



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
ÁREA DE CONOCIMIENTOS DE CIENCIAS DEL MAR
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA

TESIS

**TRASLAPRO TROFICO DEL TIBURON AZUL (*Prionace glauca*) Y TIBURON
MAKO (*Isurus oxyrinchus*) CAPTURADOS EN LA COSTA OCCIDENTAL
DE BAJA CALIFORNIA SUR**

QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
BIÓLOGA MARINA

PRESENTA:

CLAUDIA IVETTE MAYA MENESES

DIRECTOR:

DR. YASSIR EDÉN TORRES ROJAS

LA PAZ, B.C.S., JUNIO DE 2012



UABCS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA
ÁREA DE CONOCIMIENTO DE CIENCIAS DEL MAR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
comprometidos con la comunidad

Fecha: 16-Mayo-2012

M. EN C. ENRIQUE ALEJANDRO GÓMEZ GALLARDO UNZUETA,
JEFE DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE BIOLOGÍA MARINA,
PRESENTE.

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del **TRABAJO DE TESIS TERMINADO** titulado: "TRASLAPO TROFICO DEL TIBURON AZUL (*Prionace glauca*) Y TIBURÓN MAKO (*Isurus oxyrinchus*) CAPTURADOS EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA CALIFORNIA SUR"; que presenta el (la) pasante de la Carrera de Biólogo Marino **C. CLAUDIA IVETTE MAYA MENESES**, comunicamos a usted, que otorgamos nuestro **voto aprobatorio** y consideramos que dicho trabajo está listo para su defensa a fin de obtener el título de Biólogo Marino.

Gerardo Glez. Banda

Nombre Completo

Gerardo Glez. Banda

Firma

PRESIDENTE

Felipe Galván Magaña

Nombre Completo

Firma

SECRETARIO

Jessie Eda Torres Rojas

Nombre Completo

Firma

VOCAL

Jessie Eda Torres Rojas

Nombre Completo

Firma

DIRECTOR DE TESIS

C.c.p. Dirección de Servicios Escolares.
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR
RECIBIDO
17 MAY 2012
DEPTO DE BIOLOGÍA MARINA
FIRMA HORA

Carretera al Sur Km. 5.5
La Paz, BCS.

Conmutador: 01 612 12 388 00 Ext. 4100
Fax Directo: 01 (612) 12 388 19
E-mail: biolmar@uabcs.mx

Apartado postal 19-B
Código postal 23080

DEDICATORIA

A Dios.

A mi papá José Alberto Maya Jiménez y a mi mamá Mercedes Meneses Jiménez por brindarme todo su apoyo desde que decidí emprender este sueño que hoy por fin se vuelve una realidad, por consejos, regaños, castigos, risas, las llamadas diarias por teléfono. Por tantas preocupaciones que les he dado pero que aun así siguen apoyándome y alentándome a seguir, hoy por fin puedo decir:

iiiLO LOGRAMOS!!! LOS AMO!!!

A mi hermana Gabriela Maya Meneses me separe de ti estando en una edad donde me necesitabas pero supiste entender y solita has salido adelante en muchas cosas (escuela, problemas familiares, enfermedades, etc.), tuviste que madurar muy pronto y aunque estuvimos lejos físicamente sabes que de corazón y mente siempre estuvimos juntas por todo lo que has pasado mereces mi admiración, respeto y agradecimiento. TE AMO mi chefsita!!

Y por ultimo dedico esta tesis a una personita que llego a mi vida RENATA falta menos para conocerte y tenerte en mi brazos, tu llegada fue una gran sorpresa pero el tiempo me ha ayudado a entender que Dios siempre tiene cosas buenas y las pruebas que te manda son para que salgas triunfadora y él me mando una prueba contigo pero sobre todo eres un regalito para mi vida te espero con mucha ilusión amor y cariño, tu familia también te espera con mucho amor. Un angelito siempre nos cuidara 珍妮弗. Mi niña Renata haremos cosas grandes juntas!! Te amo.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Yassir Edén Torres Rojas primero por aceptarme, guiarme y prepararme para esta tesis, sin tu ayuda no hubiera sido posible esto. Porque aparte de ser mi director eres mi amigo, consejero, paño de lágrimas y hasta mi enfermero. Dios ya te premio todos esos esfuerzos que has echo con tus alumnos y sobre todo conmigo tienes mi admiración y mi respeto. ¡Gracias Gracias Gracias!

Al Dr. Felipe Galván Magaña por aceptarme en su equipo de trabajo por estar al pendiente del desarrollo de la tesis por esas fiestas en su casa, nadie como usted!

Al Dr. Gerardo Gonzales Barba por ser parte de mi comité y por sus consejos.

Al Dr. Sergio Aguiñiga García por facilitarme la utilización del laboratorio de LESMA.

Al Dr. Alberto Sánchez González por la ayuda en el análisis de mis muestras, por dedicarme un poco de tiempo al explicarme todo el funcionamiento del espectrómetro.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR).

Al Laboratorio de Ecología de Peces y Laboratorio de Química Marina del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas por facilitarme la utilización de sus instalaciones y equipo.

A todas las personas que en algún momento se cruzaron en mi camino durante la carrera:

A los “cuachalas team” esas horas que pasamos en la famosa jardinera haciendo nada, esas vagancias que tuvimos, salidas a campo, la gran ida a la sierra y por todas las cosas que pasamos siempre los recordare.

A los “paceños” sé que no les gusta que los llame así pero con ese apodo los conocí, Cazador, Chato, Grillo, Cea, Chayo, Wolf, Chollet, me enseñaron algo muuuy bonito saber ser amigo sin esperar nada a cambio que se puede contar con ustedes sin

importar hora ni lugar. Gracias por esas idas a la playa por enseñarme a comer almejas recién salidas del mar (¡uugh!) por las tonteras que hacían y que igual me hacían reír mucho! Por los consejos, por las vagancias bueno fueron muchas cosas en poco tiempo Gracias!.

Y por ultimo pero no menos importante al “club isotópico” (me lo saque de la manga) no pude llegar a un mejor lugar, hubo carnitas time, pasteles, pizza muuucha platica muuuchas risas muucha carrilla entre nosotros y con otros jajaja, nuevamente Yassir Gracias! P.D. No tuviste que utilizar el método de la cuchara de peltre! Muajajaja, a Daniela Trasviña “Dany” gracias por ser mi amiga y ayudante, por cortar musculo y estar al pendiente de mis muestras hasta en días no hábiles, por prestarme tu secador *fashion* (abanico) por llevar frutita y mientras comíamos echábamos chismi, a Eduardo Méndez “Lalo” por ayudarme en el espectrómetro y que sin conocerme agarramos cura luego luego eres a todo dar muchacho!, a Vanessa Alatorre “Vane” por echarme porras en todo, abrirme las puertas de tu casa, darme comidita muy rica y por todos tus consejos. A la chayo “la escandalosita” el chismi siempre primero ¿no? las platicas que nos echabamos muy buenas, gracias por la compañía, el chato llego muy tarde al cubil pero no por eso deja de tener importancia aunque siempre te terminabas mi jugo y mis papitas después comprendí que hacías eso porque eres muuuy pobre!.

Los quiero muchisisisimo y los voy a extrañar

INDICE

Índice de Figuras.....	III
Índice de Tablas.....	IV
Glosario.....	V
Resumen.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
ANTECEDENTES.....	5
Características Generales de <i>Prionace glauca</i>	5
Distribución de <i>Prionace glauca</i>	5
Características Generales de <i>Isurus oxyrinchus</i>	6
Distribución de <i>Isurus oxyrinchus</i>	8
Antecedentes tróficos de <i>Prionace glauca</i> e <i>Isurus oxyrinchus</i>	8
JUSTIFICACIÓN.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS PARTICULARES.....	18
AREA DE ESTUDIO.....	19
MATERIAL Y METODOS.....	22
Trabajo de Campo.....	22
Trabajo de Laboratorio.....	22
Análisis de Datos.....	24
RESULTADOS.....	26
Datos Generales.....	26
Relación C:N.....	27
Valores isotópicos y sus variaciones Intraespecificas de <i>I. oxyrinchus</i>	29
<i>Por sexos en I. oxyrinchus</i>	29
<i>Estado de madurez en I. oxyrinchus</i>	29
<i>Localidades y años en I. oxyrinchus</i>	30
Valores isotópicos y sus variaciones Intraespecificas de <i>P.</i>	

<i>glauca</i>	31
<i>Por sexos en P. glauca</i>	31
<i>Estado de madurez de P. glauca</i>	31
<i>Localidades y años en P. glauca</i>	32
Posición trófica de <i>P. glauca</i> e <i>I. oxyrinchus</i> a partir de $\delta^{15}\text{N}$	33
Amplitud y Traslado trófico de <i>P. glauca</i> e <i>I. oxyrinchus</i> a partir de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	34
<i>Amplitud trófica general</i>	34
<i>Traslado trófico por localidades</i>	35
<i>Traslado trófico entre estados de madurez</i>	36
<i>Traslado trófico entre sexos</i>	37
DISCUSIÓN	39
Relación C: N	39
Valores isotópicos y sus variaciones intraespecíficas	40
<i>Isurus oxyrinchus</i>	40
<i>Prionace glauca</i>	44
Posición trófica de <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> a partir de $\delta^{15}\text{N}$	47
Amplitud y Traslado trófico de <i>P. glauca</i> e <i>I. oxyrinchus</i> a partir de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$	49
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	54

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.-	Vista lateral del Tiburón Azul (<i>Prionace glauca</i>) Tomado de Ann Hecht ©.....	5
Figura 2.-	Mapa de Distribución de Tiburón Azul (<i>Prionace glauca</i>) Tomado de GNU.....	6
Figura 3.-	Vista lateral del Tiburón Mako de aletas cortas (<i>Isurus oxyrinchus</i>) Tomado de floridasharkbait.....	7
Figura 4.-	Mapa de Distribución de Tiburón Mako (<i>Isurus oxyrinchus</i>) Tomado de GNU.....	8
Figura 5.-	Área de Estudio, Localidades de muestreo, Punta Lobos y San Lázaro.....	21
Figura 6.-	Histograma de Frecuencia de Tallas para <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i>	27
Figura 7.-	Relación C: N de <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> (valor teórico de proteínas puras C: N = 2.9).....	28
Figura 8.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de machos y hembras de <i>I. oxyrinchus</i>	30
Figura 9.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de juvenil y adulto de <i>I. oxyrinchus</i>	30
Figura 10.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de <i>I. oxyrinchus</i> en Punta. Lobos y San Lázaro.....	30
Figura 11.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de machos y hembras de <i>P. glauca</i>	31
Figura 12.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de juvenil y adulto de <i>P. glauca</i>	32
Figura 13.-	Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de <i>P. glauca</i> en Punta. Lobos y San Lázaro.....	33
Figura 14.-	Traslapo Isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ entre <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados por zonas.....	35

Figura 15.-	Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ entre <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados por zonas.....	36
Figura 16.-	Traslado Isotópico en $\delta^{15}\text{N}$ de <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados entre estados de madurez.....	36
Figura 17.-	Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ de <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados entre estados de madurez.....	37
Figura 18.-	Traslado Isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados entre sexos.....	38
Figura 19.-	Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> comparados entre sexos.....	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.-	Tamaño de muestra para <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> por cada zona y año de muestreo (x= sin datos).....	26
Tabla 2.-	Valores de posición trófica calculados para <i>I. oxyrinchus</i> y <i>P. glauca</i> a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (9.3 ‰, Altabet <i>et al.</i> , 1999) valor de Δ ($\Delta= 3.1\text{‰}$, Vanderklift y Ponsard, 2003).	34

GLOSARIO

$\delta^{13}\text{C}$: 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 Belemnita 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).

Amplitud de Dieta: Selección de la dieta con respecto a un número potencial de tipos alimenticios (Gerking, 1994).

Depredador especialista: Organismo que selecciona a su presas para su consumo (Tytler y Calow, 1985; Gerking, 1994).

Depredador generalista: Organismo que no presenta selectividad por una presa en particular (Tytler y Calow, 1985).

Depredador oportunista: Organismo que incluye en su dieta, una variedad de recursos que se encuentran disponibles en su hábitat, describe al animal que saca ventaja de cualquier presa que esté disponible (Gerking, 1994).

Ecosistema: Es el conjunto de especies de un área determinada que interactúan entre ellas y con su ambiente abiótico; mediante procesos como la

depredación, el parasitismo, la competencia y la simbiosis (Maass y Martínez-Yrizar, 1990).

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 aislamiento de reproducción frente a otras (Curtis, 1986).

Interespecifico: Relaciones entre organismos de diferentes especies (Gerking, 1994).

Intraespecificas: Interacción entre individuos de una misma especie (Gerking, 1994).

Isotopo: 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 (Curtis, 1986).

Isotopo Estable: Un isótopo no radiactivo el cual no se degrada espontáneamente. Los isótopos estables no tienen riesgo fisiológico (Real Academia de la Lengua Española).

Material Orgánico Particulado (MOP): Comprende todo el material orgánico, como secreciones, exudados celulares, material fecal de organismos vivos,

restos de fitoplancton y zooplancton y material detrítico parcialmente o totalmente degradado, entre otros, cuyo diámetro sea mayor a 0.2 y menor a 1 cm. La definición operativa carece de una base funcional fundamental.

Pee Dee Belemnita (PDB): Es un fósil de Belemnita americana de la formación geológica Pee Dee de Carolina del sur, USA. Es utilizado como estándar para expresar la abundancia isotópica de carbono y oxígeno. Su razón isotópica absoluta (R) es 0.011238 (Enciclopedia en línea Wikipedia).

Posición Trófica (PT): Posición de los organismos en la cadena alimenticia, determinado por la transferencia de energía de un nivel a otro (Gerking, 1994).

Relación carbono/ nitrógeno (C:N): La cantidad de carbono dividido por la cantidad de nitrógeno presente en una muestra, generalmente en miligramos (Rau *et al.*, 1990).

Traslado Trófico: Uso compartido de recursos por dos especies, sexos o poblaciones. Este traslado no necesariamente se encuentra relacionado directamente con la competencia (Wootton, 1990).

