



UNIVERSIDAD DEL MAR

Nivel trófico del tiburón angelito *Squatina californica* (Ayres, 1859) mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en Baja California Sur, México

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el título de

LICENCIADA EN BIOLOGÍA MARINA

Presenta

MILDRED ARELY VALDIVIA MESINAS

Dirigida por

DRA. OFELIA ESCOBAR SÁNCHEZ

Puerto Ángel, Oaxaca. Septiembre 2013



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de haber analizado y evaluado la tesis “Nivel trófico del tiburón angelito *Squatina californica* (Ayres, 1859) mediante el uso de isótopos estables de nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) y carbono ($\delta^{13}\text{C}$) en Baja California Sur, México”, presentada por la Pasante de Biología Marina **Mildred Arely Valdivia Mesinas**, se considera que cumple con los requisitos académicos y la calidad necesaria para ser defendida en el examen profesional.

Comisión Revisora

Dra. Ofelia Escobar Sánchez
Instituto Tecnológico de Mazatlán
Directora

Dr. Felipe Galván Magaña
CICIMAR-Instituto Politécnico Nacional
Revisor

M. en C. Ana María Torres Huerta
Universidad del Mar
Revisora

Dra. Genoveva Cerdenares Ladrón de
Guevara
Universidad del Mar
Revisora

Ing. Pesq. Inds. Samuel Ramos Carrillo
Universidad del Mar
Revisor

Puerto Ángel, Oaxaca, Septiembre 2013

Dedicatoria

*A Dios y la virgen por haberme dado salud
y permitirme llegar hasta este punto.*

*A mi familia (mamá, tíos, hermanos, primos, abuelo, amigos) por su
infinito amor, comprensión y confianza. Gracias por la motivación
constante que me brindaron para no decaer, seguir adelante y poder
superar todos los obstáculos que se me presentaron,*

En memoria de mis abuelitos:

Amando, Águeda, Domitilo y Constanza.

Los amo con todo mi corazón 😊

*Lo que sabemos es una gota de agua; lo que ignoramos es
el océano (Isaac Newton).*

Agradecimientos

A la universidad del Mar por brindarme la oportunidad de ser uno más de la institución, gracias por formar parte de mi vida.

A los proyectos "Ecología trófica de tiburones y rayas de Baja California Sur utilizando análisis isotópicos" CLAVE CGPI: 20100772 y "caracterización de la pesca artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de BCS" CLAVE CGPI: 20111183, financiados por el IPN, por aportar los recursos para realizar este trabajo.

A mi directora de tesis la Dra. Ofelia Escobar por todo su tiempo y apoyo incondicional brindado para la realización de esta tesis. Gracias por el apoyo que me brindó cuando lo necesité y no solo moral sino también económicamente.

A mis revisores Dr. Felipe Galván, M. en C. Ana Ma. Torres, Dr. Genoveva Cerdaneres y el Ing. Pesq. Inds. Samuel Ramos, por sus sugerencias y comentarios para enriquecer este trabajo. Gracias por todo el apoyo brindado.

Al Dr. Felipe Galván por haberme aceptado para la realización de mis estancias, ya que con ello pude aprender más sobre la importancia pesquera de los tiburones, y sobre todo gracias por brindarme la oportunidad de trabajar con usted y gracias por el apoyo que me brindo para la realización de esta tesis.

Al Dr. Gerardo Gonzales Barba por compartirme de su conocimiento sobre los fósiles, por acompañarnos a la localidad de Bahía tortugas y estar al pendiente de lo que realizábamos.

Al Dr. Edgar Rosas por el apoyo brindado en la revisión del protocolo, gracias por sus recomendaciones.

Al grupo de investigación del proyecto tiburones y rayas CICIMAR por el apoyo brindado en mi estancia. Gracias Dr. Yassir, Dra. Maribel, Dr. Xchel, M. en C. Sergio y M. en C. Jorge por compartir de su conocimiento y darnos una plática sobre el trabajo que realizan.

