INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN SULFIN *Galeorhinus galeus* (LINNAEUS, 1758) EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL E ISÓTOPOS ESTABLES

TESIS

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

PRESENTA

JULIANA DI FILIPPO TABORDA

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DE 2018

SIP-14 BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.,** siendo las **12:00** horas del día **28** del mes de **Noviembre** del **2018** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de **CICIMAR** para examinar la tesis titulada:

"ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN SULFIN *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO; MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL E ISÓTOPOS ESTABLES"

Presentada por el alumno:

DI FILIPPO	TABORDA	JULIANA
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro: | A | 1 | 7 | 0 | 6 | 6 | 7 |

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Director de Tesis

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN
2º. Director de Tesis

DR. LEONARDO ANDRÉS ABITIA CÁRDENAS

DR. ALBERTO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DR. ARTURO TRIPP VALDEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

PODER EJECUTIVO FEDERAL ESTADOS UNIDOS MEXICANOS MÉXICO, D.F.

I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 06 del mes de Diciembre del año 2018

El (la) que suscribe BIÓL. JULIANA DI FILIPPO TABORDA Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170667 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA y DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN SULFIN *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO; MEDIANTE EL ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL E ISÓTOPOS ESTABLES"

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: julydifi2@gmail.com - galvan.felipe@gmail.com – elofe7@gmail.mx

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

Juliana Di Filippo T.

BIÓL. JULIANA DI FILIPPO TABORDA

Nombre y firma del alumno

Dedicatoria

A ti que siempre has estado conmigo impulsándome a seguir

A mi padre por ser mi apoyo incondicional en este camino llamado vida

A Tara y Lio por pintarme de colores la existencia

Agradecimientos

A mi familia y amigos por apoyarme incondicionalmente e impulsarme a seguir adelante cuando las situaciones eran difíciles. En especial a Andre, Eliana, Jaidy, May, Sara y Lady ¡gracias por hablarme fuerte y recordarme porqué estoy aquí!

A Michael por ser un regalo, por enseñarme que a veces se necesita ver las cosas desde otra perspectiva… y y y gracias por dejar de dormir para acompañarme en los días sin fin jajaja

A Melany, Steph, Mirsha, Carlos, Mirla e Iván por haber hecho mi estadía en estas tierras muy feliz. Agradezco de verdad haberlos conocido y espero que nuestra amistad trascienda las fronteras y el tiempo.

A mis compañeros del Laboratorio del Laboratorio de Peces y del Proyecto de Tiburones y rayas del CICIMAR-IPN por la toma de muestras y ayuda en el procesamiento de algunos datos, en especial a Rubén, Franklin y Julio por su apoyo y ayuda. A Ariagna, Laura y Alaín ¡gracias por hacer el trabajo de laboratorio más agradable!

A mis directores de tesis y comité tutorial por ayudarme en mi formación profesional y tener la paciencia suficiente para que llegara hasta aquí.

Al Doc. Antonio y a Arsenio del Laboratorio de Biogeoquímica de Isótopos Estables del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra IACT (CSIC-UGR) en Granada, España; por la paciencia para transmitir sus conocimientos y su apoyo en el procesamiento e interpretación de los resultados.

Al Instituto Politécnico Nacional y a CICIMAR por la oportunidad de formarme como mejor profesional.

A CONACyT y BEIFI por el apoyo económico para realizar esta maestría.

TABLA DE CONTENIDO

Lista de tablas ii

Lista de figuras v

Resumen vii

Abstract viii

1. Introducción 1
2. Antecedentes 6
3. Planteamiento del problema 9
4. Hipótesis 9
5. Objetivos 10
6. Materiales y métodos 10
7. Resultados 18
8. Discusión 35
9. Conclusiones 40
10. Recomendaciones 40
11. Bibliografía 41

LISTA DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1	Curva de diversidad acumulada de especies para la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.	19
2	Curva de diversidad acumulada de especies para las hembras de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.	20
3	Curva de diversidad acumulada de especies para los machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.	20
4	Índice de importancia presa específico para las presas más importantes dentro de la dieta de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	22
5	Índice de importancia presa específico para las presas más importantes dentro de la dieta de hembras y machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	23
6	Boxplot de los valores de δ15N de hembras y machos de la especie Galeorhinus galeus en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	26

7 Boxplot de los valores de $\delta^{15}N$ de juveniles y adultos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 26

8 Interacción entre los factores sexo y estadio en relación con los valores de $\delta^{15}N$ de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas punteada roja y continua azul, que representan los estadios juvenil y adulto respectivamente, no tienen contacto en ningún punto, esto representa que no existe interacción entre los dos factores evaluados. 27

9 Boxplot de los valores de $\delta^{13}C$ de hembras y machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 28

10 Boxplot de los valores de $\delta^{13}C$ de juveniles y adultos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 28

11 Interacción entre los dos factores sexo y estadio en relación con los valores de $\delta^{13}C$ de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas punteada roja y continua azul, que representan los estadios juveniles (1) y adultos (2) respectivamente, no tienen contacto en ningún punto, esto representa que no existe interacción entre los dos factores evaluados. 29

12 Amplitud trófica y traslapo trófico entre hembras (H) y machos (M) de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas sólidas corresponden a las elipses calculadas con estadística bayesiana. 30

13 Amplitud trófica y traslapo trófico entre juveniles (J) y adultos (A) de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas sólidas corresponden a las elipses calculadas con estadística bayesiana. 30

14 Boxplot que muestra la proporción de aporte de cada una de las presas a la dieta de *Galeorhinus galeus* a partir del modelo de mezcla para Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los 31

intervalos de confianza de la contribución probable de cada pesa a la dieta.

