INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

CICIMAR-IPN

ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) EN BAJA CALIFORNIA SUR: APLICACIÓN DE $\delta^{13}C$ Y $\delta^{15}N$

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS

PRESENTA

Biól. Ma. Ruth Ochoa Díaz

LA PAZ, B. C. S., MÉXICO, JUNIO 2009.

SIP-14

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA 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 **8** del mes de **Junio** del **2009** 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 de grado titulada:

"ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) EN BAJA CALIFORNIA SUR: APLICACIÓN DE $\delta^{13}C$ Y $\delta^{15}N$"

Presentada por el alumno:

OCHOA	DÍAZ	MARÍA RUTH
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: | A | 0 | 7 | 0 | 3 | 2 | 8 |

Aspirante al grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Director de tesis
PRIMER VOCAL

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

PRESIDENTE

DR. DAVID AURIOLES GAMBOA

SECRETARIO

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

SEGUNDO VOCAL

DR. SERGIO AGUIÑIGA GARCÍA

TERCER VOCAL

DR. SETH DARNABY NEWSOME

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

DR. RAFAEL CERVANTES DUARTE

PODER EJECUTIVO FEDERAL
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
MEXICO D.F

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 **11** del mes **Junio** del año **2009**, el (la) que suscribe **MARÍA RUTH OCHOA DÍAZ** alumno(a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS** con número de registro **A070328** adscrito al **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: **DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA** y cede los derechos del trabajo titulado:

"ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO *sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) EN BAJA CALIFORNIA SUR: APLICACIÓN DE $\delta^{13}C$ Y $\delta^{15}N$"

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. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ruth.sphyrnidae@gmail.com galvan.felipe@gmail.com
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

MARÍA RUTH OCHOA DÍAZ
nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque siempre has estado en primer lugar en mi vida y a sido la única esperanza para seguir, sin el nada de esto seria posible.

A mi familia (Mama y hermanas (o) por estar siempre conmigo a pesar de la distancia, siempre he podido contar con ellos, faltan palabras para expresar mi gratitud. Los amo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACyT) por la beca de Posgrado.

Al Instituto Politécnica Nacional y Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por el apoyo otorgado por medio del Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI), y por la Beca Tesis.

A mi director de tesis el Dr. Felipe Galván quien támbien es un amigo incondicional que siempre confia en las personas sin esperar nada a cambio (bueno que terminemos la tesis, je), gracias por abrir las puertas para realizar este trabajo y brindarme su confianza.

A mi comité revisor, por tener la disponibilidad de revisar este trabajo y aportar de su conocimiento en cada una de sus áreas: Dr. Sergio Aguíñiga, Dr. David Aurioles, Dr. Agustín Hernández, Dr. Seth Newsome (quien me ha brindado su amistad), Dr. Andrés Abitia. Gracias por su paciencia, consejos y motivación.

Al Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR y al Laboratorio de Química de CICIMAR, por el espacio utilizado para la elaboración de este trabajo.

A todos los compañeros del Lab. de Ecología de peces (Maribel, Ofe, Bere, Yassir, Vane, Tripp, Mauricio Hoyos, Xchel, Suri, Manini, Noé, si se me pasa alguien una disculpa, pero saben que están dentro del grupo) gracias por compartir del conocimiento y por ayudarme a formar parte de ese equipo, enseñarme en los muestreos de campo, y brindarme su amistad ademas de pasar varias experiencias en las salidas.

A los pescadores de los diferentes campos pesqueros en especial a los de las Barrancas (Don Tacho, Don Rumualdo) y a los tiburoneros de San Lázaro (Paty, Cosme, Don Manuel, Pelón, El Toro) principalmente por abrir las puertas de este

bello lugar, por compartir sus experencias y llevarme a darle carnada a los tiburones (jeje).
A mis amigos, que aunque algunos estan lejos siempre estan presentes en mi mente (Pau, Che Naty, Uriel, Nataly, Polillo, Angie, Fran, Hoyt); tambien los que estan cerca (Barbara, Flor, Johath, David, Vladi) todos me han dado buenos consejos y me han ayudado a valorar la amistad. Los quiero.
Especialmente darle las gracias a mi amigo Mauricio Conde quien siempre me ha apoyado, me ha tolerado y siempre me hace reir, gracias por ser incondicional, y ser como un hermano en tiempo de angustia, siempre contaras conmigo, te quiero mucho.
Finalmente a mis papas adoptivos de López Mateos (Maricel y Victor de la Toba) por darme tanto cariño y hacerme sentir como una hija más. A mi familia adoptiva de la Paz (Mimi y Scarlet), siempre me han apoyado, me han dado su amistad y me han acogido en su hogar, gracias a Dios por sus vidas. Las quiero.

ÍNDICE **PÁGINA**

I. LISTA DE FIGURAS……...**1**

II. LISTA DE TABLAS ……..……..**3**

III. GLOSARIO……..……**5**

IV. RESUMEN……..**6**

V. ABSTRACT……...……..**8**

1. INTRODUCCIÓN……..**10**

2. ANTECEDENTES…….……**14**

3. JUSTIFICACIÓN……...…….……**15**

4. OBJETIVO……...……..**16**

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES…….....**16**

5. ÁREA DE ESTUDIO ……...….**17**

5.1 Golfo de California…… **17**

5.2 Costa Occidental de Baja California Sur……..**18**

6. METODOLOGÍA……..…**20**

6.1 TRABAJO EN CAMPO……**20**

6.2 TRABAJO DE LABORATORIO …….....**21**

6.2.1 Análisis taxonómico…….....**21**

6.3 ANÁLISIS CUANTITATIVOS…….....**22**

6.3.1 Método de Frecuencia de Aparición (FA)……..**22**

6.3.2 Método Numérico (N).....**23**

6.3.3 Método Gravimétrico (P).....**23**

6.3.4 Índice de Importancia Relativa (IIR).....**23**

6.4 ÍNDICES ECOLÓGICOS.....**24**

6.4.1 AMPLITUD DE DIETA (ÍNDICE DE LEVIN).....**24**
6.4.2 SOBREPOSICIÓN DE DIETA (ÍNDICE DE MORISITA- HORN).....**24**
6.5 NIVEL TRÓFICO UTILIZANDO EL CONTENIDO ESTOMACAL.....**25**
6.6 ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE CARBONO Y NITRÓGENO.....**25**
6.7 NIVEL TRÓFICO CON ANALISIS ISOTOPICO.....**26**

7. RESULTADOS.....**27**
7.1 Espectro trófico general del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en B.C.S.....**28**
7.2 Espectro trófico por sexo de *Sphyrna zygaena*..... **30**
7.3 Espectro trófico por estadio de madurez de *Sphyrna zygaena*.....**31**
7.4 Espectro trófico de *Sphyrna zygaena* por zonas..... **32**
7.5 ANÁLISIS DE INDICES ECOLOGICOS.....**34**
7.5.1. Amplitud de dieta **34**
7.5.2. Sobreposición trófica.....**35**
7.6 ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE δ^{13} CARBONO y δ^{15} NITRÓGENO.....**35**
7.6.1 Comparación isotópica por sexos entre zonas..... **36**
7.6.2 Comparación isotópica por tallas entre zonas.....**38**
7.6.3 Comparación isotópica de las presas por zonas..... **39**
7.7 NIVEL TRÓFICO.....**42**
7.7.1 Contenido estomacal vs.isótopos estables de δ^{13}C y δ^{15}N.....**42**

8. DISCUSIÓN..... **45**
8.1 Espectro trófico general de *Sphyrna zygaena* **47**
8.2 Espectro trófico por sexos.....**48**
8.3 Espectro trófico entre juveniles y adultos..... **49**
8.4 Espectro trófico por zonas.....**51**

8.4.1 Golfo de California (zona A y B) …….**51**

8.4.2 Costa Occidental de Baja California Sur (zona C y D) …….....**53**

8.5 ANALISIS ISOTÓPICO……...……..**55**

8. 5.1 Análisis isotópico tiburón vs. presas …….. **58**

8.6 NIVEL TRÓFICO…….....**60**

9. CONCLUSIONES……..…..**65**

10. LITERATURA CITADA……..... **67**

11. **ANEXOS** ……..…**75**

I. LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Distribución mundial del tiburón *Sphyrna zygaena* ……..**11**

Figura 2. Tiburón martillo *Sphyrna zygaena*…….....**11**

Figura 3. Área de recolecta de muestras del tiburón martillo *S. zygaena* en Baja California Sur…...…..……...……..…..**20**

Figura 4a. Valores del porcentaje Numérico (N), Gravimétrico (G), % Frecuencia de aparición de las presas del tiburón martillo *S. zygaena*…….……..**29**

Figura 4b. Índice de Importancia Relativa para las especies presentes en los estómagos de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur……..……..…..**30**

Figura 5a. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos de Hembras y Machos de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur……..……..……**31**

Figura 6a. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos de Juveniles y Adultos de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur..……..……....…….**32**

Figura 7a. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en las zonas A y B para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur ….……..……..……....**33**

Figura 8a. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en la zona C y D para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en el área de Baja California Sur……..…….……**34**

Figura 9. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) por sexos dentro del Golfo de California para el tiburón martillo *S. zygaena*……..……**37**

Figura 10. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) por sexos dentro de la costa occidental de B.C.S. para el tiburón martillo *S. zygaena*. ……..……..……..……..**38**

Figura 11. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) por tallas para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S. para el tiburón martillo *S. zygaena*……..……..…**39**

Figura 12. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) para cefalópodos y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S……..……**41**

Figura 13. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) de los peces y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S……..……..……**42**

Figura 14. Medias y desviaciones estandard de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) de las presas y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S……..……..……**44**

II. LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación de la zonas de estudio y valores isotópicos promedio……**19**

Tabla 2. Valores de sobreposición trófica obtenidos a partir del Índice de Morisita-Horn en el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. Valores > 0.29 indican sobreposición baja, 0.30 - 0.65 sobreposición media y 0.66 – 1 sobreposición alta…….....**35**

Tabla 3. Número de biopsias de músculos para las diferentes zonas……..…**36**

Tabla 4. Razones isotópicas de las especies presas del tiburón martillo *S. zygaena* para las diferentes zonas. ……**40**

Tabla 5. Nivel trófico para el tiburón *S. zygaena,* por medio del análisis del contenido estomacal y los valores isotopicos del δ^{15} N, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S. ……..……..……..……**44**

Tabla 6. Espectro trófico general del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR)…… ……..**75**

Tabla 7. Espectro trófico para hembras del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR)……. …..**76**

Tabla 8. Espectro trófico para machos del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR)……. ……..**77**

Tabla 9. Espectro trófico para adultos del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR)…..……..…**78**

Tabla 10. Espectro trófico para juveniles del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).…… ……..**79**

Tabla 11. Espectro trófico de la zona A, para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR) ……..……..**80**

Tabla 12. Espectro trófico de la zona B, para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR). ……..……**81**

Tabla 13. Espectro trófico de la Zona C para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR). …..……....**81**

Tabla 14. Espectro trófico de la Zona D para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR). ……..**82**

III. GLOSARIO

AMPLITUD DE DIETA: Indica si un depredador consume un numero elevado de presas en proporcion similar (depredador generalista) o si consume algunas presas con mayor frecuencia (depredador especialista)

ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES: Técnica que combina la razón de isótopos estables de carbono ($^{13}C/^{12}C=\delta^{13}C$) y nitrógeno ($^{15}N/^{14}N=\delta^{15}N$), la cual constituye una herramienta para identificar la fuente de materia orgánica ($\delta^{13}C$) y la posición trófica ($\delta^{15}N$) de los consumidores en los tejidos de un consumidor (Vander Zanden y Rasmussen, 2001)

HÁBITOS ALIMENTICIOS: Es un estudio que provee una descripción detallada del alimento que es ingerido recientemente por los organismos (Harvey y Kitchell, 2000).

ISÓTOPOS: Término químico empleado para definir a los átomos (estables o inestables) del mismo elemento con el mismo número de protones (Z^+) y electrones (e^-) pero diferente número de neutrones (N). Los isótopos se distinguen en cuanto a la masa, aunque son de la misma naturaleza química.

NIVEL TRÓFICO: Posición en la que se encuentra un determinado organismo en la cadena trófica (Gerking, 1994).

RAZÓN CARBONO-NITRÓGENO (C/N): La cantidad (v.g miligramos) de carbono dividido entre la cantidad de nitrógeno presente en una muestra, generalmente en miligramos (Rau et al. 1990).

TRASLAPAMIENTO TRÓFICO: Cuando dos organismos coinciden en tiempo y espacio para alimentarse.

$\delta^{13}C$: Diferencia expresada en partes por mil entre la razón de 13C/12C de una muestra y la razón 13C/12C del estándar (Pee Dee Belemnite en el caso del carbono) (Rau et al., 1990).

$\delta^{15}N$: Diferencia expresada en partes por mil entre la razón de 15N/14N de una muestra y la razón 15N/14N del estándar (nitrógeno atmosférico en el caso del nitrógeno) (Rau et al., 1990).

IV. RESUMEN

La información biológica del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* es escasa a nivel mundial a pesar de ser una especie que se captura en el Pacifico mexicano, principalmente en aguas oceánicas. El objetivo principal del estudio es determinar los hábitos alimenticios de *S. zygaena* mediante el análisis de contenido estomacal e isótopos estables de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$) del músculo del tiburón y de sus presas dominantes en dos áreas oceanográficas de B.C.S, México. Las muestras de estómagos fueron recolectadas de enero de 2000 a agosto de 2004 en el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S. Se analizaron los estómagos de 136 tiburones, de los cuales se identificaron 23 especie presa. El índice de importancia relativa (IRI), fue utilizado para determinar la importancia de cada presa en la dieta del tiburón. Las especies de cefalópodos más importantes registradas como presas fueron: *Dosidicus gigas* (75 %), *Onychoteuthis banksii* (11 %), *Sthenoteuthis oualaniensis* (8 %), y *Ancistrocheirus lesueurii* (4 %). Este tiburón es considerado un depredador especialista basado en el análisis de amplitud de nicho trófico (*Bi*=0.13). Se registro una sobreposición media en la dieta entre sexos (*Cλ*=0.51) y una baja sobreposición de dietas entre juveniles y adultos, lo que indica una segregación por estadio de madurez. Los tiburones juveniles consumen principalmente cefalópodos (*D. gigas, S. oualaniensis, O. banksii*) y algunos peces (*Sardinops caeruleus*); mientras que los adultos, tuvieron preferencia por los cefalópodos (*A. lesueurii* y *O. banksii*). En el análisis isotópico, se encontraron los siguientes valores para el Golfo de California: en el centro de la península de B.C.S. (zona A) presentó valores de $\delta^{13}C$ de -14.92$\pm$ 0.21 y $\delta^{15}N$ de 19.86 $\pm$0.54; mientras que en Bahía de la Paz (zona B) con valores de $\delta^{13}C$ -15.27 $\pm$0.36 y $\delta^{15}N$ de 19.29$\pm$ 0.66. Para la costa occidental en la parte sur (zona C) fue de -15.81 $\pm$ 0.45 en $\delta^{13}C$ y de 17.64 $\pm$ 1.82 para el $\delta^{15}N$; mientras que en el norte de la costa occidental (zona D) fue de -15.75 $\pm$ 0.49 en $\delta^{13}C$ y de 18.92$\pm$ 1.63 en $\delta^{15}N$. En el Golfo de California y la costa occidental de Baja California se observo que existe una amplia diferencia en el $\delta^{13}C$ entre hembras y machos; mientras que en $\delta^{15}N$ no se encontraron grandes diferencias. Los valores de isótopos de $\delta^{15}N$ que presentaron los tiburones juveniles son mayores que los

adultos, indicando una dieta diferente o un hábitat diferente de alimentación. El nivel trófico que se obtuvo para la zona del Golfo de California (A y B), utilizando el contenido estomacal para el tiburón martillo *S. zygaena* fue de un consumidor terciario (N.T. =3.4); mientras que con el $\delta^{15}N$ fue más alto para esta misma área (N.T.= 3.7). En la costa occidental (C y D), el nivel trófico calculado con el contenido estomacal (N.T.=4.0), asi como con el $\delta^{15}N$ (N.T= 4.1) no se encontró variación.

Palabras claves: *Sphyrna zygaena,* hábitos alimenticios, isótopos de carbono y nitrógeno, nivel trófico, Golfo de California, costa occidental de Baja California Sur.

V. ABSTRACT

Biological information of smoothed hammerhead shark *Sphyrna zygaena* is scarce worldwide, despite being a shark caught in the Mexican Pacific, mainly in oceanic waters. The main objective of the study is to determine the food habits of *S. zygaena* through analysis of stomach contents and stable isotopes of carbon ($\delta^{13}C$) and nitrogen ($\delta^{15}N$) in muscle of sharks and their prey in two areas of Baja California Sur, Mexico. Stomachs were sampled from January 2000 to August 2004 in the Gulf of California and the west coast of B.C.S. We analyzed 136 sharks stomachs, of which 23 prey species were identified. The index of relative importance (IRI), was used to determine the importance of individual prey in the diet of the shark. The most important species of cephalopods recorded as prey were: *Dosidicus gigas* (75 %), *Onychoteuthis banksii* (11 %), *Sthenoteuthis oualaniensis* (8 %), and *Ancistrocheirus lesueurii* (4 %). This shark is considered a specialist predator based on the analysis of trophic niche breadth (Bi = 0.13). Medium values in overlap of diets were recorded between sex (Cλ = 0.51), and low overlap between juvenile and adult diets, indicating a segregation by maturity stage. Juvenile sharks consumed mainly cephalopods (*D. gigas, S. oualaniensis, O. banksii*) and some fish (*Sardinops caeruleus*), while adults had a preference for cephalopods (*A. lesueurii*. and *O. banksii*). In the isotopic analysis, we found the following values for the Gulf of California: in the center of the peninsula B.C.S. (zone A), the $\delta^{13}C$ values were -14.92 $\pm$ 0.21 and $\delta^{15}N$ with 19.86 $\pm$ 0.66; whereas La Paz bay (zone B) had values of -15.27 $\pm$ 0.36 in $\delta^{13}C$ and 19.29 $\pm$0.54 in $\delta^{15}N$. In the west coast of B.C.S. south area (zone C) the values of $\delta^{13}C$ were -15.81 $\pm$ 0.45, and 17.64 $\pm$ 1.82 for $\delta^{15}N$; whereas in the north area (zone D) the $\delta^{13}C$ were -15.75 $\pm$ 0.49, and 18.92$\pm$ 1.63 in $\delta^{15}N$. In the Gulf of California and the west coast of Baja California were observed a high difference in $\delta^{13}C$ between males and females; while in δ15N there were no significant differences between sex. The isotope values in $\delta^{15}N$ on juvenile sharks were higher than adults, indicating a different diet or trophic habitat different. The trophic level obtained in the Gulf of California (areas A and B) with the stomach contents indicate that this sharks is a tertiary consumer (TL = 3.4); while the $\delta^{15}N$ was the highest for this same area (TL= 3.7). In the west coast of B.C.S. (areas C and D), the trophic level calculated with

stomach contents was TL = 4.0; whereas using $\delta^{15}N$ was TL = 4.1, which indicate no changes in trophic level using two methods.

Keyword: *Sphyrna zygaena,* Food habits, Carbon and Nitrogen isotopes, trophic level, Gulf of California, west coast of Baja California Sur.

1. INTRODUCCION

Debido al aumento del esfuerzo pesquero, los océanos del mundo han perdido más del 90% de la abundancia en los grandes depredadores, y por sus características biológicas, los tiburones se consideran los más afectados (Carrier *et al.* 2004). La pesca de tiburones en aguas mexicanas se realiza por medio de una pesquería artesanal multi-específica que opera de acuerdo a la abundancia estacional de un número importante de especies. Esta pesquería representa en el país fuentes de alimento y empleo para las comunidades ribereñas de ambas litorales (SEMARNAT, 2000).

Los tiburones pertenecen al grupo de los elasmobranquios, los cuales se caracterizan por presentar una estrategia reproductiva K debido a su lento crecimiento, largos periodos de vida, madurez sexual tardía y baja fecundidad (Holden, 1974). Además son depredadores tope, por lo que su abundancia es relativamente pequeña comparada con los grupos que se encuentran en niveles tróficos inferiores. Estas características hacen que las poblaciones de tiburones sean extremadamente sensibles a la sobre-explotación (Bonfil, 1994).

La familia Sphyrnidae cuenta con dos géneros y ocho especies a nivel mundial. La característica principal que los distingue de otros tiburones es la región anterior de la cabeza que es fuertemente achatada y expandida lateralmente a modo de martillo y presenta los ojos ubicados en los bordes externos (Compagno *et al*., 1995).

El tiburón martillo *Sphyrna zygaena* se distribuye en todos los oceanos del mundo, el cuall habita en aguas templadas y algunas veces en aguas tropicales. Esta especie de tiburón es estenotopica con una distribucion continua, el unico factor limitante de *Sphyrna zygaena* es la temperatura (Castro, 1983). Los estudios biológicos realizados en esta especie son escasos a nivel mundial.