Al personal que labora en el Laboratorio de Ecología de Peces y el Laboratorio de Química Marina del CICIMAR por facilitar sus instalaciones para el procesamiento de muestras y por la amabilidad brindada.

A quienes me ayudaron a buscar, organizar y pesar nuevamente mis muestras para enviarlas nuevamente a los E.U.A.: Dra. Maribel Carrera, Dr. Arturo Tripp y Dr. Xchel Moreno.

Al pescador Alejandro Escobar quien tomó las medidas extras del angelito en El Portugués.

Al grupo que participó y estuvo conmigo en la toma de muestras de tiburones y compartió momentos agradables y no agradables conmigo en Bahía Tortugas (Tania, Fátima, Jessica, Ana, Gaby, Humberto). Gracias por las experiencias vividas. La experiencia de ir a tiburonear nunca la voy a olvidar, recordarlo es muy divertido.....Bandera negra nunca te voy a olvidar!!!.

A las personas que se hicieron cargo de mí en Bahía tortugas (Carmina, Doña Irma, Pancho, Cristian, etc.). Gracias por hacer mi estancia más amena y por la amistad que me brindaron.

A los pescadores y las cooperativas Emancipación y la Purísima que nos facilitaron la toma de muestras de tiburones y rayas. Gracias por enseñarme a valorar más el trabajo de un pescador, comprender que aunque se vea fácil no es de esa manera y gracias también por compartir el mucho o poco conocimiento que tienen sobre los tiburones.

A las personas que hicieron más amena mis estancias en la Paz B.C.S. (Matus, Tona, Rosita y todos mis compañeros y amigos que se encontraban ahí en esos momentos). Gracias por el apoyo que me brindaron.

A todos mis maestros que me formaron como estudiante, gracias por los regaños, consejos, salidas de campo, convivencias y relajos. Gracias por brindarme del conocimiento del cual yo no contaba y sobre todo darme la oportunidad de conocer cosas asombrosas del mar. Gracias por todo.

A mis profesores de natación (Armando, Virgilio y Juani) gracias por su ayuda, apoyo y sobre todo por la amistad que me brindaron.

A mi madre Teresa quien me enseñó a no rendirme ante ningún obstáculo que se me presentara en el camino por más grande que este fuera. Gracias por su apoyo incondicional que siempre me ha brindado, porque gracias a él pude lograr este sueño. Gracias por el amor que me brindas. Te quiero mucho mami.

A mis hermanos Ricardo e Itzel que aunque estén lejos siempre están ahí para apoyarme. Los quiero mucho.

A mis tíos Reyna, Carlos, Benito y Julio que mas que tíos son como madre y padres para mi, gracias por el cariño que me han brindado por que gracias a él he podido salir adelante, gracias por sus consejos y por los valores que me ayudaron a formar como persona, gracias por preocuparse por mí, los quiero mucho.

A mis demás Tíos Bella, Erika, Rosa, Bartolo, gracias por el apoyo y cariño que me han brindado, los quiero mucho.

A mis primos Lili, Chico, Miri y Kivin que me brindaron su cariño de hermanos y que con sus chistes, travesuras y ocurrencias me han dado momentos muy divertidos y alegres en mi vida. Gracias por todo lo que me han brindado por que para mí ustedes son mis hermanos. Los quiero mucho.

A mi abuelito Aquilino (Simón) que a pesar de que nos hace pasar por momentos de preocupación y coraje, se ha mantenido fuerte y con salud, gracias por darme la alegría de tener a un abuelito con vida, lo quiero mucho abue.

A mis compañeros de la carrera con quienes compartí muchos momentos importantes, como las salidas de campo en las cuales nos divertíamos mucho, como olvidar esa práctica donde gritábamos Rolis, Rolis o la salida a Veracruz cuando el autobús ya no daba una ajaja, que divertido fueron esos momentos.

