



**TITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS  
MARINAS



“COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE CARBONO Y  
NITRÓGENO ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) EN TEJIDOS DE  
TIBURONES DE LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA  
CALIFORNIA SUR”

**T E S I S**

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

PRESENTA

Eduardo David Méndez Da Silveira

LA PAZ, B.C.S., 2015



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

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 21 del mes de noviembre del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

“COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE CARBONO Y NITRÓGENO ( $\delta^{13}C$  y  $\delta^{15}N$ ) EN TEJIDOS DE TIBURONES DE LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR”

Presentada por el alumno:

MÉNDEZ

DA SILVEIRA

EDUARDO DAVID

Apellido paterno

materno

nombre(s)

Con registro: 

A	1	3	0	3	9	1
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

**LA COMISION REVISORA**

Directores de Tesis

DR. FÉLPE GALVÁN MAGAÑA  
Director de Tesis

DR. YASSIR EDÉN TORRES ROJAS  
2º. Director de Tesis

DR. ALBERTO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ HERRERA

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DRA. MARÍA MARGARITA CASAS VALDEZ



IPN  
CICIMAR  
DIRECCION



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

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 12 del mes Diciembre del año 2014  
el (la) que suscribe BIÓL. EDUARDO DAVID MÉNDEZ DA SILVEIRA alumno(a) del  
Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS  
con número de registro A130391 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 DR. YASSIR EDÉN TORRES ROJAS

y cede los derechos del trabajo titulado:

"COMPOSICIÓN ISOTÓPICA DE CARBONO Y NITRÓGENO ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{14}\text{N}$ ) EN TEJIDOS  
DE TIBURONES DE LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR"

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: lalo 43@hotmail.com - galvan.felipe@gmail.com - yassir 69@hotmail.com  
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

  
BIÓL. EDUARDO DAVID MÉNDEZ DA SILVEIRA

nombre y firma

## **AGRADECIMIENTOS**

Al CICIMAR-IPN por la oportunidad brindada de superarme como profesionista al estudiar un posgrado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Programa Institucional de Formación de Investigadores (PIFI) del Instituto Politécnico Nacional por el Politecnico Nacional por el apoyo económico otorgado

Al Dr. Felipe Galván Magaña por brindarme la oportunidad de estudiar un posgrado y darme un espacio en el equipo de trabajo del laboratorio. Además por ser un buen amigo y consejero.

A mi mama por apoyarme en todo momento incondicionalmente. Te quiero mucho mama.

## ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	IV
INDICE DE TABLAS.....	VIII
GLOSARIO.....	X
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	7
HIPOTESIS.....	8
OBJETIVO.....	9
METAS.....	9
ÁREA DE ESTUDIO.....	10
MATERIAL Y METODOS.....	11
TRABAJO DE CAMPO.....	11
TRABAJO DE LABORATORIO.....	11
TRABAJO DE GABINETE .....	12
RESULTADOS.....	16
Estructura de tallas, sexos y estadios .....	16
Razón C:N entre las especies .....	20
Posición trófica en sangre y músculo.....	22

Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo.....	22
Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo entre sexos.....	27
Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo entre estadios de madurez.....	35
Valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo entre las diferentes especies de tiburones.....	47
Sangre.....	47
Músculo.....	47
Contribución de las presas en la composición isotópica en sangre de cinco especies de los tiburones .....	49
<i>Carcharhinus falciformis</i> .....	49
<i>Isurus oxyrinchus</i> .....	50
<i>Prionace glauca</i> .....	52
<i>Sphyrna zygaena</i> .....	53
Contribución de las presas potenciales a la composición isotópica de los tiburones en tejido muscular .....	55
<i>Carcharhinus falciformis</i> .....	55
<i>Isurus oxyrinchus</i> .....	56
<i>Prionace glauca</i> .....	57

<i>Sphyrna zygaena</i> .....	58
Traslado trófico intersexual en tiburones con base en tejido sanguíneo y muscular.....	60
Traslado trófico en tejido sanguíneo de cinco especies de tiburones .....	64
Traslado trófico en tejido muscular de cinco especies de tiburones.....	66
DISCUSIÓN.....	69
Razón C:N entre tejidos.....	69
Posición trófica en diferentes tejidos (Sangre y músculo) de los tiburones.....	70
Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo en tiburones.....	71
Variación isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en sangre y músculo y traslado trófico entre las diferentes especies de tiburones.....	79
Variación isotópica intraespecífica entre sexos y diferentes estadios.....	83
CONCLUSIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA.....	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudio. Ubicación del campo pesquero y zona de operaciones (Punta Lobos).	10
<b>Figura 2.</b> Distribución de tallas de las cinco especies de tiburón recolectadas en la costa occidental de Baja California Sur. A= <i>C. falciformis</i> , B= <i>I. oxyrinchus</i> , C= <i>M. henlei</i> , D= <i>P. glauca</i> , E= <i>S. zygaena</i> .	18
<b>Figura 3.</b> Distribución de los valores de la relación C: N en las diferentes especies de tiburones recolectados en la costa occidental de B.C.S. El valor 4.0= limite de tejidos libres de lípidos, de acuerdo con McConnaughey & McRoy (1979).	21
<b>Figura 4</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón piloto ( <i>Carcharhinus falciformis</i> ).	23
<b>Figura 5</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón mako ( <i>Isurus oxyrinchus</i> ).	24
<b>Figura 6</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del cazón pardo ( <i>Mustelus henlei</i> ).	25
<b>Figura 7</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón azul ( <i>Prionace glauca</i> ).	26
<b>Figura 8</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón cornuda prieta ( <i>Sphyrna zygaena</i> ).	27
<b>Figura 9</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón piloto ( <i>C. falciformis</i> ) entre hembras y machos	28

<b>Figura 10</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de mako ( <i>I. oxyrinchus</i> ) entre hembras y machos.	30
<b>Figura 11</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del cazón pardo ( <i>M. henlei</i> ) entre hembras y machos.	31
<b>Figura 12</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón azul ( <i>P. glauca</i> ) entre hembras y machos.	33
<b>Figura 13</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de cornuda prieta ( <i>S. zygaena</i> ) entre hembras y machos.	35
<b>Figura 14</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de <i>C. falciformis</i> entre diferentes estadíos.	37
<b>Figura 15</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de <i>I. oxyrinchus</i> entre diferentes estadíos	39
<b>Figura 16</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de <i>M. henlei</i> entre diferentes estadíos	41
<b>Figura 17</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de <i>P. glauca</i> entre diferentes estadíos.	43
<b>Figura 18</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de <i>Sphyrna zygaena</i> entre diferentes estadíos	46
<b>Figura 19</b> Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en sangre y músculo de las diferentes especies de tiburón recolectadas en Baja California Sur.	48
<b>Figura 20</b> Contribución de las presas a la dieta de <i>C. falciformis</i> en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de	50

cada presa a la dieta.

**Figura 21** Contribución de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de cada presa a la dieta 51

**Figura 22** Contribución de las presas a la dieta de *P. glauca* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de cada presa a la dieta. 52

**Figura 23** Contribución de las presas a la dieta de *S. zygaena* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de cada presa a la dieta. 54

**Figura 24** Contribución de las presas a la dieta de *C. falciformis* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta. 56

**Figura 25** Contribución de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta. 57

**Figura 26** Contribución de las presas a la dieta de *P. glauca* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta. 58

**Figura 27** Contribución de las presas a la dieta de *S. zygaena* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta. 59

<b>Figura 28.</b> Representación del nicho trófico de los diferentes sexos en sangre de <i>S. zygaena</i> , con elipses según el método SIBER.	60
<b>Figura 29.</b> Representación de la estimación bayesiana del área. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado el valor del área corregida (Grupo 1= Hembras, Grupo 2= Machos).	61
<b>Figura 30.</b> Representación del nicho trófico de los diferentes sexos en músculo de <i>S. zygaena</i> , con elipses según el método SIBER.	62
<b>Figura 31.</b> Representación de la estimación bayesiana del área. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado el valor del área corregida (Grupo 1= Hembras, Grupo 2= Machos).	63
<b>Figura 32.</b> Representación del nicho trófico de todas las especies en sangre, con elipses según el método SIBER.	64
<b>Figura 33.</b> Representación de la estimación bayesiana del área. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado rojo el valor del área corregida.	65
<b>Figura 34.</b> Representación del nicho trófico de todas las especies en músculo, con elipses según el método SIBER	67
<b>Figura 35.</b> Representación de la estimación bayesiana del área. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado rojo el valor del área corregida.	67

## ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE TABLAS		PAGINA
<b>Tabla 1</b>	Valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ (promedio y desviación estándar [DE]) de las presas de las cinco especies de tiburones que se consideraron para este estudio	14
<b>Tabla 2</b>	Valores e intervalos de la relación C:N de las cinco especies de tiburones.	20
<b>Tabla 3</b>	Valores e intervalos de las posiciones tróficas de las cinco especies de tiburones.	22
<b>Tabla 4</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>C. falciformis</i> en sangre.	49
<b>Tabla 5</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>I. oxyrinchus</i> en sangre.	51
<b>Tabla 6</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>P. glauca</i> en sangre	52
<b>Tabla 7</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>S. zygaena</i> en sangre.	53
<b>Tabla 8</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>C. falciformis</i> en músculo.	55
<b>Tabla 9</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>I. oxyrinchus</i> en músculo.	56
<b>Tabla 10</b>	Contribución porcentual de las presas a la dieta de <i>P. glauca</i> en músculo.	57
<b>Tabla 11</b>	Contribución porcentual de las presas en la dieta de <i>S. zygaena</i> en músculo.	58
<b>Tabla 12</b>	Área de las elipses correspondientes a los diferentes sexos del tejido sanguíneo de <i>S. zygaena</i> .	60

<b>Tabla 13</b>	Área de las elipses correspondientes a los diferentes sexos del tejido muscular de <i>S. zygaena</i> .	62
<b>Tabla 14</b>	Área de las elipses y polígonos correspondientes a las diferentes especies de tiburones en tejido sanguíneo.	64
<b>Tabla 15</b>	Área de las elipses y polígonos correspondientes a las diferentes especies de tiburones en tejido muscular.	66

## GLOSARIO

**Analizador elemental:** Instrumento automatizado que convierte la muestra en un gas para ser inyectados en el espectrómetro de masas. Contiene un incinerador para la combustión química de la muestra, una trampa química para purificar los gases y el cromatógrafo de gases para separar las especies de gases puros para los análisis. (Román-Reyes, 2005).

**Especie:** Grupo de poblaciones naturales real o potencialmente intercruzables, aislados reproductivamente de otros grupos análogos. Es un concepto que destaca el cruzamiento dentro de un sistema de poblaciones y el asilamiento de reproducción frente a otras. (Torres-Rojas, 2011).

**Espectrómetro de masas de razones isotópicas:** Instrumento analítico de gran precisión que se utiliza para medir la razón absoluta entre dos isótopos (R) y obtener posteriormente la razón isotópica de una muestra relativa a un estándar ( $\delta$ ). (Román-Reyes, 2005).

**Estadios de madurez:** Se refiere a los diferentes estados de desarrollo de un organismo, desde que nace, pasa por la madurez sexual y hasta el final de su vida.

**Estadio ontogénico:** describe el estado de desarrollo de un organismo, desde el óvulo fertilizado hasta su senescencia, pasando por la forma adulta.

**Fraccionación isotópica:** El enriquecimiento o reducción de un isótopo estable causado por procesos naturales o artificiales. (Román-Reyes 2005).

**Hábito alimenticio:** Estudio detallado que provee una descripción del alimento que es ingerido recientemente por los organismos con el fin de comprender la interacción ecológica entre el depredador y la presa, por lo que es preciso conocer la cantidad de alimento ingerido y la frecuencia alimenticia del depredador. (Harvey y Kitchel, 2000; Carrier *et al.*, 2004).

**Interacción:** Acción recíproca entre los miembros de un grupo o comunidad: Puede tomar la forma de competencia, interacción depredador-presa, simbiosis, etc. (Román-Reyes, 2005).

**Interespecífico:** Entre especies, interacción entre o condiciones descritas para dos o más especies. (Torres-Rojas, 2011).

**Intraespecífico:** Dentro de una especie, interacción entre individuos conspecíficos o condiciones descritas para una sola especie. (Torres-Rojas, 2011).

**Isótopo estable:** Un isótopo no radiactivo el cual no se degrada espontáneamente. Los isótopos estables no tienen riesgo fisiológico. (Enciclopedia en línea Wikipedia).

**Isótopo:** Átomos de un mismo elemento en cuyo núcleo contiene el mismo número de protones pero diferente número de neutrones, lo que hace variar la masa. (Torres-Rojas, 2011).

**Nivel trófico:** Posición en la que se encuentra un determinado organismo en la cadena trófica, dicha posición está determinada por la manera en que obtiene su energía (Gerking, 1994).

**Población:** Grupo de organismos de la misma especie que ocupan un determinado espacio. (Daintith *et al.*, 2001).

**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).

**Tasa de recambio isotópico:** Periodo en el que las razones isotópicas de un tejido reflejan la señal o firma isotópica de una dieta en particular. Los tejidos con una tasa de recambio isotópica rápida reflejarán una dieta reciente mientras que

aquellos tejidos con una tasa de recambio lenta reflejarán la dieta promedio representativa de un periodo mucho más extenso. (Torres-Rojas, 2011).

**Trazador isotópico:** Se refiere a una cantidad de isótopos estables elevada, la cual es superior a los niveles de abundancia natural (Román-Reyes, 2005).

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

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

## RESUMEN

En la costa de Baja California Sur, los tiburones *Mustelus henlei*, *Carcharhinus falciformis*, *Prionace glauca*, *Sphyrna zygaena* e *Isurus oxyrinchus* son especies de importancia económica que cohabitan en el mismo ecosistema; sin embargo se desconoce la función trófica que desempeña cada una de las especies. El uso de los isótopos estables de nitrógeno y carbono ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) permite conocer el hábitat trófico de los depredadores en diferentes escalas de tiempo, permitiendo conocer áreas de alimentación y posición trófica. En el presente trabajo se analiza isotópicamente diferentes tejidos, incluyendo músculo y sangre de cinco especies de tiburones de la zona de Punta Lobos, Baja California Sur. Las muestras fueron procesadas en un espectrómetro de masas de razones isotópicas. Se presentan los resultados en los tejidos de *P. glauca* ( $n = 18$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{sangre}} = 18.17 \pm 0.78\text{‰}$  vs  $\delta^{15}\text{N}_{\text{músculo}} = 17.83 \pm 0.66\text{‰}$ ) ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{sangre}} = -17.22 \pm 0.83\text{‰}$  vs  $\delta^{13}\text{C}_{\text{músculo}} = -17.76 \pm 0.59\text{‰}$ )], *S. zygaena* [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{sangre}} = 19.28 \pm 1.14\text{‰}$  vs  $\delta^{15}\text{N}_{\text{músculo}} = 19.66 \pm 1.10\text{‰}$ ) ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{sangre}} = -16.94 \pm 0.63\text{‰}$  vs  $\delta^{13}\text{C}_{\text{músculo}} = -16.68 \pm 0.37\text{‰}$ )] y *C. falciformis* ( $n = 22$ ) presentó una composición isotópica [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{sangre}} = 16.65 \pm 0.68\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{sangre}} = -17.03 \pm 0.25\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{músculo}} = 16.66 \pm 0.69\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{músculo}} = -17.03 \pm 0.25\text{‰}$ )]. Los valores isotópicos obtenidos de *P. glauca*, *S. zygaena* y *C. falciformis* indica un hábitat trófico en zonas oceánicas, lo cual es característico de estas especies que consumen principalmente cefalópodos de zona mesopelágicas. Asimismo estos resultados están relacionadas con las tasas de recambio de los tejidos (músculo y sangre) representando diferencias en el tipo de alimento a diferentes escalas de tiempo. También, las diferencias en  $\delta^{15}\text{N}$  encontradas en los diferentes sexos y estados ontogénicos en *S. zygaena* pueden sugerir una segregación sexual/madurez en cuanto al tipo de presa consumida. Con respecto a los valores obtenidos de *M. henlei* ( $n = 25$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{sangre}} = 18.83 \pm 0.90\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{sangre}} = -17.70 \pm 1.15\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{músculo}} = 19.04 \pm 0.71\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{músculo}} = -17.26 \pm 0.50\text{‰}$ )] e *I. oxyrinchus* ( $n = 20$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{sangre}} = 18.34 \pm 0.61\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{sangre}} = -17.47 \pm 0.53\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{músculo}} = 19.41 \pm 1.16\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{músculo}} = -17.18 \pm 0.52\text{‰}$ )], es interesante observar que los valores obtenidos representan una dieta en la zona bentónica de aguas oceánicas. Tanto el tiburón *M. henlei* como *I. oxyrinchus* juveniles son consumidores de presas bentónicas. Los modelos de mezcla y traslapo trófico, indican una alimentación de presas similares entre *I. oxyrinchus*, *P. glauca* y en menor proporción con *S. zygaena*. La posición trófica más alta en tejido muscular y sanguíneo fue en *S. zygaena* ( $\text{PT}_{\text{sangre}} = 3.67 \pm 1.14$ ,  $\text{PT}_{\text{músculo}} = 3.78 \pm 1.10$ ); mientras que la posición trófica más baja en ambos tejidos los presentó *C. falciformis* ( $\text{PT}_{\text{sangre}} = 2.90 \pm 0.68$ ,  $\text{PT}_{\text{músculo}} = 2.90 \pm 0.69$ ), debido probablemente a que *C. falciformis* se alimenta en mayor proporción de un crustáceo zooplanctífono (*Pleuoncodes planipes*). **Palabras clave:** tiburones, Isótopos estables, alimentación, tasa de recambio, tejidos, escalas de tiempo.

## ABSTRACT

On the coast of Baja California Sur, *Mustelus henlei*, *Carcharhinus falciformis*, *Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* and *Sphyrna zygaena* sharks are of economic importance and coexist in the same ecosystem; however the trophic role of each of the species is unknown. Stable isotopes of nitrogen and carbon ( $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ) have been used as a reflection of feeding behavior on different time scales, allowing knowledge trophic habitat and know foraging areas and trophic position. This paper aims to analyze isotopically different tissues including muscle and blood of five species of sharks in Punta Lobos, Baja California Sur. Samples were processed and analyzed in a mass spectrometer of isotopic ratios. The results presented in the tissues of *P. glauca* ( $n = 18$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{blood}} = 18.17 \pm 0.78\text{‰}$ , vs  $\delta^{15}\text{N}_{\text{muscle}} = 17.83 \pm 0.66\text{‰}$ ) ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{blood}} = -17.22 \pm 0.83\text{‰}$  vs  $\delta^{13}\text{C}_{\text{muscle}} = -17.76 \pm 0.59\text{‰}$ )], *Sphyrna zygaena* [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{blood}} = 19.28 \pm 1.14\text{‰}$  vs  $\delta^{15}\text{N}_{\text{muscle}} = 19.66 \pm 1.10\text{‰}$ ) ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{blood}} = -16.94 \pm 0.63\text{‰}$  vs  $\delta^{13}\text{C}_{\text{muscle}} = -16.68 \pm 0.37\text{‰}$ )] and *C. falciformis* ( $n = 22$ ) had an isotopic composition [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{blood}} = 16.65 \pm 0.68\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{blood}} = -17.03 \pm 0.25\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{muscle}} = 16.66 \pm 0.69\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{muscle}} = -17.03 \pm 0.25\text{‰}$ )]. The isotopic values obtained from *P. glauca*, *S. zygaena* and *C. falciformis* indicates a trophic habitat in oceanic areas, which is characteristic of these species consumed mainly mesopelagic area cephalopods. Also these results are related to turnover rates of tissues (muscle and blood) representing differences in the type of food at different time scales. Also, differences in  $\delta^{15}\text{N}$  found in the different sexes and ontogenetic states of *Sphyrna zygaena* may suggest sexual / maturity segregation in the type of consumed prey. In respect the values obtained of *M. henlei* ( $n = 25$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{blood}} = 18.83 \pm 0.90\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{blood}} = -17.70 \pm 1.15\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{muscle}} = 19.04 \pm 0.71\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{muscle}} = -17.26 \pm 0.50\text{‰}$ )] and *I. oxyrinchus* ( $n = 20$ ) [ $(\delta^{15}\text{N}_{\text{blood}} = 18.34 \pm 0.61\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{blood}} = -17.47 \pm 0.53\text{‰}$ ) ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{muscle}} = 19.41 \pm 1.16\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{muscle}} = -17.18 \pm 0.52\text{‰}$ )] is interesting to note that the values obtained represent a benthic zone diet in ocean waters. Both sharks *M. henlei* as *I. oxyrinchus* juveniles are consumers of benthic prey. Mixture models and trophic overlap in both tissues, reflect supply us some similar prey and foraging among themselves *I. oxyrinchus*, *P. glauca* and to a lesser form with *Sphyrna zygaena*. The highest trophic position in muscle tissue and blood was *Sphyrna zygaena* ( $\text{PT}_{\text{blood}} = 3.67 \pm 1.14$ ,  $\text{PT}_{\text{muscle}} = 3.78 \pm 1.10$ ), while the lowest trophic position in both the present *C. falciformis* tissues ( $\text{PT}_{\text{blood}} = 2.90 \pm 0.68$ ,  $\text{PT}_{\text{muscle}} = 2.90 \pm 0.69$ ), probably because *C. falciformis* feeds in higher proportion of the zooplankton feeder crustacean (*Pleuroncodes planipes*).

**Keywords:** shark, stable isotopes, feeding, turnover rate, tissue, timescales.

## INTRODUCCIÓN

En la costa occidental de Baja California Sur (BCS), México, la pesquería de tiburón está representada principalmente por cinco especies: tiburón mamón (*Mustelus henlei*), tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*), tiburón azul (*Prionace glauca*), cornuda prieta (*Sphyrna zygaena*) y tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), las cuales se caracterizan por ser las de mayor importancia en Baja California Sur (Ribot-Carballal, 2003; Carrera-Fernández, 2004).

La importancia económica que representa el recurso tiburón en México, así como la falta de estudios biológicos han generado el interés de conocer aspectos sobre el tipo de hábitat que utilizan estas especies (Compagno, 1984), aspectos de fecundidad y crecimiento (Stevens *et al.*, 2000), estacionalidad y áreas de crianza (Villavicencio-Garayzar 1996), así como de sus hábitos alimenticios con base en el análisis de contenido estomacal. Sin embargo, este último tipo de análisis (contenido estomacal) se ha desarrollado poco en el área para cada especie (Cabrera-Chávez-Costa, 2003; Torres-Rojas, 2006; Hernández-Aguilar, 2008; Ochoa-Díaz, 2009; Espinoza-García, 2012).

Debido a la función que los tiburones desempeñan como depredadores tope en el ecosistema, es necesario realizar estudios para ampliar el conocimiento sobre su ecología trófica (Loor-Andrade, 2013) y así entender mejor el funcionamiento trófico del ecosistema (Matich *et al.*, 2011).

De la misma forma, existen pocos trabajos comparativos entre especies (MacNeil, 2005; Hussey *et al.*, 2009), lo que dificulta el conocimiento de las relaciones tróficas entre los elasmobranquios, ya que se desconoce la interacción interespecífica en un mismo tiempo y espacio.

El análisis de la composición isotópica ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) de diferentes tejidos en un organismo ha sido utilizado de manera complementaria en el estudio de los hábitos alimenticios de tiburones para investigar el tipo de dieta (Domi *et al.*, 2005; MacNeil *et al.*, 2005; Borrell *et al.*, 2011) y el nivel trófico (Fisk *et al.*, 2002; Estrada *et al.*, 2003).

El  $\delta^{15}\text{N}$ , es un indicador del tipo de recurso utilizado (dieta) y la posición trófica (Post, 2002); mientras que el  $\delta^{13}\text{C}$  permite conocer la fuente original de carbono en la cadena alimenticia (DeNiro y Epstein, 1981), indicando fuentes que tienen que ver con productividad primaria (e.g. costeras vs. oceánicas o bentónicas vs. Pelágicas) (Das *et al.*, 2003).

Diferentes estudios han mostrado una relación directa entre el tipo de dieta consumida y la composición isotópica de un organismo dependiendo de la tasa de renovación del tejido analizado (Estrada *et al.*, 2003; MacNeil *et al.*, 2005). Se ha reportado que el músculo dorsal de los tiburones representa información de la dieta en escala de meses, el hígado en escalas quincenales y la sangre en escala de días a semanas (Hobson y Clark, 1992; Hobson *et al.*, 1996).

El análisis de la composición isotópica en diferentes tejidos ha permitido observar variaciones a nivel intraespecífico e interespecífico, en diferentes escalas de tiempo, aportando información de la estructura del ecosistema y una base importante para el manejo de los recursos pesqueros (Sierra *et al.*, 1994; Tripp-Váldez, 2010).

En el presente estudio se analiza la dieta a diferentes escalas de asimilación de las diferentes especies de tiburones en la costa occidental de Baja California Sur, a partir del análisis de isótopos estables en diferentes tejidos como sangre y músculo. Además se incluye la contribución de las presas a la dieta de las diferentes especies estudiadas, para obtener información acerca del papel funcional que desempeñan estos depredadores en el ecosistema.

## ANTECEDENTES

Cabrera-Chávez-Costa (2003), analizó la dieta del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*), donde el análisis de isótopos estables de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) y de contenidos estomacales confirman que el hábitat alimenticio de esta especie sucede en la zona oceánica, consumiendo principalmente presas oceánicas y pelágicas como la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), macarela (*Scomber japonicus*) y el calamar gigante (*Dosidicus gigas*).

La composición isotópica entre tejidos (hígado, músculo y cartílago) ha sido evaluada en tres especies de tiburón (*Prionace glauca*, *Isurus oxyrinchus* y *Alopias vulpinus*) en el Atlántico noroeste.

En el caso de *Isurus oxyrinchus* se encontraron valores mayores en hígado ( $\delta^{15}\text{N} = 15.36 \pm 0.45\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -20.00 \pm 0.72\text{‰}$ ), que en el músculo ( $\delta^{15}\text{N} = 12.93 \pm 0.64\text{‰}$ ) ( $\delta^{13}\text{C} = -16.2 \pm 0.17\text{‰}$ ) y cartílago ( $\delta^{15}\text{N} = 11.79 \pm 0.33\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -13.71 \pm 0.15\text{‰}$ ), lo cual se atribuye a un cambio en la dieta y al metabolismo de los tejidos; mientras que en el caso de *Prionace glauca* se encontraron valores de músculo en ( $\delta^{15}\text{N} = 12.48 \pm 0.31\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -17.37 \pm 0.19\text{‰}$ ), hígado ( $\delta^{15}\text{N} = 12.51 \pm 0.35\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -19.25 \pm 0.38\text{‰}$ ) y cartílago ( $\delta^{15}\text{N} = 11.67 \pm 0.29\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -14.93 \pm 0.35\text{‰}$ ) con poca variación en  $\delta^{15}\text{N}$  y *Alopias vulpinus* se encontraron valores similares de  $\delta^{15}\text{N}$  en los tres tejidos músculo ( $\delta^{15}\text{N} = 14.50 \pm 0.11\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -17.06 \pm 0.08\text{‰}$ ), hígado ( $\delta^{15}\text{N} = 13.93 \pm 0.61\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -19.74 \pm 0.42\text{‰}$ ), cartílago ( $\delta^{15}\text{N} = 12.76 \pm 0.18\text{‰}$ ) y ( $\delta^{13}\text{C} = -14.40 \pm 0.17\text{‰}$ ) respectivamente en  $\delta^{13}\text{C}$ , lo cual se atribuyó a una dieta más estable y un metabolismo más lento. Sin embargo se presentaron valores diferentes entre tejidos en  $\delta^{13}\text{C}$  dentro de las tres especies (MacNeil *et al.*, 2005).

Para el caso del tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), Velasco-Toledo (2005), reporto para la zona de Punta Belcher, B.C.S. un comportamiento oportunista a través de los meses de estudio, comprendiendo presas como *Dosidicus gigas*, *Scomber japonicus* y *Ancistrocheirus lesueurii*. En Punta lobos el tiburón mako presento una dieta generalista incluida por cefalópodos como *A. lesueurii* y *D. gigas*, así como una presencia importante de restos de peces. En cuanto a las área de estudio, clasificó a Las Barrancas, B.C.S. como un área de alimentación constante y las localidades de Punta lobos y Punta Belcher como áreas de tránsito para el tiburón mako.

En el Golfo de California, uno de los estudios que aplica el uso de isótopos para conocer la ecología trófica de elasmobranquios es el de Torres- Rojas (2006), quien analizó la composición isotópica de *Sphyrna lewini* en tejido hepático ( $\delta^{15}\text{N}= 17.21 \pm 1.03\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}= -17.46 \pm 1.71\text{‰}$ ) y muscular ( $\delta^{15}\text{N}= 19.09 \pm 1.01\text{‰}$ ;  $\delta^{13}\text{C}= -14.89 \pm 0.44\text{‰}$ ), ambos tejidos indicaron que *S. lewini* es un depredador oportunista y que la zona de Mazatlán, Sinaloa es una zona de alimentación y crianza de juveniles.

En el caso de estudios de ecología trófica e isótopos estables en la costa occidental de Baja California Sur, Hernández-Aguilar (2008) estudió la alimentación del tiburón azul (*Prionace glauca*), el cual presentó una alimentación principalmente sobre el crustáceo *Pleuoncodes planipes*, y los cefalópodos *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*, realizando migraciones verticales hacia aguas profundas (mayores a 600 m) para el consumo de cefalópodos mesopelágicos y batipelágicos. Esta autora determina también que el tiburón azul tiene un hábitat diverso, al consumir presas de hábitat epipelágico, mesopelágico, batipelágico y bentónico, ya que es un depredador activo que debido a su oportunismo diversifica su dieta de acuerdo a las fluctuaciones naturales que ocurren dentro del ecosistema marino, en términos de disponibilidad de recursos.