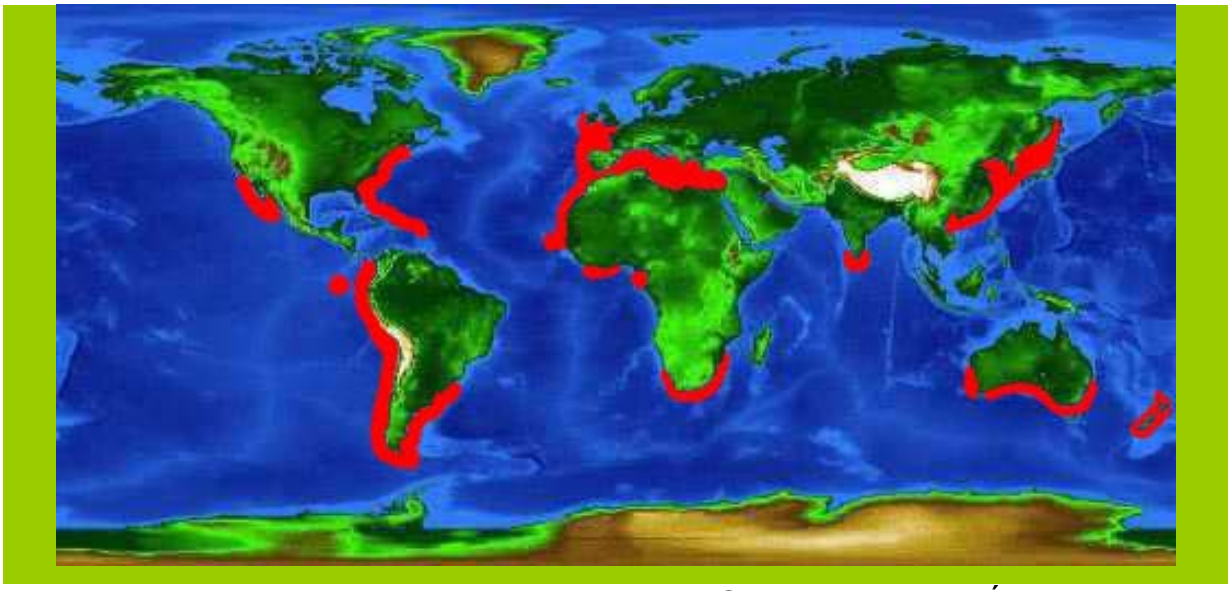

Fig. 1 Distribución mundial del tiburón *Sphyrna zygaena* (Áreas en rojo).

Sphyrna zygaena es una especie muy activa, que habita en aguas costeras y oceánicas de la plataforma continental, se encuentran en casi todas las aguas tropicales y templadas a nivel mundial; sin embargo prefiere aguas templadas, por lo que realiza migraciones a latitudes más frías en el verano (Springer y Gold, 1989). Se encuentran tanto en aguas someras como a profundidades (20-200 m). En cuanto a su talla, los adultos machos miden hasta 256 cm y las hembras adultas 304 cm de longitud total. La madurez sexual se manifiesta cuando alcanza 2 m de longitud (Compagno, 1984).

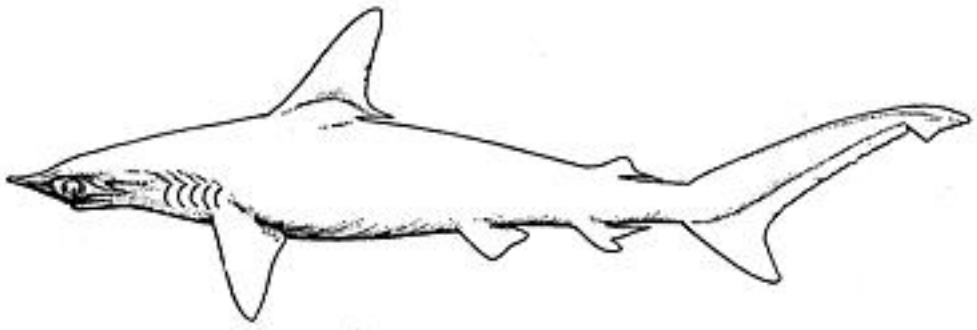

Fig. 2 Tiburón martillo Sphyrna zygaena

Su importancia económica se basa en que es una especie común en las pesquerías con palangre (Compagno, 1984). Durante la Segunda Guerra Mundial esta especie fue explotada por el hígado debido a su alto contenido en vitamina A (Gilbert 1967).

Con respecto a los hábitos alimenticios, actualmente se están aplicando métodos que contribuyan al conocimiento de las presas consumidas recientemente por el depredador, así como métodos que aportan información del alimento asimilado para observar cambios de dieta en el tiempo. Los estudios a través del análisis de contenidos estomacales se utilizan para conocer las presas recién ingeridas; mientras que los análisis isotópicos de carbono y nitrógeno aportan un estimado del alimento asimilado en el tiempo (Créach *et.al* 1997). Los isótopos estables del carbono y nitrógeno, sirven como trazadores químicos naturales de procesos ecológicos, permitiendo trazar flujos de energía, cambios de hábitat, o caracterizar los hábitos alimentarios de una población. Asimismo, se puede estudiar el flujo de nutrientes en ambientes acuáticos e identificar las fuentes de producción primaria que sustentan una cadena alimentaría y determinar el nivel trófico de un consumidor y evaluar patrones de migración (Herzka, 2003).

A pesar de que es generalmente reconocido que los tiburones y otros elasmobranquios juegan un papel relevante en la transferencia de energía dentro de niveles tróficos superiores de ecosistemas marinos, nuestro conocimiento de la dinamica de consumo de presas en elasmobranquios es mínimo.

El uso de isótopos estables para conocer el origen del alimento asimilado es muy importante para definir el hábitat en el cúal un depredador esta consumiendo un alimento preferencial. El valor del isótopo de nitrógeno ($\delta^{15}N$) es utilizado para determinar las relaciones alimenticias y tróficas entre animales y sus presas, debido a que existe un enriquecimiento significativo de $\delta^{15}N$ entre el organismo y su dieta (alrededor de 2-4 ‰). Los valores de delta $\delta^{13}C$ son empleados para determinar las fuentes de energía, ya que el $\delta^{13}C$ presente en un organismo refleja el carbono que contiene su dieta (Créach et al., 1997; Peterson y Whitfield, 1997). La medida de las

razones de isótopos estables de carbono ($^{13}C/^{12}C$; δ13C) y nitrógeno ($^{15}N/^{14}N$; $\delta^{15}N$) han incrementado el conocimeinto de sitios de alimentación y el flujo de energía en ecosistemas acúaticos. Existe un enriquecimiento de las razones de isótopos de nitrógeno en niveles troficos sucesivos, de tal modo que permite estimar la posición trófica del consumidor.

En la mayoría de los casos, los consumidores están enriquecidos en isótopos pesados (C13, N15) asociados a sus dietas. El análisis de isótopos de Carbono y Nitrógeno es de gran utilidad en la determinación de la fuente(s) principal de presa/alimento consumido tanto para carnívoros como para herbívoros en diversos ecosistemas (Michener & Schell 1994; Kelly 2000). Además, la relación entre los isótopos carbono-nitrógeno constituye una herramienta efectiva para la discriminación entre presas de diferente origen (Chamberlain *et al.,* 2005).

El contenido estomacal es un método que describe el periodo entre la ingesta y la digestión del alimento de manera instantánea y puede no ser adecuado para explicar los patrones de alimentación a largo plazo, lo cual limita su aplicación para determinar las interacciones tróficas en los ecosistemas. En contraste, el análisis de los isótopos estables ofrece una amplia representación de como las fuentes nutricionales (desde la base de la cadena alimenticia), están siendo utilizados para proporcionar una descripción integrada en el tiempo de las relaciones tróficas basadas en la dieta asimilada a largo plazo (Chips y Garvey, 2006)

En la presente tesis se analizan los hábitos alimentarios de *Sphyrna zygaena* utilizando la información de contenidos estomacales y de isótopos estables de carbono y nitrógeno en dos áreas con características oceanográficas diferentes como son el Golfo de California y la costa occidental de Baja California Sur.

2. ANTECEDENTES

A nivel mundial se han realizado pocos trabajos de la biología de *S. zygaena*, incluyendo los de hábitos alimenticios. A continuación se mencionan los trabajos de alimentación mas destacados:

Smale y Cliff (1998), realizaron un estudio de cefalópodos consumidos en la dieta de cuatro especies de tiburones (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *Sphyrna zygaena* y *Sphyrna mokarran*) para el área de Kwazulu-Natal, SudÁfrica, encontrando en el contenido estomacal de 258 organismos de *S. zygaena* una dominancia de cefalópodos de la familia Loliginidae, Sepiidae y Ancistrocheridae. Concluyen que *Sphyrna zygaena* tiende a migrar hacia el norte de Kwazulu-Natal para alimentarse del cefalópodo loliginidae.

Castañeda-Suárez y Sandoval-Londoño (2004), realizaron una investigación en el Pacifico Ecuatoriano acerca de los hábitos alimentarios de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* y *Sphyrna zygaena*, encontrando que la especie de tiburón martillo *S. zygaena* depreda principalmente sobre los cefalópodos *Dosidicus gigas, Sthenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*.

Estupiñán-Montaño y Cedeño-Figueroa (2005), realizaron una investigación de la dieta de *Sphyrna zygaena*, *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* en el área de Manta, Ecuador donde analizaron 179 estómagos de *Sphyrna zygaena*, reportando las presas de mayor importancia en el espectro trófico, las cuales fueron: moluscos cefalópodos: *Dosidicus gigas, Sthenoteuthis oualaniensis*, *Gonatus* spp, *Lolliguncula (Loliolopsis) diomedeae* e *Histioteuthis* spp. Entre los peces de mayor importancia se encuentran *Auxis thazard.*

Cabe señalar que existe un solo trabajo que aborda los aspectos alimenticios de *Sphyrna zygaena* en el Golfo de California, el cual fue realizado por Galván-Magaña *et al*. (1989), quienes mencionan que *Sphyrna zygaena*, tiene una preferencia sobre peces *Strongylura exilis, Aetobatus narinari* y por cefalópodos *Histioteuthis*

heteropsis y *Onychoteuthys banksii*. Sin embargo, para la costa occidental de Baja California Sur no se han realizado investigaciones sobre aspectos tróficos de esta especie de tiburón, lo cual resalta la importancia del presente estudio.

3. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial se ha observado una disminución generalizada de las capturas de tiburones debido a la sobrepesca de organismos adultos y juveniles (Bonfil *et al*., 1990). Baja California Sur es uno de los estados con mayor pesca de tiburón en México, debido a que es una zona que cuenta con una extensa línea de costa, aguas protegidas, mares interiores (Golfo de California), así como aguas oceánicas profundas; además tiene la característica de ser un área de transición entre las zonas tropical-templada, lo cual le permite tener una mayor diversidad y abundancia de presas y depredadores (Bonfil *et al.,* 1990)

Las dos áreas de estudio de esta investigación presentan características oceanográficas diferentes: en el Golfo de California sus aguas son de alta salinidad y más cálidas (Salinidad >34.9‰), zonas de reciclaje de materia orgánica y temperatura >20°C - 30°C (Torres-Orozco, 1993); mientras que la costa occidental de Baja California se encuentra influenciada por dos gran sistemas de corrientes: la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial, las cuales aportan agua fría con temperatura de < 22ºC, zonas de surgencias y salinidades intermedias (Álvarez-Borrego, 1983).

Las diferencias oceanográficas de las dos áreas de estudio podrían influir en la estructura trófica de esta especie de tiburón y es probable que consuma especies presas similares tanto en el Golfo de California como en la costa occidental de B.C.S.; sin embargo los valores isotópicos del tiburón y sus presas podrían ser diferentes debido a la influencia de los valores isotópicos de la materia orgánica particulada (MOP), la cual es consumida por los productores primarios y se reflejaría hacia los consumidores secundarios. Se ha comprobado que estos valores de MOP en ambas áreas son diferentes debido a las características oceanográficas en cada

área de estudio. Dentro del Golfo de California ocurren diferentes procesos de surgencias provocando una mayor abundancia de nitratos que son compuestos altos en valores de $\delta^{15}N$. La nitrificación y denitrificación son eventos importantes que ayudan al incremento del ^{15}N (Altabet *et al*., 1999). Por otro lado en la costa occidental de B.C.S., las aguas son empobrecidas en ^{15}N, por lo que podría decirse que las relaciones tróficas son cortas. El patrón de circulación estacional genera una fuerte alternancia entre condiciones eutróficas y oligotróficas (Longhurst *et al*., 1967; Walsh *et al*., 1977). Las condiciones eutróficas que ocurren entre marzo y junio están asociadas con vientos fuertes del noreste, con la Corriente de California y con los máximos índices de surgencia. Las condiciones oligotróficas entre septiembre-diciembre están asociadas con la presencia de aguas más saladas provenientes de sudeste (Contracorriente Costera) y con la mínima actividad de surgencias. Los mese de julio, agosto, enero y febrero se consideran períodos de transición (Bakun y Nelson, 1977).

4. OBJETIVO GENERAL

⊙Conocer los hábitos alimenticios del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en el Golfo de California y la costa occidental de Baja California Sur por medio de contenidos estomacales y uso de isótopos de Carbono ($\delta^{13}C$) y Nitrógeno ($\delta^{15}N$).

4.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar y cuantificar la composición del espectro trófico del tiburón *S. zygaena*.

- Comparar la dieta entre juveniles y adultos, por sexo y zonas oceanográficas.

- Determinar si existe traslapamiento alimenticio entre sexos, tallas y zonas geográficas del tiburón *S. zygaena.*

◆ Conocer la dieta asimilada por medio de los isótopos de carbono y nitrógeno en músculo de *S. zygaena.*

◆ Comparar los valores isotópicos de carbono y nitrógeno en músculo de *S. zygaena* y de sus presas principales en el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S.

◆ Comparar el nivel trófico y amplitud trófica de *S. zygaena* utilizando isótopos estables.

5. AREA DE ESTUDIO

5.1 GOLFO DE CALIFORNIA

El Golfo de California se localiza entre el macizo continental mexicano y la Península de Baja California, entre 22° N y 32° N y 105° y 110° W. Tiene 1,130 km, de longitud y de 80 a 209 Km, de sección transversal. La parte norte es somera, con una profundidad promedio de 200 m y se encuentra separada de la parte sur (Prof. de ~3 600 m en la boca), por varios umbrales y la zona de islas. La boca del Golfo es amplia (~200 km) y profunda (~3 km) y sus aguas pueden intercambiarse libremente con las del Océano Pacífico (Morales-Sánchez, 2004).

La distribución temporal y espacial de las masas de agua de mayor salinidad sugiere que los intercambios de calor suceden por alternancia de flujo de entrada y salida de masas de agua de mayor temperatura (superficial) y de menor temperatura (sub-superficial). El agua del Golfo es altamente salina y cálida originada en el interior del Golfo (S>34.9‰, 22° C), y el agua superficial Ecuatorial es cálida y salina, (T >22° C, 34.6‰ < S <34.9‰) (Torres-Orozco, 1993).

Una de las características importantes del Golfo de California, es su alta

productividad. En primer lugar los vientos que cambian estacionalmente de dirección y en segundo la mezcla de aguas por fuertes mareas (causadas por las grandes islas y el angostamiento en la parte central) son los causantes de surgencias. Éstas hacen posible que existan grandes cantidades de plancton, que son la base de la cadena alimenticia. Las surgencias generalmente se presentan en el la zona oriental del golfo durante el invierno y en la zona occidental durante el verano (Maluf, 1983).

Existe un amplio espectro de hábitats marinos en el Golfo de California: una pronunciada transición latitudinal desde mareas amplias, profundidades someras, temperaturas estacionales y variación del régimen de salinidad en el norte y condiciones físicas más moderadas y mayores profundidades en el sur. Tambien la región se caracteriza por diversas características topográficas, incluidas las islas, los bancos fuera de la costa y las montañas submarinas, que interactúan con las variables estacionales de las corrientes oceánicas en la boca del Golfo (Torres, 1993; Thunnell, 1998). Estos factores físicos contribuyen al gran número de endemismo de especies marinas en el golfo (Maluf, 1983).

5.2 COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA

La costa occidental de Baja California se encuentra influenciada por dos sistemas de corrientes: Corriente de California de origen templado-frio, que le confiere sus caracteristicas y la Corriente Norecuatorial. En el extremo sur de Baja California se encuentran tres masas de aguas de diferente propiedades que son: la masa de agua del Golfo, la masa de agua del Pacifico Oriental Tropical y por la masa de agua de la Corriente de California (Álvarez-Borrego, 1983), provocando una alta productividad por el florecimiento de plancton (Álvarez-Arellano, 1987; Franks, 1992 y Torres-Orozco, 1993).

La mayor parte de los recursos vivos que se encuentran en esta zona son de origen templado. La costa occidental de la Peninsula puede dividirse en dos zonas: una parte muy similar en condiciones oceanograficas a las areas mas al Norte con caracteristicas eminentemente templadas, y otra al Sur, con caracteristicas marcadas

de zona de transicion templado-tropical. La zona Sur presenta, intrusiones importantes de especies tropicales especialmente en años cálidos (Hernandez-Vazquez, 1987).

Las áreas de muestreo donde se recolectaron los organismos fueron: En la región norte del Golfo de California: zona A, esta zona incluye el campo pesquero llamado Santa María; mientras que en la región sur que se ubica dentro de la Bahia de la Paz esta la zona B que incluye cinco campos pesqueros: El Sausozo, El Saladito, Punta Arenas, El Mogote y El Pardito.

Las zonas ubicadas en la costa occidental del estado de Baja California Sur son las siguientes: En la parte sur la zona C que incluye el campo pesquero Punta Lobos y en la parte norte la zona D abarca los campos pesqueros de San Lázaro, Punta Belcher y Las Barrancas (Tabla 1).

Tabla 1. Ubicación de la zonas de estudio y valores isotopicos promedio.

	COORDENADAS		$\delta^{15}N$	$\delta^{13}C$	**Valor Isotópico Promedio MOP** (Materia Orgánica Particulada)	**AUTOR** (Valores de MOP)
	Latitud(N)	**Longitud(O)**				
Golfo de California						
A	L27°24´	L112°18´	19.86	-14.92	11.1 ‰	Altabet et. al, 1999
B	L 24°	L110°21´-109°49´	19.29	-15.27	10.2 ‰	Altabet et. al, 1999
Costa Occidental de B.C.S.						
C	L23°24´	L110°13´	17.64	-15.81	10.2 ‰	Aurioles et.al 2006
D	L24°34´ 25°59´	L112°4´-112°11´	18.92	-15.75	11.2 ‰	Aurioles et.al 2006

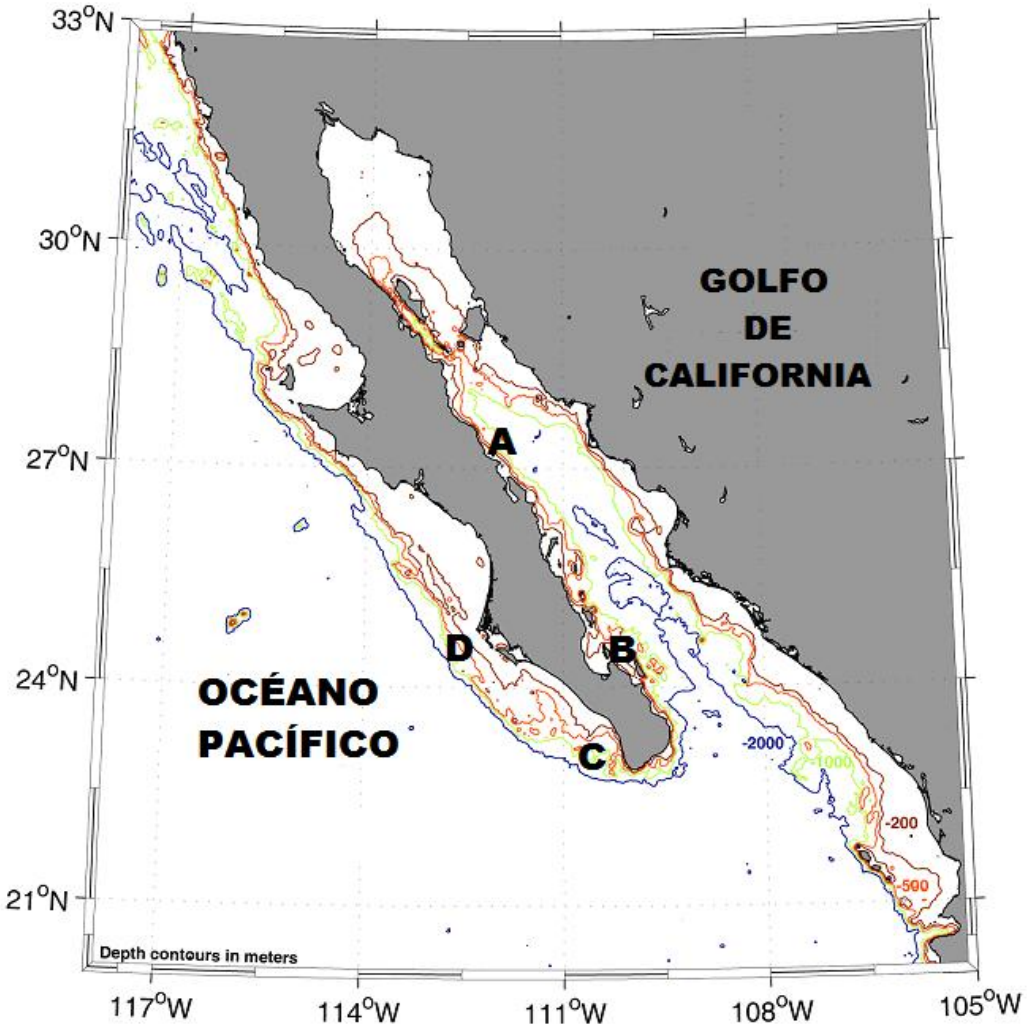

Fig 3. Áreas de estudio para el tiburón martillo *S. zygaena* en Baja California Sur. Las isobatas se marcan en lineas de color y la profundidad es en metros (Tomado de Smith y Sandwell, 1997).

6. METODOLOGIA

6.1 Trabajo de campo

Los muestreos se realizaron en las diferentes localidades mencionadas desde diciembre del 2000 hasta Octubre 2004 con muestreos mensuales. Durante 2007 se efectuaron muestreos bimensuales en ambas áreas oceanográficas descritas para la obtención de músculos del tiburón y sus presas.

En el formato elaborado para fines del muestreo, se registró e identificó la especie con las claves de Compagno *et al* (1995), se anotó la localidad de muestreo, fecha, distancia de la costa a la zona de pesca y método de pesca. De los organismos capturados se registró la longitud total (LT), el sexo y se hizo una disección al organismo en un corte longitudinal en la parte ventral, procediendo a la extracción del estómago. Los músculos se colectaron de la parte superior del tiburón cercano a la primera aleta dorsal.

De acuerdo al volumen de llenado cada estomago se clasificó conforme a Stillwell y Kohler (1982). En: 0= estomago vacio; 1= estómago del 1-25% de llenado, 2= estomago del 25-50% de llenado; 3= estomago del 50-75% de llenado; y 4= estomago del 75-100% de llenado.

