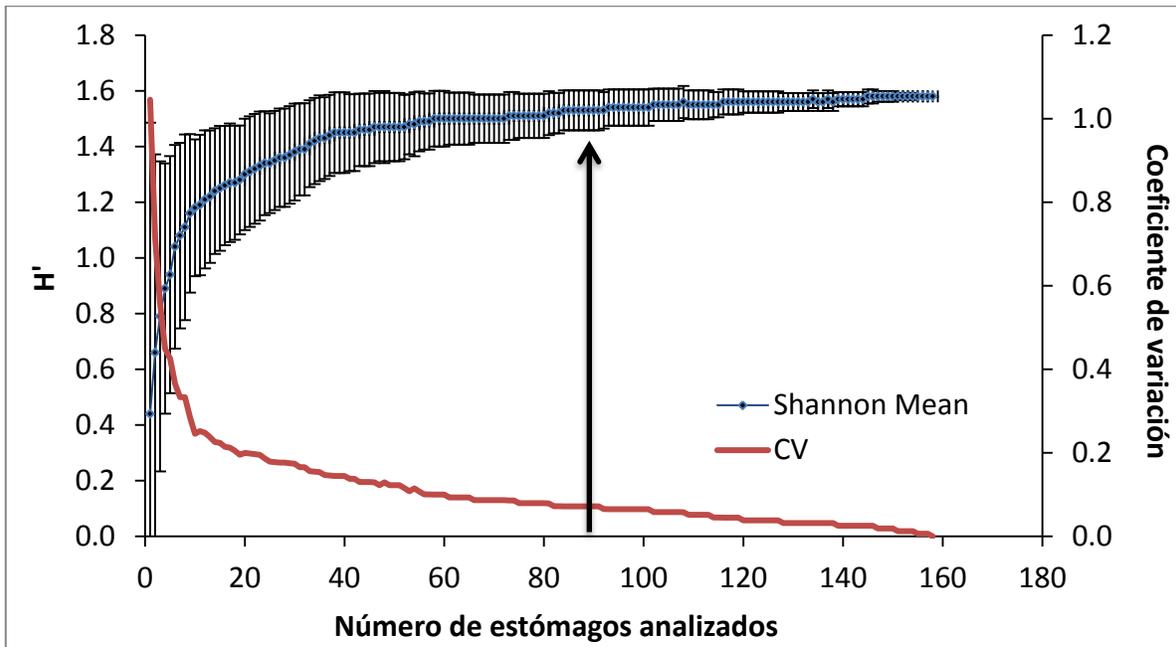


Figura 4. Curva de acumulación y tamaño de muestra del pez espada (*Xiphias gladius*) capturados en la costa occidental de Baja California Sur.

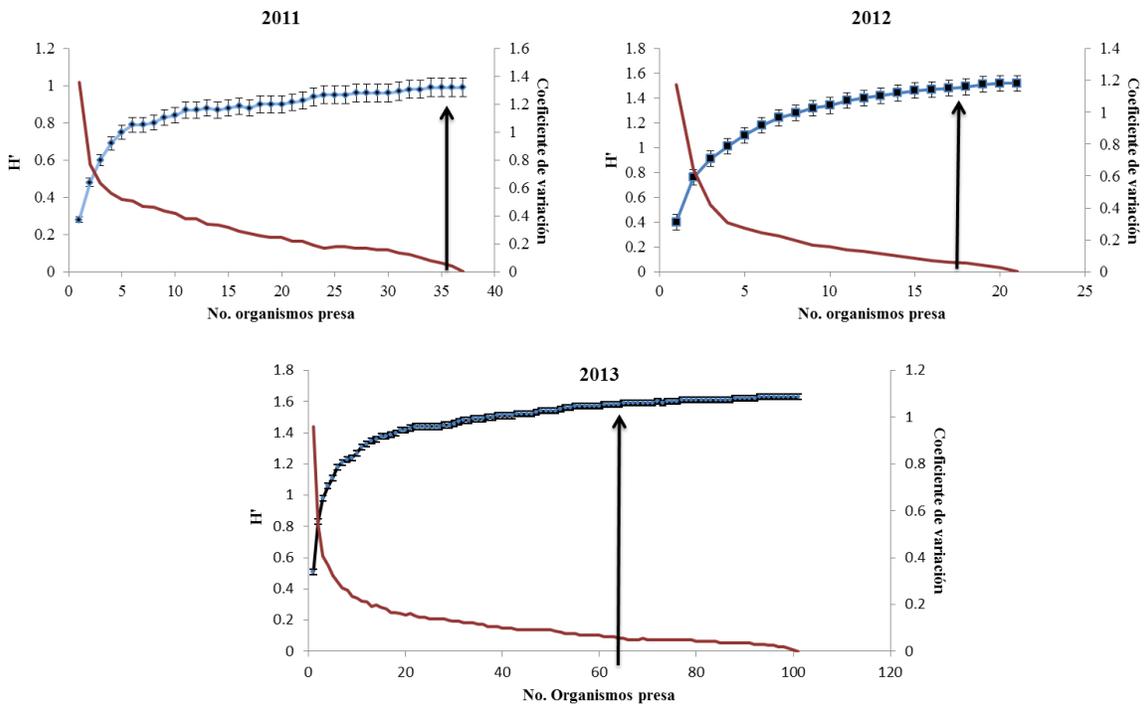


Figura 5. Curva de acumulación y tamaño de muestra del pez espada (*X. gladius*) por año (2011, 2012 y 2013) capturados en la costa occidental de Baja California Sur.

Espectro trófico general

El espectro trófico de *X. gladius* se constituyó por 34 ítems presa, de los cuales 13 fueron cefalópodos, 14 peces, 3 crustáceos, Materia Orgánica No Identificada (MONI), restos de peces, restos de cefalópodos y huevos de peces (Tabla 3; Anexo Taxonomía).

A través del método numérico (%N) se contabilizó un total de 1,190 organismos-presa, donde las presas más representativas fueron los calamares, *Dosidicus gigas* (61.0%), *Gonatus* spp. (6.5%), la langostilla *Pleuroncodes planipes* (6.2%), *Argonauta* spp. (6.0%), *Ancistrocheirus lesueurii* (4.7%) y la macarela *Scomber japonicus* (2.4%).

Aplicando el método gravimétrico (%P) se obtuvo un peso total de las presas de 91,459 gramos, en este caso las presas más importantes fueron: *D. gigas* (73.9%), *Sthenoteuthis oualaniensis* (7.9%), restos de cefalópodos (7.3), *S. japonicus*, *Japatella diaphana* (2.7%) y *Auxis* spp. (1.4%).

Las especies presas más frecuentes (%FA) fueron: *Dosidicus gigas* (81.8%), *Argonauta* spp. (20.7%), *Gonatus* spp. (19.5%), *S. japonicus* (13.2%), *A. lesueurii* (12.6%), *Thysanoteuthis rhombus* (8.2%), *Cubiceps paradoxus* (7.5%), *Mastigoteuthis dentata* (3.8%) y *P. planipes* (1.9%).

De acuerdo al Índice de Importancia Relativa (%IIR) las especies presa más importantes fueron: *D. gigas* (95.6%), *Gonatus* spp. (1.1%), *Argonauta* spp. (1.1%), *S. japonicus* (0.6%), *A. lesueurii* (0.5%), restos de cefalópodos (0.3%) y *P. planipes* (0.2%) (Fig. 6).

Tabla 3. Composición del espectro trófico general del pez espada (*Xiphias gladius*) en la costa occidental de Baja California Sur. A través del Método Numérico (%N), Gravimétrico (%P), Frecuencia de Aparición (%FA), e Índice de Importancia Relativa (%IIR) (Anexo: Taxonomía).

Especies presa	N	N%	P	P%	FA	FA%	IIR	IIR%
MOLLUSCA								
Cephalopoda								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	56	4.7	154.7	0.2	20	12.6	61.3	0.5
<i>Argonauta</i> spp.	71	6.0	27.4	0.0	33	20.8	124.5	1.1
<i>Dosidicus gigas</i>	726	61.0	67573.3	73.9	130	81.8	11028.9	95.6
<i>Gonatus berryi</i>	2	0.2	0.8	0.0	1	0.6	0.1	0.0
<i>Gonatus</i> spp.	77	6.5	43.7	0.0	31	19.5	127.1	1.1
<i>Histioteuthis dofleini</i>	6	0.5	0.2	0.0	5	3.1	1.6	0.0
<i>Japetella diaphana</i>	3	0.3	2489.0	2.7	3	1.9	5.6	0.0
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	13	1.1	0.1	0.0	10	6.3	6.9	0.1
<i>Onychoteuthis banksii</i>	3	0.3	45.5	0.0	2	1.3	0.4	0.0
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	8	0.7	0.3	0.0	4	2.5	1.7	0.0
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	10	0.8	7253.3	7.9	1	0.6	5.5	0.0
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	21	1.8	0.0	0.0	13	8.2	14.4	0.1
<i>Vampiroteuthis infernalis</i>	6	0.5	1.5	0.0	4	2.5	1.3	0.0
<i>Vitreledonella richardi</i>	1	0.1		0.0	1	0.6	0.1	0.0
Restos de cefalópodos	6	0.5	6676.6	7.3	7	4.4	34.4	0.3
OSTEICHTHYES								
<i>Auxis</i> spp.	5	0.4	1239.4	1.4	5	3.1	5.6	0.0
<i>Caranx caballus</i>	19	1.6	101.1	0.1	3	1.9	3.2	0.0
<i>Caranx caninus</i>	1	0.1	198.0	0.2	1	0.6	0.2	0.0
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.1	768.0	0.8	1	0.6	0.6	0.0
<i>Cubiceps paradoxus</i>	17	1.4	256.1	0.3	12	7.5	12.9	0.1
<i>Decapterus macarellus</i>	4	0.3	108.5	0.1	2	1.3	0.6	0.0
<i>Desmodema</i> spp.	1	0.1	456.0	0.5	1	0.6	0.4	0.0
<i>Gempylus</i> spp.	2	0.2	49.5	0.1	2	1.3	0.3	0.0
<i>Lagocephalus</i> spp.	1	0.1	39.0	0.0	1	0.6	0.1	0.0
<i>Luvarus imperialis</i>	1	0.1	162.0	0.2	1	0.6	0.2	0.0
<i>Naucrates ductor</i>	15	1.3	746.0	0.8	2	1.3	2.6	0.0
<i>Peprilus</i> spp.	1	0.1	0.0	0.0	1	0.6	0.1	0.0
<i>Scomber japonicus</i>	28	2.4	2493.7	2.7	21	13.2	67.1	0.6
Restos de pez	7	0.6	308.1	0.3	7	4.4	4.1	0.0
Huevos de peces	0	0.0	10.0	0.0	0	0.0	0.0	0.0

Continuación Tabla 3.

ARTHROPODA								
Crustacea	1	0.1	0.8	0.0	1	0.6	0.1	0.0
<i>Penaeus spp</i>	3	0.3	0.8	0.0	1	0.6	0.2	0.0
<i>Pleuroncodes planipes</i>	74	6.2	161.5	0.2	6	3.8	24.1	0.2
MONI	0	0.0	94.0	0.1	0	0.0	0.0	0.00
TOTAL	1190	100	91459	100	159	-	11536	100

% IMPORTANCIA RELATIVA

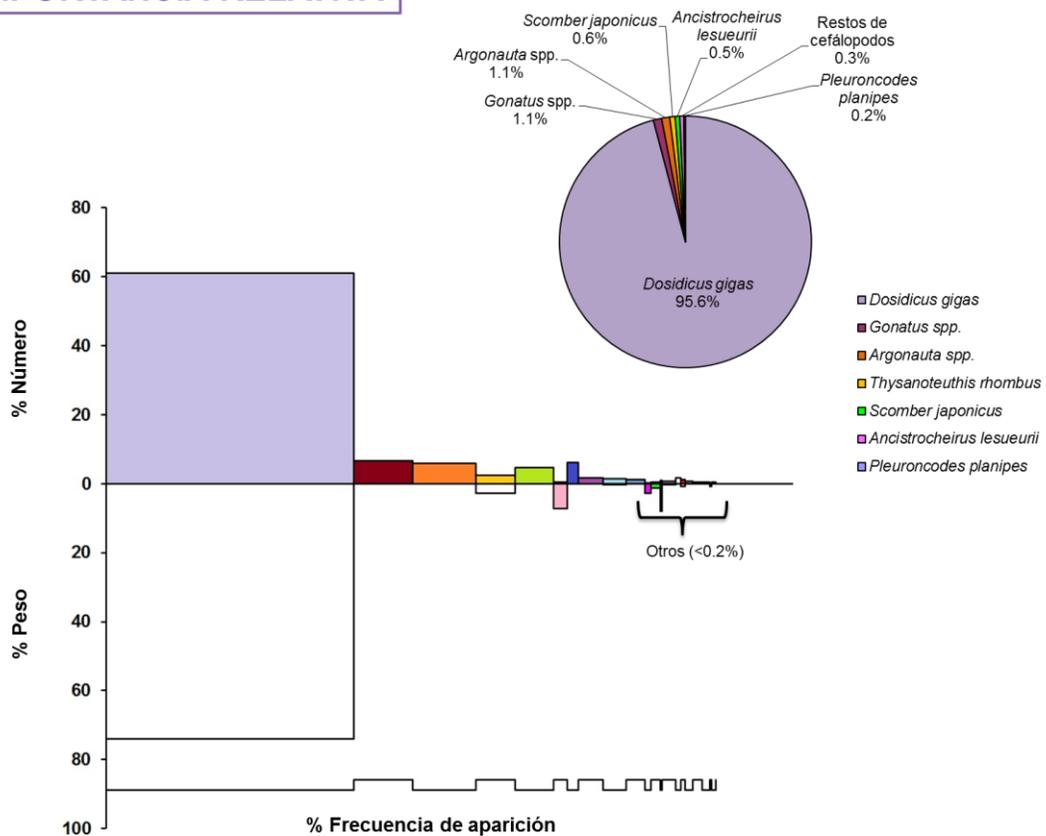


Figura 6. Espectro trófico del pez espada (*Xiphias gladius*) representando el porcentaje de número (%N), peso (%P) frecuencia de aparición (%FA) e índice de importancia relativa (IIR); en la categoría de otros se agruparon los organismos con valores menores al 0.2% en importancia (*Thysanoteuthis rhombus*, *Cubiceps paradoxus*, *Mastigoteuthis dentata*, *Japetella diaphana*, *Auxis spp.*, *Sthenoteuthis ovianiensis*, Restos de pez, *Caranx caballus*, *Naucrates ductor*).

Variabilidad interanual del espectro trófico

Para describir el espectro trófico interanual (2011-2013) del pez espada se utilizaron los valores del índice de importancia relativa (%IIR), donde algunas especies presas fueron constantes en los tres años (Fig. 7).

En el año 2011 se registraron 37 estómagos con alimento, *Dosidicus gigas* (96.03%) y *Thysanoteuthis rhombus* (3.21%) fueron los ítems presa más importantes en el grupo de los cefalópodos (%IIR=99.96) siendo este el más representativo para el año, seguido por el grupo de los peces (%IIR=0.03); donde *Auxis* spp. (0.12%), *Coryphaena hippurus* (0.12%) y los restos de pez (0.09%) fueron los ítems presa más representativos (Anexo: Tabla 4).

Para el año 2012 se analizaron 21 estómagos con alimento, de acuerdo al % IIR el grupo de los cefalópodos fue el grupo más representativo (%IIR=98.46) donde, *D. gigas* (97.9%) fue el ítem presa más importante. Por otra parte, para el grupo de los peces (%IIR= 1.33), *S. japonicus* (1.6%) fue la presa que más destacó, mientras que para el grupo de los crustáceos fue *Pleuroncodes planipes* (0.3%) (Anexo: Tabla 5).

En lo que respecta al año 2013, es importante mencionar que fue el periodo con el tamaño de muestra más grande, analizándose un total de 101 estómagos con alimento donde, nuevamente el grupo de los cefalópodos fue el más representativo (%IIR=95.6), siendo *D. gigas* (98.6%) el ítem presa más importante. Del mismo modo para el grupo de los peces (%IIR=4.4), *S. japonicus* (0.3%), *Auxis* spp. (0.3%), *Luvarus imperialis* (0.1%) y *Naucrates ductor* (0.1%) fueron las presas más importantes (Anexo: Tabla 6).

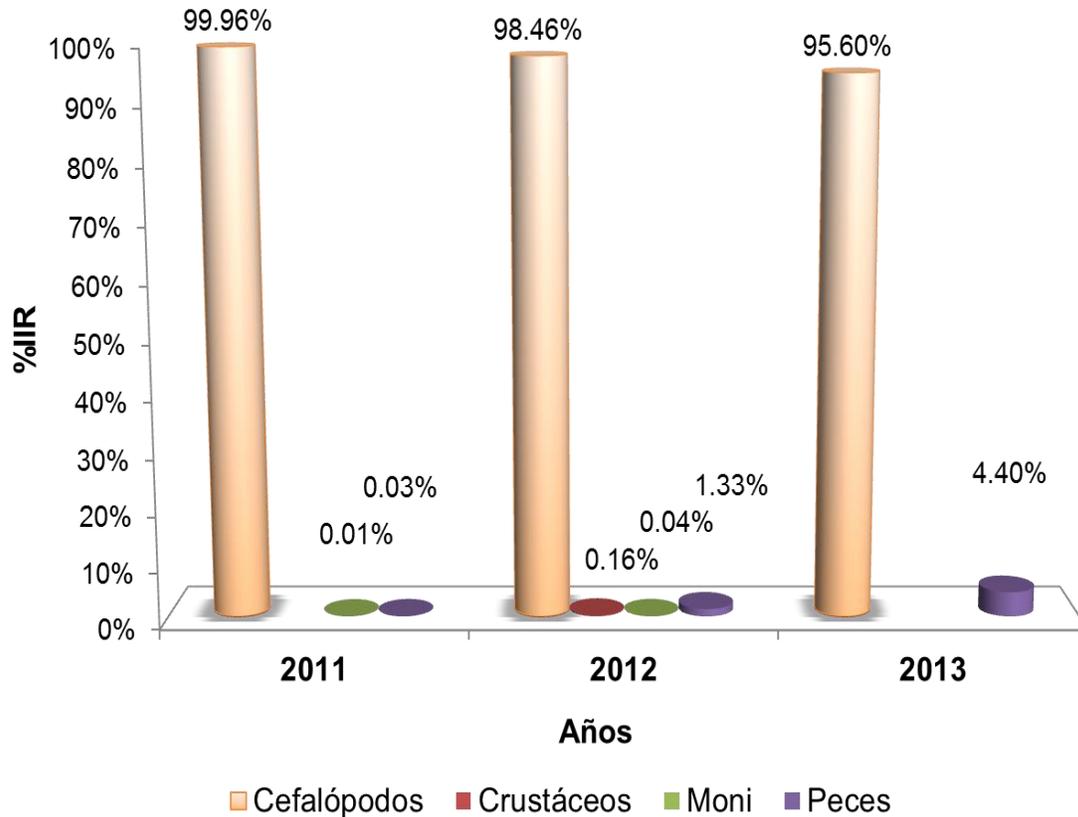


Figura 7. Variabilidad interanual del espectro trófico del pez espada por grupo de presas en la costa occidental de Baja California Sur; MONI (Materia Orgánica No Identificada).