RESUMEN

Isurus oxyrinchus y *Prionace glauca* son considerados como recursos importantes desde el punto de vista económico en B.C.S. además se ha demostrado que los tiburones ayudan a regular el número poblacional de las presas que forman parte de su dieta, por lo que un declive en las poblaciones ocasionaría un alteración en las cadenas alimenticias, por lo que el objetivo del presente estudio es evaluar el traslapo trófico a partir de la variación isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en el músculo dorsal de estos dos depredadores, para inferir posibles preferencias en la alimentación y distribución espacial en la zona de captura, así como las posibles interacciones que mantienen entre ellos, logrando así entender si cada especie de tiburón cumplen roles diferentes en el área de estudio. Se realizaron muestreos en la costa occidental de Baja California Sur en los meses de diciembre 2009 y marzo 2011 de *P. glauca* e *I. oxyrinchus*. La relación C:N mostro valores de 2.9 lo que indica que el musculo dorsal no contenía urea o lípidos. En *I. oxyrinchus* no se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ entre sexos, localidades y años lo cual indica que se alimentan de presas similares; mientras que en $\delta^{13}\text{C}$ si hubo diferencias lo que sugiere cambios en las área de alimentación. En *P. glauca* no se encontraron diferencias entre sexos, tallas, localidades y años en $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, lo que indica una dieta similar que se mantiene en la misma área. Se determino el nivel trófico para *I. oxyrinchus*, de acuerdo a los valores obtenidos se le considera un depredador generalista; mientras que *P. glauca* es un depredador especialista. Al comparar lo valores isotópicos entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* se encontraron diferencias significativas, lo cual indica un traslapo bajo entre ambas especies.

Palabras Clave: Isotopos, Relación C:N, Traslado trófico, costa occidental de B.C.S, tiburón.

INTRODUCCION

Los elasmobranquios son considerados como recursos importantes desde el punto de vista económico, encontrándose entre los primeros lugares de las pesquerías de México (CONAPESCA-INP, 2004). Estos organismos son clasificados por lo general en quimeras, mantas, rayas y tiburones (Compagno, 1984). En el caso de los tiburones, desde el punto de vista ecológico, son catalogados por lo general como depredadores ápices en los ecosistemas acuáticos por lo que son considerados como organismos que mantienen el equilibrio dentro de un ecosistema (Castillo *et al.*, 1998; Cortes, 1999).

Las características biológicas que presentan los tiburones hacen que sean distintivos de los peces teleósteos, ya que por lo general son organismos de largos periodos de gestación y crecimiento lento, así como una compleja estructura espacial a nivel de especie (Pratt y Casey, 1990; Bonfil 1994, 1997). Estas características determinan que sus poblaciones respondan rápidamente a efectos ambientales y antropogénicos adversos, mientras que por otra parte presentan prolongados periodos de reacción a los efectos de las medidas de conservación y ordenación pesquera (SAGPyA, 2009).

En la costa occidental de Baja California Sur (BCS) durante invierno-primavera, la pesquería de tiburón está representado en su mayoría por el tiburón azul (*Prionace glauca*) constituyendo el 63% de la captura total, seguido por el tiburón piloto (*Carcharinus falciformis*) 16% y el 21% restante está integrado por el tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), tiburones martillos (*Sphyrna*

lewini y *Sphyrna zygaena*) y el tiburón zorro (*Alopias pelagicus*) (Galván-Magaña, 2009).

En el caso específico del tiburón azul (*Prionace glauca*) y tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*), es común ver la presencia de estas dos especies en un mismo arte de pesca. Las capturas de estas especies se caracterizan por estar representadas por organismos juveniles, por lo que se ha sugerido que la costa occidental de Baja California Sur sea un área de crianza para estas dos especies (Carrera, 2004; Conde-Moreno y Galván Magaña, 2006).

Estas dos especies de tiburones han sido catalogadas como tiburones de hábitos pelágicos en su comportamiento alimenticio en el área de BCS (Hernández-Aguilar, 2008; Galindo-Rosado, 2011), por lo que al estar presentes en las capturas de manera similar, se esperaría que mantienen algún tipo de interacción. La mayoría de las interacciones entre especies son consideradas por lo general como de depredación o de competencia y el parámetro que mide el grado de competencia es el traslapo trófico (Whittaker, 1972).

El traslapo trófico sucede cuando dos especies comparten los mismos recursos alimentarios, explotándolos de manera similar, lo que puede derivar en una posible exclusión competitiva (Vandermeer, 1972; Pianka, 1982) o una coexistencia, dependiendo de la capacidad de adaptación de las especies (Pielou, 1972). Para comprender las interacciones entre las especies de

tiburones en las redes alimenticias y evaluar su papel en las comunidades marinas, es necesario caracterizar sus preferencias al momento de alimentarse y las áreas donde lo hacen para estimar sus niveles tróficos.

Por lo general, los estudios sobre traslapes tróficos se basan principalmente en el análisis del contenido estomacal, lo que ofrece una evaluación instantánea por ser la última comida del depredador (Malpica, 2009). Sin embargo; en ocasiones el análisis de contenido estomacal presenta ciertas limitantes como son: 1) Acumulación de estructuras duras como otolitos y aparatos mandibulares, 2) Estado de digestión avanzado de presas, lo que dificulta su identificación. Además se ha observado que las grandes abundancias de algunas especies presas en el área (ejemplo: la langostilla *Pleuoncodes planipes*) tienen como resultado que estén presentes en los estómagos de varios depredadores en grandes proporciones, lo que ocasiona un resultado erróneo de un posible traslapo en las interacciones tróficas entre los depredadores.

Al utilizar la técnica de isotopos estables, permite evaluar el hábitat en el cual ha asimilado a sus presas. Esta técnica se caracteriza por no invasiva y que no produce sesgos según las tasas de digestión de las presas y aporta información de la dieta asimilada durante un periodo de integración que va desde pocos días (en la sangre e hígado) hasta toda la vida (en estructuras duras como vertebras y otolitos) de los individuos, dependiendo del tejido analizado (Peterson y Fry, 1987; Forero, 2004).

Los isotopos más comúnmente usados en ecología son los de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$). En los depredadores de los ecosistemas marinos se ha detectado un enriquecimiento aproximado de 3 a 4‰ del $\delta^{15}\text{N}$ de la presa al depredador por cada nivel trófico, siendo reflejo de las contribuciones relativas de diferentes niveles tróficos a la dieta de los organismos (Polis, 1991; Gaedke *et al.*, 1996; Vander Zanden *et al.*, 1999), mientras que en $\delta^{13}\text{C}$, la variación de este isótopo adquiere valores entre 0 y 1, reflejando la fuente de nutrición autotrófica en la base de la red trófica (DeNiro y Epstein, 1981).

Por lo tanto, la combinación de estos dos isótopos puede ser usada para examinar las interacciones tróficas de una comunidad. En este contexto, el presente trabajo evaluará el traslapo trófico a partir de la variación isotópica de carbono ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) en el músculo del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y tiburón azul (*P. glauca*), para inferir posibles preferencias en alimentación y distribución espacial en la zona de captura, con el fin de determinar el uso del hábitat que le dan ambas especies de tiburones, así como las posibles interacciones que mantienen entre ellos en la costa occidental de Baja California Sur.

ANTECEDENTES

Características Generales de *Prionace glauca*.

El tiburón azul (*Prionace glauca*) pertenece a la Familia Carcharhinidae, se caracteriza por poseer el cuerpo delgado, hocico cónico, dientes triangulares aserrados, aletas pectorales alargadas, la primera aleta dorsal considerablemente más grande que la segunda, aleta caudal alargada, dorso azul intenso, vientre blanco (Compagno, 1984). El color azul brillante del tiburón sugiere que es un pez que vive en la superficie de mar abierto (Carey y Scharold, 1990) (Fig. 1).

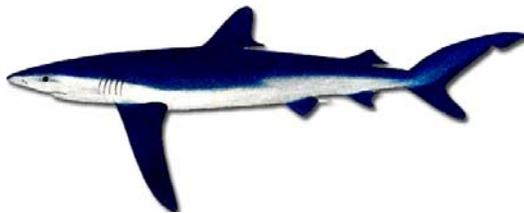


Figura 1.- Vista lateral del Tiburón Azul (*Prionace glauca*). Tomado de Ann Hecht ©

Se ha registrado una longitud total máxima de 383 cm (Cervigón *et al.*, 1992). Para la costa occidental de Baja California Sur se ha reportado que la talla de primera madurez en machos es de 180 cm de LT y para las hembras es de 200 cm de LT (Carrera-Fernández, 2004). En condiciones óptimas esta especie puede sobrepasar los 20 años de vida.

Distribución de *Prionace glauca*.

Es una de las especies de tiburón oceánico pelágico más abundantes y de más amplia distribución (Stevens, 1976). Se encuentra en aguas

preferentemente frías (7-16° C), pudiendo llegar a tolerar temperaturas de 29.5° C. Sus hábitos migratorios están asociados principalmente a la temperatura del agua (Compagno, 1984). En cuanto a la migración vertical se tienen registros de una profundidad máxima de 300 a 600 metros durante el día en inmersiones rápidas, y durante la noche se encuentra entre la superficie y la termoclina (80 a 150 m) (Carey y Scharold, 1990). Se distribuye en el Pacífico Central y en el Pacífico Oriental desde el Golfo de Alaska hasta Chile (Fig. 2).

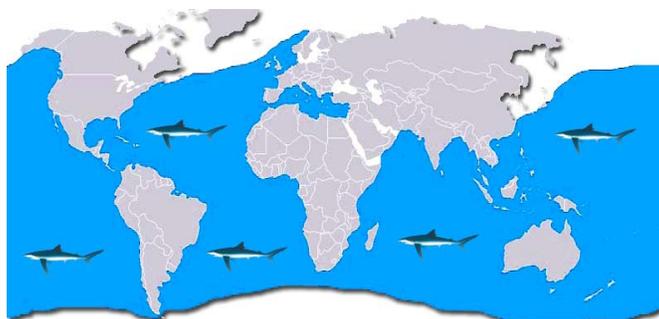


Figura 2.- Mapa de Distribución de Tiburón Azul (*Prionace glauca*). Tomado de GNU.

Características Generales de *Isurus oxyrinchus*

El tiburón mako (*Isurus oxyrinchus*) pertenece a la familia Lamnidae, los cuales se distinguen por ser nadadores veloces, con hocico cónico, aberturas branquiales alargadas que hacen eficiente el intercambio gaseoso, cuerpo extremadamente fusiforme (Castro, 1983, Compagno 1984). Primera dorsal mediana y de extremo ligeramente redondeado, con su origen justo por detrás de las escapulares; segunda dorsal y anal diminutas, ambas enfrentadas. Pedúnculo caudal deprimido y ensanchado por grandes quillas laterales muy

largas. Es de color azul oscuro en el dorso, más claro en los costados y blanco puro en el vientre (Fig. 3).

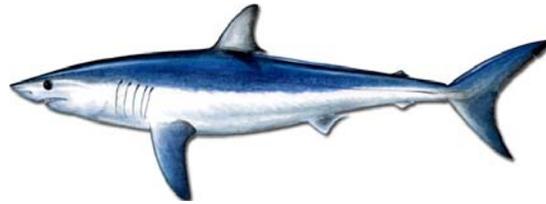


Figura 3.- Vista lateral del Tiburón Mako de aletas cortas (*Isurus oxyrinchus*). Tomado de floridasharkbait.

Para la costa occidental de Baja California Sur se tiene registro de tallas “LT” para machos de 77 a 189 cm como inmaduros y de 158 a 182 cm como machos sub-adultos, mientras que para hembras es de 69 a 240cm como inmaduras y de 267 cm como sub-adultas. Sin embargo, las tallas más abundantes son entre 90 cm y 160 cm, que corresponde a etapa juvenil (Conde-Moreno, Galván-Magaña, 2006).

El tiburón mako es un tiburón epipelágico altamente migratorio (Compagno, 1984, Compagno *et al.*, 2005; López, 2008). Son organismos extremadamente activos y veloces que pueden alcanzar velocidades de hasta 60 km/h, son organismos endotérmicos (regulación de temperatura) con temperatura corporal por arriba de los 7-10°C con respecto a la temperatura del agua de mar (Carey y Teal, 1969; Applegate, 1977; Stevens, 1983; Compagno *et al.*, 1995; Heist *et al.*, 1996; Mollet *et al.*, 2000).

Distribución de *Isurus oxyrinchus*

Su distribución es de aguas tropicales a frías comprendidas dentro de los 16°C (Acuña *et al.*, 2001) se captura principalmente en un intervalo de temperaturas entre 17-22°C (Compagno, 1984). Los estudios de marcado en esta especie han documentado movimientos mayores a 1000 km (Sippel *et al.*, 2011). Compagno (1984) reportó que el mako tiende a migrar hacia latitudes altas durante los meses cálidos. Casey y Kholer (1992) propusieron que algunos organismos pueden hacer un circuito migratorio completo en el Atlántico Norte, iniciando en primavera en las zonas más al norte, hacia el Caribe y Golfo de México en invierno; esta ruta corresponde con la abundancia de alimento y preferencias del agua para la especie (Fig. 4).

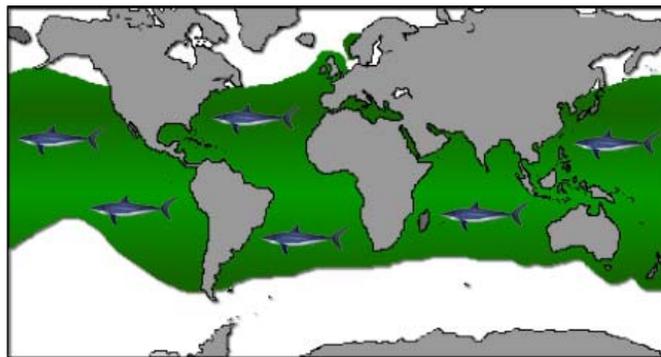


Figura 4.- Mapa de Distribución de Tiburón Mako (*Isurus oxyrinchus*)

Tomado de GNU.

Antecedentes tróficos de *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus*.

La alimentación de *P. glauca* consiste en presas pequeñas, peces óseos, cefalópodos y crustáceos; también consume restos de mamíferos marinos y ocasionalmente aves marinas (Harvey, 1989). Sin embargo, los

cefalópodos de hábitat pelágico componen la presa principal (Macnaughton *et al.*, 1998).

Tricas (1979), analizó los hábitos alimentarios, movimientos y abundancia estacional de *P. glauca*, en el sureste de la Isla Catalina en California, Estados Unidos. Encontró que los peces teleósteos fue el principal componente alimenticio, siendo la anchoveta norteña (*Engraulis mordax*), el pez mejor representado; y en segundo término el grupo de los cefalópodos con dos especies *Histioteuthis heteropsis* y *Loligo opalescens*.