El contenido estomacal se almacenó en bolsas de plástico, previamente etiquetadas con los datos de localidad de muestreo, fecha, especie y numero de ejemplar. Posteriormente una parte fueron fijadas en una solución de formaldehído al 10% y otros se congelaron y fueron colocados en cubetas para su transporte y posterior análisis en el Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) en la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Las presas y los músculos se mantuvieron congelados para el análisis isotópico.

6.2 Trabajo de laboratorio

6.2.1 Análisis taxonómico

En el análisis del contenido estomacal se separaron las diferentes especies presa de acuerdo al grupo taxonómico, identificándose hasta el mínimo taxón posible, dependiendo del estado de digestión. Se les asignara los siguientes estados de digestión:

Edo. 1: presas identificables por presentar un estado de digestión mínimo.

Edo. 2: presas con pérdida de alguna estructura corporal (e.g. peces sin escamas o piel, etc).

Edo. 3: presas que solo presentan las vértebras o partes aisladas del cuerpo.

Edo. 4: presencia de estructuras rígidas muy poco digeribles como otolitos, picos de cefalópodos, etc. En este estado también se consideró la materia orgánica no identificada (MONI).

La determinación taxonómica para los peces se realizó por medio del esqueleto axial y apendicular. Para identificar los restos de peces se utilizarán los trabajos de Clothier (1950) y Miller y Jorgensen (1973) para conteos vertebrales; para placas hipúricas, se usaron las claves de Monod (1968). Asimismo se utilizó la colección de esqueletos de peces del Laboratorio de Ecología de peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Mientras que para organismos con poco estado de digestión, se utilizarán las claves de Miller y Lea (1972), Walker y Rosenblatt (1988), Allen y Robertson (1994), Fischer *et al*. (1995) y Thomson *et al*. (2000).

Para la identificación de los moluscos cefalópodos se utilizó las claves de mandíbulas de cefalópodos basándose en los trabajos de Clarke (1962, 1986) e Iverson y Pinkas (1971) y Wolff (1982, 1984).

El retrocálculo del peso de las especies de cefalópodos, se efectuó mediante la fórmula:

Ln Wt = cte + ln (medida del pico)* cte
Ln= logaritmo natural
WT= peso total
Cte= Constante (Clarke, 1962, 1986)

6.3 MÉTODOS CUANTITATIVOS DE ANÁLISIS

En el análisis cuantitativo de los contenidos gástricos se utilizaron los siguientes métodos de acuerdo a Pinkas *et al*. (1971) y Hyslop (1980):

6.3.1 Método de Frecuencia de Aparición (FA).

Se registró el número de estómagos en los cuales apareció un determinado tipo de presa. Los resultados se expresan como porcentaje de una especie con respecto al número total de estómagos con alimento.

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

Donde:

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

NE= Número total de estómagos con alimento.

6.3.2 Método Numérico (N).

Se registró numéricamente las presas encontradas en un estómago a nivel de clase, orden, familia o especie. Al analizar los estómagos, se obtiene el número total de organismos de cada categoría y se expresa en porcentaje.

$$\% N = (N *100) / NT$$

Donde:

N = Número total de presas de una determinada especie.

NT= Número total de presas de todas las especies.

6.3.3 Método Gravimétrico (P).

Se calculó la biomasa de las presas consumidas. Cada tipo de alimento fue separado y pesado en una balanza granataria. El peso fue referido al peso total estimado para la totalidad de presas encontradas en los estómagos y se expresa como porcentaje.

$$\%W = (W * 100) / WT$$

Donde:

W = Peso (en gramos (g)) de un determinado tipo de alimento (especies).

WT = Peso total de las presas de todas las especies.

6.3.4 Índice de Importancia Relativa (IIR).

Este índice incorpora los métodos anteriores por medio de la siguiente fórmula, la cual se basa y se expresa en porcentajes:

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

Donde:

P= Peso.

N= Número de organismos.

FA= Frecuencia de aparición.

Este método combinado se utilizó para observar de manera integral la importancia de cada tipo de alimento en la dieta de las especies (Hyslop, 1980).

6.4 INDICES ECOLOGICOS

6.4.1 INDICE DE LEVIN (amplitud de la dieta)

Se calculó la amplitud de la dieta (*Bi*), utilizando el índice estandarizado de Levin (Hurlbert, 1978; Krebs, 1999), a partir de los valores obtenidos de N absoluto. Los valores de este indice van de 0 a 1, cuando los valores son cercanos a 0 (<0.6), su espectro es especialista sobre cierto grupos de presas, cuando los valores se aproximan a 1 (>0.6) se considera que el depredador es generalista es decir, utiliza los recursos sin ninguna selección (Krebs, 1999).

$$Bi = 1/n - 1\{(1/\sum jPij^2) - 1\}$$

Donde:

***Bi*=** Índice de Levin para el depredador *i*.

***Pij*^{2}=** Proporción de la dieta del predador *i* que utiliza la presa *j*.

***n*=** Número de categorías de las presas.

6.4.2 INDICE DE MORISITA-HORN (sobreposición de la dieta)

Para evaluar la sobreposición de dietas entre tallas (juveniles-adultos) y sexos para cada zona, se aplicó el índice de Morisita-Horn al método numérico absoluto (Smith y Zaret, 1982).

$$C\lambda = 2\sum_{i=1}^{n}(Pxi \times Pyi)/(\sum_{i=1}^{n} Pxi^2 + \sum_{i=1}^{n} Pyi^2)$$

Donde:

***Cλ*=** Índice de Morisita-Horn de sobreposición entre depredador *x* y depredador *y*.

***Pxi* =** Proporción de la presa *i* del total de presas usadas por el depredador *x*.

***Pyi*=** Proporción de la presa *i* del total de las presas usadas por el depredador *y*.

***n*=** Número total de presas.

Los valores < **0.29** indican sobreposición baja, valores de **0.30 - 0.65** sobreposición media y valores > **0.66** indican sobreposición alta de dietas, El valor de **1** indicaría que todos los componentes alimenticios entre depredadores (talla o sexo) son similares (Horn, 1966; Langton, 1982; Smith y Zares, 1982).

6.5 NIVEL TRÓFICO UTILIZANDO EL CONTENIDO ESTOMACAL

El nivel trófico a partir de tipo de presas encontradas en los estómagos se estimó de acuerdo a la ecuación propuesta por Christensen y Pauly (1992):

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

Donde:

DCij: referida como la composición de la dieta, es la proporción de presas (j) en la dieta del depredador (i).

TL = nivel trófico de las presas (j).

n = número de grupos en el sistema.

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 (TL) 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.

El valor del nivel trófico (TL) de los peces se consultó en el programa Fishbase (Froese y Pauly, 2003) y el de los cefalópodos se obtuvo a partir de literatura especializada.

6.6 ANALISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE CARBONO Y NITRÓGENO

Esta técnica ofrece una amplia representación de cómo las fuentes nutricionales (desde la base de la cadena de alimentos), están siendo utilizadas para proporcionar una descripción de la dieta asimilada de los consumidores. El valor del isótopo

nitrógeno ($\delta^{15}N$) es empleado para determinar las relaciones alimenticias y tróficas entre los depredadores y sus presas, debido a que existe un enriquecimiento significativo de ^{15}N entre el organismo y su dieta (alrededor de 2-4‰). Los valores isotópicos de carbono son empleados para determinar las fuentes de energía ya que el ^{13}C presente en un organismo refleja el carbono que contiene en su dieta (0-1‰) (Créach et al., 1997; Rau et al.,1983). Debido a que las firmas isotópicas del carbono son generalmente similares entre los depredadores y sus presas, pueden ser utilizados para simplificar relaciones en una red de alimentos compleja (Overman y Parrish, 2001).

Las muestras de músculos de tiburón martillo *S. zygaena* y de las presas se colocaron en viales previamente lavados y esterilizados para realizar la extracción de humedad del músculo mediante una liofilizadora LABCONCO, a una temperatura promedio de - 50° C en vacío. Posteriormente se realizó la extracción de lípidos colocando la muestra en un horno de microondas marca MARSX en solución cloroformo-metanol 1: 1, con temperatura y presión controlada (Román-Reyes, 2003).

La muestra libre de lípidos fue secada y molida en un mortero de ágata. Se pesaron 0.5 mg en una balanza analítica y posteriormente se colocaron en una cápsula de estaño de 8 x 5 mm, en el Laboratorio de Química Marina del CICIMAR-IPN. Posteriormente se enviaron las muestras al Laboratorio de Isotópos Estables en el Instituto de Carnegie en Washington, E.U.A. para ser medidas en un espectrómetro de masas de razones isotópicas (EMRI) (20-20 espectrómetro de masas, PDZEuropa, Sandbach, UK) y obtener la determinación de las abundancias de isótopos estables de carbono (^{13}C / ^{12}C = $\delta^{13}C$) y nitrógeno (^{15}N / ^{14}N = $\delta^{15}N$).

Los valores de δ se calculan mediante la fórmula (Park y Epstein, 1961):

δX (‰) = $[(R_{muestra}/R_{estandard})-1] \times 1000$

Donde:

$\delta^{15}N$

R muestra = proporción entre los isótopos $^{15}N/^{14}N$.

R estándar = nitrógeno atmosférico.

$\delta^{13}C$

R muestra = proporción entre los isótopos $^{13}C/^{12}C$.

R estándar = Pee Dee Belemnite (PDB).

La calibración del espectrómetro de masas para el analisis de isótopos estables, se hace con referencia a la elección de un material que tiene una abundancia y composición similar al intervalo de valores (nitrógeno y carbono) esperados de las muestras. El estandar usado con mayor frecuencia es el Acetanalidae y es corrido en 7 de estos estandares en 43 muestras desconocidas. Se utiliza una correlación linear usando el valor aceptado del acetanalidae estandar y se aplican estas correcciones donde el valor es típicamente menos que 0.2-0.4 por mil en todos los valores conocidos de una corrida de muestras (Seth Newsome Ph. d, Carnegie Institution for Science, Com. pers.)

6. 7 NIVEL TROFICO CON EL ANALISIS ISOTOPICO

La posición trófica relativa mediante isótopos estables se estimo usando la ecuación propuesta por Post (2002):

$$PT = \lambda + \frac{(\delta^{15}N_{Depredador} - \delta^{15}N_{Base})}{\Delta_n}$$

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).

$\delta^{15}N_{Depredador}$: Promedio de la determinación de $\delta^{15}N$ de *S. zygaena*.

$\delta^{15}N_{Base}$: Determinación de $\delta^{15}N$ del MOP el cual cumple con los criterios propuestos por Post (2002*),* el cual muestra una firma isotópica en una escala de tiempo de vida corta o larga en el consumidor.

7. RESULTADOS

Las muestras provienen de la pesquería artesanal de tiburones de ambas costas de Baja California Sur. Se muestrearon un total de 136 tiburones, de los cuales 71 eran hembras (53 %) y 65 machos (45%) y 3 con sexo indefinido (2%). La longitud total osciló entre 63 cm y 283 cm, con un promedio de 149.6 cm.

El porcentaje de presas registrado en los estómagos incluyo cefalópodos (98.6%), peces (1.31%) y crustáceos (0.02%).

7.1 Espectro trófico general del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en B.C.S.

Se analizaron un total de 136 estómagos, de los cuales 88 estaban vacíos (64 %) y 48 contenían alimento (35%).

En relación al porcentaje de repleción gástrica, se utilizó la escala de Stilwell y Kholer (1982), obteniendo los siguientes resultado: en la categoría 1 (2%), categoría 2 (17%), categoría 3 (21%) y categoría 4 (59%).
El espectro trófico se integró por 23 presas: 13 peces, 9 cefalópodos y una especie de crustáceo, lo que corresponde a 9 familias de cefalópodos, 13 familias de peces y una de crustáceo.

El peso total de las presas fue de 472 964 gramos. Las especies de cefalópodos que presentaron mayor porcentaje en peso fueron *Dosidicus gigas* (70%), *Onychoteuthis banksii* (13%), *Sthenoteuthis oualaniensis* (12%) y *Ancistrocheirus lesueurii* (4%) (Fig. 4a). Para las especies de peces fueron *Sardinops caeruleus* (0.1%) y *Synodus evermanni* (0.05%) .

Aplicando el método numérico, se registraron 301 organismos presa. Las especies de calamares fueron: *D. gigas* (36%), *A. lesueurii* (22%), *S. oualaniensis* (13%), *O. banksii* (13%); mientras que los peces fueron *S. caeruleus* (4%) y *S. evermanni (*2%) (Fig.4a).

Las especies presas más frecuentes en los estómagos de *Sphyrna zygaena* fueron los cefalópodos: *D. gigas* (22%), *O. banksii* (13%), *S. oualaniensis* (10%), y *A. lesueurii* (5%) (Fig. 4a).

De acuerdo al Índice de Importancia Relativa (IIR) las especies más importantes fueron: *Dosidicus gigas* (75 %), *O. banksii* (11 %), *S. oualaniensis* (8 %) y *A. lesueurii* (4 %) (Fig. 4b)

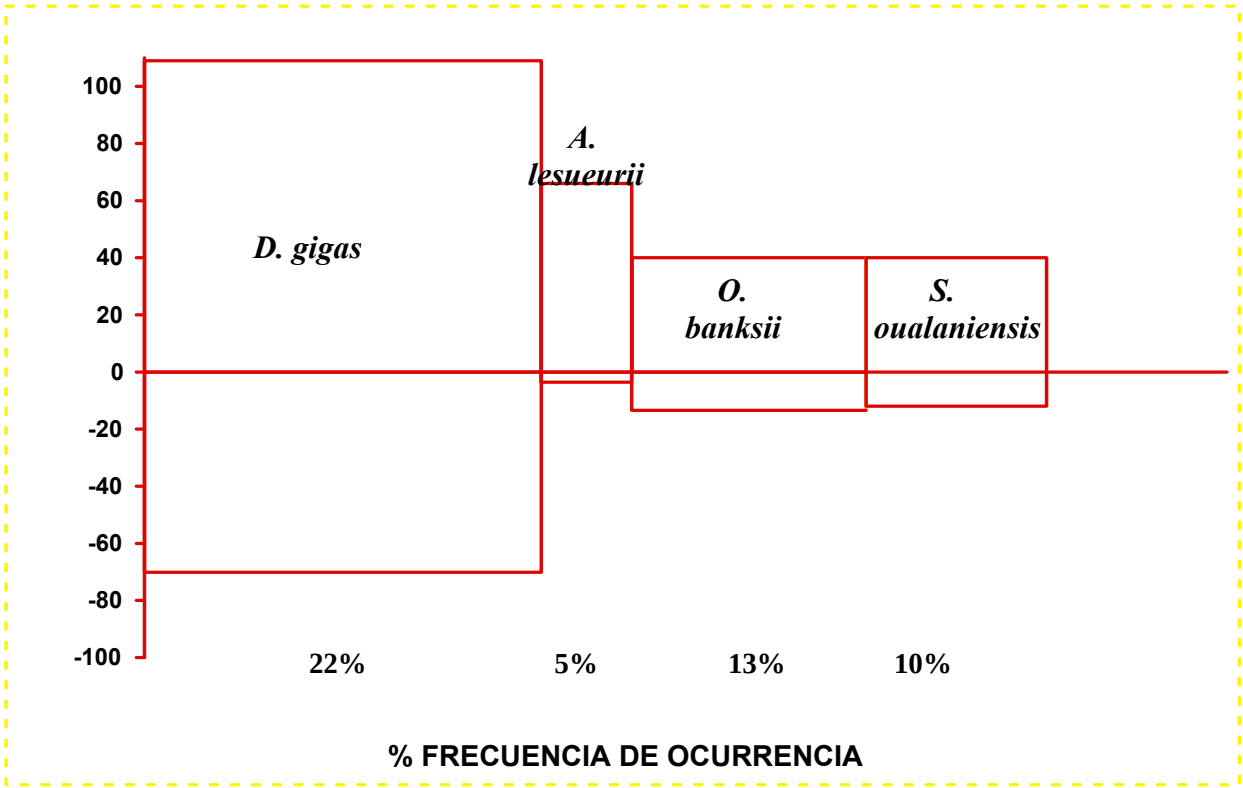

Fig. 4a. Valores del porcentaje Numérico (N), Gravimétrico (G), % Frecuencia de aparición de las presas del tiburón martillo *S. zygaena.*

%IIR GENERAL

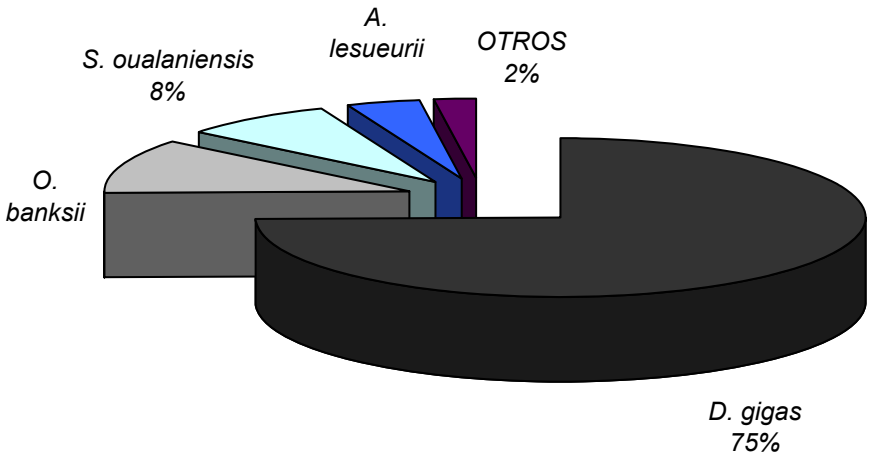

Fig. 4b. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur.

7.2 Espectro trófico por sexo.

De las 72 hembras que se capturaron, 26 estómagos presentaron alimento (36%) y 46 estómagos estaban vacíos (64%). El análisis que se realizó en el contenido estomacal en hembras tuvo una representatividad por las especies de cefalópodos con 98.6 %, peces 0.62%, y los crustáceos 0.02%; mientras en 65 machos muestreados, se encontraron 46 estómagos sin alimento (33%) y 19 con alimento (14%). El contenido estomacal en machos estuvo representado por los cefalópodos con el 93% del contenido, seguido de los peces con 7%.

El Índice de Importancia Relativa (IIR) muestra que las especies presa más importantes en las hembras fueron: *D. gigas* (72%), *O. banksii* (18%), *A. lesueurii* (5%), *S. oualaniensis* (3%) (Fig. 5); mientras que en los machos se compone principalmente por las especies de cefalópodos *D. gigas* (67%), *S oualaniensis* (25%), y para las especie de peces esta: *S. caeruleus* (6%) y otras especies de menor importancia ocupando el 2% (Fig. 5).

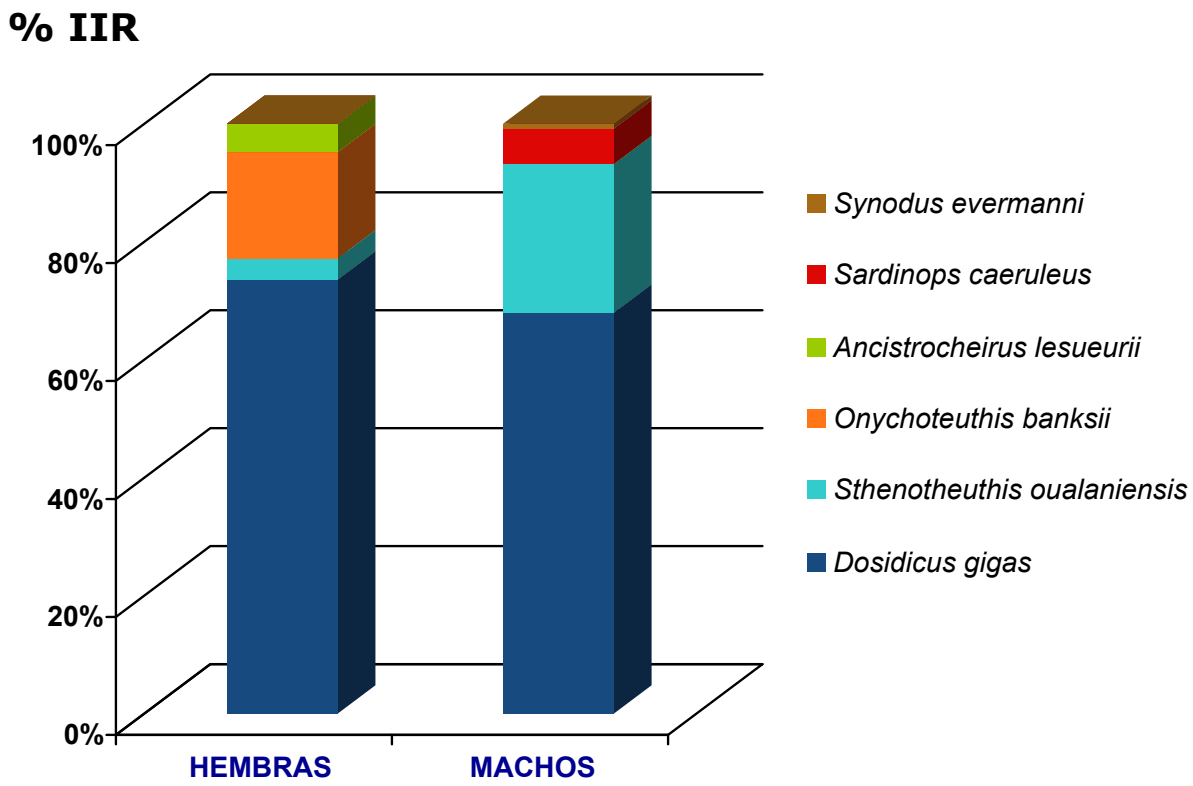

Fig. 5. Índice de Importancia Relativa para as especies presentes en los estómagos por sexo de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur

7.3 Espectro trófico por estadio de madurez.

De los 34 adultos muestreados solo cinco se encontraron con alimento, ocupado principalmente por los cefalópodos con el 100% de todo el contenido. El número total de estómagos con alimento para los juveniles fueron 30 con un peso total de 268 762 gr.

