

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS
MARINAS



**“ECOLOGIA ALIMENTARIA DEL TIBURÓN BALLENA
(*Rhincodon typus*, Smith 1828)
EN LA COSTA OCCIDENTAL
DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO.”**

T E S I S

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

PRESENTA

ANA HACHOHEN DOMENÉ

LA PAZ, B.C.S., 2007



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

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 7 del mes Marzo del año 2007, el (la) que suscribe ANA HACOHEN DOMENÉ alumno(a) del Programa de MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS con número de registro A050128 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de: DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA y cede los derechos del trabajo titulado: "ECOLOGÍA ALIMENTARIA DEL TIBURÓN BALLENA (*Rhincodon typus* Smith, 1828)
EN LA COSTA OCCIDENTAL DEL GOLFO DE CALIFORNIA, MÉXICO"
al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: anahacohen@yahoo.com galvan.felipe@gmail.com

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

ANA HACOHEN DOMENÉ

nombre y firma

A DIOS Y A LA VIRGEN

**A MIS PAPAS POR EL AMOR Y APOYO
QUE SIEMPRE ME HAN DEMOSTRADO**

**A MIS HERMANOS (DANIEL, CARLOS, MARIA Y SOFIA)
POR TODO SU AMOR, PACIENCIA Y SENTIDO DEL HUMOR**

**A MIS AMIGOS MEXICANOS
VIVA MEXICO**

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) por la aceptación y apoyo para la elaboración de la tesis.

Al Dr. Felipe Galván Magaña, por todo su apoyo (incondicional, no tengo palabras), orientación, cariño, paciencia y por mostrarme que con paciencia todo se puede... muchas gracias doc!

Al comité revisor: Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas, Dr. Agustín Hernández Herrera, Dr. Rogelio González Armas y Dra. Laura Sánchez Velasco, por todas sus sugerencias y ayuda, así como el tiempo dedicado a leer y corregir la tesis.

Al laboratorio de Ecología de Peces y Laboratorio de Química Marina del CICIMAR por facilitarme el área de trabajo así como del equipo necesario para los análisis de laboratorio.

A todos los voluntarios (sapotistas) y los capitanes (Javier, Enrique, Conejo, Chuy, Ciro) que fueron a las salidas de campo. Muchas gracias por toda su ayuda en la toma de datos, biopsias y paciencia para encontrar al tiburón ballena!!! Fueron tantos que nunca terminaría de mencionar a todos.

Al trío fantástico....porque nunca nos dimos por vencidos y siempre esperamos a que los tiempos se hicieran más interesantes.....porque siempre estuvieron cuando los necesité ya sea para contar algún chiste (Llega un ruso a un bar.....), tardes de pelis, unas cervecitas o simplemente un abrazo!!!! Muchas gracias March y Fer....se les quiere un montón!!! No tengo palabras...porque como alguna vez un sabio dijo...siempre hay alguien peor!! No se olviden!!! No pasa nada!!!!

A mis amigos de la UABCS ... Mauricio C., Lucía, Charis, Marina y a los que se han ido ya siempre se les recuerda con cariño. Gracias por su amistad y cariño durante tantos años en tierras paceñas!!!

A todo el Clán Galván por sus consejos y sugerencias para la elaboración de la tesis así como aquellas noches de carne asada, posadas y eventos inventados para celebrar en la casa del doc. Y al doc por siempre prestar su casa. Muchas gracias a todos por hacer del laboratorio un espacio de "trabajo" único!!!

A todas las demás personas que de alguna manera formaron parte de mi vida en México. Son tantas las personas que nunca terminaría.... Se les quiere a todos y se les va a extrañar. Gracias por dejarme ser parte de su vida y enseñarme un pedacito de lo que son y de lo que están hechos los mexicanos (que no solo es futbol).

ÍNDICE GENERAL	Pagina
ÍNDICE DE FIGURAS.	IV
GLOSARIO.	VIII
RESUMEN.	X
ABSTRACT.	XI
1. INTRODUCCIÓN.	1
2. ANTECEDENTES.	6
3. JUSTIFICACIÓN.	10
4. OBJETIVOS.	11
4.1 Objetivo general.	11
4.2 Objetivos específicos.	11
5. ÁREA DE ESTUDIO.	12
6. MATERIAL Y MÉTODOS.	18
6.1 Trabajo de campo.	18
6.1.1 Censos.	18
6.1.2 Búsqueda y avistamiento.	18
6.1.3 Recolecta de plancton.	19
6.2 Trabajo de laboratorio.	20
6.2.1 Lavado de material.	20
6.2.2 Liofilización.	20

6.2.3 Extracción de lípidos.	20
6.2.4 Homogenización y encapsulado.	21
7. RESULTADOS.	23
7.1 Avistamientos en cada una de las áreas.	23
7.1.1 Avistamientos en Bahía de Los Ángeles.	23
7.1.2 Avistamientos en Bahía de La Paz.	24
7.1.2.1 Distribución temporal en Bahía de La Paz.	25
7.1.3 Avistamientos en Banco Gorda.	25
7.2 Distribución de los individuos en relación a factores ambientales.	27
7.2.1 Avistamientos de tiburones ballena en el área de Bahía de los Ángeles.	27
7.2.2 Avistamientos de tiburones ballena en el área de Bahía de La Paz.	27
7.2.3 Avistamientos de tiburones ballena en el área de Banco Gorda.	30
7.3 Análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno.	31
7.3.1 Relación C/N.	31
7.3.2 Comparación entre localidades (BLA, BLP y BG).	31
7.3.3 Comparación entre machos y hembras (BLA y BLP).	33
7.3.4 Comparación entre tallas de juveniles (BLP).	34
7.3.5 Comparación entre tiburones ballenas juveniles y adultos.	35
7.3.6 Comparación entre años de avistamiento y temporadas para el área de Bahía de La Paz.	36
7.3.7 Valores isotópicos de depredador (tiburón ballena) vs. Presas (plancton).	38
7.3.8 Patrón de migración de un mismo tiburón ballena entre ambas localidades (Bahía de Los Ángeles y	39

Bahía de La Paz).

8. DISCUSIÓN.	41
9. CONCLUSIONES.	49
10. RECOMENDACIONES.	50
11. LITERATURA CITADA.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Tiburón ballena <i>Rhincodon typus</i> .	1
Figura 2	Distribución mundial del tiburón ballena.	2
Figura 3	Dentición del tiburón ballena (a-c).	2
Figura 4	Hipótesis de gradiente de carbono y nitrógeno	5
Figura 5	Área de estudio.	12
Figura 6	Bahía de Los Ángeles, B.C.	13
Figura 7	Bahía de La Paz, B.C.S.	16
Figura 8	Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de los Ángeles durante octubre del año 2004.	23
Figura 9	Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de La Paz durante octubre del año 2004.	24
Figura 10	Distribución temporal de tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de La Paz durante el período de estudio (noviembre 2004 a diciembre 2005).	25
Figura 11	Número de avistamientos de tiburones ballena hembras en el área de Banco Gorda durante los meses de mayo	26

y junio del año 2006.

Figura 12	Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena hembras avistados en la localidad de Banco Gorda.	26
Figura 13	Distribución de los tiburones ballena avistados en Bahía de Los Ángeles.	27
Figura 14	Distribución de los tiburones ballena avistados en la región de la Bahía de La Paz (a-b).	28
Figura 15	Distribución de los tiburones ballena avistados en el área de Bahía de La Paz en relación a la temperatura.	29
Figura 16	Distribución de tiburones ballena en el área de Banco Gorda en relación a la temperatura.	30
Figura 17	Relación entre C/N y la razón de isótopos estables de carbono en tejido de tiburón ballena.	31
Figura 18	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre localidades (BLA= Bahía de los Ángeles y BLP= Bahía de La Paz).	32
Figura 19	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre localidades (BLA= Bahía de los Ángeles, BLP= Bahía de La Paz y BG= Banco Gorda).	33

Figura 20	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de machos y hembras.	33
Figura 21	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre tres tamaños de tiburones ballena juveniles.	35
Figura 22	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre tiburones ballena juveniles y adultos.	36
Figura 23	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ durante los años de estudio (2004 y 2005).	37
Figura 24	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ durante la primera temporada (abril a mayo) y la segunda temporada (septiembre a diciembre) en BLP.	37
Figura 25	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tejido de tiburón ballena (depredador) y de plancton (presas), para el área de BLP.	38
Figura 26	Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tejido de tiburón ballena (depredador) y de presas (zooplancton y langostilla) para el área de BG	39

Figura 27 Valores de $\delta^{15}\text{N}$ de un mismo tiburón muestreado en las localidades de BLA y BLP para distintos meses y años.

40

GLOSARIO

Ecología: es el estudio de la distribución y abundancia de los seres vivos, y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su medio ambiente. El medio ambiente incluye las propiedades físicas que pueden ser descritas como la suma de factores abióticos locales como el clima y la geología, y los demás organismos que comparten ese hábitat (factores bióticos) (Enciclopedia en línea Wikipedia).

Depredador: es aquel organismo que mata a otro para su alimentación y supervivencia (Enciclopedia en línea Wikipedia).

Depredador generalista: organismo que utiliza una gran variedad de recursos alimenticios sin ninguna selección (Gerking, 1994).

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).

Enriquecimiento trófico: Diferencia entre la razón isotópica de un animal y su dieta. Los isótopos más pesados de un elemento se incrementan en abundancia en relación a los isótopos livianos debido a los procesos de discriminación isotópica (Roman-Reyes, 2005).

Isótopo: Átomos de un mismo elemento en cuyo núcleo contiene el mismo número de protones pero diferente número de neutrones, lo que hace variar la masa (Curtis, 1986).

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

δ (delta): Notación delta (δ): Es la diferencia en partes por mil (‰) entre la razón absoluta de la muestra de interés y un estándar internacional. Se utiliza porque las diferencias absolutas en R son muy pequeñas y difíciles de detectar. Su definición es: $\delta = (R \text{ muestra}/R \text{ estándar} - 1) * 1000$, la cual proporciona cantidades más grandes (en partes por mil) y fáciles de medir. Con esta formulación, si $R \text{ muestra} < R \text{ estándar}$ entonces el valor δ es negativo (Roman-Reyes, 2005).

Tasa de recambio isotópico: Periodo en el que las concentraciones isotópicas de un tejido reflejan la señal isotópica de una dieta en particular. Los tejidos con una tasa de recambio isotópica rápida reflejarán una dieta reciente mientras que aquellos tejidos con una tasa de recambio lenta reflejarán una dieta promedio de largos periodos de tiempo (Rau *et al.*, 1990).

δ¹³C: Diferencia expresada en partes por mil entre el contenido de ¹³C de una muestra con respecto al del estándar (Pee Dee Belemnite en el caso del carbón) (Rau *et al.*, 1990).

δ¹⁵N: Diferencia expresada en partes por mil entre el contenido de ¹⁵N de una muestra con respecto al del estándar (nitrógeno atmosférico en el caso del nitrógeno) (Rau *et al.*, 1990).

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).

Razón 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).

RESUMEN

El tiburón ballena en la última década ha adquirido gran atención turística para la región del Golfo de California; sin embargo existen pocos estudios realizados con respecto a sus hábitos alimenticios. El objetivo del presente estudio fue conocer la ecología trófica de los tiburones ballena basados en el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en diferentes áreas del Golfo de California. Se recolectaron muestras de tejido a 11 tiburones correspondiente a Bahía de Los Ángeles, B.C. (BLA), 36 para Bahía de La Paz (BLP) y 6 muestras para el área de Banco Gorda (BG). Se determinó la distribución temporal del tiburón en las tres áreas desde 2004 hasta 2006. Se observó que para BLA se agregan en el mes de octubre y tienen una preferencia térmica de 24°C. En Bahía de La Paz se presentan dos temporadas, la primera de menor magnitud de marzo a finales de mayo, y el segundo pico de temporada, con mayor número de avistamientos de finales de agosto a finales de diciembre y se distribuyen alrededor de la isoterma de los 26°C y finalmente en el área de Banco Gorda se distribuyen a finales de mayo y durante junio. En esta área los tiburones se distribuyen principalmente alrededor de la isoterma de los 25°C. El análisis de isótopos estable del tejido de tiburón ballena para BLA en carbono se registró una media de $-14.59^{0}/_{00}$, mientras que para nitrógeno se registró una media de $13.98^{0}/_{00}$. Para BLP en carbono se registro un valor de $-15.14^{0}/_{00}$, mientras que para nitrógeno se registró una media de $12.98^{0}/_{00}$. Para BG en carbono se registro un valor de $-14.90^{0}/_{00}$, mientras que para nitrógeno se registró una media de $12.03^{0}/_{00}$. En base a los valores de carbono se señala que en las tres localidades el origen del alimento durante el período de estudio es de tipo costero. Además en cuanto al análisis entre adultos y juveniles se registran valores de carbono de origen costero. En el caso de los juveniles en carbono se registró una media de $-15.00^{0}/_{00}$, mientras que para adultos se registró una media de $-14.90^{0}/_{00}$. En base a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ se deduce que el origen del alimento para ambos casos es de origen costero. En el caso de BG por ser un área oceánica se sugiere que aún no habían asimilado el alimento de tipo oceánico.

Palabras clave: *Rhincodon typus*, isótopos estables, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$, Golfo de California.

ABSTRACT

For the last decade, the whale shark has withdrawn a great deal of tourist attraction for the Gulf of California, nevertheless there are not many studies referred to its feeding habits. The goal of this study is to determine the whale shark's trophic ecology in three different feeding grounds in the Gulf of California with the stable isotopes of Carbon and Nitrogen technique. During the present study a total of 11 tissue samples were collected for the locality of Bahía de Los Ángeles (BLA), 36 for Bahía de La Paz (BLP) and 6 tissue samples for the locality of Gorda Banks (BG). Temporal distribution was determined for the three localities during the period of the study (2004-2006). For BLA it was observed that sharks aggregate during October and show SST preference of 24°C. In BLP two sighting seasons occur. First season, of lower magnitude, from March to May and the second season, of a greater magnitude, from August to December. In this locality shark are distributed around the isotherm of 26°C. Finally for BG they aggregate ending of May and during June and for this locality they are distributed around the isotherm of 25°C. Stable isotope analysis for whale shark tissue in BLA registered a mean value of 14.59‰ for $\delta^{13}\text{C}$, while for $\delta^{15}\text{N}$ a mean value of 13.98‰ was registered. For BLP, $\delta^{13}\text{C}$ values registered a mean value of 15.14‰, while for $\delta^{15}\text{N}$ a mean value of 12.98‰ was registered. Finally tissue samples of BG registered a mean value for $\delta^{13}\text{C}$ of -14.90‰ and a mean value of 12.03‰ for $\delta^{15}\text{N}$. Based on $\delta^{13}\text{C}$ values it is suggested that in three localities food origin during the time of this study is coastal type. In addition, for adults and juveniles whale shark isotope tissue registered values of coastal origin. For juveniles $\delta^{13}\text{C}$ registered a mean value of -15.00‰ while for adults a mean value of -14.90‰ was registered. According to $\delta^{13}\text{C}$ values it is deduced that the origin of food for both cases is coastal. In the case of BG, for being an oceanic locality it is suggested that when sharks were sampled, they still hadn't assimilated the food of oceanic origin.

Key words: *Rhincodon typus*, stable isotopes, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$, Gulf of California.

1. INTRODUCCIÓN

El tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith 1828), es el tiburón de mayor tamaño, se caracteriza como todos los tiburones por tener un crecimiento lento, maduración tardía y longevidad extendida, lo cual los hace vulnerables a la explotación. Estas características biológicas indican que esta especie es lenta en recuperación en caso de una sobreexplotación (Colman, 1997).

El tiburón ballena se caracteriza por presentar una coloración gris-azul oscuro a negro-pardo con un diseño de líneas y lunares blancos en la parte dorsal del cuerpo, tres hendiduras a lo largo de los costados, una cabeza ancha, con ojos pequeños justo detrás de la boca, la cual se encuentra en posición terminal. Es el único tiburón que tiene la boca en posición delantera a su cabeza (Colman, 1997) (Fig. 1).

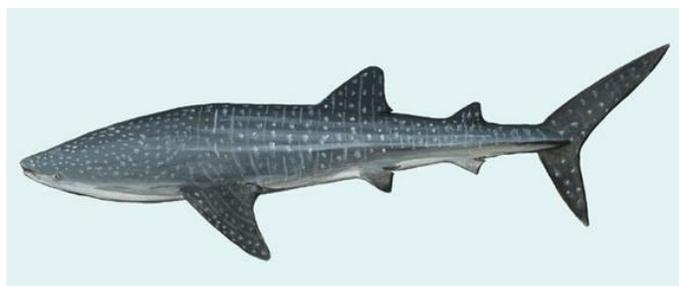


Figura 1. Tiburón ballena *Rhincodon typus*.

Se distribuye en mares tropicales y subtropicales. En cuanto a las condiciones térmicas, el tiburón ballena parece preferir aguas con temperaturas de 26.8° C y 30.2°C, con un promedio de 28°C y salinidades entre 34.5 y 35.5 UPS (Compagno, 1984; Colman, 1997; Heyman *et al.*, 2001; Duffy, 2002) (Fig. 2).

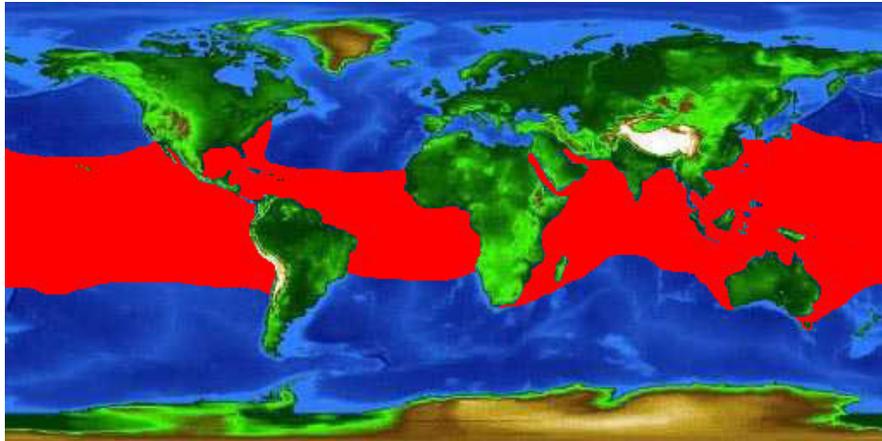


Figura 2. ■ Distribución mundial del tiburón ballena.