15 Valores promedio de $\delta^{15}N$ tomados a diferentes distancias del foco a partir de vértebras de hembras y machos de *Galeorhinus galeus* capturados en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 34

16 Valores promedio de $\delta^{13}C$ tomados a diferentes distancias del foco a partir de vértebras de hembras y machos de *Galeorhinus galeus* capturados en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 34

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pág.
1	Espectro trófico de *Galeorhinus galeus* en Bahía tortugas, Baja California Sur, México. $\%FO$ es la frecuencia de ocurrencia de determinada presa en los estómagos analizados, $\%PN$ la abundancia específica por presa y $\%PW$ el peso de cada presa.	21
2	Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{15}N$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por sexo en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	24
3	Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{13}C$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por sexo en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	24
4	Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{15}N$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por estadio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	25
5	Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{13}C$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por estadio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	25
6	Porcentaje promedio de la contribución de presas a la dieta de *Galeorhinus galeus* de a partir del modelo de mezcla para el área de Bahía Tortugas para Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	32
7	Valores $\delta^{15}N$ promedio por estadios de desarrollo (distancia al foco) de machos y hembras de la especie *Galeorhinus galeus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.	32

8 Valores $\delta^{13}C$ promedio por estadios de desarrollo (distancia al foco) de machos y hembras de la especie *Galeorhinus galeus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 33

9 Niveles tróficos promedio por sexo y estadios a partir de análisis de isótopos estables de $\delta^{15}N$ en vértebras de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 35

RESUMEN

La información biológica del tiburón *Galeorhinus galeus* es escasa en el Pacifico nororiental, y aspectos de su biología básica, así como su ecología trófica y el estado de sus poblaciones no han sido estudiados con rigor desde hace más de 50 años en esta zona; a pesar de haber sido una especie de importancia pesquera y que actualmente, *G. galeus* haga parte de la pesca incidental. Se emplearon los análisis de contenido estomacal e isótopos estables de carbono y nitrógeno para conocer la ecología de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Esta especie presentó valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ que indican que los juveniles y las hembras se encuentran asociados a ambientes más costeros en comparación con los adultos y los machos, los cuales se encuentran en ambientes más oceánicos; sin embargo, existe una segregación trófica en el uso de los recursos entre estadios de desarrollo, pero no entre sexos. Se observó también un aumento en el nivel trófico conforme los organismos aumentan su tamaño, lo cual podría estar relacionado con un aumento en la demanda energética por parte de los organismos más grandes. Así, *G. galeus* en Bahía Tortugas se cataloga como un depredador piscívoro de nivel trófico alto, que se alimenta principalmente de peces teleósteos y en menor proporción de cefalópodos, donde los juveniles y adultos hacen un uso diferencial de los recursos, siendo los adultos más oceánicos alimentándose de presas con un mayor nivel trófico, en relación con los juveniles que presentan hábitos más costeros y se alimentan de presas con niveles tróficos menores. Este estudio aporta información nueva sobre la función ecológica que cumple esta especie de tiburón para una región importante del Pacífico nororiental.

ABSTRACT

The biological information of the shark *Galeorhinus galeus* is scarce in the northeastern Pacific, and aspects of its basic biology, as well as its trophic ecology and the state of its populations have not been rigorously studied for more than 50 years in this area; despite having been a specie of fishing importance and that currently, *G. galeus* is part of the bycatch. The trophic ecology allows us to know and understand the biological and ecological role of a species within an ecosystem through the study of intraspecific and interspecific interactions. These type of interactions have an important impact on the life history of organisms and how the ecosystem functions. To address this aspect, stomach content analysis has traditionally been used to provide information on the diet of organisms and their habitual habitat uses. However, this method has important limitations, which is why stable isotope analysis is used as a complementary methodology because it provides more accurate information on diet assimilation, habitat uses and resource consumption. In this study, stable stomach content analysis, carbon isotope analysis and nitrogen isotope analysis were used to know the ecology of the species *Galeorhinus galeus* in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico. For this region, the species presented values of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ which indicates that juveniles and females are associated with more coastal environments, compared to that of adults and males, which are found in more oceanic environments. However, there is a trophic segregation in the usage of resources within the stages of development, but not between sexes. An increase in trophic level was also observed as organisms increased in size, which may be related to an increase in energy demand by larger organisms, or a strategy to avoid competition and/or predation. Thus, *G. galeus* in Bahía Tortugas was classified as a high trophic level piscivorous predator, which feeds mainly on teleost fish and in smaller proportions, cephalopods. While the juveniles and the adults make a differential use of the resources available, the adults are more oceanic and tend to feed more on prey with a higher trophic level, in relation to the juveniles that present more coastal habits and feed on prey with lower trophic levels. This study provides new

information on the ecological functions of this species in the Northeast Pacific region, however the results suggest that more detailed future studies are necessary to understand the foraging use and habitat patterns of *G. galeus*.

1. INTRODUCCIÓN

En general, la mayoría de los peces cartilaginosos muestran estrategias de vida k, exhibiendo en mayor o menor grado un crecimiento lento, edad de madurez tardía, baja fecundidad y productividad, períodos de gestación largos y longevidad importante (Cailliet *et al*., 1985; Natanson & Cailliet, 1990; Cailliet *et al*., 2006; Smith *et al*., 2009). Estas especies ocupan diferentes hábitats, los cuales incluyen sistemas fluviales de agua dulce y lagos, aguas costeras, mar abierto y el océano profundo, y muchas especies presentan una distribución relativamente restringida; mientras que otras tienen una distribución de mayor amplitud, dificultando la caracterización precisa de su dieta y el uso del hábitat (Cailliet *et al*., 2006; Kim *et al.,* 2012).

Los condrictios son predominantemente depredadores, aunque muchos de ellos son carroñeros y algunos consumen plancton y peces pequeños; razón por la cual influencian significativamente el tamaño poblacional de sus presas y la estructura y composición de especies de los niveles tróficos menores del ecosistema marino, jugando así un rol importante en la dinámica y estructura de las comunidades marinas en las que habitan (Cailliet *et al*., 2006; Daly *et al.,* 2013).

Ecología trófica e isótopos estables

La ecología trófica estudia los organismos y sus interacciones alimenticias dentro de un ecosistema, las cuales pueden ser de tipo intraespecíficas e interespecíficas, es decir, relaciona los aspectos biológicos y fisiológicos de las especies con su hábitat, régimen alimentario, tipo de dieta y relaciones bióticas (Jaramillo-Londoño, 2009; Llamazares-Vegh 2014).

A través del estudio de la ecología trófica de los organismos, es posible comprender el papel biológico y ecológico que desempeña un organismo dentro del ecosistema, pues el alimento constituye uno de los factores que afectan su

crecimiento, abundancia, reproducción y competencia. Además, conocer la dieta, las estrategias de alimentación, los cambios ontogénicos en los patrones de alimentación reflejan las funciones de los organismos dentro de las comunidades ecológicas, es decir su nivel trófico; permitiendo ampliar el conocimiento y la comprensión sobre las relaciones tróficas que operan en los ecosistemas, esto es, sus posibles relaciones con otras especies o grupos y proporciona una idea aproximada de su entorno (Estrada *et al.,* 2006, Jaramillo-Londoño, 2009; Llamazares-Vegh 2014).