El índice de importancia relativa (IIR) en los adultos está conformado por los cefalópodos, enlistado por las especies más importantes: *A. lesueurii* (36 %), *O. banksii* (42%), y en conjunto las otras especies (22%) (Fig. 6); mientras que en los juveniles son los cefalópodos *D. gigas* (85%), *S. oualaniensis* (9 %), *O. banksii* (2%) y los peces *S. caeruleus* (1%) (Fig. 6).

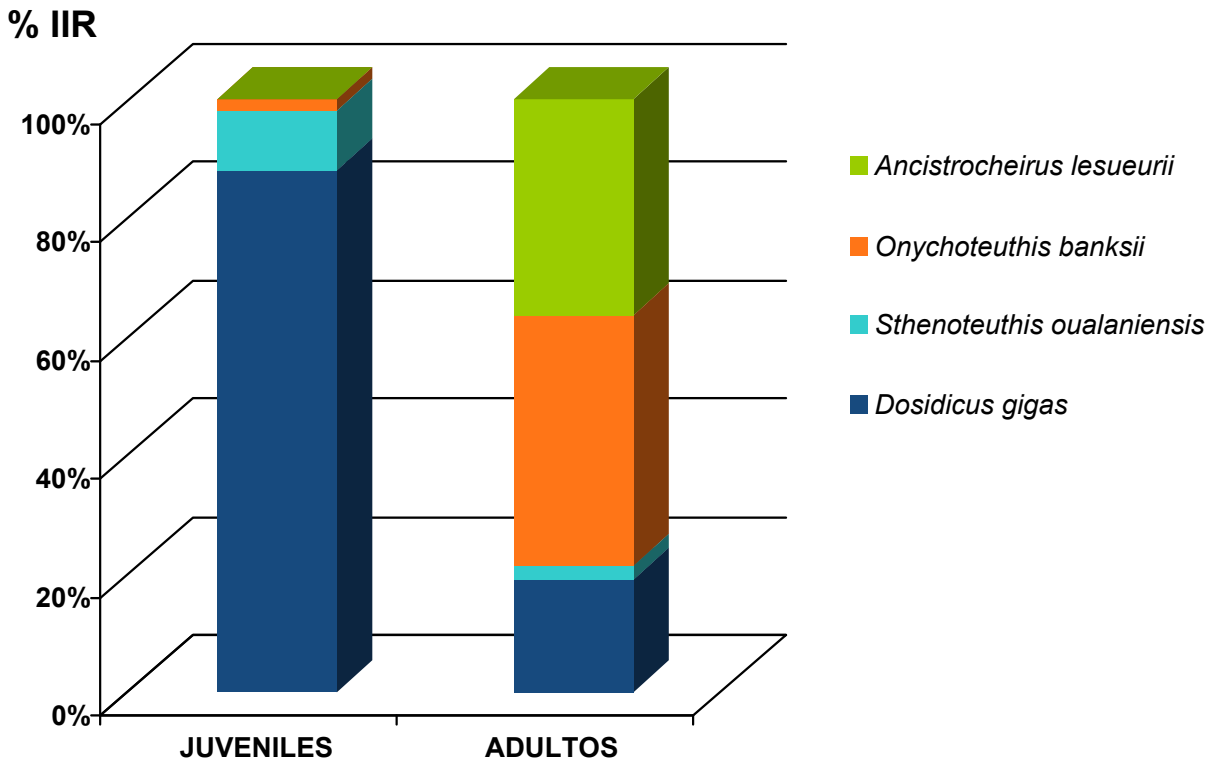

Fig. 6. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos de adultos y juveniles de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur.

7.4 Espectro trófico por Zonas

Para esta zona A, se reportó 16 estómagos en total y todos se encontraron con alimento con un peso total de 240 347 gr. En la zona B reportó 6 estómagos en total con alimento con un peso total de 3 365 gr. En la zona C se reportó un total de 8 estómagos, de los cuales solo 4 tenían contenido estomacal con un peso total 200 gr. En la zona D se registraron 20 estómagos con contenido estomacal con un peso total 94 285.35 gr.

Para el índice de importancia relativa (IIR) de la zona A se representa por los cefalópodos integrado de la especie más importante *D. gigas* (91%), después *S. oualaniensis* (8%), y en conjunto las demás especies representan el 1%. (Fig.7). En la zona B se representa por los cefalópodos, la especie más importante *O.banksii*

(47%), *D. gigas* (7.6%), después *A. affinis* (7.0%) *y S. oualaniensis* (5.1%), y para las especies de peces esta *S. caeruleus* (11.0%) y *G. cinereus* (12.8%) (Fig.7).

En la zona C esta representada principalmente por los peces con las especies *M. cephalus* (30%), *S. caeruleus* (23%), *Brotula* spp. (19%), después con los cefalópodos con la especie principal *P. boschmai* (28%). (Fig. 8). En la zona D esta representado principalmente por los cefalópodos con las especies *O. banksii* (36.2 %), *A. lesueurii* (27.1 %), *D. gigas* (28.7 %), y por ultimo *S. oualaniensis* (3.7 %) y el pez *S. evermanni* (1.4 %) (Fig. 8)

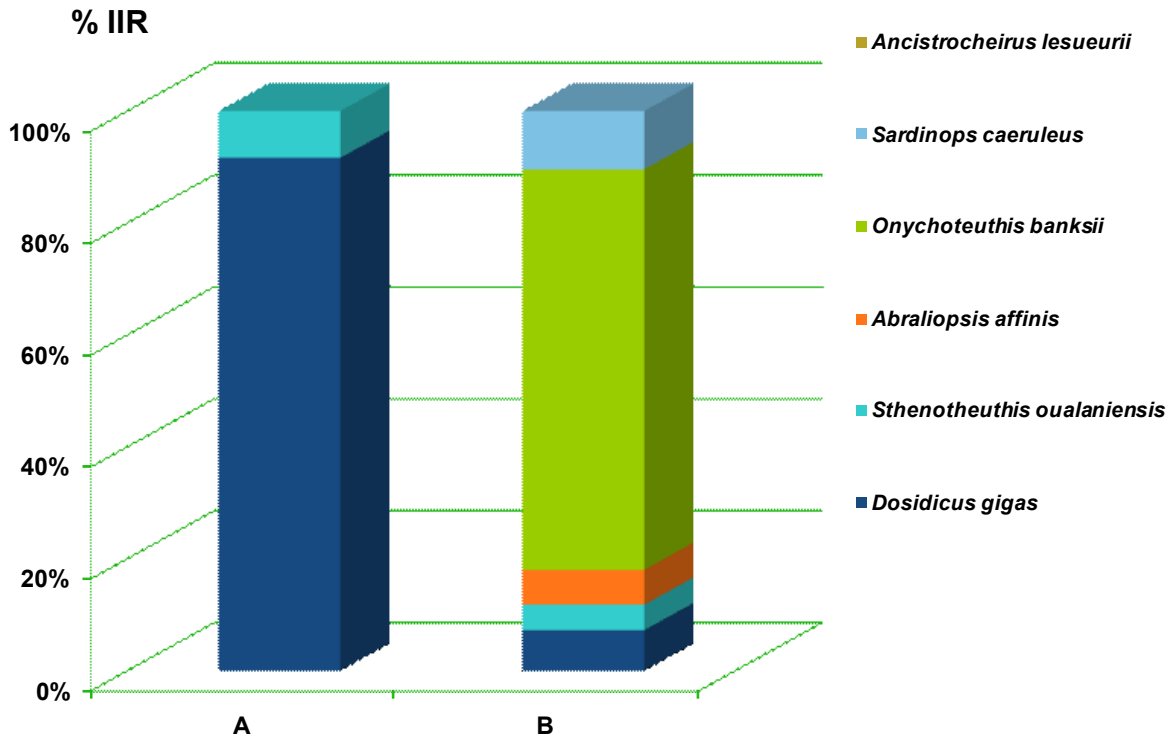

Fig. 7. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos de la zona A y B de *Sphyrna zygaena* para el área de Baja California Sur.

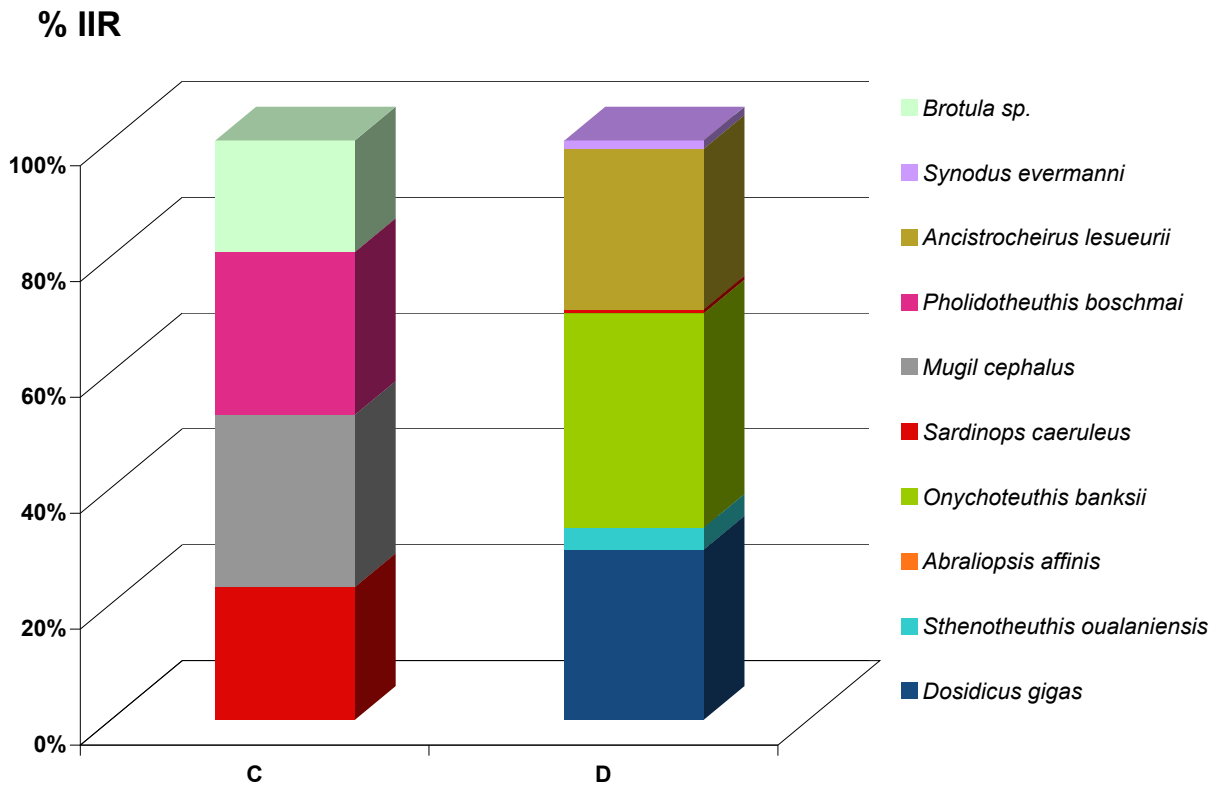

Fig. 8. Índice de Importancia Relativa para las diferentes especies presentes en los estómagos en la zona C y D para *Sphyrna zygaena* en el área de Baja California Sur.

7.5 ÍNDICES ECOLÓGICOS

7.5.1 AMPLITUD DE DIETA (ÍNDICE DE LEVIN).

De los tiburones martillos *Sphyrna zygaena* que fueron analizados en Baja California Sur, se encuentran valores de *Bi*=0.13, indicando que es un tiburón especialista. Al comparar por sexos, se encontró que los machos tienen valores de *Bi*= 0.24 y en hembras fue de *Bi*=0.17 indicando que son especialistas. Por estadio de madurez, tanto juveniles (*Bi*=0.10), como adultos (*Bi*=0.20) son especialistas debido al mayor consumo de cefalópodos.

En el análisis por zonas, se encontró que en el Golfo de California, para la zona A se obtuvieron valores de *Bi*=0.15 clasificándose como un tiburón especialista por su mayor cosumo de cefalópodos; mientras que en la zona B (*Bi*=0.78) fue generalista

ya que se alimenta tanto de peces como de cefalópodos. En las localidades de la costa occidental de B.C.S. en la zona C se tuvo un valor de *Bi*=1.0 siendo una tendencia a ser generalista y en la zona D (*Bi*=0.15) fue especialista.

7.5.2 SOBREPOSICIÓN TRÓFICA (ÍNDICE DE MORISITA-HORN)

En los resultados obtenidos, solo se encontró una sobreposición media entre hembras y machos; mientras que entre adultos y juveniles se reporta una sobreposición baja, lo que indica que los tiburones se alimentan en zonas o presas diferentes. Por zonas de estudio, se registro una sobreposición baja entre la zona A y la B en el Golfo de California; mientras que entre las zonas C y D de la costa occidental de B.C.S. se encontró una sobreposicion media (Tabla 1).

Tabla 2. Valores de sobreposición trófica obtenidos a partir del Índice de Morisita-Horn en el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. Valores > 0.29 indican sobreposición baja, 0.30 - 0.65 sobreposición media y 0.66 – 1 sobreposición alta.

Categoría	Valor
HEMBRAS - MACHOS	0.51
JUVENILES - ADULTOS	0.15
ZONA A - ZONA B	0.11
ZONA C - ZONA D	0.36

7.6 ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES DE δ^{13}CARBONO y δ^{15} NITROGENO

Se analizaron 38 muestras de músculos de la parte dorsal de tiburones martillo procedentes de las principales áreas de muestreo, realizándose una selección por años, juveniles-adultos y machos-hembras, de los cuales se les extrajo los lípidos a 29 muestras y a 9 muestras no se les hizo extracción de lípidos con el fin de comparar las variaciones al extraer lípidos de los tejidos (Tabla 13).

Tabla 3. Número de biopsias de músculos para las diferentes zonas.

ZONAS	A	B	C	D
CON LIPIDOS	2	3	1	3
SIN LIPIDOS	4	12	3	9

7.6.1 COMPARACIÓN ISÓTOPICA POR SEXOS ENTRE ZONAS

El número de músculos analizados para hembras del tiburón *S. zygaena* del Golfo de California fue de 7 y para machos fueron 9. Los valores isotópicos presentaron un valor promedio de $\delta^{13}C$ (μ = -14.97 ‰ ± 0.29) y $\delta^{15}N$ (μ = 19.45 ‰ ± 0.79) para hembras; mientras que los machos presentaron valores promedio del nitrógeno (μ = 19.42 ‰ ± 0.60) y $\delta^{13}C$ (μ = -15.34 ‰ ± 0.34), (Fig. 9),

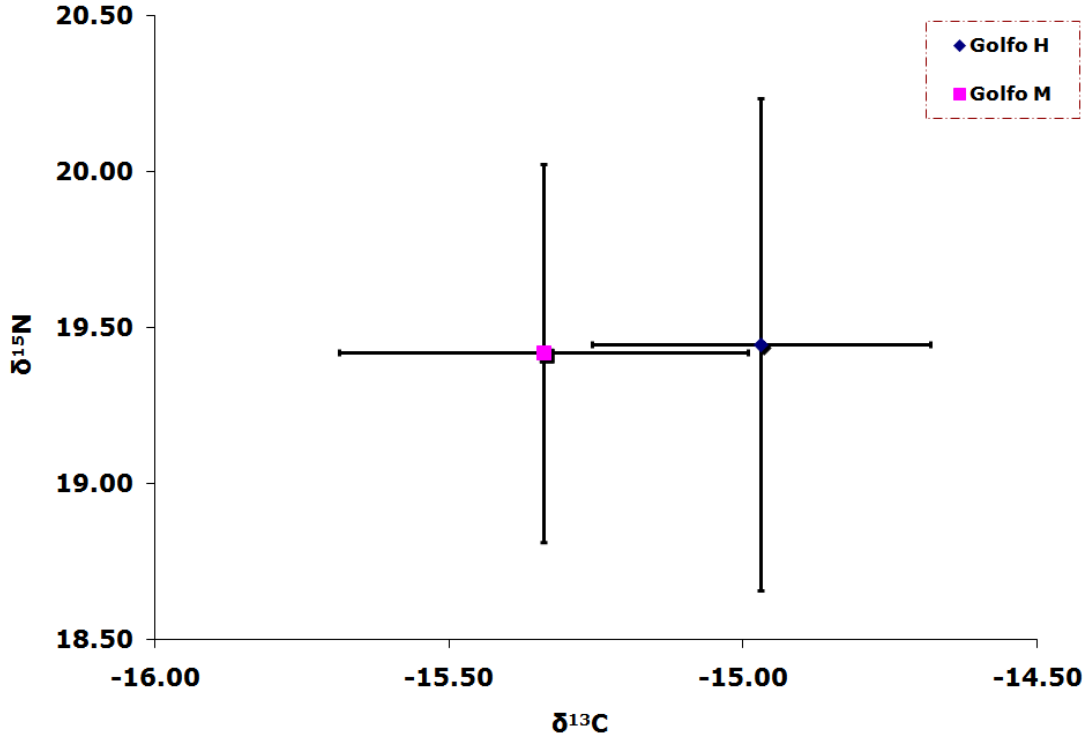

Fig. 9. Medias y desviaciones estándar de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$) por sexos dentro del Golfo de California para el tiburón martillo *S. zygaena*.

Para las dos zonas que se encuentran en la costa occidental de B.C.S. El número de muestras obtenidas en esta zona para las hembras fue de 6 y para los machos de 3. El promedio de los valores en hembras fue δ^{15} N (μ = 18.00 ‰ ± 1.50) y de $\delta^{13}C$ (μ = -15.69 ‰ ± 0.56); mientras que en machos se observó una variación $\delta^{13}C$ (μ = -16.06 ‰ ± 0.32) y, δ^{15} N (μ = 17.65 ‰ ± 1.83), (Fig.10).

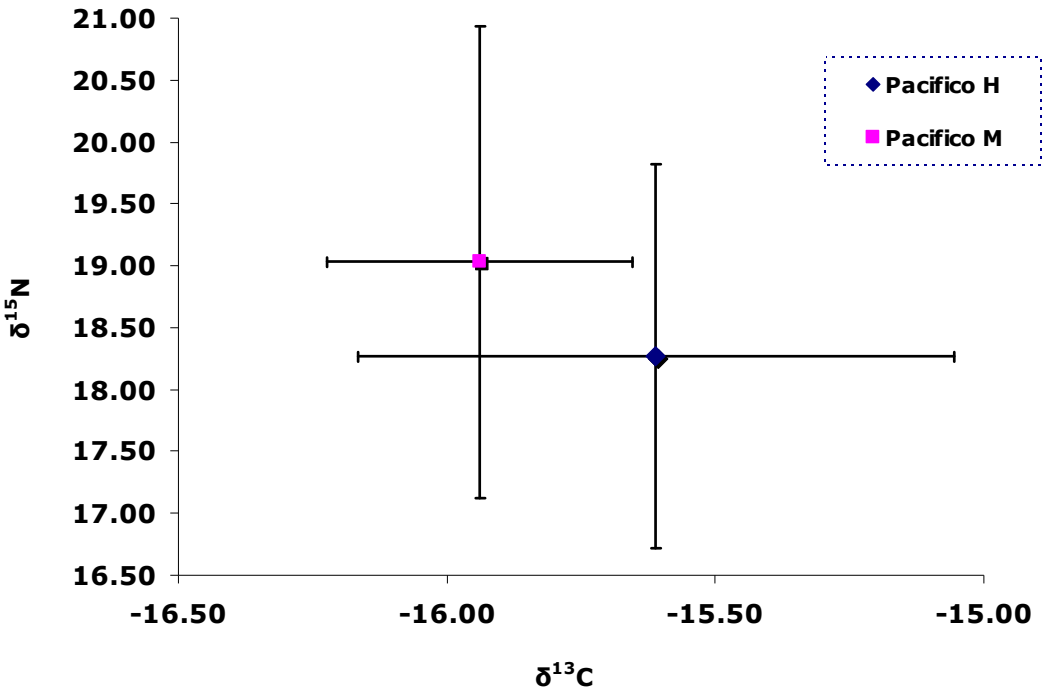

Fig.10. Medias y desviaciones estándar de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$) por sexos dentro de la costa occidental de B.C.S. para el tiburón martillo *S. zygaena*.

Se hizo una comparación de manera general para los sexos que están dentro del Golfo de California y los que están en la costa occidental de B.C.S aplicando una prueba paramétrica encontrando una diferencia significativa en el Nitrógeno (P= .0076) ya que se presentan valores mayores de $\delta^{15}N$ en el Golfo de California.

Para la costa occidental en el análisis estadístico por sexos no se encontró una diferencia significativa (P=.3345).

7.6.2 COMPARACIÓN ISÓTOPICA POR TALLAS ENTRE ZONAS

El número de muestras de músculo de los juveniles del tiburón martillo fueron 16 para las dos zonas que se muestrearon en el Golfo de California y 9 para las zonas en la costa occidental; mientras que se analizaron cuatro muestras de tejido de adultos proveniente de la costa occidental de Baja California Sur.

Los valores isotópicos de carbono ($\delta^{13}C$) de juveniles (μ = -15.18 ‰ ± 0.36) y nitrógeno ($\delta^{15}N$) (μ = 19.43 ‰ ± 0.66) que están dentro del Gofo de California

indican una diferencia con los juveniles que se encuentran en la costa occidental de B.C.S., con valores de $\delta^{13}C$ (μ = -15.74 ‰ ± 0.58) y nitrógeno (μ = 18.55 ‰ ± 0.76). Con respecto a los adultos, solo se recolectaron en este estadio de madurez en la costa occidental de B.C.S. con valores de $\delta^{13}C$ (μ = -15.90 ‰ ± 0.46) y $\delta^{15}N$ (μ = 17.05 ‰ ± 1.91) (Fig. 11).