El tiburón ballena *Rhincodon typus*, se alimenta de la comida que filtra; sin embargo tiene dientes pequeños. En cada una de sus mandíbulas posee más de 3000 dientes pequeños (Fig. 3); pero no se conoce la función de estos dientes, o si son utilizados para su alimentación, considerando que es un tiburón filtrador.

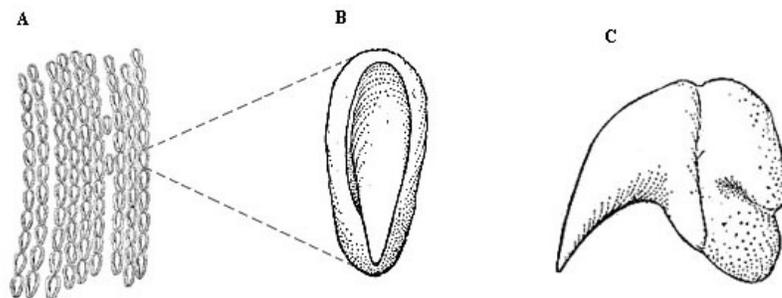


Figura 3. Dentición del tiburón ballena; **a)** porción de la banda superior dental (aprox. 2.5x), **b)** vista dorsal y **c)** vista lateral de un diente individual de la mandíbula superior (aprox. 9x).

A lo largo de la faringe existen distintas vías para la salida del agua, las cuales se dirigen hacia las diez aberturas branquiales. En la parte superior y lados de la faringe forman una “coladera” compleja compuesta de cinco placas branquiales o rejillas de cartílago que eliminan la posibilidad de que un organismo de tamaño pequeño pueda escapar por las branquias. Las placas se encuentran cubiertas por

un material esponjoso. La parte superior de la faringe se abre y el alimento pasa al estómago cardíaco. Posteriormente, una sustancia líquida y viscosa pasa a través de un estómago pilórico, hacia el interior del intestino. Los objetos grandes que son tragados accidentalmente son expulsados del estómago cardíaco por medio de un proceso de regurgitamiento gástrico, en el cual el tiburón vacía su estómago volteándolo hacia fuera de forma que dicho objeto sale por la boca; posteriormente, el estómago recupera su forma y posición (García-García, 2001).

A nivel mundial existen países que capturan a este tiburón con fines de consumo debido a que su carne es de alta calidad, así como sus aletas, por lo que representa una especie importante en las pesquerías de países orientales. El mercado global de tiburón ballena es actualmente bajo. En algunas áreas la disminución en el tamaño poblacional de esta especie debido a las pesquerías es bajo. Se ha registrado una disminución en el número de tiburones ballena capturados en algunas regiones donde la pesquería sucede de manera estacional, como en Filipinas y las Islas Maldivas, lo cual indica que incluso una pesquería tradicional baja puede no ser sostenible. En Taiwán, Corea y Singapur, los productos comercializados de tiburón ballena incluyen las aletas, hígado y la carne. En India, existe una gran demanda de aleta de tiburón. Debido al gran tamaño de los tiburones ballena y de la docilidad que muestran, esta especie ha sido considerada como un blanco fácil para la explotación comercial (Nelson, 2004).

La información existente referente a la biología del tiburón ballena es escasa, sobre todo los estudios realizados en México, por lo que resulta de gran interés efectuar estudios sobre esta especie de tiburón, principalmente asociados a sus hábitos alimentarios, ya que las zonas de agregación son principalmente utilizadas en aguas mexicanas, como una zona de alimentación (Clark y Nelson, 1997 y Ketchum, 2003).

A nivel mundial el tiburón ballena está clasificado como una especie vulnerable y se encuentra ubicado en la lista roja de la Unión Mundial de la Conservación (IUCN). Se encuentra protegido en muchos países, en los cuales se incluye Australia, India, Filipinas, Malasia, Estados Unidos y Honduras (Duffy, 2002).

En el Golfo de California se tienen avistamientos frecuentes en Bahía de Los Ángeles, Bahía de La Paz y al sur de San José del Cabo (Wolfson, 1987). En Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz, debido a que son zonas conocidas como áreas importantes de agregación del tiburón ballena, se está realizando un proyecto de normatividad de observación del tiburón ballena derivado del estatus que tiene en la NOM 059-ECOL-02 de México que la define como especie amenazada en aguas mexicanas desde el 6 de marzo del 2002. En la última década la especie ha adquirido gran importancia turística (Ketchum, 2003).

Debido a que no es posible determinar los hábitos alimenticios de este tiburón basado en su contenido estomacal, se puede determinar su preferencia de hábitat trófico basado en métodos bioquímicos de análisis isotópicos de Carbono y Nitrógeno. Esta técnica ha sido utilizada con frecuencia en especies en protección para conservación como son mamíferos marinos, aves, etc.

La técnica de isótopos estables aporta información de la dieta asimilada por el depredador. La composición isotópica de los tejidos del consumidor refleja los hábitos alimentarios y representa lo que ha consumido un organismo, lo que permite suponer patrones probables de migración al alimentarse en diferentes áreas. Por lo cual en el presente estudio se analizó el tejido del tiburón ballena, así como las presas probables del zooplancton que consume en las zonas de mayor agregación de esta especie de tiburón en el Golfo de California.

Las mediciones de isótopos han sido utilizadas para establecer relaciones tróficas entre los organismos, al reflejar no solo los alimentos ingeridos sino también los asimilados en los tejidos de los organismos en el tiempo (Hobson *et al.*, 1996).

El uso de la técnica se basa en la discriminación metabólica entre el isótopo más pesado y el más ligero del mismo elemento (Walker y Macko, 1999). Los isótopos del nitrógeno se han empleado para definir los niveles tróficos de los organismos (Vander Zanden *et al.*, 1997); mientras que los isótopos del carbono se han usado como herramientas para identificar las fuentes de producción (Harrigan *et al.*, 1989).

De acuerdo a DeNiro y Epstein (1981) y Peterson y Fry (1987) existe un enriquecimiento de 3-5‰ en la retención de los isótopos de ^{15}N con cada incremento

sucesivo en el nivel trófico. En contraste, en el caso del ^{13}C el incremento es de 0-1‰ (DeNiro y Epstein, 1978). Por lo tanto, debido al mayor enriquecimiento de los isótopos de nitrógeno se permite su uso como un indicador de la posición trófica en una red trófica. Asimismo, los valores isotópicos del nitrógeno permite conocer la tendencia de la profundidad del origen de las presas (epipelágico, bentónico, mesopelágico); mientras que el carbono indica la contribución relativa de diferentes fuentes primarias potenciales a la dieta en una red trófica, permitiendo diferenciar entre terrestre y acuático, costero y oceánico (Rau *et al.*, 1992). En la figura 4 se representan los valores probables de isótopos de Carbono y Nitrógeno, la profundidad y el área (costero, oceánico).

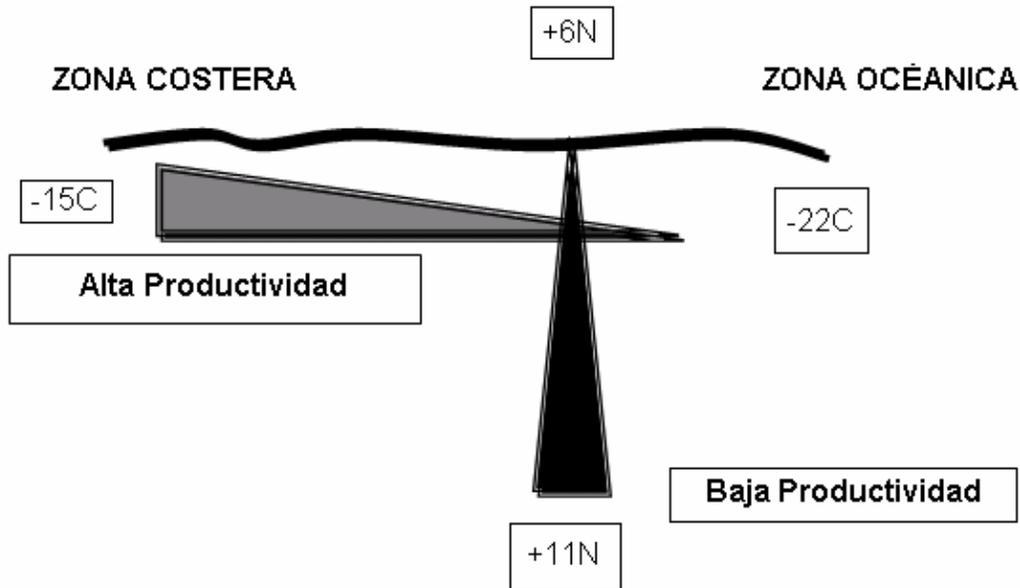


Figura 4. Hipótesis del gradiente de carbono y nitrógeno.

2. ANTECEDENTES

La literatura publicada a nivel mundial sobre tiburón ballena es extensa y consiste en su mayor parte de registros de avistamientos, informes de anécdotas, informes especulativos sobre los patrones de movimiento y distribución, así como de observaciones limitadas sobre la biología en general, comportamiento y alimentación.

Uno de los pioneros en realizar estudios sobre hábitos o preferencias alimenticias fue Gudger (1941), quien describe los hábitos alimentarios del tiburón ballena, así como las presas que consume esta especie. Muchas de las referencias fueron obtenidas por el autor a partir de observaciones realizadas por oficiales de barcos en varias regiones del mundo. Este autor indica que el tiburón ballena se alimenta de calamares, peces cirujanos, sardinas y atunes pequeños, asimismo comenta que las algas podrían ser parte de la dieta de este tiburón, aunque su presencia en los estómagos podría ser accidental.

En Australia, Taylor (1994) recolectó muestras de plancton mientras el tiburón ballena se alimentaba cerca del arrecife de Ningaloo. Al analizar las muestras encontró que se alimentaba principalmente del eufáusido *Pseudophasia latifrons* y de larvas de jaibas de la especie *Portunus pelagicus*. Taylor y Pearce (1999) realizaron un estudio en el mismo lugar y señalan que la Corriente de Ningaloo y la Corriente Leeuwinla al chocar generan un frente oceánico de las aguas de esta región, y así se mantienen biomasa elevadas de la comunidad planctónicas dentro del ecosistema de Ningaloo. Dicho frente quizá sea responsable de la cadena alimenticia altamente activa durante el otoño, el cual puede estar asociado a la presencia de tiburones ballenas. Asimismo, Wilson y Newbound (2001), en el área de Ningaloo, obtuvieron muestras fecales de dos tiburones ballenas. Las muestras presentaban en su mayoría restos de zooplancton, que fueron posteriormente identificados como restos pertenecientes al eufáusido *Pseudeuphasia latifrons*.

Wilson (2002), describe la forma en que el tiburón ballena captura las presas, principalmente el pez *Elops hawaiiensis* en Ningaloo, para lo cual el tiburón ballena se alimenta en posición estacionaria, con su cabeza justo por debajo de la

superficie y su aleta caudal en dirección hacia abajo en un ángulo de 45° aproximadamente.

Duffy (2002) en Nueva Zelanda observó que el tiburón ballena se alimentaba, usando el método alimentario por medio de succión estacionaria, depredando sobre cardúmenes de anchovetas *Engraulis australis*.

En México, Child *et al.* (2000), proponen que la presencia de tiburón ballena está relacionado con los desoves masivos de corales en el Golfo de México; mientras que en el Golfo de California, Nelson y Eckert (2000), mencionan que el área de Bahía de Los Ángeles, Baja California, es utilizada por el tiburón ballena como hábitat trófico e indican que los movimientos que realiza este tiburón dentro de la bahía están asociados a la abundancia y composición de plancton. Por otro lado, García-García (2001) realizó un estudio en la misma región y señala que la presencia del tiburón ballena está relacionada con la alta disponibilidad de biomasa zooplanctónica, en su mayor parte de copépodos, cuya presencia y abundancia es un factor que determina la presencia de la especie dentro de la bahía. En esta misma bahía, Hacoheh (2004), analizó una muestra correspondiente a Bahía de Los Ángeles y realiza un análisis zooplanctónico más específico y señala que el tiburón se alimenta principalmente de copépodos del género *Acartia* spp.

Desde hace varios años se tienen registros de la presencia del tiburón ballena en las aguas del Golfo de California, sobre todo en las aguas de la parte sur del Golfo, desde Cabo San Lucas hasta la Bahía de La Paz. Según varios autores (Clark y Nelson, 1997 y Ketchum 2003) en la Bahía de La Paz se registran dos picos de temporada (mayo a junio y octubre a noviembre). Clark y Nelson (1997) realizaron un censo en el mes de mayo y observaron un total de 6 tiburones. Posteriormente en Noviembre realizaron otro censo y observaron un total de 7 tiburones en un período de dos días de censo. Además, estos mismos autores realizaron observaciones de los hábitos alimentarios del tiburón ballena y cómo se alimentaba en zonas de alta concentración de plancton en la superficie del agua durante noviembre de 1993, en un área cercana a San Juan de la Costa. La alimentación se realizó en las áreas en las que había concentraciones de plancton y que contenían concentraciones elevadas de copépodos, en donde el 95% de la abundancia estaba compuesto por

Acartia clausi.

Posteriormente, Ketchum (2003), realizó un estudio de distribución y abundancia de tiburón ballena en la Bahía de La Paz y áreas adyacentes, así como aspectos sobre su ecología alimentaria y los factores fisicoquímicos que caracterizan el área de presencia del tiburón ballena. Durante este estudio el autor confirmó lo previamente señalado por Clark y Nelson (1997), y registró la presencia de dos temporadas de avistamiento de tiburón ballena en la bahía. Según los resultados obtenidos durante su estudio (1995-2002), este autor confirma la presencia de dos temporadas del tiburón ballena en la Bahía de La Paz (mayo a junio y de septiembre a noviembre). Durante el período de estudio este autor señala que la mayor abundancia relativa se presentó en los años 1996, 1998 y 1999 (4 ó más tiburones/100 mn), mientras que el resto de los años, la abundancia relativa fue menor a 4 tiburones/100mn. Por lo tanto las abundancias fluctúan año con año, y entre temporadas.

Ketchum (2003), señala que el tiburón ballena en la Bahía de La Paz presenta una segregación por talla, donde los juveniles están cerca de la costa; mientras que los adultos se distribuyen en áreas más oceánicas y dependiendo la abundancia del alimento, es la forma de alimentación que utilice; además señala que los adultos prefieren concentraciones de estadios larvarios del eufáusido *Nyctiphanes simplex*; mientras que los juveniles tienen preferencia por concentraciones de copépodos y larvas de crustáceos. Posteriormente, Hacoheh (2004) realiza un estudio sobre la abundancia y riqueza específica de presas preferenciales del tiburón ballena en Bahía de La Paz, B.C.S. y señala que la distribución del tiburón en esta bahía está asociada a grandes concentraciones de biomasa zooplanctónica, compuesta principalmente por copépodos, del género *Acartia* spp.

Aparte de de ser un complemento importante en los estudios de alimentación, los isótopos estables han resultado una herramienta útil para determinar patrones de migración.

Díaz-Gamboa (2004), realizó un estudio donde señala que la variación en la composición de isótopos estables es útil para distinguir los dos tipos de delfines

Tursiops truncatus encontrados en el Golfo de California. En este estudio se presentaron diferencias en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de individuos identificados como ecotipo costero (-12.9‰, SD=0.38) y como ecotipo oceánico (-15.7‰, SD= 0.39). Con ello se corroboró que los ecosistemas costeros presentan valores de ^{13}C enriquecidos en comparación con los ecosistemas oceánicos. Aunque no existieron diferencias significativas entre ecotipos para $\delta^{15}\text{N}$ costero (18.4‰, SD= 0.07) y oceánico (18.8‰, SD= 0.56), la posición trófica relativa de los tursiones oceánicos fue similar a la de los grupos de hembras y jóvenes de cachalote (*Physeter macrocephalus*) ($\delta^{13}\text{C}$ = -15.3‰, SD = 0.69, $\delta^{15}\text{N}$ = 19.3‰, SD = 0.65), con los cuáles se asocian, y además también reveló que los ecotipos costero y oceánico del delfín *Tursiops truncatus* en el Golfo de California se alimentan en un nivel trófico similar pero que derivan de diferentes ecosistemas.

Jaume (2004) analizó los hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. El análisis de indicó que la ballena se alimenta del eufáusido *Nyctiphanes simplex* en áreas cercanas a la costa durante la temporada fría, mientras que en temporada cálida presenta un mayor consumo de presas de nivel trófico mayor y se alimentan en zonas más alejadas de la costa observando un cambio de dieta del rorcual común entre temporadas. También sugiere en este estudio que la tasa de recambio de la piel es menor a 7 meses. Y por medio de la técnica de fotoidentificación así como de la señal de $\delta^{15}\text{N}$ de un organismo se pudo corroborar que las ballenas se desplazan entre la zona de La paz-Loreto y Bahía Kino con el fin de alimentarse.

Torres-Rojas (2006) observó que los valores de los isótopos son un buen indicador de la zona donde los tiburones martillo se están alimentando así como del nivel trófico que ocupan. De acuerdo a lo anterior, los juveniles *S. lewini* se alimentan en zonas cercanas a la costa donde existe una mayor diversidad de presas, y por consiguiente cadenas tróficas más largas y con mayor enriquecimiento de nitrógeno.

3. JUSTIFICACIÓN

La información biológica existente sobre el tiburón ballena es escasa, sobre todo los estudios realizados en México, por lo que es importante conocer su biología y ecología, principalmente referida a sus hábitos alimentarios, con la finalidad de aportar elementos biológicos para su conservación y recomendar medidas de manejo del recurso en el Golfo de California.