Ochoa-Díaz (2009) estudió la ecología trófica de la cornuda prieta *Sphyrna zygaena* a partir de contenido estomacal e isótopos estables de Carbono y Nitrógeno en el Golfo de California ( $\delta^{13}\text{C} = -14.92 \pm 0.21$  y  $\delta^{15}\text{N} = 19.86 \pm 0.54$ ) y la costa occidental de Baja California Sur ( $\delta^{13}\text{C} = -15.81 \pm 0.45$ ,  $\delta^{15}\text{N} = 17.64 \pm 1.82$ ), donde se reporta a *S. zygaena* como depredador especialista que consume presas tanto en zonas costeras como oceánicas. Sin encontrar diferencias en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre machos y hembras pero sí en  $\delta^{13}\text{C}$ , donde hubo indicios de que los machos se alimentan en zonas oceánicas y las hembras en zonas costeras.

De la misma forma los juveniles de *S. zygaena* presentaron valores más altos en  $\delta^{15}\text{N}$  que los adultos, sugiriendo una alimentación de presas bentónicas para los juveniles; mientras que los adultos presentan una alimentación de presas mesopelágicas. Por otra parte los análisis estomacales reportan a *D. gigas* como presa principal; mientras que el modelo de mezcla en la misma zona de estudio reporta una mayor contribución de la presa *Sardinops sp.* (Kim y Koch., 2011).

Por otra parte se ha observado en tiburones *Scyliorhinus canicula* mantenidos en cautiverio la composición isotópica de Carbono y Nitrógeno en diferentes tejidos músculo ( $\delta^{15}\text{N} = 17.0 \pm 0.4$ ,  $\delta^{13}\text{C} = -16.8 \pm 0.2$ ), plasma ( $\delta^{15}\text{N} = 15.5 \pm 0.3$ ,  $\delta^{13}\text{C} = -15.7 \pm 0.4$ ) y glóbulos rojos ( $\delta^{15}\text{N} = 15.7 \pm 0.2$ ,  $\delta^{13}\text{C} = -16.2 \pm 0.2$ ) estableciendo diferentes tiempos de alimentación (Caut *et al.*, 2013). Debido a que la tasa de recambio está directamente relacionada con el tipo de dieta y el tipo de tejido, se determinó la ventana de tiempo que provee cada tejido, los cuales presentaron valores muy similares a los ya reportados en trabajos anteriores con otras especies, donde para plasma hay un tiempo representado de 6 meses; mientras que en la sangre es de 8 meses y dos años para músculo (MacNeil *et al.*, 2006, Logan & Lutcavage 2010, Kim *et al.*, 2011b, Malpica-Cruz *et al.*, 2009).

La ecología trófica del tiburón mamón (*Mustelus henlei*) ha sido estudiada a partir de análisis de contenido estomacal en el área de Punta Lobos, B.C.S. el cual es un depredador especialista debido a la alimentación preferente del crustáceo *Pleuroncodes planipes* y el cefalópodo costero *Loligo diomedea* (Espinoza-García, 2012). Méndez-Da Silveira (2012), analizó la composición isotópica de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  de los paquetes musculares más importantes de la zona ventral y dorsal del tiburón mamón (*Mustelus henlei*), en la costa occidental de Baja California Sur, encontrando variación entre los paquetes musculares epiaxial ( $\delta^{15}\text{N}= 18.6 \pm 0.26\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}= -16.1 \pm 0.20\text{‰}$ ) e hipoaxial ( $\delta^{15}\text{N}= 18.6\pm 0.17\text{‰}$ ,  $\delta^{13}\text{C}= -16.0\pm 0.21\text{‰}$ ) del tiburón mamón en  $\delta^{13}\text{C}$  relacionado con la función de cada paquete muscular en el organismo.

Maya-Meneses (2012), a partir del análisis de isótopos estables de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  en *P. glauca* ( $\delta^{15}\text{N}= 17.21 \pm 0.37\text{‰}$  y  $\delta^{13}\text{C}= -17.24 \pm 0.37\text{‰}$ ) y en *I. oxyrinchus* ( $\delta^{15}\text{N}= 18.20\pm 0.40$  y  $\delta^{13}\text{C}= -16.68 \pm 0.46\text{‰}$ ), reportó un bajo traslape trófico, debido al consumo de especies presas diferentes y un diferente uso de hábitat. Describe a *I. oxyrinchus* como un depredador generalista que se alimenta en zonas pelágicas costeras y a *P. glauca* como un depredador especialista que se alimenta en zonas pelágicas oceánicas.

Por otra parte Torres-Rojas *et al.* (2013) analizaron la amplitud de nicho trófico y traslape trófico, para los diferentes periodos de muestreo y grupos de talla en *Sphyrna lewini* utilizando el método de elipses estandarizadas propuestas por Jackson *et al.* (2011).

Sin embargo, para la costa occidental de B.C.S., a pesar de los estudios realizados en músculo dorsal y algunos tejidos como dientes (Maya-Meneses, 2012; Polo-Silva, 2012), la comparación de otros tejidos a nivel isotópico no ha sido evaluada, por lo que se desconoce su composición isotópica. En el presente estudio se analizará la composición isotópica de sangre y músculo en cinco especies de elasmobranquios con el fin de determinar su hábitat trófico en la costa occidental de B.C.S.

## **JUSTIFICACIÓN**

Los trabajos realizados a la fecha en tiburones de Baja California Sur, se basan en el análisis de contenido estomacal (ACE) y análisis de isótopos estables (AIE) en músculo dorsal; estos han mostrado ser complementarios ya que los ACE han permitido conocer de manera específica el alimento reciente a corto plazo; mientras el AIE han permitido analizar la dieta asimilada a mediano plazo.

En este estudio se incorpora el uso de un tejido como la sangre, el cual teóricamente debería estar más relacionado con el alimento recientemente consumido ya que durante el metabolismo de un organismo el tejido sanguíneo es el primero en asimilar la señal isotópica de las presas. Por otro lado, la comparación entre especies en el mismo tiempo y espacio permitirá también determinar el nivel trófico, la amplitud de dieta y traslapo trófico de las cinco especies de tiburones comparando el uso diferencial del hábitat.

## **HIPÓTESIS**

Considerando que existen diferencias isotópicas en los diferentes tejidos y que estas dependen de la dieta asimilada, se espera encontrar diferencias isotópicas entre los tejidos sanguíneos y musculares, así como entre los diferentes sexos y estadios ontogénicos de las cinco diferentes especies de tiburones, indicando el hábitat trófico de cada especie en diferentes escalas de tiempo.

## **OBJETIVO**

Determinar la composición isotópica ( $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ ) en tejidos (sangre y músculo) y el hábitat trófico de cinco especies de tiburón de la costa occidental de Baja California Sur, México.

## **METAS**

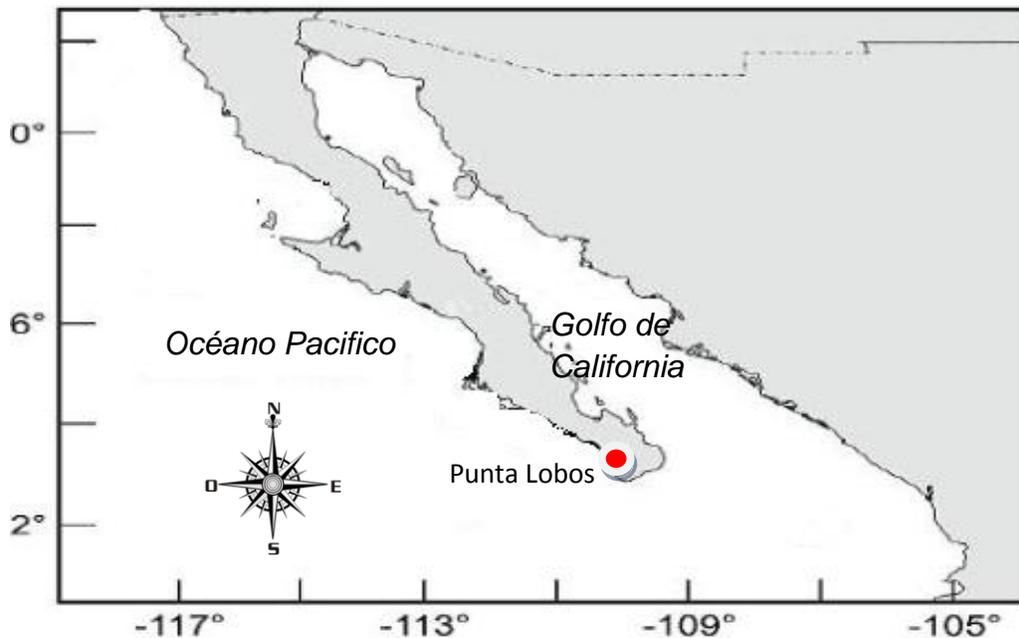
- Determinar las variaciones entre valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  de músculo y sangre a través de una temporada de pesca de los diferentes sexos y estadios de cinco especies de tiburones.
- Calcular y comparar la amplitud de dieta y traslapo trófico de cinco especies de tiburones utilizando el análisis de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ .
- Registrar la posición trófica de las cinco especies de tiburones a partir de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en sangre y músculo.
- Conocer la contribución isotópica de las especies presas principales en la dieta de las cinco especies de tiburones de la costa occidental de Baja California Sur.

## ÁREA DE ESTUDIO

Los muestreos de los tejidos de tiburones se realizaron en la costa occidental de Baja California Sur, específicamente el campo pesquero Punta Lobos (PL) ubicado en 23° 24' 27" Latitud Norte y 110° 13' 58" Longitud Oeste.

La localidad de Punta Lobos presenta temperaturas medias anuales de 20 - 22° C. La plataforma en el área se caracteriza por ser reducida y de relieve accidentado (Schmitter-Soto, 1992). La circulación de las aguas superficiales está en relación con el patrón de vientos, por lo que, durante el invierno, esta es dominante hacia el sureste, permitiendo el mayor desarrollo de la Corriente de California, la cual tiene su origen en los 40° N, extendiéndose hasta 1000 km de distancia de la costa. Esta corriente se presenta a profundidades de 100 y 300 m, siendo más intensa durante la primera mitad del año (Álvarez-Arellano, 1987).

Esta zona es caracterizada por un impacto biológico significativo en las poblaciones debido a la alta productividad por el afloramiento de plancton (Álvarez-Arellano, 1987; Franks, 1992; Torres-Orozco, 1993).



**Figura 1.** Área de estudio. Ubicación del campo pesquero (Punta Lobos).

## **MATERIAL Y METODOS**

### **Trabajo en campo:**

Se recolectaron muestras de tejidos en el campo pesquero Punta Lobos. Se realizaron muestreos semanales durante 2013 con excepción de los meses de veda (Junio-Julio). Una vez en el campo se identificaron las especies (*C. falciformis*, *I. oxyrinchus*, *M. henlei*, *P. glauca* y *S. zygaena*) de acuerdo a las claves de Compagno *et al.* (1995) y se realizó un registro de datos biométricos (sexo y longitud total) de los individuos.

La recolecta de músculo y sangre se realizó de la siguiente manera: 1) se hizo un corte en la zona dorsal de la cabeza, en donde se extrajo el tejido muscular, el cual se almaceno en viales; 2) se extrajo la sangre con una jeringa (5 ml) de la misma zona dorsal de la cabeza, la cual fue depositada en un portaobjetos. Ambos tejidos fueron congelados a -20°C para su posterior análisis en el Laboratorio de Ecología de peces del CICIMAR-IPN, La Paz, BCS.

### **Trabajo en laboratorio:**

Para el análisis isotópico, los tejidos de tiburón se colocaron en viales con tapas de teflón, para posteriormente eliminar la humedad en una estufa de secado Marca Felisa a 60° C durante 24 horas. Las muestras fueron homogenizadas en un mortero de ágata. Se pesó una submuestra de 1mg de músculo y de sangre y se depositaron en pequeñas capsulas de estaño. La composición del  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  se determinó en el Laboratorio de isótopos estables del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR, Granada, España).

Se analizó la composición isotópica de nitrógeno y carbono por medio de un analizador elemental Carlo Erba NC1500 en línea con un espectrómetro de masas (EA-IRMS) Delta Plus XL.

Los valores de los isótopos estables ( $\delta$ ) fueron calculados utilizando la fórmula propuesta por Park y Epstein (1961).

$$\delta X(\text{‰}) = \left[ \frac{R \text{ muestra}}{R \text{ estandar}} - 1 \right] \times 1000$$

Los estándares utilizados fueron Pee Dee belemnita y nitrógeno atmosférico.

Los materiales de referencia que se utilizaron fueron cartílago de tiburón (EEZ-25) y urea (UR- 05). Con una resolución de 0.05 a 0.1‰ para el carbono y 0.1‰ para el nitrógeno.

### **Trabajo de gabinete**

Se determinó la posición trófica de las cinco especies utilizando la ecuación propuesta por Post (2002):

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

**$\delta^{15}\text{N}_{\text{Base}}$**  = Valor de  $\delta^{15}\text{N}$  promedio del “MOP”(material orgánico particulado) de la costa occidental de BCS (Aurioles *et al.*, 2006).

**$\delta^{15}\text{N}_{\text{Depredador}}$**  = Valor de  $\delta^{15}\text{N}$  promedio del tejido (sangre o músculo) de las diferentes especies de tiburón.

**$\lambda$**  = Posición trófica del material orgánico particulado “MOP” (Aurioles *et al.*, 2013).

**$\Delta_n$**  = Valor teórico de enriquecimiento en  $^{15}\text{N}$  por nivel trófico (Valor de

enriquecimiento en músculo y sangre (RBC)  $\Delta 1=3.7\text{‰}$ ,  $\Delta 2=2.4$  (Kim y Koch, 2011).

Se obtuvo la relación C:N de las muestras, la cual se obtuvo a partir de la relación entre la Razón de Carbono y Razón de Nitrógeno de la muestra. Donde valores de C:N menores a 3.5 y mayores a 2.5 representan el equilibrio de los lípidos y las proteínas, lo que indica también que no fueron necesarias una extracción de lípidos y urea (Logan y Lutcavage, 2010; Post, 2002).

Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  se representan gráficamente entre sexos, tallas y especies. Para identificar el estadio de desarrollo, se consideró las tallas reportadas en los estudios de madurez reproductiva para cada especie (Conde-Moreno, 2005; Carrera-Fernández, 2004; Carrera y Martínez 2007; Carrera *et al.*, 2010; Hoyos *et al.*, 2011; Silva- Santos, 2012).

Debido a la falta de normalidad y homogeneidad en los datos se realizaron análisis estadísticos no paramétricos Mann-Whitney para comparar sangre vs. músculo y entre sexos. Se utilizó el análisis de Kruskal-Wallis para comparar entre especies y entre estadios. Los análisis estadísticos fueron realizados en Statistica (v.8.0).

Para estimar la contribución de las presas a la dieta de las diferentes especies de tiburones se utilizaron modelos de mezcla Bayesianos con el paquete SIAR (Parnell *et al.*, 2008) en R (R Development Core Team, 2007). Los modelos de mezclas Bayesianos relacionan los valores medios y la desviación estándar de las señales isotópicas de las presas y los depredadores, así como el fraccionamiento o factor de discriminación que se presenta entre ambos con el objetivo de determinar la contribución relativa de cada una de las presas a la dieta del consumidor (Moore y Semmens, 2008; Parnell *et al.*, 2010).

El factor de discriminación para los isotopos estables de carbono y nitrógeno en tejido muscular y sanguíneo, se obtuvieron del trabajo de Kim *et al.* (2011b) en elasmobranchios. Para este caso se obtuvieron los siguientes valores para

músculo:  $\Delta^{15}\text{N}= 3.7 \pm 0.4\text{‰}$  y para  $\Delta^{13}\text{C}= 1.7 \pm 0.5\text{‰}$  y para el tejido sanguíneo ( $\Delta^{15}\text{N}= 2.3 \pm 0.5\text{‰}$  y para  $\Delta^{13}\text{C}= 2.6 \pm 0.6\text{‰}$ ).

Los valores isotópicos de las presas se obtuvieron de trabajos previos, donde se analizaron más de un individuo o presa por especie. Se escogieron las presas más importantes en la dieta de las cinco especies de tiburones en la costa occidental de Baja California Sur, y las que presentaran los valores isotópicos de carbono y nitrógeno con sus desviaciones estándar, para poder incluirlos en el modelo de mezcla (Cabrera-Chávez-Costa, 2003; Hernández-Aguilar, 2008; Ochoa-Díaz, 2009; Polo-Silva, 2012; Espinoza-García, 2012).

**Tabla 1.** Valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  (promedio y desviación estándar [DE]) de las presas de las cinco especies de tiburones que se consideraron para este estudio.

Especie	Tejido	n	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	DE	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	DE
<i>Dosidicus gigas</i> <sup>a</sup>	Músculo	11	15.1	0.9	-18.2	0.5
<i>Argonauta sp.</i> <sup>a</sup>	Pico	9	9.0	0.8	-18.5	0.2
<i>Pleuroncodes planipes</i> <sup>a</sup>	Músculo	8	14.8	1.3	-17.4	0.8
<i>Scomber japonicus</i> <sup>b</sup>	músculo	1	17.3	0.4	-16.9	0.6
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i> <sup>a</sup>	musculo	6	13.6	1.0	-17.5	0.3
<i>Gonatus californiensis</i> <sup>a</sup>	Pico	10	13.6	0.5	-17.2	0.4
<i>Sthenotheuthis oualaniensis</i> <sup>a</sup>	Pico	3	12.4	2.3	-18.2	0.9
<i>Sardinops sagax</i> <sup>b</sup>	músculo	1	13.2	0.4	-17.7	0.5
<i>Coryphaena hippurus</i> <sup>b</sup>	músculo	1	17.8	0.4	-16.1	0.6

<sup>a</sup> Polo-Silva (2012)

<sup>b</sup> Ochoa-Díaz (2009)

Para determinar la amplitud y traslapo de nicho trófico se utilizó el método SIBER en el paquete SIAR de R (R Development Core Team, 2007), propuesto por Jackson *et al.* (2011). Este método es una alternativa a la determinación de nicho propuesta por medio del área de un polígono que utiliza medidas basadas en elipses, las cuales dependerán del tamaño de la muestra..

Las elipses se forman de manera bivariada, así como la desviación estándar de modo univariado. La elipse de una serie de datos bivariados es calculada por medio de una matriz de covarianza que define la forma y área de la

misma y la media de los datos determina su ubicación (Jackson *et al.* 2011). Con este método se obtiene también el área de la elipse corregida, que no subestima el área en el caso de muestras pequeñas; así como la estimación bayesiana del área y el traslapo entre las elipses, considerando para este último caso los valores cercanos a 1 (o mayores) como un traslapo alto.

Los valores de sobreposición trófica obtenidos a partir de SIBER de las diferentes especies, indican que resultados por debajo de 0.29 son de sobreposición baja, valores entre 0.30 - 0.65 son de sobreposición media y valores de 0.66 – 1 es una sobreposición alta (Jackson *et al.*, 2011).

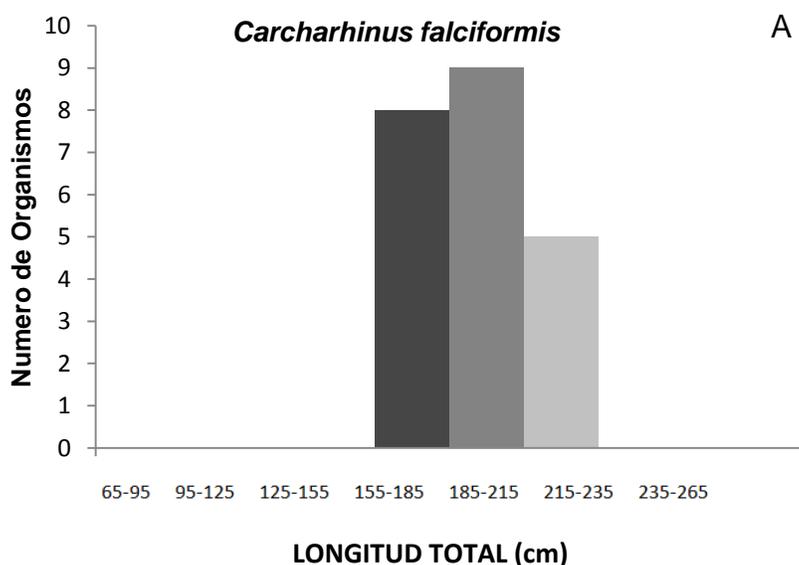
Para la amplitud de nicho poblacional se consideraron los criterios de Bearhop *et al.* (2004) y Newsome *et al.* (2007) quienes mencionan que la amplitud de nicho puede ser medida con el valor de varianza de los datos, donde valores inferiores a 1 son propios de poblaciones de hábitos especialistas (Jaeger *et al.*, 2009). Para medir la amplitud de nicho poblacional se utilizaron los promedios de sangre y músculo de las cinco especies.

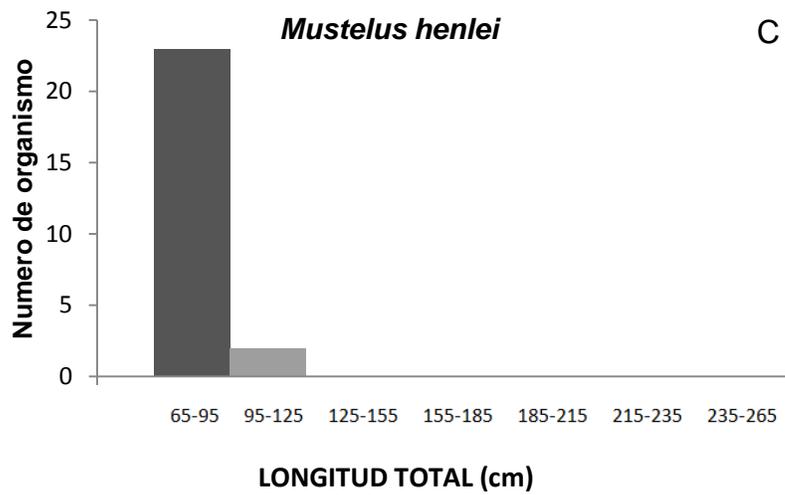
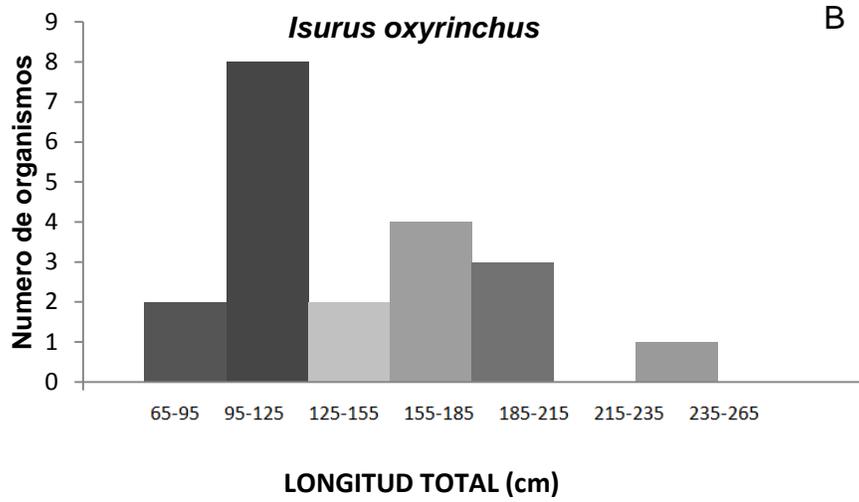
## RESULTADOS

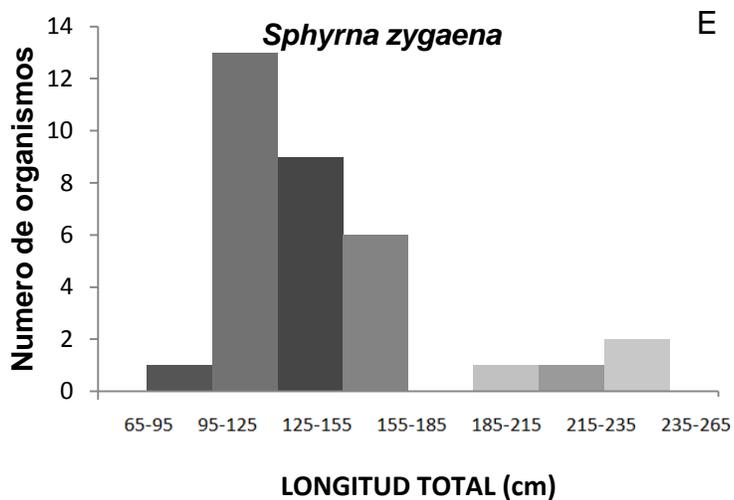
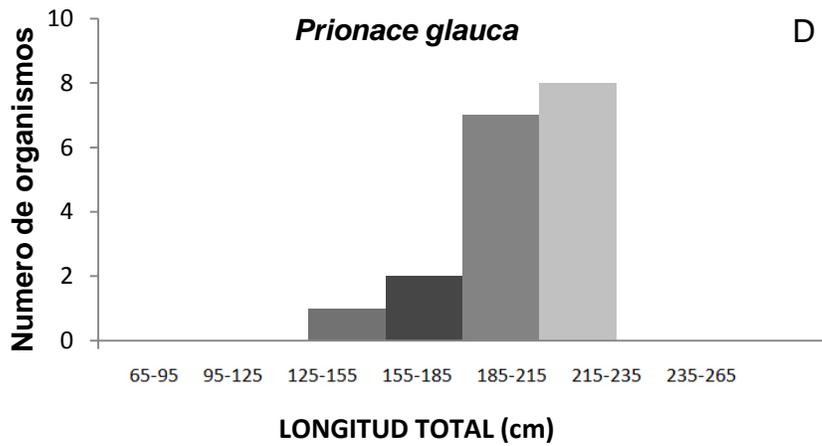
### Estructura de tallas, sexos y estadios

Se analizó la composición isotópica de sangre y músculo de 22 *C. falciformis*, 20 *I. oxyrinchus*, 25 *M. henlei*, 18 *P. glauca* y 33 *S. zygaena*. En *C. falciformis* 16 tiburones fueron hembras y 6 machos. Mientras que para *I. oxyrinchus*, la composición por sexos fue 11 hembras y 9 machos. Para *M. henlei* fueron 16 hembras y 9 machos. En *P. glauca* se tuvo 12 hembras y 6 machos: mientras que en *S. zygaena* 19 hembras y 14 machos.

El intervalo de tallas de *C. falciformis* fue de 156 a 232 cm con un promedio de 193 cm (Figura 2-A). El *I. oxyrinchus* presentó tallas entre 86 a 237 cm con un promedio de 142.12 cm (Figura 2-B). Para el caso de *M. henlei* las tallas se presentaron entre 65 a 98 cm con un promedio de 77.72 cm (Figura 2-C). En el caso de las tallas del *P. glauca* fluctuó entre 143.2 a 246.2 cm con un promedio de 207.63 cm (Figura 2-D). En *S. zygaena* fluctuó entre 93 a 293 cm con un promedio de 145.50 cm (Figura 2-E).







**Figura 2.** Distribución de tallas de las cinco especies de tiburón recolectadas en la costa occidental de Baja California Sur. A= *C. falciformis*, B= *I. oxyrinchus*, C= *M. henlei*, D= *P. glauca*, E= *S. zygaena*.

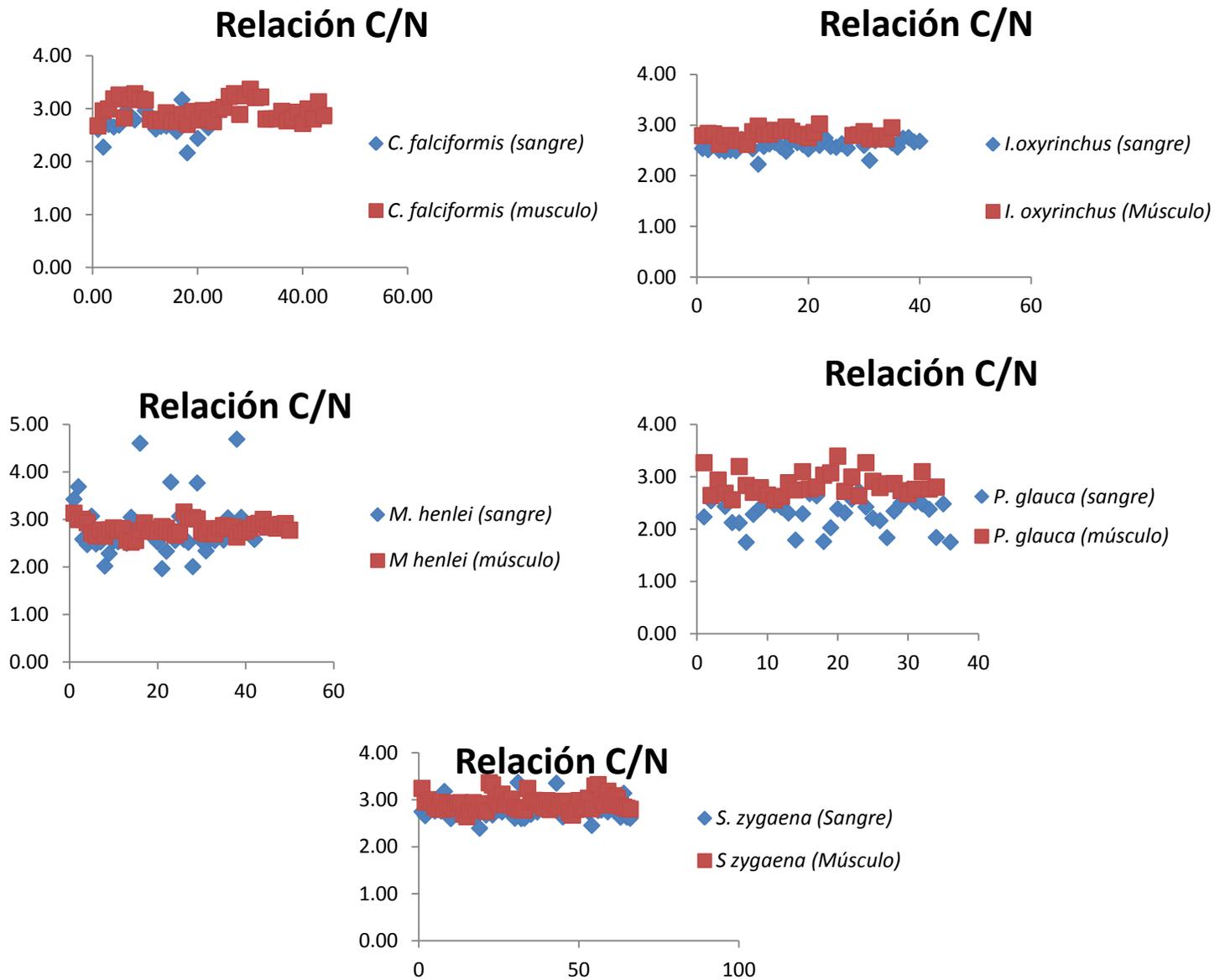
A partir de las tallas se determinó el estadio utilizando las medidas de madurez sexual reportadas en trabajos de biología reproductiva para cada especie (Conde-Moreno, 2006; Carrera-Fernández, 2007; Carrera *et al.*, 2010; Hoyos *et al.*, 2011; Silva-Santos, 2012). *C. falciformis* estuvo representada por 4 hembras juveniles, 2 machos juveniles, 12 hembras adultas y 4 machos adultos.