Para ello, tradicionalmente se ha empleado el análisis de contenidos estomacales, el cual aunque proporciona una buena resolución taxonómica de los ítems o presas que forman parte de la dieta del consumidor; solo brinda información del periodo entre la ingestión y la digestión de las presas, por lo que no puede considerarse un método preciso para describir los patrones de consumo a largo plazo, debido a que presenta limitaciones como que la identificación de cada ítem consumido depende de la tasa de digestión del consumidor, lo que hace que algunas de ellas no puedan ser identificables; no permite distinguir entre las presas ingeridas con respecto a las presas asimiladas y presenta dificultades logísticas relacionadas al muestreo, requiere un gran número de organismos para analizar, lo cual adquiere una connotación especial cuando se trata de especies amenazadas, protegidas o que son relativamente costosas de muestrear (Overman & Parrish, 2001, MacNeil *et al.,* 2005, Estrada *et al*., 2006, Daly *et al.,* 2013).

Como método complementario para investigar la ecología trófica de los organismos, se encuentra el análisis de isótopos estables. Este método ofrece una visión general de cómo los recursos nutricionales pueden ser empleados por los organismos, al proveer una descripción integrada de las relaciones tróficas en el tiempo basada en la descripción de las dietas a largo plazo (Overman & Parrish, 2001, Estrada *et al*., 2006, Daly *et al*., 2013), es decir, que este método integra la asimilación de la energía o flujo de masa a través de las diferentes vías tróficas

que conducen a un organismo. Asimismo, proporciona información sobre la amplitud y superposición de nicho, desplazamientos dietéticos relacionados con la ontogenia, estrategias de forrajeo individual y uso de hábitat (Post, 2002; Kim & Koch, 2011; Daly *et al.,* 2013).

El análisis de isótopos estables ha sido empleado para mejorar el entendimiento de los patrones de movimiento de los animales y sus relaciones tróficas en ecosistemas acuáticos (Logan & Lutcavage, 2010); asimismo constituye una técnica confiable para examinar el nivel trófico de grupos de animales, ya que las tasas de los isótopos de carbono y nitrógeno en los tejidos de un depredador reflejan la composición isotópica de sus presas. Estas proporciones son conservadoras desde los niveles basales (productores primarios como el fitoplancton) hasta los depredadores tope, con un enriquecimiento de <1‰ por nivel trófico para carbono; mientras que las relaciones de isótopos de nitrógeno experimentan un enriquecimiento predecible de 3-4‰ por cada nivel trófico*;* aunque estos valores pueden variar espacialmente entre tipos de hábitat, proporcionando una marca química natural para rastrear los movimientos de los individuos (DeNiro & Epstein, 1978; Fry, 1988; Post, 2002; Estrada *et al.,* 2006; Logan & Lutcavage, 2010; Kim *et al*., 2012).

Los isótopos de carbono y nitrógeno se fraccionan durante los procesos metabólicos, de tal manera que la mayoría de los tejidos del consumidor se enriquecen en el isótopo pesado (^{13}C y ^{15}N) con relación a la presa, lo cual se denomina enriquecimiento trófico o factor trófico de discriminación. De esta manera, los isótopos estables de carbono se utilizan como indicadores de la cadena alimenticia o zona de alimentación (de acuerdo a las fuentes de carbono) de un consumidor; mientras que los isótopos estables de nitrógeno se utilizan para evaluar el nivel trófico relativo y amplitud dentro de las presas (Post, 2002; Estrada *et al.,* 2006; Kim *et al*., 2012).

Los tejidos típicamente empleados para las reconstrucciones de la dieta isotópica son pelo, sangre, escamas y músculo, pero estos no abarcan toda la vida de los organismos y son vulnerables a perturbaciones externas o ambientales, pues tienen tasas de recambio altas (días-meses). Sin embargo, los tejidos como los dientes o vértebras son quizá los únicos que no son susceptibles al desgaste, representando los parámetros de la historia de vida de un organismo, son metabólicamente inertes y tienen una alta composición orgánica, reteniendo información sobre la dieta del organismo, permitiendo conocer el uso de recursos alimenticios y de hábitat a lo largo del tiempo (Campana *et al*., 2002, Estrada *et al.,* 2006; Kim *et al.,* 2012). Por lo anterior, en este trabajo se tendrán en cuenta las proporciones isotópicas del carbono y nitrógeno a partir de los tejidos vértebra y músculo de forma complementaria.

Especie de estudio: Tiburón sulfin *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758)

Dentro de la clase Chondrichthyes, más específicamente la subclase Elasmobrachii (elasmobranquios), se encuentra el tiburón sulfin *Galeorhinus galeus*, el cual se distribuye en mares templados y subtropicales entre 68°N- 55°S de latitud. En el Océano Atlántico occidental, su área de distribución está limitada desde el sur de Brasil hasta Argentina; mientras que en el Atlántico oriental se puede encontrar desde Islandia hasta Sudáfrica, incluyendo el Mar Mediterráneo. En la región occidental del Océano Índico, sólo reside en aguas de Sudáfrica. La distribución en el suroeste del Océano Pacífico se registra en aguas de Australia y Nueva Zelanda; mientras que en el Océano Pacífico oriental este tiburón habita en aguas desde la Columbia Británica (Canadá), Baja California Norte y Sur y en el Golfo de California en México, así como en aguas de Perú y Chile. Se encuentra ausente en el noroeste del Atlántico y el noroeste del Pacífico (Walker *et al*., 2006; FAO, 2016).

El tiburón sulfin *G. galeus* es una especie marina bentopelágica, que se encuentra en un rango de profundidad que va de los 0-100 metros de profundidad,

hallándose usualmente entre 2-471 metros de profundidad. Es una especie con una longitud máxima reportada de 2 metros, que alcanza la madurez sexual entre los 107-128 cm de longitud. Esto es cuando alcanza entre los 8 y 15 años; es vivípara aplacentada, con un periodo de gestación de aproximadamente 12 meses. Tienen entre 6-52 crías por camada, aumentando esta última conforme aumenta el tamaño corporal de las hembras. Los embriones alcanzan entre los 30-36 cm de longitud total al nacer (Compagno, 1984; Kailola *et al.,* 1993; Dulvy & Reynolds, 1997).