Hoyos *et al.* (1991) analizaron la ecología trófica de *P. glauca*; donde la dieta estuvo constituida por 16 especies presa, se tipificaron como presas principales el cefalópodo *Dosidicus gigas* y los peces *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax*. Al analizar la variabilidad ontogénica, estacional y anual de la dieta, concluyen que las variaciones de la dieta de *P. glauca* estuvieron asociadas a la disponibilidad y abundancia de presas en el ecosistema de afloramiento costero peruano.

En el Atlántico sur, Vaske-Junior y Rincon-Filho (1998), estudiaron la alimentación de *P. glauca* y de *I. oxyrinchus* provenientes del sureste de Brasil, donde los cefalópodos *Chroteuthis verany*, *Moroteuthis robsoni* y *Ancistrocheuris lessueri*, fueron las presas principales para el tiburón azul, seguidas en orden de importancia por el pez *Lepidocybium flavobrunneum*.

En el Océano Atlántico Norte, Henderson *et al.* (2001), determinaron a partir del análisis de 159 estómagos de *P. glauca* que los cefalópodos fueron las presas más importantes. Las especies de cefalópodos predominantes fueron *Histioteuthis reversa*, *Haliphron atlanticus* y *Gonatus eteenstrupi*. Las especies de peces más importantes fueron *Thunnus alalunga* y *Entelurus aequoraeus*. También se presentaron cetáceos, aves y crustáceos aunque en mínima frecuencia.

Kubodera y Watanabe (2007) analizan los hábitos alimentarios del tiburón azul y el tiburón salmonero (*Lamna ditropis*) en la región transicional del Océano Pacífico norte, encontrando a partir del estudio de 57 estómagos con alimento del tiburón azul que los cefalópodos como *Chiroteuthis calix*, *Haliphron atlanticus*, *Histioteuthis dofleini* y *Belonella borealis* fueron las presas más importantes seguida por los peces como mictófidios (*Electrona riso*, *Symbolophorus californiensis*, *Lampanyctus alatus*, *Diaphus garmani*) entre otros.

Hernández-Aguilar (2008) realizó un estudio en la costa occidental de B.C.S. sobre la ecología trófica de *P. glauca* a partir de contenido estomacal, teniendo como resultado que la dieta de este depredador consistió en 13 cefalópodos, 7 peces, 3 crustáceos, una macroalga, un ave y un elasmobranquio. Las presas más importantes fueron la langostilla *Pleuroncodes planipes* y los calamares *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii* y *Haliphron atlanticus*. Se ubica a *P. glauca* como un consumidor

terciario, el cual incide principalmente en calamares, para lo cual realiza migraciones verticales considerables ya que sus presas poseen hábitos epipelágicos, mesopelágicos y bentónicos. Se infiere que esta especie presenta segregación por sexo debido a que se registro un traslapo trófico medio, lo cual no ocurre entre juveniles y adultos debido a que consumen las mismas especies presas.

Por otra parte, *I. oxyrinchus* es considerado como un depredador tope en la cadena alimenticia marina (Hoening y Gruber, 1990; Cortés, 1999). Se caracteriza por ser una especie ictiófaga selectiva, la cual se alimenta principalmente de otros peces pelágicos y demersales tales como anguilas, anchovetas, sardinas, atunes, jureles, peces espada, así como otros tiburones y rayas. Los cefalópodos son otra presa importante, mientras que los mamíferos marinos son una presa raramente registrada en la dieta de los makos, pero ejemplares de gran tamaño ocasionalmente capturan delfines pequeños (Compagno, 2002).

Cortes (1999) determina los niveles tróficos de diferentes especies de tiburones mediante la caracterización de dieta procedente de registros de diversas capturas a nivel mundial y menciona que *I. oxyrinchus* de manera general representa un nivel trófico alto, correspondiente al nivel IV; sin embargo indica la falta de información sobre la composición específica de su dieta en áreas determinadas, que permitirían describir su interacción trófica en la comunidad.

López *et al.* (2009) analizaron el contenido estomacal de 205 ejemplares de *I. oxyrinchus* capturados en el Pacífico suroriental, donde el pez nomeido *Charax pauciradiatus* fue el más importante, seguido por el cefalópodo *Dosidicus gigas*. Estas presas comprenden aproximadamente el 60% de las presas totales, las restantes categorías de alimento (aves marinas, crustáceos y mamíferos) son consideradas como alimento raro o incidental. El mako presenta también un menor grado de canibalismo, siendo una característica ya reportada anteriormente (Stillwell y Kohler, 1982; Maia *et al.*, 2007).

Galindo-Rosado (2011) realizó un estudio sobre tiburón mako a partir de contenido estomacal en la costa occidental de Baja California Sur para evaluar el papel funcional trófico de este depredador, así como sus posibles variaciones a nivel intraespecífico en tiempo y espacio. Con respecto a su alimentación se observó una dieta heterogénea, debido a la diversidad de las especies presa en el ecosistema de esta zona, por lo cual se confirma que *I. oxyrinchus* presenta una estrategia de alimentación de tipo generalista y oportunista; también se encuentra que presenta una posición trófica alta, característica de un depredador tope, la cual la mantiene a través de los años (tiempo) en el área de estudio (espacio).

Estos estudios han contribuido al conocimiento de las interacciones tróficas que las especies mantienen en sus áreas de distribución, para entender los mecanismos de repartición de recursos, así como la plasticidad trófica que pueden presentar en cuanto a sus hábitos alimenticios. Sin embargo, una de

las grandes limitantes de estudiar las interacciones tróficas a partir de contenidos estomacales, es su representatividad en espacio y tiempo, ya que en ocasiones dependiendo de las tasas de evacuación gástrica y los ritmos de alimentación será el registro de las presas consumidas por un depredador, lo que dificulta las comparaciones interespecíficas.

El uso de isótopos estables surge como una técnica alternativa para el estudio de la ecología trófica y las interacciones entre especies. Esta técnica utiliza la información química de los tejidos de los individuos para determinar lo que han asimilado y el hábitat trófico de sus presas (Torres-Rojas, 2006). Al respecto, Louis, *et al.* (2005) aluden que el uso de isótopos estables es importante debido a que con ellos se pueden medir procesos que antes eran difícil o imposible de cuantificar utilizando otros métodos, lo cual ha permitido entender en detalle procesos ecológicos complejos.

Hacohen-Domene (2007) realizó un estudio de la ecología trófica del tiburón ballena (*Rhincodon typus*), a partir del análisis de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en diferentes áreas del Golfo de California. A partir de los valores de $\delta^{13}\text{C}$, deduce que *R. typus* se alimenta principalmente en zonas costeras.

Torres-Rojas (2011) realizó un estudio para determinar el nicho trófico de pelágicos mayores utilizando contenido estomacal e isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Encontró que el marlín rayado es un depredador de menor nivel trófico, que se alimenta de especies de hábitats epipelágicos y meso pelágicos.

Para el marlín azul menciona que es un depredador tope con especialización en una sola presa (*Auxis* spp.); mientras que el dorado es un carnívoro terciario que se alimenta de presas epipelágicas, mesopelágicas y batipelágicas. Los valores isotópicos mostraron diferencias significativas en carbono y nitrógeno entre las tres especies. Por lo cual concluye que la posible coexistencia espacio-temporal observada pudiera estar relacionada con la plasticidad trófica en el uso de áreas y recursos.

Estrada *et al.* (2003) estimaron las posiciones tróficas para el tiburón azul *Prionace glauca*, tiburón mako *Isurus oxyrinchus*, tiburón zorro *Alopias vulpinus* y el tiburón peregrino *Cetorhinus maximus* a través de las señales isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ en la zona del Atlántico noroccidental. Mencionan que *Cetorhinus maximus* tuvo la PT más baja (3.1) con un valor de $\delta^{15}\text{N}$ de 10.4‰; mientras que *Alopias vulpinus* tuvo los valores más altos con PT de 4.5 y un valor de $\delta^{15}\text{N}$ de 15.2‰.

Isurus oxyrinchus presento una variación en la PT y los valores isotópicos, debido a que su alimentación sucede tanto en aguas costeras como oceánicas. *Alopias vulpinus* tuvo valores de $\delta^{15}\text{N}$ considerablemente más elevados que *P. glauca* e *I. oxyrinchus*, sugiriendo un consumo de presas diferente y no encontraron diferencias estadísticas significativas entre las PT calculados con base en isotopos y las derivadas de los análisis de contenidos estomacales.

MacNeil *et al.*, (2005) comparan los $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en diferentes tejidos (hígado, músculo y cartílago) de *A. vulpinus*, *I. oxyrinchus* y *P. glauca* provenientes del Atlántico noroccidental, con el fin de evidenciar que múltiples tejidos pueden brindar información más detallada que solamente utilizando el músculo. Entre los resultados más relevantes, están los altos valores de $\delta^{15}\text{N}$ en hígado en comparación al músculo y cartílago, lo cual fue atribuido al metabolismo acelerado de este tejido, reflejando un cambio en la dieta del tiburón mako entre una temporada y otra; mientras que *A. vulpinus* y *P. glauca* presentaron una dieta consistente durante el año.

Velasco-Tárelo (2005), realizó un estudio sobre *I. oxyrinchus* en la costa occidental de Baja California Sur para conocer los hábitos alimenticios y valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Se reconocieron 31 presas, siendo las más importantes *Prionotus albirostris* y *Scomber japonicus*. Para la comparación entre sexos no encontró diferencias; mientras que entre estadios de madurez sí encontró diferencias. A partir de $\delta^{15}\text{N}$ reportó valores característicos de un depredador tope, tanto en juveniles ($\mu=18.10 \text{‰} \pm 0.82$) como en adultos ($\mu= 18.72 \text{‰} \pm 0.57$). Por áreas geográficas los valores de $\delta^{15}\text{N}$ presentaron variaciones. Los adultos presentaron valores mayores de $\delta^{15}\text{N}$ con respecto a los juveniles; mientras que por sexo en las localidades de Punta Lobos y Las Barrancas los machos presentaron valores de $\delta^{15}\text{N}$ mayores que las hembras.

JUSTIFICACION

Los tiburones son considerados un recurso vulnerable debido a su baja fecundidad y lento crecimiento, lo que los hace susceptibles a la explotación y la recuperación de la población tiende a ser lenta. Se considera que los tiburones son depredadores tope y que un cambio en el tamaño de la población, en la distribución o ciclo de vida puede llegar a afectar la comunidad marina. Estas características biológicas y demográficas hacen que los tiburones sean altamente susceptibles a intensos y prolongados regímenes de pesca.

Aunado a esto, las características biológicas entre especies de tiburones puede ser altamente variable (algunos crecen mas rápido que otros), lo que representa otro factor que se debe considerar. Por lo que al aplicar medidas de regulación específicas, se deben conocer las interacciones que mantienen estos depredadores entre ellos, ya que cada especie puede estar cumpliendo un papel trófico específico en la comunidad.

A partir de estudios tróficos se pretende lograr un conocimiento sobre el comportamiento alimenticio de diferentes especies de tiburones; mientras que al usar isótopos estables, se determina la variabilidad individual en la dieta, identificando factores de variación como la edad o el sexo de los individuos o los cambios estacionales en la dieta.

En la ecología trófica, el traslapo trófico permitirá conocer si dos especies presentan cierta interacción o segregación en un área determinada durante un periodo de tiempo, lo que permitirá detectar preferencias por un área en particular al momento de alimentarse.

Los estudios de traslapo trófico a partir del uso de isótopos estables han sido ampliamente utilizados en diferentes especies en varias partes del mundo, ya que la concentración isotópica de un consumidor indica la de su dieta de una manera predecible, lo que ha permitido detectar patrones de alimentación, dietas, áreas de alimentación, interacciones tróficas, entre otros.

En este contexto, en el presente estudio se utilizaron los isótopos estables para conocer el uso de recursos tróficos y áreas de alimentación por parte de *Prionace glauca* e *Isurus oxyrinchus*, lo que permitirá conocer las posibles interacciones entre estas dos especies en la costa occidental de Baja California Sur.

OBJETIVO GENERAL

Determinar el traslapo trófico del tiburón azul (*P. glauca*) y tiburón mako (*I. oxyrinchus*) en la costa occidental de Baja California Sur.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar la relación C:N en músculo dorsal del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y tiburón azul (*P. glauca*).
- Conocer la variación isotópica en músculo dorsal del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y las posibles diferencias a nivel intraespecífico.
- Determinar la variación isotópica en músculo dorsal del tiburón azul (*P. glauca*) y las posibles diferencias a nivel intraespecífico.
- Calcular la amplitud y posición trófica del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y tiburón azul (*P. glauca*) a partir de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.
- Determinar el traslapo trófico del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y tiburón azul (*P. glauca*) a partir de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

AREA DE ESTUDIO

Los muestreos se realizaron a lo largo de la costa occidental de Baja California Sur, teniendo dos puntos de muestreo: Punta Lobos (PL) ubicado en 23° 24' 27" Latitud Norte y 110° 13' 58" Longitud Oeste y San Lázaro (SL) ubicado en 24° 45' 7" Latitud Norte y 112° 8' 50" Longitud Oeste (Fig. 5). En esta área se encuentra localizada en una de las cuatro áreas de surgencia de las corrientes de Frontera Este (California), y esta dominada por el Sistema de la Corriente de California, la del Sur de California (Norteamericana) y la corriente de Davidson y en cuyas aguas se realizan importantes pesquerías de pelágicos de importancia comercial (Cervantes-Duarte, 1988).

Las condiciones oceanográficas de la costa occidental de Baja California Sur están influenciadas por la Corriente de California, la cual es relativamente somera (0-100m) y fluye de forma paralela a la costa con una banda de influencia de 200 a 400 km de ancho. En la costa occidental de Baja California, el agua de la Corriente de California, lejana de la costa exhibe características de la masa de agua Subártica, que son de bajas temperaturas y salinidades y altas concentraciones de oxígeno disuelto y fosfatos (Reid *et al.*, 1958).

Otra masa de agua presente en la costa occidental de Baja California es la del Pacífico Ecuatorial, la cual se puede distinguir de otras por la relación de temperatura y salinidad que presenta. Esta masa de agua se encuentra por debajo de los 200 m de profundidad; sin embargo, en esta zona la masa de agua ha permanecido por un largo periodo de tiempo debajo de la superficie ya

que exhibe bajas concentraciones de oxígeno y fosfatos, lo cual es el resultado de una intensa descomposición de materia orgánica que proviene de la superficie (Reid *et al.*, 1958). La intensidad de la influencia de dicha masa de agua varía estacionalmente y es influenciada también por los eventos de El Niño Oscilación del Sur (ENOS) (Durazo *et al.*, 2005).