Por ejemplo, en el Golfo de California, se tienen avistamientos frecuentes desde Cabo San Lucas hasta Bahía de La Paz. En esta bahía, la temporada de mayor avistamiento es de Mayo a Junio y de Octubre a Noviembre (Clark y Nelson, 1997, Ketchum, 2003). Actualmente se está elaborando en esta zona un proyecto de normatividad de observación del tiburón ballena basado en diversos trabajos de investigación (Wolfson, 1897; Clark y Nelson, 1997; García-García, 2001, Ketchum, 2003 y Ramírez, 2005).

En Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz, las zonas de agregación de este tiburón están asociadas a los altos volúmenes de biomasa zooplanctónica que se presentan en ambas áreas y es quizá uno de los motivos que influye en la presencia de la especie en ambas bahías. Por lo tanto, es importante realizar estudios de alimentación en estas zonas de agregación del tiburón ballena para conocer acerca de la ecología trófica de esta especie en la zona de estudio.

Debido a que en México este tiburón se encuentra protegido y no es permitida su pesca, los estudios de alimentación se basan principalmente en restos fecales o análisis de arrastres de plancton. No obstante mediante la técnica de isótopos estables se puede conocer el origen (oceánico o costero) de su alimentación a largo plazo. Hasta la fecha no se tiene ningún estudio a nivel mundial que utilice la técnica de isótopos estables en tiburón ballena.

4. OBJETIVO

4.1. Objetivo General

Conocer la ecología trófica de los tiburones ballena basados en el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en diferentes áreas del Golfo de California.

4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la distribución temporal del tiburón ballena en las tres áreas del Golfo de California.
- Comparar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tiburones ballena en tres áreas del Golfo de California.
- Comparar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre épocas de agregación y entre 2004 y 2005
- Comparar los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en tiburones adultos y tiburones juveniles.
- Comparar los valores de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de arrastres planctónicos (presas) y de tejido del tiburón (consumidor).

5. ÁREA DE ESTUDIO

Las áreas de muestreo para el estudio fueron: Bahía de Los Ángeles (BLA), Bahía de La Paz (BLP) y Banco Gorda (BG) (Fig. 5).

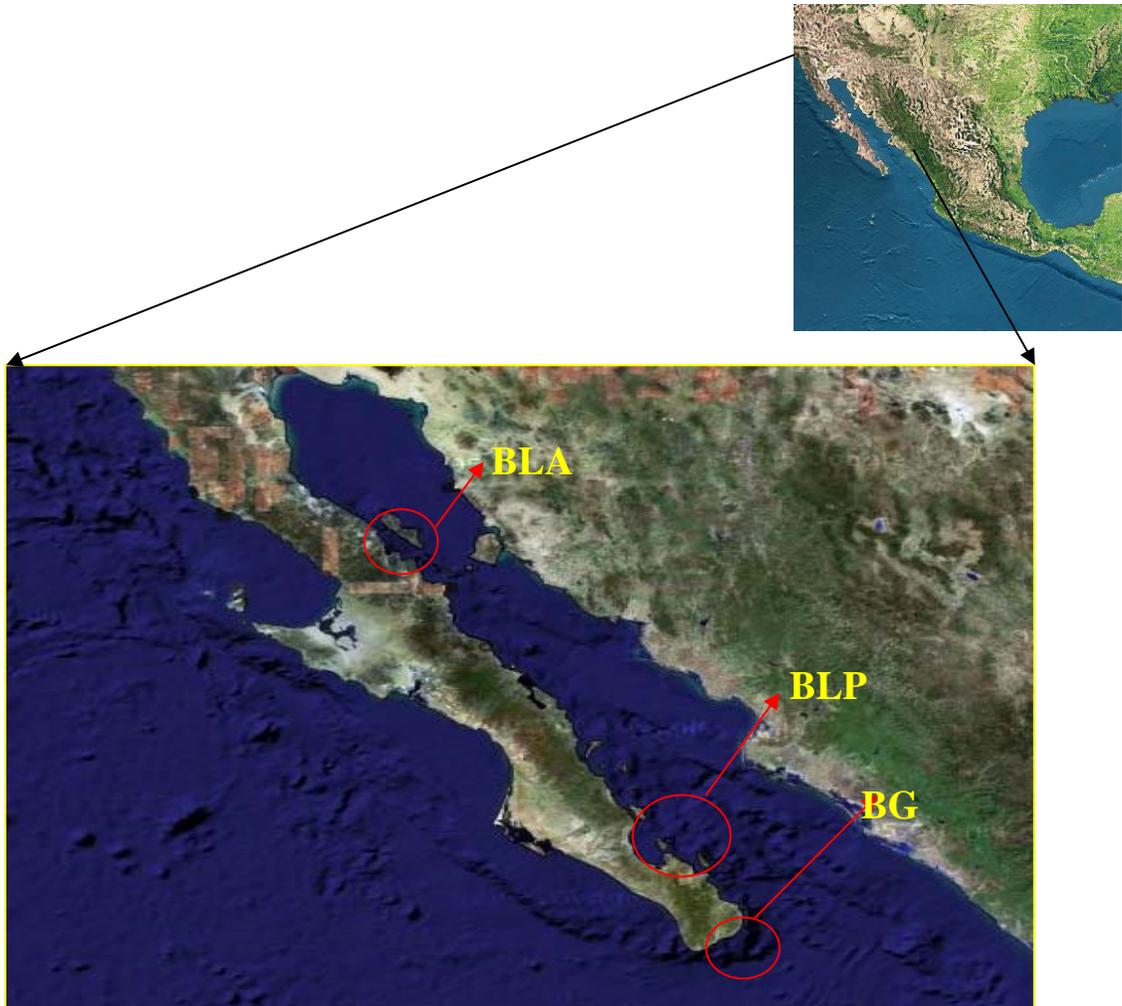


Figura 5. Área de estudio (BLA= Bahía de Los Ángeles, BLP= Bahía de La Paz y BG= Banco Gorda)

Bahía de Los Ángeles. Se encuentra situada en la costa oriental de Baja California, México, frente a la Isla Ángel de La Guarda, entre $28^{\circ} 90'$ y $29^{\circ} 10'$ N y entre $113^{\circ} 30'$ y $113^{\circ} 60'$ W. Es una bahía abierta hacia el Golfo de California y tiene amplia comunicación con el Canal de Ballenas. Sus dimensiones son de 16 Km. de largo por 6.4 km en su parte más ancha (Fig. 6) (García-García, 2001).



Figura 6. Bahía de Los Ángeles, B. C.

El fondo marino de esta bahía tiene forma de cuenca, con una ligera inclinación de oeste a este (Lozano-Oaxaca, 1990). La costa está bordeada por una pequeña trinchera de 1-2 m de profundidad. La mitad norte de la bahía tiene aguas someras con 50 m de profundidad máxima. La mitad sur entre Punta Arena y Punta Roja tiene una profundidad promedio de 35 m. El tipo de sedimento existente en el fondo se relaciona con la profundidad de la columna de agua. En la sección oeste y sur, el fondo de la bahía presenta arenas grises, desde la costa hasta profundidades de 20-35 m, cieno aluvión en profundidades mayores a los 35 m y una franja de aluvión negro combinado con arenas en el margen (Lozano-Oaxaca, 1990).

Al norte y sur de los canales de Ballenas y Salsipuedes, los umbrales submarinos limitan la comunicación a las aguas superficiales. Estas características hacen que la zona se comporte como una cuenca de características oceanográficas especiales.

La combinación de una topografía submarina compleja, movimientos de masas acuáticas intensos y el viento, convierten a esta región de los canales de Ballenas y Salsipuedes en uno de los ecosistemas productores de energía más importantes del Golfo de California (Álvarez-Borrego, 1983). Esto se debe a que entre las islas y la península de Baja California hay cañones submarinos de más de 1 km de profundidad, en los cuales el agua circula a gran velocidad con cada cambio de marea. El intervalo de mareas es de hasta 4 m, generando fuertes corrientes de hasta 3 metros por segundo al circular por este estrecho y profundo canal. Los vientos provenientes de las sierras costeras aumentan la fuerza y turbulencia de las corrientes marinas superficiales. Esta turbulencia mezcla verticalmente las aguas frías y ricas en nutrientes, las cuales afloran a la superficie dando como resultado una productividad extraordinariamente alta (Álvarez-Borrego, 1983).

La Bahía de los Ángeles se encuentra comunicada con el Canal de Ballenas, por lo que sus características oceanográficas están influenciadas por el canal. La amplitud de la boca de la bahía permite el libre movimiento de agua entre ambos cuerpos de agua. Los intervalos de temperatura del agua en el canal son aparentemente los extremos registrados para zonas de latitudes templadas. Las temperaturas oscilan en promedio entre los 14 °C en febrero y 30 °C en agosto. Los intervalos de salinidad son normales para la zona, con una ligera hipersalinidad en las aguas de la capa de los primeros 10 m, causada por la evaporación durante los meses del verano. Uno de los resultados de la extensa mezcla vertical debida a las mareas y la estratificación de la columna de agua, son las temperaturas bajas y las altas concentraciones de nutrientes en las aguas superficiales (Enríquez *et al.*, 2002)

. Amador-Buenrostro *et al.* (1991) realizaron un estudio de la circulación inducida por el viento y la marea dentro de la bahía a través de la aplicación de un modelo de simulación numérica. Los resultados de este estudio representan la mejor

información que se tiene a la fecha sobre las corrientes en esta localidad. De acuerdo a este estudio, la amplitud de la boca de la bahía y su batimetría hace que las corrientes de marea en esta bahía no sean muy fuertes y la circulación se debe principalmente al viento. De acuerdo a esto, se definen tres condiciones anuales que determinan la circulación en Bahía de los Ángeles, y se considera que tienen una influencia fundamental en la distribución de nutrientes a lo largo del año:

1. **Condición de invierno (norte y noroeste).** Durante esta época los vientos dominantes son del norte y noroeste. En esta época se tiene una circulación de agua con entrada principal por el canal del norte entre punta La Gringa e Isla La Ventana, con flujo hacia el suroeste paralelo a la costa, que se extiende hasta El Rincón (en el extremo sur de la bahía) y tiene salida de la bahía por el canal sur, entre la Isla Cabeza de Caballo y Punta Roja.
2. **Condición de verano.** Se presentan vientos dominantes del este y del sureste, esta condición se caracteriza por una circulación con entrada por el canal sur, la cual se divide en dos secciones, una que se dirige hacia el oeste y la otra hacia el sur, circulando por toda la bahía. Este tipo de circulación induce un flujo prácticamente invertido con respecto a la parte central-norte, entre Isla La Ventana y la costa.
3. **Condición de primavera y otoño.** Son épocas con grandes variaciones en la dirección e intensidad del viento, con largos periodos de calmas dominados por brisas. La circulación forzada por el viento del oeste es similar a la del invierno, con la entrada de agua por el canal norte y la salida por el canal sur. En este esquema de corrientes se presentan tres áreas de flujo de baja intensidad: una en la ensenada La Gringa, con un giro ciclónico (en el sentido de las manecillas del reloj) muy amplio, otra, con giro ciclónico frente al poblado, protegido por una barra arenosa, y la última ocupa una gran franja desde la Isla La Ventana hasta la mitad de la bahía.

Bahía de La Paz. Se ubica en la zona sur occidental del Golfo de California. Se localiza cerca de la punta de la península de Baja California entre los 24°10' a 24°47' N y 110°20' a 110°44' W. Esta limitada al norte por la Isla San José, al sur por

la Ensenada de La Paz y la barra arenosa conocida como El Mogote y al oriente por las islas Espíritu Santo y La Partida (Reyes-Salinas, 1999) (Fig. 7). La Bahía de La Paz esta comunicada al Golfo de California por el canal de San Lorenzo y obtiene el flujo y reflujo de las aguas que inundan las lagunas costeras localizadas en el sur de la región (De Silva-Dávila y Palomares-García, 2002).

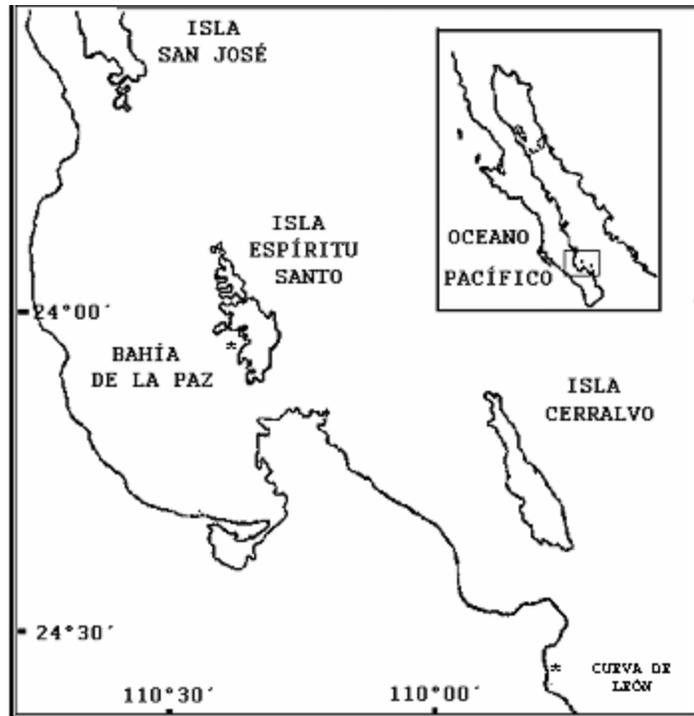


Figura 7. Bahía de La Paz, B.C.S.

Se distinguen dos estaciones principales: (verano e invierno) y otras dos transicionales (primavera y otoño) según las condiciones hidrográficas (Jiménez-Illescas, 1996). Durante el otoño se presentan las temperaturas máximas, así como condiciones de estratificación y una termoclina profunda; mientras que durante invierno se observan temperaturas menores y el rompimiento de la termoclina y la presencia de una columna de agua homogénea (De Silva, 1997). Durante el invierno la dirección principal de los vientos es del noroeste y norte con velocidades medias entre 2 y 3 m/s. En ocasiones los vientos dominantes del noroeste alcanzan una intensidad media de 4m/s y rachas cercanas a 10m/s. En el verano los vientos que presentan una mayor frecuencia son los que tienen una componente sur con

intensidades medias de 2 a 3 m/s. Los períodos de primavera y otoño son considerados como estaciones de transición debido a que en la primera los vientos superficiales comienzan a presentar una componente sur y en el segundo la dirección vuelve a ser predominante del norte (Reyes-Salinas, 1999).

La bahía presenta un régimen de mareas de tipo semidiurno. Las velocidades máximas de marea se encuentran en: la Ensenada de La Paz (70cm/seg.) y en la parte norte de la Isla Partida (30cm/seg.), que funciona también como un canal de circulación (Reyes-Salinas, 1999). En cuanto a la batimetría, la Bahía de La Paz se divide en dos zonas delimitadas por la isobata de los 200 m. Los ambientes oceánicos se encuentran hacia la región norte de la bahía, donde se presenta una cuenca profunda de más o menos 410 m y un área nerítica poco profunda (<40m de profundidad) en la porción sur (Cruz Orozco *et al*, 1996). De la misma manera también se ha propuesto la regionalización de la bahía basada en la productividad primaria según Reyes-Salinas (1999), la cual divide a la bahía en tres zonas: someras (<50 m), intermedia (50-360 m) y profunda (360-400 m).

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1. Trabajo de campo

6.1.1. Censos

Se realizaron censos de tiburones ballena en el área de Bahía de La Paz durante los meses de mayo, junio, agosto septiembre, octubre, noviembre y diciembre del 2004 y 2005 en áreas conocidas como zonas de agregación de tiburón ballena (Wolfson, 1987; Clark y Nelson 1997). En Bahía de Los Ángeles los censos se realizaron en los meses de septiembre y octubre del año 2004 y octubre del año 2005. Para el área de Banco Gorda se realizaron censos en junio del año 2005 y mayo y junio del 2006.

Para los censos se utilizó una lancha de 8 m de eslora con motor fuera de borda. Se navegó a una velocidad moderada (5-7 nudos) en las zonas conocidas como puntos de agregación de tiburón ballena.

6.1.2. Búsqueda y avistamiento

La búsqueda se realizó con 2 a 4 observadores, los cuales buscaban al tiburón ballena en la superficie del mar. Para ubicar el tiburón ballena, se buscó en la superficie la presencia de dos aletas que sobresalieran de la superficie (aleta dorsal y caudal) o una sombra en el agua. Para la búsqueda se utilizaron binoculares (Nikon-Oceanpro 10x50) o a simple vista y los censos se realizaron desde las 8:00 hasta las 17:00 horas aproximadamente. La búsqueda se realizó cuando las condiciones del mar lo permitían (con condiciones de mar 0 a 3 en la escala de Beaufort).

En caso de avistar un tiburón ballena, la embarcación redujo la velocidad (2-3 nudos) para acercarse al tiburón. Posteriormente se procedió a marcar su posición de avistamiento, por medio de un geoposicionador satelital (GPS-Garmin) y posteriormente uno o dos buzos con equipo básico de buceo se aproximaban al tiburón ballena para medir el tamaño (longitud total, LT), altura de la primera aleta dorsal (D1H), sexo, marcas en el cuerpo (cicatrices, patrones de coloración) y comportamiento (si se encontraba en tránsito por el área o estaba alimentándose).

Se tomaron fotos y video de cada individuo y se registro el comportamiento del tiburón ballena durante el avistamiento. Además se registró la temperatura superficial del mar (TMS °C) en el sitio de avistamiento con la ayuda de un termómetro, con el fin de analizar los avistamientos de tiburones ballena con la temperatura del agua, por medio de mapas de distribución utilizando el programa Surfer (versión 8.0).

Para el análisis de isótopos estables, fueron extraídas biopsias de tejido de cada uno de los tiburones ballenas con la ayuda de un arpón hawaiano modificado con una punta especial para la colecta de las muestras de tejido. Una vez extraídas las biopsias, se colocaron en viales y se mantenían en hielo hasta llegar al laboratorio, donde se preservaban congeladas a una temperatura de -80°C.