El tiburón *G. galeus* generalmente se organiza en pequeños grupos altamente migratorios en las latitudes más altas de su rango de distribución (Compagno, 1984); y presenta una segregación por sexo y tamaño en algunas regiones, encontrándose los machos adultos más lejos en aguas profundas, mientras que las hembras y juveniles en aguas menos profundas (Compagno, 1984; Cox & Francis, 1997; Reyes, 2005; Walker *et al*., 2006; Lucifora *et al.,* 2006).

El tiburón sulfin se encuentra categorizado a nivel mundial como vulnerable (VU), en Australia y Nueva Zelanda como cercana a la amenaza y en el Pacífico nororiental como especie de preocupación menor. Esta especie también se encuentra incluida en el apéndice CITES (CITES, UNEP-WCMC, 2017); siendo sus principales amenazas el interés comercial que aumenta la presión de pesca por la demanda de su carne y aletas; la captura incidental de crías en zonas de crianza y la degradación de su hábitat. Las regulaciones para la pesca como medida de conservación para el tiburón sulfin *G. galeus*, son pocas o nulas fuera de Australia y Nueva Zelanda, por lo que a nivel internacional existe un reconocimiento de las amenazas que este afronta (Walker *et al*., 2006).

En el Pacífico nororiental, el estado de la población de *G. galeus* es desconocido debido a que esta especie ha sido pobremente estudiada, al igual que muchas especies de tiburones en esta región (Bizarro *et al,* 2017). Es por ello, que en la actualidad las medidas para su conservación solo existen en el estado de

California (Estados Unidos), pero las reglamentaciones sobre las artes de pesca empleadas no se aplican de forma específica para esta especie en particular, lo que se hace necesario su estudio detallado, en términos de evaluación de poblaciones y parámetros biológicos.

2. ANTECEDENTES

La alimentación de la especie *G. galeus* ha sido estudiada en diferentes regiones, empleando principalmente el análisis de contenido estomacal, siendo algunos de estos estudios los realizados por Ellis *et al.* (1996), Cortés (1999), Morato *et al.* (2003), Reyes (2005) y Lucifora *et al.* (2006), y teniendo en cuenta análisis de contenido estomacal e isótopos estables, los estudios de Domi *et al.* (2004) y Torres *et al.* (2014). También es importante resaltar que estudios sobre la ecología trófica de *Galeorhinus galeus* en el Pacífico nororiental son casi inexistentes. Uno de los pocos es el de Bizarro *et al.* (2017).

Ellis *et al.,* (1996) reportaron que la dieta de *G. galeus* en el Atlántico nororiental, es principalmente piscívora siendo los peces teleósteos los componentes más importantes en su dieta comprendiendo un 77.7%, los cuales eran en su mayoría especies epibénticas y pelágicas; seguidos en importancia por los cefalópodos comprendiendo tan solo un 18.9%, y que presenta una amplitud trófica amplia.

Cortés (1999) reportó a partir de estudios cuantitativos sobre dieta de varias especies de tiburones realizados en varias regiones alrededor del mundo, que *G. galeus* era un depredador piscívoro y un nivel trófico, que lo ubica como un depredador terciario. Los peces fueron el componente más importante de su dieta (79.2%), seguido por los cefalópodos (16.4%), invertebrados (2.1%) y crustáceos decápodos (1.1%).

Morato *et al.* (2003) reportaron que este depredador se alimenta casi exclusivamente de peces teleósteos, junto con muy pocos crustáceos y cefalópodos en las islas Azores ubicadas en medio del Océano Atlántico. Las

observaciones previas sobre el comportamiento alimentario de esta especie sugirieron que los peces y los cefalópodos son las principales categorías de presas, aunque la dieta de esta especie en esta región se encuentra dominada por un menor número de especies, en comparación con la dieta que ha sido documentada en estudios previos para esta zona.

Reyes (2005), reportó para la zona centro-sur de Chile (Atlántico sur) que *G. galeus* es un generalista trófico, que basa su alimentación en el consumo de peces y secundariamente de cefalópodos. El patrón de alimentación observado demuestra que esta especie es un organismo de gran movilidad, capaz de alimentarse de peces neríticos en las cercanías de la costa y de peces demersales en la plataforma continental, y se reporta la posible existencia de segregación espacial por talla y sexo en el área de estudio.

Lucifora *et al.* (2006) indicaron que la especie es un depredador piscívoro en la costa argentina, Atlántico sur, que basa su dieta en el consumo de peces teleósteos (98.47%), cefalópodos (0.66%), invertebrados bentónicos (0.56%) y condrictios (9.31%). *G. galeus* para esta zona de estudio, cambia su dieta estacional y ontogénicamente, probablemente para ampliar su espectro trófico (consumir mayor número de presas) o a un cambio en el uso del hábitat para reducir el riesgo de depredación.

Domi *et al.* (2004) reportaron que *G. galeus* en el mar Celta (Atlántico Norte) posee un nivel trófico alto, reflejando una dieta primordialmente piscívora, siendo los peces epibénticos y pelágicos (84.8%) componentes más importantes de la dieta, seguidos en menor proporción por los invertebrados como los cefalópodos (18.9%). En este estudio también se reportan valores altos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para esta especie, lo cual puede ser un reflejo del consumo de invertebrados que se encuentran asociados a hábitats demersales en las plataformas continentales

Torres *et al.* (2014) reportaron para el Atlántico Norte que esta es una especie de depredador piscívoro, cuyas principales presas son peces teleósteos, algunos

crustáceos y cefalópodos, la cual se alimenta en un nivel trófico más bajo y dentro de una red más pelágica en comparación con otros estudios de esta especie hechos en esta misma región por Pinnegar *et al.* (2002) y Domi *et al.* (2005). El nivel trófico varió dependiendo de la especie presa y aumento significativamente con el tamaño de los organismos, así como el $\delta^{15}N$ aumentó con la talla, mientras que el $\delta^{13}C$ solo aumentó significativamente para los organismos más grandes cuando se comparaba con tallas menores independientemente del sexo. Además, en este estudio también se reportan cambios en la dieta que pueden estar relacionados con la disponibilidad, profundidad, ubicación y temporada de las presas.

Bizarro *et al.* (2017) reportan que para el Pacífico nororiental G. *galeus* es un depredador piscívoro con el 90.3% de su dieta constituida por peces, el 7.5% cefalópodos y el 2.2% por condrictios. Dentro de esta región, esta especie se ubica como un depredador terciario con un nivel trófico de 4.25.