En la prueba paramétrica que se aplicó para los juveniles de las dos zonas se encontró una diferencia significativa en el Nitrógeno (P= 0.047)

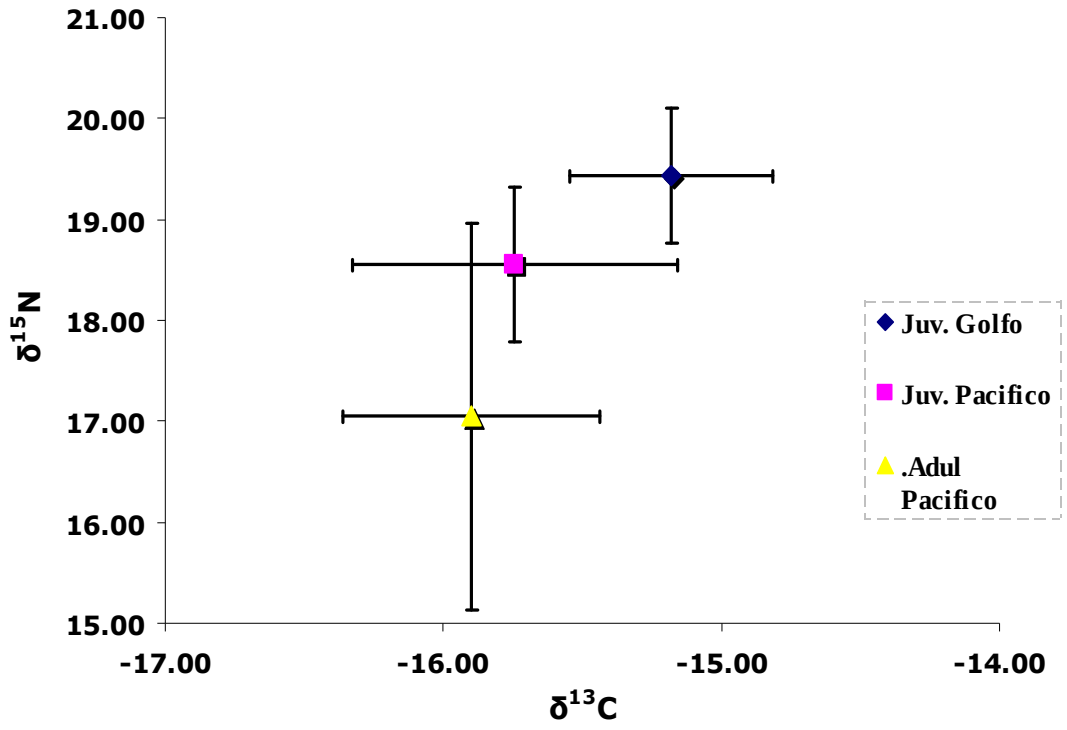

Fig.11. Medias y desviaciones estándar de carbono ($\delta^{13}C$) y nitrógeno ($\delta^{15}N$) por tallas para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S. para el tiburón martillo *S. zygaena*.

7.6.3. COMPARACIÓN ISÓTOPICA DE LAS PRESAS POR ZONAS

Las presas dentro del Golfo de California fueron de tres especies de cefalópodos y dos especies de peces. Con respecto a los valores encontrados para el δ^{13}carbono (μ = -17.00 ‰ ± 0.7) y para el δ^{15} nitrógeno (μ = 14.90 ‰ ± 0.48) en los cefalópodos,

versus los valores para los tiburones (δ13 C (μ = -15.10 ‰ ± 0.25) y δ15 N (μ = 19.58 ‰ ± 0.40) que se encuentran más en la zonas costeras.

Las presas para la costa occidental de B.C.S., incluye a 7 especies de cefalópodos y una especie de pez. Los valores que se encontraron para la Costa Occidental de B.C. S. para los cefalópodos fueron en el δ^{13}carbono (μ = -18.00 ‰ ± 1.19) y para el δ^{15} nitrógeno (μ = 13.00 ‰ ± 1.21); mientras que los valores del tiburón *S. zygaena* (δ^{13}C μ = -15.78 ‰ ± 0.04 y δ^{15} N μ = 18.28‰ ± 0.91).

Tabla 4. Razones isotópicas de las especies presas del tiburón martillo *S. zygaena* para las diferentes zonas.

ESPECIES PRESA	δ^{13}C	δ^{15} N
GOLFO DE CALIFORNIA		
Gonatus californiensis	-16.3	15.6
Onychoteuthis banksii	-16.6	14.6
Sthenotheuthis oualaniensis	-17.3	15.0
Sthenotheuthis oualaniensis	-17.9	14.6
Sardinops caeruleus	-16.4	19.9
Scomber japonicus	-16.5	19.7
COSTA OCCIDENTAL		
Onychoteuthis banksii	-17.8	13.3
Thysanoteuthis rhombus	-18.7	12.1
Stenotheuthis oualaniensis	-17.9	12.8
Dosidicus gigas	-16.7	13.5
Octopodotheuthis sp.	-18.9	14.8
Ancistrocheirus lesueurii	-16.1	15.1
Onychoteuthis banksii	-17.8	12.5
Ancistrocheirus lesueurii	-18.0	12.7
Thysanoteuthis rhombus	-18.1	11.3
Pholidoteuthis boschmei	-20.4	12.0
Sardinops caeruleus	-17.3	17.8

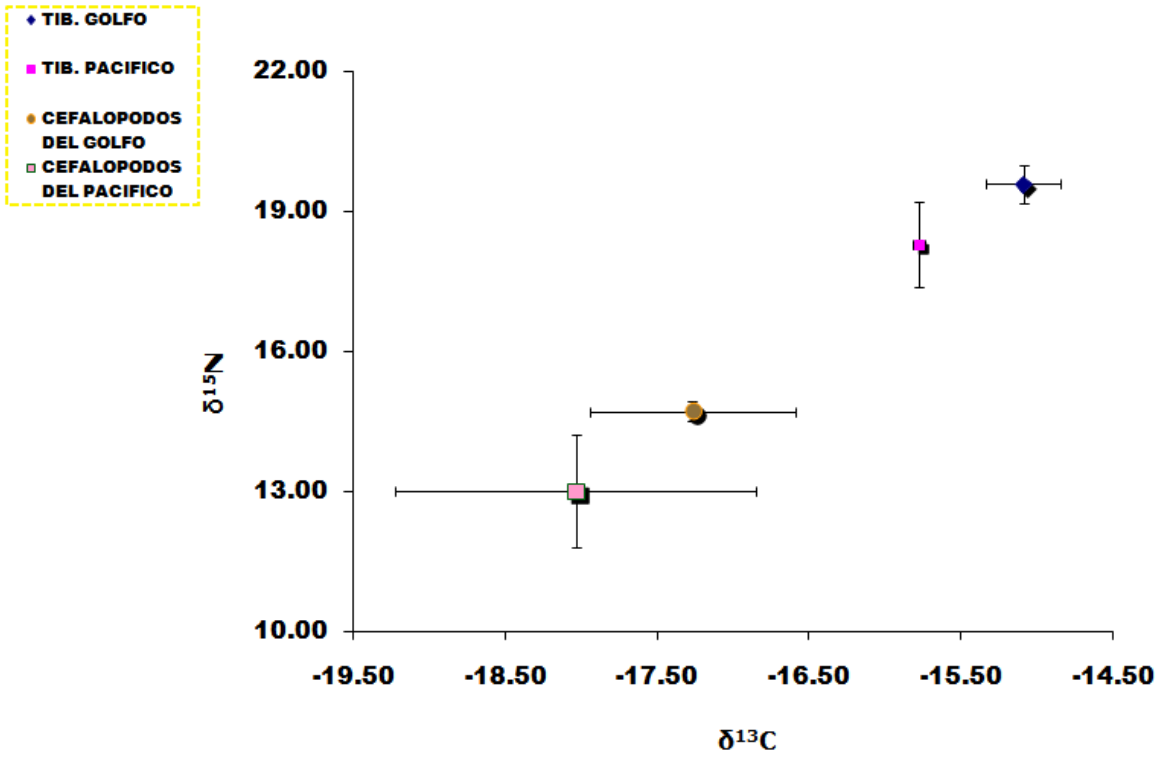

Fig.12. Medias y desviaciones estándar de carbono ($\delta\ ^{13}C$) y nitrógeno ($\delta\ ^{15}N$) para cefalópodos y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S.

Los valores isotópicos para las dos especies de peces en el Golfo de California son: Para la sardina *Sardinops caeruleus,* los valores de $\delta\ ^{13}C$ (μ = -16.40 ‰) y $\delta\ ^{15}N$ (μ = 19.90), indican que las sardinas están más hacia zonas oceánicas probablemente por el origen de su alimento (zooplancton) que puede provenir de la zona oceánica, similar a la información isotópica de la macarela *Scomber japonicus* cuyos valores fueron: $\delta\ ^{13}C$ (μ = -16.50 ‰) y $\delta\ ^{15}N$ (μ = 19.70), la cual no fue una presa muy frecuente, pero también se encontró en los estómagos de *S. zygaena*, por lo que se puede utilizar para tener información de los movimientos del tiburón dentro del Golfo.

Al comparar los valores de $\delta\ ^{13}C$ (μ = -16.40 ‰ ± 0.08) y $\delta\ ^{15}N$ (μ = 19.80 ‰ ± 0.15) de los peces (Fig. 13), con los valores del músculo del tiburón: $\delta\ ^{13}C$ (μ = -15.10 ‰ ± 0.25) y $\delta\ ^{15}N$ (μ = 19.58 ‰ ± 0.40), se observa que los peces están más hacia la

zona oceánica; mientras que los tiburones se encuentran en la zona costera. Ambos con valores similares de $\delta\ ^{15}N$.

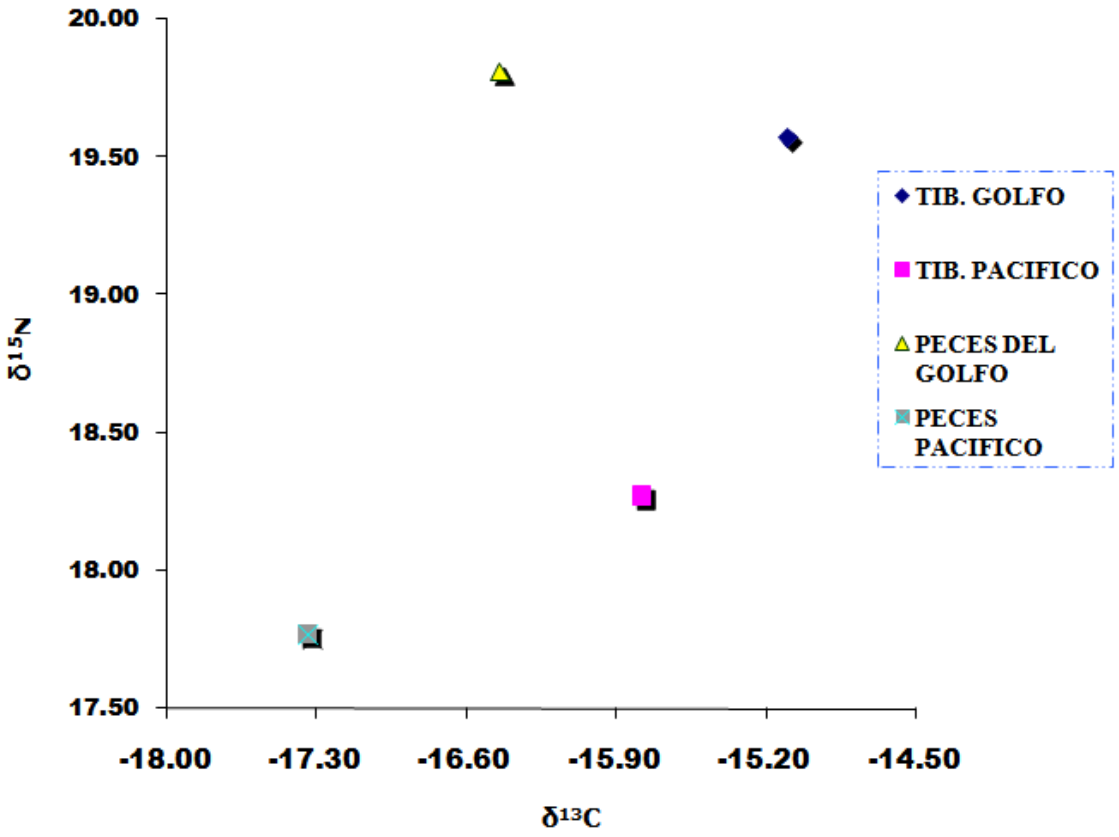

Fig.13. Medias y valores puntuales de carbono ($\delta\ ^{13}C$) y nitrógeno ($\delta\ ^{15}N$) de los peces y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S.

7.7 NIVEL TRÓFICO

7.7.1 CONTENIDO ESTOMACAL vs ISOTOPOS ESTABLES DE $\delta^{13}C$ Y $\delta^{15}N$

Por medio del contenido estomacal se calculo el nivel trófico, siguiendo la ecuación de Christensen y Pauly (1992). Con los valores promedios de $\delta^{15}N$, se utilizó para calcular el nivel trófico siguiendo la ecuación de Post (2002), para observar la variación con ambos métodos.

Al calcular el nivel trófico de los tiburones utilizando la información de contenidos estomacales, en el Golfo de California (A y B), se obtuvo el valor de 3.4. Este valor

se asigna para los depredadores secundarios; mientras que en las zonas de la costa occidental de B.C.S (C y D) se encontró un valor de 4.0 asignado a depredadores terciarios.

Con el análisis δ^{15}N se calculó la posición trófica de las especies en el Golfo de California, registrándose un valor de 4.5, el cual es más elevado al encontrado con el contenido estomacal. En la costa occidental se obtuvo un valor de 4.1 similar al reportado con el contenido estomacal para esta zona.

Los cefalópodos de ambas áreas de estudio presentan un nivel trófico más bajo al de los tiburones con valores de 3.1 dentro del Golfo de California y 2.5 para la costa occidental, presentando un enriquecimiento isotópico de 4.6‰ para el δ^{15}N en la zona del Golfo y de 5.3‰ en el δ^{15} N de la costa occidental con respecto a los tiburones de estas zonas (Fig. 16); mientras que en los peces del Golfo se encontraron valores en el nivel trófico iguales a los del tiburón *S. zygaena* (4.6), en comparación con los peces del Pacifico donde su nivel trófico es de 3.9, con el valor más bajo para el reportado en los tiburones de esta zona, los cuales presentan un enriquecimiento isotópico menor con valores > 0.3 ‰ δ^{15}N para el Golfo y > 0.5 ‰ de δ^{15}N para la costa occidental de Baja California Sur (Fig.14).

Sin embargo el enriquecimiento isotópico para δ^{13} C en los cefalópodos hacia los tiburones de *S. zygaena* fueron similares en el Golfo de California y en la costa occidental con valores de 2.2 ‰, en contraste los valores para los peces fue un enriquecimiento de 1.3‰ para el Golfo de California y de 1.6‰ para la costa occidental.

Tabla 5. Nivel trófico para el tiburón *S. zygaena,* por medio del análisis del contenido estomacal y los valores isotópicos del δ^{15} N, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S.

Tiburón *S. zygaena*	Christensen y Pauly (1992)	Post (2002)
Golfo de Califonia	3.4	3.7
Costa Occidental de B.C.S	4.0	4.1

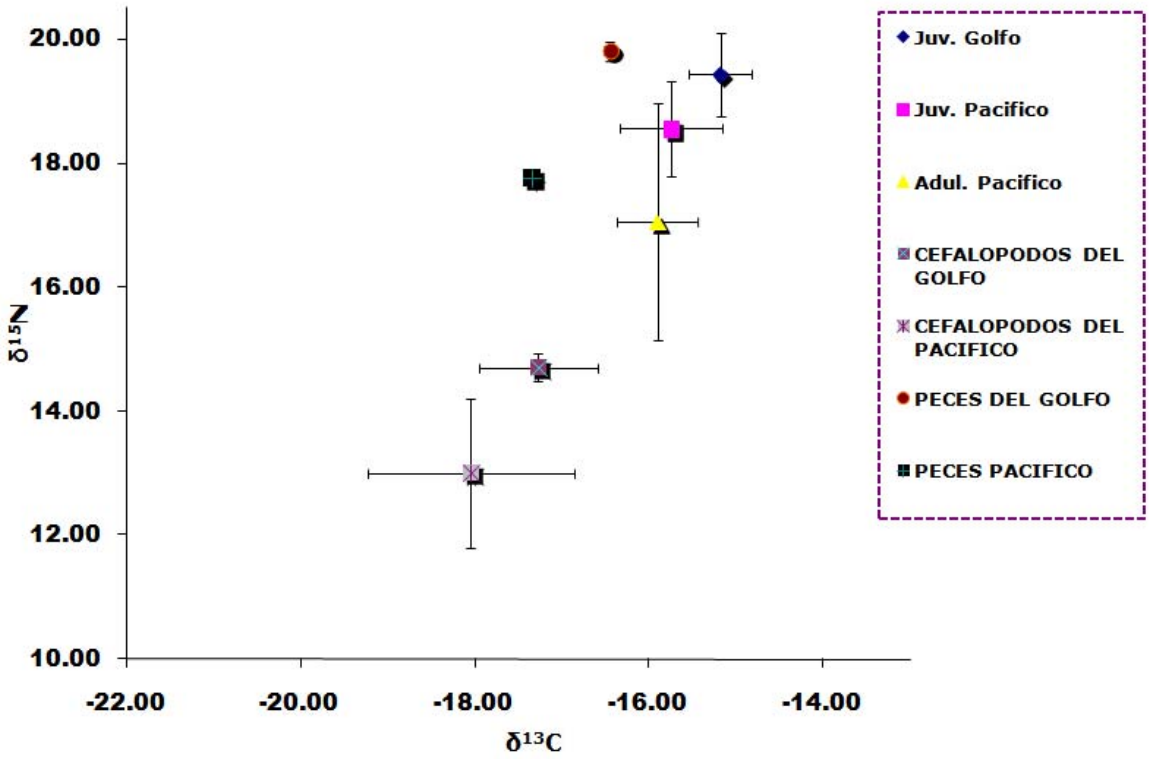

Fig.14. Medias y desviaciones estándar de carbono (δ ^{13}C) y nitrógeno (δ ^{15}N) de las presas y músculo del tiburón martillo *S. zygaena*, para el Golfo de California y la costa occidental de B.C.S.

8. DISCUSION

A pesar de que es conocido que los tiburones y otros elasmobranquios juegan un papel importante en la transferencia de energía en los ecosistemas marinos, nuestro conocimiento de la dinámica de consumo de presas hacia el depredador es mínimo, por lo que es necesario conocer el flujo de energía por medio de los nutrientes contenidos en las presas que consumen los depredadores (Chips y Garvey, 2006).

Es importante conocer los cambios ontogénicos en los hábitos alimenticios de los tiburones ya que existen factores que los afectan como son el hábitat que ocupan, migraciones, velocidad de nado, tamaño de las mandíbulas, formas de dientes y tamaño de estómago, debido a que los requerimientos de energía son diferentes en las diferentes tallas de los tiburones (Graeber, 1974; Weihs et al., 1981; Stillwell y Kohler, 1982; Lowe et al., 1996)

El análisis del contenido estomacal proporciona un alto grado de precisión taxonómica, pero es limitado, ya que sólo proporciona información a corto plazo de la dieta de los tiburones. Un enfoque complementario al estudio de los hábitos alimenticios es el análisis de isótopos estables, los cuales proporcionan información integrada en el tiempo, para el seguimiento del flujo de energía en redes tróficas acuáticas (Fry y Sherr 1984; Fry y Peterson 1987).

De los 136 estómagos que se analizaron del tiburón *S. zygaena,* solo el 40% tenían contenido. Existen varias causas de este valor bajo de estómagos con alimento, ya que incluye estómagos regurgitados debido al traslado de tiburones de aguas más profundas hacia la superficie o por el uso de anzuelos (Chips y Garvey, 2006). Asimismo los tiburones capturados pueden permanecer más de 12 horas en las redes o palangres, debido a que estas artes de pesca son colocadas en las primeras horas del día y los pescadores regresan al día siguiente por ellas, por lo cual el proceso de digestión continua en los tiburones capturados (Aguilar-Castro, 2004).

Bush y Holland (2002), mencionan que *Sphyrna lewini* presenta una tasa de digestión rápida en relación con otros tiburones, teniendo un tiempo de digestión (de un 80% del alimento consumido) de 5.4 a 22.1 horas, lo cual se podría aplicar a *S. zygaena* como miembro de la misma familia Sphyrnidae y que se ha registrado en hábitats similares de *S. zygaena*. Este tipo de proporciones de estómagos vacios en estudios de tiburones provenientes de la pesquería comercial es común, debido al arte de pesca utilizado (Wetherbee et al., 1990).

Blanco-Parra (2009) para la raya *Z. exasperata,* en la costa central de Sonora y por Valadez-González (2007) para *Z. exasperata* en las costas de Jalisco y Colima, reportan un alto porcentaje (77% y 46% respectivamente) de estómagos vacíos. El método de captura podría ser un factor que incida en el número de estómagos vacíos encontrados, ya que el tiempo que dura el organismo en el arte de pesca afecta el proceso de digestión.

El estado de digestión de los peces presa registrados en *S. zygaena* fue de valores intermedios a un estado avanzado de digestión; mientras que los cefalópodos se encontraban muy digeridos, debido a que su músculo es más blando y fácil de digerirse, por lo cual solo se encontraba el aparato mandibular (pico), el cual es más resistente a la digestión debido a que esta compuesto de quitina.

Schaefer (1984) y Olson y Boggs (1986), señalan que las presas con menor energía (menos calorías), son evacuadas de manera más rápida en los estómagos, contrario a lo que sucede con las presas con alto contenido energético, debido a que los niveles de energía en los organismos está directamente relacionado con la cantidad de lípidos en los tejidos, por lo cual la digestión es más lenta en presas con mayor cantidad de lípidos como sucedería con la macarela (*Scomber japonicus*) registrada en el presente estudio.

Los resultados indican que *S. zygaena* tiene una mayor preferencia por los calamares que se encuentran en las zonas oceánicas.

8.1 Espectro trófico general de *Sphyrna zygaena*

La dieta de muchas especies de tiburones incluye peces teleósteos (hasta 90%), particularmente en tiburones del género *Carcharhinus* (Bass et al., 1973; Stevens et al, 1986) incluyendo al bironche (*Rhizoprionodon*) y martillo (*Sphyrna*) (Stevens y Lyle, 1989; Stevens and McLoughlin, 1991; Simpfendorfer and Milward, 1993)

Muchos tiburones pelágicos se alimentan de calamares y algunos tiburones demersales ocasionalmente consumen pulpos (Stillwell and Casey, 1976; Kohler, 1987; Smale, 1991). En los estómagos de *S. zygaena* se identificaron un total de 23 presas diferentes compuestas principalmente por cuatro especies de cefalópodos (*Dosidicus gigas, Onychoteuthis banksii, Sthenoteuthis oualaniensis y Ancistrocheirus lesueurii*). En cuanto a la amplitud de la dieta se observó que este tiburón es una especie especialista (Bi = 0.13) debido al mayor consumo de algunas especies de calamares.