6.1.3. Recolecta de plancton

Para comparar los valores de isótopos estables de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ y $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ entre el tiburón ballena (consumidor) y su presas potenciales (plancton) se realizaron recolectas de plancton (zooplancton y fitoplancton) por medio de arrastres superficiales durante 5 min. a 1.5-2 nudos de velocidad. En Banco Gorda se recolectó langostilla (*Pleuroncodes planipes*), ya que al parecer el tiburón se alimenta de este crustáceo cuando se encuentra en la superficie.

Se utilizó una red convencional de plancton de 333 μm de luz de malla, 60 cm de diámetro de boca y 1-1.5 m de largo en el caso del zooplancton y para el fitoplancton se realizaron arrastres superficiales con una red de 60 μm de luz de malla. Los arrastres se realizaron desde una lancha de 6-7 m de eslora con motor fuera de borda.

Simultáneamente se tomaron registros de la temperatura superficial, y se registraron las condiciones del tiempo (velocidad y dirección del viento) y del mar (escala Beaufort).

Durante los arrastres se procuró mantener la lancha a una distancia adecuada del tiburón ballena para evitar cambiar las actividades normales del tiburón ballena. Asimismo se realizaron arrastres de plancton en los meses en los cuales no esta presente el tiburón ballena.

Las muestras se filtraron con filtro de 0.05 mm con el fin de eliminar la mayor parte de agua posible y posteriormente se depositó una parte de la muestra de zooplancton en viales. Además se colocaron submuestras de las mismas recolectas en bolsas de plástico con el fin de tener muestras de reserva. Una vez colectadas las muestras se colocaron en hielo hasta llegar al laboratorio y conservar las muestras a una temperatura de -80 °C.

6.2. Trabajo de Laboratorio

El procedimiento para el análisis de isótopos estables se realizó en dos fases. En el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) se realizó la extracción de lípidos de las muestras; mientras que en la segunda fase las muestras fueron enviadas a la Universidad de Davis, California, donde se realizó el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en un espectrómetro de masas de razones isotópicas (IRMS).

6.2.1. Lavado de material

Las muestras se mantuvieron congeladas en los viales y fueron debidamente etiquetadas en el congelador (-80°C) del CICIMAR. Posteriormente, cada una de las muestras se lavó con solución acetona-metanol proporción 1:1.

6.2.2. Liofilización

Para el análisis isotópico, las muestras se liofilizaron a -50 °C a una presión entre 50 y 70 MBARES durante 24 hrs. en una liofilizadora marca Benchtop en el Laboratorio de Metabolismo de Lípidos del CIBNOR en La Paz, Baja California Sur.

6.2.3. Extracción de lípidos

Las muestras de tiburón ballena fueron sometidas a la extracción de lípidos, debido a que los lípidos están disminuidos en ^{13}C y por la misma razón el $\delta^{13}\text{C}$ tenderá a ser menor en muestras con un alto contenido de lípidos (DeNiro y Epstein, 1977). Para la extracción de lípidos en tejido se colocó cada muestra con 25 mililitros de solución cloroformo-metanol 1:1 con temperatura y presión controlada en un

horno de microondas (Microwave Assisted Extraction-MAE modelo 1000) durante 1 hora. Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Química del CICIMAR. Las muestras libres de lípidos se secaron en un horno a 45° C. durante 24-48 hrs. dependiendo del tiempo necesario para eliminar todo el solvente de cloroformo-metanol. En el caso del plancton se decidió no extraer los lípidos en base a que se infiere que el tiburón ballena aprovecha los lípidos presentes en el plancton. Además, para el análisis de isótopos estables, se decidió analizar las muestras de plancton completa (no separar por grupos de plancton o por especies) porque se infirió que el tiburón no está realizando selección alguna del alimento cuando se está alimentando del parche de plancton.

6.2.4. Homogenización y encapsulado

Las muestras se homogeneizaron y se maceraron en un mortero de ágata. Una vez molida la muestra, el mortero fue lavado con agua destilada y solvente para evitar la contaminación de las siguientes muestras.

Las muestras pulverizadas se pesaron en una balanza analítica en el Laboratorio de Química del CICIMAR con una precisión de ± 0.001 g. Cada una de las muestras (tejido o plancton) se colocaron en micro-cápsulas de estaño (8x5 mm). Las muestras se encapsularon amoldando las cápsulas de modo que las muestras no tuvieran contacto con el aire atmosférico y fueron colocadas cada una de las muestras en un porta cápsulas para enviarlas al laboratorio de isótopos estables del Departamento de Agronomía en la Universidad de Davis, California (E.U.A.) para su análisis en el espectrofotómetro de masas (EMRI) (20-20 espectrómetro de masas, PDZEuropa, Scientific Sandbach, United Kingdom, UK) con el fin de cuantificar el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$, la cual cuenta con una precisión por corrida de 1.0 ppm.

Las razones de isótopos estables de la muestra y de los estándares con los que son comparados, se expresan como δ (delta) en partes por mil (‰).

La fórmula empleada según Park y Epstein (1961) es:

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

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 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$. Los estándares empleados fueron nitrógeno atmosférico para $\delta^{15}\text{N}$ y una calcita fósil llamada Pee Dee Belemnita (PDB) para el $\delta^{13}\text{C}$.

Al realizar la lectura de isótopos estables en el espectrofotómetro de masas, se obtiene un valor isotópico relativo por muestra. En este trabajo solo se muestran las medias y desviaciones estándar de los valores isotópicos encontrados.

Para confirmar la extracción exhaustiva de lípidos y como indicador de homogeneidad bioquímica de las muestras, se gráfico $\delta^{13}\text{C}$ contra la relación C/N, debido a que teóricamente se espera que al hacer una extracción exhaustiva de lípidos los valores de la relación C/N fluctúa en 2.9, lo cual representa proteínas puras (McConnaughey y McRoy, 1979), e indica la variación en el valor de $\delta^{13}\text{C}$ y la actividad del tiburón (Carlson *et al.* 2004). En caso de que la extracción de lípidos no haya sido exhaustiva, los valores de la relación C/N tenderían a ser mayores.

Al realizar el análisis de isótopos estables, se compararon gráficamente los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre localidades, sexo, grupos de tallas de juveniles (para lo cual se dividieron en 3 intervalos de talla), entre juveniles y adultos, temporada de avistamiento y meses del año, así como entre depredador y presas. Para evaluar sus diferencias se realizó una prueba T de student.

7. RESULTADOS

7.1. Avistamientos en cada localidad y su distribución temporal.

7.1.1. Avistamientos en Bahía de Los Ángeles

Los avistamientos realizados para el área de Bahía de Los Ángeles corresponden al mes de octubre del año 2004. En el año 2005 no se presentó la temporada de tiburón ballena en dicha bahía. Se avistaron en total once tiburones ballena y todos los individuos son considerados juveniles debido a que ninguno de ellos presenta tallas mayores a 9 m de longitud total. De los once tiburones avistados, se determinó el sexo de cada uno de los individuos y se obtuvieron en total 5 muestras de tejido de tiburones macho y 6 de tiburones hembras. (Fig. 8).

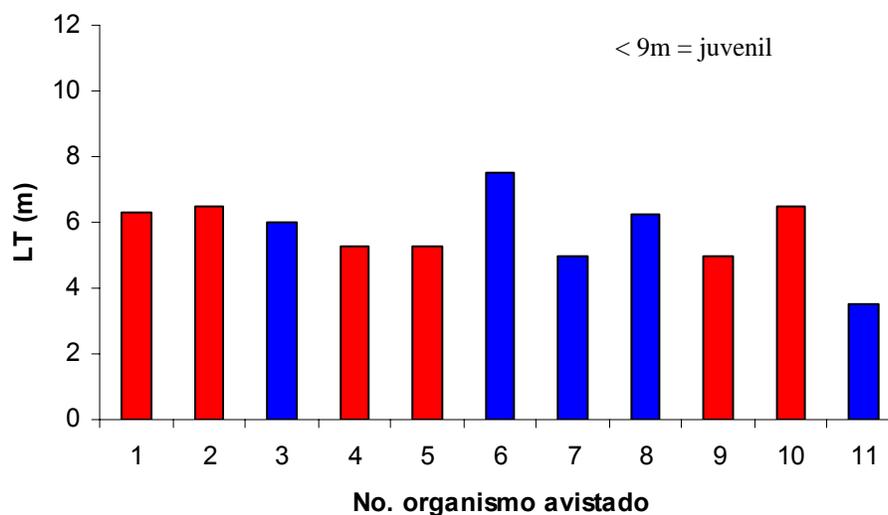


Figura 8. Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de los Ángeles durante octubre de 2004 (barras rojas= hembras, barras azules=machos).

7.1.2. Avistamientos en Bahía de La Paz

En Bahía de La Paz se analizaron 36 muestras de tejido de tiburón ballena. Todas las muestras pertenecen a individuos juveniles debido a que ninguno de ellos presenta tallas mayores a 9 m. De las 36 muestras obtenidas 6 corresponden a hembras juveniles y 1 una muestra corresponde a una hembra la cual no pudo ser medida, pero fue un organismo juvenil por su tamaño calculado. Además 26 muestras corresponden a machos juveniles (<9 m) y una muestra corresponde a un macho que no pudo ser medido. Dos muestras corresponden a tiburones en los cuales no fue posible determinar la longitud total ni el sexo. No obstante con base a la observación y comparación con la longitud de la embarcación se registró que la longitud total era menor a 9 m (Fig. 9).

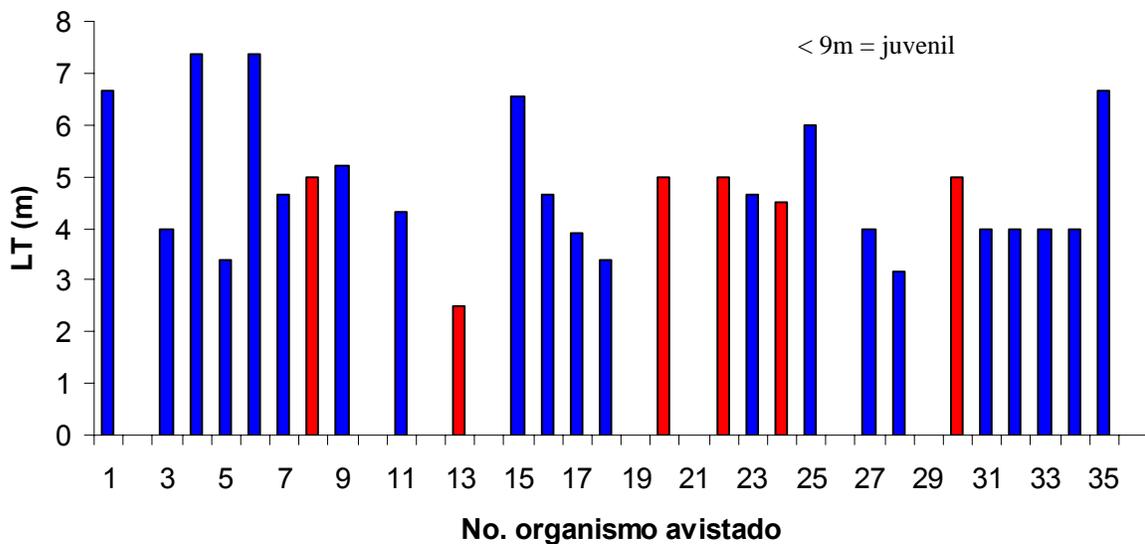


Figura 9. Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de La Paz durante octubre del año 2004 (barras rojas= hembras, barras azules=machos, espacio libres en eje x = sexo y longitud no registrada).

7.1.2.1. Distribución temporal en Bahía de La Paz

En Bahía de La Paz se presentaron dos picos de temporada durante el período de estudio. El primer pico, de menor importancia se presenta en los meses de abril y descende en mayo. No obstante, durante el período de estudio el primer pico de temporada fue relativamente bajo con solo 3 avistamientos en el mes de abril y 2 en el mes de mayo. El segundo pico y de mayor importancia se presenta en los meses de septiembre a diciembre, con mayor número de avistamientos en los meses de octubre y noviembre. Por lo tanto se observa que existen dos temporadas de avistamientos de tiburón ballena en la Bahía de La Paz (Fig. 10).

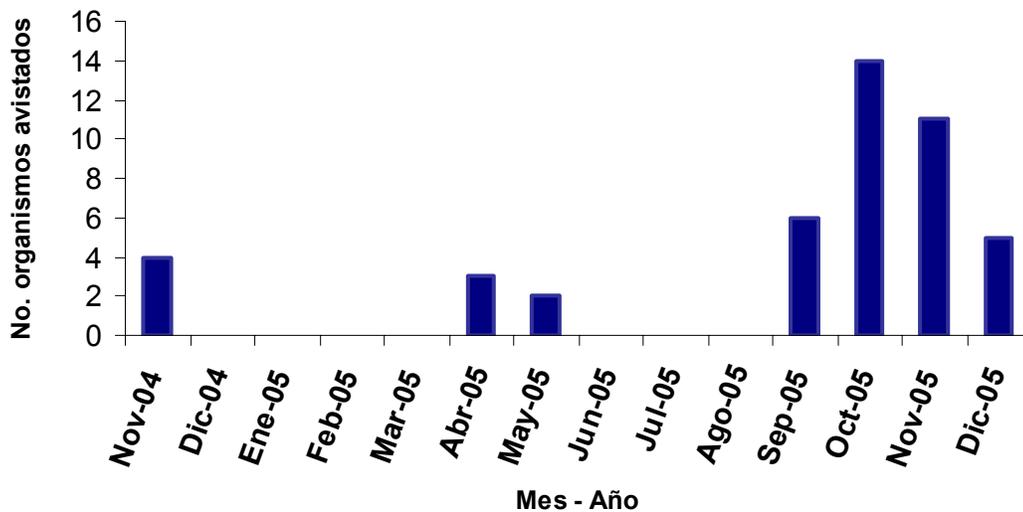


Figura 10. Distribución temporal de tiburones ballena avistados en la localidad de Bahía de La Paz durante el período de estudio (noviembre 2004 a diciembre 2005).

7.1.3. Avistamientos en Banco Gorda

Para el área de Banco Gorda se avistaron un total de 12 organismos para el período de mayo y junio del año 2005 (Fig. 11). De los 12 organismos avistados solo se cuenta con 6 muestras de tejido de tiburón ballena. Esto se debe a que no se pudo tomar biopsias de todos los organismo ya que estos permanecieron en superficie (donde eran visibles) durante muy poco tiempo. No obstante todos los organismos avistados eran adultos, hembras, (Fig. 12) y aparentemente grávidas, suposición que se hace ya que presentaban la parte de la cloaca inflamada.

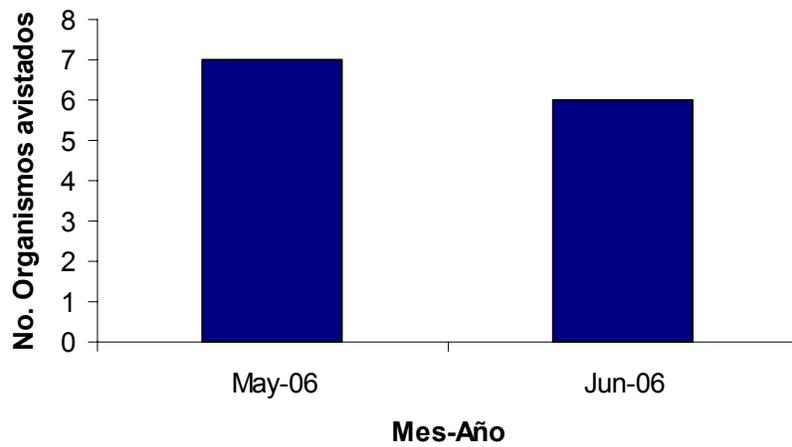


Figura 11. Número de avistamientos de tiburones ballena hembras en el área de Banco Gorda durante los meses de mayo y junio del año 2006.

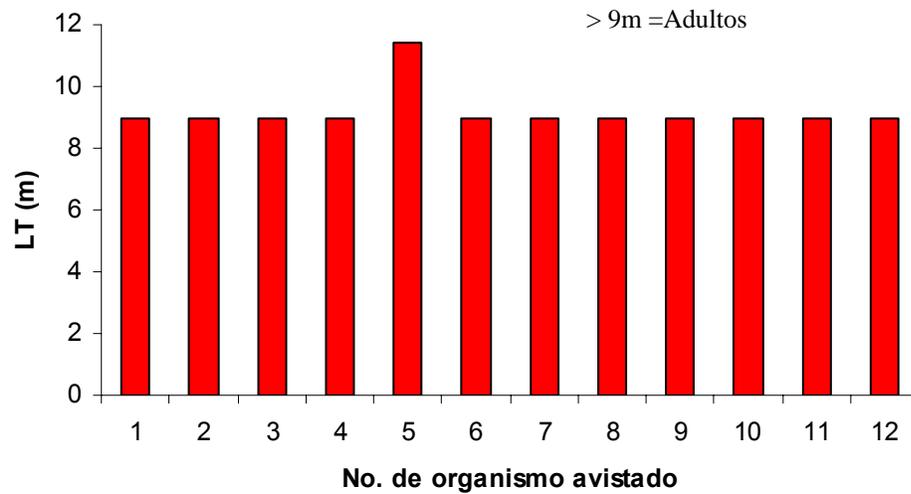


Figura 12. Longitudes totales (LT) de cada uno de los tiburones ballena hembras avistados en la localidad de Banco Gorda.

7.2. Distribución de los individuos en relación a factores ambientales (TSM)

7.2.1. Avistamientos de tiburones ballena en el área de Bahía de los Ángeles

Todos los tiburones ballena fueron avistados a una temperatura de 24°C por lo que no se pudo construir un gradiente de temperatura (Fig. 13).