A mis amig@s con quien he compartido más de 5 años, el grupo de la realeza (Faty, Edith, Vivis, Tania y Jessi), amigas que llegue a conocer después Jei, Jes, plásticas (Lore, Dul y Rubi), amigos que siempre andaban causando terror (Luis, Paquito, Deyvid, Juano, Lenin, Sabinis, Piñita, Pochu y Cotsi) y amigos que son buenos nadadores (Carlitos y Cesar). Son muchos los momentos que he compartido con ustedes y que dejaron huella en mi vida, gracias por todos esos momentos tristes y alegres que compartieron y ojala sigan compartiendo conmigo, por todos esos momentos súper locos y divertidos que hemos pasado, por todo el relajo que hacíamos cuando nos juntábamos, por las fiestas que pasamos juntos, por aguantarme, nunca olvidare todos los momentos que pasamos juntos. Gracias por brindarme su amistad y cariño. Y lo más importante gracias por ser grandes amig@s. "Fighting" pichillas, pichillos y no pichill@s.

A los encargado de escolares, Lic. Mailet, Jorgito, Reynita y Claudia gracias por la amabilidad que me brindaron cuando tenía que solicitar alguna información. Gracias también a Esmé que siempre estuvo atenta a que no faltáramos a clases, además que casi nunca me llamaba la atención por escandalosa.

A todas las personas que de alguna u otra manera me brindaron su amistan, estuvieron ahí apoyándome, conviviendo conmigo, echando relajo, dándome consejos, regañándome, etc. gracias.

Gracias a todos por dejarme formar parte de su vida y por formar parte de la
mía.

*Es muy común recordar que alguien nos debe agradecimiento, pero es más
común no pensar en quienes le debemos nuestra propia gratitud (Johann
Wolfgang Von Goethe)*

<u>Índice</u>	Página
Lista de tablas y figuras	i
Glosario de términos	iv
Resumen	vii
Abstract	viii
I. Introducción	1
I.1. Estudios de hábitos alimenticios	2
I.2. Antecedentes	5
I.3. Justificación	9
II. Hipótesis	10
III. Objetivos.....	10
III.1. General.....	10
III.2. Particulares	10
IV. Área de estudio.....	11
V. Material y métodos	13
V.1. Trabajo de campo	13
V.2. Trabajo de laboratorio	14
V.3. Trabajo de gabinete	15
V.3.1. Relación C/N.....	16
V.3.2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno	16
V.3.3. Modelos de Mezcla	18
V.3.4. Nivel trófico (NT)	18
VI. Resultados	20
VI.1. Relación C/N	20
VI.2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno.....	21
VI.3. Modelos de Mezcla	25
VI.4. Nivel trófico (NT).....	27
VII. Discusión.....	28

VII.1. Relación C/N	28
VII.2. Análisis de Isótopos estables de Carbono y Nitrógeno.....	30
VII.3. Modelos de Mezcla	35
VII.4. Nivel trófico.....	36
VIII. Conclusiones	38
IX. Recomendaciones	39
X. Referencias	40
XI. Anexos	51

Lista de tablas y figuras

Tablas

- Tabla 1.** Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las presas principales de *Squatina californica*. Indicando la importancia relativa (%IIR) de cada presa en la dieta del tiburón angelito. 22
- Tabla 2.** Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de algunas presas importantes reportadas en el contenido estomacal de *Squatina californica*. El tejido analizado fue tejido muscular..... 24
- Tabla 3.** Valores isotópicos del nivel trófico tanto general (Gral.) como para hembras (H), machos (M), juveniles (J) y adultos (A) de *Squatina californica* para el Pacífico Norte (PN) y Golfo de California (GC). 27
- Tabla 4.** Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de diferentes especies marinas (*Tiburones, **rayas) encontrados en el Pacífico Norte (PN) y Golfo de California (GC). El tejido analizado fue tejido muscular. 31
- Tabla 5.** Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ obtenidos a partir del músculo del tiburón ángelito *Squatina californica* de la costa occidental de Baja California Sur (Bahía Tortugas). 61