La distribución de estadios de madurez para *I. oxyrinchus* fue de 11 hembras juveniles, 8 machos juveniles y 1 machos adulto. Para el *M. henlei*, la distribución de estadios estuvo representada por 2 hembras juveniles, 14 hembras adultas y 9 machos adultos. *P. glauca* presento una distribución de estadios de 3 machos juveniles, 12 hembras adultas, y 3 machos adultos. Por último, *S. zygaena* presentó una distribución de estadios de 14 hembras juveniles, 13 machos juveniles, 5 hembras adultas y 1 macho adulto.

## Razón C:N entre las especies

**Tabla 2.** Valores e intervalos de la relación C:N de las cinco especies de tiburones.

Tejido	Especie	Intervalos de Relación C:N	Promedio
SANGUÍNEO	<i>C. falciformis</i>	2.08 a 3.22	2.69 ±0.25
	<i>I. oxyrinchus</i>	2.23 a 2.85	2.61±0.12
	<i>M. henlei</i>	1.96 a 4.69	2.80 ±0.58
	<i>P. glauca</i>	1.75 a 2.77	2.31 ±0.29
	<i>S. zygaena</i>	2.39 a 3.37	2.80 ±0.16
MUSCULAR	<i>C. falciformis</i>	2.67a 3.37	2.96 ±0.19
	<i>I. oxyrinchus</i>	2.62 a 3.02	2.82 ±0.09
	<i>M. henlei</i>	2.52 a 3.16	2.82 ±0.13
	<i>P. glauca</i>	2.55 a 3.39	2.86 ±0.21
	<i>S. zygaena</i>	2.64 a 3.36	2.93 ±0.15



**Figura 3.** Distribución de los valores de la relación C: N en las diferentes especies de tiburones recolectados en la costa occidental de B.C.S. El valor 4.0= límite de tejidos libres de lípidos, de acuerdo con McConnaughey & McRoy (1979).

## Posición trófica en sangre y músculo

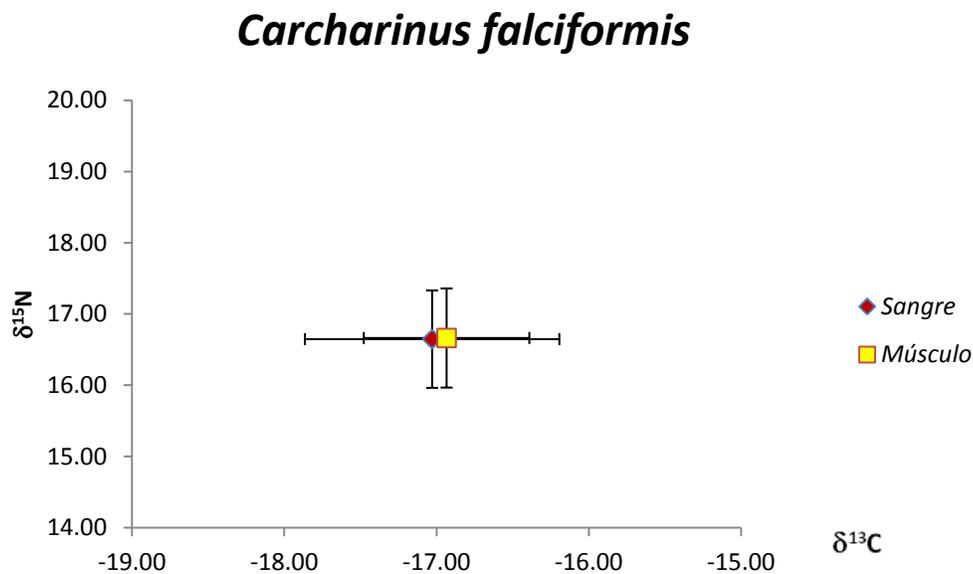
**Tabla 3.** Valores e intervalos de las posiciones tróficas de las cinco especies de tiburones.

Tejido	Especie	Número de aparición	Intervalo de Posición trófica	Promedio
SANGUÍNEO	<i>S. zygaena</i>	1	3.57 a 5.40	4.78 ±0.47
	<i>M. henlei</i>	2	3.62 a 5.18	4.60 ±0.37
	<i>I. oxyrinchus</i>	3	3.86 a 4.83	4.39 ±0.25
	<i>P. glauca</i>	4	3.61 a 5.36	4.32 ±0.32
	<i>C. falciformis</i>	5	2.93 a 4.20	3.69 ±0.28
MUSCULAR	<i>S. zygaena</i>	1	2.36 a 3.91	3.56 ±0.29
	<i>I. oxyrinchus</i>	2	2.83 a 4.01	3.49 ±0.31
	<i>M. henlei</i>	3	2.95 a 3.92	3.39 ±0.19
	<i>P. glauca</i>	4	2.78 a 3.48	3.06 ±0.17
	<i>C. falciformis</i>	5	2.37 a 3.05	2.75 ±0.18

## Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo.

Para *C. falciformis* en tejido sanguíneo, se presentaron valores en  $\delta^{15}\text{N}$  de 17.87 a 14.82‰ con un promedio de  $16.45 \pm 0.68\text{‰}$  y en  $\delta^{13}\text{C}$  de -18.68 a -14.60‰ con promedio de  $-17.03 \pm 0.85\text{‰}$ . En el tejido muscular presentó valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de 17.78 a 15.28‰ con un promedio de  $16.66 \pm 0.69\text{‰}$  y de  $\delta^{13}\text{C}$  con un intervalo de -17.82 a -15.6‰ con promedio de  $-16.93 \pm 0.54\text{‰}$  (Fig. 4).

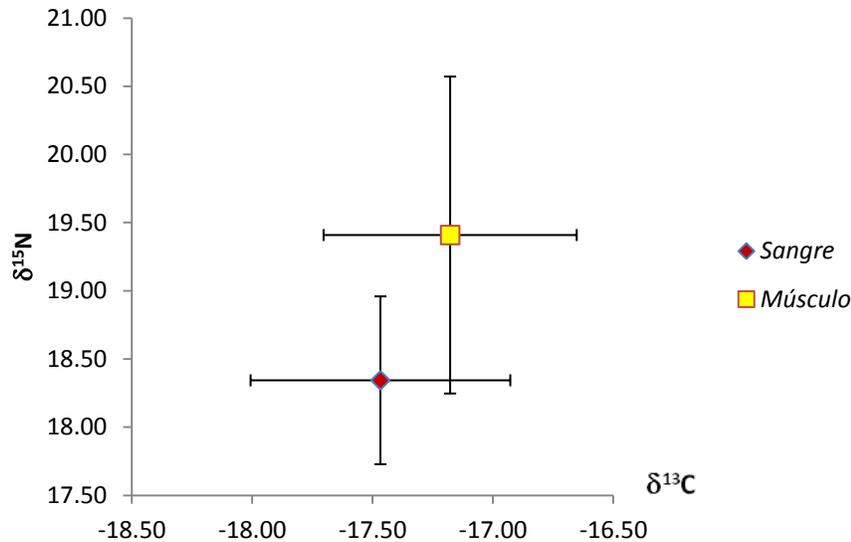
Los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas con relación a  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=942.0000$ ,  $P=0.828$ ), ni para  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U = 916.0000$ ,  $P= 0.664$ ) entre los diferentes tejidos músculo y sangre de tiburón piloto.



**Figura 4.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*).

El tiburón mako presentó en sangre valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con un intervalo de 19.39 a 17.06‰ con un promedio de  $18.34 \pm 0.61\%$ . En  $\delta^{13}\text{C}$  presentó valores con intervalo de -18.73 a -16.14‰ y con promedio de  $-17.47 \pm 0.43\%$ . En músculo el tiburón mako presentó valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con un intervalo de 21.33 a 16.96 ‰ con un promedio de  $19.40 \pm 1.16\%$ . Mientras que en  $\delta^{13}\text{C}$ , el tejido muscular reflejó valores con intervalos de -18.36 a -16.04 con un promedio de  $-17.17 \pm 0.52\%$  (Fig. 5).

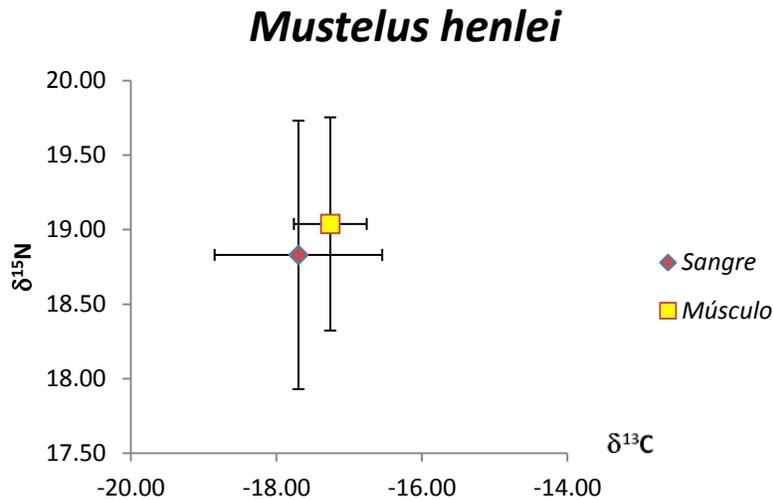
Se encontraron diferencias significativas en los valores isotópicos de sangre y músculo del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=310.0000$ ,  $P=0.000007$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=519.0000$ ,  $P=0.015$ ).



**Figura 5.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*).

La sangre del cazón pardo presentó valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que fluctuaron de 20.24 a 16.48 ‰ con promedio de  $18.83 \pm 0.90$  ‰. Para  $\delta^{13}\text{C}$  con un intervalo de -20.31 a -15.77 con promedio de  $-17.70 \pm 1.15$  ‰. El tejido muscular reflejó valores con intervalos de 21.01 a 17.42‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  con un promedio de  $19.03 \pm 0.71$ ‰. En  $\delta^{13}\text{C}$  los valores de músculo fluctuaron de -18.05 a -15.56‰ con un promedio de  $-17.25 \pm 0.50$ ‰ (Fig. 6).

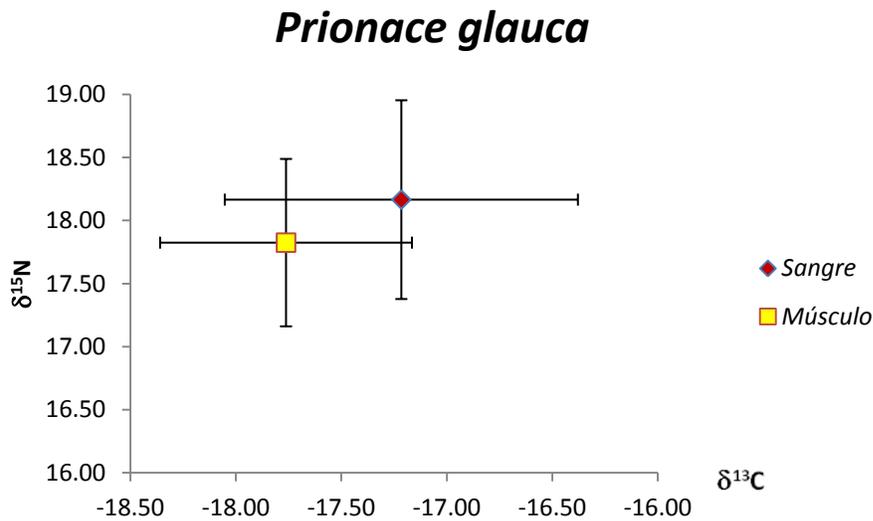
No se encontraron diferencias significativas en nitrógeno ( $U=954.0000$ ,  $P=0.451$ ), ni en carbono ( $U=833.0000$ ,  $P=0.088$ ) entre los diferentes tejidos del cazón pardo.



**Figura 6.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del cazón pardo (*Mustelus henlei*).

El tiburón azul se caracterizó por presentar los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  de sangre con intervalo de 20.66 a 16.46 ‰ y promedio de  $18.17 \pm 0.78$  ‰ y de valores en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalo de -19.30 a -15.89 ‰ y un valor promedio de  $-17.22 \pm 0.83$ ‰. Los valores representados por el músculo del tiburón azul presentan valores en  $\delta^{15}\text{N}$  de 19.36 a 16.78‰ con un promedio de  $17.82 \pm 0.66$ ‰. En los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en músculo presentan un intervalo de -19.05 a -16.37‰ con promedio de  $-17.76 \pm 0.59$ ‰ (Fig. 7).

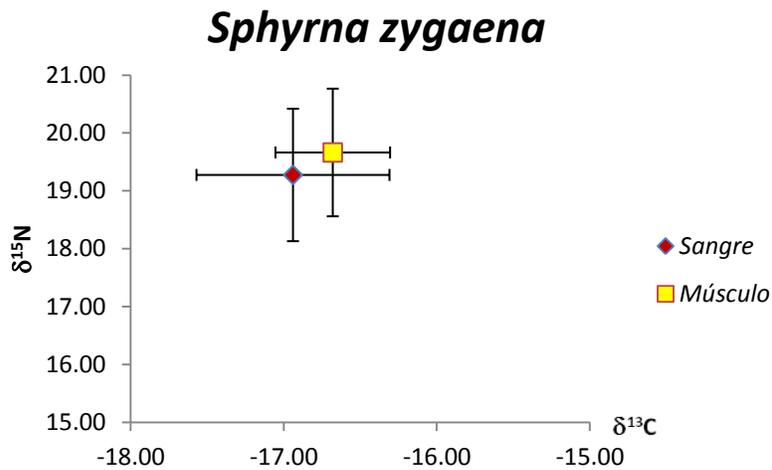
Se encontraron diferencias significativas entre los tejidos muscular y sanguíneo del tiburón azul, tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=441.0000$ ,  $P=0.044$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=338.5000$ ,  $P=0.001$ ).



**Figura 7.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del tiburón azul (*Prionace glauca*).

Por último, la cornuda prieta se caracterizó por presentar valores de sangre con un intervalo en sus valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de 20.75 a 16.38‰ con promedio de  $19.28 \pm 1.14$ ‰. En cuanto a sus valores de  $\delta^{13}\text{C}$  se presentan con un intervalo de -18.83 a -15.61‰ con promedio de  $-16.94 \pm 0.63$ ‰. Para el caso de su tejido muscular, reflejó valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de 20.98 a 15.23‰ con un promedio de  $19.66 \pm 1.10$ ‰. En el  $\delta^{13}\text{C}$  valores de -17.55 a -15.65 con un promedio  $-16.68 \pm 0.37$ ‰ (Fig. 8).

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tejidos sangre y músculo de la cornuda prieta tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=1706.000$ ,  $P=0.031$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=1660.500$ ,  $P=0.018$ ).



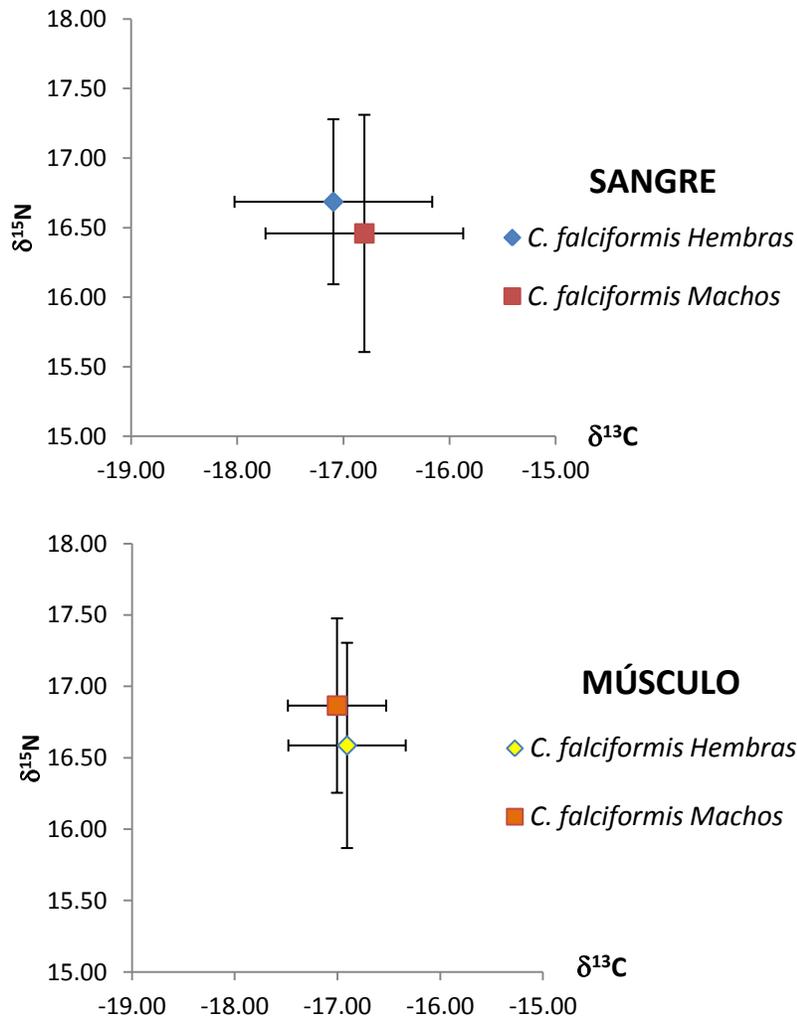
**Figura 8.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón cornuda prieta (*Sphyrna zygaena*).

#### Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo entre sexos.

Las hembras de *C. falciformis* presentaron valores isotópicos en sangre con intervalo de 17.61 a 15.46‰ con un promedio de  $16.69 \pm 0.59$ ‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  y un intervalo de -18.68 a -14.60 ‰ con un promedio de  $-17.09 \pm 0.93$ ‰ en  $\delta^{13}\text{C}$ . Los machos del tiburón piloto presentaron valores en sangre con un intervalo de 17.87 a 14.82‰ con un promedio de  $16.46 \pm 0.85$ ‰ en sus valores de  $\delta^{15}\text{N}$ . Mientras que los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  se caracterizaron por un intervalo de -17.88 a -16.07 con un promedio de  $-16.80 \pm 0.45$ ‰ (Fig. 9).

En el tejido muscular las hembras de *C. falciformis* presentaron valores de 17.79 a 15.28‰ con un promedio de  $16.59 \pm 0.71$ ‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  y un intervalo de -17.83 a -15.65‰ con un promedio de  $-16.91 \pm 0.57$ ‰ en  $\delta^{13}\text{C}$ . Los machos fueron los que presentaron valores con intervalo de 17.69 a 16.00‰ con un promedio de  $16.87 \pm 0.61$ ‰ en  $\delta^{15}\text{N}$  y valores, con un intervalo de -17.49 a -16.04‰ con un promedio de  $-17.00 \pm 0.47$ ‰ en  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig. 9).

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos del tiburón *C. falciformis* en sangre tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=164.5000, P=0.468) como en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=131.5000, P=0.110). Los análisis estadísticos tampoco encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos en músculo de esta especie, ni en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=144.0000, P=0.205) ni en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=178.0000, P=0.712).

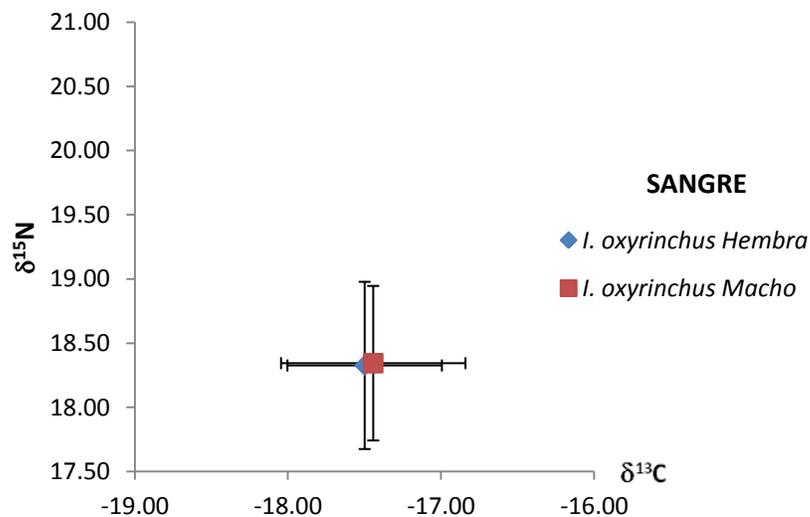


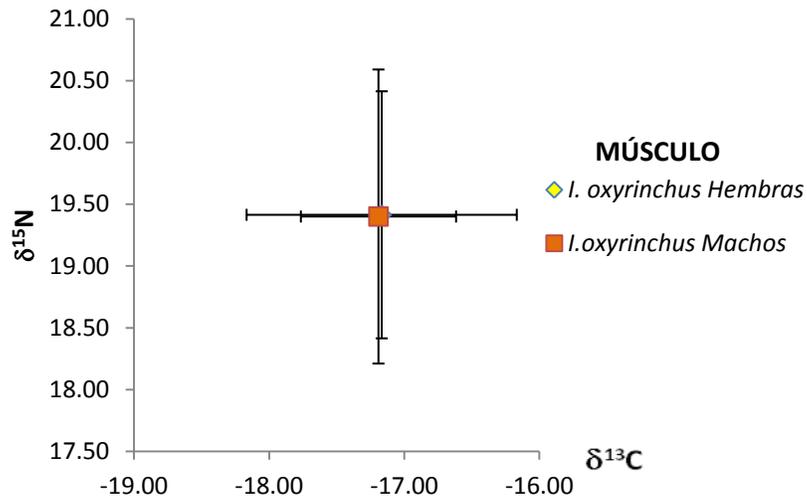
**Figura 9.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón piloto (*C. falciformis*) entre hembras y machos.

Con respecto al tiburón mako, las hembras presentaron valores en tejido sanguíneo de  $\delta^{15}\text{N}$  de 19.15 a 17.15‰ con un promedio de  $18.33 \pm 0.651$ ‰. En  $\delta^{13}\text{C}$  presentó valores de  $-18.73$  a  $-16.32$ ‰ con promedio de  $-17.50 \pm 0.504$ ‰. De la misma forma los machos presentaron intervalos en los valores en sangre en  $\delta^{15}\text{N}$  de 19.39 a 17.06‰ con un promedio de  $18.34 \pm 0.602$ ‰. En  $\delta^{13}\text{C}$  presentó valores de  $-18.30$  a  $-16.14$ ‰ con promedio de  $-17.44 \pm 0.602$ ‰ (Fig. 10).

En músculo las hembras presentaron valores de  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalo de 21.34 a 17.05‰ con un promedio de  $19.41 \pm 1.169$ ‰. En  $\delta^{13}\text{C}$  se presentaron valores con un intervalo de  $-18.09$  a  $-16.05$ ‰ y un promedio de  $-17.17 \pm 0.501$ ‰. Los machos obtuvieron valores para músculo en  $\delta^{15}\text{N}$  de 20.87 a 16.96‰ con un promedio de  $19.40 \pm 1.190$ ‰. En  $\delta^{13}\text{C}$  presentó valores de  $-18.37$  a  $-16.15$ ‰ con promedio de  $-17.19 \pm 0.574$ ‰ (Fig. 10).

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos en sangre del tiburón mako *I. oxyrinchus* tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=182.000, P=0.843), como en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=178.0000, P=0.756). Tampoco se encontraron diferencias significativas en músculo en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=176.0000, P=1.000), ni en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=173.0000, P=0.088) entre sexos.



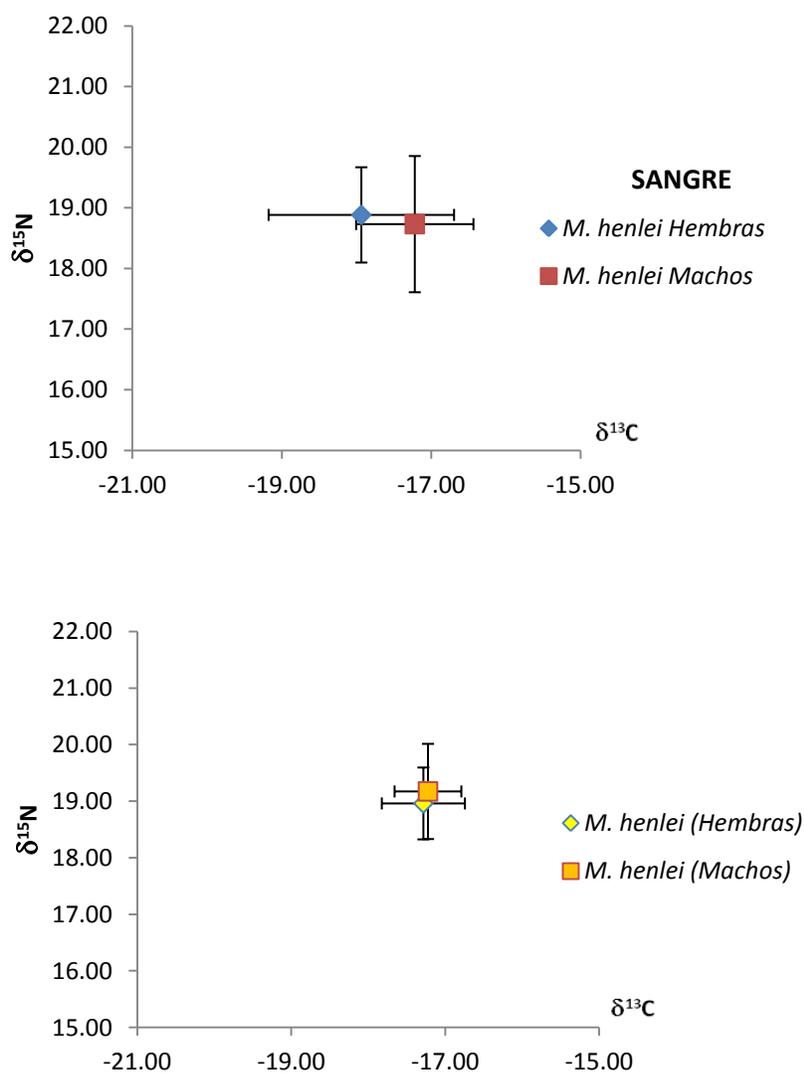


**Figura 10.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón mako (*I. oxyrinchus*) entre hembras y machos.

En *M. henlei*, los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  se presentaron para las hembras en sangre con intervalos de 20.24 a 16.85‰ con promedio de  $18.88 \pm 0.785\%$ . Para  $\delta^{13}\text{C}$  presentaron los valores en sangre con un intervalo de -20.31 a -16.26‰ con promedio de  $-17.94 \pm 1.241\%$ . Los machos del *M. henlei* presentaron en su tejido sanguíneo valores de 20.21 a 16.48‰ con un promedio de  $18.73 \pm 1.123\%$  en  $\delta^{15}\text{N}$  y un intervalo en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de -18.41 a -15.77 con un promedio de  $-17.22 \pm 0.785\%$  (Fig. 11).

En músculo de *M. henlei* los intervalos del tejido muscular en hembras se presentaron de la siguiente forma. Para  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 21.02 a 17.42 con un promedio de  $18.96 \pm 0.635\%$ . Para  $\delta^{13}\text{C}$  con un intervalo de -18.05 a -15.57‰ con promedio de  $-17.28 \pm 0.539\%$ . Los valores en tejido muscular se presentaron para los machos con intervalo de 20.80 a 17.70 con un promedio de  $19.17 \pm 0.841\%$  en  $\delta^{15}\text{N}$ . Los intervalos para  $\delta^{13}\text{C}$  fueron de -17.94 a -16.52 con un promedio de  $-17.22 \pm 0.433\%$  (Fig. 11).

No se encontraron diferencias significativas entre sexos del tiburón *M. henlei* en sangre tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=184.0000, P=0.748), como en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=137.0000, P=0.115). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre sexos en músculo tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  (U=227.0000, P=0.217), como en  $\delta^{13}\text{C}$  (U=247.0000, P=0.407).