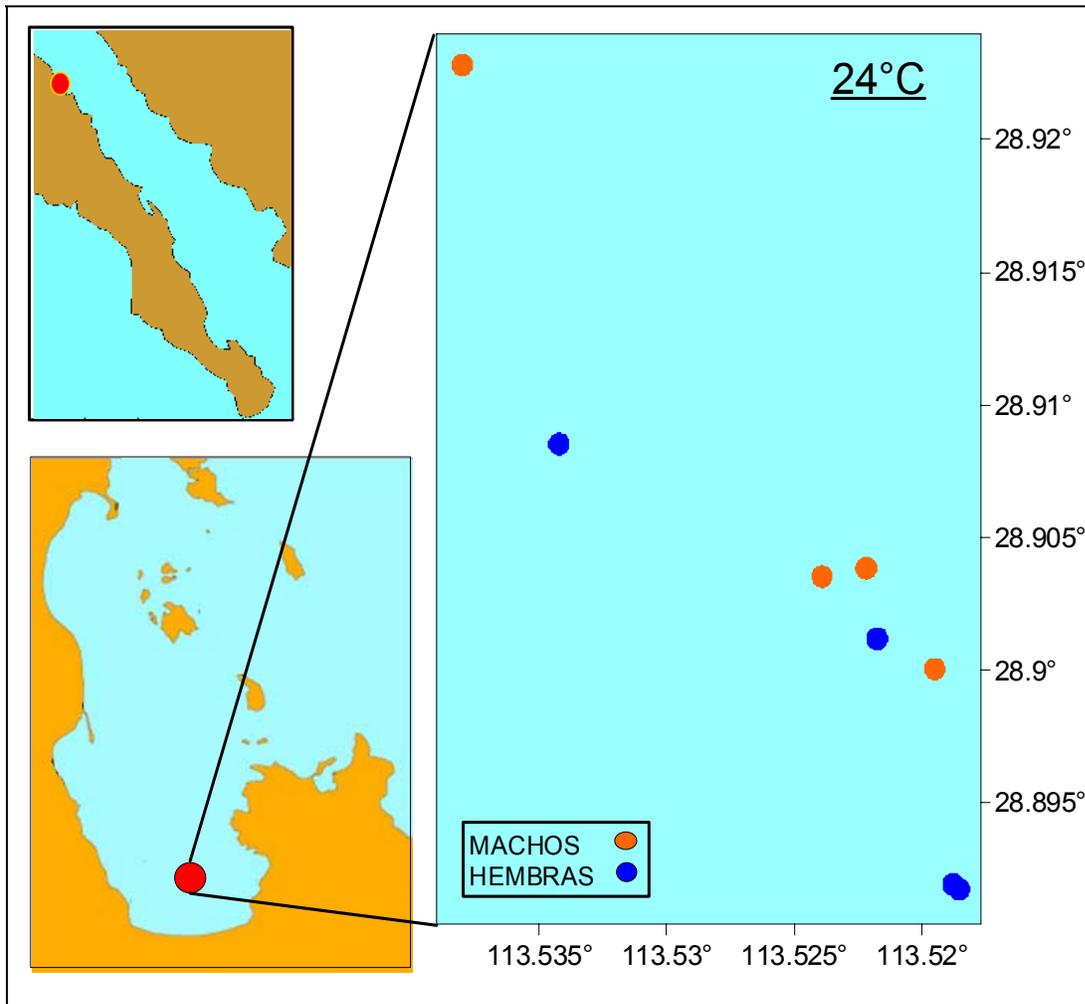


Figura 13. Distribución de los tiburones ballena avistados en Bahía de Los Ángeles.

7.2.2. Avistamientos de tiburones ballena en el área de Bahía de La Paz.

Todos los tiburones fueron avistados en la región sur de la bahía, cercanos al área del Mogote, están asociados a aguas costeras. Se avistaron tanto machos como hembras, pero en su mayor parte machos (Fig. 14).

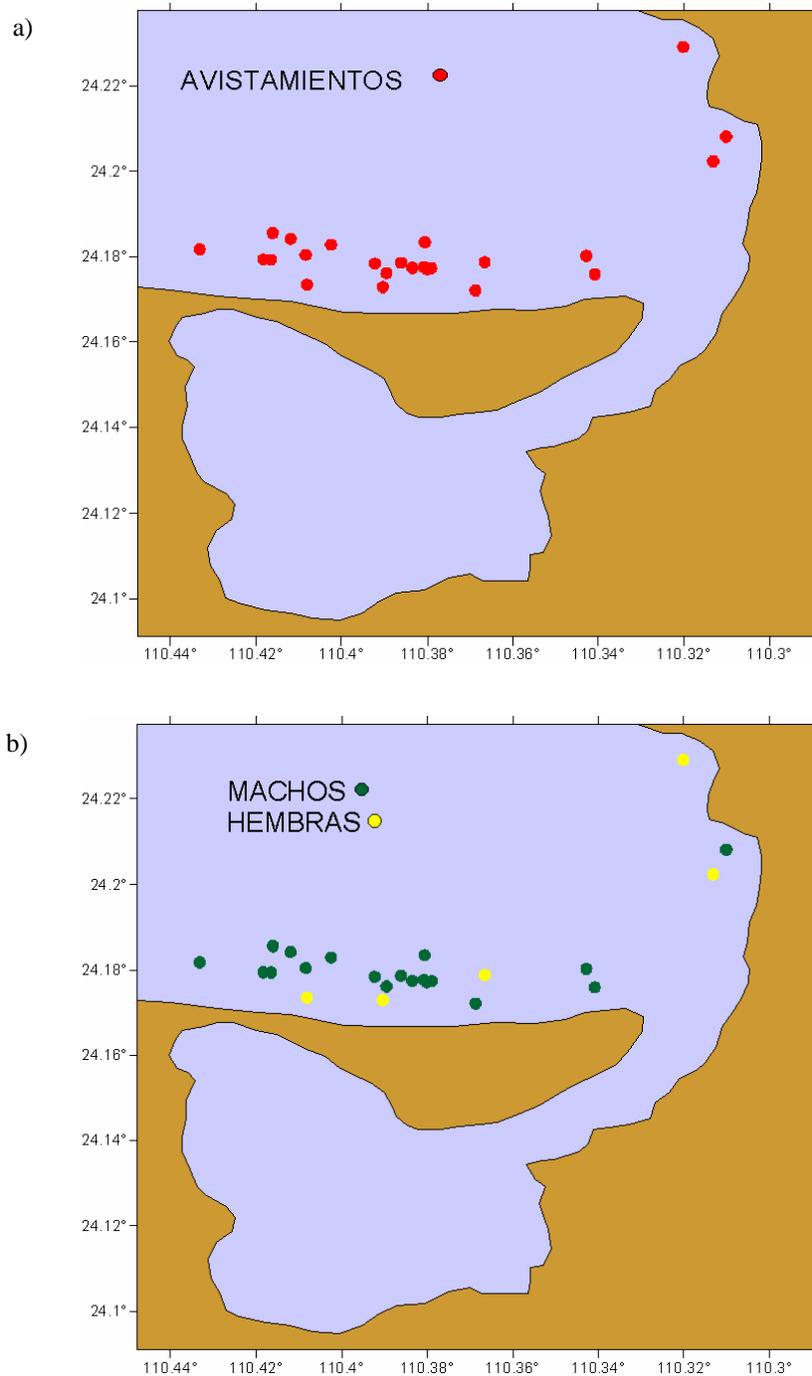


Figura 14. Distribución de los tiburones ballena avistados en la región de la Bahía de La Paz; a) Distribución general de los tiburones ballena avistados cercanos a la región del Mogote, b) Distribución por sexo de los tiburones ballena avistados cercanos a la región del Mogote.

En cuanto a la distribución que presentaron los tiburones ballena en esta área, la mayoría de los tiburones se encontraban alrededor de la isoterma de los 27° C, y algunos tiburones a temperaturas menores (24°-25°C) (Fig. 15).

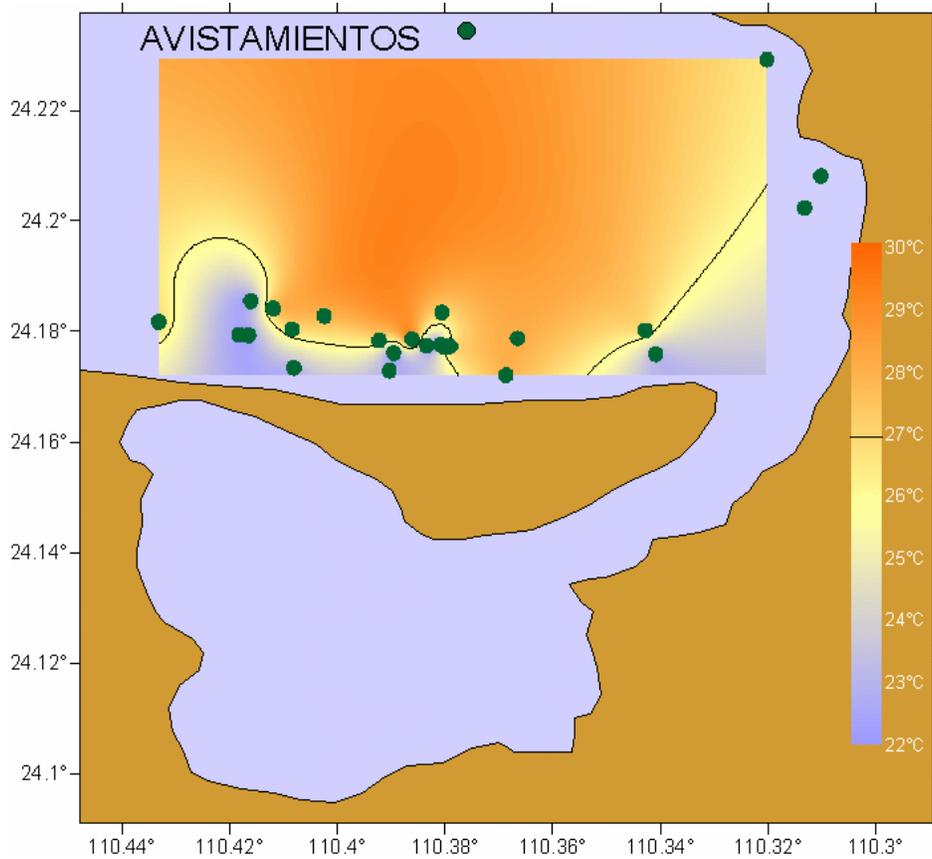


Figura 15. Distribución de los tiburones ballena avistados en el área de Bahía de La Paz en relación a la temperatura del agua.

7.2.3. Avistamientos de tiburones ballena en el área de Banco Gorda en relación a la temperatura

En el área de Banco Gorda, los tiburones ballena se distribuyeron a lo largo del gradiente de temperatura, pero la mayoría se encontraban en la isoterma de los 25° C (Fig. 16).

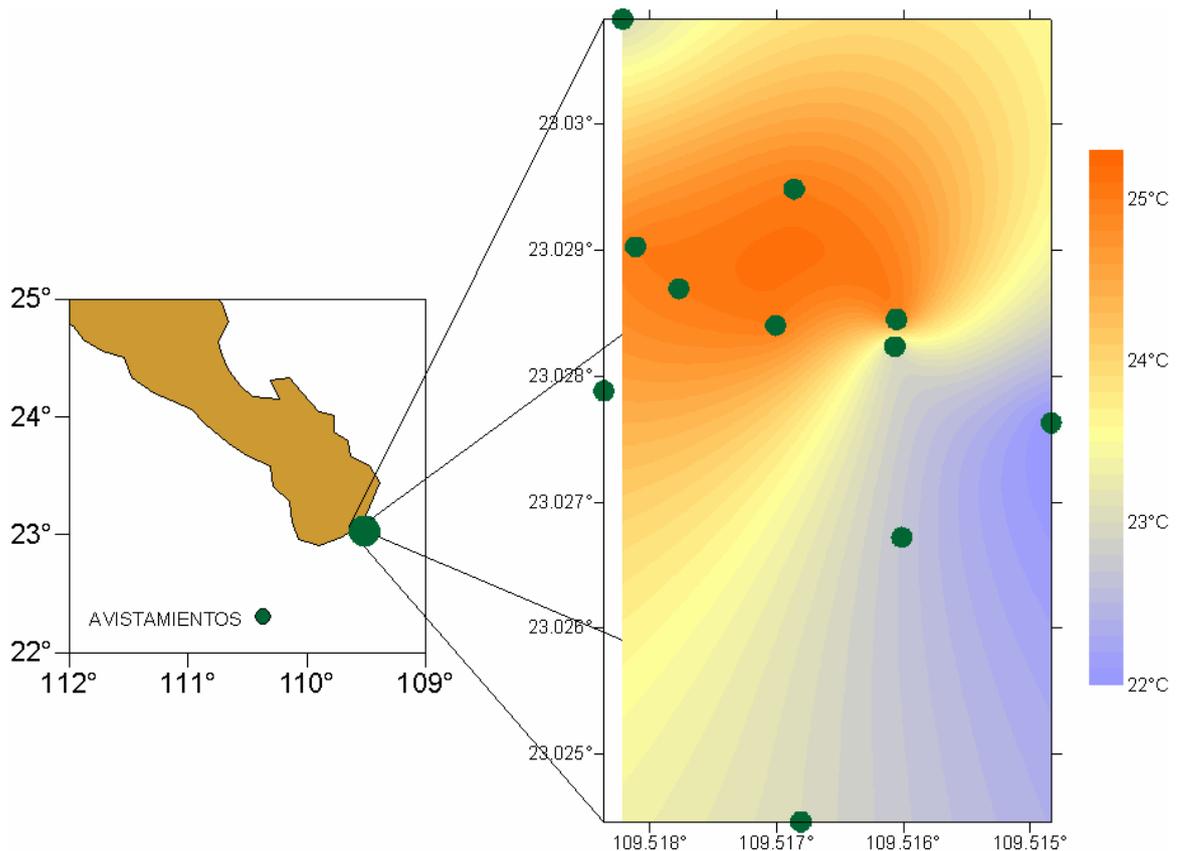


Figura 16. Distribución de tiburones ballena en el área de Banco Gorda en relación a la temperatura.

7.3. Análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno.

7.3.1. Relación C/N

Se realizó un análisis de relación C/N con el fin de determinar si la extracción de lípidos fue exhaustiva. Los valores de la relación C/N de tejido músculo oscilaron en un intervalo de 1.89 a 2.87, siempre por debajo del valor teórico de proteína pura (Fig.17). Con base en los resultados (valores <3), la extracción de los lípidos fue exhaustiva y los valores de $\delta^{13}\text{C}$ registrados en el tejido del tiburón ballena para este estudio reflejan los movimientos que realiza el tiburón en el área de estudio.

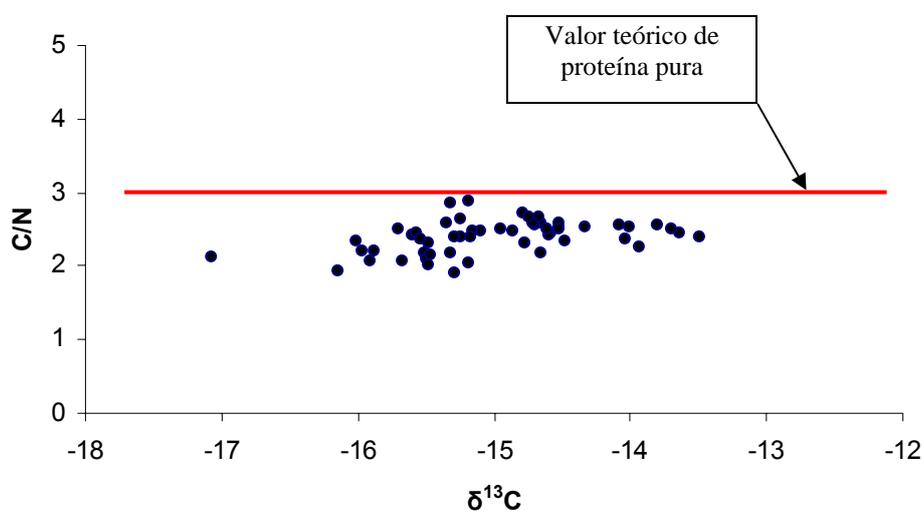


Figura 17. Relación entre C/N y la razón de isótopos estables de carbono en tejido de tiburón ballena.

8.3.2. Comparación entre localidades (BLP, BLA y BG)

Se comparó las áreas de BLA y BLP, ya que en ambas bahías se distribuyen tiburones juveniles, y en ambas bahías tienen preferencias alimentarias similares. Al comparar los valores isotópicos entre localidades (BLA vs. BLP) se encontró diferencias significativas para $\delta^{13}\text{C}$ ($t = -2.318$, 46 g.l. $P = 0.025$) mientras que para el $\delta^{15}\text{N}$ no se encontró diferencia significativa ($t = -1.61$, 46g.l. $P = 0.112$ respectivamente). En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ el valor máximo para Bahía de La Paz (BLP) fue de -13.49‰ , mínimo de -17.07‰ y una media de -15.11‰ . Mientras que los valores $\delta^{15}\text{N}$, el valor máximo es de 16.48‰ , un mínimo de 9.42‰ y una media de 12.97‰ . En Bahía de Los Ángeles (BLA), en valores de $\delta^{13}\text{C}$ el valor máximo fue de -

13.80‰, el mínimo de -15.70‰ y una media de -14.59‰. Mientras que los valores $\delta^{15}\text{N}$, el valor máximo fue de 16.20‰, el mínimo de 11.76‰ y una media de 13.98‰. Con base en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se infiere que en BLA los tiburones ballena se alimentan en áreas costeras cercanas a la superficie; mientras que BLP se alimentan tanto en zonas costeras como oceánicas (Fig. 18 y 19).

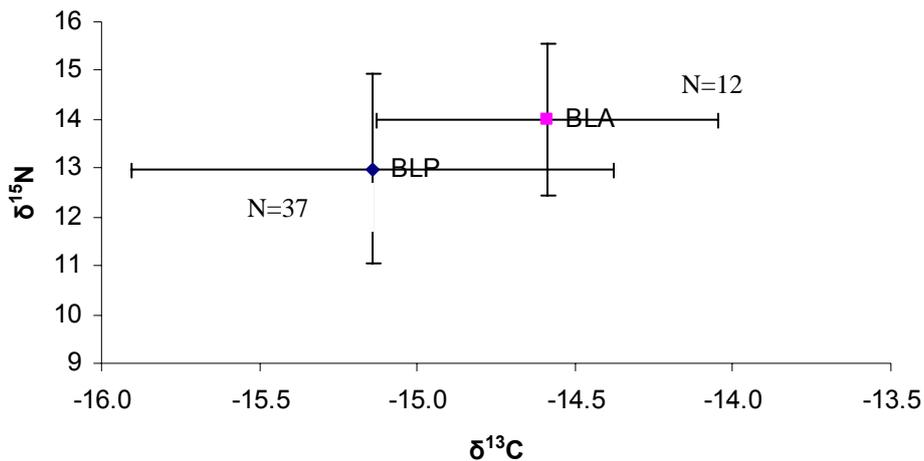


Figura 18. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre localidades (BLA= Bahía de los Ángeles y BLP= Bahía de La Paz).