En el mismo contexto de describir el espectro trófico del pez espada, se utilizó la frecuencia de aparición de los organismos presas con la finalidad de tener una mejor interpretación del comportamiento y la variación de éstas en los tres años de estudio (Fig. 8). El grupo de los cefalópodos fueron los ítems presas con mayor incidencia en los tres años (*D. gigas* fue la presa más frecuente), seguido por el grupo de los peces (*S. japonicus*) y finalmente el grupo de los crustáceos (*P. planipes* y *Peneaus* spp.), es importante observar que este último únicamente estuvo presente durante los años 2012 y 2013, con una abundancia ligeramente mayor en el año 2012.

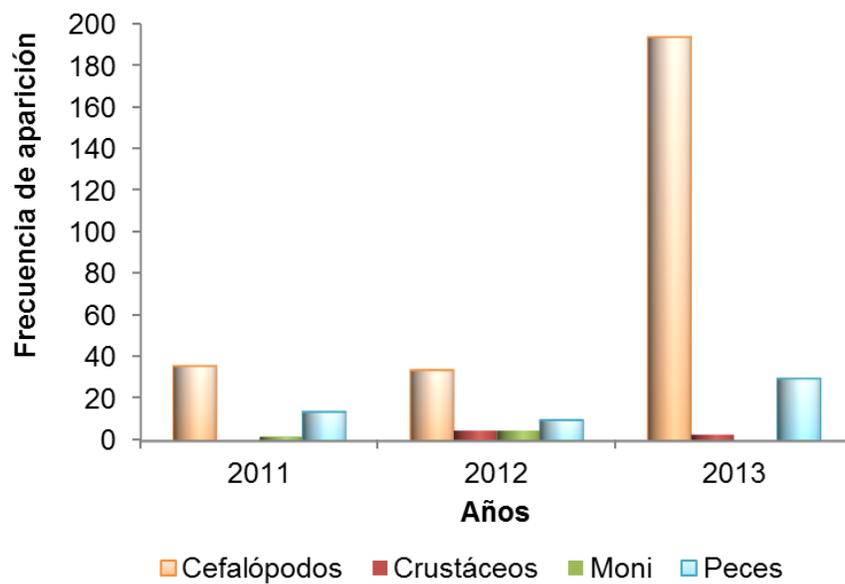


Figura 8. Variabilidad interanual de la dieta del pez espada por grupo de presas en la costa occidental de Baja California Sur.

Frecuencia de tallas

De manera general, los 244 organismos muestreados presentaron tallas de 90 cm a 309 cm de longitud furcal, observándose una mayor abundancia de estos organismos entre los intervalos de talla II y III (134.1 a 222 cm) (Fig. 9).

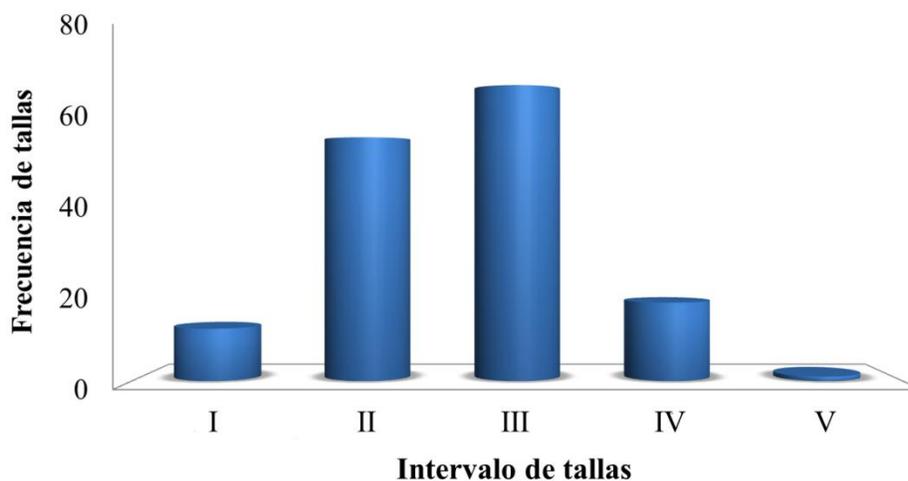


Figura 9. Estructura de tallas (I: 90 - 134 cm; II: 134.1 - 178 cm; III: 178.1 - 222 cm; IV: 222.1 - 266 cm y V: 266.1 - 310 cm) de los peces espadas (*Xiphias gladius*) capturados por la flota palangrera que operó en la costa occidental de Baja California durante el periodo 2011-2013.

Espectro trófico por tallas

Como resultado de la regla de Sturges se establecieron cinco intervalos de talla I: 90-134 cm; II: 134.1 - 178 cm; III: 178.1 - 222 cm; IV: 222.1 – 266 cm y V: 266.1 - 310 cm y a cada uno de ellos se les determinó su espectro trófico con la finalidad de observar si podría existir alguna variabilidad en la dieta de los organismos con diferentes tallas (Fig. 10).

Intervalo I

Para este intervalo de tallas se analizaron un total de 12 ejemplares de pez espada identificándose un total de 167 organismos presa, de los cuales mediante el análisis cualitativo y con base al IIR se observó que los cefalópodos, *Dosidicus gigas* (45.9%), *Thysanoteuthis rhombus* (6.5%) y *Argonauta* spp. (6.1%) representaron al grupo con mayor importancia en la dieta de *X. gladius* seguido por el grupo los crustáceos donde *Pleuroncodes planipes* (23.4%) fue su presa más destacada y finalmente en el grupo de los peces, *Scomber japonicus* (11.2%), *Cubiceps paradoxus* (1.2%) y *Caranx caballus* (1.2%) fueron las presa más representativa para este grupo. En este contexto se observó que a pesar de ser uno de los intervalos de talla con menor número de peces espada, presentaron una mayor variabilidad en su dieta.

Intervalo II

Dentro de este intervalo de tallas se analizaron 56 organismos con alimento con un total de 371 ítems presas, dentro de las que destacan con un IIR mayor *D. gigas* (95.7%), *Argonauta* spp. (1.6%) y *Gonatus* spp. (1.0%), que representan al grupo de los cefalópodos, mientras que para el grupo de los peces *S. japonicus* (0.7%) fue la presa más importante.

Intervalo III

Se analizaron 71 estómagos con alimento dentro de este intervalo, siendo este intervalo el de mayor número de organismos analizados identificándose un total de 481 presas, dentro de las cuales el grupo de los cefalópodos (*D. gigas*, 94.4 %, *Gonatus* spp. 1.7%, *T. rhombus*, 1.5% y *A. lesueurii*, 0.8%) representan el 99% en importancia de la dieta, mientras que para el grupo de los peces *C. paradoxus*, *Auxis* spp. y *S. japonicus* fueron las presas más representativas.

Intervalo IV

Dentro de estos intervalos se analizaron un total de 18 organismos dentro de los cuales se encontraron un total de 141 presas, donde el grupo más importante en la dieta fue el de los cefalópodos con un 97% de importancia (*D. gigas* 93.1%, *A. lesueurii* 1.9%, *T. rhombus* 1.3%), seguido por el grupo de los peces con un 2% en importancia (*S. japonicus* 2%) y finalmente el grupo de los crustáceos con el 1% (*P. planipes* 0.7%).

Intervalo V

En este intervalo solo se analizaron 2 ejemplares en los cuales se encontraron 8 organismos presa de *D. gigas* que representaron el 100% de la dieta.

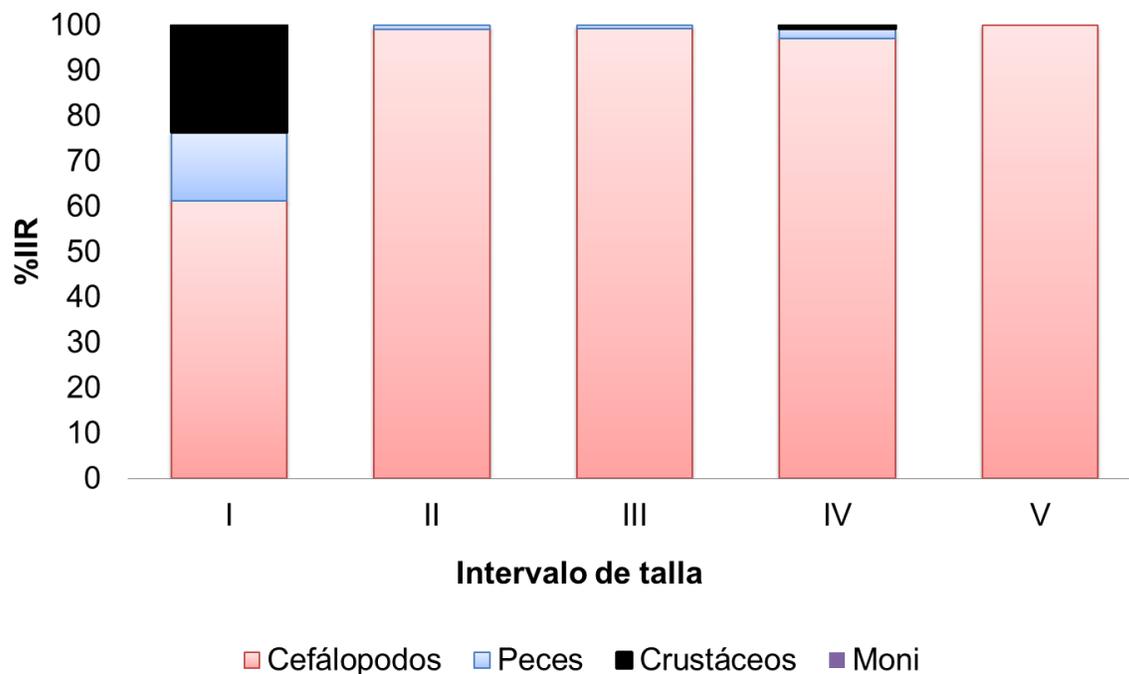


Figura 10. Composición del espectro trófico del pez espada (*Xiphias gladius*) en la costa occidental de Baja California Sur, por grupo de presas para cada intervalo de talla (I: 90 - 134 cm; II: 134.1 - 178 cm; III: 178.1 - 222 cm; IV: 222.1 – 266 cm y V: 266.1 - 310 cm); MONI (Materia Orgánica No Identificada).

Espectro trófico por sexo

De los 244 organismos analizados, 131 fueron hembras (110 estómagos con alimento y 21 sin alimento), 90 machos (35 estómagos con alimento y 55 vacíos) y 23 organismos (14 estómagos con alimento y 9 vacíos) definidos como indiferenciados ya que no se obtuvieron sus gónadas (Fig. 11).

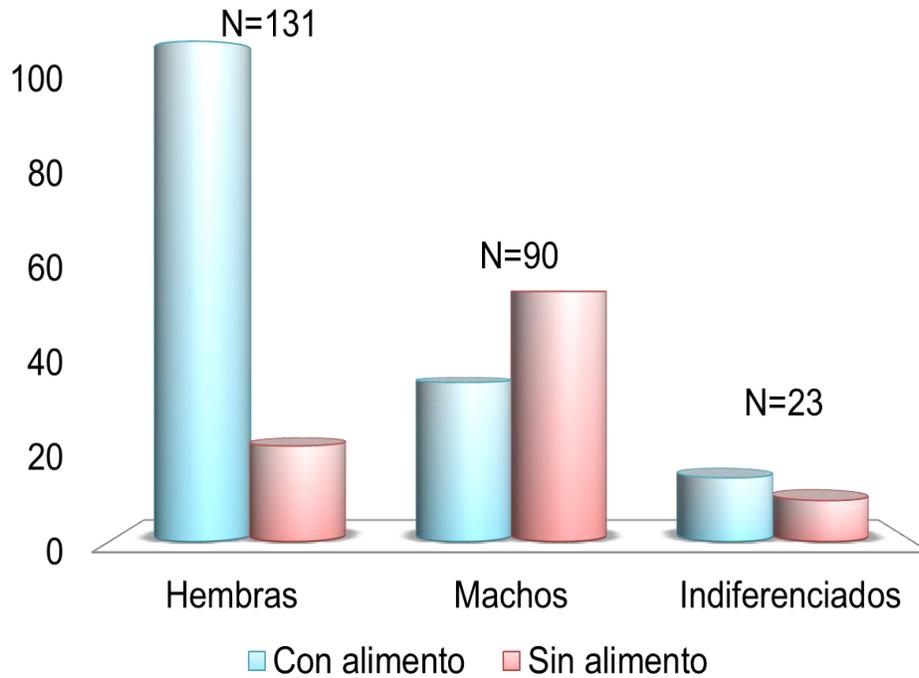


Figura 11. Número de estómagos con alimento y sin alimento de hembras, machos e indiferenciados de los peces espada muestreados en la costa occidental de Baja California Sur.

Al aplicar el índice de importancia relativa (IIR) se observó que tanto en machos, hembras e indiferenciados, el grupo presa dominante fue el de los cefalópodos representando en su mayoría más del 90% de importancia, seguido por el grupo de los peces (machos = 4.5%, hembras = 0.8% e indiferenciados = 3.88%) y finalmente el grupo de los crustáceos (machos = 0.005%, hembras = 1.15% e indiferenciados = 2.34%) (Fig. 12).

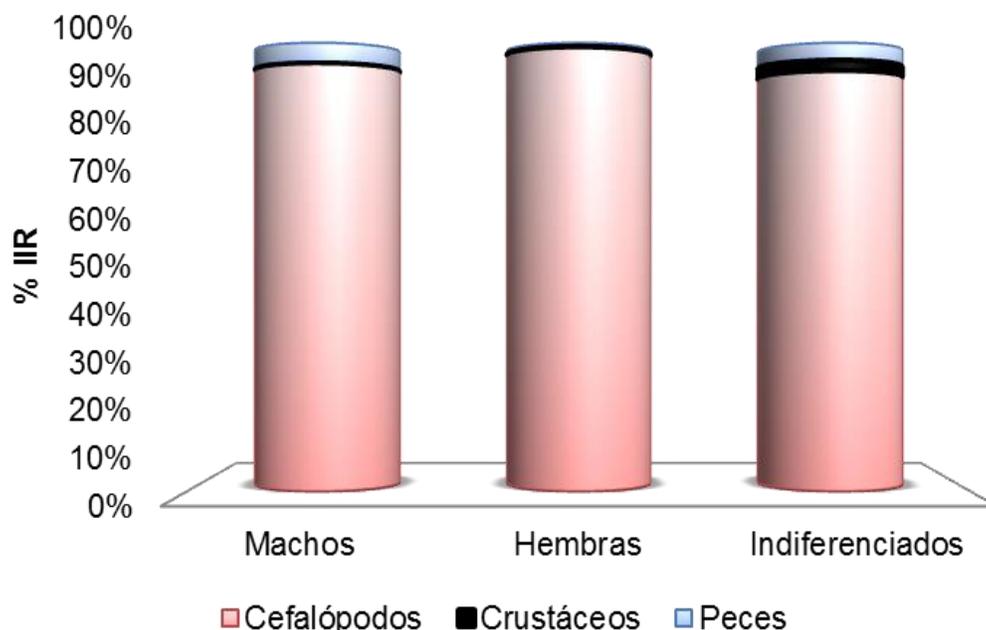


Figura 12. Índice de importancia relativa por grupo de presas de los peces espada machos, hembras e indiferenciados muestreados en la costa occidental de Baja California Sur.

Amplitud de dieta - Índice de Levins (Bi)

De acuerdo al índice de Levins y de manera general, el pez espada se considera como un depredador especialista ya que presentó valores de $Bi < 0.6$ en su dieta ($Bi = 0.03$). Este mismo comportamiento se presentó en el análisis por sexo, tanto para hembras ($Bi = 0.05$), como para machos ($Bi = 0.01$) e indiferenciados ($Bi = 0.07$). De igual manera para los intervalos de talla se obtuvieron valores de $Bi < 0.6$ (Tabla 7) y finalmente en la variación interanual, nuevamente se confirma que la dieta de este organismo es especialista para los tres años de estudio (2011: $Bi = 0.16$, 2012: $Bi = 0.04$, 2013: $Bi = 0.02$).

Tabla 7. Amplitud de dieta (Índice de Levins) por intervalos de talla.

Intervalo de talla (cm)	Índice de Levins (Bi)
I: 90-134	0.38
II: 134-178	0.07
III: 178.1-222	0.04
IV: 222.1-266	0.15
V: 266.1-310	0.00

Análisis de Costello (1990)

Los resultados de este análisis determinaron que el pez espada tiende a ser un organismo especialista, puesto que casi todos los individuos se alimentaron de la especie presa dominante, que en este caso fue *D. gigas* (Fig. 13). Es importante mencionar que este mismo comportamiento se presentó tanto para hembras, machos e indiferenciados), por intervalos de tallas y en el análisis interanual siendo *D. gigas* la presa más importante, con lo cual se corrobora la especialización de este organismo.

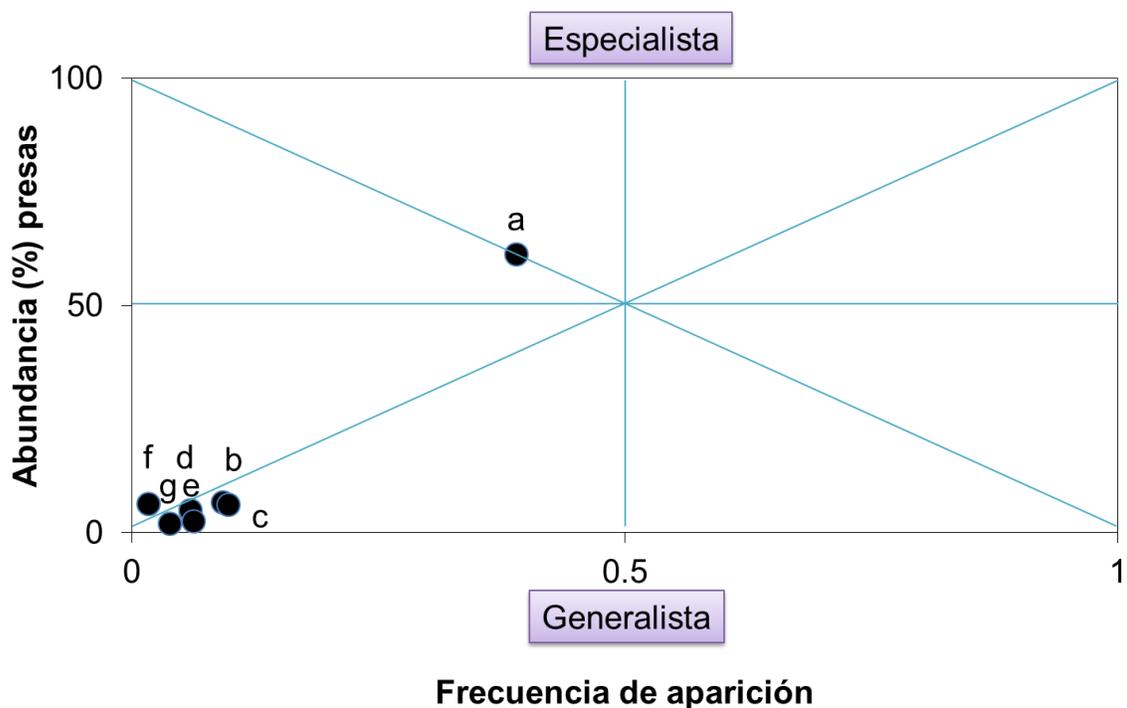


Figura 13. Representación gráfica de la composición de las especies presas más importantes descritas por el análisis de Costello-Amundsen (1990). a) *Dosidicus gigas*, b) *Gonatus* spp., c) *Argonauta* spp., d) *Ancistrocheirus lesueurii* e) *Scomber japonicus*, f) *Pleuroncodes planipes*, g) *Thysanoteuthis rhombus*.