Galván-Magaña et al. (1989), describen que los cefalópodos pelágicos son un alimento importante (42%) en la dieta de *S. zygaena* en el Golfo de California, consumiendo principalmente las especies *Histioteuthis heteropsis, Onychoteuthis banksii* y Fam. Cranchiidae; mientras que en el Pacifico ecuatoriano, la depredación de *S. zygaena* fue también sobre cefalópodos que incluye principalmente a tres presas: *Dosidicus gigas, Sthenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* (Estupiñán-Montaño y Cedeño-Figueroa 2005). Estos cefalópodos principales también se presentaron en los contenidos estomacales de *S. zygaena* del presente estudio, indicando la amplia distribución de estas especies de cefalópodos en el Océano Pacifico oriental.

Stevens (1984), registra en Australia que los cefalópodos son importantes en la dieta de diferentes especies de tiburones (*Isurus oxyrinchus, Galeocerdo cuvieri* y *Sphyrna zygaena*); mientras que Smale (1991) registra que las presas dominantes en la alimentación de *S. zygaena* en las costas de Cabo Este en el Sur de África son los calamares (65.2%) de las siguientes especies: *Ancistrocheirus lesueurii,*

Ommastrephes bartramii, Ornithoteuthis volatilis, Sthenoteuthis oualaniensis, Todarodes filippovae, Todarodes sp., *Argonauta argo* y *Liocranchia* sp. En esta investigación de Sudáfrica se registran dos de los cefalópodos registrados en el presente estudio (*Ancistrocheirus lesueurii* y *Sthenoteuthis oualaniensis*).

Existen varias especies de tiburones en Sudáfrica que depredan principalmente sobre cefalópodos, siendo estas presas las más dominantes en su dieta (Smale, 1996). En Baja California Sur se encuentran varias especies de tiburones que se alimentan de cefalópodos, incluyendo a *Sphyrna lewini*, la cual consume *Dosidicus gigas, Onychoteuthis banksii* y *Abraliopsis affinis* (Aguilar-Castro, 2004); mientras que el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) se alimenta de *Dosidicus gigas* y *Ancistrocheirus lesueurii* (Velasco, 2005). El tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* se alimenta de los cefalópodos: *Dosidicus gigas y Argonauta cornutus* (Cabrera Chávez-Costa, 2003),

Cuando las presas son abundantes en un área, el depredador se especializa en la captura de un alimento en particular, maximizando su consumo y aprovechamiento de energía; en cambio si el alimento es escaso, los tiburones no pueden escoger a sus presas, por lo que se alimentan de cualquier organismo disponible utilizando mayor energía (Cabrera, 2003).

Debido a que existen depredadores más especializados en la obtención de alimento, es necesaria la cuantificación de la amplitud de su nicho trófico, de tal forma que un depredador puede ser considerado especialista si se encuentra alimentándose de pocas presas (Colwell y Futuyma, 1971, Cabrera 2001)

8.2 Espectro trófico por sexo

Diferentes autores reportan diferencias en la dieta entre sexo de tiburones, donde se puede observar una probable segregación sexual al consumir presas diferentes. La proporción entre hembras y machos de *S. zygaena* fue de 1.4 H: 1M, observando

con el índice de Levin que la amplitud de la dieta fue un poco mayor en machos (*Bi*=0.24) que en las hembras (*Bi*=0.17), aunque ambos sexos son especialistas y se considera que existe una sobreposición media en la dieta entre sexos de *S. zygaena* (*Cλ*= 0.51), debido principalmente a que se alimentan de algunas especies similares pero con diferente valor porcentual.

Las presas principales de las hembras fueron: *Dosidicus gigas, Onychoteuthis banksii, Ancistrocheirus lesueurii, Sthenotheuthis oualaniensis*; mientras que en los machos consumían más *Dosidicus gigas* y *Sthenotheuthis oualaniensis,* así como sardinas *Sardinops caeruleus*.

Estupiñán-Montaño y Cedeño-Figueroa (2005), registraron en el Pacifico ecuatoriano que *S. zygaena* presenta valores bajos de amplitud de nicho trófico (índice de Levin $C\lambda$ = 0.59) por lo cual se clasifica como un depredador especialista en ambos sexos.

En el caso de *Sphyrna lewini,* Aguilar-Castro (2004), encontró una segregación por sexo y un mayor número de hembras que se alimentan en aguas oceánicas y de presas epipelágicas; mientras que los machos se alimentan cerca de la costa donde inciden sobre presas bentónicas. Cliff (1995) en Sudáfrica analizó la dieta de *Sphyrna mokarran,* encontrando que tanto hembras como machos son capturados principalmente en aguas templadas y se alimenta principalmente de otras especies de elasmobranquios, peces, y en menor cantidad de cefalópodos y crustáceos.

8.3 Espectro Trófico entre Juveniles y Adultos.

La pesca de tiburón en México es una actividad muy antigua. Los sistemas de captura comúnmente utilizados han sido el palangre y las redes de enmalle, ambos de deriva y de fondo. Las redes de enmalle han demostrado ser una amenaza para especies no objetivo, pues no obstante su alta selectividad a la talla de especies que captura, la captura incidental es prácticamente inevitable, por ello es común que los juveniles de *S. zygaena* sean capturados con redes de diferente luz de malla; mientras que los palangres capturan tiburones de diferente tamaño dependiendo el tamaño del anzuelo utilizado.

En Ecuador las longitudes de *S. zygaena* incluyen tallas desde 85 a 286 cm LT, con una talla promedio de 122 cm LT, lo cual indica una mayor explotación pesquera sobre juveniles. En el análisis por sexo en esta especie de tiburón, las tallas de las hembras fluctuaron entre 93 y 230 cm LT; mientras que los machos estuvieron entre 85 y 286 cm LT (www.inp.gov.ec). En el presente estudio se encontraron tallas entre 58 a 160 cm de LT, considerados como tiburones juveniles de *Sphyrna zygaena.* Los juveniles consumieron cefalópodos (*D. gigas, S. oualaniensis, O. banksii*) y algunos peces (*S. caeruleus*); mientras que los adultos (259 a 283 cm LT), tuvieron preferencia por los cefalópodos (*A. lesueurii* y *O. banksii*). Con base en el hábitat de las presas, se podría mencionar que los juveniles se alimentan durante la noche y cerca de la costa, en comparación con los adultos que se alimentan en zonas más profundas y oceánicas.

Klimley (1983), señala que los tiburones martillo *Sphyrna lewini* juveniles en el Golfo de California tienen una mayor preferencia por consumir cefalópodos juveniles mesopelágicos y epipelagicos, así como de peces epipelagicos, lo cual coincide con el origen de las presas registradas en este estudio en ambas costas de Baja California Sur.

La amplitud de nicho trófico del presente estudio indica que tanto juveniles como los adultos de *S. zygaena* son especialistas, al consumir con mayor ferecuencia algunas especies de cefalópodos (*Ancistrocheirus lesueurii, Dosidicus giga, Onychoteuthis banksii,* y *Sthenoteuthis oualaniensis*). En cuanto al traslape en la dieta entre juveniles y adultos, se encontro una baja sobreposición ($C\lambda$= 0.20), lo cual indica que se alimentan de presas diferentes, ya que los juveniles se alimentan principalmente de los cefalópodos *D. gigas, S. oualaniensis, O. banksii* y de los peces *S. caeruleus, Mugil cephalus* y *Synodus evermanni*; mientras que los adultos consumen más *O. banksii* y *A. lesueurii*.

Aguilar-Castro (2005), reporta que en la dieta de juveniles de tiburón martillo *S. lewini* en el suroeste del Golfo de California incluyen organismos neríticos (Familias Muraenidae, Paralichthydae, Ophichthidae, Serranidae, Scombridae, Labridae), así como calamares epipelagicos juveniles (*D. gigas*), lo cual indica que utilizan la zona costera del Golfo de California como un área de alimentación y crecimiento. Se sabe que *S. zygaena* también utiliza áreas costeras como zonas de crianza en Hawaii (Bush y Holland, 2002; Bush, 2003).

Smale (1991) menciona que los adultos de *S. zygaena* en Sudáfrica se encuentran principalmente en aguas oceánicas, alimentándose de cefalópodos oceánicos a 100 m de profundidad; mientras que los juveniles permanecen en aguas costeras alimentándose principalmente de calamares costeros y peces, lo cual coincide con el comportamiento registrado en el presente estudio, debido a la menor capacidad que tienen los organismos juveniles para buscar presas más rápidas como son los calamares, por ello buscan presas de fácil captura en las zonas costeras y cercanas al fondo.

8.4 Espectro Trófico por zonas

8.4.1 Golfo de California (zona A y B)

Las características oceanográficas del Golfo de California que incluyen los procesos de surgencias y la entrada de masas de agua cálida proveniente del Pacífico oriental permiten el establecimiento de un hábitat importante para los pelágicos mayores (tiburones, matarrayas, peces picudos, dorados, atunes, etc), así como mamíferos marinos y tortugas marinas. La diversidad de peces teleósteos y elasmobranquios sustenta importantes pesquerías en esta región; sin embargo en algunos casos las redes de enmalle han sido responsables de la disminución de la abundancia de especies endémicas con baja resiliencia reproductiva, como es el caso de la vaquita marina, la totoaba y algunos peces lutjánidos y serránidos, generalmente de alta longevidad (Barrera-Guevara 1990; Cisneros-Mata et al. 1995; True et al. 1996; Cudney Bueno y Turk Boyer 1998; Musick et al. 2000; Pedrín-Osuna et al. 2001).

La zona A se encuentra en la región central del Golfo. En esta zona el tiburón *S. zygaena* se alimento principalmente de cefalópodos (*D. gigas* y *S. oualaniensis*), por lo que se le consideró como depredador especialista según el índice de Levin (*Bi*=0.15), debido al mayor consumo de los cefalópodos. En esta zona es abundante el calamar *Dosidicus gigas*, el cual se explota comercialmente con capturas abundantes entre Santa Rosalía, B.C.S y Guaymas, Sonora (Gilly, et al. 2006).

La zona B se ubica cercana a Bahía de la Paz, y se observó una alimentación de tipo generalista (*Bi*=0.78) debido a que este tiburón incluyo en su dieta a los cefalópodos (*D. gigas, O. banksii, A. affinis*) y peces (*S. caeruleus, S. evermanni, S. exilis*) como presas preferenciales. En otro estudio de los hábitos alimenticios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* se registro que los juveniles se encuentran abundantes en el suroeste del Golfo de California, principalmente en la Bahía de la Paz (Aguilar-Castro, 2005) cuando las temperaturas son frías (diciembre-marzo) y consumen a los cefalópodos *Ancistrocheirus lesueurii* y *Dosidicus gigas*.

En comparación con otros estudios de esta especie de tiburón realizados en otras áreas geográficas como en el caso de Ecuador, se observa que *Sphyrna zygaena* está clasificado como un depredador especialista, ya que presenta preferencia por algunas presas donde dominan los calamares *D. gigas*, *S. oualaniensis* y *A. lesueurii* (Estupiñán-Montaño y Cedeño-Figueroa, 2005).

En relación al índice de traslapamiento (*Cλ*= 0.41) para estas dos zonas (A y B), se encontró que existe una sobreposición media debido al mayor consumo de *D. gigas.* Esta especie de calamar es un componente importante dentro del ecosistema del Golfo de California ya que los juveniles de este cefalópodo constituye una de las principales presas de tiburones (Aguilar- Castro y Galván-Magaña, 2003) y grandes peces pelágicos (Abitia-Cárdenas et al. 1999, 2002; Rosas-Aloya et al. 2002), mientras que los adultos de *D. gigas* son el alimento principal de los cachalotes (Ruiz-Cooley et al. 2004, Davis et al. 2007).

Nigmatullin et al. (2001) designan al calamar gigante (*D. gigas*) como un depredador activo que tiene gran impacto en los ecosistemas, ya que se alimenta de peces mictófidos, calamares y crustáceos (Markaida y Sosa-Nishizaki 2003). Por lo tanto, *D. gigas* es considerada una especie clave dentro del funcionamiento trófico del ecosistema del Golfo de California (Rosas-Luis 2005, Markaida, 2006).

Otra especie de tiburón martillo que era común en el Golfo de California es *Sphyrna lewini*; sin embargo debido a la capturas excesivas realizadas en tiburones a partir de 1996, sus registros diminuyeron, de tal forma que es raro encontrar cardúmenes grandes de esta especie dentro del Golfo (Galván, 2009). Galván-Magaña *et al*., (1989), así como Klimley *et al*., (1993) reportaron que *Sphyrna lewini* eran una de las especies más comunes en verano y primavera, la cual se capturaba por medio de palangres y redes dentro del Golfo de California. En el estudio de los hábitos alimenticios del tiburón martillo *Sphyrna lewini* se registro que los juveniles se encuentran en el suroeste del Golfo de California, principalmente en la Bahía de la Paz (Aguilar-Castro, 2005).

8.4.2 Costa Occidental de Baja California Sur (zona C y D)

La costa occidental de la península de Baja California se caracteriza como una zona de intensa actividad de surgencias costeras, generadas por los vientos dominantes del Noroeste, principalmente en los meses de primavera. Estas surgencias activan el transporte de nutrientes de aguas profundas a la zona eufótica, conformando zonas de alta productividad biológica (Lluch-Belda, 2000).

La zona C (Punta Lobos) se encuentra en la parte sur de la península, los tiburones *S. zygaena* muestreados en esta zona, presentaron una alimentación compuesta principalmente por peces (*Mugil cephalus*, *Sardinops caeruleus*, *Brotula* spp.) y una especie de cefalópodo (*Pholidoteuthis boschmai*). El hábitat de las presas más importantes en la dieta de este tiburón provienen de la zona demersal o asociadas al

fondo, excepto por la sardina, la cual es epipelágica; mientras que el cefalópodo *P. boschmai,* habita aguas oceánicas entre la superficie y 2000 m de profundidad (Roper et al. 1984).

En el análisis de amplitud de dieta se considero a *S. zygaena* de esta zona C como un depredador de tipo generalista (*Bi*=0.78), debido al mayor consumo de presas sin dominancia de algunas especies. La zona D, es el área central de la costa occidental de Baja California Sur, cercana al complejo lagunar Bahía Magdalena. En esta zona el tiburón *S. zygaena* tuvo una alta preferencia sobre calamares (*O.banksii*, *S. oualaniensis, A. lesueurii* y *D. gigas*).
En cuanto al traslapo de la dieta entre la zona C y D, se encontró una sobreposición media (*Cλ*= 0.36), por lo que se puede considerar que estas dos zonas el tiburón martillo comparte presas similares, integradas principalmente por los cefalópodos.

Otras especies de tiburones comunes en estas zonas C y D son: el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis,* el cual consumió principalmente a la langostilla *Pleuroncodes planipes* (Cabrera 2003), especie de crustáceo de alta abundancia en la costa occidental de Baja California Sur; sin embargo *S. zygaena* no lo incluye en su dieta, probablemente por su mayor preferencia de alimentarse de peces bentónicos en la zona costera o de calamares en aguas profundas de la zona oceánica. Asimismo el tiburón piloto también consumió calamar gigante *Dosidicus gigas* y la macarela *Scomber japonicus*.

Otro de los tiburones especialista en alimentarse de cefalópodos es el tiburón azul, el cual es la especie más abundante de la costa occidental de Baja California Sur y consume a sus presas en aguas oceánicas (Hernández, 2008).

Es importante resaltar la importancia que tienen los cefalópodos en aguas de Baja California Sur ya que juegan un papel importante en la alimentación de tiburones y de otros depredadores en las zonas oceánicas, incluyendo peces pelágicos mayores, mamíferos marinos y aves marinas (Clarke, 1980, 1983).

8.5 ANALISIS ISOTÓPICO

El análisis de las variaciones naturales en la proporción de isótopos estables constituye una herramienta útil para el estudio de las estrategias de alimentación en animales y es una aproximación de uso común en ecología (Kelly 2000; Rubenstein 2004; Fry 2006).

El análisis del isótopo de Nitrógeno asume que el consumidor excreta ^{14}N, enriqueciendo su tejido con ^{15}N con respecto a su alimento, este proceso es conocido como "fraccionamiento". En diversos estudios realizados en ecosistemas acuáticos se ha observado un fraccionamiento de 2.5 ‰ –3.8 ‰ en $\delta^{15}N$ por nivel trófico (Hobson y Welch 1992, Post 2002).

En el análisis isotópico que se realizó para los tiburones *S. zygaena* entre hembras y machos en el Golfo de California, se encontraron diferencias en los valores de $\delta^{13}C$, lo que podría indicar que las presas de las que se alimentan ambos sexos son principalmente de origen costero, como son los peces *S. caeruleus, S. evermanni* y *S. exilis*,; mientras que en los valores de $\delta^{15}N$ no hubo una variación y es probable que se refleje la firma isotópica de los cefalópodos de origen mesopélagico..

De la misma manera, en los resultados de isótopos de la costa occidental de B.C.S., los valores isotópicos de $\delta^{13}C$ para hembras y machos fue diferente; mientras que en el $\delta^{15}N$ no se observaron diferencias, indicando que este tiburón se alimenta en esta zona de presas de aguas profundas como son los cefalópodos *D. gigas, A. lesueurii* y *S. oualaniensis* que migran a la superficie durante la noche y probablemente esta migración es para consumo de presas epipelagicas o mesopelágicas como son los peces mictófidos o la langostilla (Rosas, 2007).

Aguilar-Castro (2004), encontró que los valores isotópicos de *S. lewini* en el Golfo de California presentan diferencias en la posición trófica que ocupan los tiburones martillos juveniles con relación a los adultos; tal diferencia en esta posición indica que los juveniles utilizan zonas diferentes de alimentación con respecto a los adultos.

Los juveniles se mantienen en aguas costeras del Golfo de California (Bahía de La Paz), alimentándose de especies epipelágicas, bentónicas y demersales. Por lo que los valores de $\delta^{13}C$ muestran una correspondencia a cadenas tróficas costeras; mientras que los adultos consumen calamares mesopelágicos y epipelágicos con valores de $\delta^{13}C$ provenientes de cadenas tróficas oceánicas.

Díaz-Gamboa (2003), en un estudio con delfines encontró dos ecotipos: tursiones costeros, representados por individuos provenientes de la Ensenada de La Paz, B.C.S., los cuales tuvieron una razón isotópica promedio de -12.9 ± 0.38‰ para δ13C y de 18.38 ± 0.07‰ para δ15N. Los demás individuos correspondieron a tursiones oceánicos (n=33), los cuales tuvieron una razón isotópica promedio de -15.75 ± 0.39‰ para δ13C y de 18.80 ± 0.56‰ para δ15N. Sus resultados de isótopos estables no reflejaron una dieta similar entre los tursiones costeros y oceánicos, que en ocasiones son simpátricos en la Bahía de La Paz.

Para los juveniles de *S. zygaena* del Golfo de California y de la costa occidental, los valores de isótopos de carbono y nitrógeno indican un origen más costero en ambas zonas; sin embargo en los contenidos estomacales se registró el consumo de presas mesopelágicas como los calamares. Los juveniles del tiburón martillo *S. zygaena* consumen más peces en las zonas costeras y probablemente realizan migración horizontal hacia las zonas oceánicas para alimentarse de cefalópodos oceánicos. En relación a los adultos de este tiburón, solo se registraron en la costa occidental de B.C.S. y los valores de isótopos indican que su nivel trófico es menor que el de los juveniles ya que su alimentación es en zonas más oceánicas y consumen principalmente cefalópodos mesopelágicos, los cuales realizan migraciones verticales a la superficie para alimentarse.

Diversos autores mencionan que conforme los organismos aumentan de talla, presentan variaciones en valores de nitrógeno, debido a cambios de la tasa de renovación, la cual disminuye conforme crece el organismo por efecto de cambios en los procesos metabólicos, o bien como resultado de cambio de dieta con diferente

información isotópica (Hansson *et al*., 1997; Maroyoma *et al*., 2001; Overman y Parrish, 2001; Jardine *et al*., 2003).

En el estudio de Díaz-Gamboa (2003) con tursiones, reporta que las razones isotópicas de carbono y nitrógeno fueron similares entre los tursiones oceánicos y cachalotes, con los cuáles se asocian y sugiere que los tursiones oceánicos se alimentan de presas similares, principalmente *D. gigas*. La dieta de los cachalotes ha sido ampliamente descrita, la cual se basa principalmente en cefalópodos mesopelágicos y batipelágicos con un consumo preferencia de *D. gigas* en el Pacífico Oriental Tropical (Clarke et al. 1988) incluyendo el Golfo de California.

Otros estudios de isotopos en tiburones realizados en la costa occidental de B.C.S., indican valores de δ13C entre -18.51 a -17.12 ‰ en el tiburón piloto (Carcharhinus falciformis) (Cabrera Chávez-Costa, 2003), indicando una alimentación más oceánica, lo cual se refleja por el consumo de presas oceánicas (Scomber japonicus, Dosidicus gigas y Pleuroncodes planipes). El tiburón mako juvenil (Isurus oxyrinchus) presento valores de δ13C de -17.07 a -15.66 ‰ (Velasco, 2005), indicando una alimentación tanto costera como oceánica. En S. zygaena tuvo valores de isotopos de carbono de -15.78 ‰, indicando una alimentación más costera. Rau et al. (1983), encontraron que los valores para el tiburón blanco Carcharodon carcharías estaban enriquecidos (δ13C = -15.8 a -16), debido a que el tiburón blanco es un organismo que se alimenta principalmente de pinnípedos, los cuales son organismos más costeros o que habitan en islas, consumiendo presas de orígen bentónico. Asimismo Rau et al. (1973) compara los valores obtenidos por la ballena azul Balaenoptera musculus (δ13C= -17.3 a -17.9), indicando que la ballena azul se alimenta principalmente de eufáusidos en la zona oceánica.