Los vientos que afectan la costa occidental de Baja California son principalmente de dirección norte y noroeste y presentan una amplia variación estacional. En verano y otoño son relativamente débiles, pero para invierno se incrementan y en primavera alcanzan su velocidad máxima. Es en esta temporada cuando la intensidad del viento, aunado con el efecto de coriolis de la tierra resulta en intensos eventos de surgencias costeras que presentan sus máximos de Abril a Junio.

Estas surgencias representan un aporte importante de nutrientes a la zona eufótica y se han relacionado con las altas tasas de productividad primaria en la costa occidental, ya que las altas concentraciones de fosfatos y nutrientes en el agua son favorables para el desarrollo de fitoplancton, lo cual permite la presencia de grandes volúmenes de zooplancton que se han reportado principalmente en las áreas en donde la mezcla de agua y las surgencias son más intensas (Reid *et al.*, 1958; Roden, 1959; Zaytsev *et al.*, 2002).

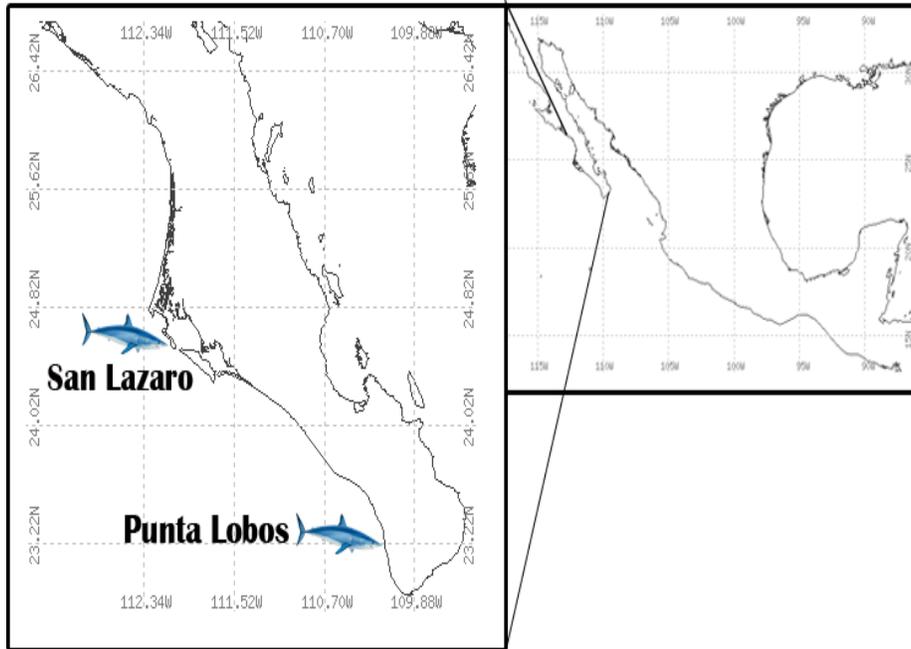


Figura 5.- Área de Estudio, Localidades de muestreo, Punta Lobos y San Lázaro.

MATERIAL Y METODOS

Trabajo de Campo.

Se realizaron muestreos durante los meses de Diciembre y Mayo del 2009 y en Marzo del 2011, en las localidades de Punta Lobos y San Lázaro. A cada organismo se le registro sexo y longitud total (cm). Se recolecto una muestra de musculo dorsal y se colocó en bolsas de plástico, una vez obtenidas y etiquetadas con nombre y fecha, las muestras fueron congeladas y trasladadas al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Trabajo de Laboratorio.

La muestra pequeña de musculo dorsal previamente descongelado, se coloco en viales de vidrio. Posteriormente las muestras fueron deshidratadas mediante el uso de un horno a una temperatura promedio de 60°C por 48 horas. Una vez deshidratada la muestra, se procedió al macerado con la ayuda de un mortero de ágata hasta obtener un residuo fino y homogéneo. Cabe mencionar que el mortero se lavo entre cada muestra procesada con una solución 1:1 de cloroformo y hexano para evitar una posible contaminación entre muestras.

Una vez molida la muestra, fue colocada en viales de plástico previamente etiquetados. Se pesaron 800 µg con la micro balanza analítica (Mettler TOLEDO pro-fat MXS) con precisión de ±0.0001 g, y posteriormente se colocaron en micro capsulas de estaño (8x5 mm) para después ser analizada

en el espectrómetro de masas (DELTA VPLUS isotope ratio MS) de flujo continuo acoplado a un analizador elemental (Elemental Combustion System Costech Instruments) en el laboratorio de química orgánica del CICIMAR-IPN.

Los estándares utilizados en la calibración del espectrómetro para $\delta^{13}\text{C}$ (‰) fue CO_2 (99.8%) con referencia al estándar internacional de Pee Dee Belemnita (PDB) = -43.85 (Boutton, 1991). Mientras que para $\delta^{15}\text{N}$ (‰) fue N_2 (99.99%) con referencia al nitrógeno atmosférico = -0.21. Para expresar las diferencias relativas de las razones de los isótopos estables entre las muestras y los estándares, se utilizó la expresión δ .

Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se calcularon a partir de las razones medidas en la muestra y la de los elementos estándares usando la expresión (Boutton, 1991):

$$\delta^{13}\text{C} \text{ ó } \delta^{15}\text{N} = [(R \text{ muestra} / R \text{ estándar}) - 1] \times 1000$$

Donde:

R muestra para $\delta^{15}\text{N}$, es la proporción entre sus isótopos $^{15}\text{N} / ^{14}\text{N}$; mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ es la proporción de los isótopos de $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$.

R. estándar para $\delta^{15}\text{N}$, es nitrógeno atmosférico; mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ es Pee Dee Belemnita (PDB).

Análisis de Datos

Para el caso de los isotopos, se graficó $\delta^{13}\text{C}$ contra la relación C:N. De manera teórica se sabe que la presencia de valores entre 2.9 y 3.5 para la relación C:N significa la presencia de proteínas puras (McConnaughey y McRoy, 1979; Carlson *et al.*, 2004), indicando ausencia de lípidos o urea que alteren los valores isotópicos.

Considerando que no se cumplieron los principios de normalidad y de homogeneidad de varianzas en los análisis isotópicos, se utilizaron pruebas no paramétricas con el fin de detectar diferencias significativas en las razones de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre los grupos definidos para las dos especies. Todos los análisis estadísticos se efectuaron utilizando el programa Statistica V 8.0.

Se realizaron gráficas de dispersión para comparar los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ de las muestras, lo cual permitirá hacer un primer análisis de relaciones tróficas y sus variaciones intra e interespecificas. Además se consideró como medida de dispersión asociado a valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ a la desviación estándar ($\pm\text{DE}$), a menos que se especifique lo contrario.

Para la amplitud de nicho trófico a partir del $\delta^{15}\text{N}$, se aplicaron los supuestos de Bearhop *et al.* (2004), donde una variabilidad intraespecifica alta de $\delta^{15}\text{N}$ corresponde un comportamiento generalista; mientras que una menor variabilidad del $\delta^{15}\text{N}$ indica mayor especialización trófica. Por lo que se graficó la media del $\delta^{15}\text{N}$ con sus respectivas desviaciones estándar por meses, años y

zonas. Para detectar diferencias significativas se aplicó una prueba estadística Kruskal-Wallis y en su caso la prueba a posteriori de Dunn's.

La posición trófica relativa mediante isótopos estables se estimó usando la ecuación propuesta por Post (2002), la cual fue aplicada a nivel individual:

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

Donde:

λ : Posición trófica del material orgánico particulado "MOP"

Δ_n : Valor teórico de enriquecimiento en ^{15}N por nivel trófico (3.1‰, Vanderklift y Ponsard, 2003).

$\delta^{15}N_{Depredador}$: Promedio del valor de $\delta^{15}N$ en *I. oxyrinchus* y *P. glauca*

$\delta^{15}N_{Base}$: Determinación de $\delta^{15}N$ del MOP (9.3 ‰, Altabet *et al.*, 1999).

Para el traslapo trófico a partir de los isótopos estables, se aplicó los supuestos de Newsome y Koch. (2006), donde la presencia de diferencias significativas en el $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ indica que los depredadores están haciendo uso de áreas y presas diferentes para alimentarse, lo que sugeriría un traslapo trófico bajo y viceversa. Por lo que se procedió a la elaboración de histogramas de frecuencias de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ entre especies y la aplicación de pruebas estadísticas no paramétricas (Kruskal-Wallis seguida por la prueba posteriori de Dunn's).

RESULTADOS

Datos Generales.

Se recolectaron muestras de musculo dorsal de 35 *I. oxyrinchus* y 39 *P. glauca* de la costa occidental de Baja California Sur (Tabla 1).

Tabla 1.- Tamaño de muestra para *I. oxyrinchus* y *P. glauca* por cada zona y año de muestreo (x= sin datos).

Especies	Sexo	San Lázaro		Punta Lobos		Total
		2009	2011	2009	2011	
<i>I. oxyrinchus</i>	Machos	4	x	x	2	6
	Hembras	17	x	x	8	25
	Indiferenciados	2	x	x	2	4
<i>P. glauca</i>	Machos	10	x	x	10	20
	Hembras	7	x	x	8	15
	Indiferenciados	3	x	x	1	4
	Total	43	x	x	31	74

El intervalo de tallas de *I. oxyrinchus* fue de 80 a 203 cm (LT) con un promedio de 129.48 (\pm 37.63 DE); mientras que para *P. glauca* fue de 95 a 240 cm (LT) con un promedio de 173.91 (\pm 40.39 DE) (Fig. 6).

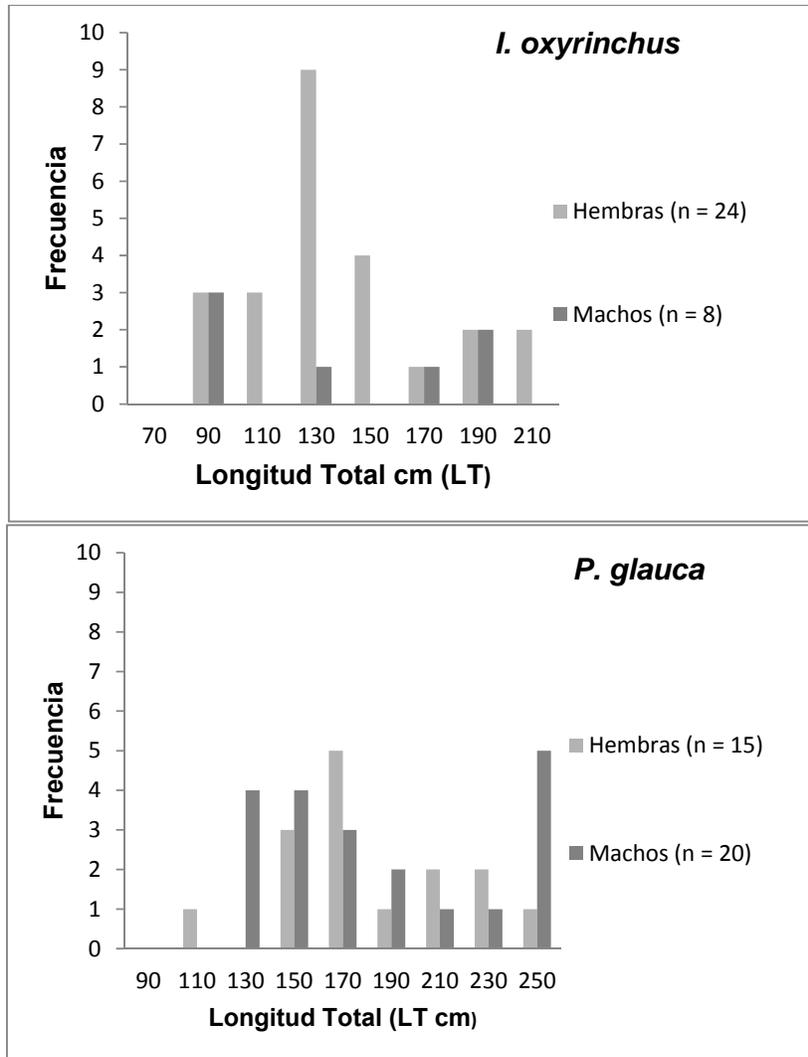


Figura 6.- Histograma de frecuencia de tallas para *I. oxyrinchus* y *P. glauca*.

Relación C:N.

En el caso de la relación C:N; los valores obtenidos en el músculo de *P. glauca* el intervalo fue de 2.9 a 2.9 con un valor promedio de 2.9 (± 0.002 DE). Mientras que en *I. oxyrinchus* el intervalo fue 2.92 a 2.94 con valor promedio de 2.93 (± 0.00283 DE). No se encontraron diferencias significativas en la

relación C:N entre sexos para *I. oxyrinchus* (U= 65.00, $p= 0.61$) y *P. glauca* (U= 122 $p= 0.35$) (Fig. 7).

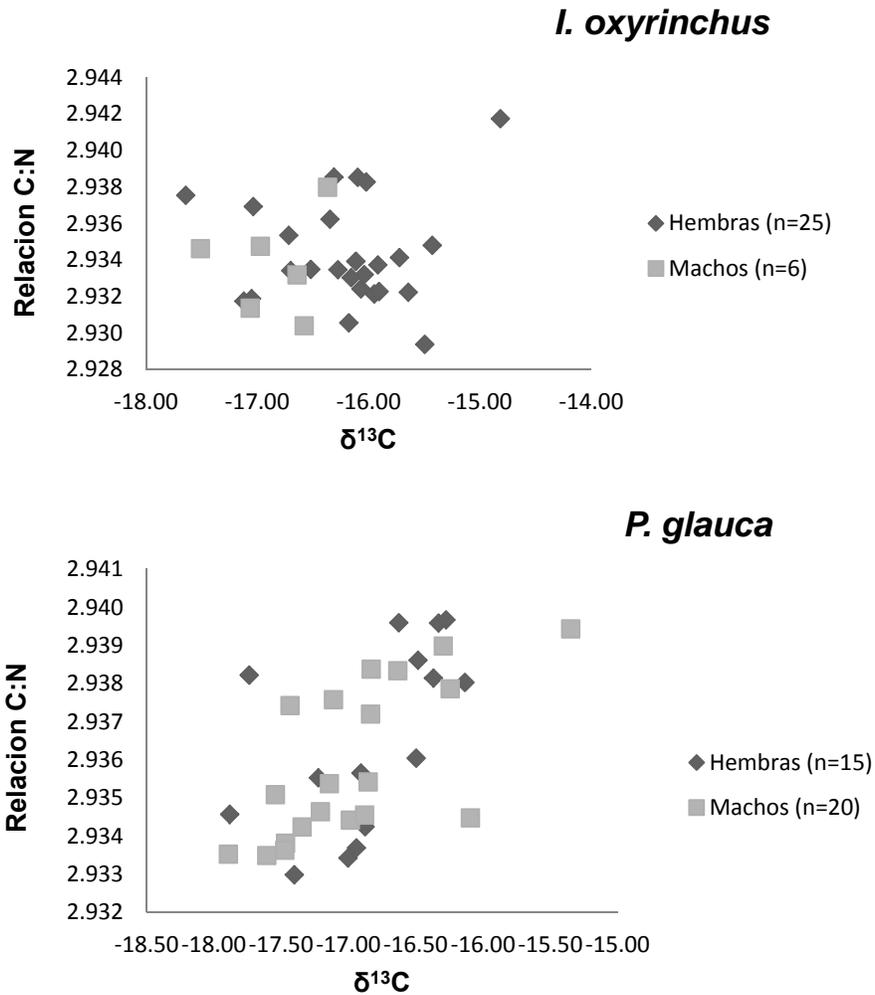


Figura 7.- Relación C: N de *I. oxyrinchus* y *P. glauca* (valor teórico de proteínas puras C: N = 2.9)

Valores isotópicos y sus variaciones intraespecíficas de *I. oxyrinchus*.