Análisis de similitud (ANOSIM)

El análisis de similitud demostró que no existen diferencias en la dieta del pez espada ($R \leq 0$) entre sexos, entre intervalos de tallas y entre años con valores de p significativos ($p < 0.1$), deduciendo que su dieta fue similar en todos los grupos establecidos (Tabla 8).

Tabla 8. Descripción del análisis de similitud en los diferentes grupos donde si $R \leq 0$ nos indica que las dietas son similares, de manera contraria si $R \geq 1$ nos indica que las dietas son diferentes entre los grupos.

SIMILITUD	R	P
Sexos	0.087	0.08
Tallas	0.058	0.04
Años	0.079	0.05

Relaciones tróficas interespecíficas (traslapo trófico)

Los resultados obtenidos en los valores del índice de Morisita-Horn son los siguientes:

a) Por sexos

Los valores del índice en el análisis por sexos reflejaron un traslapo trófico medio en el cual se obtuvo un valor de $C\lambda = 0.51$, que indicó que los componentes alimenticios entre los depredadores (hembras, machos e indiferenciados) son semejantes.

b) Por intervalo de talla

En lo que respecta a las relaciones tróficas interespecíficas para los diferentes intervalos de tallas se demostró que existía un alto traslapo trófico ($C\lambda = 0.90$) en la dieta de los depredadores, deduciendo que existe una alta similitud en su alimentación.

c) Interanual

El análisis inter-anual reflejó un traslape alto con un valor de $C\lambda = 0.85$ entre los grupos de organismos-presa más representativos en la dieta del pez espada, tal fue el caso del grupo de cefalópodos, que como ya se mencionó estuvo representado con más del 95% por el calamar gigante, *D. gigas*.

Nivel trófico para contenido estomacal

Los resultados para el nivel trófico lograron determinar, de manera general que *Xiphias gladius* pertenece al grupo de los carnívoros por su mayor preferencia hacia grandes decápodos, cefalópodos y peces. Así mismo esta deducción se basó en el valor que se obtuvo de 3.9, donde en la escala de los valores para describir el nivel trófico, es de los más altos (Tabla 1).

Relación con la temperatura superficial del mar (TSM)

a) Presencia del pez espada en relación a la TSM

La presencia del pez espada en la costa de Baja California Sur se registró en un intervalo de temperatura superficial del mar entre 19-26°C, la asociación con la TSM se presenta en la Figura 14.

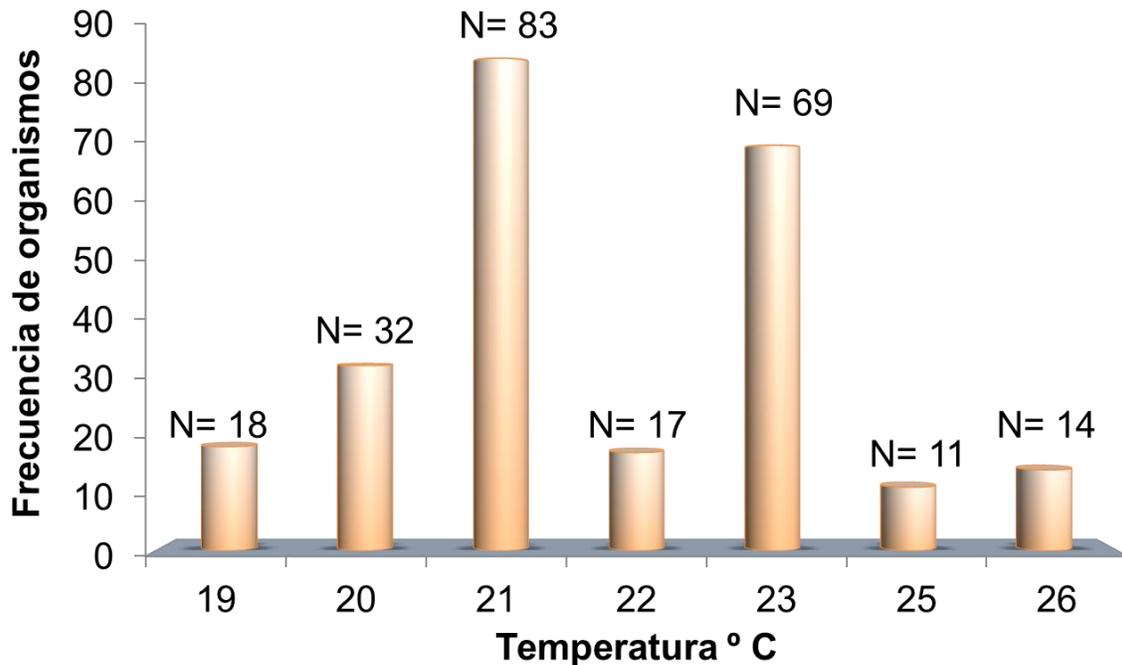


Figura 14. Frecuencia de peces espada en relación a la temperatura superficial del mar (TSM) (°C).

b) Relación con la TSM por sexos

La presencia de las hembras estuvo asociada a TSM entre 21 °C a 26 °C con una moda en los 23 °C, en tanto que los machos se asociaron a TSM más fría (19 °C) (Fig.15).

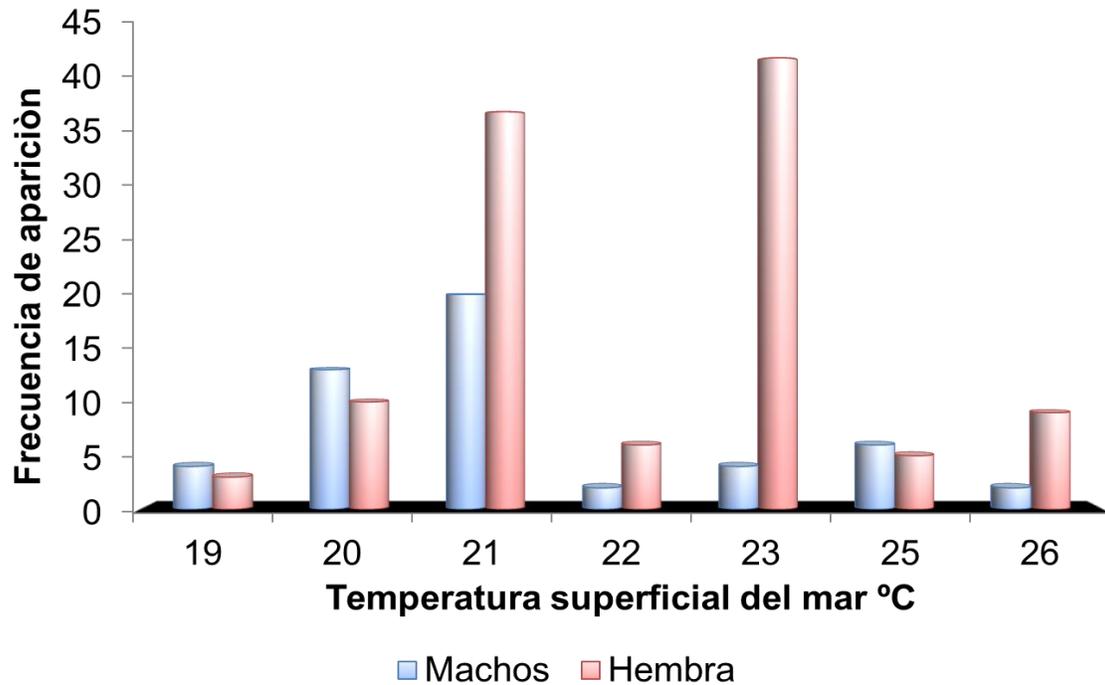


Figura 15. Frecuencia de peces espada para machos y hembras en relación a la temperatura superficial del mar (°C)

c) Variación de los organismos presa en relación a la TSM

Se observó que en todos los intervalos de temperatura estuvo presente el grupo de los cefalópodos siendo la presa más importante, seguida por el grupo de los peces. En este escenario es importante observar que el grupo de los crustáceos únicamente estuvo presente entre los 19 y 20 °C (Fig. 16).

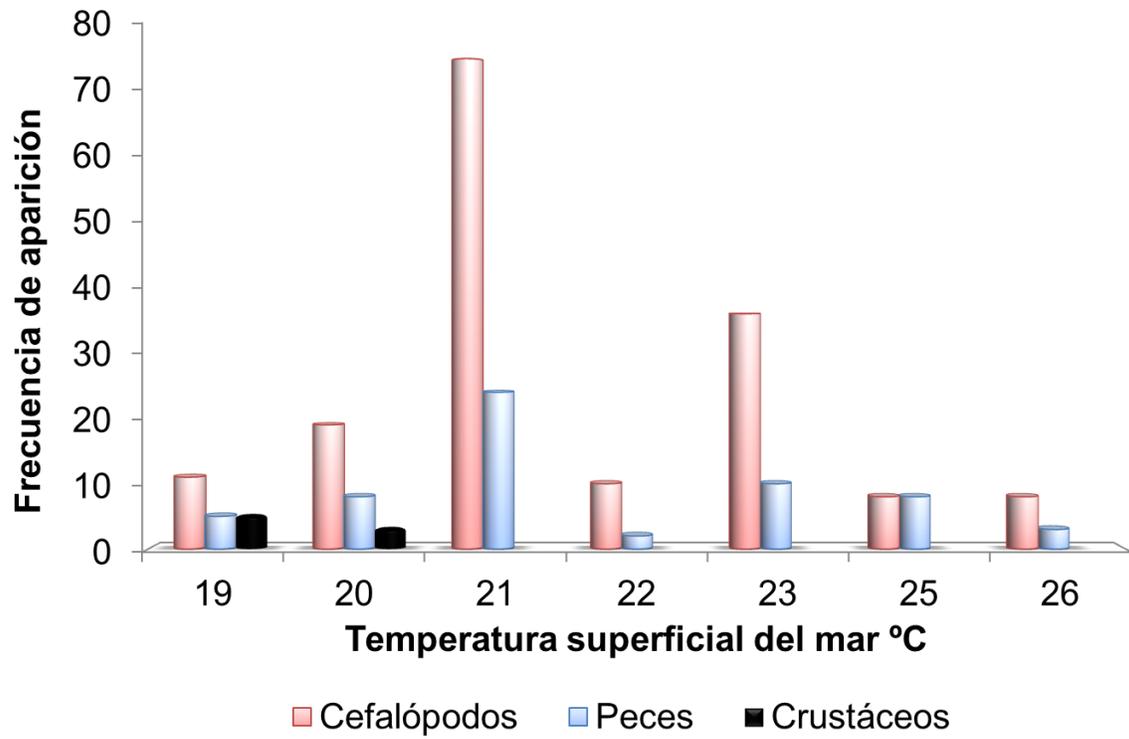


Figura 16. Frecuencia de peces espada por grupo de presas en relación a la temperatura superficial del mar.

Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

En total se analizaron 40 muestras de músculo del pez espada, cuyas longitudes furcales fluctuaron entre los 90 a 287 cm. Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ oscilaron entre 14.23 a 19.66‰, con un promedio de 17.96 ± 1.22 ‰; mientras que los intervalos de $\delta^{13}\text{C}$, ya aplicado el factor de corrección de lípidos utilizando la ecuación de Post (2007), fluctuaron entre -20.75 a -17.05‰, con un promedio de 18.61 ± 1.00 ‰ (Fig. 17). Para la relación C:N los valores que se estimaron fueron de 2.6 a 3.5, con un promedio de 3.2 (Fig. 18).

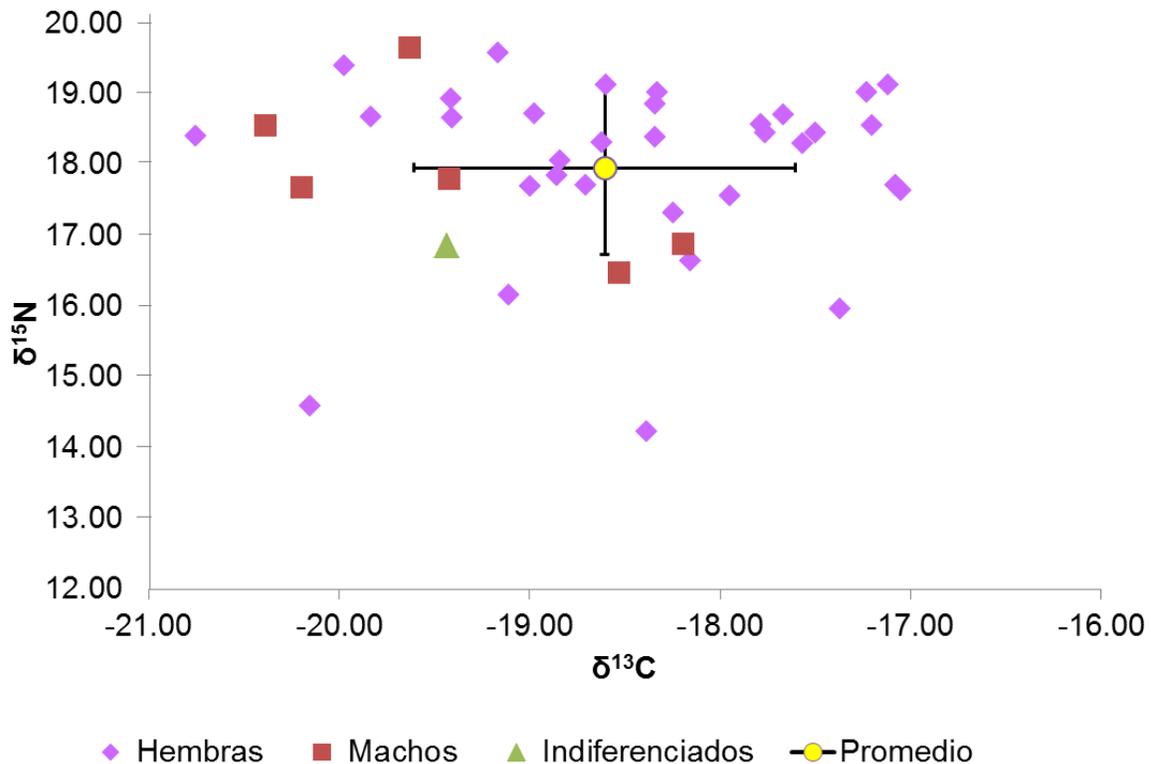


Figura 17. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ medidos del músculo dorsal del pez espada (hembras, machos e indiferenciados) de la costa occidental de Baja California Sur, durante el 2013 (punto amarillo representa la media y su desviación estándar de los valores para ambos isótopos).

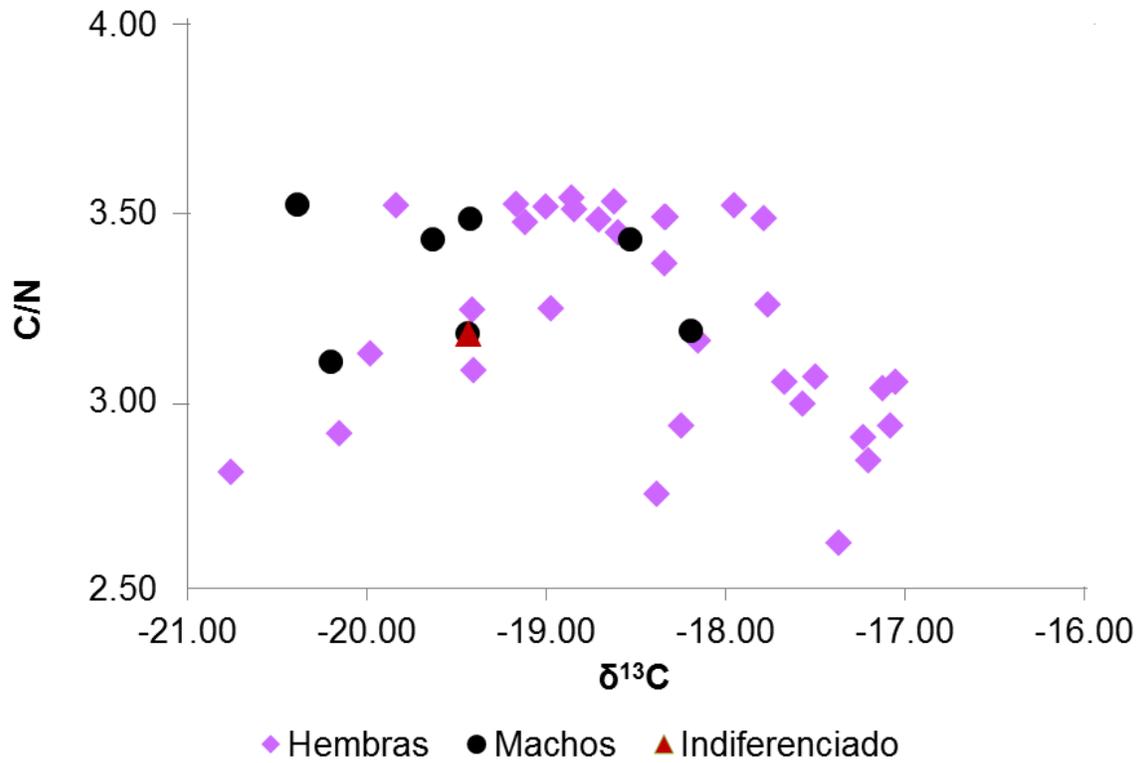


Figura 18. Relación C:N del pez espada (valor teórico de proteínas puras C:N = 3.5)

Con la finalidad de comparar si los organismos con estómagos vacíos se habían alimentado previamente de las mismas presas que aquellos a los que se les analizó el contenido estomacal, se graficaron los valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de ambos observándose que sus valores fueron muy semejantes (Fig. 19).