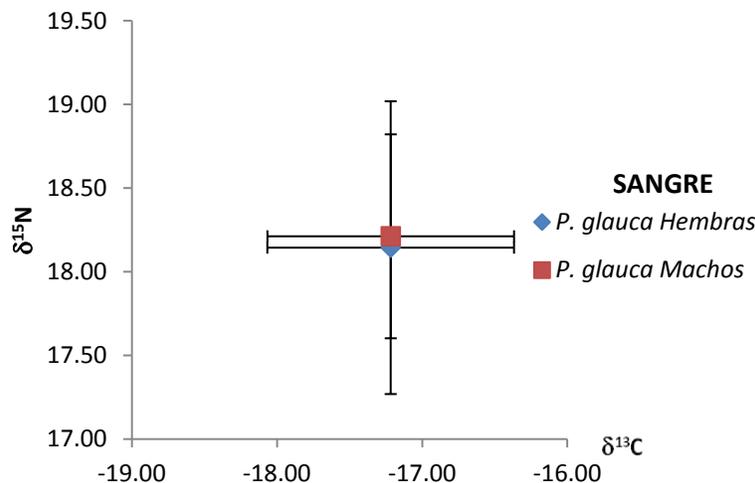


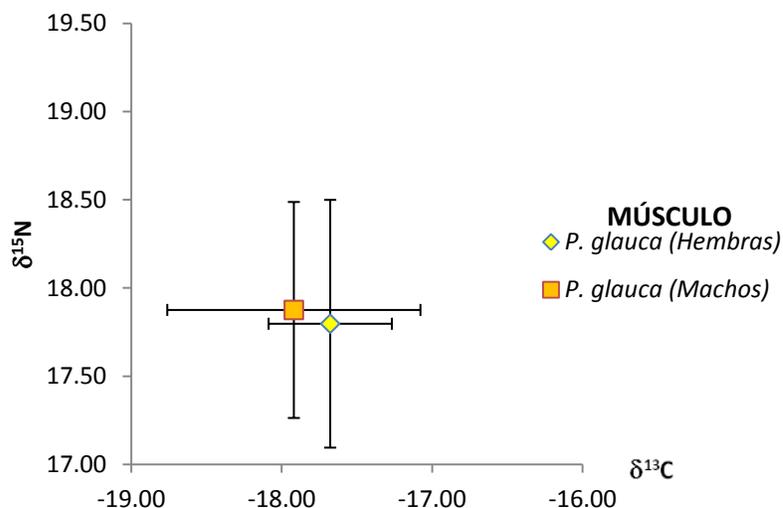
**Figura 11.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular del cazón pardo (*M. henlei*) entre hembras y machos.

Con respecto al tiburón azul, el tejido sanguíneo de las hembras presentaron los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de 20.66 a 16.90‰ con promedio de  $18.14 \pm 0.874\%$  y de  $\delta^{13}\text{C}$  de -19.30 a -15.89‰ con un valor promedio de  $-17.22 \pm 0.849\%$ . Para el caso de los machos que presentaron valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en sangre con intervalo de 18.89 a 16.46‰ con promedio de  $18.21 \pm 0.609\%$  y de  $\delta^{13}\text{C}$  de -18.94 a -16.26 con promedio de  $-17.22 \pm 0.849\%$  (Fig. 12).

El tejido muscular de las hembras de tiburón azul presentaron valores de  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 19.36 a 16.83‰ con un promedio de  $17.80 \pm 0.702\%$ . Y de  $\delta^{13}\text{C}$  presento valores de -18.33 a -16.97‰ con un promedio de  $-17.68 \pm 0.409\%$ . En músculo los organismos machos presentaron valores menores en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 19.09 a 16.78 con un promedio de  $17.88 \pm 0.849\%$ . Y en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalo de -19.05 a -16.37 con promedio de  $-17.92 \pm 0.841\%$  (Fig. 12).

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos del tiburón azul en sangre tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=250.0000$ ,  $P=0.347$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=137.0000$ ,  $P=0.115$ ). Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos en músculo de esta especie tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=220.5000$ ,  $P=0.959$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=247.0000$ ,  $P=0.407$ ).





**Figura 12.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de tiburón azul (*P. glauca*) entre hembras y machos.

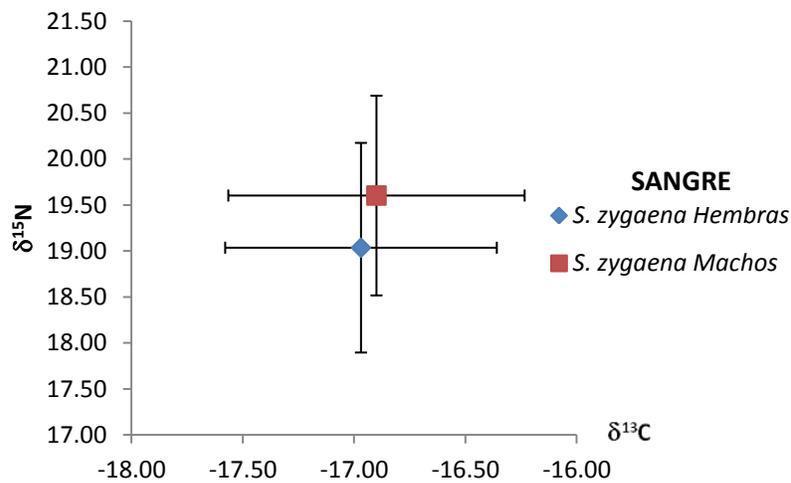
En *S. zygaena*, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en sangre de los organismos hembras presentaron un intervalo de valores de 20.69 a 16.38‰ con promedio  $19.04 \pm 0.841\%$ . Y de  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalos de -18.83 a -15.83 con promedio de  $-16.97 \pm 0.610\%$ . Los machos presentaron los valores más enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 20.75 a 16.45‰ con promedio de  $19.60 \pm 1.085\%$ . Mientras que en  $\delta^{13}\text{C}$  presento los valores con un intervalo de -18.32 a -15.61‰ con promedio de  $-16.90 \pm 0.665\%$  (Fig. 13).

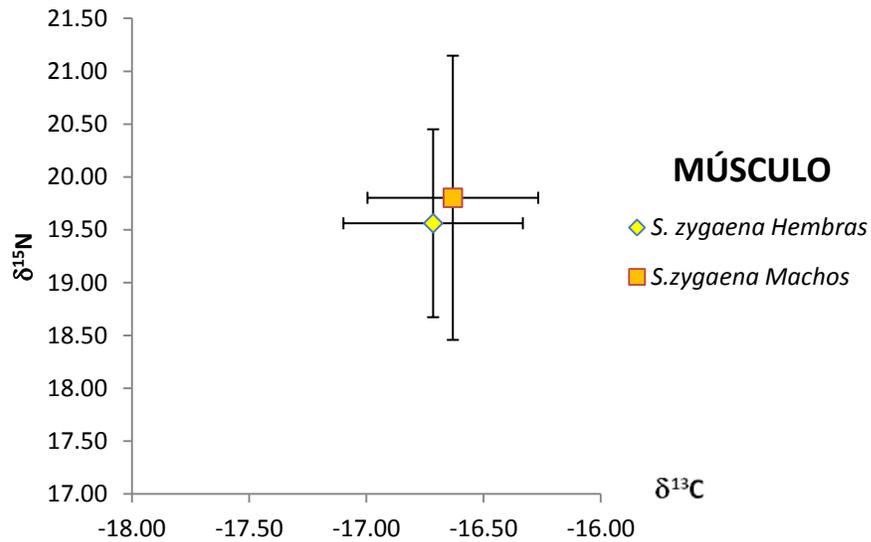
En el caso del tejido muscular de *S. zygaena* los valores más enriquecidos de  $\delta^{15}\text{N}$  los presentaron los machos con un intervalo 20.98 a 15.23‰ con un promedio de  $19.80 \pm 1.344\%$ . Por otro lado los machos también presentan los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalos de -17.35 a -15.65‰ con un promedio de  $-16.63 \pm 0.364\%$ . Las hembras presentaron valores en tejido muscular de  $\delta^{15}\text{N}$  en intervalos de 20.74 a 17.19‰ con un promedio de  $19.56 \pm 0.888\%$ . Los valores de

$\delta^{13}\text{C}$  se presentan con un intervalo de -17.55 a -15.83 con promedio de -16.72  $\pm 0.382\text{‰}$  (Fig. 13).

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes sexos de la cornuda prieta (*S. zygaena*) en  $\delta^{15}\text{N}$  en tejido sanguíneo ( $U=369.0000$ ,  $P=0.034$ ). En  $\delta^{13}\text{C}$  no se encontraron diferencias significativas en el tejido sanguíneo entre los diferentes sexos del tiburón *S. zygaena* ( $U=499.0000$ ,  $P=0.668$ ).

También se encontraron diferencias significativas en los valores de músculo en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $U=372.0000$ ,  $P=0.037$ ) entre sexos de la cornuda prieta. No se encontró diferencias significativa en los valores musculares de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=462.0000$ ,  $P=0.363$ ) entre sexos de esta especie.





**Figura 13.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de cornuda prieta (*S. zygaena*) entre hembras y machos.

### Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo entre estadios de madurez .

Los valores promedio más enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  en sangre de *C. falciformis* los presentaron los machos adultos, los cuales presentaron valores de 17.87 a 16.02‰ con un promedio de  $16.92 \pm 0.56\%$ . Los valores de las hembras adultas en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de entre 17.91 a 15.79‰ con un promedio de  $16.86 \pm 0.56\%$ . Las hembras juveniles presentaron un valor de  $\delta^{15}\text{N}$  con un intervalo de 16.87 a 15.46‰ con un promedio de  $16.30 \pm 0.55\%$ . Los valores menos enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  en tejido sanguíneo se presentaron en los machos juveniles con intervalos de 15.82 a 14.82‰ con un promedio de  $15.54 \pm 0.48\%$  (Fig. 14).

En el caso del  $\delta^{13}\text{C}$  los valores más negativos en sangre los presentaron las hembras adultas de *C. falciformis* con intervalos de -18.68 a -14.60‰ con un promedio de  $-17.32 \pm 0.94\%$ . Los machos juveniles presentaron valores en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalos de -17.12 a -16.46‰ con un promedio de  $-16.81 \pm 0.30\%$ . Los

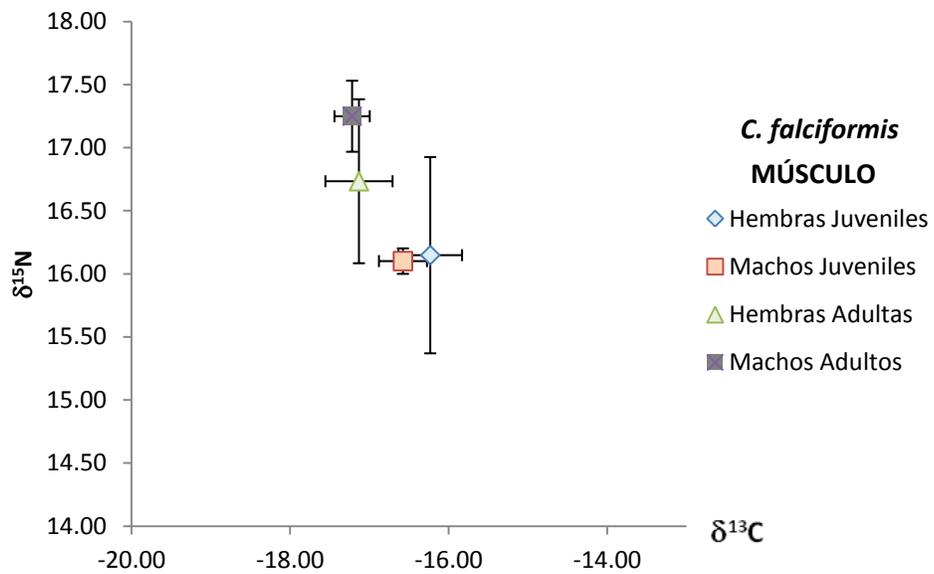
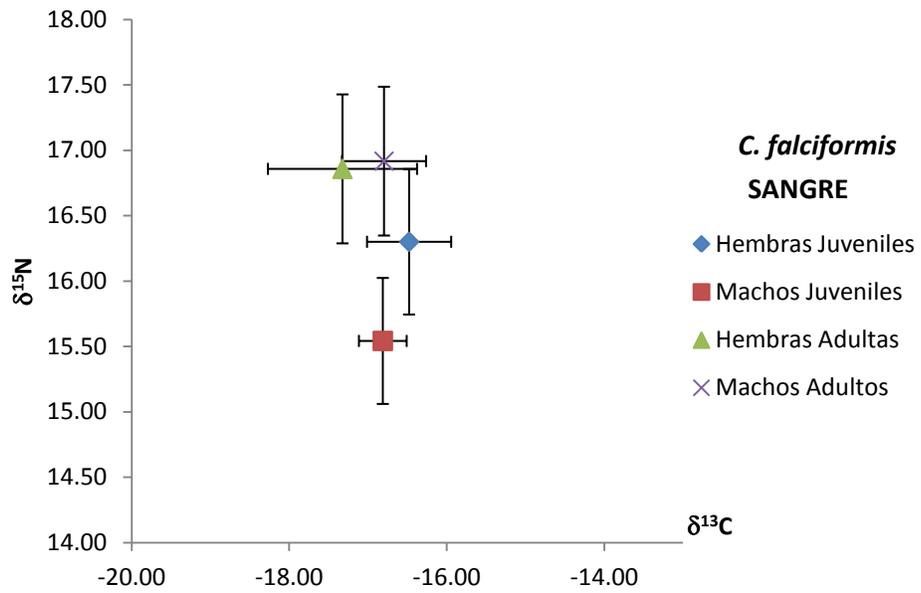
machos adultos presentaron valores similares, con un intervalo de -17.88 a -16.07‰ con un promedio de  $-16.80 \pm 0.53$ ‰. Los valores menos negativos en  $\delta^{13}\text{C}$  los presentaron las hembras juveniles que presentaron intervalos de -17.17 a -15.78‰ con un promedio de  $-16.48 \pm 0.53$ ‰ (Fig. 14).

Para el caso del tejido muscular de *C. falciformis* los valores más altos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentaron los machos adultos que presentaron valores con intervalo de 17.69 a 16.84‰ con un promedio de  $17.25 \pm 0.28$ ‰. Los valores de las hembras adultas presentaron un intervalo de 17.79 a 15.38‰ con un promedio de  $16.73 \pm 0.65$ ‰ (Fig. 14).

Las hembras juveniles de *C. falciformis* presentaron intervalos en sus valores de  $\delta^{15}\text{N}$  de 17.13 a 15.28‰ con un promedio de  $16.15 \pm 0.77$ ‰. Por último los valores menos enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentaron los machos juveniles con valores muy similares en comparación con las hembras juveniles donde se presentan con un intervalo de 16.20 a 16.00‰ con promedio de  $16.10 \pm 0.10$ ‰ (Fig. 14).

Para  $\delta^{13}\text{C}$  en tejido muscular de *C. falciformis* los valores más negativos los presentaron los machos adultos con intervalo de -17.49 a -16.76‰ con un promedio de  $-17.22 \pm 0.22$ ‰. Las hembras adultas presentaron valores con intervalos de -17.83 a -16.36‰ con un promedio de  $-17.13 \pm 0.42$ ‰. Los machos juveniles presentaron valores de  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalo de -17.42 a -16.04‰ con un promedio de  $-16.58 \pm 0.59$ ‰. Por último los valores menos negativos se presentaron en la hembras juveniles con un intervalo de -16.68 a -15.65‰ con un promedio de  $-16.23 \pm 0.40$ ‰ (Fig. 14).

Se encontraron diferencias significativas entre los diferentes estadios en sangre del tiburón piloto en nitrógeno ( $H_{(3, N=44)} = 13.30025$   $p < 0.05$ ) y en carbono ( $H_{(3, N=44)} = 11.16162$   $p < 0.05$ ). Presentaron diferencias significativas en el tejido muscular en los diferentes estadios del tiburón piloto tanto en nitrógeno ( $H_{(3, N=44)} = 13.79415$   $p < 0.05$ ). También se detectaron diferencias en carbono en los diferentes estadios de esta especie ( $H_{(3, N=44)} = 17.06995$   $p < 0.05$ ).



**Figura 14.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de *C. falciformis* entre diferentes estadios.

Los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  en sangre de los machos adultos de *I. oxyrinchus* presentaron valores de 18.10 a 17.57‰ con un promedio de  $17.83 \pm 0.37\%$ . Valores de los machos juveniles en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de entre 19.39 a 17.06‰ con un promedio de  $18.40 \pm 0.59\%$ . Valores en  $\delta^{15}\text{N}$  en tejido sanguíneo se presentaron en las hembras juveniles con intervalos de 19.15 a 17.15‰ con un promedio de  $18.35 \pm 0.64\%$ . En el caso del  $\delta^{13}\text{C}$  los valores en sangre que presentaron las hembras juveniles con intervalos de -18.73 a -16.32‰ con un promedio de  $-17.53 \pm 0.51\%$  (Fig. 15).

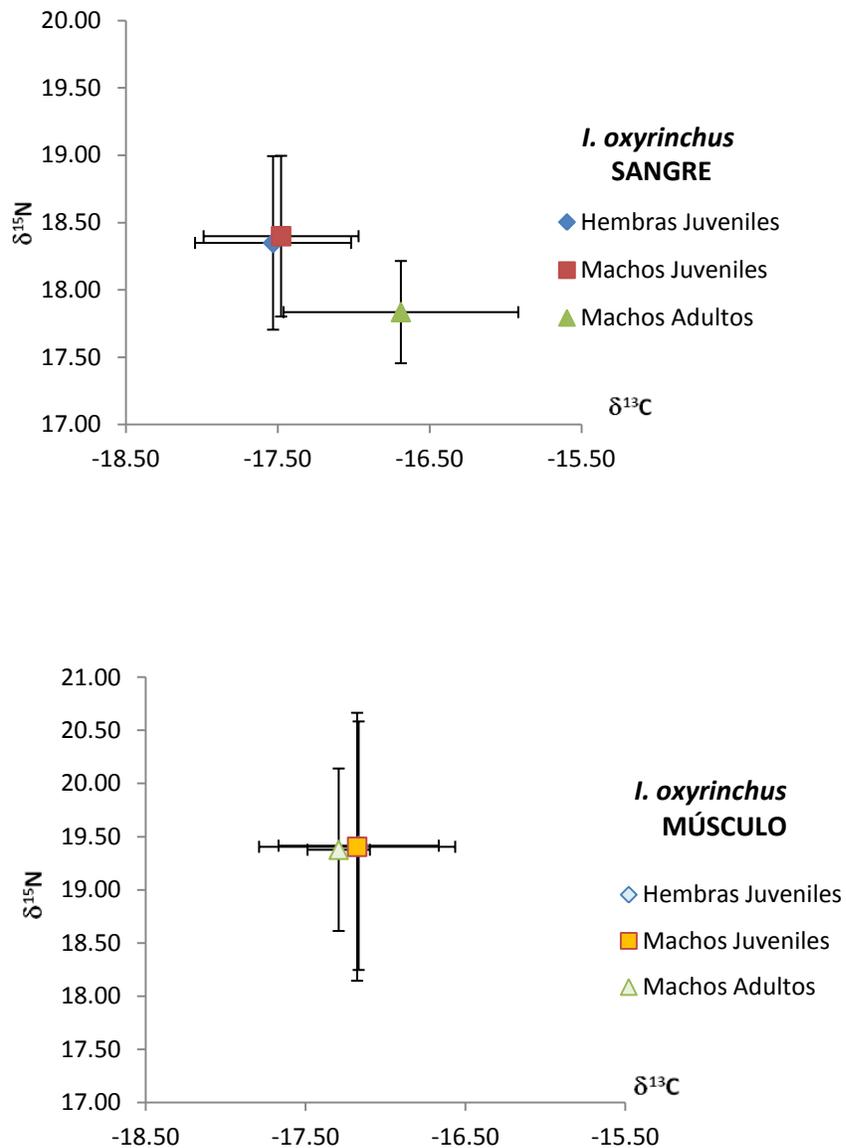
Los machos juveniles de *I. oxyrinchus* presentaron valores en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalos de -18.30 a -16.44‰ con un promedio de  $-17.48 \pm 0.51\%$ . Los machos adultos presentaron los valores, donde tuvo un intervalo de -17.24 a -16.14‰ con un promedio de  $-16.69 \pm 0.77\%$  (Fig. 15).

Para el caso del tejido muscular de *I. oxyrinchus* los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que presentaron las hembras juveniles con intervalo de 21.34 a 17.05‰ y con un promedio de  $19.41 \pm 1.16\%$  (Fig. 15).

Los machos juveniles se presentaron con valores con un intervalo de 20.87 a 16.96‰ con promedio de  $19.40 \pm 1.26\%$ . Por último los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que presentaron los machos adultos con un intervalo de 19.82 a 18.84‰ con promedio de  $19.38 \pm 0.76\%$ . En el caso del  $\delta^{13}\text{C}$  los valores en musculo de los machos adultos de *I. oxyrinchus* presentaron intervalos de -17.43 a -17.15‰ con un promedio de  $-17.29 \pm 0.19\%$ . Los machos juveniles presentaron valores en  $\delta^{13}\text{C}$  con intervalos de -18.37 a -16.15‰ con un promedio de  $-17.18 \pm 0.61\%$ . Valores en  $\delta^{13}\text{C}$ , fueron encontrados en los tejidos musculares de las hembras juveniles con intervalo en su valores isotópicos de -18.09 a -16.05‰ con un promedio de  $-17.17 \pm 0.50\%$  (Fig. 15).

No se encontraron diferencias significativas entre los diferentes estadios en sangre del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N=40)} = 1.701012$   $p > 0.05$ ). Ni en  $\delta^{13}\text{C}$ . ( $H_{(2, N=40)} = 3.472741$   $p > 0.05$ ). No se presentaron diferencias significativas en el tejido muscular en los diferentes estadios del tiburón mako en

$\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N=38)} = .1665703$   $p > 0.05$ ). Tampoco se detectaron diferencia en  $\delta^{13}\text{C}$  en los diferentes estadios de esta especie ( $H_{(2, N=38)} = .1068405$   $p > 0.05$ ).



**Figura 15.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de *I. oxyrinchus* entre diferentes estadios.

Para el tejido sanguíneo de *M. henlei*, los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que presentaron las hembras juveniles intervalos de 20.24 a 18.60‰ con un promedio de  $19.35 \pm 0.79\%$  (Fig. 16).

Las hembras adultas de *M. henlei* presentaron valores en  $\delta^{15}\text{N}$  en los tejidos sanguíneos donde se presentan con los intervalos de 20.15 a 16.85‰ con un promedio de  $18.80 \pm 0.77\%$ . Los machos adultos presentaron los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 20.21 a 16.48‰ con un promedio de  $18.73 \pm 1.12\%$  (Fig. 16).

Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  para el tejido sanguíneo se presentaron de la siguiente forma, donde los valores presentes en las hembras juveniles presentaron valores de -18.34 a -17.87‰ con un promedio de  $-18.03 \pm 0.21\%$ .

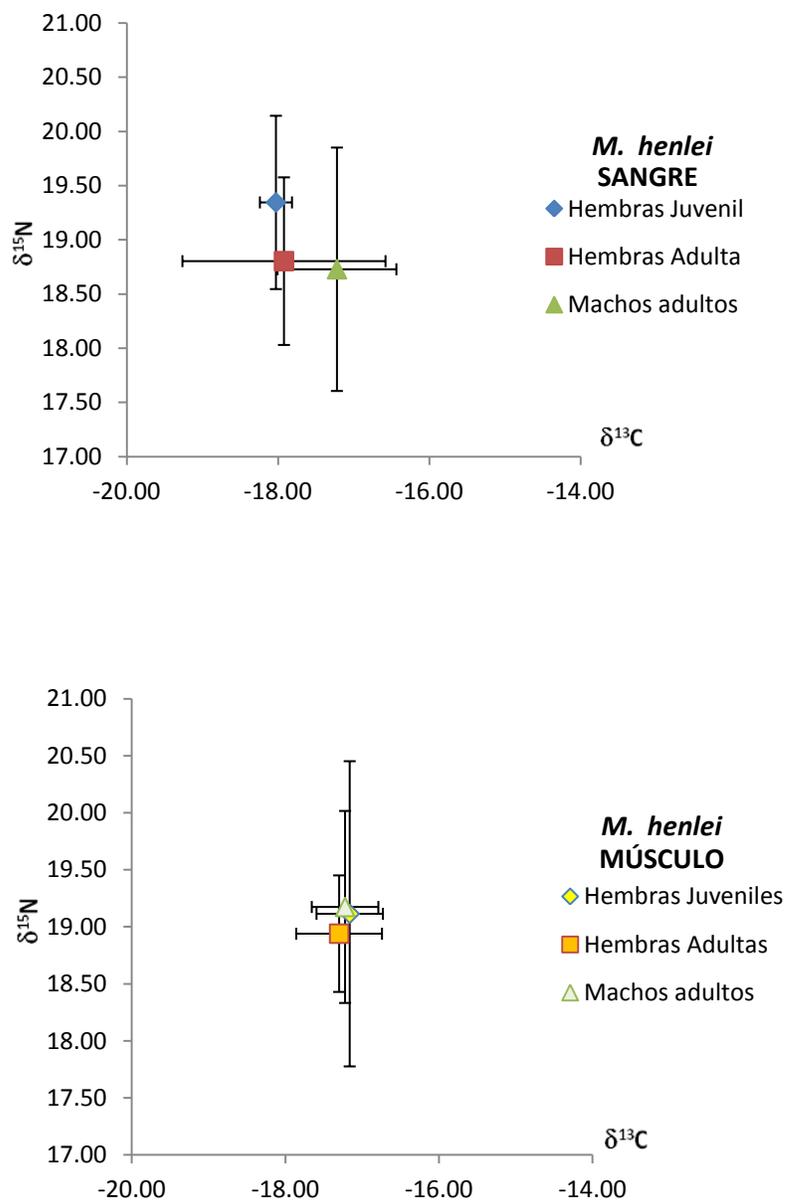
Los valores que caracterizaron a las hembras adultas se presentan en intervalos de -20.31 a -16.26‰ con promedio de  $-17.92 \pm 1.34\%$ . Los valores que presentaron los machos adultos con intervalos de -18.41 a -15.77 con un promedio de  $-17.22 \pm 0.78\%$  (Fig. 16).

En el caso del tejido muscular de *M. henlei* los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  presentes en los machos adultos que van con intervalo de 20.80 a 17.70‰ y con un promedio de  $19.17 \pm 0.84\%$ . Las hembras juveniles presentan valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 21.02 a 18.10‰ con un promedio de  $19.11 \pm 1.33\%$ . Los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  en tejido muscular que se encontraron en las hembras adultas se presentaron con valores que van desde 19.62 a 17.42‰ con un promedio de  $18.94 \pm 0.51\%$  (Fig. 16).

Para los valores musculares de *M. henlei* en  $\delta^{13}\text{C}$  los valores que se presentaron en las hembras adultas con un intervalo de -18.05 a -15.57‰ con un promedio de  $-17.30 \pm 0.55\%$ . Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en musculo de los machos adultos se presentan con intervalos de -17.94 a -16.52‰ con un promedio de  $-17.22 \pm 0.43\%$ . Por último se presentan las hembras juveniles con valores musculares en  $\delta^{13}\text{C}$ , con valores que van desde -17.63 a -16.58‰ con un promedio de  $-17.16 \pm 0.43\%$  (Fig. 16).

Al realizar los análisis estadísticos no se presentaron diferencias significativas en el tejido sanguíneo en los diferentes estadios del cazón pardo

(*M. henlei*) tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N=42)} = 1.653061$   $p > 0.05$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(2, N=42)} = 3.379964$   $p > 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas en el tejido muscular en los diferentes estadios del cazón pardo tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N=50)} = 1.558861$   $p > 0.05$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(2, N=50)} = 1.405763$   $p > 0.05$ ).



**Figura 16.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de *M. henlei* entre diferentes estadios.

Para el tejido sanguíneo del *P. glauca* los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que presentaron los machos adultos, donde presentaron un intervalo de 18.74 a 18.05‰ con un promedio de  $18.33 \pm 0.23\%$ . Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en sangre se presentaron en las hembras adultas con intervalos de 20.66 a 16.90‰ con un promedio de  $18.14 \pm 0.87\%$  en  $\delta^{15}\text{N}$ . Los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  que presentaron los machos juveniles caracterizado por un intervalo de 18.89 a 16.46‰ y con promedio de  $18.09 \pm 0.85\%$  en  $\delta^{15}\text{N}$  (Fig. 17).

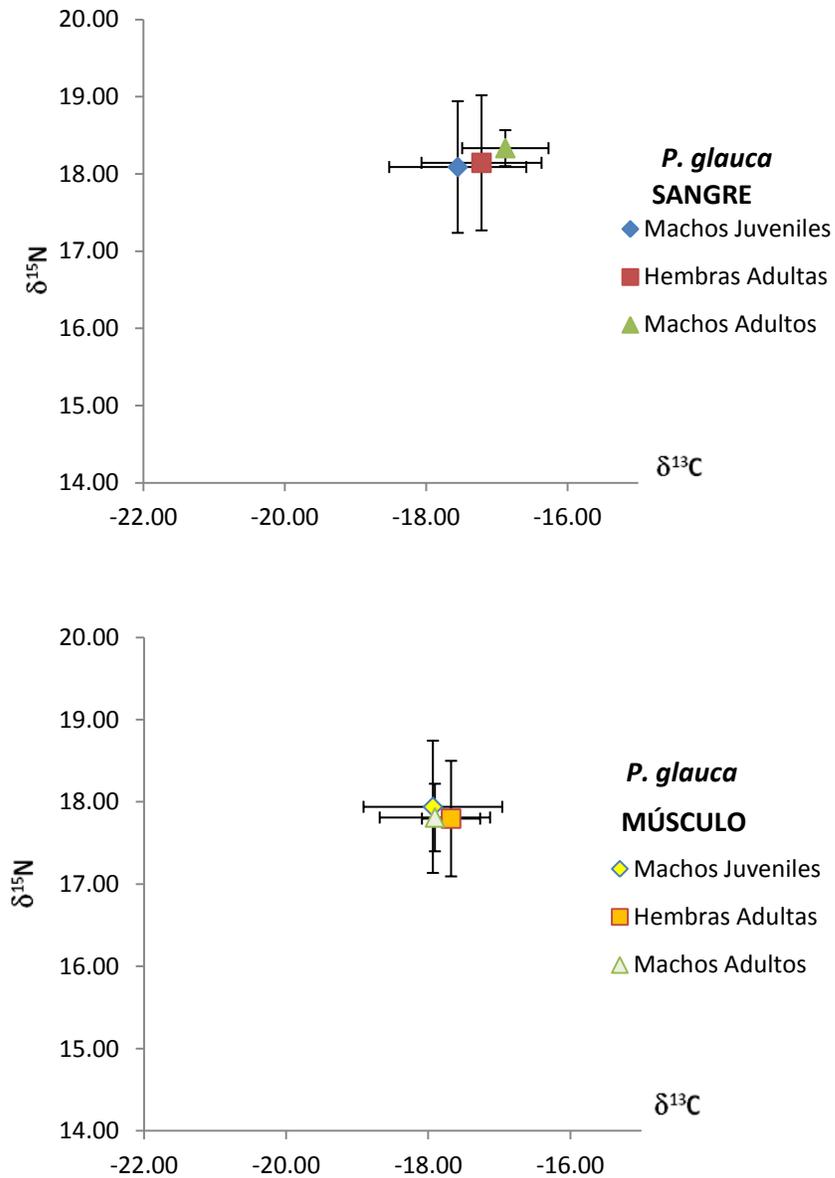
Los machos adultos de *P. glauca* también presentaron los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  sus valores sanguíneos con un intervalo de -18.01 a -16.26‰ con un promedio de  $-16.88 \pm 0.61\%$ . Y las hembras adultas intervalos de -19.30 a -15.89 con promedio de  $-17.22 \pm 0.84\%$  en  $\delta^{13}\text{C}$ . Por último los machos juveniles con un intervalo de -18.94 a -16.33‰ con un promedio de  $-17.55 \pm 0.97\%$  en  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig.17).