Asimismo se compararon las tres localidades (BLA, BLP y BG). En el caso del área de Banco Gorda (BG) se obtuvo un valor máximo de $\delta^{13}\text{C}$ de -14.67‰ y mínimo de -15.31‰, con una media de -14.90‰, mientras que en el caso del $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 12.92‰ y mínimo de 11.04‰, con una media de 12.03‰ (Fig. 19). Los valores isotópicos de $\delta^{15}\text{N}$ permiten observar un cambio latitudinal de acuerdo a la ubicación de cada una de las áreas a lo largo de la costa occidental del Golfo de California. Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ en las tres áreas de estudio indican que el origen del alimento que consume el tiburón ballena es de origen costero, incluso para el área de BG. Sólo en el área de BLP se observa una pequeña desviación a un origen del alimento más oceánico.

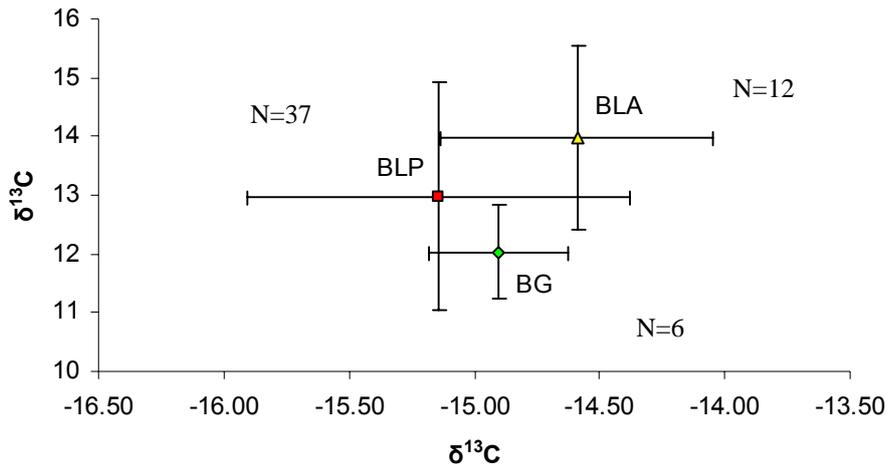


Figura 19. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre localidades (BLA= Bahía de los Ángeles, BLP= Bahía de La Paz y BG= Banco Gorda).

7.3.3. Comparación entre machos y hembras (BLA Y BLP)

Al comparar los valores isotópicos entre machos y hembras, no se encontró diferencias significativas para $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($t = -0.850$, 43 g.l., $P = 0.400$ y Mann-Whitney $P = 0.581$, respectivamente). En los machos, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ máximo fue de -13.69‰ , el mínimo de -17.07‰ con una media de -15.09‰ . Para las hembras los valores de $\delta^{13}\text{C}$ presentaron un valor máximo de -13.93‰ , el mínimo de -16.02‰ y una media de -14.89‰ (Fig. 20). No se incluyeron en el análisis a los tiburones que no se les determino el sexo.

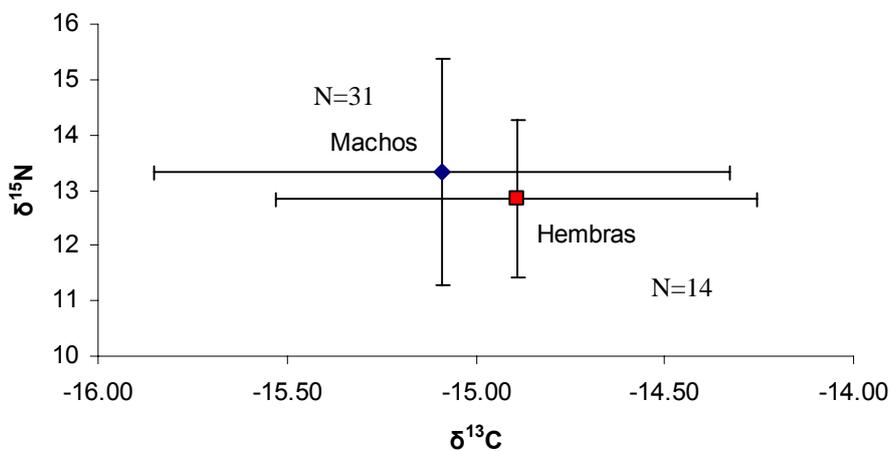


Figura 20. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de machos y hembras. (BLA y BLP)

7.3.4. Comparación entre tallas de juveniles (BLP)

Se realizó una comparación entre las tallas de juveniles para observar alguna diferencia significativa entre tamaños de los tiburones ballena. Las comparaciones se realizaron entre los tamaños: 0-4m vs. 4-6m, 4-6m vs. 6-8m y 0-4m vs. 6-8m. En el análisis solo se tomó en cuenta a los tiburones a los cuales se les pudo determinar la LT.

En el caso del primer intervalo (0-4m vs. 4-6 m), no se encontró diferencia significativa para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($t = -0.409$, 19 g.l. $P = 0.687$ y $t = 0.603$, 19 g.l. $P = 0.553$ respectivamente). Para la segunda talla (4-6m vs. 6-8m), no se encontró diferencias significativas para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($t = -0.602$, 14 g.l. $P = 0.557$ y $t = -0.443$, 14 g.l. y $P = 0.664$ respectivamente). En la tercer talla (0-4m vs. 6-8m) no se encontraron diferencias significativas para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (Mann Whitney $P = 0.190$ y $t = -0.0579$, 11 g.l. $P = 0.955$ respectivamente).

Para el análisis de $\delta^{13}\text{C}$ de la primera talla (0-4 m LT) se obtuvo un valor máximo de -13.69‰ , un mínimo de -16.02‰ y una media de -15.14‰ . En cuanto a $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 16.46‰ , un mínimo de 10.62‰ y una media de 13.22‰ . Para la segunda talla (4-6 m LT) para $\delta^{13}\text{C}$ se obtuvo un valor máximo de -13.93‰ , un mínimo de -15.91‰ y una media de -15.03‰ . Mientras que para $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 16.04‰ , un mínimo de 9.42‰ y una media de 12.76‰ . En la tercera talla (6-8 m LT), se obtuvo en $\delta^{13}\text{C}$ un valor máximo de -13.63‰ , un mínimo de -15.25‰ y una media de -14.80‰ . Para $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 16.84‰ , un mínimo de 10.22‰ y una media de 13.30‰ .

El análisis de diferencias de alimento entre tamaños de juveniles indicó que se alimentaban de presas del mismo origen, cercanas a la costa (Fig. 21).

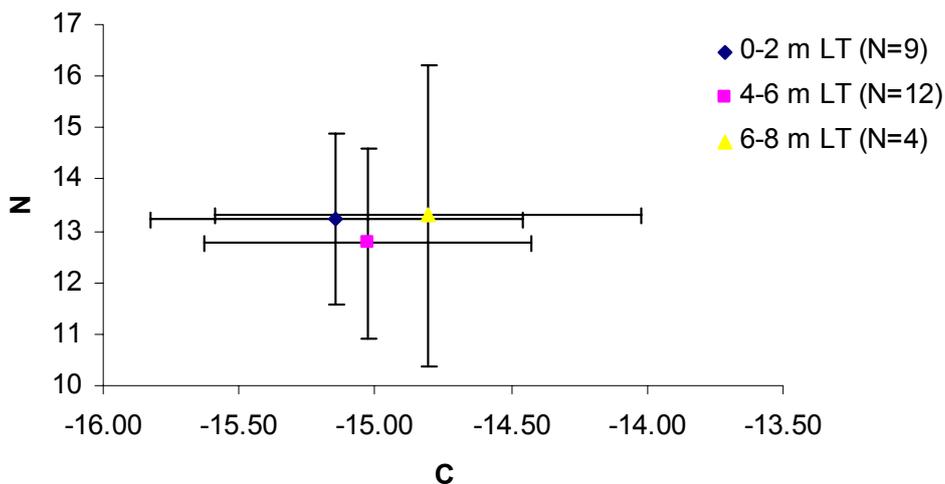


Figura 21. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ entre tres tallas de tiburones ballena juveniles en BLP.

7.3.5. Comparación entre tiburones ballenas juveniles y adultos

En el análisis de tiburones ballenas juveniles (BLA y BLP) se obtuvo un valor máximo de $\delta^{13}C$ de -13.49‰ , un valor mínimo de -17.07‰ y una media de -14.98‰ . Para el $\delta^{15}N$ se obtuvo un valor máximo de 16.84‰ un mínimo de 9.42‰ y una media de 13.22‰ . En el área de Banco Gorda (tiburones adultos) se obtuvo valores de $\delta^{13}C$ máximos de -14.67‰ y mínimos de -15.31‰ , con una media de -14.90‰ , mientras que en el $\delta^{15}N$ se obtuvo un valor máximo de 12.92‰ y mínimo de 11.04‰ y una media de 12.03‰ . Tanto adultos como juveniles presentaron valores de $\delta^{13}C$ de origen costero (Fig. 22).

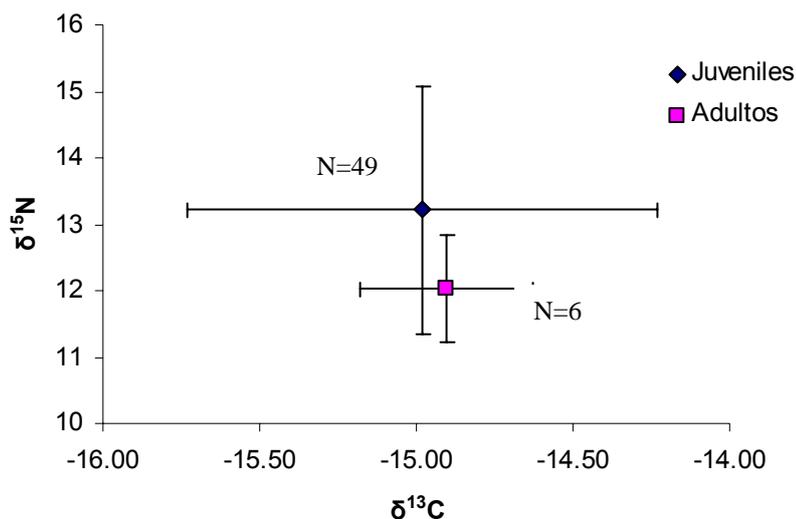


Figura 22. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre tiburones ballena juveniles (BLA y BLP) y adultos (BG).

7.3.6. Comparación entre años de avistamientos y temporadas para el área de Bahía de La Paz.

Se realizó una comparación de los valores isotópicos entre 2004 y 2005, así como entre las temporadas de avistamiento.

Entre años no se encontró diferencia significativa para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($t = 1.083$, g.l. 35, $P = 0.286$ y Mann Whitney $P = 0.156$ respectivamente). En cuanto a los valores de $\delta^{13}\text{C}$ el valor máximo para 2004 fue de -13.93‰ , el mínimo de -16.02‰ y una media de -14.71‰ , mientras que para el año 2005 el valor máximo fue de -13.49‰ , el mínimo de -17.07‰ y una media de -15.23‰ . En el caso de los valores de $\delta^{15}\text{N}$, el valor máximo para el año 2004 fue de 16.84‰ , el mínimo de 13.05‰ y una media de 14.51‰ . Para el año 2005 el valor de $\delta^{15}\text{N}$ máximo fue de 16.46‰ , mínimo de 9.42‰ y una media de 12.05‰ (Fig. 23).

Para analizar los valores isotópicos entre temporadas de avistamiento, se dividieron con base a las temporadas de avistamiento en Bahía de La Paz. La primera temporada fue de abril a mayo; mientras que la segunda fue de septiembre a diciembre. No se encontró diferencia significativa entre temporadas de avistamiento para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ ($t = 1.967$, g.l. 38, $P = 0.056$ y $t = 1.144$, 38 g.l. y $P = 0.260$ respectivamente). En cuanto a los

valores de $\delta^{13}\text{C}$ para la primera temporada, el valor máximo fue de -13.93‰ , el mínimo de -15.57‰ y con una media de -14.68‰ , mientras que $\delta^{15}\text{N}$ presentó valor máximo de 15.48‰ , mínimo de 11.05‰ y una media de 13.55‰ . Mientras que para la segunda temporada el valor máximo de $\delta^{13}\text{C}$ fue de -14.39‰ , el mínimo de -17.07‰ y una media de -15.20‰ . Para los valores de $\delta^{15}\text{N}$, el máximo fue de 16.84‰ , el mínimo fue de 10.22‰ y una media de 12.91‰ (Fig. 24).

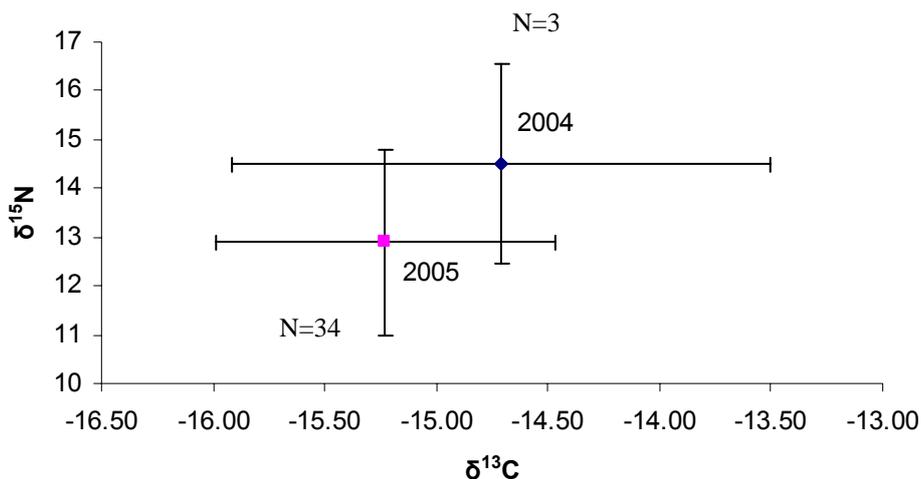


Figura 23. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ durante los años de estudio en BLP (2004 y 2005)

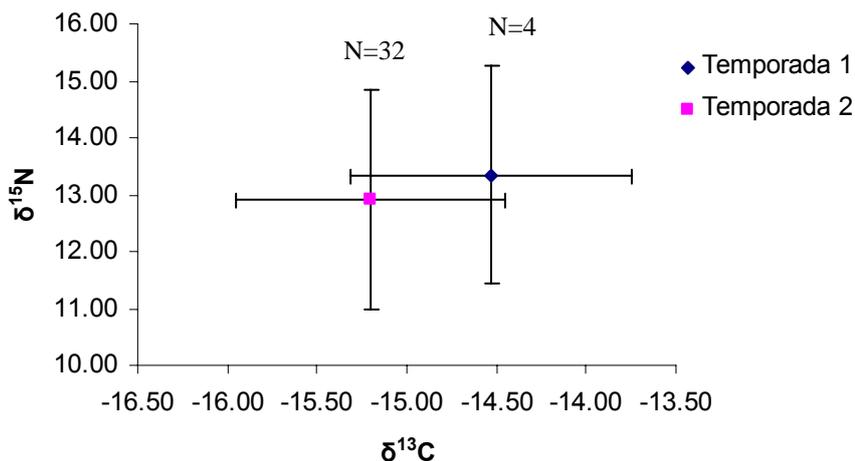


Figura 24. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ durante la primera temporada (abril a mayo) y la segunda temporada (septiembre a diciembre) en BLP.

7.3.7. Valores isotópicos de depredador (tiburón ballena) vs. presas (plancton) para el área de BLP y BG

Para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tejido de tiburón ballena se obtuvo un valor de $\delta^{13}\text{C}$ máximo de -13.49‰ , mínimo de -17.07‰ y una media de -15.14‰ . Para $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 16.84‰ , un valor de mínimo de 9.42‰ y una media de 12.91‰ .