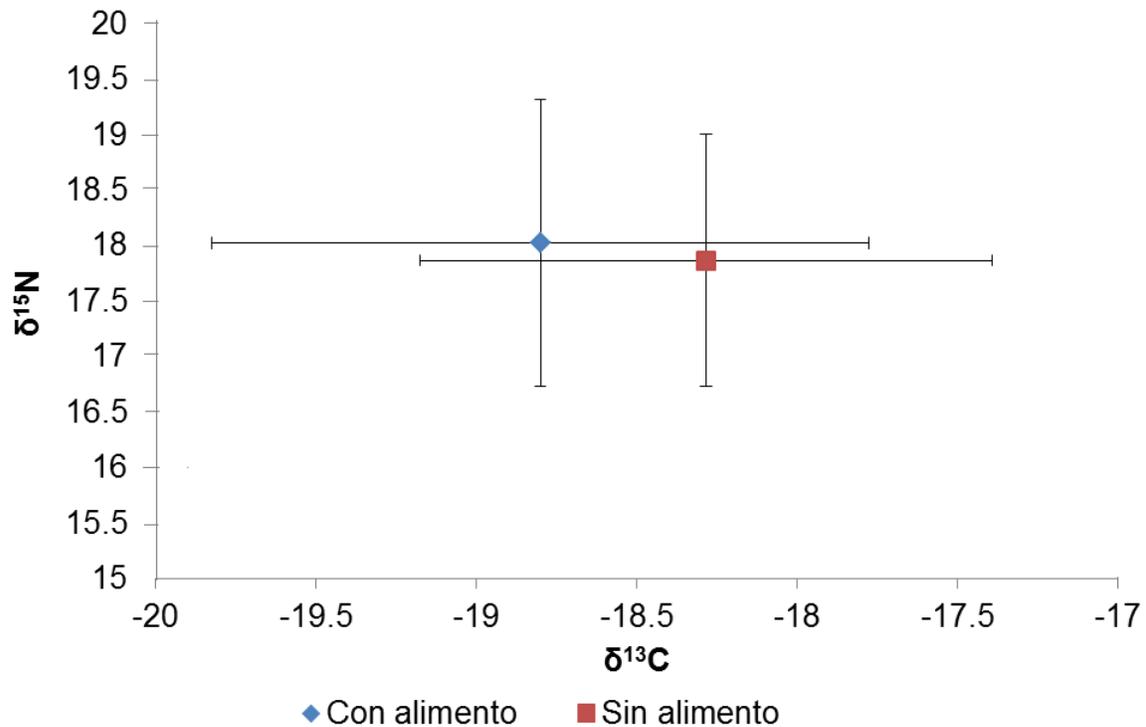


Figura 19. Promedios y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada en organismos que presentaron estómagos con y sin alimento en la costa occidental de Baja California Sur, durante el 2013.

Comparación isotópica estacional (2013)

El resultado del análisis de varianza determinó que no existen diferencias significativas en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ promedio entre estaciones ($H_{(3,38)} = 6.43$ $p=0.09$), lo que refleja que los valores de nitrógeno son similares entre las estaciones; del mismo modo, se observó que los valores promedio en $\delta^{13}\text{C}$ no presentaron diferencias significativas ($H_{(3,39)} = 1.93$ $p=0.59$) (Fig. 20 y 21).

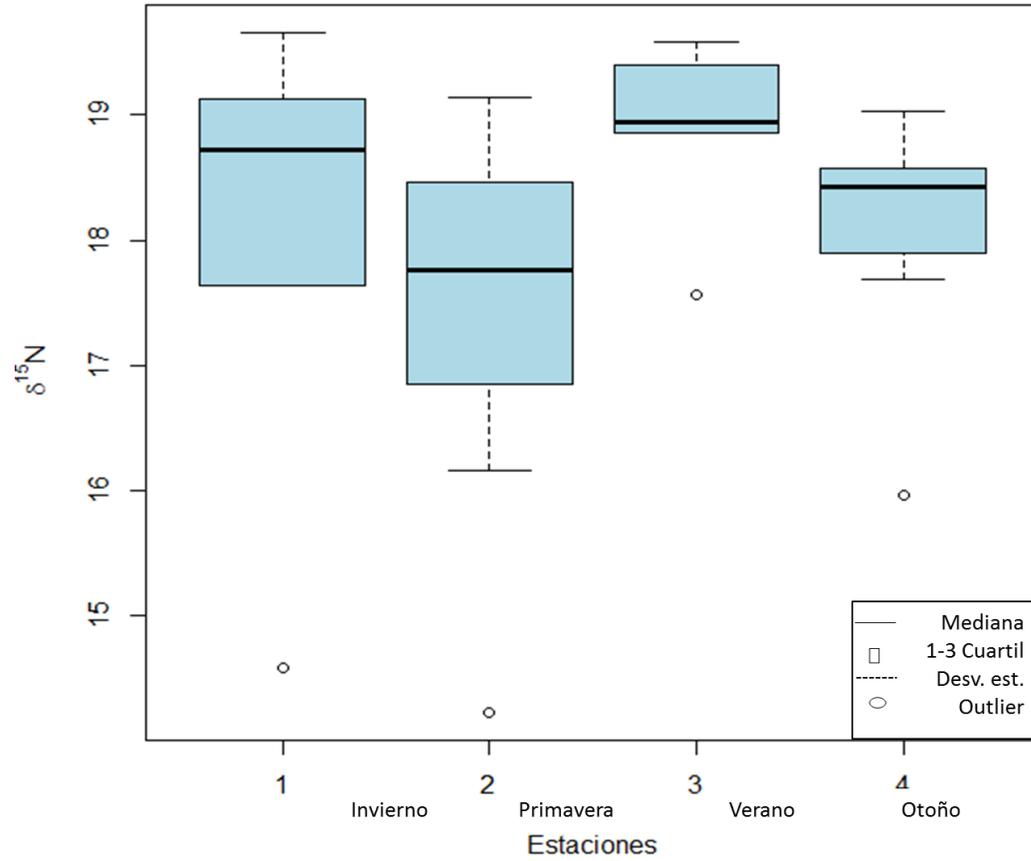


Figura 20. Variación estacional en isótopos de $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada (*X. gladius*) en la costa occidental de Baja California Sur.

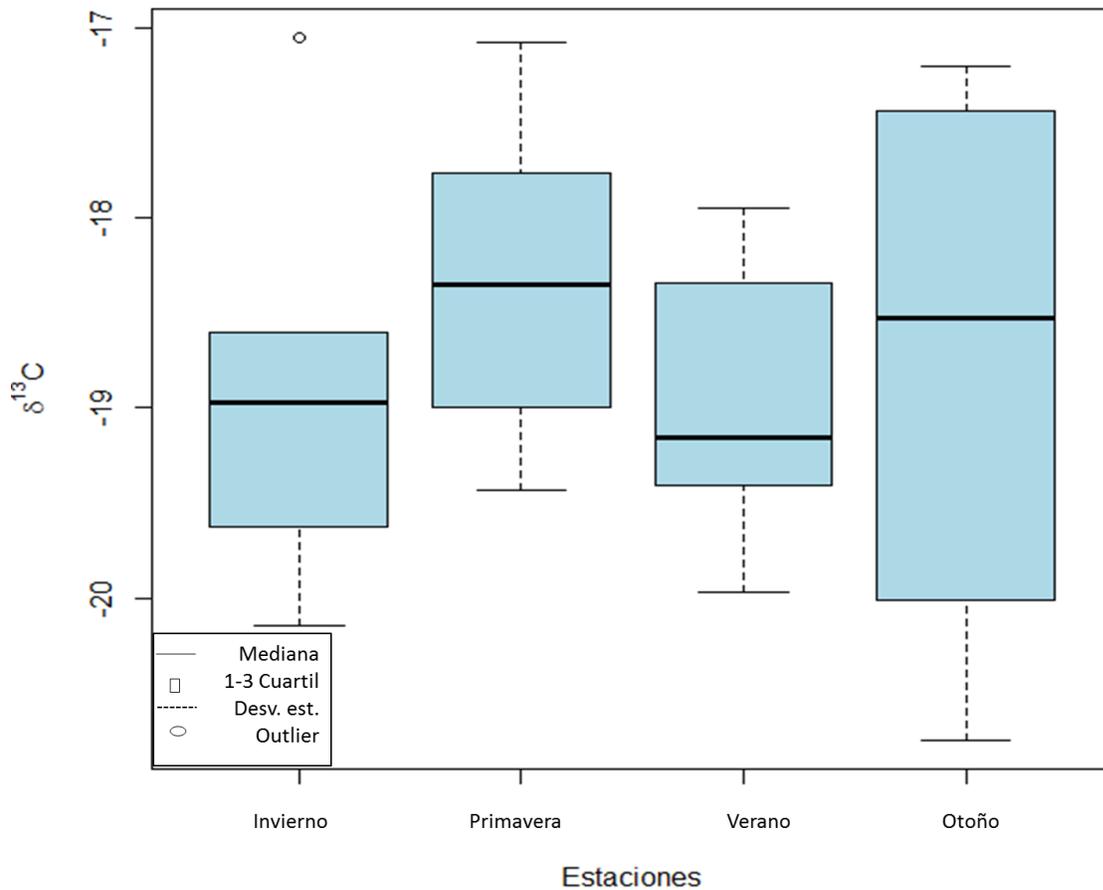


Figura 21. Variación estacional en isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ del pez espada (*X. gladius*) en la costa occidental de Baja California Sur.

De acuerdo con lo expresado anteriormente las estaciones que presentaron valores menores (más negativos) de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) fueron otoño (-20.75 ‰) e invierno (-20.15 ‰) con promedios de $-18.68 \text{ ‰} \pm 1.32$ y $-18.88 \text{ ‰} \pm 1.18$ respectivamente. En este contexto las estaciones de verano (-19.97 ‰ , $\mu = -18.38 \text{ ‰} \pm 0.82$) y primavera (-19.43 ‰ , $\mu = -18.38 \text{ ‰} \pm 0.74$) presentaron valores isotópicos ligeramente más positivos (menos negativos) (Fig. 22; Tabla 9).

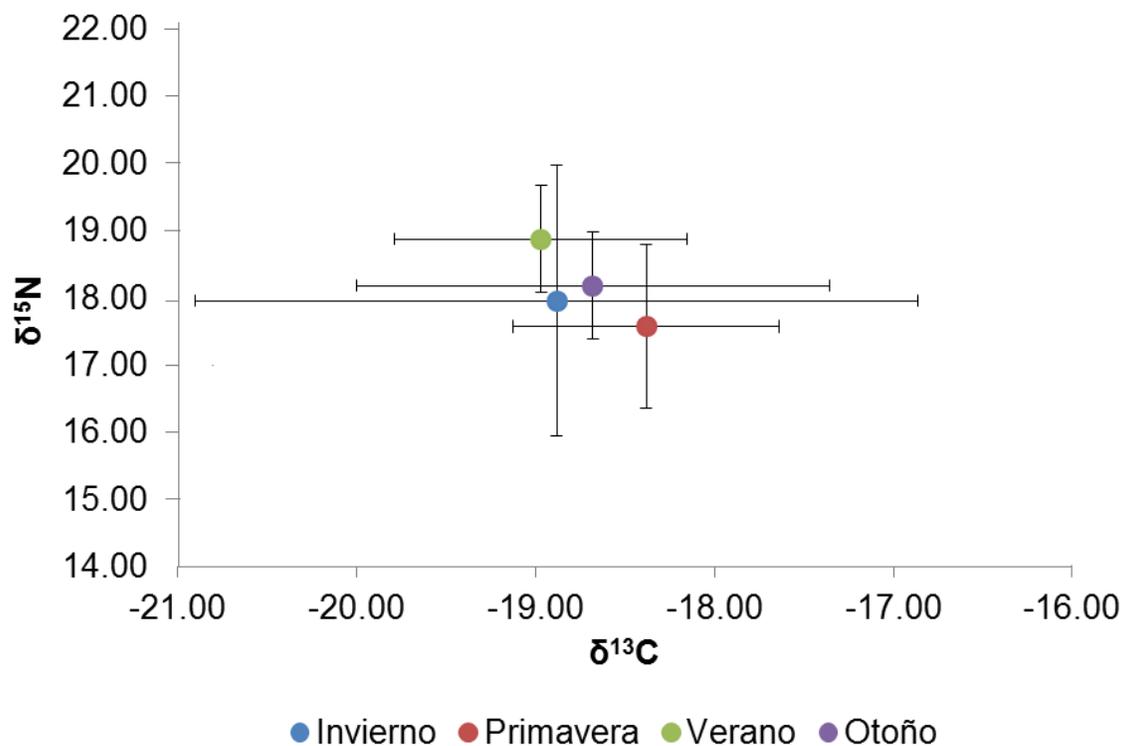


Figura 22. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ provenientes del músculo de peces espada capturados en la costa occidental de Baja California Sur.

Tabla 9. Tamaño de la muestra, valor mínimo, máximo y promedio de los isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada por estación.

Estaciones	Número de muestras	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)		Promedio (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)		Promedio (‰)
		min.	máx.		min.	máx.	
Invierno	5	-20.15	-17.05	-18.88	14.59	19.66	17.95
Primavera	18	-19.43	-17.08	-18.38	14.23	19.14	17.57
Verano	5	-19.97	-17.95	-18.97	17.57	19.58	18.87
Otoño	12	-20.75	-17.20	-18.68	15.96	19.03	18.17

Para describir mejor el comportamiento en la alimentación del pez espada durante el año 2013 se compararon los valores isotópicos con la frecuencia de aparición (FA) de los diferentes ítems presa en las estaciones, donde el grupo de cefalópodos fue el ítem presa más importante en la alimentación del pez espada,

seguido en menor cantidad por el grupo de los peces, crustáceos (presentes únicamente en invierno) y finalmente por la MONI (Fig. 23).

Comparación isotópica por tallas

Con fines comparativos se utilizaron los mismos intervalos de tallas a los establecidos para el análisis de contenido estomacal. A partir de los cuales se observó que no presentaron una tendencia clara respecto a los cambios ontogénicos, ya que organismos de tallas mayores (266.1-310 cm Lf) presentaron valores isotópicos (Tabla 10) que corresponden a ejemplares que se alimentaron más cerca de la costa (presas costeras) y organismos de tallas pequeñas presentaron valores isotópicos de Carbono más oceánicos. Sin embargo, ambos con valores promedio de Nitrógeno muy similares, lo que sugiere que se alimentan de presas con nivel trófico similar (Fig. 24).

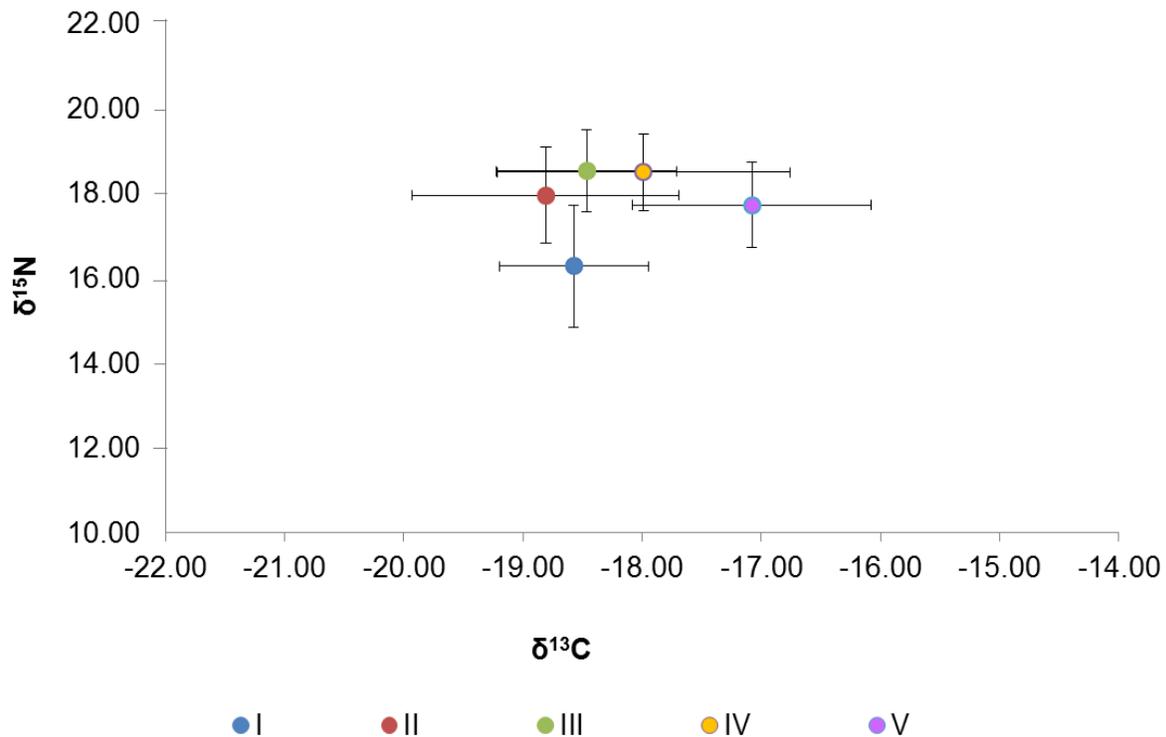


Figura 24. Representación gráfica de los valores promedio y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los intervalos de tallas del pez espada.

Tabla 10. Promedios y desviaciones estándar (SD) de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por tallas del pez espada (2013) en la costa occidental de Baja California Sur.

Intervalos de talla (cm)	Promedio $\delta^{15}\text{N}$	SD	Promedio $\delta^{13}\text{C}$	SD
I: 90-134	16.28	1.44	-18.57	0.62
II: 134-178	17.95	1.13	-18.81	1.12
III: 178.1-222	18.52	0.97	-18.47	0.76
IV: 222.1-266	18.50	0.91	-17.99	1.23
V: 266.1-310	17.72	0.93	-17.08	1.26

Comparación isotópica por sexo

Del total de muestras analizadas de tejido muscular, las hembras representaron un tamaño de muestra mayor (33 organismos) que al de los machos (6 organismos); en este sentido, se identificó un solo organismo con sexo indiferenciado. A partir de la prueba estadística Kruskal-Wallis al comparar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre hembras (H) y machos (M), se observó que presentaron diferencias significativas entre ambos sexos ($H_{(1,38)} = 4.41$ $p=0.03$). Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ no mostraron diferencias significativas ($H_{(1,37)} = 0.55$ $p=0.45$), indicando que los valores de nitrógeno son iguales tanto en hembras como en machos (Fig. 25, 26).