Para el tejido muscular de *P. glauca*, los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  de los machos juveniles, obtuvieron valores de 19.09 a 16.78‰ con un promedio de  $17.94 \pm 0.80\%$ . Los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en músculo se presentaron en machos adultos con intervalos de 18.61 a 17.47‰ con un promedio de  $17.81 \pm 0.41\%$ . Los valores en  $\delta^{15}\text{N}$  de las hembras adultas presentaron un intervalo de 19.36 a 16.83‰ con promedio de  $17.80 \pm 0.70\%$  (Fig. 17).

Para los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de los tejidos musculares de los machos juveniles de *P. glauca*, se presentaron con un intervalo de -19.05 a -16.60‰ con un promedio de  $-17.93 \pm 0.97\%$ . En cuanto a los machos adultos presentaron intervalos de -18.51 a -16.37 con promedio de  $-17.91 \pm 0.77\%$  en sus valores de  $\delta^{13}\text{C}$ . Y las hembras adultas con un intervalo de -18.33 a -16.97 con un promedio de  $-17.68 \pm 0.40\%$  en  $\delta^{13}\text{C}$  (Fig. 17).

Al realizar los análisis estadísticos no se encontraron diferencias significativas en el tejido sanguíneo del tiburón azul (*P. glauca*) en los diferentes estadios del tiburón azul tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N= 36)} = .9309309$   $p > 0.05$ ) como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(2, N= 36)} = 1.768715$   $p > 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas

en el tejido muscular en los diferentes estadios del tiburón azul tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(2, N= 34)} = .1463713$   $p > 0.05$ ) como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(2, N= 34)} = 2.161956$   $p > 0.05$ ).



**Figura 17.** Valores isotópicos promedio de Carbono y Nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de *P. glauca* entre diferentes estadios.

Para *S. zygaena* en tejido sanguíneo, los valores más enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentaron los machos juveniles donde presentaron valores de 20.75 a 17.79‰ con un promedio de  $19.78 \pm 0.86\%$ . Posteriormente las hembras juveniles se presentan con valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 20.69 a 16.38‰ con un promedio de  $19.22 \pm 0.94\%$  (Fig. 18).

Las hembras adultas de *S. zygaena* presentan intervalos en  $\delta^{15}\text{N}$  en el tejido sanguíneo de 20.38 a 16.55‰ con un promedio de  $18.53 \pm 1.50\%$ . Por último el valor menos enriquecido en  $\delta^{15}\text{N}$  se presentó en el macho adulto con intervalo de 18.02 a 16.45‰ con promedio de  $17.24 \pm 1.11\%$  (Fig. 18).

Para el caso del Carbono en tejido sanguíneo de *S. zygaena*, se presentaron los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  para las hembras juveniles con intervalos de -18.83 a -16.13‰ con un promedio de  $-17.02 \pm 0.58\%$ . Los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  que presentan los machos juveniles son intervalos de -18.32 a -15.61‰ con un promedio de  $-16.90 \pm 0.69\%$  y para los machos adultos son intervalos de -17.02 a -16.77‰ con un promedio de  $-16.89 \pm 0.18\%$ . Los valores que presentan las hembras adultas son intervalos de -18.15 a -15.89‰ con promedio de  $-16.81 \pm 0.69\%$  (Fig. 18).

Para tejido muscular los valores más enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentaron los machos juveniles de *S. zygaena*, donde presentaron valores de 20.98 a 19.55‰ con un promedio de  $20.15 \pm 0.43\%$ . Posteriormente las hembras juveniles se presentan con valores en  $\delta^{15}\text{N}$  con intervalos de 20.49 a 18.83‰ con un promedio de  $19.83 \pm 0.41\%$ . Las hembras adultas presentan intervalos en  $\delta^{15}\text{N}$  en el tejido muscular de 20.74 a 17.19‰ con un promedio de  $18.80 \pm 1.36\%$ . Por último el valor menor en  $\delta^{15}\text{N}$  se presento en el macho adulto con intervalo de 15.32 a 15.23‰ con promedio de  $15.28 \pm 0.065\%$  (Fig. 18).

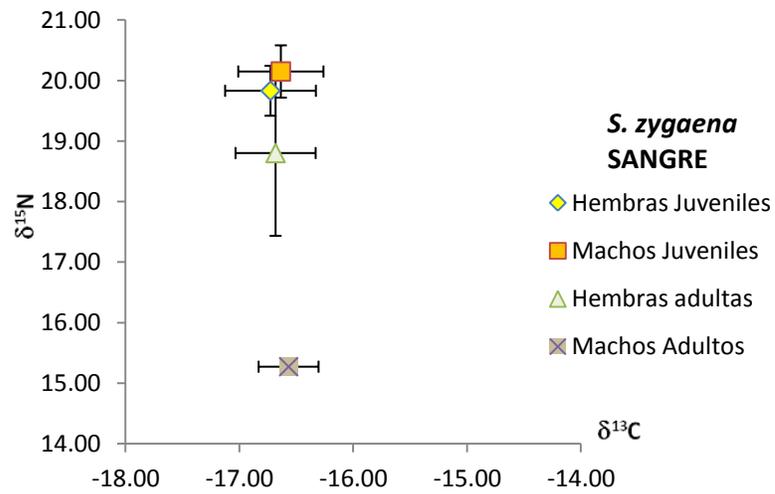
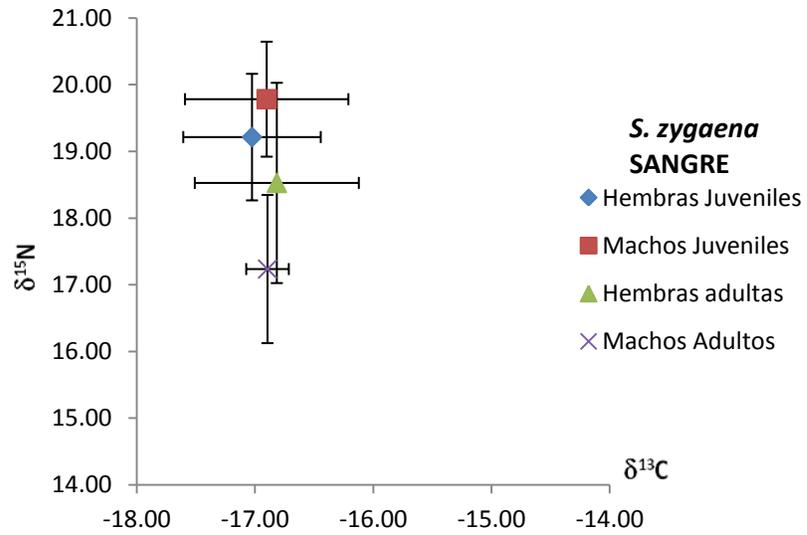
Para el caso del tejido muscular de *S. zygaena*, se presentaron los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  para las hembras juveniles con intervalos de -17.55 a -15.83‰ con un promedio de  $-16.73 \pm 0.39\%$ . Los valores en  $\delta^{13}\text{C}$  se presentan en las hembras adultas con intervalos de -17.21 a -16.25‰ con un promedio de -16.68

$\pm 0.35\text{‰}$  y los machos juveniles con intervalos de  $-17.02$  a  $-16.77\text{‰}$  con un promedio de  $-16.89 \pm 0.18\text{‰}$  (Fig. 18).

Los valores que presentan los machos adultos de *S. zygaena* son intervalos de  $-16.38$  a  $-16.75\text{‰}$  con promedio de  $-16.57 \pm 0.26\text{‰}$ .

Los análisis estadísticos presentaron diferencias significativas en el tejido sanguíneo en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(3, N= 66)} = 12.24868$   $p < 0.05$ ) entre los diferentes estadios de la cornuda prieta (*S. zygaena*). No se presentaron diferencias significativas en el tejido sanguíneo en los diferentes estadios de la cornuda prieta (*S. zygaena*) en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(3, N= 66)} = 0.8206465$   $p > 0.05$ ) (Fig. 18).

Los análisis estadísticos presentaron diferencias significativas en el tejido muscular en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(3, N= 66)} = 14.17386$   $p < 0.05$ ) entre los diferentes estadios de la cornuda prieta. Sin embargo no se presentaron diferencias significativas en el tejido muscular en los diferentes estadios de la cornuda prieta en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(3, N= 66)} = 1.228780$   $p > 0.05$ ).



**Figura 18.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en tejido sanguíneo y muscular de *Sphyrna zygaena* entre diferentes estadios.

## Valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre las diferentes especies de tiburones.

### Sangre:

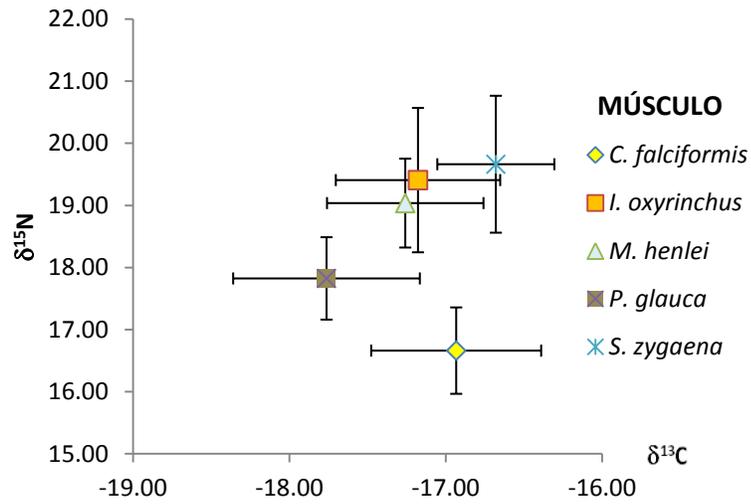
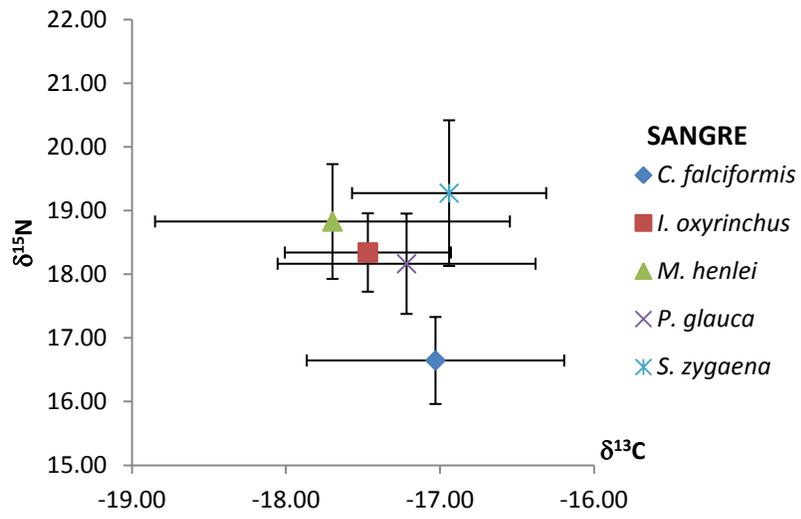
*S. zygaena* presentó valores promedio de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $19.28 \pm 1.14\text{‰}$ , mientras que los valores promedio menos enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentó *C. falciformis* con un valor promedio de  $16.45 \pm 0.68\text{‰}$ . Para  $\delta^{13}\text{C}$ , la especie con valores menos enriquecidos los presenta el *M. henlei* con promedio de  $-17.70 \pm 1.15\text{‰}$ . Los valores más enriquecidos los presentó la *S. zygaena* con valores promedio de  $-16.94 \pm 0.63\text{‰}$  (Fig. 19).

Se detectaron diferencias significativas en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(4, N= 227)} = 114.07$ ,  $p < 0.05$ ) y  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(4, N= 227)} = 23.83$ ,  $p < 0.05$ ). Las diferencias estuvieron marcadas en *S. zygaena* y *C. falciformis* (Prueba posteriori de Dunn's).

### Músculo:

En el tejido muscular los valores promedio más enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  los presentó la *S. zygaena* con  $19.66 \pm 1.10\text{‰}$ , mientras que los menos enriquecidos los presentó el *C. falciformis* con valores promedio de  $16.66 \pm 0.69\text{‰}$ . En  $\delta^{13}\text{C}$  los valores menos enriquecidos se hicieron presentes en *P. glauca* con un promedio de  $-17.76 \pm 0.59\text{‰}$ . Los valores promedio más enriquecidos los presentó la *S. zygaena* con valores de  $-16.67 \pm 0.37\text{‰}$  (Fig. 19).

Los análisis estadísticos detectaron diferencias significativas entre las diferentes especies en el tejido muscular tanto en  $\delta^{15}\text{N}$  ( $H_{(4, N= 232)} = 139.3616$   $p < 0.05$ ), como en  $\delta^{13}\text{C}$  ( $H_{(4, N= 232)} = 78.21446$   $p < 0.05$ ). En el caso del tejido muscular las diferencias estuvieron marcadas entre *S. zygaena* y *C. falciformis* (Prueba posteriori de Dunn's)



**Figura 19.** Valores isotópicos promedio de carbono y nitrógeno en sangre y músculo de las diferentes especies de tiburón recolectadas en Baja California Sur.

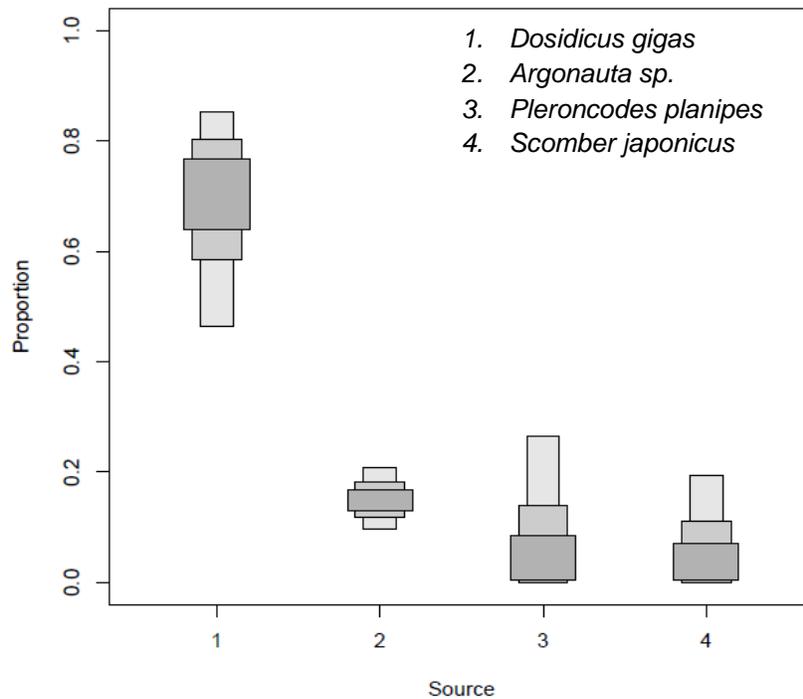
## Contribución de las presas en la composición isotópica en sangre de cinco especies de tiburones

### *Carcharhinus falciformis*

Entre las presas con mayor importancia para esta especie y las cuales fueron utilizadas en el modelo de mezcla, se observó que el calamar gigante *Dosidicus gigas* presentó la mayor proporción en la contribución de la dieta (medida en el tejido sanguíneo) del tiburón piloto (media = 67%; I.C.= 46.4 – 85.1%), seguido del cefalópodo *Argonauta sp.*(media = 15.3 %; I.C. = 9.7 – 20.9%), después la langostilla *Pleuroncodes planipes* (media = 9.6%; I.C. = 0 – 26.5%) y la macarela *Scomber japonicus* ( media = 7.8%; I.C = 0 – 19.4%) (Tabla 4) (Fig. 20).

**Tabla 4.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *C. falciformis* en sangre.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Dosidicus gigas</i>	0.464	0.851	0.690	0.670
2	<i>Argonauta sp.</i>	0.097	0.209	0.149	0.152
3	<i>Pleuroncodes planipes</i>	0	0.265	0.022	0.099
4	<i>Scomber japonicus</i>	0	0.194	0.017	0.077



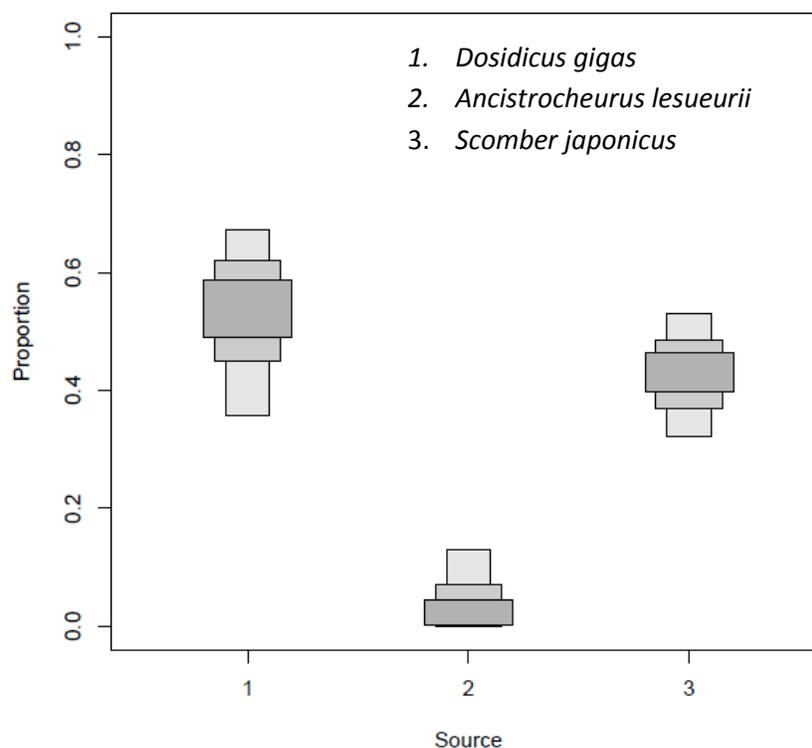
**Figura 20.** Contribución de las presas a la dieta de *C. falciformis* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de cada presa a la dieta.

### **Isurus oxyrinchus**

En el caso de las presas de importancia reportadas para el tiburón *I. oxyrinchus* y utilizadas para el modelo de mezcla, se puede observar que el cefalópodo *D. gigas* presentó la mayor proporción en la contribución de la dieta del tiburón mako (media = 52.2%; I.C.= 35.7 – 67.3%), seguido del pez *Scomber japonicus* (media = 42.7%; I.C = 32.1 – 52.9%) y por último el cefalópodo *Ancistrocheiurus lesueurii* (media = 5.1%; I.C. = 0 – 13.1%) (Tabla5) (Fig. 21).

**Tabla 5.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en sangre.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Dosidicus gigas</i>	0.357	0.673	0.546	0.522
2	<i>Ancistrocheirus lesueurii.</i>	0	0.131	0.011	0.510
3	<i>Scomber japonicus</i>	0.321	0.529	0.434	0.426



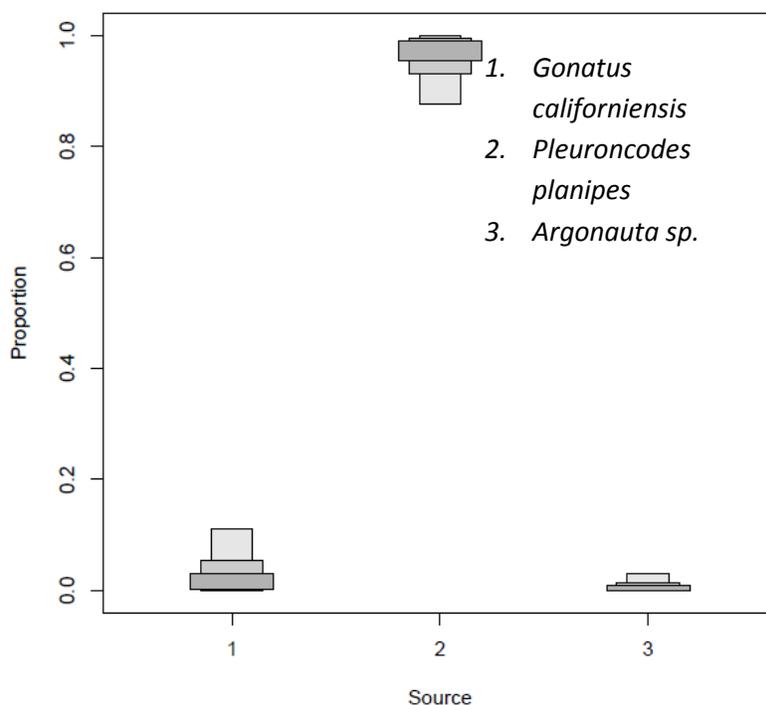
**Figura 21.** Contribución de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C.) de la contribución probable de cada presa a la dieta.

### **Prionace glauca**

Al elegir las presas del tiburón *P. glauca* para el modelo de mezcla se pudo observar que la mayor contribución en la dieta de este tiburón lo presentó el crustáceo anomuro *P. planipes* (media = 95%; I.C.= 87.5 – 100%), seguido del cefalópodo *Gonatus californiensis* (media = 4%; I.C = 0 – 11.2%) y por último, la presa que menos aportó a la contribución de la dieta de este tiburón fue el cefalópodo *Argonauta sp.* (media = 1.1%; I.C. = 0 – 2.9%) (Tabla 6) (Fig. 22).

**Tabla 6.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *P. glauca* en sangre.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Gonatus californiensis</i>	0	0.112	0.008	0.039
2	<i>Pleuroncodes planipes</i>	0.875	1	0.976	0.949
3	<i>Argonauta sp.</i>	0	0.297	0.002	0.010



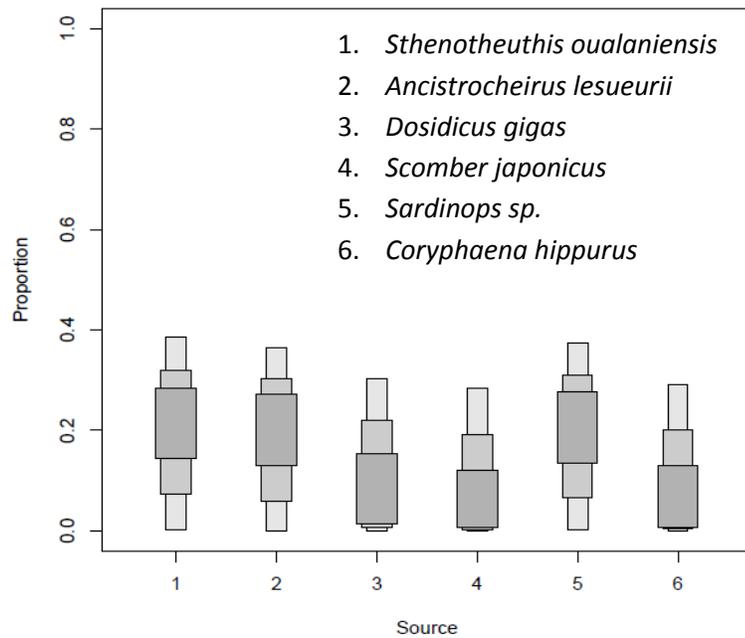
**Figura 22.** Contribución de las presas a la dieta de *P. glauca* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta.

### **Sphyrna zygaena**

En el caso de las diversas presas elegidas para la cornuda *S. zygaena* según los estudios de ecología trófica para esta especie, se observó que *Sthenotheuthis oualaniensis* presentó la mayor contribución a la dieta de esta cornuda (media = 20.7%; I.C.= 0.002 – 38.4%), seguido del pez *Sardinops sp.* (media = 19.9%; I.C = 0.001 – 37.4%), el cefalópodo *Ancistrocheirus lesueurii* (media = 19.3%; I.C. = 0.008 – 36.4%), *Dosidicus gigas* (media = 14.3%; I.C.= 0 – 30.3%), el pez *Coryphaena hippurus* (media = 13.1%; I.C = 0 – 29.1%). Entre las presas que menos contribuyó a la dieta de esta cornuda fue *Scomber japonicus* (media = 12.6%; I.C = 0 – 28.3%) (Tabla 7) (Fig. 23).

**Tabla 7.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *S. zygaena* en sangre.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Sthenotheuthis oualaniensis</i>	2.96E-03	0.384	0.218	0.207
2	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	8.55E-04	0.364	0.222	0.193
3	<i>Dosidicus gigas</i>	0	0.303	0.033	0.143
4	<i>Scomber japonicus</i>	0	0.283	0.023	0.126
5	<i>Sardinops sp.</i>	1.63E-03	0.373	0.212	0.198
6	<i>Coryphaena hippurus</i>	0	0.291	0.024	0.131



**Figura 23.** Contribución de las presas a la dieta de *S. zygaena* en sangre. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza (I.C) de la contribución probable de cada presa a la dieta.

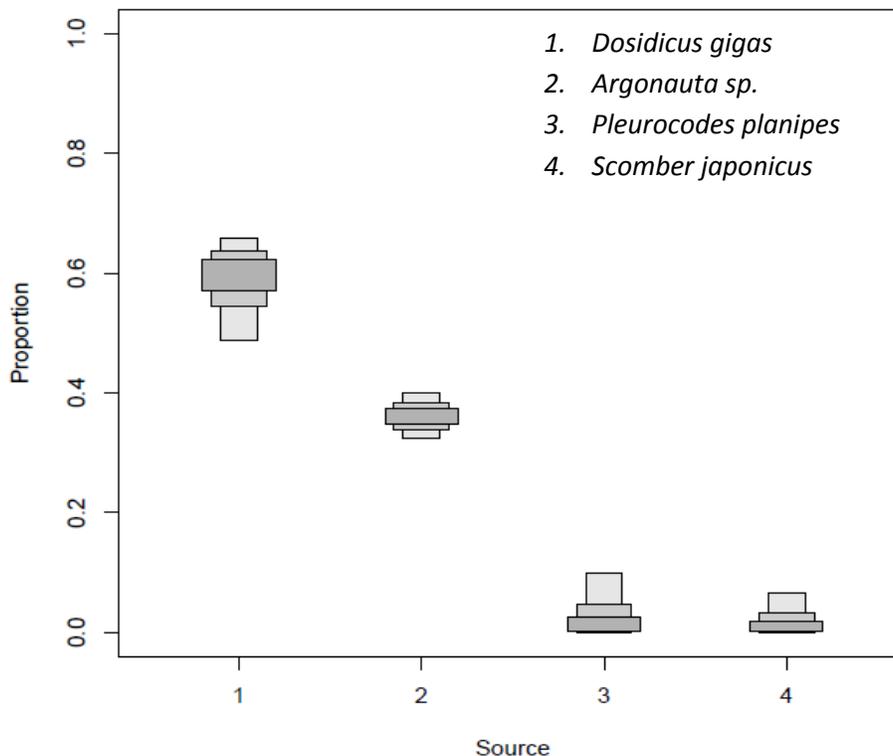
## Contribución de las presas a la composición isotópica en músculo de cinco especies de tiburones

### *Carcharhinus falciformis*

Para el caso de *C. falciformis* en tejido muscular, entre las presas elegidas para el modelo de mezcla se observó que *D. gigas* presentó la mayor proporción en la contribución de la dieta del tiburón piloto (media = 58.1%; I.C.= 48.8 – 65.8%), seguido del cefalópodo *Argonauta sp.*(media = 36.1%; I.C. = 32.3 – 39.9%), después *Pleurocodes planipes* (media = 3.4%; I.C. = 0 – 9.8%) y *Scomber japonicus* ( media = 2.3%; I.C = 0 – 6.6%) (Tabla 8) (Fig. 24).