Por sexos en I. oxyrinchus.

Al comparar las razones isotópicas en el músculo dorsal entre sexos no se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ ($U= 53.00$, $p= 0.27$) mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ se encontraron diferencias ($U= 26$, $p= 0.01$). En los machos presentaron un intervalo de -17.51 a -16.37‰ con un promedio de $-16.86 \pm 0.41\text{‰}$; mientras que en las hembras presentaron valores de -17.64 y -14.82‰ con un promedio de $-16.21 \pm 0.60\text{‰}$ (Fig. 8).

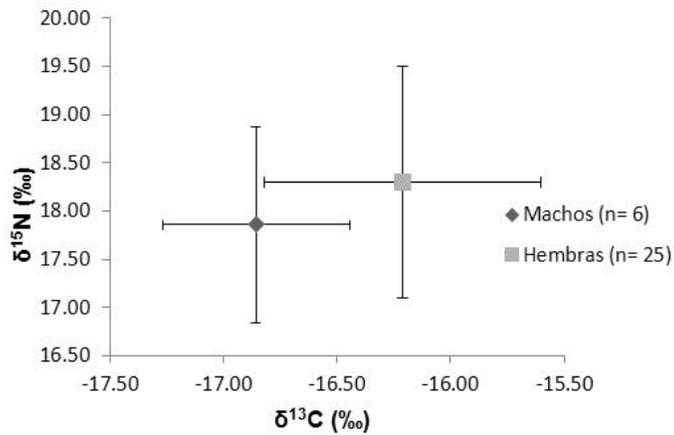


Figura 8.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo dorsal de machos y hembras de *I. oxyrinchus*.

Estado de madurez en *I. oxyrinchus*.

Al realizar la comparación entre tallas no se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ ($U= 0.00$, $p= 1.0$) y $\delta^{13}\text{C}$ ($U= 0.00$, $p= 1.0$) esto se debió a la falta de datos en adultos (Fig. 9).

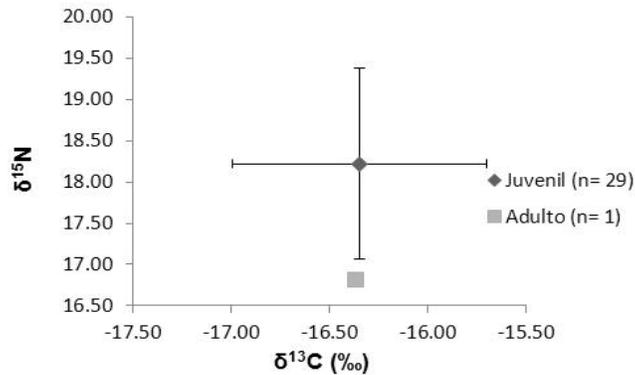


Figura 9.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en musculo dorsal de juvenil y adulto de *I. oxyrinchus*.

Localidades y años en *I. oxyrinchus*.

No se encontraron diferencias significativas para $\delta^{15}\text{N}$ ($U= 89.00$, $p= 0.80$) entre localidades y años; mientras que para $\delta^{13}\text{C}$ si se encontraron diferencias significativas ($U= 49.00$, $p= 0.03$). Donde Punta Lobos presentaron un intervalo de -17.51 a -16.07‰ con un promedio de $-16.68 \pm 0.46\text{‰}$ y en San Lázaro presentaron valores de -17.64 y -14.82‰ con un promedio de $-16.21 \pm 0.64\text{‰}$ (Fig. 10).

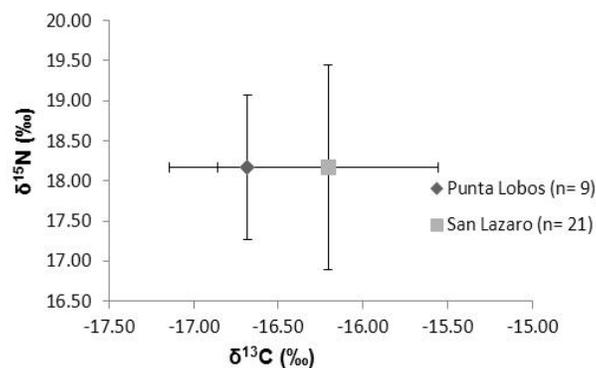


Figura 10.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo dorsal de *I. oxyrinchus* en Punta Lobos y San Lázaro.

Valores isotópicos y sus variaciones intraespecíficas de *P. glauca*.

Por sexos en *P. glauca*.

No se encontraron diferencias significativas entre sexos en $\delta^{15}\text{N}$ ($U=142$, $p=0.78$) y en $\delta^{13}\text{C}$ ($U=126$, $p=0.42$) (Fig. 11).

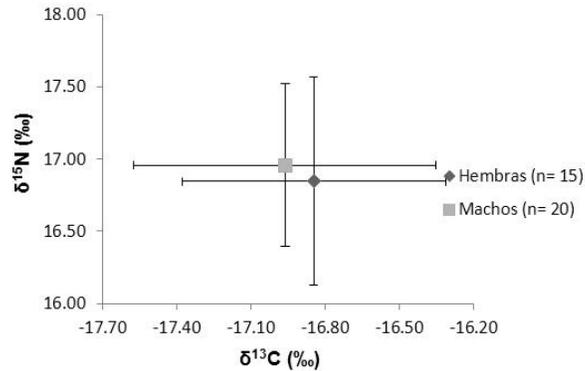


Figura 11.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo dorsal de machos y hembras de *P. glauca*.

Estado de madurez de *P. glauca*.

Se encontraron diferencias significativas, tanto en $\delta^{15}\text{N}$ ($U=67$, $p=0.005$) como en $\delta^{13}\text{C}$ ($U=41$, $p < 0.001$), donde los juveniles presentaron valores de $\delta^{15}\text{N}$ de 15.92 a 17.80‰ con un promedio de 17.14 ± 0.45 ‰ y de $\delta^{13}\text{C}$ de -17.89 a -16.25 con un promedio de -17.20 ± 0.41 ‰; mientras que los adultos presentaron valores de $\delta^{15}\text{N}$ de 15.32 a 18.39‰ con un promedio de 16.61 ± 0.70 ‰ y de $\delta^{13}\text{C}$ de -17.74 a -15.35‰ con un promedio de -16.53 ± 0.53 ‰ (Fig. 12).

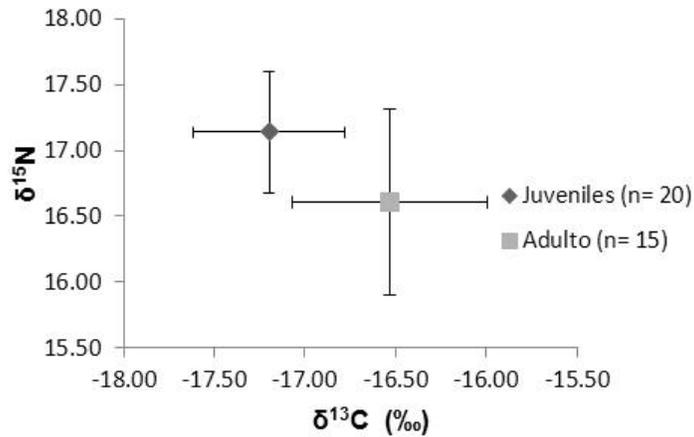


Figura 12.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo dorsal de juveniles y adultos de *P. glauca*.

Localidades y años en *P. glauca*.

Se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ ($U= 54.00$, $p= 0.001$) y $\delta^{13}\text{C}$ ($U= 49.00$, $p= <0.001$) entre localidades y años. Donde para Punta Lobos los valores de $\delta^{15}\text{N}$ fueron de 16.47 a 17.80‰ con un promedio de 17.21 ± 0.37 ‰ y en $\delta^{13}\text{C}$ fue de -17.89 a -16.50‰ con un promedio de -17.24 ± 0.37 ‰. Mientras que para San Lázaro el $\delta^{15}\text{N}$ fue de 15.32 a 18.39‰ con un promedio de 16.59 ± 0.68 ‰ y $\delta^{13}\text{C}$ fue de -17.74 y -15.35‰ con un promedio de -16.57 ± 0.55 ‰ (Fig. 13).

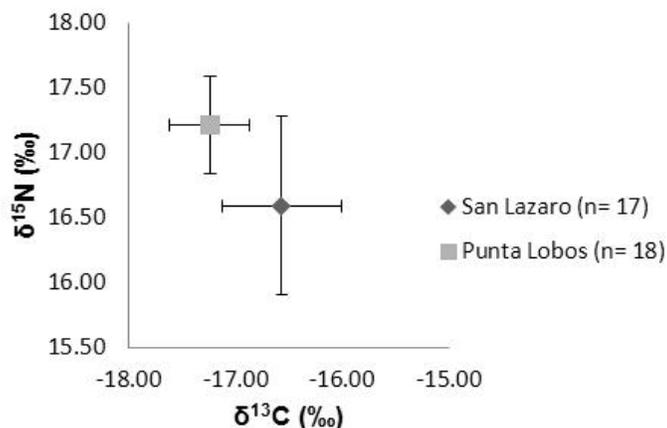


Figura 13.- Valores promedio y desviaciones estándar de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en músculo dorsal de *P. glauca* en Punta Lobos y San Lázaro.

Posición trófica de *P. glauca* e *I. oxyrinchus* a partir de $\delta^{15}\text{N}$.

En el caso de *P. glauca*, el valor mínimo promedio fue encontrado en adultos; mientras que el valor máximo se encontró en juveniles. Para las localidades, el valor mínimo promedio se presentó en San Lázaro; mientras que el valor máximo promedio se presentó en Punta Lobos. Se encontraron diferencias significativas entre localidades ($U= 67.00$, $p = 0.0056$) y tallas ($U= 67.00$, $p = 0.0056$).

En *I. oxyrinchus*, el valor mínimo promedio fue encontrado en adultos; mientras que el valor máximo se encontró en hembras (PT= 3.90). Ambas localidades presentaron posiciones tróficas similares. No se encontraron diferencias significativas en la comparación entre localidades ($U= 97$, $p= 0.78$), entre sexos ($U= 53$, $p= 0.27$) y entre estados de madurez ($U= 0.00$, $p= 1.00$) (Tabla 2).

Tabla 2.- Valores de posición trófica calculados para *I. oxyrinchus* y *P. glauca* a partir de isótopos estables (Post, 2002), con base en material orgánico particulado (MOP) (9.3 ‰, Altabet *et al.*, 1999) valor de Δ ($\Delta = 3.1\text{‰}$, Vanderklift y Ponsard, 2003).

Especie	Categoría	n	PT mínima	PT máxima	PT promedio (DE)
<i>I. oxyrinchus</i>	Machos	6	3.43	4.24	3.76 (0.32)
	Hembras	25	3.38	4.25	3.90 (0.38)
	Adulto	1	x	3.43	3.43
	Juvenil	29	3.05	4.72	3.88 (0.37)
	Sn Lázaro	23	3.05	4.72	3.86 (0.40)
	Pta. Lobos	9	3.38	4.24	3.86 (0.29)
<i>P. glauca</i>	Machos	20	3.14	3.93	3.47 (0.18)
	Hembras	15	2.94	3.74	3.43 (0.23)
	Adulto	15	2.94	3.93	3.36 (0.22)
	Juvenil	20	3.14	3.74	3.53 (0.14)
	Sn Lázaro	17	2.94	3.93	3.35 (0.22)
	Pta. Lobos	18	3.31	3.74	3.55 (0.12)

Amplitud y Traslado trófico de *P. glauca* e *I. oxyrinchus* a partir de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$.

Amplitud trófica general.

Para la amplitud trófica, la variabilidad isotópica (DE) de *I. oxyrinchus* fue de 1.13 para $\delta^{15}\text{N}$ y de 0.63 para $\delta^{13}\text{C}$; mientras que para *P. glauca* fue de 0.60 para $\delta^{15}\text{N}$ y de 0.57 para $\delta^{13}\text{C}$.

Traslado trófico por localidades.

Se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* dentro de la localidad de Punta Lobos ($U = 44$, $p = 0.0045$) y San Lázaro ($U = 52$, $p = 0.000015$), así como la comparación entre *I. oxyrinchus* de San Lázaro vs. *P. glauca* de Punta Lobos ($U = 121$, $p = 0.013$) e *I. oxyrinchus* de Punta Lobos vs. *P. glauca* de San Lázaro ($U = 21$, $p = 0.0001$) (Fig. 14).

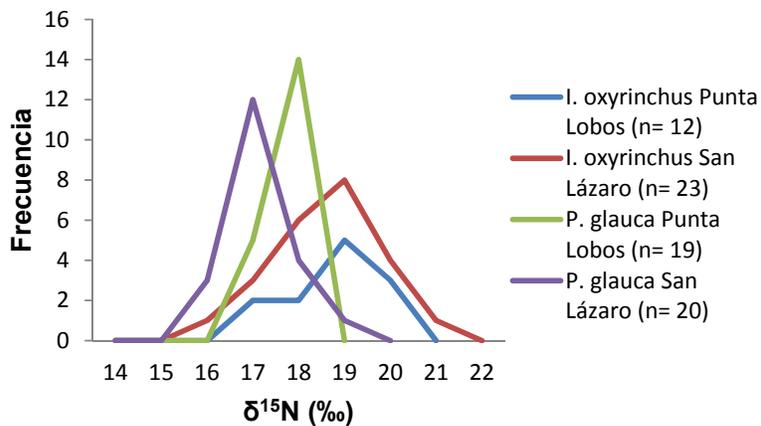


Figura 14.- Traslado Isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados por zonas.