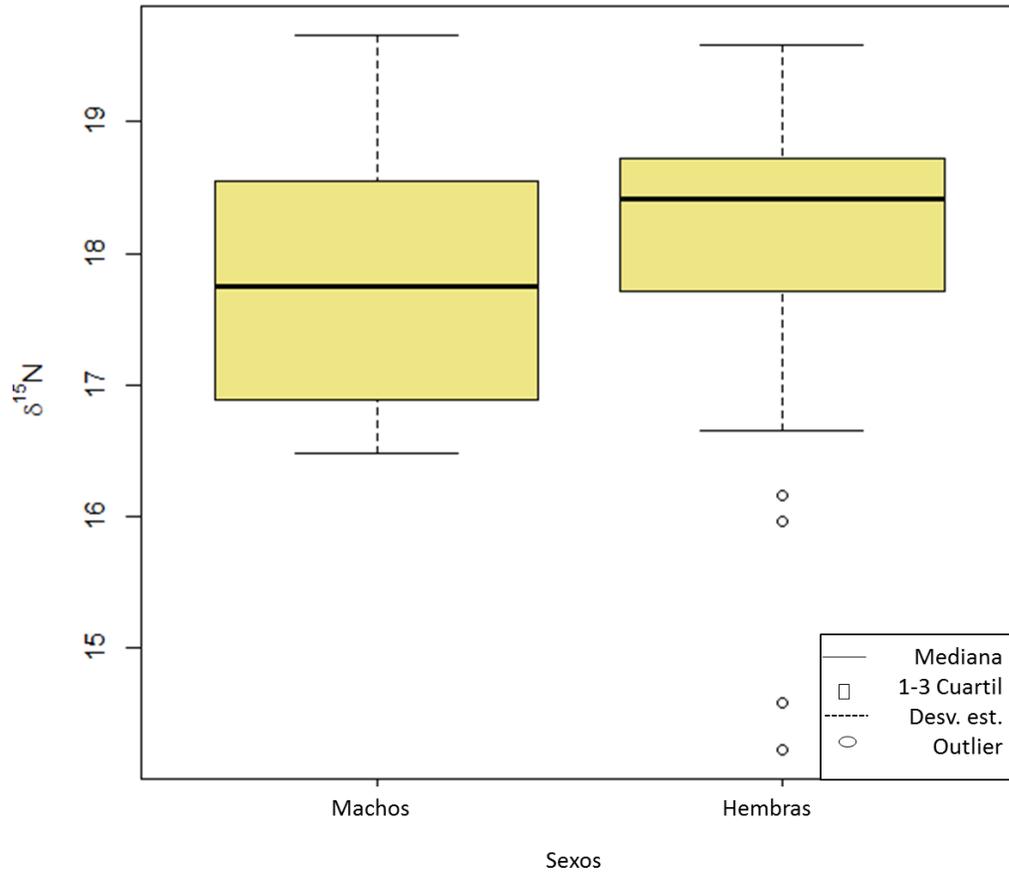


Figura 25. Variación de los valores de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) para hembras y machos de pez espada (*X. gladius*).

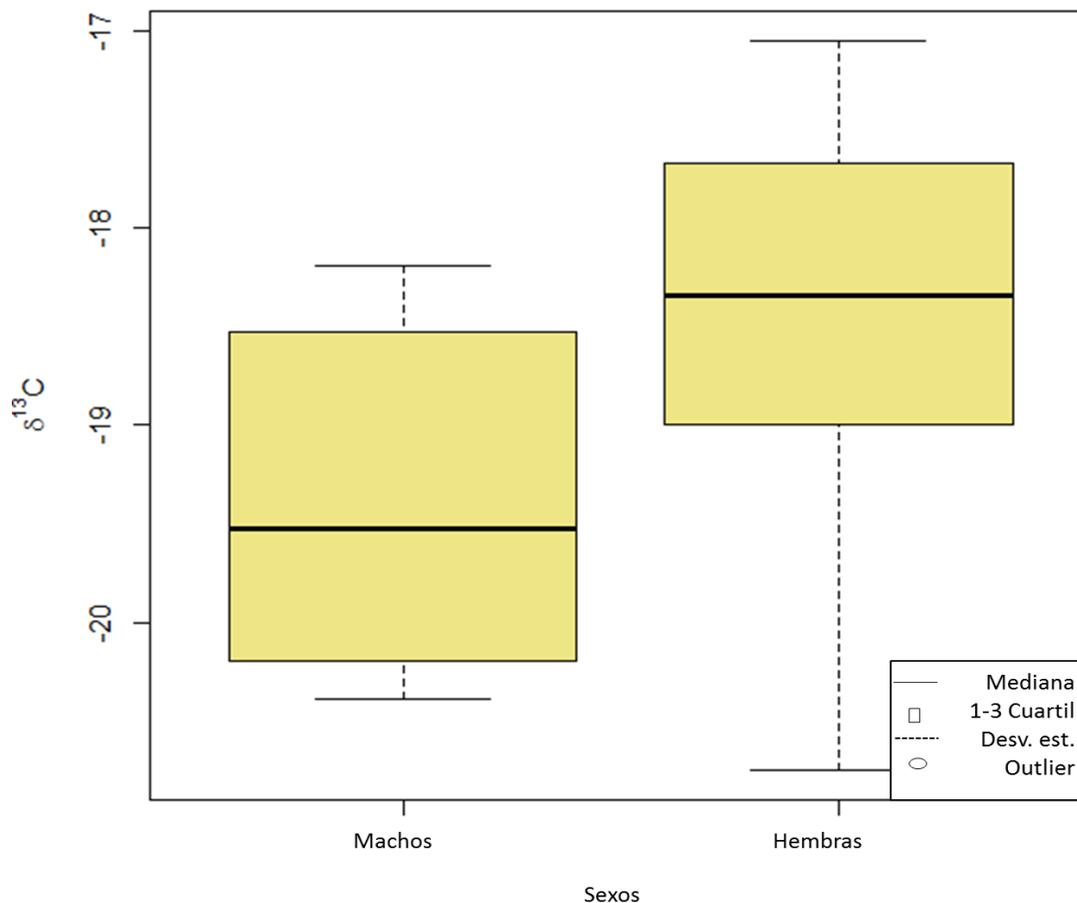


Figura 26. Variación de los valores de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) para hembras y machos de pez espada (*X. gladius*).

En este contexto valores isotópicos de los machos presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ $\mu = -19.39\text{‰} \pm 0.88$ y de $\delta^{15}\text{N}$ $\mu = 17.85\text{‰} \pm 1.15$; mientras que las hembras presentaron valores promedios de $-18.44\text{‰} \pm 0.96$ para $\delta^{13}\text{C}$ y $18.02\text{‰} \pm 1.26$ para $\delta^{15}\text{N}$. Lo cual demostró que no existieron diferencias significativas en los valores isotópicos entre ambos sexos, lo que indica que tanto machos y hembras consumen los mismos tipos alimenticios (Fig. 27).

Es importante mencionar que para fines prácticos únicamente se utilizaron los valores isotópicos de hembras y machos, sin considerar los individuos indiferenciados.

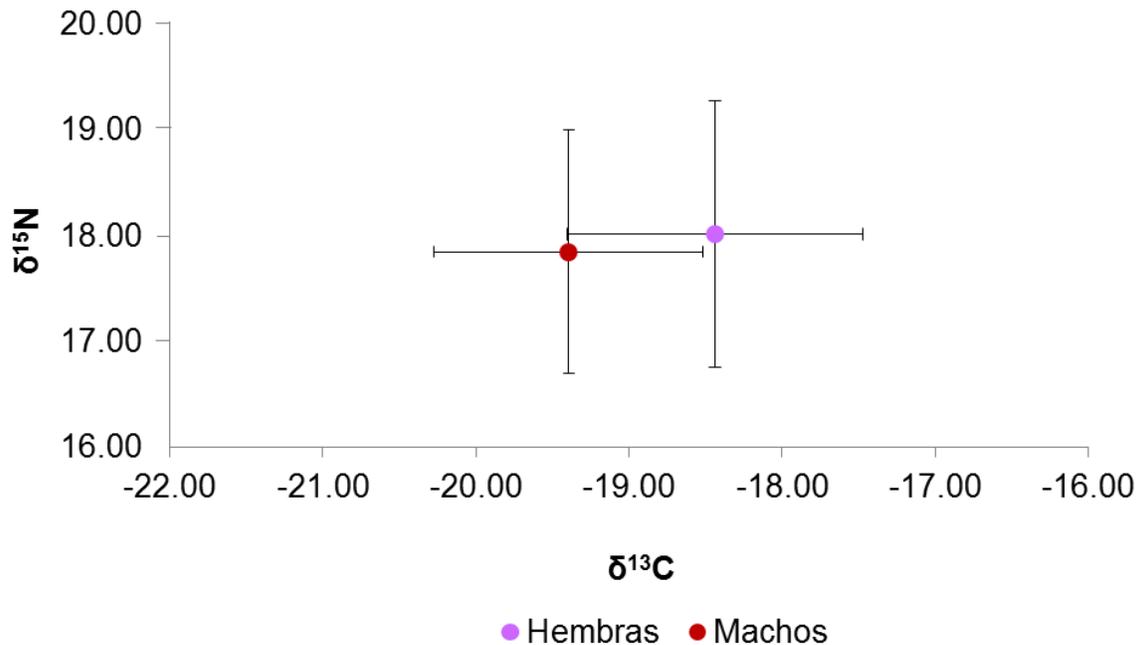


Figura 27. Medias y desviaciones estándar de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las hembras y machos del pez espada.

Nivel trófico para isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$

Los isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) son usados para indicar el nivel trófico de un organismo; en este contexto y considerando que el pez espada es un organismo que realiza migraciones tanto horizontales (zona oceánica – costera), como verticales (profundidad – superficie) en busca de su alimento, se procedió a estimar su nivel trófico tanto en la parte oceánica (Materia orgánica particulada-MOP 6‰: Camalich *et al.*, 2012), como en la costa (MOP=9.3‰; Torres *et al.*, 2013). Donde se observó un nivel trófico para el pez espada en la zona oceánica de 4.5, mientras que cercanos a la costa se obtuvieron valores de 3.5; dichos valores corresponden al nivel trófico más alto (depredadores terciarios) (Pauly & Palomares 2000; Post 2002; Froese & Pauly, 2015).

Por otra parte, se calculó el nivel trófico de algunos ítems presa, como el calamar *Dosidicus gigas* ($\delta^{13}\text{C}$ μ = -17.89‰ \pm 0.91; $\delta^{15}\text{N}$ μ = 15.14‰ \pm 0.73) el cual

fue la presa de mayor importancia en los análisis de contenido estomacal observándose que este organismo presentó un nivel trófico inferior al del pez espada con un valor de 3.76, lo que representó un enriquecimiento isotópico promedio de 0.74 ‰ para el $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada (depredador). En este sentido, siendo *Scomber japonicus* la presa más importante para el grupo de los peces ($\delta^{13}\text{C} \mu = -21.67$; $\delta^{15}\text{N} \mu = 17.41$ – Torres-Rojas *et al.*, 2013), ésta presentó un nivel trófico de 3.40 lo que reflejó un enriquecimiento isotópico promedio de 1.1 ‰ para el $\delta^{15}\text{N}$ del pez espada.

Modelo de mezcla Bayesiano (SIAR)

A partir del modelo SIAR se lograron identificar las posibles contribuciones de algunas fuentes (presas) al músculo del pez espada (Fig. 28). Observándose que tanto el grupo de los cefalópodos (*D. gigas*, *T. rhombus*, *Gonatus* spp., *P. boschmaii*, *O. banksii*, *A. lesueurii*, *S. oualaniensis*), como *S. japonicus*, fueron las presas que presentaron las mayores contribuciones; seguido por la langostilla (*P. planipes*), *Lagocephalus* spp. y *C. caballus* (Tabla 12).

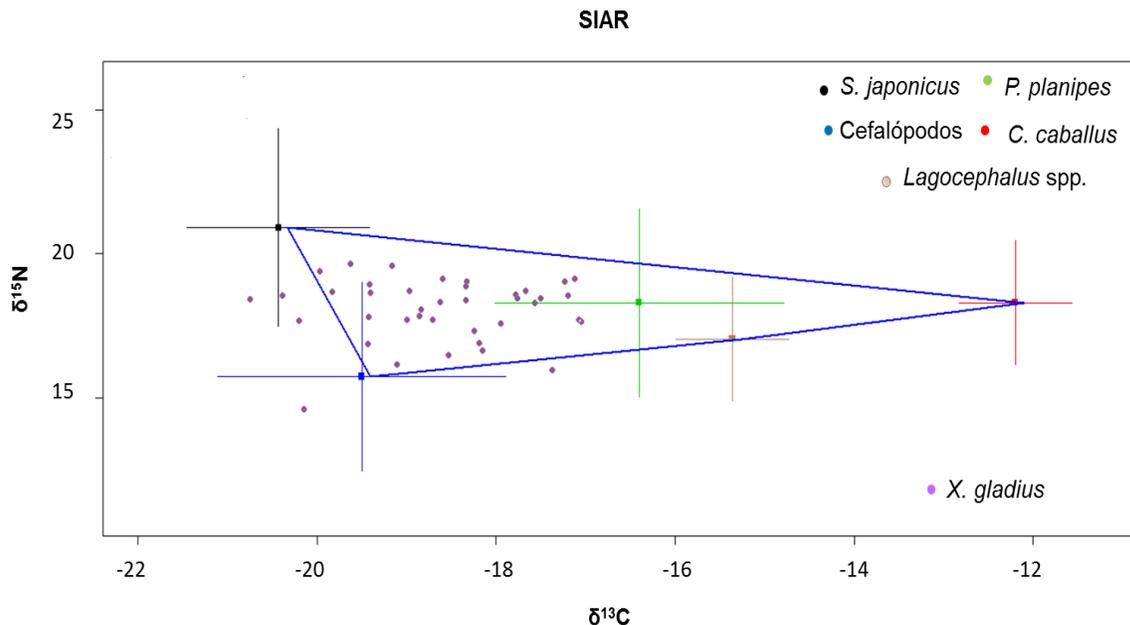


Figura 28. Diagrama de dispersión de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para la estimación de las posibles contribuciones de las fuentes (presas) al consumidor (pez espada).

Tabla 12. Contribución isotópica de las presas al músculo de *X. gladius* en la costa occidental de Baja California Sur.

Presas	Contribución
Cefalópodos	0.37
<i>Scomber japonicus</i>	0.33
<i>Pleuroncodes planipes</i>	0.14
<i>Lagocephalus</i> spp.	0.10
<i>Caranx caballus</i>	0.06

VI. DISCUSIÓN.

Análisis de contenido estomacal

Porcentaje de llenado (estómagos)

De los 244 organismos de pez espada analizados, el 34.84% (85 individuos) presentaron estómagos sin alimento, dicho fenómeno es atribuido a diversos factores, uno de ellos se debe al cambio de presión que sufren los organismos al ser extraídos bruscamente por la pesca, provocando en ellos un estrés al estimular la dilatación en los gases de su vejiga natatoria provocando la expulsión del alimento ingerido (regurgitación), este comportamiento ya ha sido descrito por Tibbo *et al.* (1961) para *X. gladius* en el noroeste del Atlántico, describiendo que éstos regurgitan el contenido del estómago durante y después de su captura.

Otro factor al que se le atribuye la presencia de organismos con estómagos vacíos, es que sus capturas son durante la noche, tiempo donde el pez espada emerge a la superficie a ingerir alimentos, impidiendo así que estos se alimenten; este comportamiento de migraciones diurno-nocturnas ha sido descrito por autores como Beardsley (1978), Carey & Robinson (1981), Latelier *et al.* (2009), entre otros; quienes describen que el pez espada realiza movimientos verticales en forma de “U”, descendiendo durante el día hasta los 600 o 1000 m de profundidad y emergiendo a la superficie (0-90m) durante la noche para alimentarse de peces pelágicos y calamares.

Por otra parte y con base al método de Stillwell & Kohler (1982), del 65% de los organismos que presentaron alimento el 52% se encontraron con un estado de repleción gástrica en categoría 1 (1-25% de llenado), es decir con poco alimento o con alimento ya procesado, lo que nos puede indicar que gran parte de estos individuos fueron capturados antes o en el inter de llevar a cabo su alimentación, como se mencionó anteriormente.

Espectro trófico general

Estudios previos han documentado que el pez espada se distingue por tener un amplio espectro trófico, alimentándose de una gran variedad de cefalópodos, crustáceos y peces.

Stillwell & Kohler (1985), Clarke *et al.* (1995), Chancollon *et al.* (2006) y Young *et al.* (2006), han reportado que el pez espada consume preferentemente cefalópodos, sin embargo otros estudios reportan que se alimenta principalmente de peces (Barreto *et al.*, 1996; Potier *et al.*, 2007). En este sentido, es común encontrar ligeras variaciones en el consumo preferente de alimentos entre organismos de la misma especie, dichas variaciones suelen atribuirse a factores tales como disponibilidad de recursos alimenticios, cambios ontogénicos, cambios ambientales y a las distribuciones espacio-temporales del depredador. Esto último ha sido corroborado por varios autores (Hernández-García, 1995; Markaida & Sosa Nishizaki, 1998; Ibáñez *et al.*, 2004), quienes determinan que el alimento dominante en la dieta del pez espada varía en torno a sus zonas de distribución.

El presente estudio, reportó que el pez espada tiene un amplio espectro trófico conformado por 34 presas de las cuales 13 fueron cefalópodos, 14 peces y 3 crustáceos. Sin embargo, se observó una marcada preferencia por el consumo del calamar gigante, *D. gigas* el cual fue la especie con mayor importancia en la dieta (IIR= 95.6%) e incluso para los tres años de estudio (2011, 2012 y 2013). Esta preferencia ha sido documentada en otros trabajos (Markaida & Hochberg; 2005; Castillo *et al.*, 2007; Latelier *et al.*, 2009) y en otros depredadores tope como el cachalote, marlín rayado, marlín azul, entre otros (Ruiz-Castro, 2002; Logan *et al.*, 2013; Torres-Rojas *et al.*, 2013). En este sentido, se ha documentado que *D. gigas* juega un papel importante en la alimentación de los depredadores tope, por ser una especie abundante con amplia distribución, que abarca desde California hasta el sur de Chile (Nesis, 1983; Nigmatullin *et al.*, 2001) y que realiza migraciones verticales ascendiendo a la superficie durante la noche en busca de alimento y descendiendo a las profundidades durante el día, comportamiento que es semejante al del pez espada, dicha incidencia es un factor importante a

considerar en la presencia de este organismo como principal componente en la alimentación de *X. gladius*, ya que ambos suelen coincidir en tiempo y espacio con los mismos propósitos (alimentarse).