G. galeus presenta una segregación trófica por sexo y talla, encontrándose los juveniles y las hembras en zonas costeras a profundidades menores a 15 metros y los machos en zonas más oceánicas a profundidades mayores a los 20 m (Walker *et al.,* 2006). Los juveniles pequeños incluyen en su alimentación una proporción alta de crustáceos y otras presas tales como anélidos y gasterópodos, mientras que los adultos se alimentan principalmente de peces (Compagno, 1984; Cox & Francis, 1997; Morato *et al.,* 2003; Reyes, 2005; Walker *et al.,* 2006; Lucifora *et al.,* 2006; Torres *et al.,* 2014). Sin embargo, diferencias regionales sugieren que la especie es un depredador plástico, que puede variar su dieta para adaptarse a diferentes situaciones. Entre sus principales depredadores se encuentran los tiburones *Carcharodon carcharias* y *Notorynchus cepedianus* y posiblemente mamíferos marinos (Walker *et al.,* 2006; Lucifora *et al.,* 2006).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las respuestas de las poblaciones a la pesca históricamente han mostrado que muchas especies de tiburones poseen características de historia de vida (crecimiento lento, madurez tardía y baja fecundidad) que los hacen intrínsecamente sensibles a la presión de pesca o explotación prolongada y limitan su capacidad para recuperarse de la sobrepesca (Smith *et al*., 2009; Natanson *et al*., 2014).

Aunque la información sobre su historia de vida ha aumentado, datos concretos sobre las especies no están disponibles para muchas poblaciones (Natanson *et al*., 2014), por lo que a pesar de su importancia económica, no hay conocimiento suficiente acerca de la biología básica y parámetros específicos de su historia de vida, el estado de las poblaciones o la dirección de las tendencias poblacionales, dificultando así el manejo sustentable y la conservación de las diferentes especies de tiburones (Blanco-Parra *et al*., 2008; Natanson *et al*., 2014).

La situación actual del tiburón *G. galeus* no es diferente a la situación que atraviesan los tiburones en general, dada su importancia en las pesquerías y a los vacíos de conocimiento sobre aspectos fundamentales de su biología e historia de vida en el Pacífico nororiental, región que incluye las costas del Pacífico mexicano. En este contexto, la presente propuesta de investigación plantea el estudio de la ecología trófica de *G. galeus*, empleando el análisis de los isótopos estables de carbono y nitrógeno a lo largo de su vida a partir de tejido vertebral y muscular, para lograr una mejor comprensión del uso de hábitat por parte de la especie.

4. HIPÓTESIS

La especie presenta un consumo mayoritario de peces y cefalópodos; sin embargo, en términos de sexo y edad, habrá una diferenciación tanto en el consumo de presas como en uso de hábitat.

5. OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer la ecología trófica de *Galeorhinus galeus* empleando el análisis de contenido estomacal e isótopos estables de carbono y nitrógeno en vértebra y músculo en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Objetivos específicos

- Conocer la importancia de las principales presas de *G. galeus*, mediante el análisis de contenido estomacal e isótopos estables en músculo.
- Establecer la posición/amplitud trófica y uso de hábitat de *G. galeus* a partir del análisis de contenido estomacal y el análisis isotópico (N y C) de músculo y su relación con las presas principales.
- Establecer la posición/amplitud trófica y uso de hábitat de *G. galeus* durante su ontogenia a partir de isótopos estables en vértebras.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Bahía Tortugas (27°41’ y 27° 47’ latitud norte y 114°39’ y 115°04’ longitud oeste) ubicada en la región Pacífico norte en el municipio de Mulegé, Baja California Sur, México, tiene una extensión aprox. de 20.5 km2 y presenta un clima cálido-seco durante el verano y parte del otoño; y fresco-húmedo durante el invierno y la primavera (Turrubiates-Morales, 1989; Guzmán Del Próo *et al.,* 1991; Hernández-Rivas *et al.,* 2000, Bernal-Pérez, 2017; Juaristi-Videgaray, 2016).

El área tiene una profundidad de aproximadamente 11 m en el centro de la bahía y 19 m hacia la boca. La costa que circunda la bahía es muy heterogénea, contando en su mayor parte con playas de rocas, así como playas arenosas de origen cuarzoso y fondos conformados principalmente por rocas ígneas (Turrubiates-Morales *et al.,*1989; Hernández-Rivas *et al.,* 2000; Juaristi-Videgaray, 2016).

Esta región se encuentra influenciada principalmente por la corriente de California que transporta aguas frías, de baja salinidad y altas cantidades de oxígeno disuelto durante invierno y primavera; y por la corriente norecuatorial que transporta aguas superficiales de origen tropical que se caracterizan por tener altas temperaturas, altas salinidades y bajos niveles de oxígeno disuelto durante verano y otoño (Sverdup *et al.,* 1942; Robles-Gil; 1985, Durazo, 2015; Curiel-Godoy, 2017; Martínez-Ayala, 2018).

La temperatura del agua en esta zona tiene un patrón estacional que varía desde los 12.7°C hasta los 19.9°C, dependiendo de la época del año (Guzmán del Próo *et al.,* 2000; Bernal-Gutiérrez, 2017), y predomina la mayor parte del año, el oleaje del oeste (Turrubiates-Morales, 1989; Juaristi-Videgaray, 2016). En esta zona los vientos que vienen del norte y del noroeste mueven las aguas de forma paralela a la costa, dando lugar a una de las principales regiones de surgencias costeras, las cuales poseen efectos importantes en los ecosistemas circundantes, aportando nutrientes a la capa superficial del agua, los cuales quedan disponibles para la producción orgánica primaria y como consecuencia, una región con una concentración significativa de biomasa de organismos, muchos de los cuales tienen importancia comercial, generando así, regiones ricas en recursos pesqueros marinos (Rueda, 1983; Arreguín-Sánchez, 2000; Martínez-Fuentes *et al.,* 2016; Murillo-Cisneros, 2018; Martínez-Ayala, 2018).

Toma de muestras

Las muestras de estómago, vértebra y músculo de individuos del tiburón *G. galeus* que se analizaron en este estudio, provienen de salidas de campo realizadas durante los años 2014 y 2016 en zonas de pesca cercanas a Bahía Tortugas, BCS; como parte del proyecto multidisciplinario “Dinámica poblacional de elasmobranquios de la zona de Bahía Tortugas: Centro de actividad biológica de Baja California Sur”. Los muestreos se realizaron tres veces al año febrero-marzo, agosto-septiembre y noviembre-diciembre con excepción del periodo de veda. A

los individuos desembarcados se les registró la longitud total, el sexo y el estado de madurez sexual cuando era posible, y luego se extrajeron secciones de la región cervical de la columna vertebral y músculo, los cuales fueron colocadas en bolsas plásticas individuales, rotulados y congeladas hasta su traslado al Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), para su almacenaje hasta su posterior proceso en laboratorio.