Para las presas, en el caso del fitoplancton, el $\delta^{13}\text{C}$ tuvo un valor máximo de -13.87‰ , un mínimo de -20.48‰ , y una media de -17.41‰ . Para $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 11.01‰ , un valor mínimo de 7.06‰ y una media de 9.61‰ . En el caso del zooplancton se obtuvo un valor de $\delta^{13}\text{C}$ máximo de -13.81‰ , un mínimo de -19.36‰ y una media de -17.45‰ . Mientras que para $\delta^{15}\text{N}$ se obtuvo un valor máximo de 13.79‰ , un mínimo de 9.60‰ y una media de 11.67‰ (Fig. 25)

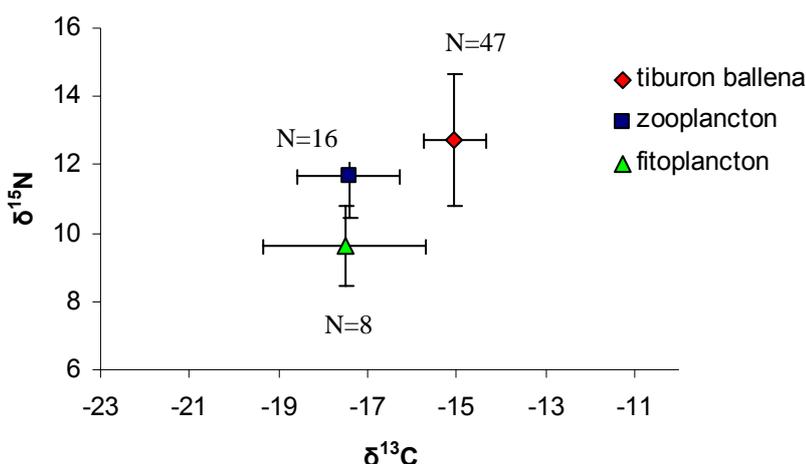


Figura 25. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tejido de tiburón ballena (depredador) y de plancton (presas), para el área de BLP

Para el área de Banco Gorda, se obtuvieron en total 6 muestras de piel de tiburones ballena hembras adultas. Por medio del análisis de isótopos estables se puede observar que el tiburón ballena presenta alimento con valores isotópicos de origen costero. En el caso de las presas presentan valores más oceánicos. Para los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de tiburón ballena se

presentaron valores máximos de -14.67‰ y el mínimo de -15.31‰ , con una media de -14.90‰ . Mientras que en el caso de $\delta^{15}\text{N}$ el valor máximo registrado fue de 12.92‰ y el mínimo de 11.04‰ , con una media de 12.03‰ . En el caso de las presas, el zooplancton presentó valores de $\delta^{13}\text{C}$ máximos de -17.13‰ y mínimo de -21.54‰ , con una media de -20.21‰ . Por otro lado, los valores de $\delta^{15}\text{N}$ presentaron un valor máximo de 14.49‰ y mínimo de 10.08‰ , con una media de 12.11‰ . En el caso de la langostilla con exoesqueleto se obtuvieron valores de $\delta^{13}\text{C}$ máximos de -18.39‰ y mínimo de -21.46‰ , con una media de -20.08‰ . Mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ presentaron valores máximos de 9.25‰ y mínimos de 6.03‰ , con una media de 7.95‰ . Por otro lado en el caso de la langostilla sin exoesqueleto se presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ máximos de -19.15‰ y mínimos de 23.48‰ , con una media de -21.08 . En el caso del $\delta^{15}\text{N}$ se presentaron valores máximos de 10.96‰ y mínimos de 10.41‰ , con una media de 7.95‰ (Fig. 26).

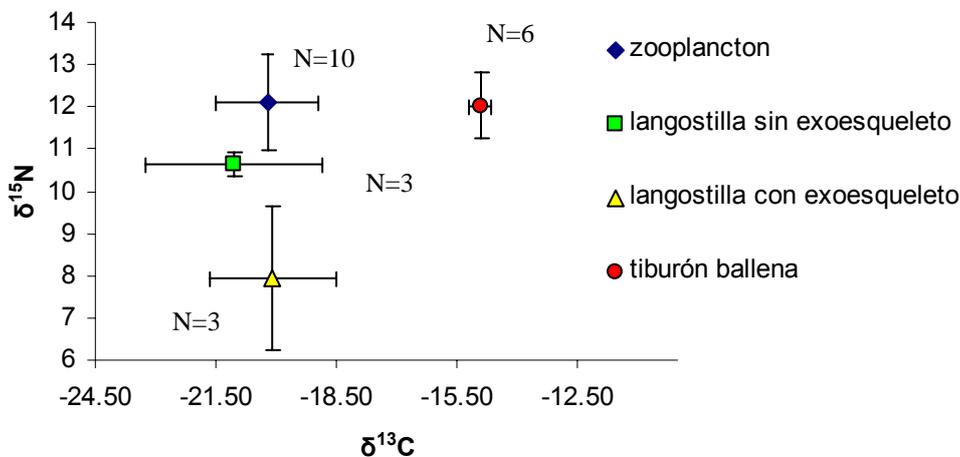


Figura 26. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de tejido de tiburón ballena (depredador) y de presas (zooplancton y langostilla) para el área de BG.

7.3.8. Patrón de migración de un mismo tiburón ballena entre ambas localidades (Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz)

Durante el período de estudio se tuvo la oportunidad de muestrear a un mismo individuo en ambas áreas en años consecutivos. Inicialmente fue avistado y se recolectó una muestra de tejido el 19 de octubre de 2004 en BLA

y se obtuvo una marca isotópica $\delta^{15}\text{N}$ de 12.14‰. Un mes después (20 de noviembre 2004 fue avistado en BLP y se recolectó una muestra de tejido que registró una marca isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ de 13.64‰. Posteriormente un año después (2005) fue avistado de nuevo en el área de BLP el 31 de abril mayo de 2005 y mostró una marca isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ de 12.51‰. Finalmente fue avistado en BLP el 8 de noviembre de 2005 y por medio del análisis isotópico se registró una marca de $\delta^{15}\text{N}$ de 12.13‰ (Fig. 27).

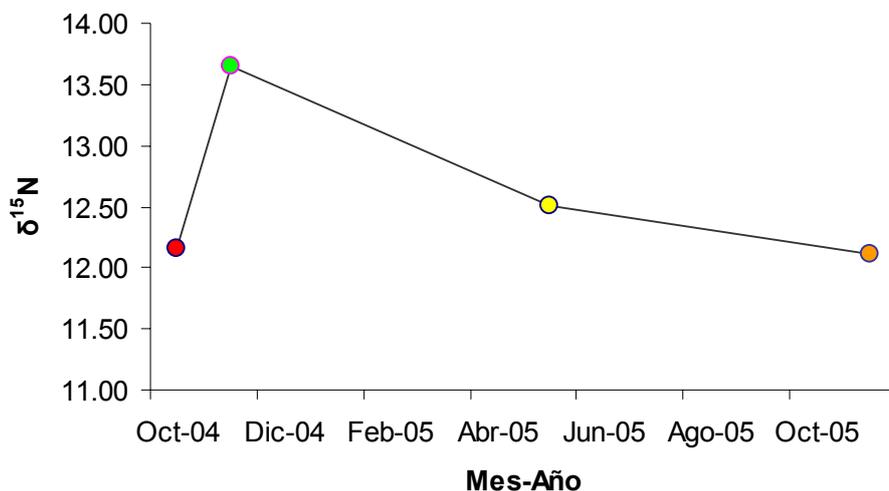


Figura 27. Valores de $\delta^{15}\text{N}$ de un mismo tiburón muestreado en las localidades de BLA y BLP para distintos meses y año.

8. DISCUSIÓN

En **Bahía de Los Ángeles (BLA)** se han realizado pocos trabajos relacionados con la distribución del tiburón ballena o sobre la biología de la especie. Durante el período de estudio solo se tuvo la oportunidad de observarlos a finales de octubre, debido al corto tiempo que pasan en esta bahía siguiendo probablemente una ruta migratoria; sin embargo Nelson (2004) señala que *Rhincodon typus* se observa en esta bahía entre Julio y Noviembre, pero con mayores concentraciones de Agosto a Octubre.

La variación estacional de la especie en BLA podría deberse a los cambios oceanográficos que suceden en la bahía, ya que su presencia parece coincidir con el incremento en la abundancia del zooplancton a finales de verano. En la misma área, García (2001), menciona que los avistamientos de tiburón ballena dentro de la bahía, no solo están relacionados con la zona donde existe una mayor concentración de zooplancton, principalmente copépodos. Hacoheh (2004) encontró que una de las especies más abundantes en el zooplancton de esta bahía son los copépodos del género *Acartia* spp, por lo cual es probable que BLA este siendo utilizada como área de crianza secundaria del tiburón ballena, como señala Ketchum (2003), considerando la presencia de tiburones ballena juveniles registrados en este estudio así como reportes no publicados (Abraham Vázquez, Campamento Gecko, Bahía de Los Ángeles, 2004, com. pers). Durante el período de estudio en el área de Bahía de Los Ángeles todos los tiburones ballena que se registraron se encontraban asociados a una temperatura del agua de 24° C. Esta temperatura no coincide con lo registrado en otros estudios ya que para el área se han registrado temperaturas mayores (26.5-32° C), cuando los tiburones ballena presentaban un comportamiento alimentario (Nelson, 2004). Nelson (2004) menciona que las altas temperaturas registradas en los avistamientos, sugieren que los tiburones están utilizando un régimen de temperaturas para localizar a sus presas, ya que las presas parecen estar asociadas a determinadas temperaturas, debido al incremento en la abundancia del plancton.

En **Bahía de La Paz** se observó durante el período de estudio, que existen dos temporadas de avistamientos de tiburón ballena, lo que coincide

con lo encontrado por Clark y Nelson (1997) y Ketchum (2003). Este último autor señala que esta variación estacional depende de los cambios oceanográficos estacionales que suceden en la porción suroeste del Golfo de California. Además esta dinámica oceanográfica se puede ver reflejado en la variación estacional de la biomasa zooplanctónica (Ketchum 2003, Hacoheh 2004). No obstante durante el período de estudio se observaron solo cinco tiburones ballena para la primera temporada (abril y mayo del 2005). Ketchum (2003) señala que la presencia del tiburón ballena se asocia a los picos de biomasa zooplanctónica observados durante primavera y otoño en Bahía de La Paz, razón por la cual se observaron pocos tiburones en la primera temporada, además de que el período de estudio quizá fue corto para definirla como una temporada.

En cuanto a las presas preferenciales, el copépodo *Acartia* spp. ha sido registrado como alimento principal del tiburón ballena por varios autores (Clark y Nelson, 1997; Hacoheh 2004). Clark y Nelson (1997) señalan que los avistamientos de tiburón ballena en la Bahía de La Paz están relacionados a eventos de surgencia con una elevada densidad del copépodo *Acartia clausi*. Hacoheh (2004) señala que los valores máximos de *Acartia* spp. Se observaron en la parte sur de la bahía durante noviembre, lo que coincide también con lo reportado por Palomares-García (1996), quien menciona que la elevada densidad de copéodos en las zonas sur y sureste de la bahía corresponden a la especie *Acartia clausi* durante el otoño. Otros estudios realizados reportan la presencia del tiburón ballena en el área de estudio en los meses de mayo, junio, agosto y septiembre (Wolfson, 1987); mientras que Clark y Nelson (1997) registran la presencia del tiburón ballena en los meses de mayo, junio, octubre y noviembre.

Es difícil predecir hacia donde migran los tiburones ballena cuando se alejan de las aguas de Bahía de Los Ángeles, Bahía de La Paz o Banco Gorda, pero los movimientos en su mayor parte deben estar influidos por los recursos alimenticios, los cuales en su mayor parte están influenciados por las corrientes oceánicas, surgencias y temperatura del agua. Los vientos son extremadamente variables en el Golfo de California y cambian de dirección con la temporada, soplando del noroeste en verano y del sureste en invierno (Alvaréz-Borrego, 1983). Tanto los vientos como las surgencias costeras

durante el verano y los meses de otoño, coinciden con la presencia del tiburón en la bahía y es probable que los tiburones ballena estén siguiendo la trayectoria de estos eventos ambientales (surgencias y temperatura del agua) a lo largo del golfo para localizar mayores abundancias de presas.

Durante el período de estudio no se pudo observar tiburones ballena adultos en Bahía de La Paz: sin embargo Ketchum (2003) menciona que los tiburones adultos se registran en zonas más oceánicas. En el presente trabajo no se observó una segregación por sexo en Bahía de La Paz; mientras que Ketchum (2003) encontró una distribución diferencial por sexo en los tiburones avistados, donde los machos se encontraron generalmente en la porción sur, oeste y centro de la bahía; mientras que las hembras se localizaron principalmente en la porción sur y centro de la bahía, así como en la parte oriental de la Isla Espíritu Santo y la montaña submarina de El Bajo Espíritu Santo (EBES). Durante el período de estudio se realizaron varios censos en la parte central y El Bajo (EBES), pero no se registraron avistamientos de tiburones ballena. Sin embargo se observaron en la parte sur de la bahía, en la zona costera (Mogote y Punta Prieta). Los avistamientos fueron de machos y hembras, aunque fueron dominantes los machos. Esto coincide con lo encontrado por Ketchum (2003), quien señala que existe una relación entre el tamaño de los tiburones ballena con el ambiente, donde los tiburones juveniles muestran una preferencia con ambientes costeros. Este mismo autor también encontró que los machos se asociaban a zonas costeras (<100 m profundidad) en una relación: 1.5machos:1hembra; mientras que las hembras se encontraron generalmente asociadas a ambientes profundos de influencia oceánica (1 macho:5.2 hembras), por lo que este autor concluye que existe una relación entre el sexo del organismo y el ambiente, lo cual no pudo ser observado en el presente estudio debido a que no se observaron tiburones en la zona oceánica de la bahía.

En Bahía de La Paz se registraron avistamientos de tiburón ballena con registros de TSM de 22-30° C, con una media de 27° C. Ketchum (2003), registró valores entre 20-29.5° C durante la presencia del tiburón ballena. Durante la segunda temporada (septiembre a diciembre del año 2005) se registraron los mayores avistamientos y la TSM fue de 26° C. Eckert y Steward (2001), mencionan que los tiburones ballena estaban presentes a

temperaturas de 28-32° C. En el Golfo de México se han registrado avistamientos de tiburón ballena a TSM de 29° C (Hoffman *et al.*, 1981) y en el Caribe (Belice), se presentan los tiburones a temperaturas entre 26.8-30.2 °C con una media de 28° C (Heymann *et al.*, 2001).

Los reportes sobre agregaciones de tiburones ballena adultos son escasos y solo han sido observados en pocas ocasiones. No obstante se tienen estudios donde se menciona la presencia de tiburones adultos en el área de **Banco Gorda** (Ketchum, 2003 y Ramírez 2005), lo que coincide con los tiburones avistados en este estudio para el área de Banco Gorda, donde se observaron tiburones ballena mayores de 9 m, principalmente hembras y aparentemente grávidas, debido a que presentaban la parte de la cloaca hinchada. Ketchum (2003), señala que la presencia de tiburones ballena adultos en el Golfo de California puede deberse al hábitat óptimo y la elevada productividad, aunque los motivos principales de su presencia podrían ser dos: alimentación y probablemente reproducción. Sin embargo durante el período de estudio nunca se observó comportamiento alimentario en la zona de Banco Gorda, pero según varios pescadores de la región si suele alimentarse en la zona. Ketchum (2003) sugiere que la frecuencia de hembras, aparentemente grávidas, podría indicar que la especie utiliza las zonas cercanas a Banco Gorda como área de tránsito hacia otra zona en el Océano Pacífico para expulsión de crías, no obstante no se sabe en donde expulsan las crías los tiburones ballena, ni se conoce a nivel mundial el comportamiento reproductivo de esta especie.

En cuanto a los hábitos alimentarios del tiburón ballena *Rhincodon typus*, está considerado como una especie generalista y oportunista. Es depredador generalista por cambiar de presas preferenciales a presas alternativas cuando las primeras no se encuentran disponibles. Se considera oportunista ya que aprovecha la mayor abundancia de las presas disponibles.

El tiburón ballena puede alimentarse de varias especies de crustáceos, huevos de pargo o de coral así como de peces pequeños (Heyman, *et al.*, 2001). En Australia se presenta anualmente cuando se registra el desove de coral (marzo a abril) (Taylor y Pearce, 1999); en Belice esta asociado con el desove de pargo (Heyman, *et al.*, 2001); en Nueva Zelanda se relaciona con las larvas de anchoveta (Duffy, 2002), en el golfo de México se alimenta del

desove de coral (Child *et al.*, 2000). Mientras que en el Golfo de California se registran avistamientos relacionados a afloramientos de plancton (principalmente copépodos y eufáusidos) (Ketchum, 2003, Hacoheh *et al.* 2007 en prensa y presente estudio). Por lo tanto el tiburón ballena se alimenta de las presas disponibles en gran cantidad en cada una de las regiones donde se registran avistamientos.

La teoría sobre la alimentación sugiere que los animales prefieren presas que les aporten mayor energía (Pike *et al.* 1977 y Jaume, 2004). El tiburón ballena es un organismo que alcanza tallas grandes y al ser altamente migratorio requiere grandes cantidades de presas para satisfacer su demanda metabólica, como consecuencia el tiburón ballena aprovecha las presas que se agregan en grupos grandes (copépodos, eufáusidos, etc). Asimismo la calidad de las presas también es importante para el depredador (Piatt y Methven, 1992). Jaume (2004) menciona que el valor energético reportado para el zooplancton es de una kilocaloría por gramo de peso seco (1kcal/g). Asimismo Jaume (2004), señala que la energía total consumida por un mamífero marino en un día, dependerá no solamente del contenido calórico de las presas, sino también de la cantidad y tamaño de los individuos consumidos, incluyendo el gasto energético que utilizan los depredadores para la captura de las presas. El tiburón ballena por lo tanto en el Golfo de California está aprovechando las presas que le satisfacen sus demandas metabólicas pero también aprovecha las que se encuentran en gran cantidad.

Para conocer sobre la ecología alimentaria del tiburón ballena en el Golfo de California se realizó un análisis isotópico en cada una de las áreas donde se agrega la especie. En base en los resultados de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ entre las localidades de Bahía de La Paz (BLP) y Bahía de Los Ángeles (BLA), se podría inferir que los tiburones ballena de BLP se están alimentando tanto en zonas oceánicas como en zonas costeras; sin embargo la mayor parte de los tiburones avistados se encuentran en zonas costeras (Fig. 17). A pesar de que en este estudio no se avistaron tiburones en las zonas oceánicas de BLP, es posible que algunos de los tiburones avistados se hayan alimentado en alguna zona oceánica de la bahía, ya que la marca isotópica indica este tipo de alimentación tanto costera como oceánica.

Se tiene información de registros previos que señalan a los tiburones ballena alimentándose en zonas oceánicas (Ketchum, 2003); sin embargo es más común observarlos en las zonas costeras de la bahía (El Mogote y Punta Prieta). Por lo tanto y considerando la tasa de recambio en la especie de aproximadamente 3 semanas, se podría inferir que una parte de los tiburones ballena avistados en la zona costera tres semanas antes de ser avistados habían estado alimentándose en la zona oceánica. En BLA los valores isotópicos indican que los tiburones ballena se alimentan solo en las zonas costeras, lo cual también se corroboró al observar tiburones ballenas alimentándose en esta bahía (García 2002, Ketchum, 2003, Hacoheh 2004, y Nelson 2005). En las áreas de BLA y BLP era de esperarse que se presentaran valores costeros de $\delta^{13}\text{C}$ (Fig. 17), ya que en ambas áreas se observaron tiburones ballena juveniles alimentándose en las costas, áreas que les proporcionan protección y alimento. En cambio en el área de Banco Gorda, a pesar de encontrarse en una zona más oceánica los valores obtenidos para el $\delta^{13}\text{C}$, indican que los tiburones ballena (hembras/adultas) están alimentándose en una zona costera. Es probable que durante la colecta de tejido de los tiburones en la zona oceánica, aún no reflejara el alimento de origen oceánico que estaban consumiendo, debido a una probable migración reciente de una zona costera.