Espectro trófico por tallas

En el presente trabajo se observó una ligera variación ontogénica en el espectro trófico del pez espada, donde los organismos con tallas de 90 a 134 cm de longitud mandibulo-furcal (Lf) consumieron una mayor diversidad de presas, alimentándose tanto de cefalópodos, como de peces y en menor cantidad de crustáceos, mientras que los organismos con tallas mayores (134.1-309 cm Lf) se inclinaron por un consumo preferente de cefalópodos. Estos resultados coincide con lo reportado en trabajos anteriores, por autores como Vedel-Tanning (1955), Young *et al.* (2006) y Latelier *et al.* (2009) los cuales describen que la composición en el espectro trófico de este organismo varía en relación a sus cambios ontogénicos, estableciendo así que *X. gladius* a una edad temprana (etapa larvaria) se alimenta principalmente de copépodos, posteriormente (juveniles-adultos), su régimen alimenticio suele cambiar a una dieta compuesta de peces y cefalópodos variando considerablemente según los hábitats y temporadas. Por otra parte y de manera contraria, Barreto *et al.* (1996) reportaron en sus trabajos no haber observado una variación ontogénica en la dieta del pez espada en organismos con tallas de 68 a 244cm de longitud postorbital.

Este comportamiento de cambios ontogénicos en la dieta de los peces ya se ha establecido con anterioridad, donde se describe que a medida que cambian de un estado de desarrollo a otro (desarrollo ontogénico), los organismos de tallas mayores tienden a alimentarse de una mayor cantidad de presas incrementando así la diversidad de las mismas (Nikolsky, 1963). En este sentido, la diversidad de las presas en la dieta de un organismo suelen asociarse a las diferentes zonas de alimentación que comúnmente habita en cada etapa de vida (juveniles-adultos), como es el caso del pez espada quien a lo largo de su ciclo de vida realiza

grandes migraciones horizontales asociadas tanto a sus necesidades alimenticias, como reproductivas (Ménard *et al.*, 2007).

Espectro trófico por sexo

En lo que respecta al espectro trófico por sexos, para este estudio no se encontraron diferencias en la dieta entre ambos sexos; sin embargo se logró observar que a pesar de que *D. gigas* fue la presa principal tanto para machos como para hembras, los machos presentaron una mayor diversidad en su espectro trófico, alimentándose también de crustáceos y peces en comparación a las hembras, cuya alimentación fue teutófaga. De manera contraria autores como Yabe *et al.* (1959), Barreto *et al.* (1996), Markaida & Sosa Nishizaki (1998), Daza (2002), Young *et al.* (2006), Latelier *et al.* (2009) han reportado que el pez espada no presenta diferencias alimenticias entre hembras y machos, sin embargo, las proporciones relativas de peces y cefalópodos consumidos por este organismo difieren con el sexo, en la mayoría de los casos coincidieron en que las hembras presentaban un mayor espectro trófico en comparación a los machos.

Variabilidad interanual del espectro trófico

Diversos estudios (Markaida & Sosa Nishizaki, 1998; Ibáñez *et al.*, 2004; Ménard *et al.*, 2007; Mejuto *et al.*, 2012) han mencionado que la dieta del pez espada se asocia de la disponibilidad de alimento en su zona de actividad, la cual es propensa a variar respecto al tiempo. En este sentido, se han realizado pocos estudios comparativos interanuales del espectro trófico en el pez espada, uno de estos trabajos es el de Gorni *et al.* (2012) al sureste de Brasil, quienes no encontraron diferencias en el espectro trófico interanual (julio 2007- junio 2009) de *X. gladius*, siendo los moluscos cefalópodos, seguido por los teleósteos las categorías alimentarias más importantes. Asimismo, para la región central de Chile Ibáñez *et al.* (2004) y Castillo *et al.* (2007) analizaron la dieta del pez espada y en

ambos trabajos no se observaron diferencias interanuales en la alimentación, siendo *D. gigas* la presa principal, seguido por el grupo de los peces.

Resultados similares se registraron en el presente trabajo, ya que en los tres años su alimentación consistió principalmente de cefalópodos (*D. gigas* presa con mayor importancia), seguida por el grupo de los peces y la presencia de algunos crustáceos (*Pleuroncodes planipes*) en los años 2012 y 2013. A diferencia de esto, Markaida & Sosa Nishizaki (1998) reportaron que la dieta de *X. gladius* para la región sur de Baja California durante 1992-1993 estuvo constituida principalmente por cefalópodos, siendo *Sthenoteuthis oualaniensis* la especie más importante. La discrepancia de esto podría ser que el estudio de estos autores, se llevó a cabo durante años caracterizados por la presencia de un evento El Niño moderado (McPhaden, 1993; Strub & James, 2002). A este respecto se ha mencionado que *D. gigas* presenta expansiones de su hábitat durante la presencia de estos eventos (Yamashiro *et al.*, 1998; Rodhouse, 2001; Taípe *et al.*, 2001; Ichii *et al.*, 2002) lo que pudiera ser el caso, y que esta especie no estuviera disponible como presa durante ese periodo y haya sido reemplazado por *S. oualaniensis* que prefiere aguas más cálidas (Xinjun *et al.*, 2007).

Amplitud de la dieta (Índice de Levins - Análisis de Costello)

Los resultados obtenidos para describir la amplitud en la dieta del pez espada para este trabajo, reflejaron que este tiende a ser un organismo especialista ($B_i = 0.03$), puesto que casi todos los individuos se alimentaron de la misma especie presa (*D. gigas*). Estos resultados coinciden con lo reportado por Latelier *et al.* (2009) quienes establecieron que *X. gladius* podría ser un depredador especialista, ya que la composición de su dieta estuvo dominada principalmente por cefalópodos. En este contexto, Ricklefs (1979) y Wootton (1990) mencionan que la especialización en la dieta de un organismo suele ser el reflejo en la abundancia de dicho recurso presa para la región, ya que un depredador refleja el alimento disponible en el ambiente.

De forma opuesta a lo observado para este trabajo, Palko *et al.* (1981), Nakamura (1985), Bello (1991), Clarke *et al.* (1995) y Gorni *et al.* (2012) han considerado que el pez espada es un depredador oportunista estableciendo que se alimenta de una mayor diversidad de ítems presa, puesto que *X. gladius* al ser considerado un organismo altamente migratorios su estrategia de alimentación está condicionada por la oferta ambiental de sus presas.

Nivel trófico

Se conoce que el nivel trófico (NT) de un organismo representa la posición que ocupa dentro de la cadena alimentaria. Los peces que se sitúan en los niveles tróficos más altos son los que normalmente tienen un valor económico más elevado como es el caso de algunos pelágicos mayores como, marlines (*Makaira nigricans*, *Kajikia audax*, *Makaira indica*) dorado (*Coryphaena hippurus*), pez espada (*Xiphias gladius*), pez vela (*Istiophorus* spp.) entre otros, los cuales han presentado valores de NT por arriba de 4, como es el caso de *M. nigricans* con un NT de 4.47 (Torres-Rojas *et al.*, 2013), *K. audax* con un valor de 4.29 (Torres-Rojas *et al.*, 2013) y *C. hippurus* con un valor de 4.4 (Froese & Pauly, 2015), esto por mencionar algunos. En este sentido Chancollon *et al.* (2006) mencionan que *X. gladius* forma parte de la comunidad de depredadores tope en el Océano Atlántico. Para la costa occidental de Baja California Markaida & Sosa Nishizaki (1998) establecen que esta especie tiene un nivel trófico de 3.97, valor que coincide con lo encontrado en este estudio (NT=3.9) demostrando que esta especie forma parte de los depredadores tope o carnívoros por su preferencia en el consumo de cefalópodos, peces y grandes decápodos. Al analizar los valores de NT entre los diferentes pelágicos mayores y el pez espada se observaron ligeras diferencias, las cuales se pueden asociar principalmente a las distintas preferencias alimenticias que presenta cada uno de ellos.

Relación con la temperatura superficial del mar.

Se ha establecido que las zonas frontales con gradientes rápidos de temperatura, salinidad y gran cantidad de materia biógena, tales como la corriente del Golfo (Océano Atlántico), Kuroshio (Océano Pacífico Norte) y Humboldt (Océano Pacífico Sur) juegan un rol importante en la distribución del pez espada (Ovchinnikov, 1970).

a) Abundancia del pez espada en relación a la temperatura °C

Si bien se ha reportado que el pez espada puede tolerar altos intervalos de temperatura que van desde los 2 hasta los 30 °C (Boyce *et al.*, 2008), en este trabajo se encontró que su presencia estuvo asociada a valores de temperaturas entre 19 a 26 °C, con frecuencia mayor entre los 21 y 23 °C, estos resultados son similares a lo mencionado por Frimodt (1995) quien para el Pacífico noroeste, reportó que la gama preferente de temperaturas para esta especie se encuentra entre los 18 y 22 °C.

b) Variación de sexos en relación a la temperatura °C

Son pocos los trabajos que han analizado la proporción de sexos en relación a las variables de temperatura, autores como Hoey (1991), Arocha *et al.* (1993), De la Serna *et al.* (1993), y Tserpes *et al.* (2001), consideran que la proporción de sexos y tallas del pez espada fueron influenciados por la variabilidad espacio-temporal en las distintas zonas (Atlántico, Pacífico y Mediterráneo), relacionando este comportamiento principalmente a los procesos de reproducción o de alimentación. Para el enfoque reproductivo y de desove, se sabe que la duración del período de desove podría estar relacionada con la temperatura del agua, probablemente esta aparente asociación esté asociada con la viabilidad y desarrollo de los huevos, siendo 24 °C la temperatura mínima necesaria para desoves exitosos (Mejuto, 2007). Sobre este tema, la Comisión Interamericana

para la Conservación del Atún Atlántico (ICCAT, 2012) establece que en el Océano Atlántico el pez espada desova a temperaturas preferenciales entre los 23 y 26 °C, lo que sugiere la presencia de hembras maduras para estos intervalos de temperatura. Resultados similares se encontraron en el presente trabajo en el sentido que la mayor abundancia de hembras estuvo asociada a TSM entre 21 y 26 °C, en tanto que los machos se asociaron a aguas más frías (19 °C). Esto coincide con lo reportado por Hinton y Derison (1998) quienes determinaron que el pez espada esta reproductivamente activo de mayo a agosto en aguas adyacentes a Baja California Sur.

Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

Para el enfoque de la ecología trófica, el uso de la técnica de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) se ha utilizado en la actualidad como una técnica complementaria al método tradicional, a través de la cual podemos inferir el origen y tipo del alimento consumido por un organismo en periodos de tiempos más prolongado (2-3 meses), abriéndonos así una ventana más amplia de su ecología trófica.

Existen diversos trabajos que utilizan esta técnica aplicada en diferentes depredadores pelágicos como *Coryphaena hippurus* (Tripp-Valdez *et al.*, 2014), peces de pico (*Makaira nigricans* y *Kajikia audax*, Torres-Rojas *et al.*, 2013), tiburones (*Isurus oxyrinchus*, Velasco-Tarelo, 2005; *Sphyrna zygaena* Ochoa-Díaz, 2009), calamares (Ruiz-Cooley *et al.*, 2004) entre otros; sin embargo para el pez espada solo se tienen los trabajos de Young *et al.* (2006), para la región de Australia y Ménard *et al.* (2007) para el Océano Índico.

Los valores isotópicos promedio de $\delta^{15}\text{N}$ ($\mu= 17.96 \pm 1.22\text{‰}$; intervalo: 14.23 a 19.66‰) y de $\delta^{13}\text{C}$ ($\mu= -18.61 \pm 1.00\text{‰}$; intervalo: -20.75 a -17.05‰) registrados en el presente estudio, contrastan con los observados por Ménard *et al.* (2007) quienes obtuvieron valores en $\delta^{13}\text{C}$ de -17.4 a -15.0‰ y en $\delta^{15}\text{N}$ de 11.8 a 16.2‰. Mientras que Young *et al.* (2006) registraron valores promedio en $\delta^{15}\text{N}$

de 12.91‰. La amplia variación entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ obtenidos por los diferentes autores y para este trabajo, se puede deber a las diferencias espacio-temporales (condiciones ambientales en las zonas de estudio) que diversifican la presencia o ausencia de los diferentes ítems alimenticios, en este sentido el enriquecimiento isotópico $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ será distinto en los depredadores (pez espada) para cada zona.

La amplitud observada en los valores de carbono para el pez espada (-20.75 a -17.05‰) en este trabajo, pudieran ser el reflejo de las extensas migraciones horizontales (Océano-costa) que realiza el organismo en busca de su alimento (Carey *et al.*, 1981), ya que los valores más positivos (menos negativos -17.05) nos reflejan que están más enriquecidos en carbono, por lo tanto se están alimentando en zonas costeras; mientras que los valores menos positivos (más negativos -20.75) nos reflejan que se están alimentando en zonas más oceánicas.

Comparación isotópica estacional (2013)

Los valores de $\delta^{15}\text{N}$ observados fueron similares entre estaciones (invierno, primavera, verano y otoño), lo cual corrobora lo observado en el análisis de contenido estomacal, donde se describe que el pez espada se está alimentando de una presa en particular; *D. gigas* lo que hace reflejar su constante marca isotópica en todas las estaciones del año. Estos resultados difieren con los observados por Ménard *et al.* (2007), quienes observaron que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ presentaron diferencias significativas entre estaciones. Estos autores atribuyen este hecho a la influencia de las corrientes que existen en su zona de estudio, las cuales alteran sus valores de la materia orgánica particulada, modificando las líneas base en la cadena trófica de los organismos.

De igual forma los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$, demostraron ser similares entre estaciones mostrando una ligera variación en sus valores de invierno a otoño reflejando así lo descrito por Carey & Robinson (1981) quienes registran que las migraciones de *X. gladius* consisten en acercarse y alejarse de la costa de

acuerdo a los desplazamientos de los frentes de aguas cálidas, con carácter tróficos y reproductivos. En contraste, Ménard *et al.* (2007) identificaron diferencias significativas en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ por estaciones en el pez espada, sin embargo los valores isotópicos de carbono para otro depredador tope (atún aleta amarilla) reflejaron ser similares entre estaciones.

Comparación isotópica por tallas

El tamaño del cuerpo juega un papel crucial en las interacciones depredador-presa, donde a medida que ejercen mayores tallas los organismos, tienden a consumir presas de mayor tamaño y biomasa, con niveles tróficos posiblemente superiores (Sheldon *et al.*, 1977; Cury *et al.*, 2003). En este sentido, Young *et al.* (2006) al asociar los valores de $\delta^{15}\text{N}$ con los niveles tróficos del pez espada, mencionaron que éstos varían de acuerdo al tamaño del depredador (*X. gladius*), por lo que asumieron que los organismos más pequeños al alimentarse preferentemente de algunos peces como mictófidios reflejan valores de niveles tróficos menores, en comparación a los individuos más grandes que por consumir mayormente cefalópodos registran valores altos de $\delta^{15}\text{N}$ y presentan un nivel trófico mayor. En este contexto, Ménard *et al.* (2007) a través de modelos de predicción que reflejan el cambio en los valores de isótopos estables en nitrógeno y carbono a lo largo de gradientes longitudinales en el cuerpo del pez espada (tallas de 68 a 225cm Lf), observaron que la diferencia isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ entre organismos grandes y pequeños era alrededor de 2.3‰, de igual forma, registraron que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ presentaron el mismo patrón de reducción en tallas, pero las diferencias isotópicas fueron mucho más reducidas (0.8‰).

Sin embargo, para este trabajo no se observó una tendencia clara respecto a los cambios ontogénicos de los organismos. Se logró observar que algunos individuos de tallas mayores (266.1-310cm) presentaron valores isotópicos que corresponden a ejemplares que se alimentan más cerca de la costa (presas costeras) respecto a otros organismos de tallas pequeñas que presentaron valores isotópicos de carbono más oceánicos. En este sentido, los valores isotópicos

menos negativos, es decir más positivos en organismos grandes, pueden ser el reflejo de que se estén alimentando en zonas cercanas a la costa o con mayor productividad, donde es mayor la presencia de presas como peces y algunos crustáceos pelágicos, los cuales representan marcas isotópicas relativamente bajas (valores de $\delta^{13}\text{C}$ más negativos), ya que regularmente estas presas suelen alimentarse de fuentes primarias, con niveles tróficos aún más bajos (productores primarios). A su vez, estas variaciones en los valores isotópicos pudieran representar las constantes migraciones que realiza el organismo con fines alimenticios o reproductivos.

Comparación isotópica por sexo

A la fecha no se han reportado estudios comparativos referentes a las variaciones isotópicas entre sexos del pez espada. Así bien, al comparar los valores de $\delta^{15}\text{N}$ entre hembras y machos en el presente trabajo se observó que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ tanto en hembras como en machos fueron similares, por lo que ambos sexos se alimentan de presas con el mismo nivel trófico, lo cual se corroboró en el análisis de contenido estomacal. En contraste los valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre hembras y machos fueron diferentes, observándose que las hembras realizaron mayores migraciones horizontales (Océano-costa) posiblemente en busca de alimento que le proporcione mayor contenido energético o para llevar a cabo algún otro de sus procesos fisiológicos como la reproducción (Mejuto *et al.*, 2012). De manera contraria se reflejó que la mayor parte de los machos se alimentaron más en zonas oceánicas (Fig. 17).

Nivel Trófico para isótopos estables $\delta^{15}\text{N}$

A la fecha no ha sido reportado un valor de nivel trófico para el pez espada a través del uso de isótopos estables, sin embargo *X. gladius* es considerado como uno de los principales depredadores que, comparte la cima de la cadena alimentaria con otros peces pelágicos como tiburones, atunes y marlines (Young

et al., 2006). En este sentido Ménard *et al.* (2007) infieren que la variación en los valores de nitrógeno que presentan cada uno de los organismo (*X. gladius* y *T. albacares*) son el reflejo de las diferentes estrategias de alimentación que desarrolla cada individuo.

El nivel trófico obtenido para el pez espada a partir de la razón isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ (NT= 4.5) nos indicó que es un organismo carnívoro con preferencias alimenticias hacia grandes decápodos, cefalópodos y peces, esto de acuerdo a lo establecido por Christensen & Pauly (1992). Este valor (NT= 4.5) fue ligeramente mayor al observado para el contenido estomacal (NT= 3.9). Como se mencionó anteriormente esta variación puede ser atribuida a las constantes migraciones que realiza el organismo pudiendo haberse alimentado de cefalópodos más grandes que se traduciría en un enriquecimiento isotópico mayor con el consecuente nivel trófico superior, esto de acuerdo con lo que establecido por Pauly *et al.* (1998) quienes describen que el nivel trófico en los calamares depende de su desarrollo ontogénico en las diferentes etapas de vida (calamares con longitudes de manto (LM) >50cm NT=3.2; <50cm (LM) NT= 3.7).

Modelo de mezclas Bayesiano (SIAR)

A partir del modelo de mezcla del paquete SIAR, se logró observar las contribuciones de algunas fuentes (presas) al músculo del pez espada, corroborándose la fuerte influencia por parte del grupo de los cefalópodos a la firma isotópica que presentó el depredador. Lo cual coincide con lo observado por el método tradicional. Para fines comparativos, a la fecha no se han reportado estudios sobre las posibles contribuciones de las presas hacia el pez espada.