Trabajo de laboratorio

Contenido estomacal

Los estómagos se descongelaron y se procedió a abrirlos para obtener su contenido con la finalidad de separar e identificar las presas, las cuales posteriormente fueron identificadas hasta el mínimo taxón posible, dependiendo del grado de digestión en el que se encontraban empleando claves de identificación taxonómicas. Para la identificación de los peces se emplearon las claves de Clothier & Baxter (1969), Fischer *et al.* (1995) y Sánchez-Cota (2013), así como la colección de esqueletos del Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN; y para identificar los cefalópodos se emplearon las claves de Pinkas *et al.* (1971) y Clarke (1986), así como la colección de mandíbulas (picos) del Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN.

Isótopos estables

Las muestras de músculo se liofilizaron durante 24 h con el fin de eliminar la humedad. Una vez secas, las muestras se trituraron con ayuda de un molino de bolas Retsch mm 301 durante un minuto a una frecuencia de 20. A partir del tejido pulverizado obtenido, se pesaron ~0.6 mg empleando una balanza analítica Gram VXI-60/220 con una precisión de ±0.01 mg sobre cápsulas de estaño de 3.2 x 4mm. El análisis isotópico de estas muestras se realizó empleando un

espectrómetro de masas de razones isotópicas TermoQuest Delta Plus XL acoplado a un analizador elemental Carlo Erba NA 1500 series 2 con un error de 0.1‰ en el Laboratorio de Isótopos Estables del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Granada, España.

Las vértebras se descongelaron y se limpiaron manualmente con bisturí y pinzas removiendo el arco neural y el tejido conjuntivo, sin tratamiento químico o hervido, debido a que este tipo tratamientos puede alterar la abundancia relativa de ^{13}C y ^{15}N (Kim & Koch, 2011), y se secaron al aire para evitar grietas en el centro. Una vez limpias y secas, se procedió a realizar perforaciones a una distancia de 1mm entre cada perforación, desde el foco hacia el borde de cada vértebra en los diferentes anillos de crecimiento, con el fin de considerar los diferentes estadios de desarrollo empleando un taladro manual Proxxon D-54518 Niersbach Micromot 50/E y una broca de 0.8 mm de diámetro.

Se pesaron entre 0.07-2.74 mg de muestra de tejido vertebral en polvo en cápsulas de plata 3.2 x 4 mm empleando una balanza analítica Kern ABT 220-5DM con una precisión de ±0.01 mg. Posteriormente las cápsulas se expusieron a un baño ácido empleando vapores de ácido clorhídrico HCl ultrex durante 24 h para eliminar el carbono inorgánico de las muestras (desmineralización). Luego, estas cápsulas con tejido vertebral se llevaron a una campana de extracción para así eliminar los vapores del ácido del tejido vertebral y finalmente, las muestras fueron analizadas en un espectrómetro de masas de razones isotópicas TermoQuest Delta Plus XL acoplado a un analizador elemental Carlo Erba NA 1500 series 2 con un error de 0.1‰ en el Laboratorio de Isótopos Estables del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Granada, España.

Tratamiento de datos

Contenido estomacal

Se realizaron curvas de diversidad acumulada de especies para la especie en general y para cada uno de los sexos empleando el programa EstimateS versión 8, esto con el fin de determinar si el tamaño de muestra (número de estómagos) era representativo para describir la dieta del depredador *Galeorhinus galeus* en la zona de estudio (Ferry & Cailliet, 1996). A partir de los resultados obtenidos, se tomó en cuenta el índice de diversidad de Shannon H', su desviación estándar y posteriormente se procedió a calcular el coeficiente de variación (CV) para cada estómago analizado. Cuando el valor del CV era menor a 0.05, se consideró representativo el tamaño de muestra (Steel & Torrie, 1992).

Para determinar la importancia de las presas en la dieta de *G. galeus* para la especie en general y por sexos, se empleó el índice de importancia relativa de presa específico (PSIRI) propuesto Brown *et al*. (2012):

$$\%PSIRI_i = \frac{\%FO_i \times (\%PN_i + \%PW_i)}{2}$$

Donde $\%FOi$ es el número de estómagos que presentan la presa i, dividido entre el número total de estómagos, $\%PNi$ la abundancia específica por presa y $\%PWi$ el peso de cada presa.

Las presas más importantes de acuerdo con este índice y en mejor estado de digestión, se utilizaron para recolectar muestras de sus músculos para un posterior análisis de isótopos estables.

Para conocer la amplitud de la dieta de *G. galeus* en general y entre sexos, se utilizó el índice estandarizado de Levin, propuesto por Krebs (1999):

$$Bi = \frac{1}{n - 1[(1/\sum p_{ji}^2) - 1]}$$

Donde $\sum pji$ 2 es la proporción de %PSIRI de la i presa en la dieta del depredador j y n es el número de especies presa.

Los valores de este índice varían de 0 a 1. Los valores <0.6 indican que se trata de un depredador especialista y >0.6 que se trata de un depredador generalista (Labropoulou & Eleftheriou, 1997).

Para conocer si existe traslapo trófico intraespecífico entre sexos, se empleó un análisis de similitud (ANOSIM) empleando una matriz de disimilaridad de Bray-Curtis por medio del programa PRIMER 6 versión 6.1.13 (Clarke & Warwick, 2001). Los valores de R se encuentran entre 0 y 1 y cuando son cercanos a 0 y el valor p>0.05, las similitudes entre y dentro de los grupos que se comparan no son significativamente diferentes en promedio, esto es, que no hay separación entre los niveles del factor y por tanto puede afirmarse que existe traslapo trófico entre los grupos a comparar. En caso de existir diferencias significativas, se emplea un análisis de similitud porcentual de especies presa SIMPER (Ludwig & Raynolds, 1988) para determinar la importancia relativa de cada especie presa dentro de cada categoría analizada, dándole un nivel de similitud que permite calcular posteriormente el grado de similitud entre categorías a partir de un determinado grupo de réplicas.