Un trabajo realizado en elefantes marinos en dos islas del Pacifico oriental: Isla San Benitos, México (SB) y Año Nuevo, California (AN), muestran que los valores de δ^{13}C en la población del sureste (SB) tiene una distribución más costera que los de AN y no encuentran una diferencia en el nivel trófico de las presas tomadas por las

poblaciones de elefantes hembras en ambas zonas, lo que indica que consumen presas de nivel trófico similar (Aurioles et al.. 2006).

8.5.1 ANALISIS ISOTOPICO TIBURÓN VS. PRESAS

El estudio de los ecosistemas generalmente demuestran que al remover poblaciones de peces pelágicos mayores en comunidades tropicales y templadas, afecta la abundancia de otras especies de peces que influye en los niveles tróficos siguientes (Stevens et al. 2000, Cox et al. 2002, Kitchell et al. 2002).

Los isótopos estables de Carbono $\delta^{13}C$ y Nitrógeno $\delta^{15}N$ son almacenados en los músculos de los organismos, los cuales al ser consumidos por otros organismos, transfieren esa información isotópica a su depredador lo cual se refleja en un enriquecimiento isotópico en cada aumento de nivel trófico y permite determinar la relación presa-depredador (Oelberman y Scheu, 2001; Hooker y Bair 2001; Das, et al., 2003).

Los valores isotópicos de las mandibulas (“picos”) de las diferentes especies de cefalópodos consumidos por el tiburón martillo (*S. zygaena*), indican que su hábitat o su zona de desplazamiento permanece en zonas oceánicas; sin embargo los análisis de isótopos en los músculos de los tiburones fueron diferentes, indicando un tipo de alimentación más costera. Es probable que debido a que los tiburones tienen un crecimiento lento, la tasa de recambio celular tambien es lenta y no se refleje aún la transferencia isotópica de la presa hacia el depredador (Seth Newson, Carnagie isotopic center. Comunicación personal)

Díaz-Gamboa (2009) reporta que los calamares de la boca del Golfo de California presentaron valores bajos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en todas las zonas del Golfo, por lo que los calamares reflejan el valor del nitrógeno del área de estudio.

Los valores de isótopos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en cefalópodos del Golfo de California presentaron un comportamiento diferente a los valores isotópicos de los cefalópodos

de la costa occidental. En ambas áreas se observó que los valores de δ13C indica que los calamares presentan una firma isotópica más oceánica; sin embargo en δ15N, los cefalópodos del Golfo presentan valores ligeramente más altos (16‰), comparado con los valores presentes en la costa occidental (13‰), debido probablemente a diferencias en el alimento consumido por los cefalópodos en ambas zonas.

Rosas (2007) encuentra que *Dosidicus gigas* se alimenta de langostilla (*Pleuroncodes planipes*) en la costa occidental de Baja California Sur. Asimismo la langostilla se alimenta principalmente de plancton por lo que la cadena trófica es más corta hacia el depredador; sin embargo esta misma especie de calamar se alimenta de peces mesopelágicos (mictófidos) en el Golfo de California (Markaida y Sosa-Nishizaki, 2003).

La distribución vertical de los cefalópodos tiene implicaciones importantes en las tasas de depredación. Algunos cefalópodos, como *Argonauta cornuta, A. noury, A. pacificus, Ancistrocheirus lesueuri*, *Loligo opalescens* y *Loliolopsis diomedeae* se encuentran cerca de la superficie (0-125 m) y son más vulnerables a ser consumidos por los depredadores. Asimismo los cefalópodos que realizan migraciones verticales durante la noche (Clarke y Lu, 1975; Roper y Young, 1975) hace que sean vulnerables a los depredadores cuando están cerca de la superficie. Las especies que migran verticalmente de aguas profundas (1500 m) hacia la superficie incluye a las especies *D. gigas*, *S. oualaniensis*, *Pholidoteuthis boschmai*, *T. rhombus*, *O. banksii* y *Alloposis mollis* (Clarke y Lu, 1975; Roper y Young, 1975).

Otros cefalópodos que migran verticalmente de aguas profundas hacia aguas mesopelágicas (2000-200 m) incluyen a las especies que fueron registradas en los estómagos de *S. zygaena* del presente estudio: *Abraliopsis affinis*, *A. falco*, *Mastigoteuthis* spp., *Vampyroteuthis infernalis*, *Japetella heathi* y *Vitreledonella richardi*. Debido al hábitat mesopelágico en el cual se encuentran estos calamares,

el tiburón martillo tiene que realizar buceos a estas profundidades para consumir este tipo de presas.

Las especies de peces presa de S. zygaena (S. caeruleus, S. evermanni) que se analizaron isotópicamente, mostraron firmas isotópicas más oceánicas y son principalmente epipelágicos

8.6 NIVEL TRÓFICO

Se utilizan dos metodologías para conocer el nivel trófico de una especie a) El estudio en la composición de la dieta y el uso de de las proporciones relativas de los tipos de presas y su respectivo nivel trófico (Mearns et al., 1981; Sanger, 1987) y b) análisis de isótopos estables, el cual proporciona estimaciones de los alimentos asimilados basados en mediciones de isótopos estables de nitrógeno y de carbono en los tejidos de los consumidores (Fry y Sherr, 1988; Owens, 1988). El conocer la dieta y las razones de isotopos estables permite calcular la posición trófica de los depredadores (Vander Zanden y Rasmussen 1999).

El nivel trófico (NT) es una forma de clasificar a los animales de acuerdo con sus relaciones alimenticias en un ecosistema. Al fitoplancton y las algas se les asigna un NT de 1; mientras que a los consumidores de plantas o detritos un NT de 2, y para los carnívoros el NT está entre 3 y 5 (Hobson y Welch 1992). La mayoría de elasmobranquios ocupan niveles tróficos altos (>4) por ser depredadores tope de los ecosistemas marinos, compartiendo este nivel con otros grupos de vertebrados como mamíferos marinos y peces óseos (Pauly *et al.* 1998, Cortés 1999, Ebert y Bizzarro 2007).

Cortés (1999), resume los datos del contenido estomacal de tiburones para estimar el nivel trófico de 149 especies, concluyendo que el análisis del contenido estomacal afirma una posición trófica alta para los tiburones; mientras que el análisis de isótopos estables puede ser desarrollado para validar los resultados de la dieta.

Los cefalópodos son las presas de mayor importancia en el tiburón *S. zygaena,* y se encontraron en un nivel trófico inferior a los tiburones, debido a las presas que consumen los cefalópodos, ya que ocupan niveles tróficos inferiores al alimentarse de peces zooplanctíoros.

El nivel trófico para *S. zygaena* calculado a partir del análisis de contenido estomacal para la zona del Golfo de California indica que es un depredador carnívoro secundario ya que tiene una dieta basada en peces aunque también consume calamares. Los valores isotópicos del nitrógeno para el Golfo permiten inferir que las presas de las que se alimenta son de hábitat epipelágico debido a los bajos niveles de nitrógeno; mientras que en la costa occidental de B.C.S. el valor fue de un depredador carnívoro terciario alimentándose principalmente de calamares pelágicos, con un habitat más océanicos.

Velasco-Tarelo (2005), determinó tres niveles tróficos en el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), Una de sus presas principales *Scomber japonicus* tuvo valores de δ^{15} N, que lo posicionaron en un nivel trófico similar a su depredador. Este estatus trófico del tiburón puede ser debido a su tipo de alimentación ya que es considerado un depredador oportunista. Otra de las presas consumidas por el tiburón mako fue el calamar *Dosidicus gigas,* el cual presento una misma posición trófica con los tiburones mako juveniles, pero una menor posición trófica con respecto a los tiburones adultos, Asimismo una de la spresas principales del tiburón mako juvenil fue el pez *Prionotus albirostris* con hábitat bentónico-costero y ocupó una posición trófica similar de su depredador *P. albirostris* es considerada una especie carcinófaga.

Ruiz-Cooley et al. (2004), realizaron un estudio en picos de calamares de *D. gigas* para estimar la posición trófica, y la compararon con el contenido estomacal e isótopos estables, encontrando diferencias significativas en las razones isotópicas de C y N por tamaños de calamar gigante, sugiriendo un cambio geográfico indicado por el δ^{13}C y un incremento en el nivel trófico, por medio del δ^{15}N, debido a las altas

posiciones tróficas de las presas que son consumidas por los calamares de tallas medianas.

En estudios sobre el nivel trófico de calamares, se ha documentado el incremento en los valores de δ^{15}N y de nivel trófico proporcional al incremento del tamaño del calamar, debido al cambio en el consumo de presas en las tallas más grandes (Kelly, 2000).

Los distintos niveles tróficos en las diferentes etapas de vida de los calamares, ha permitido que se le asigne un nivel trófico de 3.2 a los calamares menores de 50 cm LM y de 3.7 a los mayores de 50 cm LM (Pauly et al., 1998). Díaz-Gamboa (2009), reportó un nivel trófico para *Dosidicus gigas* de 3.1 para la talla de 25.5 cm LM. Asimismo observó un incremento en el nivel trófico asociado al aumento de la talla de esta especie de calamar.

El enriquecimiento isotópico del δ^{13}C y δ^{15}N que se obtuvo para S. zygaena fue mayor en los calamares y menor en los peces. Los valores de carbono (15C) tienden a estar más enriquecidos cuando están cercanos a la costa, debido a que en las zonas costeras las cadenas alimenticias son más largas, de manera que es mayor el enriquecimiento isotópico; mientras que en las zonas oceánicas, el aporte de nutrientes es generalmente más limitado.

En las áreas costeras, el análisis de isótopos estables indica la fuente de los productores primarios y su aporte a niveles tróficos superiores (Currin et al. 1995; Deegan and Garritt 1997; Jennings et al. 1997; Marguillier et al. 1997; Hsieh et al. 2000; Kaehler et al. 2000; Pinnegar and Polunin 2000; Riera et al. 2000; Vizzini et al. 2002).

También se ha considerado que los niveles de producción de microalgas de las zonas oceánicas son más lentas por el decremento de CO_2 acuoso y consecuentemente los valores de δ^{13}C de carbono fijado en la base de la red trófica

es bajo, además que las cadenas alimenticias son más cortas y el enriquecimiento es menor para cada nivel trófico. Con respecto al nitrógeno (^{15}N), el enriquecimiento es mayor en organismos asociados a las aguas profundas (Hobson *et al*., 1995; Hansson *et al*., 1997; Schell, 1998, Díaz-Gamboa, 2003).

Altabet et al., (1999) observaron que las aguas que entran a la boca del Golfo de California tienen valores isotópicos bajos por la influencia de aguas bajas en 15N del Océano Pacifico y reportan valores promedios de δ15N de 1.3 ‰ de diferencia en trampas de sedimentos y de 3 ‰ de diferencia del NO3 – en comparación con las áreas oceánicas, atribuido a la modificación del δ15N debido al proceso de denitrificación.

Hemminga y Mateo (1996), mencionan multiples factores que causan la variación latitudinal del $\delta^{13}C$ en los organismos fotosintetizadotes, con un consecuente reflejo en los niveles superiores de la red de alimentos. La intensidad de la luz influye la variabilidad isotópica entre los individuos de la misma especie y la respuesta del organismo al estímulo conduce un enriquecimiento de ^{13}C cercano a 4 ‰, debido al incremento en el consumo de ^{13}C contenido en el carbono inorgánico disuelto.

Se ha observado que tanto los valores de isotopos de carbono como de nitrógeno pueden variar espacialmente en los productores primarios, debido a diferentes factores: regionales, cantidad de nutrientes o niveles de luz, tipos de producción primaria del carbono y nitrógeno o la composición del sustrato. Estos efectos, pueden diferir entre la costa y la zona oceánica y entre sitios de alimentación bentónicos y pelágicos. Con valores bajos en la zona oceánica o sistemas pelágicos y valores altos en la costa o sistemas bentónicos (McConnaughey y McRoy 1979, Rau et al. 1983, Hobson et al. 1994, France 1995).

Asimismo, los procesos de surgencias y la entrada de aguas oceánicas son eventos importantes para entender las diferencias isotópicas entre las zonas del Golfo. En la capa de mezcla vertical del agua de la superficie con agua del fondo, se observa que

hay un enriquecimiento en el ^{15}N del fondo con una disminución en el nitrato por las cianobacterias y la atmósfera en la superficie (Alfabet al., 1999; Voss et al., 2005)

En resumen, el conocer los hábitos alimenticios de esta especie de tiburón martillo basándose únicamente en el contenido estomacal, podría haber resultado complicado por el bajo número de estómagos con contenido estomacal; sin embargo, los análisis de isótopos estables han ayudado a reconocer el hábitat trófico del depredador y las presas. Esta metodología combinada fue útil y se puede usar en estudios donde las poblaciones son de baja densidad o cuando las condiciones del hábitat dificultan la recolección de una gran cantidad de muestras (Clarke et al., 2005)

9. CONCLUSIONES

El espectro trófico del tiburón martillo *S. zygaena* en Baja California Sur, está constituido por 23 tipos presa, de las cuales las de mayor importancia fueron los calamares: *Dosidicus gigas, Onychoteuthis banksii, Sthenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*.

Basándose en los resultados de contenidos estomacales, *Sphyrna zygaena* es una especie que consume sus presas tanto en la zona costera como en la oceánica y se desplaza hacia la superficie en las noches para alimentarse de cefalópodos en la zona oceánica.

La amplitud del nicho trófico entre sexos indica que son depredadores especialistas, debido al mayor consumo de algunas presas, como fueron los cefalópodos. Asimismo tuvieron una sobreposición trófica media debido a que los machos además de consumir cefalópodos, también consumen en una menor proporción de peces.

El análisis de isótopos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ sugiere que el tiburón martillo del Golfo de California se alimentoó de presas de origen costero; mientras que en la costa occidental de Baja California Sur consume presas tanto de origen costero como oceánico.

En las dos áreas de estudio se observó una diferencia en los valores de $\delta^{13}C$ entre sexos, pero una similitud de valores de $\delta^{15}N$, las hembras parecen alimentarse más en la costa; mientras que los machos se alimentan más en zonas oceánicas y principalmente de peces epipelágicos y cefalópodos mesopelàgicos.

Los valores de $\delta^{15}N$ que presentaron los tiburones juveniles fueron mayores que los adultos, indicando una dieta o un hábitat diferente por profundidad. Los adultos consumen presas mesopelágicas como los cefalópodos; mientras que los juveniles consumen presas de origen bentónico, principalmente peces.

Se puede observar que trabajos realizados para diferentes especies de organismos marinos (Lobos marinos, tiburones, tursiones, calamares, cachalotes) presentes en estas dos zonas (Golfo y el Pacifico), donde se encontró esta especie de tiburón los valores que se reportaron tanto en el carbono como en el nitrógeno tuvieron un comportamiento similar al de *Sphyrna zygaena* es decir que se mueven de zonas oceanicas hacia zonas costeras.

El nivel trófico para el tiburón martillo es de un depredador secundario dentro del Golfo de California, el cual tiene una mayor alimentación sobre especies pelágicas como son la sardina y algunos de calamares; mientras que en la costa occidental de B.C.S. presentó valores de un depredador terciario.

El nivel trófico que presentaron los calamares con respecto al de los tiburones depende del tamaño del depredador, las presas de las que se alimentan y el área geográfica donde se encuentran.

10. LITERATURA CITADA

Álvarez-Arellano, A. 1987. Aspectos oceanográficos del Golfo de California. Serie didáctica. A.4. UABCS. 37 pp.

Arkhipkin, A.I. 1997. Age and growth of the mesopelagic squid *Ancistrocheirus lesueurii* (Oegopsida: Ancistrocheiridae) from the central-coast Atlantic based on statolith microstructure. *Mar. Biol*. 129: 103-111.

Allen, T.B.1999.The Shark Almanac.The Lyons Press.EUA.274 pp.

Allen, G. R. y Robertson, D. R. 1994. Fishes of the tropical eastern Pacific. Univ. of Hawaii Press. 332 pp.

Aguilar-Castro, N. A. 2004. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Golfo de California. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 109 pp.

Aurioles-Gamboa, D., P. L. Koch, B. J. LE Boeuf, 2006. Differences in foraging location of Mexican and California elephant seals: evidence from stable isotopes in pups. Marine Mammal Science, 22(2): 326-338

Altabet M.A.,1999. The nitrogen isotope biogeochemistry of sinking particles from the margin of the Eastern North Pacific. Deep-Sea Research I 46: 655-679.

Bakun, A. y C.S. Nelson, 1977. Climatology of upwelling related processes off Baja. CalCOFI Rep. (19):107-127.

Bush, A. y Holland, K. 2002. Food limitation in a nursery area: estimates of daily ration in juvenile scalloped hammerheads, *Sphyrna lewini* (Griffith and Smith, 1834) in Kane'ohe Bay, O'ahu, Hawai'i. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 278: 157-178.

Bonfil, R.S., D. De Anda, F., y R. Mena, A. 1990. Shark fisheries in México: The case of Yucatán as an example. In: Pratt H.L., S.H. Gruber y T. Taniuchi (eds). 1990. Elasmobranch as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and the status of the fisheries. NOAA Technical Report NMFS. 90:518 pp.

Bonfil, R. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. FAO. Fish Tech. Pap. 341:1-119.

Brooks, J. y Dodson, S. I. 1965. Predation, body size, and composition of plankton. Science. 150: 28–35.

Cabrera, Ch-C, A. 2000. Determinación de los hábitos alimenticios durante las estaciones primavera y verano de *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini* y

Nasolamia velox (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) a partir del análisis de su contenido estomacal en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de Licenciatura. UNAM. México. 63 pp

Cabrera-Chávez-Costa, A. A. 2003. Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibrón, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 95 pp.

Cailliet, G.M., M.S. Love y A.W. Ebeling. 1996. Fishes, A field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. Waveland Press. EUA. 194 pp.

Calow, P. y P. Tytler. 1985. Fish energetic, news perspectives. The John Hopkins University Press. UK. 349 pp.

Castro, J. I., C. Woodley y R. Brudek.1999. A preliminary evaluation of the status of shark species. FAO Fisheries Technical Paper. 380 pp.

Castro J. I. 1983. The sharks of North American Waters. Texas University Press. E.U. A. 180 pp.

Carrier J.C., J.A. Musick, y M.R. Heithaus. 2004. Biology of sharks and their relatives. CRC Press. E.U.A. 596 pp.

Cervantes-Duarte, R. 1988. Estructura hidrográfica y condiciones de surgencia frente a Punta Eugenia, Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR. 91 pp.

Colwell, R. K. y D. J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology.* 52 (4): 567 – 576.

Compagno, J. L. V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4 Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species know to date. Parts 1 and 2. *FAO Fish. Synop.* (125) 4 (1 & 2), 655 pp.

Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54: 726-738

Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES J. Mar. Sci. 56 :707 – 717.

Cortés, E. y S. Gruber. 1990. Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). Copeia 1990 (1) : 204 -218.

Cortés, E., C. A. Manire y R. Hueter. 1996. Diet, feeding habits, and diel feeding chronology of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, in southwest Florida. Bull. Mar. Sci. 58: 353 – 367.

Clarke, M.R. 1962. The identification of cephalopod beaks and their relationship between beak size and total body weight. Bulletin of the British Museum (Natural History). 8(10): 422-480.

Clarke, M.R. 1986. A handbook for the identification of cephalopod beaks. Clarendon Press. Oxford. 273 pp.

Cliff, G. 1995. Sharks caught in the protective gill nets off Kwazulu-Natal, SouthAfrica.8. The great hammerhead shark *Sphyrna mokarran (Rüppell).* South African Journal of Marine Science. 15:105-114.

Clothier, C.R. 1950. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. California Department of Fish and Game. Fishery Bulletin. 79: 1-83.

Compagno, L.J.V., F. Krupp y W. Schneider.1995. Tiburones In: Fischer W., F. Krupp, W, Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem, (eds). 1995. Pacifico Centro-Oriental; Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. FAO; Roma. (Vol- II) 648-1652 pp.

Chamberlain, C.P., Waldbauer, J.R., Fox-Dobbs, K., Newsome, S.D., Koch, P.L., Smith, D.R., Church, M.E., Chamberlain, S.D., Sorenson, K.J., Risebrough, R. 2004. Pleistocene to recent dietary shifts in California condors. PNAS. 102(46): 16707-16711.

Christensen, V. y D. Pauly. 1992. ECOPATH II – software for balancing steady- state ecosystem models and calculating network characteristics. Ecological Modelling. 61: 169-185pp.

Daniel, W.W. 1997. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Limusa. México. 878 pp.

Estupiñán-Montaño C. y Cedeño Figueroa L. 2005. Estudio de los hábitos alimenticios mediante el análisis del contenido estomacal del tollo mico *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) y los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758), en el área de Manta – Ecuador. Tesis de Licenciatura. Universidad Laica Alfaro de Manabi. Manta, Ecuador. 133 pp.

Fischer, W., F. Krupp, W, Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter y V.H. Niem, (Red.) 1995. Pacifico Centro-Oriental; Guia FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. FAO; Roma. (Vol- I - II - III) 1 -1813 pp.

Franks, P.J.S. 1992. Phytoplanckton blooms at fronts: patterns, scales and physical FArcing mechanisms. Rev. Aqua. Sci. 6(2): 121-137.

Fry, B. 2006. Stable Isotope Ecology. Springer, New York.

Froese, R. y D. Pauly. 2003. Dynamics of overfishing. p.288-295. En: Lozán, J.L., E. Rachor, J. Sündermann & H. von Westernhagen (Eds.). Warnsignale aus Nordsee und Wattenmeer - eine aktuelle Umweltbilanz. GEO, Hamburg, 448 pp.

Galván, M. F. 2009. La pesquería de tiburones en Baja California Sur. Pags. 227-244. En: Urciaga G.J, Beltrán M.L.F y Lluch B.D. (Eds.). Recursos marinos y servicios ambientales en el desarrollo regional. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. 351 pp.

Galván, M. F., H.J. Nienhuis y A. P. Klimley. 1989. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, México. California Fish and Game. 75(2): 74-84.