Figuras

- Figura 1** Área de estudio. Localización de los campos pesqueros Chester Rock y El Portugués en Baja California Sur, México. 12
- Figura 2.** Vista dorsal mostrando la longitud alternativa (LA) de *Squatina californica* (Tomado de Fischer 1995a)..... 13

Figura 3. Relación entre C/N y la razón de isótopos estables de carbono en el músculo del tiburón <i>Squatina californica</i> en la localidad de Bahía Tortugas y sus presas principales en la localidad El Portugués.....	20
Figura 4. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ provenientes del músculo ventral del tiburón ángelito <i>Squatina californica</i> en la localidad de Bahía Tortugas durante el mes de Agosto de 2011, representando la media y desviación estándar de los isótopos estables.....	21
Figura 5. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las hembras y machos del tiburón ángelito <i>Squatina californica</i> en la localidad de Bahía Tortugas.	22
Figura 6. Medias y desviaciones estándar de los isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de los juveniles y adultos del tiburón ángelito <i>Squatina californica</i> en la localidad de Bahía Tortugas.	23
Figura 7. Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ del tiburón ángelito <i>Squatina californica</i> en el Pacífico Norte y Golfo de California, representando la media y desviación estándar de los isótopos estables.	23
Figura 8. Comparación de valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las presas principales en el contenido estomacal de <i>Squatina californica</i>	24
Figura 9. Polígono de Mezcla de valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para <i>Squatina californica</i> y sus presas; DPAC= <i>Diplectrum pacificum</i> , ETER= <i>Etrumeus teres</i> , PANA= <i>Porichthys analis</i> , DMAC= <i>Decapterus macrosoma</i> , SJAP= <i>Scomber japonicus</i> , PMAC= <i>Paralabrax maculatofasciatus</i> , SICYO= <i>Sicyonia</i> , SYNOD= <i>Synodus</i>	25
Figura 10. Histograma de las contribuciones de las presas principales de <i>Squatina californica</i> de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.....	25/26

Figura 11. Comparación de valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de diferentes especies capturadas en el Pacífico Norte y Golfo de California..... 31

Glosario de términos

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

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

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

Bentónico: Organismo que vive en el fondo de la masa de agua. Viven relacionados con el fondo, semienterrados, fijos o que pueden moverse sin alejarse demasiado de él (Enciclopedia en línea Wikipedia).

Biopsia: Extracción de una muestra de tejido obtenido para análisis de laboratorio (Larousse 2004).

Demersal: Se refiere a organismos que viven o están en estrecha relación con el fondo del mar (Osborne 2000).

Discriminación isotópica: La diferencia neta en la abundancia isotópica causada por una conducta variable de los isótopos de algún elemento, la cual es determinado por los procesos biogeoquímicos debido a procesos termodinámicos y cinéticos relacionados con las diferencias en la masa nuclear (Fry 1984).

Enriquecimiento isotópico: 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 ligeros debido a los procesos de discriminación isotópica (Fry 1984).

Espectrómetro de masas de razones isotópicas: Instrumento analítico de gran precisión que se utiliza para medir la razón absoluta entre dos isótopos (R) y obtener posteriormente la razón isotópica de una muestra relativa a un estándar (δ). La muestra se introduce como un gas, al cual se le adicionan electrones para crear iones. Estos iones son acelerados a través de un tubo de vacío y expuestos a un campo magnético que causa que los iones de diferente masa sean desviados a trayectorias ligeramente diferentes. Los detectores (vasos de Faraday) están colocados en cada trayectoria para capturar los iones de masa específica. El valor resultante es comparado con los valores (R) obtenidos en el gas estándar y posteriormente utilizado para calcular δ (Real Academia de la Lengua española).

Fraccionación isotópica: Aumento en la concentración de un isótopo estable que se presenta en un consumidor con respecto a su presa, resultado de una discriminación metabólica hacia el isótopo pesado.

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

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

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).