Por otro lado para $\delta^{13}\text{C}$ se encontraron diferencias significativas entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* en la localidad de Punta Lobos ($U = 49$, $p = 0.0083$) y San Lázaro ($U = 153$, $p = 0.060$), así como la comparación entre *I. oxyrinchus* de San Lázaro vs. *P. glauca* de Punta Lobos ($U = 39$, $p = 0.000006$). Solo en la comparación entre *I. oxyrinchus* de Punta Lobos vs. *P. glauca* de San Lázaro no se encontraron diferencias significativas ($U = 105$, $p = 0.559$) (Fig. 15).

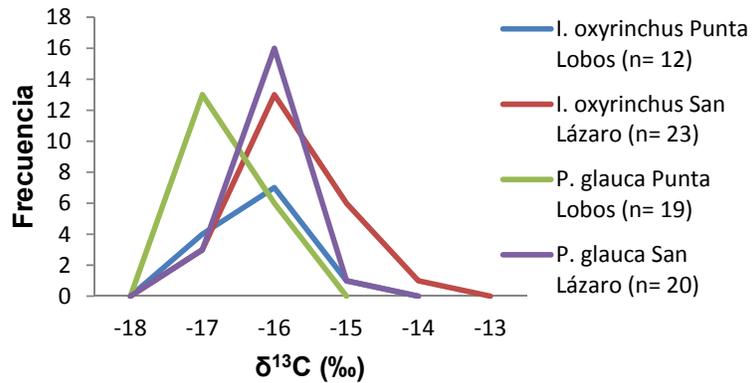


Figura 15.- Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados por zonas.

Traslado trófico entre estados de madurez.

Se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* juveniles ($U = 130, p = 0.0011$) y entre *I. oxyrinchus* juvenil y *P. glauca* adulto ($U = 48, p = 0.000027$) (Fig. 16).

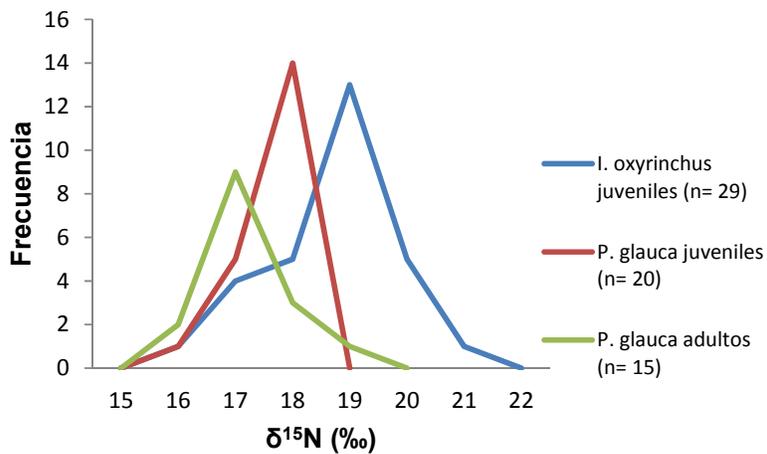


Figura 16.- Traslado isotópico en $\delta^{15}\text{N}$ de *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados entre estados de madurez.

Para $\delta^{13}\text{C}$ se encontraron diferencias entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* juveniles ($U = 85.00$, $p = 0.000030$) y para *I. oxyrinchus* juvenil y *P. glauca* adulto no se encontraron diferencias significativas ($U = 174$, $p = 0.28$) (Fig. 17).

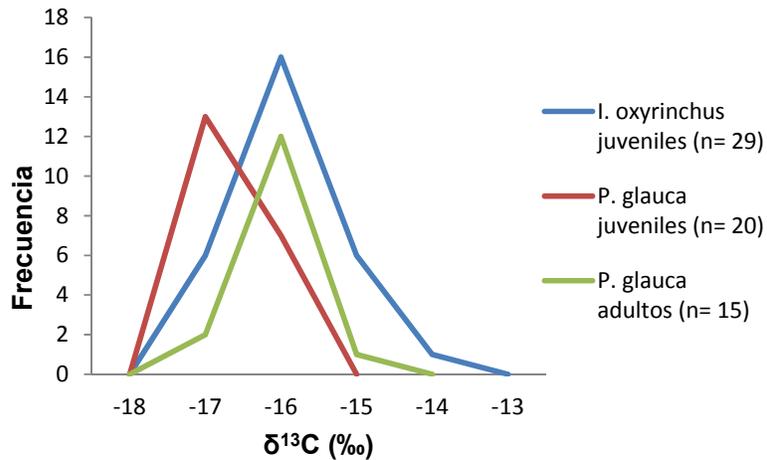


Figura 17.- Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ de *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados entre estados de madurez.

Traslado trófico entre sexos.

Se encontraron diferencias significativas en $\delta^{15}\text{N}$ entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* para hembras ($U = 59.00$, $p = 0.00033$) así como la comparación entre *I. oxyrinchus* machos vs. *P. glauca* de hembras ($U = 19$, $p = 0.042$) e *I. oxyrinchus* hembras vs. *P. glauca* machos ($U = 90.00$, $p = 0.00025$) (Fig.18).

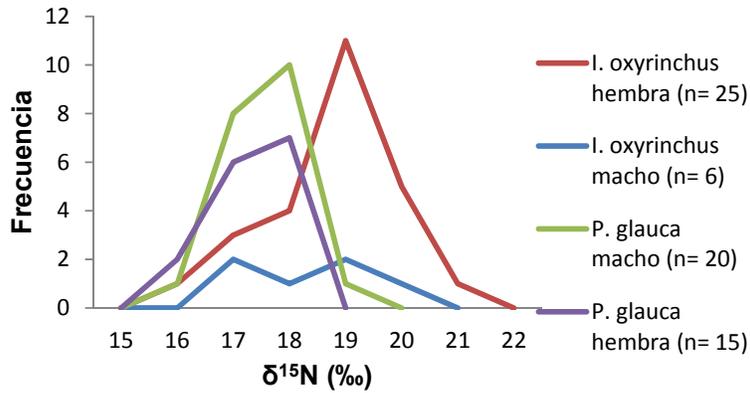


Figura 18.- Traslado Isotópico de $\delta^{15}\text{N}$ *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados entre sexos.

Para $\delta^{13}\text{C}$ no se encontraron diferencias significativas entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* para machos ($U = 49.00$, $p = 0.50$) así como la comparación entre *I. oxyrinchus* machos vs. *P. glauca* de hembras ($U = 39$, $p = 0.64$), por otro lado se encontraron diferencias significativas en la comparación entre *I. oxyrinchus* hembras vs. *P. glauca* machos ($U = 93$, $p = 0.00033$) e *I. oxyrinchus* vs. *P. glauca* hembras ($U = 75.00$, $p = 0.0016$) (Fig.19).

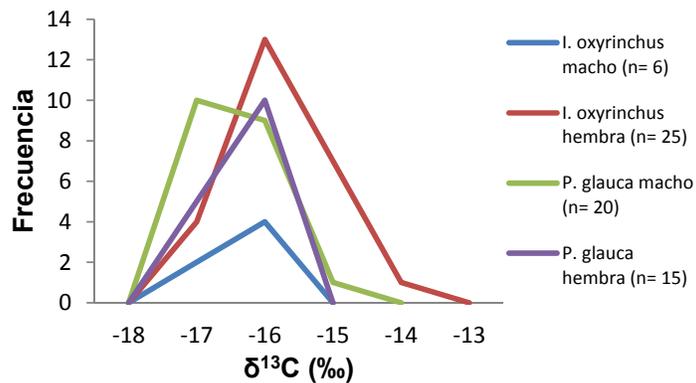


Figura 19.- Traslado Isotópico de $\delta^{13}\text{C}$ *I. oxyrinchus* y *P. glauca* comparados entre sexos.

DISCUSIÓN

La medición de la razón de isotopos estables de Carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C} = \delta^{13}\text{C}$) y Nitrógeno ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N} = \delta^{15}\text{N}$) ha demostrado ser una herramienta útil para entender con mayor claridad las redes de alimentos y los flujos de energía en los ecosistemas acuáticos (Vander Zanden, 2001). Este tipo de análisis ofrece una amplia representación de como las fuentes nutricionales están siendo utilizadas para proporcionar una descripción integrada de aspectos de la ecología trófica de un organismo como dieta, amplitud trófica, posición trófica y traslape trófico (Román-Reyes, 2003).

Relación C: N.

Previo a interpretar los valores isotópicos obtenidos de un organismo, es necesario aplicar pruebas de validación como la relación C: N. Esta prueba sirve para evaluar si el tejido analizado contiene urea (C: N <2.5; Sweeting *et al.*, 2006; Kim y Koch, 2011) o lípidos (C: N >3.5; Post *et al.*, 2007). Esto es importante ya que la presencia de alguna de estas dos sustancias alterarían el análisis isotópico (valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$), lo que pudiera ocasionar llegar a conclusiones erróneas (Torres-Rojas, 2006).

Dicho lo anterior, se procura que los valores de C:N siempre estén entre 2.5 y 3.5, lo que representaría la ausencia de lípidos y urea. En el presente trabajo los valores obtenidos de la relación C:N en músculo dorsal para *I. oxyrinchus* y *P. glauca* estuvieron alrededor de 2.9 (dentro del intervalo de

proteína pura (McConnaughey y McRoy, 1979), lo cual indica que no presentan grandes cantidades de urea y lípidos que afecten la interpretación isotópica.

Esto ha sido observado para otras especies de tiburones como *Sphyrna lewini* en el área de Mazatlán Sinaloa el cual presento valores similares en músculo (C: N = 2.9; Torres-Rojas, 2006), lo que demuestra que el músculo dorsal de los tiburones en Baja California Sur no suelen presentar grandes cantidades de urea y lípidos, por lo que los valores isotópicos serian el reflejo de la dieta y del comportamiento alimenticio del depredador.

Valores isotópicos y sus variaciones intraespecíficas.

Una vez que se corrobora que los valores isotópicos son reflejo del comportamiento alimenticio de los tiburones, se analizan sus variaciones isotópicas como reflejo de posibles diferencias intraespecíficas.

Isurus oxyrinchus.

En el caso de *I. oxyrinchus*, la comparación de estas variaciones entre sexos no mostró diferencias en $\delta^{15}\text{N}$. Esto puede estar directamente relacionado a que tanto machos como hembras presentan una dieta similar. Al respecto Galindo-Rosado (2011) menciona una alta similitud en la dieta entre sexos de *I. oxyrinchus*, debido a que la especie presa principal fue el pez *Prionotus albirostris* para ambos sexos. Considerando que el $\delta^{15}\text{N}$ es reflejo de lo que el depredador consume (peces óseos y cefalópodos) y el tener una dieta similar dará como resultados valores isotópicos similares (Bearhop *et al.*,

2004), por lo que se confirma lo encontrado en trabajos previos sobre *I. oxyrinchus*.

Sin embargo; se encontraron diferencias en $\delta^{13}\text{C}$ entre sexos, la diferencia encontrada indica que a pesar de que se alimentan de especies presas similares, estas son consumidas en diferentes áreas considerando de que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ cerca de la costa tienden a ser menos negativos con relación a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en una zona oceánica (France, 1995). Por lo que se puede mencionar que las hembras se alimentan en zonas más costeras (cerca de -16.20‰) que los machos (cerca de -17.00‰).

Esta conducta ha sido observada de forma similar en otros elasmobranchios, como en el tiburón martillo, donde los machos se encuentran en áreas muy específicas (costera) y las hembras en otras (Anislado-Tolentino, 2000).

Se ha observado en diferentes especies que en presencia de requerimientos similares, la especie superior (por ejemplo en tallas) excluirá a la especie inferior (Giller, 1984) y considerando que en el presente estudio se registraron hembras en mayor número y con tallas mayores que los machos, podría ser una de las explicaciones, donde al tener requerimientos similares, el más dominante suele desplazar al más débil (Torres-Rojas, 2006).

Lo anterior se hubiera confirmado de haber tenido datos de organismos adultos; sin embargo dado a que solo se contó con un ejemplar adulto de *I.*

oxyrinchus, no se pudo realizar la comparación. La ausencia de adultos en la costa occidental de Baja California Sur ha sido previamente reportada por Conde-Moreno y Galván Magaña (2006) y Galindo-Rosado (2011), quienes reportan que las capturas de esta especie de tiburón en la zona están representadas principalmente por juveniles.

La mayor captura de juveniles podría estar relacionada al tipo de pesquería como es el caso de la artesanal, debido a que esta flota opera muy cercano de la costa; mientras que las capturas en zonas oceánicas son nulas por el costo que les ocasiona a los pescadores. Al no contar con capturas oceánicas de esta especie, no se conoce las posibles áreas donde se distribuye este depredador, considerando que es una especie extremadamente activa y veloz (Carey y Teal, 1969; Applegate, 1977; Stevens, 1983), y que en la etapa adulta suele consumir presas de gran tamaño, lo cual podría ser indicativo que su distribución esta en áreas más oceánicas en la etapa adulta (Compagno, 2002).

Estudios previos reportan que los tiburones juveniles se distribuyen más cercanos a la costa; mientras que los adultos se encuentran en aguas oceánicas (Clarke, 1971; Torres-Rojas, 2006). Si bien esto es un comportamiento observado en algunos elasmobranquios, en el presente estudio el único dato de adulto que se obtuvo presento valores similares en $\delta^{13}\text{C}$, lo que indica que se estén alimentando en la zona costera al igual que los juveniles, al menos en algún momento de su estancia en BCS, lo cual ha sido

reportado por Estrada *et al.*, (2003), quienes mencionan que *I. oxyrinchus* suele presentar una alimentación en aguas costeras y oceánicas, lo que tiene como resultados variaciones altas a nivel isotópico. Sin embargo ante la ausencia de datos de organismos adultos, lo anterior no puede ser corroborado.

La similitud en los valores de $\delta^{15}\text{N}$ en *I. oxyrinchus* entre localidades y años reflejan una dieta similar a lo largo de la costa occidental de Baja California Sur. Sin embargo, Galindo-Rosado (2011) encuentra una disimilitud en la dieta entre localidades y años. Esto puede deberse a que en el análisis del contenido estomacal el alimento es de un corto plazo (recién ingerido); mientras que $\delta^{15}\text{N}$ es el reflejo de lo asimilado a largo plazo.