VII. CONCLUSIONES

-  Los resultados de isótopos en $\delta^{13}\text{C}$ confirman las amplias migraciones horizontales (Océano-costa) que realiza *X. gladius* en busca de su alimento, sin embargo se observó que en promedio tienden a alimentarse preferentemente de presas más oceánicas. En tanto que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ al no presentar diferencias significativas, nos indican que se están alimentando de los mismos grupos de presas, lo cual fue corroborado a través del método tradicional donde se observó que el pez espada es un organismo teutófago, con marcada preferencia hacia el calamar *D. gigas*.

-  La amplitud del nicho trófico para el pez espada, nos indicó que es un depredador especialista debido al mayor consumo de algunas presas, como lo fueron los cefalópodos, en particular el calamar *D. gigas*. Así mismo, presentaron un traslapamiento trófico de medio (sexo: $C\lambda = 0.51$) a alto (talla: $C\lambda = 0.90$ y años: $C\lambda = 0.85$), lo que indica que se alimenta de las mismas especies presas.

-  El nivel trófico del pez espada demostró que forma parte de los depredadores terciarios, con valores correspondientes al nivel trófico más alto, esto observado tanto por el método tradicional ($\text{NT} = 3.9$) como por el método de isótopos estables ($\delta^{15}\text{N} = 4.0$).

-  No se observaron diferencias del espectro trófico de *X. gladius* por efectos de la temperatura superficial del mar (TSM), dado que las presas con mayor importancia en la dieta (cefalópodos y peces) estuvieron presentes a lo largo de todos los gradientes de temperatura registrados para este estudio ($19^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}$).

VIII. RECOMENDACIONES

- Se requieren más estudios enfocados a la biología, ecología y pesquerías de este recurso en la región que sirvan de herramienta para llevar a cabo un mejor manejo del recurso.
- Realizar análisis de ácidos grasos para observar las posibles relaciones entre el pez espada y su dieta asimilada, ampliando de esta manera el marco teórico en la ecología trófica de este organismo.
- Se recomienda ampliar los intervalos de tallas, particularmente tallas más pequeñas para observar con mayor contundencia la variación ontogénica en su alimentación.
- Realizar extracción de lípidos (por un método químico) a las muestras en el análisis de isótopos estables para observar si existen variabilidad en los valores con respecto al método numérico de normalización de lípidos.

IX. LITERATURA CITADA

- Allen, G.R. & D.R. Robertson. 1994. Peces del Pacifico Oriental Tropical. Conabio, Agrupación Sierra Madre y Cemex. México. 327p.
- Alvarado-Bremer, J.R., J. Mejuto, J. Gómez-Márquez, F. Boan, P. Carpintero, J.M. Rodríguez, T.W. Creig & B. Ely. 1999. Hierarchical analysis of swordfish mitochondrial DNA substructure within the Atlantic Ocean. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 49(1): 457-466.
- Amundsen, P.A., H.M. Gabler & F.J. Staldvik. 1995. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello (1990) method. *J. Fish. Biol.*, 48: 607-614.
- Arocha, F. & D.W. Lee. 1993. Preliminary observations on sex ratio and maturity stages of the swordfish (*Xiphias gladius*), in the northwest Atlantic. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 40(1): 425-432.
- Barbieri, M.A., C. Canales, V. Correa, M. Donoso, A. González, B. Leiva, A. Montiel & E. Yañez. 1998. Development and present state of the swordfish, *Xiphias gladius*, fishery in Chile. *Nat. Mar. Fish. Serv., NOAA Tech. Rep. NMFS*, 142: 77-88.
- Barreto, M.A., L.A. Marcano, J.J. Alio, X. Gutiérrez & A. Zerpa. 1996. Alimentación del pez espada (*Xiphias gladius*), en el área del Caribe Venezolano. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 45(2): 337-342.
- Beardsley, J.L. 1978. Report of the swordfish workshop held at the Miami laboratory southeast fisheries center, National Marine Fisheries Service Miami Florida. June 7-9. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 7(1): 149-158.
- Bello, G. 1991. Role of cephalopods in the diet of swordfish (*Xiphias gladius*), from the eastern Mediterranean Sea. *Bull. Mar. Sci.*, 46(1-2): 312-324.
- Beverton, R. & S.J. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations, Chapman & Hall, *Fish Fisheries*. Series 11.
- Castillo, N.B., L.A.A. Cárdenas & F.G. Magaña. (2000). Espectro alimentario de la berrugata californiana *Menticirrhus undulatus* de laguna ojo de liebre, Baja California Sur, México. *Cien. Mar*, 26(4): 659-675.

- Boyce, D.G., D.P. Tittensor & Worm B. 2008. Effects of temperature on global patterns of tuna and billfish richness. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 355: 267–276.
- Brusca, R. 1980. Common intertidal invertebrates of the Gulf of California. Univ. Arizona Press. Tucson Arizona. 153 pp.
- Cailliet, C.M., M.S. Love & A.W. Ebeling. 1986. Fishes a field and laboratory manual on their structure, Identification and natural history. *Waveland press, Inc.* U.S.A. 194 pp.
- Carey, F.G. & B.H. Robison. 1981. Daily patterns in the activities of swordfish, (*Xiphias gladius*) observed by acoustic telemetry. *Bull. Fish. U.S.A.*, 79: 277-292.
- Carey, F.G. 1990. Further acoustic telemetry observations of swordfish. En:Part 2: 103-122. Proceedings of the Second International billfish Symposium. Kailua-Kona, Hawaii.
- Carruthers, E.H., D.J. Neilson & C.S. Sean. 2011. Overlooked bycatch mitigation opportunities in pelagic longline fisheries: Soak time and temperature effects on swordfish (*Xiphias gladius*) and blue shark (*Prionace glauca*) catch. *Fish. Res.*, 108: 112–120.
- Castillo, K., C.M. Ibáñez, C. González & J. Chong. 2007. Dieta del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758), en distintas zonas de pesca frente a Chile central durante otoño del 2004. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 42(2): 149-156.
- Castro, R., A.S. Mascarenhas, R. Durazo, & C.A. Collins. 2000. Variación estacional de la temperatura y salinidad en la entrada del Golfo de California, México. *Cienc. Mar.*, 26: 561-583.
- Chancollon, O., C. Pusineri & V Ridoux. 2006. Food and feeding ecology of Northeast Atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay. *ICES J. Ma. Sci.*, 63: 1075-1085.
- Chong, J. 1992. Determinación de edad y estimación de crecimiento en albacora (*Xiphias gladius*). *Inf. Tec. U. Cat. Ssma. C.* 33 pp.
- Chong, J. & M. Aguayo. 2009. Age and growth of swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) in the southeastern Pacific (December 1994-September 1996). *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37(1): 1-15.

- Chow, S., H. Okamoto, Y. Uozumi, Y. Takeuchi, & H. Takeyama. 1997. Genetic stock structure of the swordfish (*Xiphias gladius*) inferred by PCR-RFLP analysis of the mitochondrial DNA control region. *Mar. Biol.*, 127: 359–367.
- Christensen, V. & D. Pauly. 1992. ECOPATH II—A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecol. Model.*, 61:169–185.
- Clarke, M.R., D.C. Clarke, H.R. Martins & H.M. Silva. 1995. The diet of swordfish (*Xiphias gladius*) in Azorean waters. Arquipelago. *Life Sci. Mar.*, 13: 53-69.
- Clarke, K.R., R.M. Warwick. 2001. Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edn. PRIMER-E
- Costello, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *J. Fish Biol.*, 36: 261-263.
- Cury, P., L.J. Shannon & J. Shin. 2003. The functioning of marine ecosystems: a fisheries perspective. In: Sinclair M, Valdimarsson G (eds) *Responsible Fish. Mar. Eco.* FAO & CABI publishing, Rome, Wallingford. UK. 103–123pp.
- Daniel, W.W. 1997. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. LIMUSA UTEHA Noriega Edit. 3 era edición. México, D.F. 878 pp.
- 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.
- De La Serna, J.M., E. Alot & M.D. Godoy. 1993. Análisis preliminar del sex-ratio por clase de talla del pez espada (*Xiphias gladius*) capturado con palangre de superficie en el Mediterráneo occidental. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 40(1): 141-148.
- De Martini, E.E., J.H. Uchiyama, & H.A. Williams. 2000. Sexual maturity, sex ratio, and size composition of swordfish, *Xiphias gladius*, caught by the Hawaii based pelagic longline fishery. *Fish. Bull.*, 98: 489–506.
- DeNiro, M.J. & S. Epstein. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim. Cosmochim. Acta.*, 42: 495-506

- FAO. 1985-93. Anuarios estadísticos de pesca: capturas y desembarques. Fishery Information, Data and Statistics Service, Fisheries Department. FAO. Rome. Italy.
- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. Pacífico Centro-Oriental. Roma FAO. Vol. I, II, III. 1813 pp.
- Frimodt, C. 1995. Multilingual illustrated guide to the world's commercial warm water fish. *Fish. News. Books*. 215 pp.
- Froese, R. & D. Pauly. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (11/2014).
- Fry, B. & E.B. Sherr. 1984. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Cont. Mar. Sci.*, 27: 13–47.
- Garth, J.S. & W. Stephenson. 1966. Brachyura of the Pacific coast of America, Brachyrhyncha: Portunidae. Allan Hancock Monogr. *Mar. Biol.*, 1: 154.
- Gaxiola-Castro, G & R. Durazo. 2008. Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California Sur 1997-2007. *Cienc. Mar.*, 34: 263–270.
- Gómez, J., & H.S. Vélez-Muñoz. 1982. Variación estacional de temperatura y salinidad en regiones costeras de la Corriente de California, *Cienc. Mar.*, 8: 167–176.
- Gorni, G.R., S. Loibel, R. Goitein, & A.F. Amorim. 2012. Stomach contents analysis of swordfish (*Xiphias gladius*) caught off southern Brazil: a bayesian analysis. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 68(4): 1594-1600.
- 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. *Fish. Bull. U.S.A.*, 93(2): 403-411.
- Hoey, J. 1991. Sex ratio for western north Atlantic swordfish. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 35(2): 429-436.
- Holts, D. & Sosa-Nishizaki. 1989. Swordfish (*Xiphias gladius*) Fisheries of the Eastern North Pacific Ocean. NOAA. *Tech. Rep. NMFS.*, 142: 65-77p
- Hurlbert, S.H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *J. Ecol.*, 59(1): 67-77.

- Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17: 411-429.
- Ibáñez, 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.
- ICCAT. 2012. Manual de ICCAT. Comisión internacional para la conservación del atún Atlántico. En: Publicaciones ICCAT [en línea]. Actualizado 2014. <http://www.iccat.int/es/ICCATManual.htm>.
- Ichii, T., K. Mahapatra, T. Watanabe, A. Yatsu, D. Inagake, & Y. Okada. 2002. Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. *Mar. Ecol. Prog. Series*, 231: 151–166.
- Inter-America Tropical Tuna Commission (IATTC). 2008. Fishery status report. Informe de la situación de la pesquería en atunes y peces picudos en el Océano Pacífico Oriental en 2007. 100-103pp.
- IGFA, 2001. Base de datos de los registros de pesca deportiva IGFA hasta 2001. IGFA, Fort Lauderdale, EE.UU. (<http://www.igfa.org>).
- Joseph, J., W.H. Bayliff & M.G. Hinton. 1994. A review of information on the biology, fisheries, marketing and utilization, fishing regulations, and stock assessment of swordfish, *Xiphias gladius*, in the Pacific Ocean. ICCAT.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Rev. Ibér. Aracn.*, 8(31): 151-161p.
- Kahru, M., 2010. Windows Image Manager (WIM). Image Display and analysis program for Microsoft Windows Software. (<http://www.wimsoft.com>)
- Krebs, C.J. 1999. Ecological methodology. Second edition. Menlo Park California. Addison Wesley Longman. 620pp.
- Latelier, S., R. Meléndez, E. Carreño, S. López & P. Barría 2009. Alimentación de y relaciones tróficas del pez espada (*Xiphias gladius* Linnaeus, 1758) frente a Chile centro-norte, durante el 2005. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 37 (1): 107-119.

- Lajtha, K. & R. Michener. 1994. Stable isotopes in Ecology and Environmental Science. *Black. Scie. Pub.*, London.
- Logan, J. M., R. Toppin, S. Smith, B. Galuardi, J. Porter, & M. Lutcavage. (2013). Contribution of cephalopod prey to the diet of large pelagic fish predators in the central North Atlantic Ocean. *Deep-Sea. Res. Part II*. 95: 74-82.
- Lynn R.J. & J.J. Simpson. 1987. The California Current system: the seasonal variability of its physical characteristics. *J. Geophys. Res.* 92: 12947–12966.
- Margalef, R. 1969. Perspective ecological theory. Chicago *Univ. Press*. 111p.
- Markaida, U. & O. Sosa-Nishizaki. 1998. Food and feeding habits of swordfish, (*Xiphias gladius* L.) off western Baja California. En: Barret, I. Sosa-Nishizaki, O., Bartoo, N. (Eds.), Biology and Fisheries of Swordfish, *Xiphias gladius*. Papers from the International Symposium on Pacific Swordfish, Ensenada, Mexico, December 11–14, 1994. US Dep. Commer., NOAA *Tech. Rep.* NMFS., 142–276.
- Markaida, U.&F.G. Hochberg. 2005. Cephalopods in the diet of swordfish (*Xiphias gladius*) caught off the west coast of Baja California Pacific. *Sci.*, 25–41.
- 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. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.*, 55: 1679-1718.
- McConnaughey, T.A. & C.P. McRoy. 1979. Food-web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Mar. Biol.*, 53:257-262.
- McKinney, C.R., J.M. McCrea, S. Epstein, H.A. Allen & H.C. Urey. 1950, Improvements in mass spectrometers for the measurement of small differences in isotope abundance ratios: *Rev. Sci. Ins.*, 21: 724-730.
- McPhaden, M.J. 1993. TOGA-TAO and the 1991–93 El Niño-Southern oscillation event. *Oceanography*, 6(2): 36-44.
- Mejuto, G. 2007. Aspectos biológicos y pesqueros del pez espada (*Xiphias gladius* Linneaus, 1758) del Océano Atlántico, con especial referencia a las áreas de actividad de la flota Española. Tesis de Doctorado USC, Galicia, España, Facultad de Biología. 224p.

- Mejuto, J., B. García & A.M. Ramos. 2012. Sinopsis sobre la Biología y el comportamiento del pez espada (*Xiphias gladius*). (www.co.leo.es/tunidos/esp/FLOTAesp/SWO.pdf)
- Ménard, F., Lorrain, A. Potier & F. Marsac. 2007. Isotopic evidence of distinct feeding ecologies and movement patterns in two migratory predators (yellowfin tuna and swordfish) of the western Indian Ocean. *Mar Biol.*, 153:141–152.
- Miller, J.D. & N.R. Lea. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. *Fish. Bull.*, 157: 249.
- Minagawa, M. & E. Wada. 1984. Stepwise enrichment of ^{15}N along food chains: further evidence and the relation between $\delta^{15}\text{N}$ and animal age. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 48:1135–1140.
- Monod T. 1968. Le complexe urophore des poissons téléostéens, *Memories de Linnstitute Fundamental D' Afrique Noire.*, 81: 705.
- Moore, J. & B. Semmens. 2008. Incorporating uncertainty and prior information into stable isotope mixing models. *Ecol. Lett.*, 11: 470-480.
- Nakamura, I. 1985. FAO Species catalogue. Vol. 5: Billfishes of the world. FAO Fisheries Synopsis, 125(5): 65.
- Nesis, K.N. 1983. *Dosidicus gigas*. En: Boyle PR (ed.), *Cephalopod Life Cycles*. Vol. 1. Species Accounts. *Academic. Press*. London. 475pp.
- Kessler, W.S. 2006. The circulation of the eastern tropical Pacific: *Rev. Prog. Oce.*, 69: 181–217.
- Nigmatullin, C.H.M., KN Nesis, & A.L Arkhipkin. 2001. Biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fish. Res.*, 54: 9–19.
- Nikolsky, G.V. 1963. *The Ecology of fishes*. *Academic. press*. 352pp.
- Ochoa-Díaz R. 2009. Espectro trófico del tiburón martillo (*Sphyrna zigaena*) en Baja California Sur: Aplicación de $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{12}\text{C}$. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas-IPN. La Paz, Baja California Sur.
- Ovchinnikov, V.V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean. Ecology and functional morphology. *Nauch-Issled. Inst. Ryb. Kohz. Okeanogr.* Kaliningrad. 106pp.

- Palko, B.J., G.L. Beardsley & W.J. Richards. 1981. Synopsis of the biology of Swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. FAO Fisheries Synopsis. N° 127.
- Parés-Sierra, A., M. López & E.G. Pavía. 1997. Oceanografía física del Océano Pacífico Nororiental. En: Lavín MF (ed.), Contribuciones a la Oceanografía Física en México. U.G.M. 1–24p.
- Parnell, A., Inger, R., Bearhop, S. y A.L. Jackson. 2010. Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. PloSONE (doi:10.1371/journal.pone.0009672.g001), 5(3): 1-5.
- Pauly, D., A. W. Trites, E. Capuli & V. Christensen. 1998. Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES J. Mar. Sci.* 55: 467-481
- Pauly, D., V. Christensen & C. Walters. 2000. Ecopath, Ecosim, and Ecospace as tools for evaluating ecosystem impact of fisheries. *ICES.J. Mar. Sci.*, 57: 697–706.
- Pauly, D. & M.L. Palomares. 2000. Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon. En: Briand, F. (ed.), Fishing Down the Mediterranean Food Webs. Vol. 12. CIESM. Workshop Series. 61–66pp
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: Models methods, and assumptions. *Ecol.*, 83: 703–718.
- Post, D.M., C.A. Layman, D.A. Arrington, G. Takimoto, J. Quattrochi & C.G. Montaña. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Oecol.*, 152(1): 179-89.
- Potier, M., F. Marsac, C. Yves. L. Vincent. R. Sabatie. O. Maury & F. Ménard. 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna) in the western equatorial Indian Ocean. *Fish. Res.*, 83: 60–72.
- R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>).