**Tabla 8.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *C. falciformis* en músculo.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Dosidicus gigas</i>	0.488	0.658	0.598	0.58
2	<i>Argonauta sp.</i>	0.323	0.399	0.361	0.361
3	<i>Pleurocodes planipes</i>	0	0.098	0.034	0.034
4	<i>Scomber japonicus</i>	0	0.066	0.023	0.023



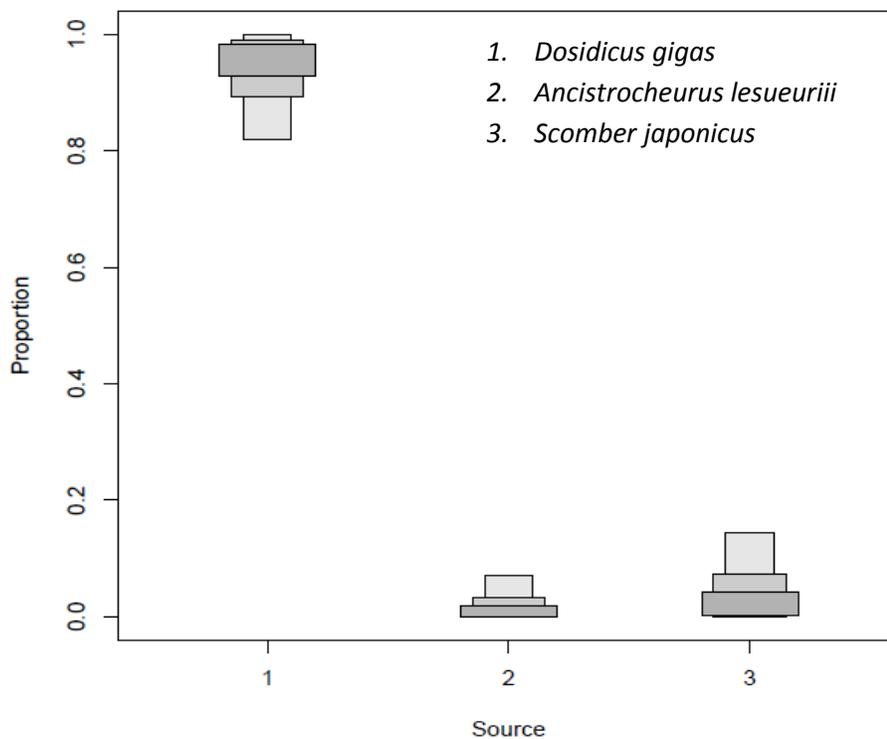
**Figura 24.** Contribución de las presas a la dieta de *C. falciformis* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta.

**Isurus oxyrinchus**

En el caso de las presas elegidas para el tiburón *I. oxyrinchus* para el modelo de mezcla, se puede observar que el cefalópodo *D. gigas* presentó la mayor proporción en la contribución de la dieta del tiburón mako (media = 92.5%; I.C.= 82.0 – 100.0%), seguido del pez *Scomber japonicus* (media = 5.1%; I.C = 0 – 14.4%) y el cefalópodo *Ancistrocheurus lesueurii* (media = 2.4%; I.C. = 0 – 7.0%) (Tabla 9) (Fig. 25).

**Tabla 9.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en músculo.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Dosidicus gigas</i>	0.82	1.000	0.965	0.925
2	<i>Ancistrocheurus lesueurii.</i>	0	0.070	0.004	0.023
3	<i>Scomber japonicus</i>	0	0.144	0.01	0.051



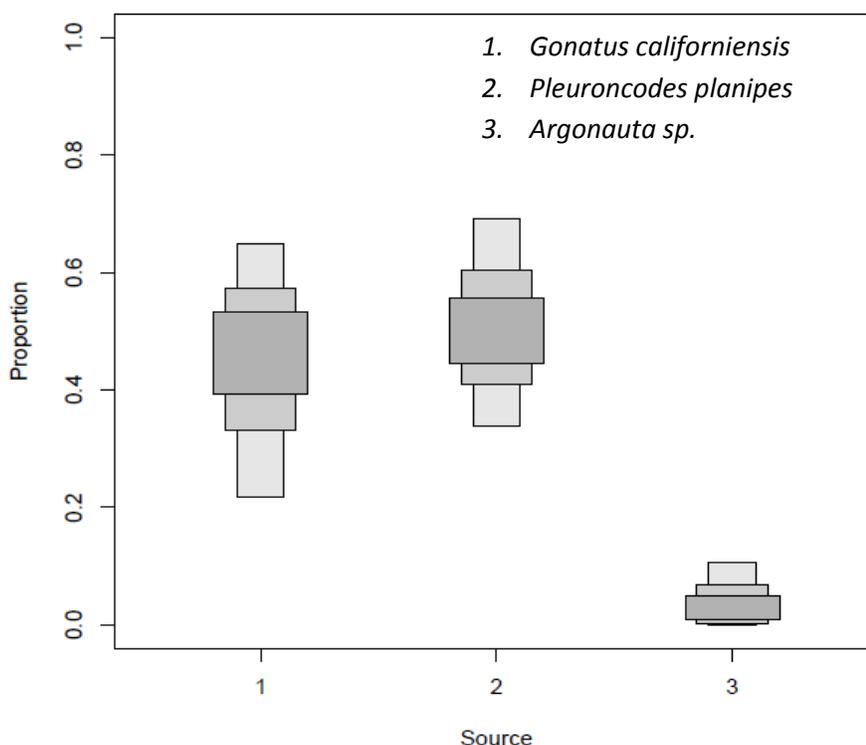
**Figura 25.** Contribución de las presas a la dieta de *I. oxyrinchus* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta.

### **Prionace glauca**

Al elegir las presas del tiburón *P. glauca* para el modelo de mezcla se pudo observar que la mayor contribución en la dieta de este tiburón lo presentó el crustáceo anomuro *P. planipes* (media = 51.2%; I.C.= 33.8 – 69.1%), seguido del cefalópodo *Gonatus californiensis* (media = 44.1%; I.C = 21.6 – 64.9%). La presa que menos aportó a la contribución de la dieta de este tiburón fue el cefalópodo *Argonauta sp.* (media = 4.6%; I.C. = 0 – 10.5%) (Tabla 10) (Fig. 26).

**Tabla 10.** Contribución porcentual de las presas a la dieta de *P. glauca* en músculo.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Gonatus californiensis</i>	0.216	0.649	0.465	0.441
2	<i>Pleuroncodes planipes</i>	0.338	0.691	0.495	0.512
3	<i>Argonauta sp.</i>	0	0.105	0.025	0.046



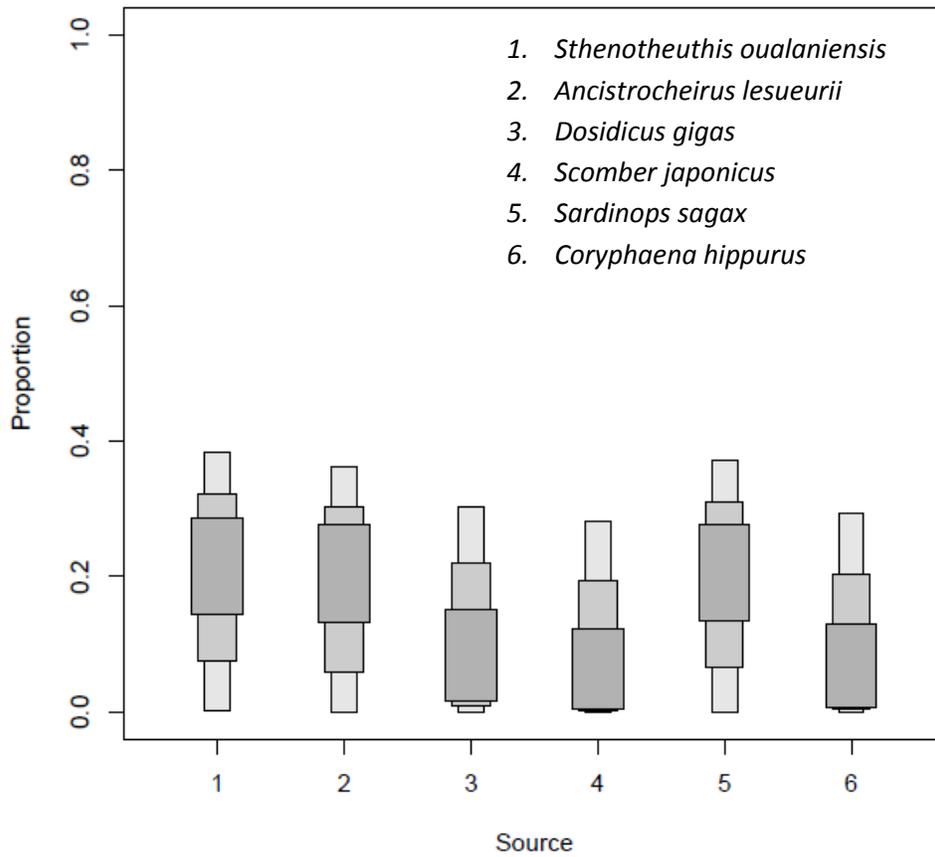
**Figura 26.** Contribución de las presas a la dieta de *P. glauca* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta.

### **Sphyrna zygaena**

En el caso de las diversas presas elegidas para la cornuda *S. zygaena* según los estudios de ecología trófica para esta especie, se observó que *Sthenotheuthis oualaniensis* presentó la mayor contribución a la dieta en el tejido muscular de esta cornuda (media = 20.7%; I.C.= 0.1 – 38.6%), seguido del pez *Sardinops sp.* ( media = 19.9%; I.C = 0.1 – 37.4%), el cefalópodo *Ancistrocheirus lesueurii* (media = 19.3%; I.C. = 0 – 36.7%), *Dosidicus gigas* (media = 14.2%; I.C.= 0 – 30.3%), el pez *Coryphaena hippurus* ( media = 13.0%; I.C = 0 – 28.8%). Entre las presas que menos contribuyó a la dieta de esta cornuda fue *Scomber japonicus* (media = 12.5%; I.C = 0 – 28.3%) (Tabla 11) (Fig. 27).

**Tabla 11.** Contribución porcentual de las presas en la dieta de *S. zygaena* en músculo.

	<b>Especie</b>	<b>Límite inferior 95%</b>	<b>Límite superior 95%</b>	<b>Moda</b>	<b>Media</b>
1	<i>Sthenotheuthis oualaniensis</i>	0.001	0.386	0.232	0.207
2	<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	0	0.367	0.208	0.193
3	<i>Dosidicus gigas</i>	0	0.303	0.027	0.142
4	<i>Scomber japonicus</i>	0	0.283	0.022	0.125
5	<i>Sardinops sp.</i>	0.001	0.374	0.216	0.199
6	<i>Coryphaena hippurus</i>	0	0.288	0.026	0.130



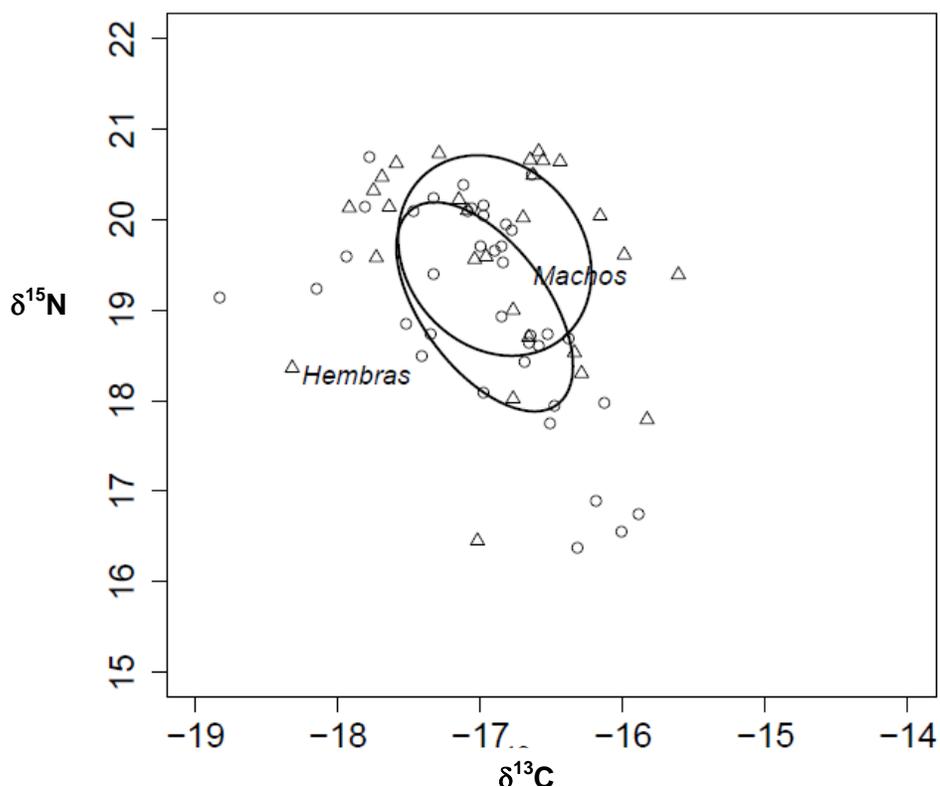
**Figura 27.** Contribución de las presas a la dieta de *S. zygaena* en músculo. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50 % de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada presa a la dieta.

## Traslado trófico intersexual en tiburones con base en tejido sanguíneo y muscular

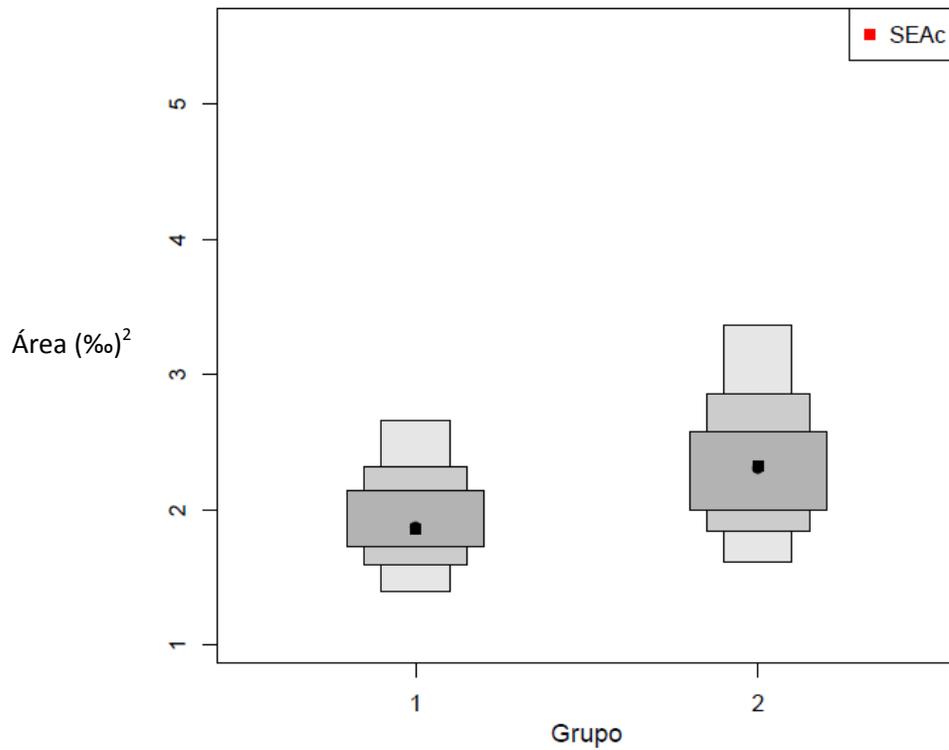
Debido a que la cornuda prieta (*S. zygaena*) fue la que presentó diferencias entre los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  por sexo en tejido sanguíneo, se efectuó el análisis de traslato trófico, donde se presentó un valor alto (1.31) entre machos y hembras de esta especie (Tabla 12) (Fig. 28 y 29).

**Tabla 12.** Área de las elipses correspondientes a los diferentes sexos del tejido sanguíneo de *S. zygaena*.

Sexo	Área de la elipse	Área corregida	Área total
Hembras	1.804633	1.854762	6.68930
Machos	2.236447	2.322465	7.76985



**Figura 28.** Representación del nicho trófico de los diferentes sexos en sangre de *S. zygaena*, con elipses según el método SIBER.

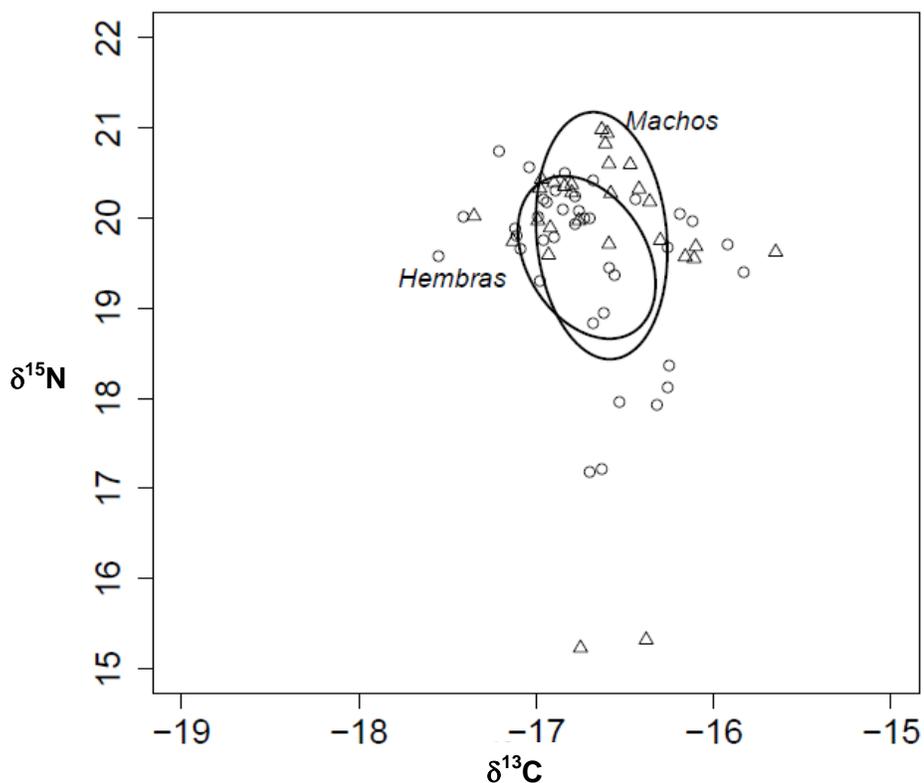


**Figura 29.** Representación de la estimación bayesiana del área entre de tejido sanguíneo entre sexos de *S. zygaena*. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado el valor del área corregida (Grupo 1= Hembras, Grupo 2= Machos).

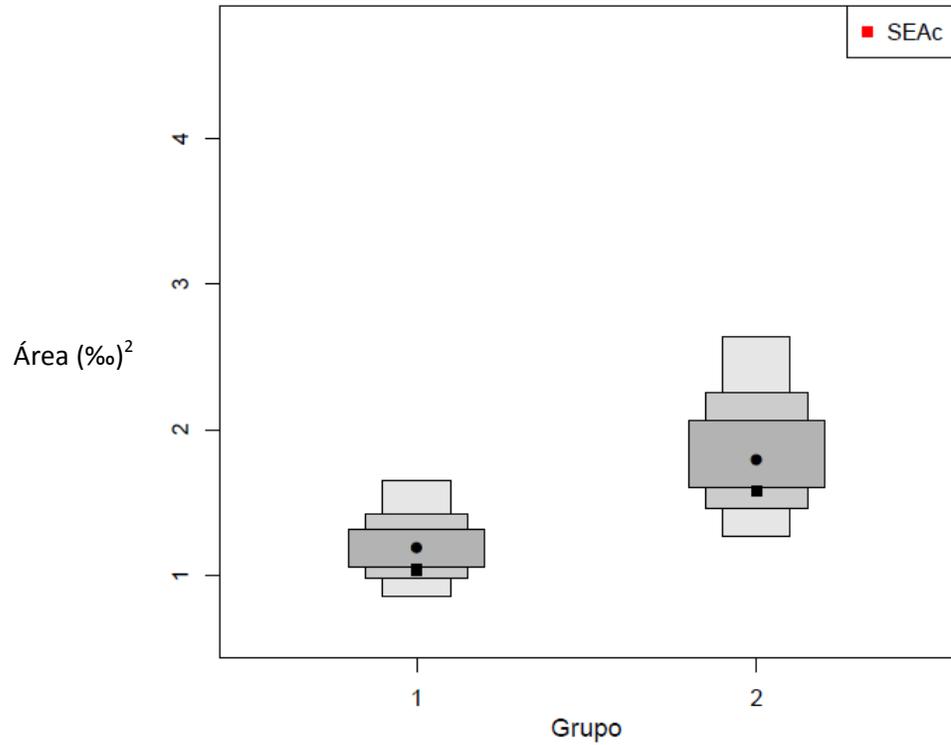
Para el caso del tejido muscular, la cornuda prieta también presentó diferencias isotópicas entre sexos por lo que se aplicó nuevamente el análisis de traslapeo trófico donde también presentaron un valor alto (0.93) de traslapeo entre hembras y machos (Tabla 13) (Fig. 30 y 31).

**Tabla 13.** Área de las elipses correspondientes a los diferentes sexos del tejido muscular de *S. zygaena*.

Sexo	Área de la elipse	Área corregida	Área total
Hembras	1.009505	1.037546	3.37535
Machos	1.523812	1.582421	5.67495



**Figura 30.** Representación del nicho trófico de los diferentes sexos en músculo de *S. zygaena*, con elipses según el método SIBER.



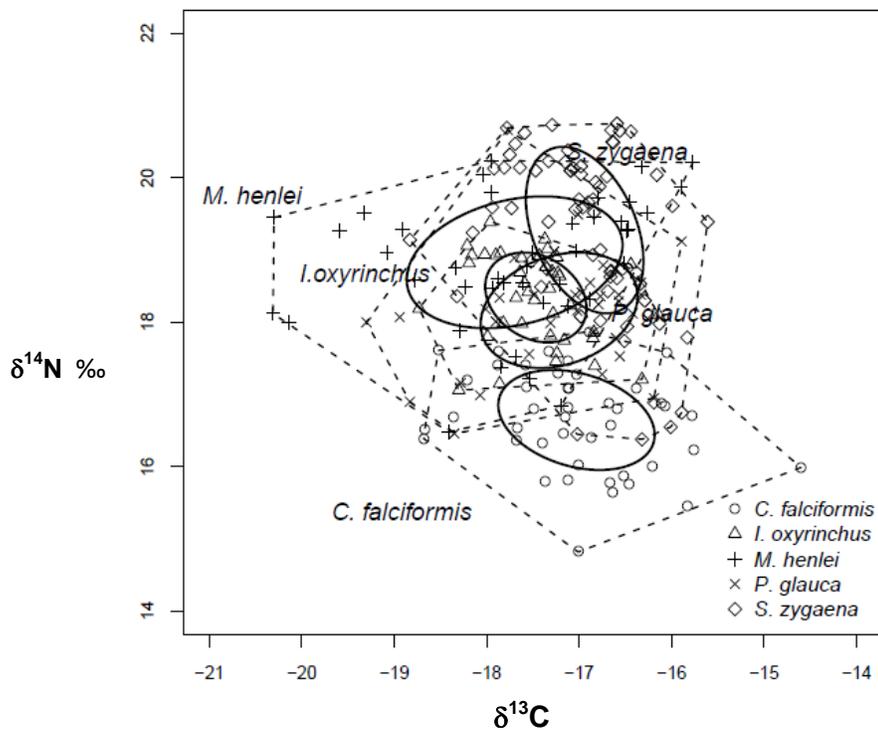
**Figura 31.** Representación de la estimación bayesiana del área en tejido muscular entre sexos de *S. zygaena*. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado el valor del área corregida (Grupo 1= Hembras, Grupo 2= Machos).

## Traslapo trófico en tejido sanguíneo de cinco especies de tiburones

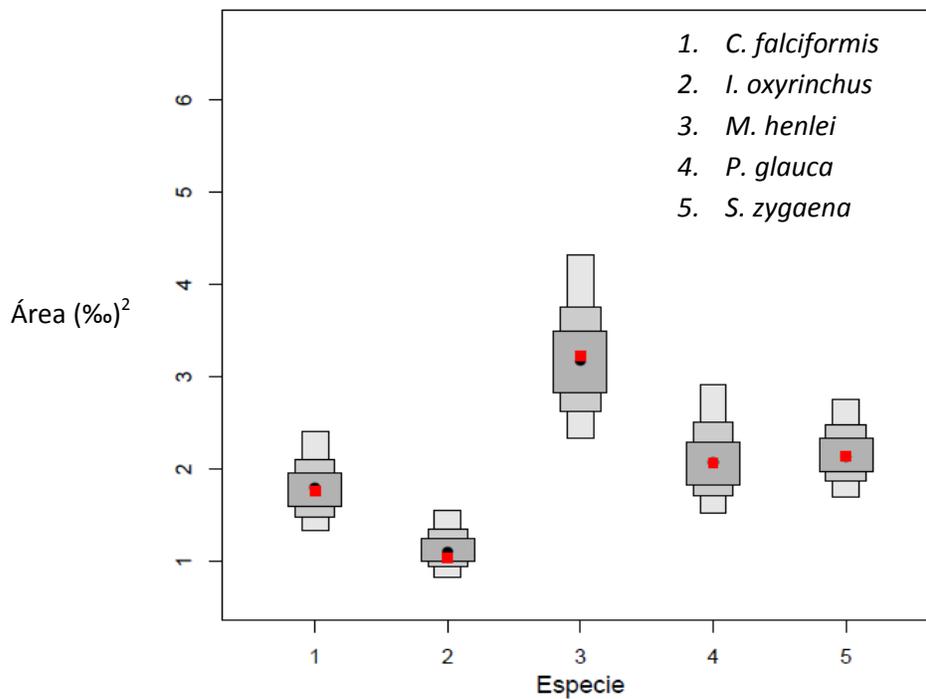
El tiburón piloto presentó el traslape trófico más bajo en tejido sanguíneo, con valores cercanos a 0. El tiburón mako presentó traslape alto con el cazón pardo (0.79) y tiburón azul (0.88) y bajo con la cornuda prieta (0.12). De esta forma el cazón pardo tuvo un traslape alto con el tiburón azul (0.93) y cornuda prieta (1.05). El tiburón azul presentó un traslape medio con la cornuda prieta (0.59) (Tabla 14) (Fig. 32 y 33).

**Tabla 14.** Área de las elipses y polígonos correspondientes a las diferentes especies de tiburones en tejido sanguíneo.

Especie	Área de elipse	Área corregida	Área total (polígono)
<i>C. falciformis</i>	1.71	1.75	7.68
<i>I. oxyrinchus</i>	1.01	1.03	4.36
<i>M. henlei</i>	3.14	3.22	11.41
<i>P. glauca</i>	2.00	2.06	9.26
<i>S. zygaena</i>	2.10	2.13	9.45



**Figura 32.** Representación del nicho trófico de todas las especies en sangre, con elipses según el método SIBER.



**Figura 33.** Representación de la estimación bayesiana del área entre tejido sanguíneo de las diferentes especies de tiburones. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado rojo el valor del área corregida.

De acuerdo al criterio de Bearhop *et al.* (2004), utilizando las varianzas de los datos isotópicos del tejido sanguíneo, se determinaron como depredadores especialistas a *C. falciiformis* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.68$ ), *I. oxyrinchus* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.61$ ), *M. henlei* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.90$ ) y *P. glauca* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.78$ ). La especie *S. zygaena* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 1.14$ ) se determinó como generalista.

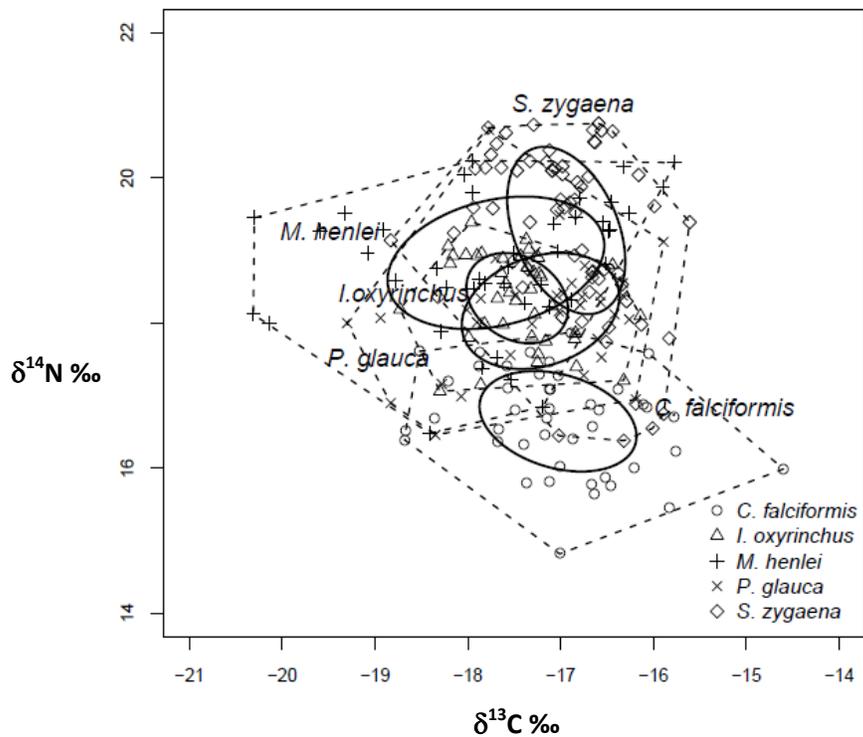
## Traslapo trófico en tejido muscular de cinco especies de tiburones

El tiburón piloto presentó el traslape trófico con los valores más bajos en tejido muscular, con valores por debajo de 0. El tiburón mako presentó un traslape alto con el cazón pardo (0.98), e intermedio con la cornuda prieta (0.51) y bajo con el tiburón azul (0.05).

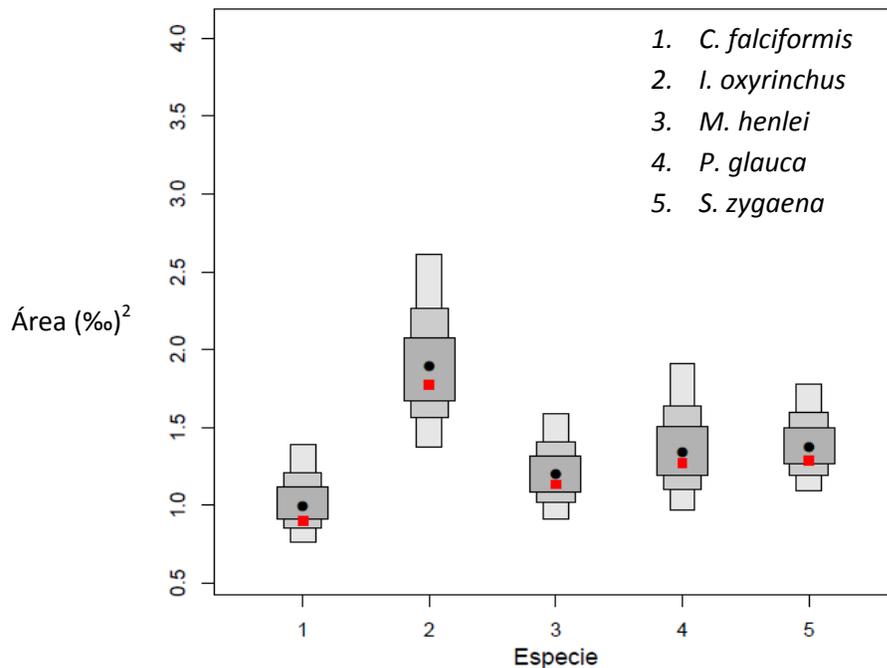
El cazón pardo no presentó traslape trófico con el tiburón azul (0) y fue bajo con la cornuda prieta (0.12). El tiburón azul y la cornuda prieta no presentaron traslape trófico (0) (Tabla 15) (Fig. 34 y 35).