Gilly W. F. U. Markaida, C. H. Baxter, B. A. Block, A. Boustany, L. Zeidberg, K. Reisenbichler, B. Robison, G. Bazzino, C. Salinas. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. Marine Ecology Progress Series. 324: 1–17,

González-García, M.J. 2001. Revisión sistemática de los tiburones martillo (Carcharhiniformes: Sphyrnidae). Tesis de Maestría. Instituto de Ecología de Xalapa, México. 183 pp.

Hernández, A.S.B. 2008. Espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 86 pp

Holden, M.J. 1974. Problems in the rational exploitation of elasmobranch populations and some suggested solutions. In: Sea fisheries research. F.R.H. Jones, (ed.) New York, Wiley and Sons. pp. 117-137.

Hulbert, S. H. 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*. 59 : 67 – 77.

Harvey, C.J. y J.F. Kitchell. 2000. A stable isotope evaluation of the structure and spatial heterogeneity of a Lake Superior FAod web. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 57:1395-1403.

Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis – a review of methods and their application. J. Fish. Biol., 17 : 411 - 429.

Iverson, L. K. y Pinkas, L. 1971. A pictorial guide to beak of certain eastern Pacific cephalopods. California Div. Fish and Game. Fishery Bulletin. 152: 83-105.

Instituto Nacional de la Pesca. 2001. Sustentabilidad y pesca responsable en México: Evaluación y manejo. SAGARPA 1999 – 2000. 1111 pp.

Jones, B. C. y G. H. Geen. 1977. FAod and feeding of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 34 : 2067 – 2078.

Kelly, J.F. 2000. Stable isotopes of carbon and nitrogen in the study of avian and mammalian trophic ecology. Canadian Journal of Zoology. 78(1): 1-27.

Klimley A. P. 1983. Social organization of schools of the scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith) , in the Gulf of California. *Doctoral dissertation*, University of California, San Diego, La Jolla, 341 pp.

Krebs, C. J. 1985. Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. 2ª ed. Harla. México. 753 pp.

Krebs, C. J. 1999. Ecological methodology. Addison Wesley Longman. E. U. A. 620 pp.

Langton, R.W.1982. Diet overlap between the Atlantic cod, *Gadus morhua*, silver hake *Merluccius bilinearis*, and fifteen other northwest Atlantic finfish.U.S. National Marine fisheries Service. Fishery Bulletin.80:754-759.

Lluch-Belda. D. 2000. Centros de Actividad biológica en la costa occidental de Baja California. Pags: 49-64. En: Lluch-Belda,D., Elorduy-Garay J.E., Lluch-Cota, S.E. y Ponce-Diaz, G. (Eds.) BAC, CENTROS DE ACTIVIDAD BIOLOGICA DEL PACIFICO MEXICANO. Ed. Centro de investigaciones biológicas del Noroeste.

Markaida, U. y Hochberg, F. 2005. Cephalopods in the diet of Swordfish (Xiphias gladius) caught off the west coast of Baja California, México. Pacific Science. 59 (1):. 25-41.

Markaida U. 2006. Population structure and reproductive biology of jumbo squid Dosidicus gigas from the Gulf of California after the 1997-1998 El Niño event. Fisheries Research 79(1-2): 28-37.

Mcconnaughey, T., y C. P. Mcroy. 1979. Food web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. Marine Biology 53:262–275.

Medved, R., Stillwell, C.E. y Casey, J. G. 1988. The rate of Food consumption of young sandbard sharks (*Carcharhinus plumbeus*) in Chincoteague Bay, Virginia. Copeia. 4: 956-963.

Michener, R.H., y D.M. Schell. 1994. Stable isotope ratios as tracers in marine aquatic food webs. Pags: 138-157. En: K. Lajtha and R.H. Michener, eds. Stable isotopes in ecology and environmental science. Boston, Blackwell Scientific Publications.

Miller, J.D. y N. R. Lea. 1972. Guide to the coastal marine fishes of California. Fish. Bull., 157: 249 pp.

Miller, D. J. y S. C. Jorgensen. 1973. Meristic characters of some marine fishes of the western Atlantic Ocean. Calif. Dep. Fish. Bull. 1 : 301 – 312.

Monod, T. 1968. Le complexe urophore des poissons teleosteens. Memories de L'Institute Fundamental D' Affrique Noire. 81 – 705 p.

Morales-Sánchez, C. 2004. Variabilidad hidrológica en la boca del Golfo de California a partir de un registro continuo superficial. Mexico. Tesis de maestria. CICIMAR. 82 pp.

Olson, R. J. y Boggs, C. H. 1986. Apex predation by yellowfin tuna (*Thunnus albacares*): independent estimates from gastric evacuation and stomach contents, bionergetics and cesium concentrations. Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences. 43: 1760-1775.

Park, R. y S. Epstein. 1961. Metabolic fractionation of 13 C and 12 C in plants. Plants Physiology. 36: 133-138.

Pinkas L., S. Oliphant, M. e Iverson, I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. Fish Bulletin.152:105 pp.

Phillips, D.L. y J.W. Gregg. 2001. Uncertainty in source partitioning using stable isotopes. Oecologia 127: 171-179.

Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position models, methods, and assumptions. Ecology .83 (3): 703-718 pp.

Roper C.F.E., M.J. Sweeney y C.E. Nauen. 1984. FAO species catalogue. Cephalopods of the world. United Nations Development Programme, Food and Agriculture Organization of the United Nations 125(3): 1-277

Rosas, L.R. 2007. Descripcion de la alimentacion del calamar gigante *Dosidicus gigas* D´Órbigny 1835 en la costa occidental de la peninsula de Baja California. Tesis de Maestría. Centro de investigaciones biológicas del noroeste. 100 pp.

Ruiz-Cooley, R.I., D. Gendron, S. Aguíñiga, S. Mesnick y J.D. Carriquiry. 2004.Trophic relationships between sperm whales jumbo and jumbo squid using stable isotopes of C and N. Marine Ecology Progress Series. 277:275-283.

Rubenstein D.R., y K.A. Hobson. 2004. From birds to butterflies: animal movement patterns and stable isotopes. Trends in Ecology and Evolution 19(5): 256-263.

Smith, P. E. y Zaret, M. T. 1982. Bias in estimating niche overlap. Ecology: 1248-1253 pp.

Schaefer, K. M. 1984. Swimming performance, body temperaturas and gastric evacuation times of the black skipjack, *Euthynnus lineatus*. Copeia. 1984 (4) : 1000 – 1003 pp.

Stevens, J. D. 1984. Life history and ecology of sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. Proc. R. Soc. Lond. B 222 : 79 – 106.

Stillwell, C. E. y N. E. Kohler. 1982. Food, feeding habits and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. Can. Fish. Aquat. Sci. 39: 407 – 414.

Semarnat. 1995-2000. Anuarios Estadísticos de Pesca. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

Smale, M. J.1991.Occurrence and feeding of three sharks species, *Carcharhinus brachyurus, C. obscurus and Sphyrna zygaena*, on the eastern cape coast of south Africa. South African Journal of Marine Science. 11:31.42.

Smale, M.J. y G. Cliff. 1998. Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier, Sphyrna lewini, S. zygaena and S. mokarran*) from kwazulu-natal, South Africa. South African Journal of Marine Science. 20:241-253.

Smith, P.E. y Zaret. M.T. 1982. Bias in estimating niche overlap. Ecology. *63(5):1248-1253.*

Torres-Orozco. E. 1993. Análisis volumétrico de la masa de agua del Golfo de California. Tesis de Maestría. CICESE. México. 75 pp.

Vasque-Junior, T. y G. Rincón-Filho. 1998. Stomach content of blue sharks (*Prionace glauca*) and anequim (*Isurus oxyrinchus*) from oceanic waters of Southern Brazil. Rev. Bras. Biol. 58: 445-452.

Velasco, T.P.M. 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 de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 103 pp

Voss, G. L. 1967. The biology and bathymetric distribution of deep-sea cephalopods. *In:* Proceedings of the International Conference on Tropical Oceanography. University of Miami. Institute of Marine Sciences. Stud. Trop. Oceanogr. (5): 847 pp.

Walker, H. J. Jr. y Rosenblatt, R. H. 1988. Pacific toadfishes of the genus *Porichthys* (Batrachoididae) with descriptions of three new species. Copeia.4: 887-904.

Wolff, C.A. 1982. A beak key For eight eastern tropical Pacific cephalopods species, with relationship between their beak dimensions and size. Fishery Bulletin. 80(2): 357-370.

Wolff, C.A. 1984. Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report. NMFS. 17: 50 p.

www.inp.gov.ec/files/9a4b8b7f20_COMPILADO%20**TIBURON**%20sept%202008.pd

11. ANEXOS.

TABLA 6. Espectro trófico general del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Restos de cefálopodo	1	0.33	55	0.01	1	1.0	0.34	0.01
Octopodotheuthis sicula	1	0.33	470	0.10	1	1.0	0.43	0.01
Pholidoteuthis boschmai	3	1.00	224	0.05	3	3.0	3.1	0.10
Thysanoteuthis rhombus	1	0.33	2348	0.50	1	1.0	0.82	0.03
Vampyroteuthis infernalis	1	0.33	1	0.00	1	1.0	0.33	0.01
Abraliopsis affinis	4	1.33	13	0.00	2	2.0	2.64	0.09
Gonatus californiensis	2	0.66	71	0.02	1	1.0	0.67	0.02
Ancistrocheirus lesueurii	66	22	16896	4.00	5	5.0	126	4.1
Sthenoteuthis oualaniensis	40	13	55960	12	10	10	249	8.0
Onychoteuthis banksii	40	13	63205	13	13	13	343	11
Dosidicus gigas	109	36	331646	70	22	22	2316	75
Fam. Argonautidae	2	1.0	2	0.00	2	2	1.3	0.04
OSTEICHTHYES								
Peces	1	0.33	18	0.00	1.0	1.0	0.33	0.01
Sardinops caeruleus	11	3.65	315	0.07	10	10	37	1.2
Brotula spp.	1	0.33	27	0.01	1.0	1.0	0.33	0.01
Synodus evermanni	6	1.99	246	0.05	5.0	5.0	10	0.33
Carangidae	1	0.33	8	0.00	1.0	1.0	0.33	0.01
Coryphaena hippurus	1	0.33	551	0.12	1.0	1.0	0.44	0.01
Diplectrum sciurus	1	0.33	51	0.01	1.0	1.0	0.34	0.01
Fodiator acutus	1	0.33	230	0.05	1.0	1.0	0.44	0.01
Gerres cinereus	1	0.33	45	0.01	1.0	1.0	0.34	0.01
Hippoglossina stomata	1	0.33	117	0.02	2.0	2.0	0.71	0.02
Vinciguerria lucetia	1	0.33	29	0.01	1.0	1.0	0.34	0.01
Mugil cephalus	1	0.33	432	0.09	7.0	7.0	2.94	0.09
Strongylura exilis	1	0.33	2	0.00	1.0	1.0	0.33	0.01
ARTROPODA								
Orden Isopoda	1	0.33	2	0.00	1.0	1.0	0.33	0.01
TOTALES	**301**	**100**	**472964**	**100**	**101**		**3099.3**	**100**

Tabla 7. Espectro trófico para hembras del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Octopodoteuthis sicula	2	0.9	470	0.14	1.0	2.1	2.1	0.05
Pholidoteuthis boschmai	2	0.9	162	0.05	2.0	4.2	3.8	0.09
Thysanoteuthis rhombus	1	0.4	2348	0.71	1.0	2.1	2.4	0.10
Vampyroteuthis infernalis	1	0.43	2	0.00	1.0	2.1	0.9	0.02
Abraliopsis affinis	4	1.72	14	0.004	2.0	4.2	7.2	0.17
Ancistrocheirus lesueurii	64	27.5	16549	5.0	3.0	6.3	203	5.0
Dosidicus gigas	86	37.0	233871	70.3	14.0	29.2	3127	72.2
Sthenoteuthis oualaniensis	14	6.0	18189	5.5	6.0	12.5	143	3.3
Onychoteuthis banksii	37	16	59262	18	11	22.9	772	17.8
Fam. Argonautidae	1	0.4	1	0.00	1.0	2.1	1.0	0.02
OSTEICHTHYES								
Sardinops caeruleus	5	2.1	144	0.04	4.0	8.3	18.2	0.42
Synodus evermanni	3	1.3	129	0.04	3.0	6.3	8.3	0.19
Carangidae	1	0.4	8	0.00	1.0	2,1	0.9	0.02
Coryphaena hippurus	1	0.4	551	0.2	1.0	1.6	0.9	0.03
Scomber japonicus	2	1.0	215	0.06	2.0	4.2	3.8	0.09
Fodiator acutus	1	0.4	230	0.07	1.0	2.1	1.0	0.02
Hippoglossina stomata	1	0.4	69	0.02	2.0	4.2	1.9	0.04
ARTROPODA								
Farfantepenaeus californiensis	1	0.4	10	0.00	1.0	2.1	0.9	0.02
TOTALES	**233**	**100**	**332224**	**100**	**63**		**4333.1**	**100**

Tabla 8. Espectro trófico para machos del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Restos de cefálopodo	1	1.4	55	0.04	2.0	4.2	12.5	0.6
Pholidoteuthis boschmai	1	1.4	62	0.05	1.0	2.1	3.0	0.1
Ancistrocheirus lesueurii	2	3.0	347	0.3	2.0	4.2	12.5	0.6
Dosidicus gigas	21	29	91097	70	7.0	15	1440	67
Sthenoteuthis oualaniensis	26	36	37772	29	4.0	8.3	538	25
Gonatus californiensis	2	3.0	72	0.01	1.0	2.1	5.8	0.3
Onychoteuthis banksii	1	1.4	352	0.27	1.0	2.1	3.4	0.2
Fam. Argonautidae	1	1.4	1	0.00	1.0	2.1	2.9	0.01
OSTEICHTHYES								
Esqueleto no identif.	1	1.4	18	0.01	1.0	2.1	2.9	0.1
Sardinops caeruleus	11	15	134	0.01	4.0	8.3	126	6.0
Synodus evermanni	3	4.1	117	0.01	2.0	4.2	17.5	1.0
Diplectrum sciurus	1	1.4	51	0.04	1.0	2.1	2.9	0.1
Brotula spp.	1	1.4	27	0.02	1.0	2.1	2.9	0.1
Gerres cinereus	1	1.4	45	0.03	1.0	2.1	2.9	0.1
TOTALES	**73**	**100**	**130150**	**100**	**28**		**2165**	**100**

Tabla 9. Espectro trófico para adultos del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Pholidoteuthis boschmai	2	2	162	0.1	2.0	4.2	8.1	0.7
Ancistrocheirus lesueurii	64	59	16549	11.1	3.0	6.3	436	36
Dosidicus gigas	7	6	7144	48	2.0	4.2	227	19
Sthenoteuthis oualaniensis	3	3	5765	4.0	2.0	4.2	28	2.3
Onychoteuthis banksii	29	27	52122	35	4.0	8.3	513	42
Octopodoteuthis sicula	2	2	470	0.3	1.0	2.1	4.5	0.4
Thysanoteuthis rhombus	1	1	2348.3	2.0	1.0	2.1	5.2	0.4
Vampyroteuthis infernalis	1	1	1	0.0	1.0	2.1	1.9	0.2
TOTALES	**109**	**100**	**84561.3**	**100**	**16**		**1224.0**	**100**

Tabla 10. Espectro trófico para juveniles del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparición (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Restos de cefálopodo	1	0.51	55	0.01	2.0	4.2	8.7	0.10
Pholidoteuthis boschmai	1	0.51	62	0.02	1.0	2.1	1.1	0.02
Abraliopsis affinis	4	2.04	14	0.00	2.0	4.2	8.7	0.14
Gonatus californiensis	2	1.02	72	0.02	1.0	2.1	2.2	0.04
Ancistrocheirus lesueurii	2	1.02	347	0.11	2.0	4.2	4.8	0.08
Dosidicus gigas	100	52.1	253526	81	19	40	5258	85
Sthenoteuthis oualaniensis	37	19.3	5019	16	8.0	16.7	588	9.5
Onychoteuthis banksii	9	4.7	7491	2.4	8.0	16.7	118	1.9
Argonautidae	1	0.51	1	0.00	1.0	2.1	1.1	0.02
OSTEICHTHYES								
Peces	1	0.51	18	0.01	1.0	2.1	1.1	0.02
Sardinops caeruleus	9	4.6	279	0.09	8.0	16.7	79.6	1.3
Brotula spp.	1	0.51	27	0.01	1.0	2.1	1.1	0.02
Synodus evermanni	6	3.1	246	0.08	5.0	10.4	33.4	0.53
Coryphaena hippurus	1	0.51	551	0.18	1.0	2.1	1.5	0.02
Diplectrum sciurus	1	0.51	51	0.02	1.0	2.1	1.1	0.02
Fodiator acutus	1	0.51	230	0.07	1.0	2.1	1.2	0.02
Gerres cinereus	1	0.51	45	0.01	1.0	2.1	1.1	0.02
Hippoglossina stomata	2	1.02	69	0.02	2.0	4.2	4.4	0.07
Mugil cephalus	7	3.6	432	0.14	7.0	14.6	55	0.88
Scomber japonicus	2	1.02	215	0.07	2.0	4.2	4.6	0.07
ARTROPODA								
Isopodo	1	0.51	2	0.00	1.0	2.1	1.1	0.02
Farfantepenaeus californiensis	1	0.51	10	0.00	1.0	2.1	1.1	0.02
TOTALES	**192**	**100**	**268762**	**100**	**76**		**6170**	**100**

Tabla 11. Espectro trófico de la zona A, para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Stenoteuthis oualaniensis	26	20.8	39425	16.4	6.0	12.5	465	8.30
Dosidicus gigas	87	69.6	199497	82.9	16	33.3	5086	90.7
Onychoteuthis banksii	4	3.2	1149	0.48	3.0	6.25	23.0	0.41
OSTEICHTHYES								
Sardinops caeruleus	1	0.8	22	0.01	1.0	2.08	1.70	0.03
Mugil cephalus	4	3.25	252	0.11	4.0	8.33	27.5	0.50
ARTROPODA								
Isopodo	1	0.8	2	0.0	1.0	2.08	1.67	0.03
TOTALES	**123**	**100**	**240347**	**100**	**31**		**5649**	**100**

Tabla 12. Espectro trófico de la zona B, para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Sthenoteuthis oualaniensis	6	19.4	2	0.058	1.0	2.1	40.5	1.6
Abraliopsis affinis	4	12.9	14	0.41	2.0	11.1	148	6.0
Dosidicus gigas	4	12.9	86	2.54	2.0	11.1	171	7.0
Onychoteuthis banksii	3	9.7	3017	89.6	3.0	16.7	1656	66.5
Argonautidae	1	3.2	72	2.13	2.0	5.6	29.7	1.2
Gonatus californiensis	2	6.5	8	0.23	1.0	5.6	37.1	1.5
OSTEICHTHYES								
Sardinops caeruleus	4	12.9	53	1.57	3.0	16.7	241	10.0
Strongylura exilis	1	3.2	53	1.60	1.0	5.6	27.0	1.0
Synodus evermanni	4	12.9	1	0.030	1.0	5.6	71.8	3.0
Carangidae	1	3.2	14	0.414	2.0	11.1	40.4	1.6
Gerres cinereus	1	3.2	45	1.338	1.0	5.6	25.3	1.02
TOTALES	**31**	**100**	**3365**	**100**	**18**		**2489**	**100**

Tabla 13. Espectro trófico de la zona C, para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Pholidoteuthis boschmai	1	25	62	31.3	1.0	2.1	117	28
OSTEICHTHYES								
Brotula spp.	1	25	27	13.5	1.0	2.1	80	19
Sardinops caeruleus	1	25	42	20.8	1.0	2.1	96	23
Mugil cephalus	1	25	69	34.3	1.0	2.1	124	30
TOTALES	**4**	**100**	**200**	**100**	**4.0**		**417**	**100**

Tabla 14. Espectro trófico de la Zona D para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en Baja California Sur durante el periodo enero de 2000 a agosto de 2004, expresado en valores absolutos y porcentuales de los métodos de frecuencia de aparicion (FA), numérico (N), gravimétrico (P) e índice de importancia relativa (IIR).

Especie Presa	N	%N	P	%P	FA	%FA	IIR	%IIR
MOLLUSCA								
Pholidoteuthis boschmai	2	1.31	162	0.07	2.0	4.2	5.8	0.30
Ancistrocheirus lesueurii	66	43.4	16895	7.76	5.0	10	533	27.1
Dosidicus gigas	17	11.2	12316	56.6	4.0	8.3	564	28.7
Sthenoteuthis oualaniensis	8	5.3	1388	6.38	3.0	6.2	72.8	3.7
Onychoteuthis banksii	33	21.7	59039	27.1	7.0	14.6	712	36.2
Thysanoteuthis rhombus	1	0.65	2348	1.07	1.0	2.08	3.62	0.2
Vampyroteuthis vitchardi	1	0.65	1.50	0.01	1.0	2.08	1.37	0.10
Octopodoteuthis sicula	2	1.31	470.1	0.22	1.0	2.08	3.19	0.2
Calamar no identif.	1	0.65	55.4	0.02	1.0	2.08	1.42	0.10
Argonautidae	1	0.65	1.00	0.00	1.0	2.08	1.37	0.10
OSTEICHTHYES								
Synodus evermanni	5	3.3	243.6	0.11	4.0	8.33	28.3	1.44
Sardinops caeruleus	3	2.0	101.1	0.04	3.0	6.25	12.6	0.64
Coryphaena hippurus	1	0.65	551	0.25	1.0	2.08	1.90	0.10
Fodiator acutus	1	0.65	229.4	0.10	1.0	2.08	1.59	0.10
Hippoglossina stomata	2	1.31	68.7	0.03	2.0	4.17	5.61	0.30
Mugil cephalus	2	1.31	111	0.05	2.0	4.17	5.70	0.30
Diplectrum sciurus	1	0.66	50.8	0.02	1.0	2.08	1.42	0.07
Scomber japonicus	2	1.31	215	0.10	2.0	4.17	6.0	0.30
Vinciguerria lucetia	1	0.65	29.0	0.01	1.0	2.08	1.40	0.07
ARTROPODA								
Farfantepenaeus californiensis	1	0.65	9.75	0.00	1.0	2.08	1.40	0.07
TOTALES	**152**	**100**	**94285.35**	**100**	**45**		**1967**	**100**