La composición específica de las presas en la dieta del depredador puede variar de manera latitudinal, pero estas especies presas, a pesar de ser diferentes entre localidades pueden presentar a su vez hábitos alimenticios similares (que todas se alimenten de una especie presa en común o del mismo nivel trófico), lo que tiene como resultado valores isotópicos similares (Torres-Rojas *et al.*, 2012).

Reflejo de lo anterior son las diferencias encontradas en $\delta^{13}\text{C}$, como resultado de la composición isotópica del material orgánico particulado característico de la zona. Gruber *et al.* (1999) reporta valores de $\delta^{13}\text{C}$ menos negativos en latitudes altas y conforme se acercan al Ecuador son más negativos. Por otra parte, Roman-Reyes (2003) menciona que valores más

negativos en el $\delta^{13}\text{C}$ reflejan que los depredadores se alimentan en una zona más oceánica; mientras que valores menos negativos reflejan una alimentación más costera.

En el presente estudio *I. oxyrinchus* representa el área donde se está alimentando, así en San Lázaro lo realizaría en una zona costera; mientras que en Punta Lobos sería más oceánica.

Prionace glauca.

Para *P. glauca* la similitud de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ entre sexos indica que se encuentran en la misma zona y se están alimentando de presas similares. Hernández-Aguilar (2008) reporta un traslapo medio e indica que los machos se alimentaron principalmente del calamar *Gonatus californiensis*; mientras que las hembras consumieron al crustáceo *Pleuroncodes planipes*. Si bien se reportan especies presas diferentes para cada género, al analizar el espectro trófico de ambos sexos es muy similar y compuesto de las mismas especies presas pero en diferente orden de importancia.

Las diferencias encontradas con ambos isotopos con respecto al estado de madurez, indica cambios ontogénicos en el comportamiento alimenticio. Hernández-Aguilar (2008) reporta dietas similares entre juveniles y adultos, esta similitud podría depender del tipo de presa consumida. Tal es el caso de *Pleuroncodes planipes*, la cual presenta alta abundancia en la costa occidental

de Baja California Sur y puede ser considerada de fácil consumo para los depredadores debido a su mayor abundancia y poca movilidad

Lo anterior presenta una gran influencia en los índices ecológicos basados en el contenido estomacal (e.g. Morrisita-Horn), ya que las altas abundancias de una sola especie presa permiten un traslapeo alto. De tal manera que al utilizar la técnica de isótopos, presenta ventajas sobre otros métodos ya que permite detectar cambios en el comportamiento de *P. glauca*.

Los cambios ontogénicos a partir del estudio de isótopos estables ha sido previamente reportados. Graham *et al.*, (2007) encontraron cambios isotópicos en el atún aleta amarilla (*Thunus albacares*) entre atunes pequeños y grandes, lo cual fue relacionado con el cambio del tipo de presa consumido entre un tamaño y otro, los cuales observaron que los atunes pequeños presentaban valores bajos de $\delta^{15}\text{N}$; mientras que los atunes grandes presentaban valores más enriquecidos.

En el presente estudio se observaron cambios ontogénicos ya que los juveniles presentaron valores mayores que los adultos, debido principalmente al número de especies presas consumidas en cada estado de madurez. Se ha reportado que a medida que un organismo consume más presas, presentaría valores isotópicos más altos; mientras que los que consumen menos especies presas presentarían valores más bajos de $\delta^{15}\text{N}$ (Vander Zanden *et al.*, 1999).

Para *P. glauca*, Hernández-Aguilar (2008) reporta que los organismos juveniles consumieron 26 categorías presa; mientras que los adultos consumieron 16 diferentes categorías presas. Se podría mencionar que los valores más altos representarían el alto número de especies presas consumidas; mientras que valores más bajos indicarían el bajo número de especies presas que consume este tiburón, lo cual indica que tienen la capacidad de seleccionar a sus presas por su mayor capacidad de movilidad; mientras que los juveniles al ser más inexpertos al momento de capturar a sus presas, tienen que comer lo que este a su alcance.

En el caso de $\delta^{13}\text{C}$, las diferencias encontradas están relacionadas a la conducta del tiburón, debido a que ambos sexos presentan valores parecidos, lo que indicarían que están dentro del área, pero un poco segregados. Dicha segregación podría estar relacionado a la presencia de un posible canibalismo (Hernández-Aguilar, 2008), este comportamiento ha sido observado en otras especies como *S. lewini*, *I. oxyrinchus* entre otros. Lo que explicaría las diferencias encontradas en los valores isotópicos.

En comparación entre localidades y años, se detectaron diferencias en ambos isotopos para *P. glauca*, lo que indicaría que la dieta de este depredador dependerá del área en el cual consume a sus presas, al igual que en *I. oxyrinchus*, en donde se observa la disponibilidad del alimento. Hernández-Aguilar (2008) reporta una dieta similar a lo largo de la costa occidental de BCS para *P. glauca*, la cual se basa principalmente en *P.*

planipes. Lo anterior indica que al ser un mismo tipo de presa consumido, debería tener valores isotópicos similares.

Sin embargo esto no fue así, a pesar de ser una misma especie presa, se observa que sus valores isotópicos entre áreas pueden variar isotópicamente. En estudios previos se reporta que una misma especie puede presentar valores isotópicos diferentes, dependiendo del área donde se ubica (Kroopnick, 1985; Gruber et al., 1999, Torres Rojas, 2011). Dicho lo anterior si bien *P. planipes* es la presa mayor consumida a lo largo de la costa occidental de B.C.S. puede llegar a presentar variaciones isotópicas como resultado del tipo de productividad en el área donde se encuentran.

Se debe considerar que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ están influenciados por factores abióticos como la temperatura y salinidad entre otros. Al considerar que cada área de muestreo se encuentra localizada en diferentes provincias (San Lázaro, ubicado en una zona de transición; mientras que Punta Lobos esta en la Provincia de Cortes) los cuales presentan características abióticas diferente, lo cual influye en las diferencias isotópicas encontradas.

Posición trófica de *I. oxyrinchus* y *P. glauca* a partir de $\delta^{15}\text{N}$.

La posición trófica para *I. oxyrinchus* fue alrededor de 3.9, este valor coincide con lo reportado por Galindo-Rosado (2011) en la costa occidental de Baja California Sur con un valor de 4.1; mientras que Estrada *et al.*, (2003) en el Atlántico reporta un valor de 4.0. Por lo que se puede mencionar que el nivel

trófico calculado con $\delta^{15}\text{N}$ de *I. oxyrinchus* fue similar al obtenido con contenidos estomacales y esta posición trófica se mantiene semejante en diferentes partes del mundo, lo que indica que este depredador cumple la función de un depredador tope (PT cercano a 4.0).

En el caso del tiburón azul, los valores de posición trófica fueron de 3.5 en promedio. Al respecto Hernández-Aguilar (2008) reporta un valor de 3.8 al igual que Estrada *et al.* (2003), quienes reportan un valor de 3.8. Si bien en el presente estudio los valores promedio estuvieron por debajo de lo reportado, cuando se observan los valores máximos son muy similares a los estudios reportados en diferentes áreas y con diferentes técnicas donde *P. glauca* cumple una función de consumidor terciario.

Las posiciones tróficas entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* son similares cuando se observan los promedios; sin embargo al comparar los valores máximos, se observa que *I. oxyrinchus* alcanza niveles tróficos más altos que *P. glauca*, lo cual puede estar relacionado con el tipo de dieta de ambos depredadores ya que se tiene registrado que *I. oxyrinchus* se alimenta de peces con niveles tróficos altos; mientras que *P. glauca* consume *P. planipes*, la cual al ser un organismo filtrador tiene un nivel trófico más bajo.

Por lo anterior se podría mencionar que la técnica de isotopos estables fue útil para el cálculo de la posición trófica de los depredadores, los cuales presentaron valores muy similares a los calculados con el contenido estomacal,

pero además permitió detectar variaciones en los niveles tróficos entre categorías, lo cual no es observado con las técnicas convencionales de análisis estomacales.

Amplitud y Traslado trófico de *P. glauca* e *I. oxyrinchus* a partir de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$

La amplitud de dieta se interpretó a partir de la variabilidad de los datos (DE), donde se plantea que las variabilidades isotópicas dentro de una población son indicadores del consumo de presas; lo que indica que a una varianza de $\delta^{15}\text{N}$ alta en la razón isotópica, le corresponde a un depredador generalista; mientras que una menor variabilidad del $\delta^{15}\text{N}$ indica una especialización trófica del depredador (Bearhop *et al.*, 2004).

En el presente trabajo, la desviación estándar tanto de $\delta^{15}\text{N}$ como $\delta^{13}\text{C}$ en *I. oxyrinchus* indica que es un depredador generalista, el cual hace uso de diferentes especies presas. Esto también fue observado para otros depredadores en el área, como es el marlín rayado *Tetrapturus audax* (Torres-Rojas, 2011). Galindo-Rosado (2011) menciona que *I. oxyrinchus* presenta la estrategia de un organismo generalista-oportunista, el cual consume un alto número de especies presas en la costa occidental de Baja California Sur. De igual forma, Velasco-Tarelo (2005) también reporta una conducta generalista para *I. oxyrinchus* en la misma área de estudio.

Por otra parte López *et al.* (2009) cataloga a *I. oxyrinchus* como un organismo generalista en el Pacífico suroriental. Lo que indica que *I. oxyrinchus* no cambia su tipo de alimentación, a pesar del cambio de lugares, lo que estaría sujeto a la disponibilidad de alimento que tenga al momento de alimentarse.

De acuerdo con los valores obtenidos *P. glauca* presentó una estrategia especialista, esto podría deberse al alto consumo de langostilla y calamares. Hernández-Aguilar (2008) reporta una estrategia especialista para *P. glauca* mediante el contenido estomacal en la costa occidental de Baja California Sur. Asimismo Torres-Rojas (2011) reporta al marlín azul (*Makaira nigricans*) con una estrategia especialista en la misma zona de estudio, debido a que sus desviaciones estándar eran muy reducidas como resultado de una especie presa en particular (*Auxis* spp.) al igual que *P. glauca* al consumir principalmente la langostilla (*P. planipes*).

Si bien los valores indican que *P. glauca* presenta una estrategia especialista, se debe considerar las características biológicas de sus especies presas principales, las cuales tienden a formar grandes aglomeraciones. Lo que facilita que sean consumidas en altas cantidades por el tiburón.

El tiburón azul consume otros tipos de presas dependiendo de la zona (Kubodera y Watanabe, 2007), si en realidad existiera una especialización sobre un recurso, sus hábitos alimenticios deberían ser similares en otras

zonas. Por lo que se puede mencionar que la especialización del tiburón azul dependerá de las abundancias de sus presas.

La diferencia en la variabilidad isotópica entre estas dos especies de tiburones estará en función del tipo de estrategia alimenticia que mantengan. Lo anterior se fundamenta en el hecho de que en la costa occidental de Baja California Sur *P. glauca* consume aproximadamente 27 especies presas (Hernández-Aguilar, 2008); mientras que *I. oxyrinchus* consume aproximadamente 31 especies presas (Velasco-Tárelo, 2005), lo cual confirma lo observado en otros trabajos, que la variabilidad isotópica estará directamente relacionada con el número de especies presas consumidas. En el caso de *I. oxyrinchus*, el cual consume más presas, presenta una mayor variabilidad; mientras que *P. glauca* consume menos especies presas por lo cual presenta una menor variabilidad.

Para el caso del traslapo trófico a partir de los isótopos estables, la presencia de diferencias significativas en el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ indica que los depredadores están haciendo uso de áreas y presas diferentes para alimentarse, lo que sugiere un traslapo trófico bajo (Newsome y Koch, 2006). En el presente trabajo al comparar en tiempo, espacio, tallas y sexos entre *I. oxyrinchus* y *P. glauca* tanto en $\delta^{15}\text{N}$ como en $\delta^{13}\text{C}$, se encontraron diferencias significativas, lo cual indica que se están alimentando en áreas diferentes y de especies presas diferentes por lo que se presentó un traslapo bajo entre estas dos especies.

Las especies presas principales reportadas para *I. oxyrinchus* fueron *Prionotus albirostris*, *Dosidicus gigas*, *Scomber japonicus* (Velasco –Tarelo 2005, Galindo-Rosado 2011); mientras que para *P. glauca* fueron *Pleuroncodes planipes*, *Gonatus californiensis*, *Argonauta* spp., *Ancistrocheirus lesueurii* (Hernández-Aguilar, 2008), lo que indica diferencias isotópicas entre ambos depredadores como resultado del consumo de especies presas diferentes.

Además, otro punto que apoya la distribución espacial diferencial de estas dos especies de tiburón es la distribución de las especies presas principales al momento de ser consumidas, las cuales dependiendo de su ubicación será la marca isotópica que mantienen. Para *Pleuroncodes planipes*, durante el invierno y la primavera se encuentra dispersa en la plataforma continental, en contraste con el verano la cual se retrae a zonas más profundas. Su distribución horizontal se relaciona con las temperaturas entre 12 a 14 °C.

Esta especie presa es más consumida por *P. glauca* que por *I. oxyrinchus*, lo que indica que la distribución de estos depredadores es diferente, en el caso de *P. glauca* podría tener ciertas preferencias por aguas más oceánicas; mientras que *I. oxyrinchus* prefiere aguas más costeras. Lo anterior ha sido observado a partir de los movimiento de tiburones marcados con marcas satelitales, donde se observa que *P. glauca* tiende a realizar movimientos hacia aguas oceánicas; mientras que *I. oxyrinchus* hace movimientos rápidos pero cortos en aguas costeras (Sippel *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES.

- La relación C: N en músculo dorsal del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y azul (*P. glauca*) fue muy similar al de las proteínas puras, por lo tanto no existe alteración isotópica por la presencia de urea o lípidos.
- La variación isotópica en músculo dorsal del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) indica que es un depredador que se alimenta en zonas pelágicas costeras.
- La variación isotópica en músculo dorsal del tiburón azul (*P. glauca*) indica que es un depredador que se alimenta en zonas pelágicas oceánicas.
- La amplitud y posición trófica del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y tiburón azul (*P. glauca*) a partir de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, indican que *I. oxyrinchus* es un depredador generalista, mientras que *P. glauca* es un consumidor especialista.
- El traslapo trófico del tiburón mako (*I. oxyrinchus*) y azul (*P. glauca*) a partir de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ es bajo debido al consumo de especies presas diferentes y hábitat trófico diferente.