**Tabla 15.** Área de las elipses y polígonos correspondientes a las diferentes especies de tiburones en tejido muscular.

<b>Especies</b>	<b>Área de elipse</b>	<b>Área corregida</b>	<b>Área total (polígono)</b>
<i>C. falciformis</i>	0.87	0.89	3.00
<i>I. oxyrinchus</i>	1.72	1.77	6.84
<i>M. henlei</i>	1.11	1.13	4.89
<i>P. glauca</i>	1.23	1.27	4.31
<i>S. zygaena</i>	1.26	1.28	6.51



**Figura 34.** Representación del nicho trófico de todas las especies en músculo, con elipses según el método SIBER.



**Figura 35.** Representación de la estimación bayesiana del área del tejido muscular entre las diferentes especies. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza. El círculo representa la moda de los datos y el cuadrado rojo el valor del área corregida.

Nuevamente de acuerdo al criterio de Bearhop *et al.* (2004) y a las varianzas de los datos isotópicos del tejido muscular se determinaron como depredadores especialistas a *C. falciformis* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.69$ ), *M. henlei* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.71$ ) y *P. glauca* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 0.66$ ); mientras que *I. oxyrinchus* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 1.16$ ) y *S. zygaena* ( $\delta^{15}\text{N} = \pm 1.10$ ) se determinaron como depredadores generalistas.

## DISCUSIÓN

### Razón C:N entre tejidos

Una problemática en la obtención de valores de isotópicos, es la presencia de lípidos y urea en los tejidos analizados (Logan & Lutcavage, 2010; Post, 2002). Los lípidos, considerados como sustancias de reserva (valores C:N mayores a 4), pueden ocasionar que el  $\delta^{13}\text{C}$  presente valores más negativos; mientras que la urea, la cual es una forma no proteica de nitrógeno y rica en el isótopo ligero de nitrógeno, puede afectar significativamente los valores isotópicos de nitrógeno.

Logan y Lutcavage (2010) mencionan que valores de C: N menores a 2.8 pueden indicar presencia de urea. La alteración de la composición isotópica por la presencia de lípidos o urea ocasiona una interpretación errónea en la ecología trófica de los organismos (Post, 2002). La relación C:N registrada en el presente trabajo presentó valores mayores o cercanos a 2.8 (ausencia de urea) y menores a 4.0 (ausencia de lípidos), similares a valores puros de la proteína (McConnaughey y McRoy, 1979).

Cabe mencionar que se registraron algunos casos que estuvieron fuera de los límites de proteínas puras. Tal es el caso de *P. glauca*, quien presentó valores por debajo de 2.8 y *M. henlei* quien presento valores por arriba de 4, al respecto Hobson y Wassenaar (1997), mencionan que organismos altamente migratorios como es el caso de *P. glauca* suelen presentar cambios isotópicos relacionados a procesos bióticos (e.g. inanición) y físicos (cambios de salinidad).

En el caso de la inanición, ocasiona un consumo de reservas de lípidos, aumentando los valores de C:N; mientras que en el caso de la salinidad, obliga a que el organismo tenga la necesidad de osmorregular de manera más intensa, lo que genera una mayor cantidad de desecho nitrogenado (urea).

## Posición trófica en diferentes tejidos (Sangre y músculo) de los tiburones

La cornuda prieta (*Sphyrna zygaena*) presentó las posiciones tróficas más altas utilizando ambos tejidos (Tabla 2). Al respecto Ochoa-Díaz (2009) reporta posiciones tróficas similares a las observadas en el presente estudio y menciona que *S. zygaena* presenta un alto consumo de cefalópodos de profundidad y peces de niveles tróficos altos. Caso contrario a lo observado en *M. henlei*, el cual presentó una posición trófica menor a *S. zygaena*. Espinoza-García (2014) menciona que *M. henlei* se alimenta de crustáceos como la langostilla en fase bentónica y cefalópodos neríticos.

. El tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) presentó la tercer posición trófica en los tejidos sanguíneo y muscular. Los estudios de ecología trófica realizados por Velasco-Toledo (2005), indican una dieta a base de peces y cefalópodos con influencia bentónica o de gran profundidad, explicando valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$ .

Es notorio que en el tejido muscular y tejido sanguíneo el tiburón mako presenta un nivel trófico mayor que *M. henlei*. Esta diferencia puede ser atribuible a la diferencia en el valor de enriquecimiento para cada tejido. Kim y Koch (2011) reporta una diferencia en el factor de enriquecimiento o de discriminación entre varios tejidos, donde el tejido sanguíneo presenta un factor menor al tejido muscular, lo que podría explicar la diferencia entre ambos tejidos para tiburón mako (*I. oxyrinchus*).

Por otra parte el tiburón azul (*Prionace glauca*) presenta valores menores a los reportados en músculo (Hernández-Aguilar, 2008). Es posible que la alimentación de crustáceos como la langostilla (*Pleuoncodes planipes*) y de cefalópodos de menos profundidad influya en los valores de este tiburón.

Los valores más bajos los presentó el tiburón piloto (*Carcharhinus falciformis*). Hobson y Clark (1992) reportan que la composición isotópica puede variar entre especies, donde el hábitat y el tipo de alimentación se verán representados en los valores isotópicos del tejido analizado.

La poca variabilidad en la posición trófica utilizando tejido sanguíneo y muscular podría representar una dieta estable. Cabrera-Chávez-Costa (2003) analizó la dieta de *C. falciformis* reportando una dieta a base de presas de cadenas tróficas cortas, en algunos casos cefalópodos y peces, pero de igual forma la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), representó la presa principal en dicho estudio.

Es posible que los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  que corresponden a zonas de menor profundidad estén influyendo en los valores de posición trófica para esta especie ya que el fraccionamiento isotópico del NOP (Nitrógeno orgánico particulado) por los procesos de remineralización provoca que el  $\delta^{15}\text{N}$  aumente con las zonas profundas de la columna de agua por lo que el enriquecimiento es mayor (Saino y Hattori, 1987).

### **Variación intraespecífica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de sangre y músculo en tiburones.**

El tiburón piloto (*C. falciformis*) presentó valores isotópicos muy similares en el  $\delta^{13}\text{C}$  de ambos tejidos. No se detectaron diferencias significativas en los valores isotópicos de carbono, lo que podría sugerir una alimentación en zonas similares. Estudios de ecología trófica de esta especie han reportado una alimentación en la zona oceánica, preferentemente a base de presas epipelágicas (Cabrera, 2000).

Por otro lado los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  que se obtuvieron en ambos tejidos representan la misma dieta, o las mismas zonas de alimentación, ya que son valores muy similares. De esta forma la baja variabilidad en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  puede representar un nicho trófico reducido y especializado (Roman-Reyes, 2005).

Cabrera (2000) reporta una especialización en la dieta de esta especie. Además la cataloga como una especie selectiva en su alimentación (Cabrera-Chávez-Costa, 2003) y presenta consumos altos de crustáceos pelágicos (Galván-

Magaña *et al.*, 1989). Ya que las tasa de recambio y metabólicas de dicho tejido representan tiempos diferentes (MacNeil, 2006). Consecuente con esto, el modelo mezcla aplicado a ambos tejidos presenta una proporción similar en la alimentación donde la presa que tuvo mayor contribución en la dieta en ambos casos es *D. gigas*.

En ambos tejidos el *Argonauta sp.* aunque en diferentes proporciones, presenta importancia en la contribución de la dieta de *C. falciformis*. Mientras las presas *P. planipes* y *S. japonicus* fueron las que tuvieron menor contribución en la alimentación en ambos tejidos. Los modelos de mezcla permiten observar la contribución relativa de la presa de la dieta de su depredador (Parnell *et al.*, 2010).

Es posible que la similitud de la contribución de las mismas presas detectada en ambos tejidos del tiburón piloto sea la causa de la falta de variación isotópica entre el tejido muscular y sanguíneo, sugiriendo una misma dieta en un mismo hábitat.

Los valores de tiburón mako (*I. oxyrinchus*) en ambos tejidos presentan variaciones significativas en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ . En el caso de  $\delta^{13}\text{C}$  el tejido muscular representa una dieta en zonas con mayor productividad; mientras que en el tejido sanguíneo indica una zona menos productiva (Clementz y Koch, 2001). Estudios isotópicos en músculo de esta especie y de contenido estomacal han reportado una dieta a base de presas costeras (Maya-Meneses, 2012). Por lo que los valores encontrados en sangre difieren con lo reportado anteriormente.

Por otra parte el  $\delta^{15}\text{N}$  indica una dieta diferente que al utilizar tejido sanguíneo. En el caso del tejido muscular la dieta podría estar incluida con presas de niveles tróficos altos o en zonas más profundas.

Estrada *et al.* (2003) reportó que en tiburones mako del Océano Atlántico, presentan variaciones en valores de nitrógeno, e infirieron que esas variaciones son debido a la tendencia de los tiburones mako a alimentarse en aguas costeras y oceánicas.

Velasco-Toledo (2005) en un estudio de biología trófica e isotopos estables de C y N de tiburón mako, en la costa occidental de Baja California Sur, reporto

una diferencia en la ecología trófica de esta especie en las diferentes zonas de estudio. Para la zona de Punta Lobos reporta variación en valores isotópicos de Nitrógeno, por lo que se considera al área de estudio como zona de tránsito para esta especie.

Además Velasco-Toledo (2005) reporta valores de  $\delta^{15}\text{N}$  que podrían indicar una conducta migratoria con relación al alimento. Por consiguiente es posible que la sangre este detectando una señal de salida del área de alimentación, mientras que el músculo representa la señal de entrada, representando el área de donde viene el organismo.

Sin embargo podría ser que las diferencias isotópicas entre tejidos sea debido a un diferencial en la tasa de recambio o el enriquecimiento que se presenta en cada tejido. En músculo presenta un enriquecimiento mayor (3.7) que en sangre (2.4) (Kim *et al.*, 2011b), lo que podría influenciar en la marca isotópica de Nitrógeno. Sin embargo en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  el enriquecimiento es mayor en sangre y la tendencia de los valores sanguíneos no fue hacia el enriquecimiento, si no que fueron más negativos en comparación con el musculo.

Para este caso, los análisis de modelo de mezcla presentaron una diferencia en los diferentes tejidos, debido a que la contribución de la dieta tuvo diferentes proporciones de las especies presas. En el caso del tejido sanguíneo, el modelo de mezcla presentó que *D. gigas* tuvo una mayor contribución a la dieta del tiburón mako. El pez *S. japonicus* tuvo una contribución menor pero importante en la dieta de este elasmobranquio. El cefalópodo *A. lesueurii* fue la especie presa que menos contribuyo en la dieta de este tiburón.

En el caso del tejido muscular la proporción del cefalópodo *D. gigas* fue mucho mayor que en el tejido sanguíneo, siendo la presa que contribuyo casi en su mayoría en la dieta del tiburón mako.

En el caso del pez *S. japonicus* presentó menos contribución en la dieta del tiburón mako utilizando el tejido muscular. Mientras que el cefalópodo *A. lesueurii* fue nuevamente la especie presa de menor contribución a la dieta de este tiburón.

El tejido que indica la dieta a corto plazo (sangre), registra una dieta con más presas en la contribución aunque en diferentes proporciones; mientras que el tejido que representa la dieta a largo plazo presenta una dieta más especializada y menos diversa en la contribución de la dieta del tiburón mako, representando una mayor ingesta de organismos con niveles tróficos mayores o de zonas más profundas lo cual se ve reflejado en las marcas isotópicas de este tejido.

Los valores del tiburón pardo (*M. henlei*) no presentaron diferencias significativas en  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  entre ambos tejidos (sangre y músculo). Esto podría representar una dieta constante en las mismas zonas de alimentación

Esta especie ha sido catalogada como una especie con hábitos alimenticios especialistas. Se le ha caracterizado por tener un consumo de muchos invertebrados; sin embargo dos de las presas más importantes: *Loliolopsis diomedae* y *P. planipes* son organismos costeros y abundantes también en zonas oceánicas y están ampliamente distribuidos en el Golfo de California (Alvariño, 1976; Roper *et al.*, 1995).

Por parte del isótopo estable de carbono, los valores en cazón pardo presentaron una tendencia a alimentarse en zonas poco productivas. Es notable ver que el tejido sanguíneo representa una dieta en zonas más oceánicas; mientras que en músculo la firma isotópica podría estar representando una alimentación en zonas más productivas. Sin embargo al no encontrar diferencias significativas entre ambos tejidos en carbono, es posible que la fuente del alimento sea en las mismas zonas de productividad.

Para el caso de nitrógeno presenta valores muy similares en ambos tejidos. Por lo que la poca variabilidad isotópica encontrada en nitrógeno puede ser atribuida a una dieta constante a base de las mismas presas con el mismo nivel trófico o en la misma profundidad.

El cazón pardo se caracteriza por presentar hábitos epibentónicos (Espinoza–García, 2012). Asimismo los datos presentan valores enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$ , lo cual podría estar relacionado con su tipo de hábitat y al consumo de presas relacionadas con el bentos (Saino y Hattori, 1987).

El tiburón azul (*Prionace glauca*) presentó valores isotópicos de carbono y nitrógeno diferentes entre los tejidos músculo y sangre, lo cual podría ser debido a un cambio de dieta y uso de hábitat en los diferentes tiempos que representan los diferentes tejidos (MacNeil, 2006).

En el caso del músculo, el  $\delta^{13}\text{C}$  representa zonas con baja productividad primaria, posiblemente en zonas oceánicas. Mientras que el  $\delta^{15}\text{N}$ , podría estar representando una dieta de niveles tróficos altos o una dieta en zonas profundas (Perry *et al.*, 1999; Fry, 2004).

Maya-Meneses (2012) reportó en su estudio isotópico que la variación isotópica en músculo dorsal del tiburón azul (*P. glauca*) indica que es un depredador especialista que se alimenta en zonas pelágicas oceánicas, lo cual es acorde a los resultados en el presente estudio.

El tejido sanguíneo con valores de  $\delta^{13}\text{C}$  representa zonas con mayor productividad primaria correspondientes a zonas costeras. Mientras que el nitrógeno representa una dieta de presas con niveles tróficos mayores o de zonas de mayor profundidad. Con respecto a esto, el tiburón azul tiene un hábitat diverso y consume presas de hábitat epipelágico, mesopelágico, batipelágico y bentónico. Es un depredador activo que debido a su oportunismo diversifica su dieta de acuerdo a las fluctuaciones del ecosistema marino.

Estudios de ecología trófica en tiburón azul registran a los cefalópodos *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* y al crustáceo *P. planipes* como presas principales en la costa occidental de B.C.S. (Hernández – Aguilar, 2008). Es posible que las variaciones isotópicas encontradas en el presente estudio puedan deberse a cambios en la dieta, en donde el músculo representa una dieta compuesta de organismos de bajos niveles tróficos en zonas poco productiva como es el caso de la langostilla, la cual se encuentra ampliamente distribuida en la columna de agua (Alvariño, 1976).

Por otro lado trabajos previos mencionan que el tiburón azul puede llegar a realizar migraciones verticales hacia aguas profundas (mayores a 600 m) para el consumo de cefalópodos mesopelágicos y batipelágicos (Hernández-Aguilar, 2008).

Por consiguiente la sangre podría representar una dieta a base de cefalópodos con niveles tróficos mayores a la langostilla y de mayor profundidad en zonas más productivas o menos oceánicas. Por lo que este tejido podría estar detectando este comportamiento en el tiempo representado isotópicamente en la vida del tiburón azul.

Para el tiburón azul el análisis de modelo de mezcla también presentó diferencia en la contribución de la dieta representadas por los tejidos sanguíneo y muscular. En el caso del tejido sanguíneo la proporción casi total la presentó *Pleuoncodes planipes*; mientras que los cefalópodos *Gonatus californiensis* y *Argonauta sp.* tuvieron una proporción mínima en la dieta del tiburón azul.

De igual forma en el tejido muscular la presa que presentó mayor proporción en la dieta del tiburón azul fue *P. planipes*; mientras que la segunda presa que tuvo una proporción importante en la dieta fue *G. californiensis*. Por último la presa que contribuyo en forma mínima fue *Argonauta sp.*

Para este caso, la variación isotópica encontrada entre ambos tejidos de sangre y musculo, puede deberse a la influencia del cefalópodo *G. californiensis* y ala diferente proporción de *P. planipes*. En este caso la escasa o casi nula proporción de la presa *Argonauta sp.* a la dieta del tiburón azul, no parece influenciar en la variación isotópica entre ambos tejidos. Por lo tanto las diferencias encontradas entre tejidos pueden ser debidos a cambios en la alimentación entre los diferentes tiempos representados para tiburón azul y no a diferencias bioquímicas dentro del mismo organismo.

La cornuda prieta (*S. zygaena*) presentó valores con diferencias significativas en los análisis realizados entre ambos tejidos. El musculo presenta valores  $\delta^{13}\text{C}$  correspondientes a zonas de alta productividad primaria mientras que en  $\delta^{15}\text{N}$  presenta valores promedio correspondientes presas de zonas profundas o de niveles tróficos altos. El tejido sanguíneo presento valores de  $\delta^{13}\text{C}$  que corresponden a zonas con menor productividad primaria y en  $\delta^{15}\text{N}$  valores que representan presas de menor profundidad que en el tejido muscular o de presas con niveles tróficos menores (Cortes 1999; Post, 2002; Fry, 2004).

Esta diferencia podría ser debido a un cambio en el comportamiento trófico en esta especie en los diferentes tiempos representados por cada tejido (Kim *et al.*, 2011). Algunos autores indican que *S. zygaena* puede realizar migraciones, alimentándose tanto en zonas oceánicas como costeras en la costa occidental de Baja California Sur (Ochoa-Díaz, 2009). Esto es consistente con los datos obtenidos tanto en el tejido muscular como en el sanguíneo ya que los valores de ambos tejidos presentan esta tendencia.

Esto puede deberse a que su alimentación principal de *S. zygaena* es de cefalópodos *O.banksii*, *S. oualaniensis*, *A. lesueurii* y *D. gigas* que realizan migraciones verticales a menores profundidades en zonas oceánicas (Castañeda-Suárez y Sandoval-Londoño 2004; Ochoa-Díaz, 2009).

Asimismo *S. zygaena* en la zona de Punta Lobos tiene una alimentación de peces como *Mugil cephalus*, *Sardinops sp.*, *Brotula sp.* y una especie de cefalópodo *Pholidoteuthis boschmai*. En el caso de *M. cephalus* y *Brotula sp.* se tratan de organismos asociados a zonas demersales o al bentos. Mientras que el caso de *Sardinops sp.* se trata de una especie epipelágica. El cefalópodo *P. boschmai* se encuentra desde zonas superficiales hasta 200 metros de profundidad (Roper *et al.*, 1984).

Es probable que los valores isotópicos del tejido muscular estén reflejando una dieta a profundidades mayores o donde pueden localizar a los cefalópodos, (Compagno *et al.*, 1995). Por otro lado la concentración isotópica de  $\delta^{13}\text{C}$  parece indicarnos que este depredador se alimenta en zonas costeras.

Los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  del tejido sanguíneo indica una dieta más reciente basada en presas oceánicas. El  $\delta^{15}\text{N}$  parece indicar que los niveles tróficos no son tan altos como en el tejido muscular, por lo que podría tratarse de presas de niveles tróficos menores a los cefalópodos.

Por otra parte, el cefalópodo *P. boschmei* puede presentar valores bajos en  $\delta^{15}\text{N}$ , debido a su alimentación, ya que se le encuentra distribuido a diferentes profundidades en donde se alimenta (Ochoa-Díaz, 2009; Roper *et al.*, 1984), lo que podría explicar los valores más bajos en sangre. Este cefalópodo se le encuentra distribuido ampliamente en zonas oceánicas a diferentes profundidades

(Roper *et al.*, 1984) lo que explicaría también los valores más negativos en  $\delta^{13}\text{C}$  en este tejido.

En el caso de las presas elegidas para la cornuda *S. zygaena*, según los estudios de ecología trófica para esta especie, en el modelo de mezcla aplicado al tejido sanguíneo se observó que en la dieta reflejada en tejido sanguíneo, *Sthenotheuthis oualaniensis* presentó la mayor contribución a la dieta de esta cornuda. De forma consecutiva en la contribución a la dieta le sigue pez *Coryphaena hippurus*. Por último de las presas que menos contribuyeron a la dieta de la cornuda prieta (*S. zygaena*) fue *Scomber japonicus*.

En el caso del tejido muscular para esta especie, en el modelo de mezcla, se observó nuevamente presentó el mismo orden de importancia en la contribución de las presas y presentaron proporciones muy similares en ambos tejidos.

Es probable que debido a que los tiburones tienen un crecimiento lento, tasa de recambio celular, también es lenta y ya que el desarrollo en esta especie sucede desde una zona de alimentación de costero a oceánico (Galván-Magaña *et al.*, 1989; Ochoa-Díaz, 2009;). Es posible que el tejido muscular indique una dieta asimilada en estadios más juveniles y en zonas más costeras (Ochoa-Díaz, 2009); mientras que los valores de la sangre representan una dieta de transición en diferentes áreas con menor productividad primaria.

Por otro lado trabajos sobre esta especie han reportado diferencias en la dieta de *S. zygaena* a través de los meses de estudio (Estupiñán-Montaña y Cedeño-Figueroa 2005). Por lo que no se descartan que las diferencias se deban a cambios estacionales.

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; Mayurama *et al.*, 2001; Overman y Parrish, 2001; Jardine *et al.*, 2003).

Esto podría explicar la diferencia isotópica entre ambos tejidos, donde el tejido que representa el alimento más reciente, presenta una baja en los valores isotópicos de carbono y nitrógeno, tendencia representada en los diferentes tejidos de acuerdo al tiempo representado que podrían corresponder en el caso de la sangre a una disminución de valores por efecto del crecimiento de las cornudas prietas.

### **Variación isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en sangre, músculo y traslapo trófico entre las diferentes especies de tiburones.**

La composición isotópica de cada organismo está relacionada con el tipo de dieta y el hábitat utilizado (McNeil, 2005). Hobson y Clark (1992) mencionan que la composición isotópica varía entre especies. Esto puede depender de la tasa de recambio del tejido analizado, la dieta y uso de hábitat (MacNeil *et al.*, 2006). El tejido sanguíneo mostro diferencias significativas entre las diferentes especies de tiburones muestreadas en el área de estudio, lo que sugiere diferentes hábitos alimenticios y uso de hábitat. El traslapo espacial y trófico que presentaron los tiburones a partir del tejido sanguíneo, mostró que el tiburón mako presenta un traslapo alto con las especies cazón pardo y tiburón azul (*P. glauca*), pero más bajo con respecto a la cornuda prieta.

Algunas especies que habitan la mismas zona pueden alimentarse de las mismas presas disponibles (Galván-Magaña *et al.*,1989) Este traslapo entre ciertas especies puede ser debido al hecho de que comparten el hábitat y en algunas especies pueden compartir presas como alimento de manera diferente o en diferentes proporciones. Se ha observado un comportamiento oportunista en elasmobranquios, debido a que las presas más consumidas son aquellas que abundan en cada temporada (Espinoza-García, 2012).

Los valores altos de  $\delta^{15}\text{N}$  observados en el caso del cazón pardo están relacionados con su alimentación ya que presenta un alto consumo de

invertebrados (crustáceos y moluscos) y peces bentónicos (Espinoza-García, 2012).

Este aumento isotópico es debido a que el fraccionamiento isotópico de  $\delta^{15}\text{N}$  aumenta con la profundidad por aportes terrígenos y procesos biológicos de nitrificación y desnitrificación de la zona (Saino y Hattori, 1987). Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  permiten hacer un seguimiento de la productividad con valores mayores en zonas cercanas a la costa, y valores menores en zonas menos productivas como son las zonas oceánicas (Clementz y Koch, 2001).

Por otro lado el traslapo detectado entre cazón pardo (*M. henlei*) y el tiburón mako, puede deberse a que ambos se alimentan de presas con niveles tróficos similares en la misma zona de alimentación (Velasco-Toledo, 2005; Espinoza-García, 2012).

Asimismo el cazón pardo tuvo un traslapo alto con el tiburón azul y la cornuda prieta debido al consumo de langostilla *P. planipes* (Hernández-Aguilar, 2008; Espinoza-García, 2012;)

El tiburón azul (*P. glauca*) presentó un traslapo con la cornuda prieta, debido probablemente al consumo del cefalópodo *D. gigas* en ambos tiburones (Hernández-Aguilar, 2008; Ochoa-Díaz, 2009).

Estudios realizados de ecología trófica en la zona de estudio mencionan que los calamares son presas importantes para el tiburón azul y tiburón mako (Velasco-Toledo, 2005; Hernández-Aguilar, 2008). Considerando que ambas especies comparten presas principales, podrían presentar un traslapo trófico, la similitud en los valores tanto en  $\delta^{13}\text{C}$  como  $\delta^{15}\text{N}$  estarían indicando que ambos se alimentan de presas de la zona mesopelágica y en zonas de menor productividad biológica (Fry, 2004).

Asimismo el tiburón mako y la cornuda prieta consumen *D. gigas* (Velasco-Toledo, 2005; Ochoa-Díaz, 2009). Sin embargo la cornuda prieta (*S. zygaena*) se alimenta de este cefalópodo en proporciones menores que el tiburón mako por lo que presento un traslapo bajo.

La cornuda prieta (*S. zygaena*) presentó los valores promedio más altos en  $\delta^{15}\text{N}$ . Estos valores enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  podría indicar el uso del hábitat de

zonas profundas (Fry, 2004). Ochoa-Díaz (2009). menciona que la cornuda prieta tiende a alimentarse de cefalópodos mesopelágicos, peces bentónicos y epipelágicos.

De la misma forma los valores isotópicos altos en nitrógeno indica una alimentación de presas con altos niveles tróficos debido al incremento entre presas y el depredador (Post, 2002).

El tiburón piloto (*C. falciformis*) presentó los valores promedio más bajos en  $\delta^{15}\text{N}$  y menos negativos en  $\delta^{13}\text{C}$ . Valores menos enriquecidos en  $\delta^{15}\text{N}$  indica que consumieron presas en zonas menos profundas (Fry, 2004), mientras que los valores más enriquecidos de carbón indica una alimentación cercana a la costa Cabrera-Chávez-Costa (2003) menciona que la alimentación del tiburón piloto incluye presas como invertebrados y peces con niveles tróficos bajos.

Los valores de traslapo más bajo de todas las especies de tiburones utilizando el tejido sanguíneo los presento el tiburón piloto (*C. falciformis*). Lo cual puede indicar que no comparte presa con las demás especies de tiburones. Sin embargo este tiburón también presenta cefalópodos mesopelágicos y langostilla en su dieta en la costa occidental de B.C.S. (Cabrera-Chávez-Costa, 2003); mientras que en el Golfo de California consume crustáceos epipelagicos, principalmente langostilla *P. planipes* en su fase pelágica (Galván-Magaña *et al.*, 1989).

Alvariño (1976), reporta que la langostilla se encuentra en todos sus estadios larvarios y en sus fases (bentónica y pelágica) en la Península de Baja California durante todo el año.

En el caso del tejido muscular, también se encontraron diferencias significativas en  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  entre las diferentes especies de tiburones. A diferencia del tejido sanguíneo, en el tejido muscular la diferencias marcadas en  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron en la cornuda prieta, tiburón azul y tiburón piloto. Los datos generales y la representación gráfica del tejido muscular mostró una tendencia

similar al sanguíneo, con la excepción de que el tiburón mako presentó valores diferentes al tiburón azul y más cercanos al cazón pardo.

Estudios sobre alimentación de tiburones han reportado variaciones en las presas entre intervalos de tallas (Estupiñan-Montaño y Cedeño-Figueroa, 2005), debido posiblemente a un cambio de dieta en esta especie a largo plazo, lo cual se encuentra en el tejido con tasa de recambio más lento como es el músculo (MacNeil *et al.*, 2005).

En el tejido muscular se encontró una diferencia en la dieta del tiburón mako, debido a un consumo de presas con nivel trófico alto o en zonas de mayor profundidad.

La alimentación del tiburón mako se basa en cefalópodos mesopelágicos, pero también se puede alimentar de peces bentónicos (Velasco-Toledo, 2005).

MacNeil *et al.* (2005) al comparar los valores isotópicos del  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  en músculo e hígado del tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) encontró un cambio de dieta asociado con los cambios temporales en la disponibilidad de presas.

Existen diferencias en la dinámica isotópica entre ambos tejidos, como el factor de enriquecimiento (Kim *et al.*, 2011), ya que en el caso del músculo el enriquecimiento es mayor, ocasionando valores más altos en  $\delta^{15}\text{N}$ .

Estudios de alimentación en el tiburón azul mencionan que puede alimentarse de presas con niveles tróficos bajos, como la langostilla (*P. planipes*), la cual puede encontrarse en zonas pelágicas de la zona costera.

Por otra parte al no presentarse traslapeo trófico ni espacial en tejido muscular entre el tiburón mako y azul, sugiere que ambas especies se alimentan de diferentes recursos en la zona. En el caso del tiburón mako se alimenta más de *D. gigas* y en menor cantidad del pez *S. japonicus* (Velasco-Toledo, 2005); Mientras que el tiburón azul se alimenta más de langostilla y cefalópodos (Hernández-Aguilar, 2008).