- Reid, J.L., G.L. Roden & J.G. Wyllie. 1958. Studies of the California Current system. *Progress Report*. CalCOFI. 1 July 1956 – 1 January 1958, La Jolla, Ca., 28–56.
- Ricklefs, R. 1979. Ecology. Chiron Press, University of Pennsylvania, New York. 966pp.
- Rodhouse, P.G., C.D. Elvidge & P.N. Trathan. 2001. Remote sensing of the global light-fishing fleet: an analysis of interactions with oceanography, other fisheries and predators. *Adv. Mar. Biol.* 39: 261–303
- Rosenblatt, R.H. & J.L. Butler. 1977. The ribbonfish genus *Desmodena*, with the description of a new species (Pisces, Trachipteridae). *Fish. Bull.*, 75(4): 843-855.
- Ruiz-Castro, R.I. (2002). Relación trófica entre el cachalote (*Physeter Macrocephalus*) y el calamar gigante (*Dosidicus Gigas*) en el golfo de California mediante el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Tesis Doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur.
- Ruiz-Cooley, R.I., E.C. Villa y W.R. Gould. 2010. Ontogenic variation of $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ recorded in the gladius of the jumbo squid *Dosidicus gigas*: geographic differences. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 399: 187-198.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2012. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto del 2012. México. Segunda sección. 71-72.pp
- Sedberry, G. & J. Loefer. 2001. Satellite telemetry tracking of swordfish, *Xiphias gladius*, off the eastern United States. *Mar. Biol.* Vol., 138: 355-360.
- Seki, M.P., J.J. Polovina, & D.R. Kobayashi. 2002. An oceanographic characterization of swordfish (*Xiphias gladius*) longline fishing grounds in the springtime subtropical north Pacific. *Fish. Oceanogr.*, 11(5): 251-266.
- Sheldon, R.W., W.H. Sutcliffe, & M.A. Paranjape. 1977. Structure of pelagic food chain and relationship between plankton and fish production. *J. Fish. Res. Board. Can.*, 34: 2344–2353.

- Smith, P.E. & M. T. Zaret. 1982. Bias in estimating niche overlap. *Ecol.*, 1248-1253.
- Stevens, J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy & P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 476-494.
- Stillwell, C.E. & N.E. Kohler. 1982. Food, feeding habits and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. *J. Fish. Aquat. Sci. Can.*, 39: 407–414.
- Stillwell, C.E. & 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. Vol.*, 22: 239-247
- Strub, P.T. & C. James. 2002. The 1997–1998 oceanic El Niño signal along the southeast and northeast Pacific boundaries an altimetric view. *Prog. Oce.*, 54: 439–458.
- Sun, C.L., S.P. Wang & S.Z. Yeh. 2002. Age and growth of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters around Taiwan determined from anal-fin rays. *Fish. Bull.*, 100: 822-835.
- Taípe, A., C. Yamashiro, L. Mariátegui, P. Rojas & C. Roque. 2001. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fish. Res.*, 54: 21– 32.
- Thomson, D.A., L.T. Findley & A.N. Kerstitch. 1979. Reef fishes of the Sea of Cortez. John Wiley and Sons. New York. 302pp.
- Thomson, D. A., L. T. Findley, & A. N. Kerstitch. 2000. Reef fishes of the sea of Cortez. The rocky-shore fishes of the gulf of California. The University Of Texas, New York, 353pp.
- Tibbo, S.N., L.R. Day & W.F. Doucet. 1961. The swordfish (*Xiphias gladius*), its life-history and economic importance in the northwest Atlantic. *Bull. Fish. Res. Board Canada*, 130: 47.
- Tieszen, L L., T.W. Boutton, K.G. Tesdahl & N.A. Slade. 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. *Oecologia*. 57: 32– 37.

- Torres-Rojas Y.E., A. Hernández-Herrera, S. Ortega-García & M.F. Soto-Jiménez. 2013. Stable isotope differences between blue marlin (*Makaira nigricans*) and striped marlin (*Kajikia audax*) in the southern gulf of California. Mexico. *Bull. Mar. Sci.* 143: 528–542.
- Tripp-Valdez, A., F. Galván-Magaña & S. Ortega-García. 2014. Feeding habits of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the southeastern Gulf of California, Mexico. *J. Appl. Ichthyol.*, 26: 578–582.
- Tserpes, G.P., M. Peristeraki & S. Somarakis. 2001. The reproduction of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the Eastern Mediterranean. *Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT.*, 52: 740–744.
- Tyler, J.C., D. Johnson, I. Nakamura & B.B. Collette. 1989. Morphology of *Luvarus imperialis* (Luvaridae) with a phylogenetic analysis of the Acanthuroidei (Pisces). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 485: 1-78.
- Vander-Zanden, M.J., G. Cabana & J. B. Rasmussen. 1997. Comparing the trophic position of littoral fish estimated using stable nitrogen isotopes ($\delta^{15}\text{N}$) and dietary data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 1142–1158.
- Vedel-Taning, A. 1955. On the breeding areas of the swordfish (*Xiphias gladius*). *Pap mar. boil. Oce.* Vol. 3., 438-450.
- Velasco-Tarelo, 2005. Hábitos alimenticios e isótopos de ^{13}C y ^{15}N del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur.
- Wolff, C. A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. National oceanic and Atmospheric Administration. *Nat. Mar. fish. Serv.* Technical Report, 17,50 pp
- Wootton, R.J. 1990. Ecology of teleost fishes. London: Chapman and Hall. 404p.
- Xavier, J.C. & Cherel, Y. 2009. Cephalopod beak guide for the southern ocean. British Antarctic Survey, Cambridge, UK. 129pp.
- Xinjun, C., Bilin, L., Siquan, T., Weiguo, Q., & Xiaohu, Z. 2007. Fishery biology of purpleback squid, *Sthenoteuthis oualaniensis*, in the northwest Indian Ocean. *Fish. Res.*, 83(1): 98-104.

- Yabe, H., S. Ueyanagi, S. Kikawa, & H. Watanabe. 1959. Study on the life-history of the swordfish, *Xiphias gladius* Linnaeus. *Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab.*, 10: 107–150
- Yamashiro, C., L. Mariátegui, J. Rubio, J. Arguelles, R. Tafur, A. Taipe & M. Rabí. 1998. Jumbo flying squid fishery in Peru. In: Okutani, T. (Ed.), Large Pelagic Squids. *Mar. Fish. Res. Tokyo.*, 119–125.
- Young, J., M. Lansdell, S. Riddoch & A. Revill. 2006. Feeding ecology of broadbill swordfish (*Xiphias gladius*) off eastern Australia in relation to physical and environmental variables. *Bull. Mar. Sci.* Vol., 79 (3): 793-80.

IX. ANEXO

Tabla 4. Espectro trófico del pez espada (*Xiphias gladius*) durante el año 2011 en la Costa de Baja California Sur. A través del Método Numérico (%N), Gravimétrico (%P), Frecuencia de Aparición (%FA), e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

2011	N	%N	FA	%FA	P	%P	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Cephalopoda								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	2	1.27	2	5.41	1.1	0.01	0.03	0.00
<i>Dosidicus gigas</i>	124	78.98	29	78.38	13118	60.48	9517	96.03
Restos de cefalópodos	3	1.91	2	5.41	687	3.17	23.17	0.23
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	6	3.82	3	8.11	5788	26.69	318.35	3.21
MONI	0	0.00	0	0.00	9	0.04	0.00	0.00
OSTEICHTHYES								
Clupeidae								
<i>Auxis</i> spp	2	1.27	2	5.41	382.4	1.76	11.78	0.12
<i>Caranx caballus</i>	2	1.27	1	2.70	60	0.28	1.10	0.01
<i>Coryphaena hippurus</i>	1	0.64	1	2.70	768	3.54	11.83	0.12
<i>Cubiceps paradoxus</i>	6	3.82	6	16.22	42	0.19	3.88	0.04
<i>Desmodema</i> spp.	1	0.64	1	2.70	456	2.10	7.02	0.07
<i>Luvarus imperialis</i>	1	0.64	1	2.70	162	0.75	2.49	0.03
<i>Peprilus</i> spp.	1	0.64	1	2.70	4	0.02	0.06	0.00
Restos de pez	5	3.18	5	13.51	113	0.52	8.70	0.09
<i>Scomber japonicus</i>	3	1.91	3	8.11	99.7	0.46	4.61	0.05
Total	157	100	37	-	21690	100	9909.8	100.

Tabla 5. Espectro trófico del pez espada (*Xiphias gladius*) durante el año 2012 en la costa occidental de Baja California Sur. A través del Método Numérico (%N), Gravimétrico (%P), Frecuencia de Aparición (%FA), e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

2012	N	%N	FA	%FA	P	%P	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Cephalopoda								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	33	13.5	6	28.6	47.5	0.2	9.4	0.1
<i>Argonauta</i> spp.	1	0.4	1	4.8	0	0.0	0.0	0.0
<i>Dosidicus gigas</i>	120	49.0	14	66.7	19875	93.1	10771.3	97.9
<i>Gonatus</i> spp.	3	1.2	3	14.3	5.8	0.0	0.4	0.0
<i>Histioteuthis dofleini</i>	1	0.4	1	4.8	0	0.0	0.0	0.0
<i>Mastigoteuthis</i>	2	0.8	2	9.5	0.1	0.0	0.0	0.0

dentata								
<i>Onychoteuthis banksii</i>	1	0.4	1	4.8	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	5	2.0	3	14.3	0.3	0.0	0.0	0.0
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	2	0.8	2	9.5	0.6	0.0	0.0	0.0
<i>Vampiroteuthis infernalis</i>	1	0.4	1	4.8	0.5	0.0	0.0	0.0
OSTEICHTHYES								
Clupeidae								
Huevos de peces	0	0.0	0	0.0	10	0.0	0.0	0.0
Restos de pez	2	0.8	2	9.5	92.3	0.4	4.5	0.0
<i>Scomber japonicus</i>	9	3.7	7	33.3	1001	4.7	173.6	1.6
<i>Cubiceps paradoxus</i>	2	0.8	1	4.8	72	0.3	1.9	0.0
ARTHROPODA								
Crustacea								
<i>Panaeus</i> spp.	3	1.2	1	4.8	0.8	0.0	0.0	0.0
<i>Pleuroncodes planipes</i>	60	24.5	4	19.0	147.7	0.7	30.1	0.3
MONI	0	0.0	5	23.8	85	0.4	9.5	0.1
Total	245	100	21	-	21339	100	11001	100

Tabla 6. Espectro trófico del pez espada (*Xiphias gladius*) durante el año 2013 en la costa occidental de Baja California Sur. A través del Método Numérico (%N), Gravimétrico (%P), Frecuencia de Aparición (%FA), e Índice de Importancia Relativa (%IIR).

2013	N	%N	FA	%FA	P	%P	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Cephalopoda								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	21	2.7	12	11.9	78.6	0.2	2.3	0.0
<i>Argonauta</i> spp.	70	8.9	32	31.7	19.9	0.0	1.7	0.0
<i>Dosidicus gigas</i>	482	61.2	87	86.1	35723.9	73.3	10794.7	98.6
<i>Gonatus</i> spp.	74	9.4	28	27.7	36.6	0.1	2.8	0.0
<i>Histioteuthis dofleini</i>	5	0.6	4	4.0	0	0.0	0.0	0.0
<i>Japetella diaphana</i>	2	0.3	2	2.0	0	0.0	0.0	0.0
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	11	1.4	8	7.9	0	0.0	0.0	0.0
<i>Onychoteuthis banksii</i>	2	0.3	1	1.0	45.3	0.1	0.1	0.0
Restos de cefalópodos	3	0.4	5	5.0	5237.6	10.7	57.3	0.5
<i>Sthenoteuthis oulaniensis</i>	10	1.3	1	1.0	0	0.0	0.0	0.0

<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	13	1.6	8	7.9	1464.7	3.0	28.8	0.3
<i>Vampiroteuthis infernalis</i>	5	0.6	3	3.0	0.7	0.0	0.0	0.0
<i>Vitreledonella richardi</i>	1	0.1	1	1.0	0	0.0	0.0	0.0
<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	3	0.4	1	1.0	0	0.0	0.0	0.0
<i>Gonatus berryi</i>	2	0.3	1	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0
OSTEICHTHYES								
Clupeidae								
<i>Auxis spp.</i>	3	0.4	3	3.0	857	1.8	5.9	0.1
<i>Caranx caballus</i>	17	2.2	2	2.0	41.1	0.1	0.3	0.0
<i>Caranx caninus</i>	1	0.1	1	1.0	198	0.4	0.5	0.0
<i>Cubiceps paradoxus</i>	9	1.1	5	5.0	148.1	0.3	1.9	0.0
<i>Decapterus macarellus</i>	4	0.5	2	2.0	108.5	0.2	0.6	0.0
<i>Gempylus</i>	2	0.3	2	2.0	49.5	0.1	0.2	0.0
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1	0.1	1	1.0	39	0.1	0.1	0.0
<i>Luvarus imperialis</i>	1	0.1	1	1.0	2485	5.1	5.7	0.1
<i>Naucrates ductor</i>	15	1.9	2	2.0	746	1.5	5.9	0.1
Restos de pez	0	0.0	0	0.0	35.8	0.1	0.0	0.0
<i>Scomber japonicus</i>	16	2.0	11	10.9	1408	2.9	37.3	0.3
ARTHROPODA								
Crustacea								
Crustacea	1	0.1	1	1.0	0.8	0.0	0.0	0.0
<i>Pleuoncodes planipes</i>	14	1.8	2	2.0	24.6	0.1	0.2	0.0
Total	788	100	101	-	48750	100	10946	100

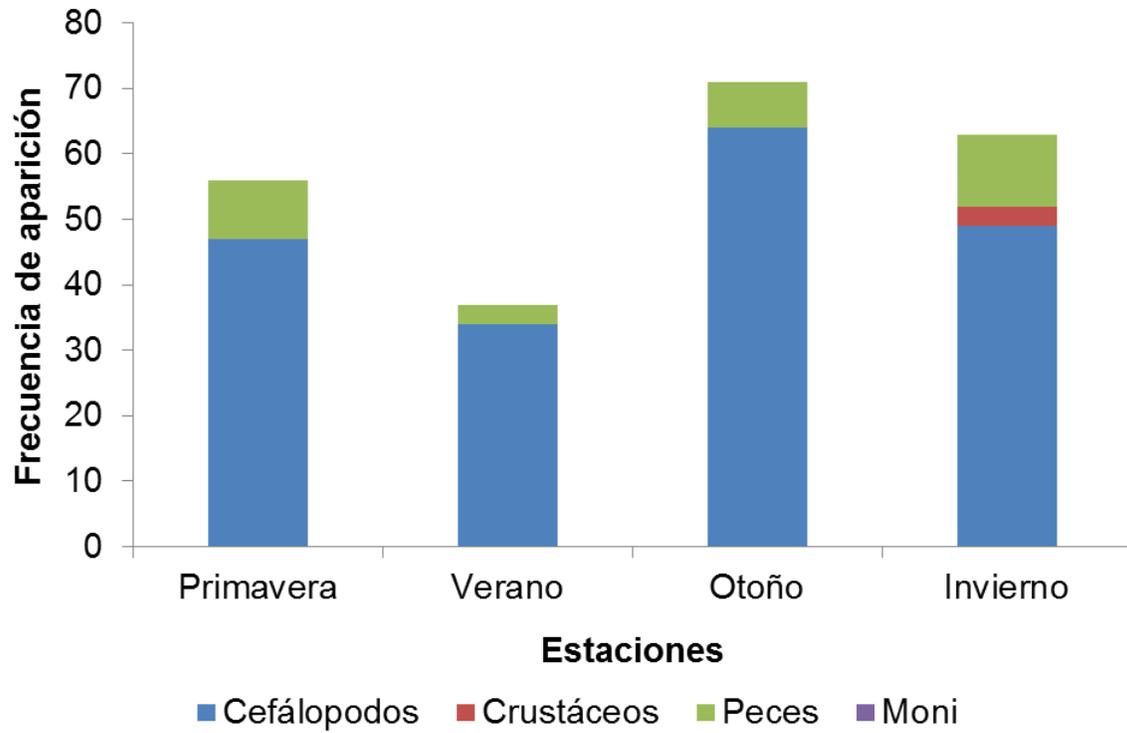
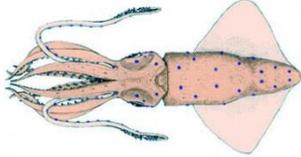
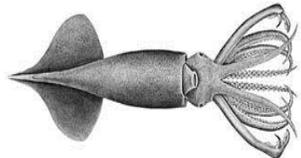
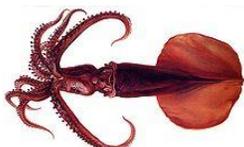
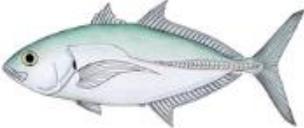


Figura 23. Variación estacional en la frecuencia de aparición de los diferentes ítems presa del pez espada en el año 2013.

Tabla 11. Taxonomía de especies presas principales de *Xiphias gladius* en la costa occidental de Baja California Sur.

Reino: Animalia Filo: Mollusca (Linnaeus, 1758) Clase: Cephalopoda (Cuvier, 1797)	
<p>Orden: Teuthida (A. Noef, 1916) Suborden: Oegopsina (Orbigny, 1845) Familia: Ancistrocheiridae (Pfeffer, 1912) Género: Ancistrocheirus (Gray, 1849) Especie: A. lesueurii (D'Orbigni, 1842)</p>	
<p>Familia: Gonatidae (Hoyle, 1886) Género: Gonatus (Gray, 1849) Especie: G. berryi (Noef, 1923)</p>	
<p>Familia: Mastigoteuthidae (Verrilli, 1881) Género: Mastigoteuthis (Verrilli, 1881) Especie: M. dentata (Hoyle, 1904)</p>	
<p>Familia: Ommastrephidae (Steenstrup, 1857) Género: Dosidicus (Steenstrup, 1857) Especie: D. gigas(Orbigny, 1835)</p>	
<p>Familia: Thysanoteuthidae (Keferstein, 1866) Género: Thysanoteuthis (Troschel, 1957) Especie: T. rhombus(Troschel, 1957)</p>	
<p>Familia: Ommastrephidae (Steenstrup, 1857) Género: Sthenoteuthis (Lesson ,1830) Especie: S. oualaniensis (Lesson ,1830)</p>	
<p>Superorden: Octopodiformes (Young <i>et al.</i>, 1998) Orden: Octopoda (Leach 1818) Familia: Argonautidae (Tryon 1879) Género: Argonauta (Linnaeus 1758)</p>	

Continuación: Tabla 11...

Reino: Animalia Filo: Chordata (Bateson, 1885) Clase: Actinopterygii (Klein, 1885)	
Orden: Perciformes (Bleeker, 1859) Familia: Scombridae (Evermann & Clark , 1930) Género: <i>Scomber</i> (Linnaeus, 1758) Especie: <i>S. japonicus</i> (Linnaeus, 1758)	
Familia: Nomeidae (Günther, 1860) Género: <i>Cubiceps</i> (Lowe, 1843) Especie: <i>C. paradoxus</i> (Butler, 1979)	
Familia: Scombridae (Evermann & Clark , 1930) Género: <i>Auxis</i> Especie: <i>A. spp</i>	
Familia: Carangidae (Rafinesque, 1815) Género: <i>Caranx</i> (Lacépède, 1801) Especie: <i>C. caballus</i> (Günther, 1868))	
Reino: Animalia Filo: Arthropoda (von Siebold, 1848) Clase: Malacostraca (Latreille, 1802)	
Orden: Decapoda (Latreille, 1802) Familia: Munididae Género: <i>Pleuroncodes</i> (Stimpson, 1860) Especie: <i>P. planipes</i> (Stimpson, 1860)	