BIBLIOGRAFÍA

Acuña E, Cid L, Pérez E, Kong I, Araya M, Lamilla J, Peñailillo J. 2001. Estudio biológico de tiburones (marrajo dentado, azulejo y tiburón sardinero) en la zona norte y central de Chile. Departamento de Biología Marina, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte-sede Coquimbo. Chile. 112 pp.

Altabet MA, Pilskaln C, Thunell R, Pride C, Sigman D, Chavez F, Francois R. 1999. The nitrogen isotope biogeochemistry of sinking particles from the margin of the eastern North Pacific. *Deep-Sea Res. Part I*, 46(4):655–679

Anislado-Tolentino V. 2000. Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el litoral del estado de Michoacán, México. Tesis de Maestría. 145pp.

Applegate SP. 1977. A new record-sized Bonito shark, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, from Southern California. *California Fish and Game* **63**: 126-129

Bearhop S, Adams CE, Waldron S, Fuller RA, Macleod H. 2004 Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology* 73:1007-1012

Bonfil-Sanders SR. 1994. Overview of world elasmobranch fisheries. *FAO Fish. Tech. Pap.* 341, 119 p.

Bonfil-Sanders SR. 1997. Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fish. Res.* 29:101-117.

Boutton TW. 1991. Stable carbon isotope ratios of natural materials: II. Atmospheric, terrestrial, marine and freshwater environments. In: Carbon

isotope techniques 173-185. D. C. Coleman and B. Fry (eds). Academic Press, San Diego, California. U.S.A.

Carey FG, Teal JM. 1969. Mako and porbeagle: warm-bodied sharks. *Comp. Biochem. Physiol.* 28:199-204

Carey FG, Teal TM, Kanwisher JM. 1981. The visceral temperatures of mackerel sharks (Lamnidae). *Physiol. Zool.* 54: 334-344.

Carey FG, Scharold JV. 1990. Movements of blue shark (*Prionace glauca*) in depth and course. *Mar. Biol.* 106:329-342.

Carlson JK, Goldman KJ, Lowe CG. 2004. Metabolism, energetic demand, and endothermy. In: Jeffrey C. Carrier, John A. Musick, and Michael R. Heithaus. *Biology of Sharks and Their Relatives*: 203-246 pp.

Carrera-Fernández M. 2004. Biología Reproductiva del Tiburón Azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN, 67pp.

Casey JG, Kohler NE. 1992. Tagging Studies on the Shortfin Mako Shark (*Isurus oxyrinchus*) in the Western North Atlantic. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 45-60

Castillo-Géniz JL, Márquez Farías JF, Rodríguez de la Cruz MC, Cortés E, Cid del Prado A. 1998. The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 49:611-620.

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

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

Cervigón F, Ciprian R, Fischer W, Garibaldi L, Hendrickx M, Lemus A, Márquez R, Poutiers J, Robaina G, Rodríguez B. 1992. Fichas FAO de identificación de peces para los fines de la pesca. Guía de campo de las especies comerciales marinas y de de aguas salobres de la costa septentrional de Sur América. FAO, Roma, 513 pp.

Clarke TA. 1971. The ecology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pac. Sci.* 25 (2): 133-144.

Compagno LJV. 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part. 2 Carchariformes. FAO Fisheries Synopsis 125 4(2): 1-269.

Compagno CJV, Krupp F, Schneider W. 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 KE, Niem VH. FAO: Roma. 647-218.

Compagno LJV. 2002. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Volume 2. Bullhead, mackerel and carpet sharks (Heterodontiformes, Lamniformes and Orectolobiformes). *FAO Species Catalogue for Fishery Purposes*. Roma. 269 pp.

Compagno LJV, Dando M, Fowler S. 2005. Sharks of the world. Princeton Field Guides, 368 pp. Princeton University Press, Princeton.

CONAPESCA-INP 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. Comisión

Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 80 p.

Conde-Moreno M, Galván-Magaña G. 2006. Reproductive Biology of mako shark *Isurus oxyrinchus* on the south-western coast of Baja California, México. *Cybium*. 30(4): 75-83.

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

Curtis PJ. 1986. Microtecnia vegetal. Trillas, México, D. F. 106 p.

DeNiro MJ, Epstein S. 1981. Influence of diet on the distribution of nitrogen isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 45:341-351.

Durazo R, Gaxiola-Castro G, Lavaniegos B, Castro-Valdez R, Gomez-Valdes J, Mascarenhas ADS Jr. 2005. Oceanographic conditions west of the Baja California coast, 2002-2003: A weak El Niño and Subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*. 31(3):537-552.

Estrada JA, Rice AN, Lutcavage ME, Skomal GB. 2003. Predicting trophic position in sharks of the north-west Atlantic Ocean using stable isotope analysis. *Jour. Mar. Biol. Assoc. of United Kingdom*. 1347-1350 pp.

Forero MG, Bortolotti GR, Hobson KA, Donázar JA, Bertelotti M, Blanco G. 2004. High trophic overlap within the seabird community of Argentinean Patagonia: a multiscale approach. *J. Anim. Ecol.* 73:789-801

France R. 1995. Critical examination of stable isotope analysis as a means for tracing carbon pathways in stream ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 52: 651-656.

Gaedke U, Straile D, Pahl-Wostl C. 1996. Trophic structure and carbon flow dynamics in the pelagic community of a large lake. Pages 60-71 In: G. A. Polis and K.O. Winemiller (Eds.). Food webs: integration of patterns and dynamics. Chapman And Hall. New York, New York.USA.

Galindo Rosado MA. 2011. Posición Trófica de Juveniles de Tiburón Mako (*Isurus oxyrinchus*) capturado en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Licenciatura UABCS. 91pp.

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

Gerking SD. 1994. Feeding Ecology of Fish. Academia, Nueva York, Nueva York, EEUU.

Giller PS. 1984. Community structure and the niche. Chapman & Hall. Outline Studies In Ecology: 175pp.

Graham BS, Grubbs D, Holland K, Popp BN. 2007. A rapid ontogenetic shift in the diet of juvenile yellowfin tuna from Hawaii. Mar. Biol. 150: 647-658.

Gruber N, Keeling CD, Bacastow RB, Guenther PR, Lueker TJ, Wahlen M, Meijer HAJ, Mook WG, Stocker TF. 1999. Spatiotemporal patterns of carbon-13 in the global surface oceans and the oceanic Suess effect. Glob Biogeochem Cycle. 13(2):307-335.

Hacohen-Domene A. 2007. Ecología trófica del tiburón ballena *Rhincodon typus*, en el sur del Golfo de California. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 57 pp.

Harvey JT. 1989. Food habits, seasonal abundance, size, and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. Calif. Fish and Game. 75(1):33-44.

Heist EJ, Musick JA, Graves JE. 1996. Genetic population structure of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) inferred from restriction fragment length polymorphism analysis of mitochondrial DNA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 583-588.

Henderson AC, Dunne J, Flannery K. 2001. Observations on the biology and ecology of the blue shark in the North-east Atlantic. *Journal of Fish Biology* 58, 1347-1358 pp.

Hernández Aguilar SB. 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.

Hoeing JM, Gruber SH. 1990. Life History Patterns in the Elasmobranchs: Implications for fisheries management. In elasmobranchs as living resource. *NOAA. Tech. Rep. NMSF.90*: 1-16.

Hoyos L, Marquin G, Valle S. 1991. Ecología trófica de *Prionace glauca* "tintorera", de la costa central del Perú. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: <http://www.unmsm.edu.pe/biologia/reunion/c1dir606.htm>

Kim SL, 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

Kroopnick P. 1985. The distribution of the ^{13}C and ΣCO_2 in the world oceans. *Deep Sea Res.* 32: 57-84.

Kubodera T, Watanabe H. 2007. Feeding habits of the blue sharks, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. *Rev. Fish Biol. Fisheries.* 17:111-124.

López S. 2008. Alimentación y relaciones tróficas de peces oceánicos altamente migratorios en el Pacífico sur oriental. Tesis de Magíster en Biología Marina, Facultad de Ecología y Recursos Naturales, Universidad Andrés Bello, Santiago, 90 pp

López S, Meléndez R, Barría P. 2009. Alimentación del tiburón marrajo *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810 (Lamniformes: Lamnidae) en el Pacífico suroriental. *Revista de Biología Marina y Oceanografía. Chile.* 44(2): 439-451pp.

Louis SS, Silvera K, Andrade JL, Dawson TE. 2005. El uso de isótopos estables en Biología Tropical. *INCI* 30(9): 28-35.

Macnaughton R, Rogan E, Hernández-García V, Lordan C. 1998. The importance of cephalopods in the diet of blue shark (*Prionace glauca*), south and west of Ireland. ICES, Copenhagen (Denmark). 12 pp.

Macneil MA, Skomal GB, Fisk AT. 2005. Stable isotopes from multiple tissues reveal diet switching in sharks. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 302:199-206

Maia A, Queiroz N, Correia J, Cabral H. 2007. Food habits of the shortfin mako, *Isurus oxyrinchus*, off the southern coast of Portugal. *Environmental Biology of Fishes* 77: 157-167.

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 Maestria CICESE B.C.71 pp.

Maass JM, Martínez-Yrizar A. 1990. Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto. *Ciencias (Núm. Esp.)* 4: 10-20.

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

Mollet HF, Cliff G, Pratt HL, Stevens JD. 2000. Reproductive biology of the female shortfin mako, *Isurus oxyrinchus* Rafinesque, 1810, with comments on the embryonic development of lamnoids. *Fish. Bull.* 98:299-318.

Newsome SD, Koch PL. 2006. Using carbon and nitrogen isotope values to investigate maternal strategies in northeast pacific otariids. *Marine Mammal Science*, 22(3): 556– 572

Peterson BJ, Fry B. 1987. Stable isotopes in ecosystems studies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 18:293-320.

Pianka RE. 1982. *Ecología Evolutiva*. Omega Ed. Barcelona. 365 p.

Pielou EC. 1972. Ecology Niche Width and Niche Overlap: a method for measuring them. *Ecology* 53 (4): 687-692.

Polis GA. 1991. Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory. *The American Naturalist* 138:123-155.

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

Pratt HL Jr, Casey JG. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. In: Pratt, H.L. Jr., Gruber, S.H. y Taniuchi, T. (Eds.): Elasmobranchs as living resources. 97-109, U.S. Department of Commerce, *NOAA Tech. Rep. NMFS 90*.

Rau GH, Tetssie JL, Rassoulzadegan F, Fowler SW. 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.

Reid JL Jr, Roden GI, Wyllie JG. 1958. Studies of the California Current System. *Calif. Coop. Oceanic Fisheries Invest. Rep.* 6:27-56.

Roden GI, Groves GW. 1959. Recent oceanographic investigations in the Gulf of California. *J.Mar.Res.* 18(1):10-35.

Román-Reyes JC. 2003. Información ecológica a partir del análisis de isotopos estables de carbón y nitrógeno en las cadenas tróficas. Ensayo predoctoral. 58 pp.

Sippel T, Wraith JS, Kohin V, Taylor J, Holdsworth M, Taguchi H, Matsunaga Yokawa K. 2011. A summary of the blue shark (*Prionace glauca*) and shortfin mako shark (*Isurus oxyrinchus*) tagging data available from the North and Southwest Pacific Ocean. Working document submitted to the ISC Shark Working Group Workshop, 28 November – 3 December, NOAA Southwest Fisheries Science Center, La Jolla, California U.S.A. ISC/11/SHARKWG-2/04.

Stevens J. 1976. First results of sharks tagging in the northeast Atlantic, 1972-1975. *J. Mar. Biol. Assoc. UK* 56 :929-037.

Stevens JD. 1983. Observation on Reproduction in Shortfin mako *Isurus oxyrinchus*. *Copeia*. (1): 126-130

Stillwell E, Kohler E. 1982. Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 39: 407-414.

Subsecretaria de Pesca y Acuicultura (SAGPyA) 2009. Plan de Acción Nacional para la Conservación y el Manejo de Condrictios (Tiburones, Rayas y Quimeras) en la Republica Argentina. Preparado en forma conjunta por la Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Ministerio de las Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto 66pp.

Sweeting CJ, Polunin NVC, Jennings S. 2006. Effects of chemical lipid extraction and arithmetic lipid correction on stable isotope ratios of fish tissues. *Rapid Commun Mass Spectrom* 20:595–601.

Tytler P, Calow P. 1985. *Fish Energetics: new perspectives*. Sydney, Croom Helm, 349p.

Torres-Rojas YE. 2006. Hábitos alimenticios y la razón de isotopos estables de carbono y nitrógeno del tiburón *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 107 pp.

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 YE, Hernández-Herrera A, Galván-Magaña F, Aguiñiga-García S, Villalobos-Ortiz H, Sampson L. 2012. Isotopic composition ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) of juvenile, scalloped hammerhead sharks (*Sphyrna lewini*) captured in Mazatlan, Mexico. In press. 29pp.

Tricas T. 1979. Relationship of the blue shark, *Prionace glauca* and its prey species near Santa Catalina Island, California. Fish Bull. NOAA/NMFS, 77(1):175-182 pp.

Vandermeer JH. 1972. Niche theory.-Annu. Rev. Ecol. Syst. 3, p. 107-

Vanderklift MA, Ponsard S. 2003. Sources of variation in consumer-diet delta N-15 enrichment: a meta-analysis. Ecología. 136: 169-182.

Vander Zanden MJ, Casselman JM, Rasmussen JB. 1999. Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasion in lakes. Nature 401, 464-467.

Vander Zanden MJ, Rasmussen JB. 2001. Variation in delta N-15 and delta C-13 trophic fractionation: implications for aquatic food web studies. Limnology And Oceanography 46, 2061-2066.

Vaske-Junior T, Rincon-Filho A. 1998. Stomach content of blue sharks (*Prionace glauca*) and anequim (*Isurus oxyrinchus*) from oceanic waters of Southern Brazil. Rev. Bras. Biol. 58(3): 445-452.

Velasco Tárello PM. 2005. Hábitos alimenticios e isótopos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{14}\text{N}$ del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Maestría CICIMAR-IPN. 97pp.

Whittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species diversity. Taxón, 21(2/3):213-251.

Wootton CR. 1987. Ecology of teleost fishes. Chapman and Hall. London.
404 pp.

Zaytsev O, Cervantes-Duarte R, Montante O, Gallegos-García A. 2002.
Coastal Upwelling Activity on the Pacific Shelf of the Baja California Peninsula.
J. Oceanography. 59(4):489-502.