De la misma forma se ha comparado isotópicamente al tiburón azul y tiburón mako encontrando un traslapeo bajo debido a un uso de hábitat y alimentación diferente (Maya-Meneses, 2012).

En el caso del mayor traslapo que se presenta entre tiburón mako y cazón pardo, podría ser debido a la influencia que tiene el bentos en la dieta de ambos depredadores.

En contraste trabajos isotópicos en músculo de diferentes especies han encontrado un factor de discriminación muy similar  $-3.7\text{‰}$  (Minagawa & Wada, 1984; Post, 2002) para nitrógeno, Lo cual es debido a la composición bioquímica del tejido en las diferentes especies (Hobson y Wech, 1995), El cazón pardo no presenta traslapo trófico con el tiburón azul a pesar de presentar a la langostilla como presa en común. Ambas especies pueden alimentarse de otras presas, en el caso del cazón pardo se alimenta del cefalópodo de hábitat demersal *L. diomedae* (Espinoza-García, 2012); mientras que el tiburón azul presenta un hábitat y dieta más diversa, que incluye otras especies de cefalópodos (Hernández-Aguilar, 2012).

### **Variación isotópica intraespecífica entre sexos y diferentes estadios**

Considerando que el estado de madurez, desarrollo y la tasa de crecimiento está directamente relacionado con la tasa metabólica y la tasa de recambio del tejido, es importante conocer las diferencias de los valores isotópicos en diferentes tamaños y sexo de los tiburones.

No se encontraron diferencias significativas entre los valores isotópicos de Carbono y Nitrógeno por sexo, en los tejidos de sangre y músculo de la especies *C. falciformis*, *I. oxyrinchus*, *M. henlei* y *P. glauca*. Sin embargo en *S. zygaena* solo el  $\delta^{15}\text{N}$  de ambos tejidos fue diferente.

En trabajos realizados con estas especies se han reportado un bajo traslapo entre sexo (Estupiñan-Montaño y Cedeño-Figueroa, 2005; Velasco-Toledo, 2005, Espinoza-Garcia, 2012; Hernandez-Aguilar, 2008).

Es posible que la falta de variación entre ambos sexos se deba a la poca segregación sexual que presentan en la alimentación, lo cual indica que machos y hembras podrían alimentarse de los mismos recursos y en las mismas zonas..

Para el caso de los diferentes tamaños del tiburón piloto, se encontraron diferencias entre los valores isotópicos de Carbono y Nitrógeno tanto en tejido sanguíneo como en tejido muscular.

Los adultos del tiburón piloto consumen presas con niveles tróficos altos, o de aguas profundas o con influencia del bentos. En el caso de los valores isotópicos de Carbono indican una diferencia en la zona de alimentación, donde los adultos presentan valores de zonas oceánicas; mientras que los juveniles presentar valores pertenecientes a zonas con mayor productividad en las zonas costeras (Fry, 2004).

Por otra parte dentro de los juveniles del tiburón piloto, hay diferencia isotópica entre las hembras y machos, ya que las hembras representan un consumo de presas en aguas más profundas que en los machos.

Sin embargo los valores isotópicos de Carbono en tiburón piloto sugieren una alimentación en las mismas zonas. Los estudios de ecología trófica para esta especie en la costa occidental de BCS presentaron un alto traslapo de presas entre las categorías machos juveniles y adultos, lo que indica que se alimentan de presas similares; mientras que entre hembras juveniles y adultas de ambas zonas se alimentan de presas diferentes, por lo tanto para esta categoría hay traslapo trófico bajo, indicando una probable segregación por tamaño de hembras (Cabrera-Chávez-Costa, 2003).

Cabrera-Chávez-Costa (2003) reporta que este comportamiento en los datos puede ser debido a que en Punta Lobos ambas categorías de tamaño de tiburón piloto se alimentaron de presas similares, pero en diferente proporción, las hembras adultas consumieron cefalópodos y una proporción mayor de langostilla, así como, una especie diferente de cefalópodo (*Histioteuthis* spp) con respecto a

las hembras juveniles que consumieron diferentes especies de peces, un cefalópodo y un crustáceo en proporciones similares.

Debido a que los adultos del tiburón piloto presentan los valores mayores en  $\delta^{15}\text{N}$  y más negativos en  $\delta^{13}\text{C}$ , podría inferirse que presentan una alimentación en zonas oceánicas; mientras que los juveniles pudieran estarse alimentando en zonas costeras (Cabrera-Chávez-Costa, 2003).

El tiburón mako (*I. oxyrinchus*) no presentó diferencias entre sexos en sus valores isotópicos, lo cual es acorde a la mayor sobreposición de dieta entre sexos basado en contenido estomacal del tiburón mako (Velasco-Toledo, 2005). Asimismo Maya-Meneses (2012) encontró poca variación entre los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre sexos, sin embargo reportó una diferencia en valores de  $\delta^{13}\text{C}$  sugiriendo diferentes áreas de alimentación entre sexo.

Velasco-Toledo (2005), menciona que la poca variación entre la dieta por sexo podría ser a que en la incidencia de pesca de esta especie en la costa occidental está basada en la captura de organismos juveniles. En el presente estudio la mayoría de los organismos obtenidos de tiburón mako fueron organismos juveniles. Lo cual podría explicar la poca segregación que presentan las marcas isotópicas entre sexo.

Es importante comentar que para el caso de la sangre y músculo, los juveniles de tiburón mako presentan niveles tróficos mayores o de consumo de presas en zonas con más productividad; mientras que el adulto presentó valores diferentes en nitrógeno sugiriendo una alimentación en zonas más costeras.

Velasco-Toledo (2005), a pesar de no tener un número suficiente de contenidos estomacales de tiburones makos adultos, fue posible observar diferencias alimenticias con respecto a los juveniles, ya que estos se alimentan principalmente de especies bentónicas como es *Prionotus albirostris*; mientras que los adultos se alimentan primordialmente de presas pelágicas que llegan a habitar aguas oceánicas como los cefalópodos *Ancistrocheirus lesueurii* y *Dosidicus gigas*.

En el cazón pardo (*M. henlei*) tampoco se presentaron diferencias en los valores isotópicos de carbono y nitrógeno en los diferentes sexos. Espinoza-García (2012) reporta poca variación en la dieta de esta especie entre ambos sexos para la zona de Punta Lobos. También explica que tanto machos y hembras se alimentan de las presas *L. diomedae* y *P. planipes* y que ambos sexos se encuentran en las mismas zonas. Esto se debe a que la zona de Punta Lobos es una zona importante para la reproducción de esta especie (Villavicencio-Garayzar, 1996; Espinoza- García, 2012).

En relación al tamaño de los tiburones de *M. henlei*, los juveniles hembras presentaron valores más altos en nitrógeno y más negativos en carbono que los adultos, principalmente los machos adultos. Sin embargo esto puede ser debido al poco número de organismos juveniles.

Para el caso del tejido muscular de los tres estadíos de cazón pardo presentaron valores muy similares entre los diferentes estadíos, lo que podría indicar una dieta más homogénea o especializada en las diferentes tallas.

Espinoza-García (2012) en su estudio de ecología trófica para esta especie en la zona de Punta Lobos no reporta cambios en la alimentación conforme el tiburón aumenta de talla.

En el tiburón azul, las marcas isotópicas de carbono y nitrógeno no presentaron diferencias significativas entre los diferentes sexos en la dieta utilizando ambos tejidos, sugiriendo que ambos sexos se alimentan en las mismas zonas y de las mismas presas en la zona de Punta Lobos BCS.

Esto es contrastante con los estudios de contenido estomacal de esta especie en la misma zona, en donde se reporta traslapo trófico bajo, indicando una segregación alimentaria por sexo (Hernández- Aguilar, 2008).

Sin embargo análisis isotópicos realizados en esta especie no mostraron diferencias significativas entre sexos, sugiriendo que se están alimentando en la misma área (Polo-Silva, 2012). Esto parece sugerir un comportamiento diferente en los tiempos representados por ambas técnicas (Análisis de contenido estomacal e isotopos estables).

En el caso de los valores isotópicos de sangre y músculo del tiburón azul no se encontraron diferencias isotópicas entre diferentes estadios, lo cual sugiere una alimentación constante de las mismas presas y en las mismas zonas de alimentación.

Los trabajos de alimentación y ecología trófica del tiburón azul reportan que no existe segregación entre juveniles y adultos, por lo que comparten la mayoría de los recursos, siendo la langostilla *Pleuroncodes planipes* y los cefalópodos *Gonatus californiensis* y *Ancistrocheirus lesueurii* las presas más importantes en la dieta (Hernández- Aguilar, 2008; Polo-Silva, 2012).

Con respecto a la cornuda prieta (*S. zygaena*), presentó diferencias significativas entre las hembras y los machos en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  en los tejidos sanguíneo y muscular. Sin embargo no se encontraron diferencias en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  en ambos tejidos.

Para el caso de la sangre y músculo, los machos presentaron una alimentación de niveles tróficos mayores o de presas que habitan a mayor profundidad, en comparación con las hembras, cuyos valores fueron menores.

Los estudios de ecología trófica en esta especie para la zona de Punta Lobos reportan una diferencia isotópica en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre sexos, pero una similitud de valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , 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 mesopelágicos (Ochoa-Díaz, 2009).

Esto es contrastante con los valores obtenidos en el presente trabajo, donde se obtuvo una diferencia isotópica en los valores de nitrógeno y no en Carbono. Los análisis previos reportan una sobreposición media entre sexos debido principalmente a que se alimentan de algunas especies similares pero con diferente valor porcentual (Ochoa-Díaz, 2009).

En el análisis isotópico entre estadios de *S. zygaena* utilizando el tejido sanguíneo los juveniles presentaron valores de nitrógeno más altos provenientes de presas con niveles tróficos mayores que en los adultos.

Al utilizar el músculo se presenta esta misma tendencia en los juveniles, pero con la diferencia de que el macho adulto presentó valores que corresponden a presas que tienen niveles tróficos menores que las hembras adultas.

En trabajos de ecología trófica e isotopos estables para *S. zygaena*, los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  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 (Ochoa-Díaz, 2009). Este comportamiento puede explicar en el presente estudio esta tendencia, la cual fue reflejada también por los valores isotópicos de Nitrógeno en ambos tejidos representando diferentes dietas en los diferentes estadios de cornuda prieta.

## CONCLUSIONES

- El uso del tejido sanguíneo fue útil para los análisis isotópicos a corto plazo, ya que puede detectar cambios diarios en la alimentación; mientras que el músculo aporta información a mediano plazo (meses).
- Los tejidos de músculo y sangre de algunos tiburones como *C. falciformis* y *M. henlei* indican una dieta y uso de hábitat constante en el tiempo que cada tejido representa. Las diferencias entre los tejidos muscular y sanguíneo en otros tiburones como *I. oxyrinchus*, *P. glauca* y *S. zygaena* sugieren una alimentación y un hábitat diferente representados por ambos tejidos.
- Los valores isotópicos no indicaron una segregación entre los sexos utilizando sangre y músculo de la mayoría de las especies de tiburones estudiadas, por lo que ambos sexos se alimentan de los mismos recursos y se alimentan en el mismo hábitat. Los valores isotópicos de los tejidos de *S. zygaena* representan una segregación sexual sugiriendo que los machos se alimentan de diferentes presas en zonas más profundas que las hembras, pero que ambos sexos se alimentan tanto en zonas costeras como oceánicas.
- Las diferencias encontradas en los estadios de tiburones utilizando tejidos sanguíneo y muscular de *C. falciformis* sugieren que los adultos se alimentan posiblemente en zonas más profundas (zona mesopelágica) de la zona oceánica; mientras que los valores isotópicos en juveniles de *C. falciformis* indican una alimentación en zonas menos profundas posiblemente en zonas epipelágicas cercanas a la costa.

- Los valores isotópicos de ambos tejidos de *S. zygaena* representan también una segregación entre los diferentes estadios, donde los adultos se alimentan en zonas de menos profundidad posiblemente (epipelágica-mesopelágica); mientras que los juveniles se alimentan en zonas más profundas o en zonas bentónicas
- Al no presentar diferencias entre los valores isotópicos de los tejidos sanguíneo y muscular de los diferentes estadios de las especies *M. henlei*, *I. oxyrinchus* y *P. glauca*, indican una alimentación similar en los diferentes estadios de desarrollo, por lo que no presentaron segregación entre los diferentes estados ontogénicos.
- Se observó similitud entre los tiburones *I. oxyrinchus* y *P. glauca* en tejido muscular, lo que indica el uso de los mismos recursos en la zona de estudio; mientras que se observó un mayor traslape entre *M. henlei* e *I. oxyrinchus*, *P. glauca* y *S. zygaena* y se le atribuye al uso de hábitat de *M. henlei* y no a la similitud de la dieta
- La posición trófica representa el tipo de presa consumida en cada escala de tiempo representada por cada tejido, en las cinco especies de tiburones. La diferencias encontradas en ambos tejidos son debido a las tasas metabólicas y del tipo de dieta representada en dicho tejido.
- El modelo de mezcla permitió observar la similitud en las proporciones de la dieta de *C. falciformis* en ambos tejidos debido a una dieta constante en ambos tiempos representados. Al usar el modelo de mezcla se indican las diferencias en las proporciones de la dieta en ambos tejidos sangre y músculo de *I.*, *P. glauca* y *S. zygaena* representa la misma proporción en la dieta de ambos tejidos, sugiriendo una alimentación constante de presas, contrastando con los resultados encontrados con los valores isotópicos de ambos tejidos.

## BIBLIOGRAFIA

Aurioles-Gamboa, D., P. L. Koch, B. J. y 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

Aurioles-Gamboa, D., M.Y. Rodríguez-Pérez, y L. Sánchez-Velasco, M.F. Lavin. 2013. *Habitat, trophic level, and residence of marine mammals in the Gulf of California assessed by stable isotope analysis. Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 488, 275–290.

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

Alvariño, A. 1976. Distribución batimétrica de *Pleuroncodes planipes* Stimpson (Crustaceo: Galateido). *Memorias del simposium sobre Biología y Dinámica Poblacional de Camarones*. 266-281.

Bearhop, S., Adams, C. E., Waldron, S., Fuller, R.A. y H. Macleod. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *J. Anim. Ecol.*, 73(5), 1007-1012. doi: 10.11117/j.0021-8790.2004.00861.x.

Bonfil, R., De Anda F. y Mena R., 1990. Shark fisheries in México: The case of Yucatan as an example. En: 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.

Borrell Asunción, L. Cardona, Ramanathan P. Kumarran, y Alejandro Aguilar.,2011. Trophic ecology of elasmobranchs caught off Gujarat, India, as inferred from stable isotopes. *ICES Journal of Marine Science*, 68(3), 547–554.

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.

Caut S., Jowers, M., Lepoint G. y A.T. Fisk. 2013. Diet- and tissue-specific incorporation of isotopes in the shark *Scyliorhinus stellaris*, a North Sea mesopredator. *Marine Ecology Progress Series* 492:185–198

Carrera-Fernández, M. 2004. Biología reproductiva del tiburón azul, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 67 pp.

Carrera-Fernández y Martínez-Ortiz J. 2007. Aspectos reproductivos de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y *S. zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas del Ecuador.

Carrera-Fernández M. y Martínez – Ortiz J. 2007. Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) off Baja California Sur, México. *aqua*, International Journal of Ichthyology. Vol 6. No. 3 102-110 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.

Castañeda-Suarez, J y L Sandoval-Londoño. 2004. Hábitos alimentarios de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico Ecuatoriano. *Tesis Licenciatura*. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 141pp.

Clementz, M. T. y P. L. Koch. 2001. Differentiating aquatic mammals habitat and foraging ecology with stable isotopes in tooth enamel. *Oecology*. 129: 461-472.

Colaboradores de Wikipedia. Isótopo estable [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2006 [fecha de consulta: 21 de marzo del 2006]. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Is%C3%B3topo\\_estable&oldid=263672](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Is%C3%B3topo_estable&oldid=263672).

Compagno, C.J.V., 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. FAO Fisheries Synopsis N° 125, 4 (1 and 2): 655 pp.

Compagno, C.J.V., F. Krupp, y W. Schneider. 1995. Tiburones. En : Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental, Volumen II. Vertebrados-parte 1. (eds) Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V.H. FAO: Roma. 647-218.

Conde-Moreno, M. 2005. Aspectos de la Biología Reproductiva del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur. *Tesis de Licenciatura*. UABCS. 72 pp.

Cortés E (1999) Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 56:707-717

Créach, V., M.T. Schricke, G. Bertru y A. Mariotti.1997. Stable isotopes and gut analyses to determine feeding relationships in saltmarsh macroconsumers.*Estuarine, Coastal and Shelf Science*.44:599-611.

Daintith, J. y Tootill E. 2001. Diccionario especializado de biología Grupo editorial Norma educativa. 80-270 pp.

Das K., C. Beans, L. Hosbeeck, G. mauger, S.D. Berrow, E. Rogan y J.M. Bouquegneau. 2003. Marine mammals from northeast Aatlantice: relationships between their trophic status as determined by  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$  measurements and their trace metal concentrations. *Mar. Env. Res.* 56: 349-365.

DeNiro M. J. y Epstein S., 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 45, 341-353.

Domi N., J.M. Bouquegneau, y K. Das.,2005. Feeding ecology of five commercial shark species of the Celtic Sea through stable isotope and trace metal analysis. *Marine Environmental Research* 60 551–569.

Espinoza-García, S., 2012. Hábitos alimenticios del tiburón mamón *Mustelus henlei* (Gil, 1863) en relación al sexo, la talla y la temporada en Punta Lobos Baja California Sur, México.

Estrada, J.A., Rice, A.N., Lutcavage, M.E. y Skomal, G. B., 2003. Predicting trophic position in sharks of the north-west Atlantic Ocean using stable isotope analysis. *Journal Mar. Biol.* 83, 1347-1350.

Estupiñán-Montaña 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. Pacífico Centro-Oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca. FAO; Roma. (Vol- II-III) 648-1652 pp.

Fisk T.; A. Tittlemier; L. Pranschke., 2002. Using anthropogenic contaminants and stable isotopes to assess the feeding ecology of Greenland sharks. *Ecology*, 83(8), pp. 2162–2172.

Franco-Moreno, A. 2008. Espectro trófico del tollo vieja *Mustelus henlei* (Pisces: Triakidae), capturado con red de arrastre camaroneero y mallados, entre la parte norte de Buenaventura y Boca San Juan, Pacífico Colombiano. Tesis de pregrado. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Colombia. 1-143.

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

Fry, B. 2004. Conferencia: *Stable Isotope in Pelagic ecosystems Globec-Clitop working group 3*. Presentación: La paz, México. IPN-CICIMAR, LSU, CSIRO, CIAT-IATTC e IRD.

Galván-Magaña, 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.

Gerking, S. D. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press. E. U. A. 416 pp.

Hansson, S., J.E. Hobbie, R. Elmgren, U. Larsson, B. Fry y S. Johansson. 1997. The stable nitrogen isotope ratio as a marker of food-web interactions and fish migration. *Ecology*. 78: 2249–2257pp.

Harvey , C.J. y J.F. Kitchel. 2000. A stable isotope evaluation of structure and spatial heterogeneity of a lake superior food web. *Can. J. fish and Aqua. Sci.* 57: 1395 – 1403.

Hernández Aguilar S.B. 2008. Espectro Trófico del Tiburón Azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. 79 pp.

Hobson K. A. y Clark R. G., 1992. Assessing avian diets using stable isotopes. II: factors influencing diet-tissues fractionation. *Condor* 94, 189-197.

Hobson, K.A. y H.E. Welch. 1995. Cannibalism and trophic structure in a high Arctic lake: insights from stable-isotope analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 52: 1195 –1201 pp.

Hobson K. A., Schell D. M., Renouf D. y Noseworthy E. 1996, Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals: implications for dietary reconstruction involving marine mammals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53, 528-533.

Hobson K. A. y Wassenaar L. I., 1997. Linking breeding and wintering grounds of neotropical migrant songbirds using stable hydrogen isotopic analysis of feathers. *Oecologia* 109, 142-148.

Hoyos Padilla E. Mauricio , Ceballos Vázquez B. Patricia and Galván Magaña Felipe. 2011. Reproductive Biology of the Silky Shark *Carcharhinus falciformis*

(Chondrichthyes: Carcharhinidae) off the west coast of Baja California Sur, Mexico. *aqua*, International Journal of Ichthyology. 15- 23 pp.

Hussey, N. E., J. Brush, I. D. McCarthy y A. T. Fisk, 2010. d15N and d13C diet-tissue discrimination factors for large sharks under semi-controlled conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A* 155: 445–453.

Jackson, A.L., R. Inger, A.C. Parnell, S. Bearhop. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *J. Anim. Ecol.*, 80(3), 595-602.

Jaeger, A., Blanchart, P., Richard, P. y Y. Cherel. 2009. Using carbon and nitrogen isotopic values of body feathers to infer inter and intra-individual variations of seabird feeding ecology during moult. *Mar. Biol.*, 156(6), 1233-1240 doi:10.1007/s00227-009-1165-6.

Jardine, T.D., S.A MacGeachy, C. M. Paton, M. Savoie y R. A. Conjank. 2003. Stable isotopes in aquatic systems, preparation and analysis and interpretation. *Can. Manus. Rep. of Aqua. Sci.* 2656: 37 p.

John Daintith, y Elizabeth Tootill 2001. Diccionario especializado de biología Grupo editorial Norma educativa. 80-270 pp.

Kim S.L, y Koch PL. 2011. Methods to collect, preserve, and prepare elasmobranch tissues for stable isotope analysis. *Environ Biol Fish* DOI 10.1007/s10641-011-9860-9

Kim, S.L., Del Rio, C.M. Casper, D., y P.L. Koch. 2011b. Isotopic incorporation rates for shark tissues from long-term captive feeding study. *J. Exp. Biol.*, 215(Pt14), 2495-500. doi: 10.1242/jeb.070656

Logan J.M. y M.E. Lutcavage. 2010. Stable isotope dynamics in elasmobranch fishes. *Hydrobiología*, 644: 231-244.

Loor- Andrade, P.J., 2013. Ecología trófica de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* y *Sphyrna zygaena* en el Pacífico ecuatoriano basada en isótopos estables. 15-64 pp.

MacNeil, M.A., G.B. Skomal y A.T. Fisk. 2005 Stable isotopes from multiple tissues reveal diet switching in sharks. *Marine Ecology Progress Series* Vol. 302: 199–206 pp.

MacNeil M.A., Drouillard, Ken G. y A. T. Fisk. 2006. Variable uptake and elimination of stable nitrogen isotopes between tissues in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* Vol. 63, 345-352pp.

Malpica Cruz L. 2009. Evaluation of Trophic Levels and Feeding Grounds of Northeastern Pacific Sharks as a function of Ontogeny Based on Stable Isotope Analysis Tesis de Maestría CICESE B.C.71 pp.

Marín, O. R. 1992. Aspectos biológicos de los tiburones capturados en las Costas de Tamaulipas y Veracruz, México. Tesis Profesional. Facultad de Biología, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver., México. 146 pp.

Maruyama A., Yamada, Y., Rusuma, B. y Yuma M. 2001. Change in stable nitrogen isotope ratio in the muscle tissue of a migratory Gob. *Rhinogobios* spp., in the nature setting. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58 : 2125-2128

Matich, P., Heithaus, M.R. y C.A. Layman. 2011. Contrasting patterns of individual specialization and trophic coupling in two marine apex predators. *J. Anim Ecol.*, 80(1), 294-305. doi: 10.1111/j.1365-2656.2010.01753.x.

Maya Meneses Claudia I. 2012. Traslado trófico del tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) capturados en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. UABCS. B.C.S. 15-40 pp.

Mcconnaughey TA, Mcroy CP. 1979. Food-web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Marine Biology*. 53: Pp. 257–262

Méndez Da Silveira Eduardo D. 2012. Variación Isotópica del  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  entre diferentes tejidos musculares del tiburón cazón (*Mustelus henlei*) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis Licenciatura. Universidad de Guadalajara. Jalisco. 7- 49 pp.

Minagawa W., Wada E. 1984. Stepwise enrichment of  $^{15}\text{N}$  along food chains: further evidence and the relation between  $\Delta^{15}\text{N}$  and animal age. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*. 48: Pp. 1135–1140

Moore, J. y B. Semmens. 2008. Incorporating Uncertainty and Prior Information Into Stable Isotope Mixing Models. *Ecology Letter*, 11:470-480.

Newsome, S. D., Martínez del Río, C., Bearhop, S. y D.L. Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Front. Ecol. Environ.* 5:429-436.

Ochoa Díaz R., 2009. Espectro trófico del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) En Baja California Sur: Aplicación de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . Tesis de Maestría. CICIMAR. 19-66 pag.

Overman, N.C. y Parrish, D.L. 2001. Stable isotope composition of walleye,  $^{15}\text{N}$  accumulation with age and area-specific in  $^{13}\text{C}$ . *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58: 1235-1260.

Park, R. y S. Epstein. 1961. Metabolic fractionation of  $^{13}\text{C}$  and  $^{12}\text{C}$  in plants. *Plant Physiology*. 36: 133-138 pp.

Parnell A. , Inger R., Bearhop S. y A. L. Jackson .2008. SIAR: Stable isotope analysis in R. <http://cran.rproject.org/web/packages/siar/index.html>.

Parnell, A.C., R. Inger, S. Bearhop, A.L. Jackson. 2010. Source Partitioning Using Stable Isotopes: Coping with Too Much Variation. *PLoS ONE* 5 e9672.

Perry R.I., Thompson P.A., Mackas D.L., Harrison P.J., Yelland D.R., 1999. Stable carbon isotopes as pelagic food web tracers in adjacent shelf and slope regions off British Columbia, Canada. *Can J Fish Aquat Sci* 56:2477-2486

Polo Silva C.J. 2012. Ontogenia alimentaria del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnae, 1758) a partir de análisis isotópicos en tejidos diferentes.

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

Preti A, Soykan CU, Dewar H, Wells RJD, Spear N, Kohin S (2012) Comparative feeding ecology of shortfin mako, blue and thresher sharks in the California Current. *Environ Biol Fishes*:1-20

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Rau, G.H., J.L. Tetsie, F, Rassoulzadegan y S.W. Fowler. 1990.  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  And  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  Variations among size fractionated marine particles: implications for their origin and trophic relationship. *Marine Ecology Progress Series* 59: 33-38 Pp.

Ribot-Carballal M.C. 2003. Edad y crecimiento del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque 1810) capturado en la costa occidental de B.C.S. sur México. Tesis de Maestría. CICIMAR. 52 pp.

Román-Reyes, J.C. 2005. Análisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono ( $\delta^{13}\text{C}$ ) y nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín tornillo (*Stenella longirostris*) del Océano Pacífico oriental. Tesis de Doctorado. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 143 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

Roper, C.F.E., Sweeney, M.J.y Hochberg, F.G. 1995. Cefalópodos. *En*: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen I. Vertebrados-parte 1. (eds) Fisher, W., Krupp, F., Scheneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y Niem, V. H. FAO. Roma. 647-218.

Saino, R. y A. Hattori. 1987. Geographical variation of the water column distribution of suspended particulate organic nitrogen and its  $^{15}\text{N}$  natural abundance in the Pacific and its marginal seas. *Deep Sea Res.* 34: 807-827 pp.

Schmitter-Soto, J.J. 1992. Aspectos autoecológicos de los triglidos (Pisces: Scorpaeniformes) en la costa occidental de B. C. S. *Tesis de Maestría*. CICIMAR. 98 pp.

Sierra LM, R Claro y OA Popova. 1994. Alimentación y relaciones tróficas. En: Claro R (ed), Ecología de los peces marinos de Cuba, pp. 263-320. Instituto de Oceanología, Academia de Ciencias de Cuba y Centro de Investigaciones de Quintana Roo (CIQRO), México.

Silva Santos Joao R. 2012. Biología reproductiva del tiburón mamón pardo *Mustelus henlei* (Gill, 1863) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis Maestría. 13-79 pp.

Stevens J.D., R. Bonfil, N.K. Dulvy, y P.A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. ICES J. of Mar. Sci. 57: 476-494.

Shiffman D. S., A. J. Gallagher, M. D. Boyle, C. M. Hammerschlag-Peyer y N. Hammerschlag., 2012. Stable isotope analysis as a tool for elasmobranch conservation research: a primer for non-specialists *Marine and Freshwater Research* **63**, 635–643.

Torres Rojas Y. E. 2006. Hábitos alimenticios y la razón de isótopos estables de Carbono ( $\delta^{13}C$ ) y Nitrógeno ( $\delta^{15}N$ ) del tiburón *Sphyrna lewini*, (Griffith y Smith 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis Maestría. CICIMAR. 59 p.

Torres-Rojas YE. 2011. Nicho Trófico de pelágicos Mayores Capturados en la Boca del Golfo de California. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 164pp.

Torres-Rojas, Y.E., F. Paez-Osuna, A. Hernández-Herrera, F. Galván-Magaña, S. Aguíñiga-García, H. Villalobos-Ortíz, y L. Sampson. 2013. Feeding grounds of juvenile scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) in the south-eastern Gulf of California. *Hydrobiologia* 726: 81–94.

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

Tripp-Váldez, A. 2010. Comparación de dos enfoques metodológicos para el análisis de la estructura trófica de la ictiofauna de fondos blandos de las costas de Nayarit, México. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. México. 1-78.

Velasco-Toledo 2005. Hábitos Alimenticios e Isótopos de  $^{13}\text{C}$  Y  $^{15}\text{N}$  del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (RAFINESQUE, 1810) en la Costa Occidental de Baja California Sur. Tesis Maestría. CICIMAR. 8-12pp.

Villavicencio- Garayzar, C. J. 1996. Pesquería del tiburón y cazón. En: Casas Valdéz, M., Ponce- Diaz, G. Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. 1999. 2ª ed. SEMARNAP. GOB. DE BCS. Universidad Autónoma de Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas. FAO. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Cet del Mar. Instituto Politécnico Nacional Vol. I. 350 pp.