No se conoce los movimientos migratorios de los tiburones adultos; sin embargo las señales isotópicas indican que existen cambios de una zona costera hacia una zona oceánica. Es probable que las hembras adultas avistadas en el área de BG se encuentren grávidas, y puede ser la causa de que se mueven hacia la costa, donde pueden encontrar alimento de mayor calidad energética y abundante.

Asimismo, los valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtenidos por sexo para ambas localidades (BLA Y BLP), fueron valores que corresponden a zonas más costeras, lo que indica que tanto machos como hembras, se están alimentando en áreas cercanas a la costa, aunque algunos machos tenían señales isotópicas más oceánicas (Fig. 19).

Al comparar la información de valores isotópicos entre años (2004 y 2005), se obtuvo que los tiburones se estén alimentando en la costa en ambos

años. Esto sugiere que cada año, los tiburones llegan a la zona costera a alimentarse. En el análisis por temporadas de avistamiento, se obtuvieron valores similares entre las dos, indicando que los tiburones ballena se están alimentando en la zona costera, principalmente cerca de El Mogote y Punta Prieta, zonas con mayor cantidad de alimento (Ketchum, 2003). Además se debe señalar que Bahía de La Paz, está considerada como una zona de agregación de tiburón ballena muy importante, ya que es una de las pocas regiones del mundo donde se presentan dos temporadas de avistamiento de la especie. Asimismo se han registrado los mismos tiburones cada año, lo que indica que es una zona conocida por estos tiburones y regresan cada año para alimentarse.

Por otra parte al realizar el análisis de tejido del tiburón ballena y sus presas (plancton) en la zona de Bahía de La Paz, se encontró que el tiburón ballena presenta valores isotópicos de origen costero; sin embargo, las presas probables (zooplancton), presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ más oceánicos. Es probable que al momento en que se tomaron las biopsias de los tiburones aún no hubieran asimilado las presas que se encontraban consumiendo en la costa,...

En el caso de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de origen costero obtenidos en los tiburones adultos de Banco Gorda (zona oceánica), podría indicar que los tiburones se están alimentando en áreas costeras, o bien que recientemente llegaron a la zona de Banco Gorda y aun no se refleja la asimilación isotópica del nuevo alimento que están ingiriendo. En el caso de los valores de las presas de Banco Gorda (zooplancton y langostilla), presentaron valores de $\delta^{13}\text{C}$ de origen oceánico. Por lo tanto considerando las marcas isotópicas de los tejidos, se infiere que los tiburones ballena vienen de alguna zona costera en la cual se alimentaron.

En relación a los probables movimientos que realizan los tiburones en el Golfo de California, durante el período de estudio, se obtuvo una recaptura del mismo tiburón entre el área de BLA y BLP. La recaptura fue confirmada por medio de la técnica de foto-identificación. Con los resultados en diferentes intervalos de tiempo de un mismo tiburón en el Golfo de California, se podría inferir lo siguiente: las firmas isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ registradas para el área de BLA son mayores a 13 ‰; mientras que en BLP, se presentaron valores

menores a 13 ‰. Este cambio en la firma isotópica del $\delta^{15}\text{N}$, podría ser debido a la latitud, presentado valores mayores en latitudes más altas y menores en latitudes bajas (Saino y Hattori, 1987 y Goericke y Fry, 1994).

Por lo cual, si el tiburón fue avistado inicialmente en BLA en el año 2004, se puede inferir que el tiburón en su ruta migratoria provenía del sur del Golfo de California. Un mes después cuando es avistado en BLP, la marca isotópica $\delta^{15}\text{N}$ es mayor 13‰, por lo que en este caso el tiburón trae consigo la firma isotópica $\delta^{15}\text{N}$ que corresponde al área de BLA (Fig. 26). Por lo cual se podría deducir que la tasa de recambio en el tejido del tiburón ballena es aproximadamente de un mes. En el año 2005 se registro un valor menor de 13‰ de $\delta^{15}\text{N}$ en el tejido de este mismo tiburón, lo que indica que el tiburón permaneció en el área de BLP al menos durante un mes (Fig. 26). Con base en el análisis isotópico, se puede concluir que la técnica de isótopos estables es un buen método bioquímico para inferir acerca de los patrones migratorios de especies pelágicas altamente migratorias. No obstante, no es suficiente como única técnica para entender la migración de la especie en el área de estudio ya que no se conoce en que área se están alimentando un mes antes de ser observados.

9. CONCLUSIONES

- ❖ En el área de Bahía de Los Ángeles la presencia de tiburones ballena juveniles están asociados a una temperatura superficial del mar de 24°C.
- ❖ En Bahía de La Paz se presentan dos temporadas de avistamientos de tiburón ballena, durante abril- mayo y de septiembre-diciembre.
- ❖ Los tiburones ballena juveniles se concentran en el sur de la Bahía de La Paz, alimentándose cercanos a la costa y asociados a una isoterma de 27°C.
- ❖ En el área de Banco Gorda, la temporada es de mayo-junio asociados a la isoterma de 25°C. En esta área se observaron tiburones ballena hembras, adultas y aparentemente grávidas.
- ❖ El análisis de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en tiburones ballena de BLA y BLP, indica que los tiburones ballena juveniles se están alimentando en áreas cercanos a la costa y cerca de la superficie.
- ❖ El análisis isotópico indica que los tiburones juveniles permanecieron en la misma área durante las temporadas y años del estudio, principalmente cercanos a la costa. .
- ❖ El análisis de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de un mismo tiburón recapturado en Bahía de Los Ángeles y Bahía de La Paz, indica que la tasa de recambio de la piel en tiburón ballena juvenil es aproximadamente de tres semanas.

10. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda realizar un estudio de isótopos estables más específico, a nivel grupo de plancton o a nivel específico de copépodos y de eufáusidos, suponiendo que estas son las presas potenciales de las cuales se alimenta el tiburón ballena.
- ❖ Recolectar heces fecales de tiburón ballena, para identificar las estructuras duras de las presas que está consumiendo.
- ❖ Se observa la necesidad que hay de realizar estudios sobre patrones de movimiento y migración (marcas satelitales), con el fin de esclarecer de donde vienen los tiburones ballena adultos y aparentemente grávidas que se observan en el área de Banco Gorda y también de donde vienen los tiburones juveniles que se agregan en el área del Mogote y Punta Prieta.
- ❖ La aplicación de marcas satelitales en cada una de las áreas podría ayudar a monitorear los movimientos a larga escala dentro y fuera del Golfo de California. Estas marcas darían además información sobre la preferencias térmicas y de profundidad.

11. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Borrego, S. 1983. Gulf of California. Pp. 427-449. En: Estuaries and Enclosed Seas C.B.H. **Ketchum (ed.)**. Elsevier.
- Amador-Buenrostro, A., S. Serrano-Guzmán, y M. Argote-Espinoza. 1991. Modelo de la circulación inducida por el viento en Bahía de los Ángeles, B.C., México. **Ciencias Marinas**. 17: 39-57.
- Carlson, J.K., K.J. Goldman y C.G. Lowe. 2004. Metabolism, Energetic Demand, and Endothermy, En: Jeffrey C. Carrier, John A. Musick, and Michael R. Heithaus (Eds.). **Biology of Sharks and their relatives**: 203-246 pp.
- Child, J. Burks, C.M., Mullin, K.D. y J. Hewitt III. 2000. The occurrence and distribution of the whale shark (*Rhincodon typus*) in the northern Gulf of México. **AES Symposium, Natural history of the whale shark**. La Paz, B.C.S. Junio, 2000.
- Clark, E y D.R. Nelson. 1997. Young whale sharks, *Rhincodon typus*, feeding on a copepod bloom near La Paz, Mexico. **Env. Biol. Fish.** 50:63-73
- Coleman, J. 1997. Whale shark interaction management, with particular reference to Ningaloo Reef Marine Park, 1997-2007. **Western Australia Wildlife Management Program** No. 27. NUMERO DE PAGINAS???
- Compagno, L.J.V. 1984. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. **FAO fish synopses** 125:1-250.
- Cruz-Orozco, R.C., Martínez-Noriega, C. y A. Mendoza-Maravillas. 1996. Batimetría y sedimentos de la Bahía de La Paz, B.C.S.. **Océanides** 11(1):21-27

- DeNiro, M.J. y S. Epstein. 1977. Mechanisms of carbon isotope fractionation associated with lipid synthesis. **Science**. 197: 261-263.
- De Silva-Dávila, R. 1997. Abundancia y distribución de los eufáusidos y producción larvaria de *Nyctiphanes simplex* Hansen, en La Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR, La Paz, México. 112p.
- De Silva-Dávila, R. y J.R. Palomares-García. 2002. Distributional patterns of the euphausiid community in Bahía de La Paz, B.C.S., México. Pp1:109-125, En: **M.E.Hendricks (ed)**. Contributions to the Study of East Pacific Crustaceans. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. 383 pp
- Díaz-Gamboa, R.E. 2003. Diferencia entre Tursiones *Tursiops truncatus* costeros y oceánicos en el Golfo de California por medio de isótopos estables de carbono y nitrógeno. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. 62 pp.
- Duffy C.A.G. 2002. Distribution, seasonality, lengths and feeding behavior of whale sharks (*Rhincondon typus*) observed in New Zealand waters. New Zealand **Journal of Marine and Freshwater Research**. 36: 575-560.
- Eckert S. A y B. S. Steward. 2001. Telemetry and satellite tracking of whale shark *Rhincodon typus*, in the Sea of Cortez and the north Pacific Ocean. **Env. Biol. Fish.** 60:299-308.
- Enríquez-Andrade, R., N. Rodríguez-Dowdell, A. Zavala-González, N. Cárdenas-Torres, A. Vázquez-Haikin y C. Godínez-Reyes. 2003. Informe Técnico del proyecto "Conservación y Aprovechamiento Sustentable del Tiburón ballena a través del ecoturismo en Bahía de los Ángeles, Baja California". Facultad de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Baja California. Dirección Regional en Baja California del Área de Protección de Flora y Fauna Islas del Golfo de California. 67 pp

- García-García, B. M. 2001. Relación entre la biomasa zooplanctónica y los avistamientos de tiburón ballena (*Rhincodon typus*; Smith 1828) en Bahía de Los Ángeles, B.C., México. **Tesis de Licenciatura**. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. Ensenada, México. 50p
- Gerking, S. D. 1994. **Feeding ecology of fish**. Academic Press. E. U. A. 416 pp.
- Gudger, E.W. 1941. Whale sharks struck by fishing boats off the coast of Lower California. **California Fish and Game**. 24:420-421
- Goericke, R. y B. Fry. 1994. Variations of marine plankton ¹³C with latitude, temperature and dissolved CO₂ in the world ocean. **Global Biogeochemistry**. 8:85-90.
- Hacohen, A. D. 2004. Abundancia y riqueza específica de presas preferenciales del tiburón ballena (*Rhincodon typus*, Smith, 1828) en Bahía de La Paz, B.C.S. México. **Tesis de Licenciatura**. UABCS. La Paz. México.
- Hacohen-Domené, A., F. Galván-Magaña y J. Ketchum-Mejía. 2007. Abundance and preferential preys of whale shark in the southern part of the Gulf of California. **Cybium** (in press)
- Harrigan, P., J.C. Zieman y S.A. Macko. 1989. The base of nutritional support for the gray snapper (*Lutjanus griseus*): an evaluation based on combined stomach content and stable isotope analysis. **Bulletin of Marine Science**. 44: 65-77.

- Heyman W. D., R.T. Graham, B. Kjerive y R.E. Johannes. 2001. Whale sharks *Rhincodon typus* aggregate to feed on fish spawn in Belize. **Marine Ecology**. 215: 275-282
- Hoffmann, W-. Fritts, T.H. y R.P. Reynolds.1981. Whale shark associated with fish schools off south Texas. **North. Gulf. Sci.** 5:55-57
- Hobson, K.A., D.M. Schell, D. Renouf y E. Noseworthy. 1996. Stable carbon and nitrogen isotopic fractionation between diet and tissues of captive seals implications for dietary reconstructions involving marine mammals. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 53: 528-533.
- Jaume M. S. 2004. Hábitos alimentarios del rorcual común *Balaenoptera physalus* en el Golfo de California mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno y carbono. **Tesis de Maestría**. CICIMAR-IPN. La Paz, México. 78pp.
- Jiménez-Illescas, A.R. 1996. Análisis de procesos barotrópicos y baroclínicos en La Bahía de La Paz, B.C.S. **Tesis de doctorado**.UNAM., México, DF. 212pp.
- Ketchum, J.T. 2003.Distribución espacio temporal y ecología alimentaria del tiburón ballena (*Rhincodon typus*) en la Bahía de La Paz y zonas adyacentes en el suroeste del Golfo de California. **Tesis de Maestría**. CICIMAR. BC.S., México. 91p.
- Lozano-Oaxaca, A. R, 1990. Variación estacional de la estratificación en el canal de Ballenas. **Tesis de Licenciatura**. UABC. 46 pp.
- McConnaughey, T.A. & C.P. McRoy. 1979. Food-web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. **Marine Biology**. 53:257–262 pp.

- Nelson, J.D. y S.A. Eckert. 2000. Local habitat distribution and utilization of whale shark (*Rhincodon typus*; Smith 1828) within Bahía de Los Ángeles, B.C., México. **AES Symposium Natural history of the whale shark**. La Paz. B.C.S. Junio, 2000.
- Nelson, J.D. 2004. Distribution and Foraging Ecology by Whale Sharks (*Rhincodon typus*) within Bahía de Los Ángeles, Baja California Norte, México. **Tesis de Maestría**. San Diego, California.USA. University of San Diego. 166p.
- Palomares-García, R. 1996. Estructura espacial y variación estacional de los copépodos en la Ensenada de la Paz. **Oceánides**. 11 (1) En: Prensa.
- Park, R. & S. Epstein. 1961. Metabolic fractionation of ^{13}C and ^{12}C in plants. **Plant Physiology**. 36: 133-138 pp.
- Peterson B. J. y B. Fry. 1987. Stable isotopes in ecosystems. **Annual Review of Ecology Systematics**. 18: 293-320.
- Piatt, J.F. y D.A. Methven. 1992. Threshold foraging behavior of baleen whales. **Marine Ecology Progress Series**. 84: 205-210.
- Pyke, G.H., H.R. Pulliam y E.L. Charnov. 1977. Optimal foraging: a selective review of theory and tests. **Quarterly Reviews of Biology**. 52:137-154.
- Ramírez, D. M. 2005: Caracterización del polimorfismo de marcadores genéticos a utilizarse en estudios poblacionales de tiburón ballena *Rhincodon typus* (Smith, 1882) en el Golfo de California. **Tesis de Maestría**. CiCIMAR-IPN.
- Rau, G.H., J.L. Tetssie, F, Rassoulzadegan & S.W. Fowler. 1990. $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ variations among size fractionated marine particles: implications for their origin and trophic relationship. **Marine Ecology Progress Series** 59: 33-38 pp.

- Reyes-Salinas, A. 1999. Factores que controlan la productividad primaria en la Bahía de La Paz, B.C.S., México. **Tesis de Maestría**. CICIMAR, La Paz, México. 112pp
- Roman-Reyes, J.C. 2005 Análisis del contenido estomacal y la razón de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), delfín manchado (*Stenella attenuata*) y delfín tornillo (*Stenella longirostris*) del océano pacífico oriental. **Tesis de Doctorado**. CICIMAR-IPN. La Paz, B.C.S. México. 143 pp.
- Rousnick, J.S. y M.J. Winterbourn. 1986. Stable carbon isotopes and carbon flow in ecosystems. **Bio Science**. 36(3): 171-177.
- Saino, R. y A. Hattori. 1987. Geographical Variations of the water column distribution of suspended particulate organic nitrogen and its ^{15}N natural abundance in the Pacific and its marginal seas. **Deep Sea Res.** 34; 807-827.
- Steele, K.W. y R.M. Daniel, 1978. Fractionation of nitrogen isotopes by animals: A further complication to the use of validation in the natural abundance of ^{15}N for tracer studies. **Agricultural Science**. 90: 7-9.
- Taylor, J.G. 1994. Whale shark. The giants of Ningaloo Reef. **Angus & Robertson**. Sydney, Australia. 176 pp
- Taylor, J.G y A. F. Pearce. 1999. Ningaloo Reef. Currents: implications for coral spawn dispersal, zooplankton and whale shark abundance. *Journal of the Royal Society of Western Australia*. 82:57-65
- Torres Rojas, Y. 2006. Hábitos alimenticios y la razón de isótopos estables de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) del tiburón martillo *Sphyrna lewini*,

(Griffith y Smith, 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México.

Vander Zanden, M.J., G. Cabana y J.B. Rasmussen. 1997. Comparing the trophic position of litoral fish estimated using stable nitrogen isotopes ($\delta^{15}\text{N}$) and dietary data. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences**. 54: 1142-1158.

Walker, J.L. y S.A. Macko. 1999. Dietary studies of marine mammals using stable carbon and nitrogen isotopic ratios of teeth. **Marine Mammal Science**. 15: 314-334.

Wilson, S.G. 2002. A whale shark feeding in association with school of giant hering at Ningaloo Reef, Western Australia. **Journal of the Royal Society of Western Australia**. 85: 43-44.

Wilson S. G. y D. R. Newbound. 2001. Two whale sharks faecal samples from Ningaloo Reef.. Western Australia. **Marine Science**. 68 (2): 361-362

Wolfson, F. H. 1987. The whale shark *Rhincodon typus*, Smith1828, off Baja California, México (Chondrichthyes: Rhincodontidae). **Mem V Simp. Biol. Mar.**, UABCS, 5: 103-108.