El nivel trófico de la especie en general y por sexos basado en la dieta, se calculó utilizando la ecuación propuesta por Christensen & Pauly (1992)**:**

$$NT_{depredador} = 1 + (\sum_{i=1}^{n} DC_{ij})(NT_i)$$

Donde $\sum DCij\ n\ i$=1 es la composición de la dieta en proporción de peso de cada una de las presas i en el depredador j mientras que NTi representa el nivel trófico de cada especie presa i.

El valor de los niveles tróficos de las especies presa se obtuvo de distintas fuentes: los niveles tróficos de los peces a partir de la base de datos FishBase (Froese & Pauly, 2003) mientras que el nivel trófico de los cefalópodos a partir de lo propuesto por Cortés (1999).

Isótopos estables

Los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ tanto para músculo como para vértebras, fueron obtenidos mediante la siguiente fórmula (Park & Epstein, 1961):

$$\delta X(‰) = \left[\left(\frac{R_{muestra}}{R_{estándar}}\right) - 1\right] x\ 1000$$

donde X es la proporción en unidades δ relativas a un estándar y $R_{muestra}$ y $R_{estándar}$ son las proporciones isotópicas absolutas de la muestra y el estándar. En el caso del $\delta^{13}C$, $R_{muestra}$ se refiere a la proporción $^{13}C/^{12}C$ y $R_{estándar}$ es el PeeDee Belemnite (PDB); y para el $\delta^{15}N$, $R_{muestra}$ se refiere a la proporción $^{15}N/^{14}N$ y $R_{estándar}$ es el nitrógeno atmosférico (N_2). Al multiplicar por 1000, los valores son expresados en partes por mil (‰).

La desviación estándar de las lecturas de muestras replicadas tanto para $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ es <0.1‰.

La relación C:N de las muestras se determinó a partir de la relación entre la razón de carbono y razón de nitrógeno de la muestra. En este caso, los valores de C:N fueron mayores a 2.5 y menores a 3.5 por lo que no fue necesario extraer lípidos

y urea de las muestras, ya que existe un equilibrio entre lípidos y proteínas en las muestras analizadas (Logan & Lutcavage, 2010; Post, 2002).

Se probó normalidad y homocedasticidad de varianza de los valores de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ obtenidos a partir de las muestras de músculo y vértebra, mediante una prueba de Kolmogórov-Smirnov con corrección de Lilliefors y una prueba de Levene respectivamente; y para comparaciones paramétricas entre sexos y/o estadios, se realizaron ANOVAs con un nivel de significancia $\alpha=0.05$, empleando el paquete StarR del programa RWizard (Guisande *et al.*, 2014).

Para determinar la amplitud de nicho y el traslapo trófico entre los individuos de distintos sexos y entre estadios se utilizó el método SIBER (Isótopos Estables Isótopos Bayesianos en R) del paquete SIAR propuesto por Jackson *et al*., (2011), por medio del cual se obtienen elipses calculadas a partir de matrices de covarianza, que constituyen representaciones de la amplitud del nicho trófico. Los valores de sobreposición trófica obtenidos por debajo de 0.29 indican una sobreposición o traslapo bajo, valores entre 0.30-0.65 una sobreposición o traslapo medio y valores entre 0.66 y 1 una sobreposición o traslapo alto (Jackson *et al*., 2011).

La amplitud de nicho de la población puede medirse teniendo en cuenta la varianza de las mediciones promedio de $\delta^{15}N$ de las muestras de músculo, donde los valores inferiores a 1 son propios de poblaciones de hábitos especialistas, de acuerdo a lo propuesto por Bearhop *et al.* (2004) y Newsome *et al.* (2007).

Para determinar la contribución de las presas más importantes de acuerdo al contenido estomacal de la especie *G. galeus* se emplearon modelos de mezcla Bayesianos, empleando el paquete Simmr en el programa R propuesto por Parnell *et al*., (2013). Estos modelos de mezcla cuantifican la dieta de los organismos basados en las fuentes de alimento (presas) que consumen los depredadores, generando una distribución de la importancia de cada componente de la dieta del

depredador tiene, expresada en porcentajes que van del 1 al 99%. Así el desafío de estos modelos es estimar las proporciones de las fuentes en la dieta, teniendo en cuenta la incertidumbre de los valores isotópicos de las fuentes y el factor de enriquecimiento trófico (Parnell *et al*., 2013).

El nivel trófico mediante isótopos estables se estimó utilizando la ecuación propuesta por Post (2002):

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

donde:

λ: 1 (nivel trófico teórico para las macroalgas)

Δn: valor de enriquecimiento en $\delta^{15}N$ por nivel trófico de 2.3 (Hussey *et al*., 2010).

$\delta^{15}N_{depredador}$: promedio de la determinación de $\delta^{15}N$ para el depredador.

$\delta^{15}N_{base}$: determinación de $\delta^{15}N$ del fitoplancton para la zona de estudio.

Como referencia del $\delta^{15}N_{base}$ se eligió el alga roja *Gelidium robustum* presente en la zona de estudio teniendo en cuenta el estudio hecho por Gómez-Valdez (2012).

7. RESULTADOS

Contenido estomacal

Se analizó un total de 49 estómagos, de los cuales 48 presentaron contenido estomacal, pertenecientes a 22 hembras y 26 machos.

De acuerdo con la curva de diversidad acumulada de especies, para la especie *G. galeus* se alcanzó la representatividad de la diversidad de presas presentes en la dieta de este depredador, pues el número de estómagos que se analizaron son representativos para describir el espectro trófico de la especie al alcanzar un

CV=0.047 (CV<0.05) y esta representatividad se alcanzó al analizar 37 estómagos (Fig 1). Para el caso de las hembras, esta representatividad se alcanza con un CV=0.035 (CV<0.05) al analizar 21 estómagos (Fig. 2) y para los machos, esta representatividad se alcanza con un CV=0.043 (CV<0.05) al analizar 23 estómagos (Fig. 3).