Nivel trófico: Clasificación funcional de los organismos en una comunidad conforme a sus relaciones alimenticias bajo un sistema ordenado en que cada categoría o nivel alberga aquellos organismos que se alimentan del mismo o similar alimento. Posición de los organismos en la cadena alimenticia, determinado por la transferencia de energía de un nivel a otro (Lindeman 1942, Gerking 1994).

Notación delta (δ): Es la diferencia en partes por mil (‰) entre la razón absoluta (R) 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 (Real Academia de la Lengua española).

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, empleado para conocer si el tejido está enriquecido en ^{12}C presente en los lípidos (Rau *et al.* 1990).

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).

Resumen

Squatina californica es un tiburón de importancia comercial para el Pacífico mexicano; sin embargo, en la costa occidental de Baja California Sur (B.C.S.) no se han realizado estudios sobre su biología básica, incluyendo sus estudios tróficos. Este trabajo se realizó con la finalidad de conocer y determinar la posición trófica del tiburón angelito del Pacífico, *S. californica* capturado en Bahía Tortugas, B.C.S., así como comparar con los valores isotópicos obtenidos en el Golfo de California (GC). Un total de 29 muestras de músculo (24 hembras y 5 machos) se recolectaron en el campo pesquero Chester Rock, B.C.S. La cuantificación de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ se realizó mediante un espectrofotómetro de masas. Los valores de isótopos obtenidos para el carbono ($\delta^{13}\text{C}$) comprendieron de -17.1‰ a -15.73‰ ($\mu = -16.2 \pm 0.22\%$); mientras que el nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) estuvo entre 15.97‰ a 19.7‰ ($\mu = 18.5 \pm 0.77\%$). Esto indica que *S. californica* se alimenta en áreas cercanas a la costa y consume especies de hábitat bentónico. No existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los valores isotópicos entre hembras y machos, así como entre juveniles y adultos del tiburón angelito; por lo que a pesar de la categorización por sexo y talla, éstos comparten las mismas áreas para alimentarse. En contraste, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los tiburones angelitos del Pacífico Norte y GC. El nivel trófico determinado para *S. californica* en Bahía Tortugas fue de $\mu = 4.03 \pm 0.33$. De acuerdo al modelo de mezcla, las presas que contribuyeron de manera más importante a la dieta fueron: el camarón de roca, *Sycionia* spp. (49 a 68%) y la cabrilla, *Paralabrax maculatofasciatus* (19 a 25%).

Palabras Claves: Tiburón angelito, Isótopos estables, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Bahía Tortugas.

Abstract

Squatina californica is a commercially important shark for the Mexican Pacific; however on the west coast of Baja California Sur (B.C.S.) has not been conducted on the basic biology, including trophic studies. This work was done to determine the trophic position of the Pacific angel shark, *S. californica* caught in Bahía Tortugas, B.C.S., and compare with the isotopic values obtained in the Gulf of California (GC). A total of 29 samples of muscle (24 females and 5 males) were sampled in the fishing camp Chester Rock, B.C.S. Quantification of $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$ was done using a mass spectrometer. The values obtained for carbon isotopes ($\delta^{13}\text{C}$) comprised -17.1‰ to -15.73‰ ($\mu = -16.2 \pm 0.22\text{‰}$); while nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$) ranged from 15.97‰ to 19.7‰ ($\mu = 18.5 \pm 0.77\text{‰}$). This indicates that *S. californica* feeds in nearshore areas and consumes prey from benthic habitat. No significant differences ($p > 0.05$) in the isotopic values between males and females, and also between juveniles and adults of the angel shark, despite their categorization by sex and size, they share the same areas to feed. In contrast we found significant differences ($P < 0.05$) in $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ values for angel sharks from North Pacific and GC. The trophic level determined for *S. californica* in Bahía Tortugas was $\mu = 4.03 \pm 0.33$. According to the model of mixing, the prey that contributed more significantly to the diet were: the rock shrimp *Sycionia* spp. (49 a 68%) and the spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus* (19 a 25%).

Keywords: angel shark, stable isotopes, $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, Bahía Tortugas.