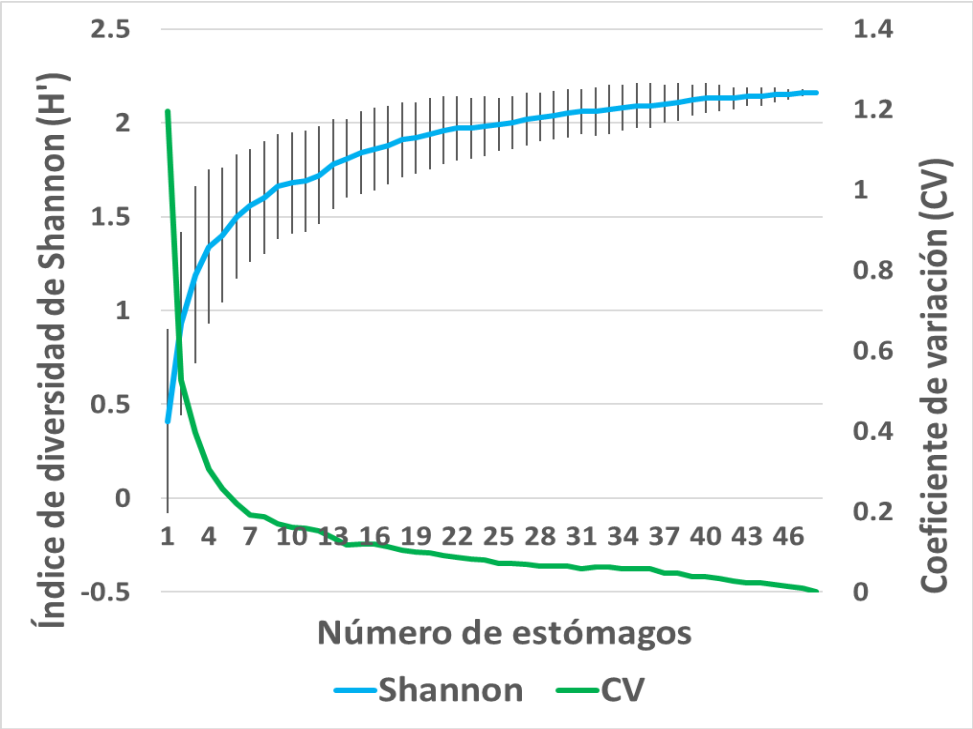

Figura 1. Curva de diversidad acumulada de especies para la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.

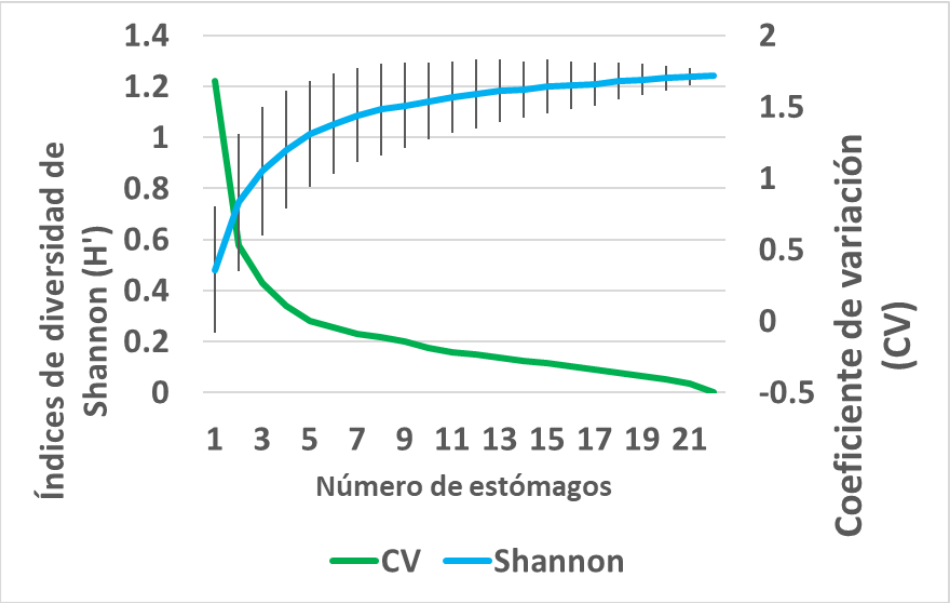

Figura 2. Curva de diversidad acumulada de especies para las hembras de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.

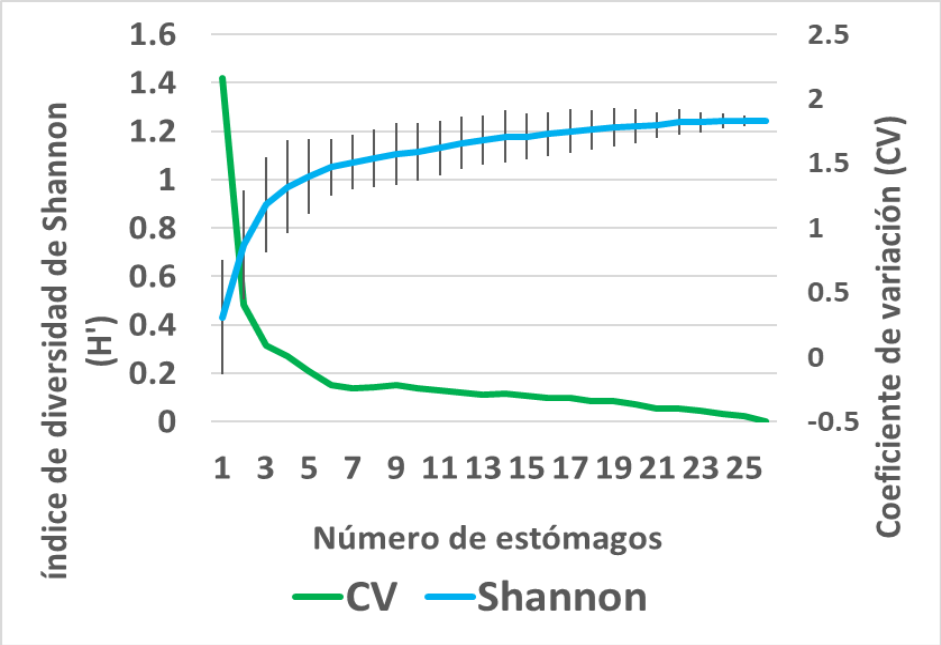

Figura 3. Curva de diversidad acumulada de especies para los machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. La línea azul representa la diversidad acumulada de acuerdo con índice de diversidad de Shannon (H') y la línea verde el coeficiente de variación (CV). Las barras negras sobre la línea azul representan la desviación estándar.

Dentro de la dieta de *G. galeus* se identificaron 21 ítems presa, de las cuales 19 categorías eran peces, una categoría cefalópodos y una categoría materia orgánica no identificada MONI (Tabla 1).

Tabla 1. Espectro trófico de *Galeorhinus galeus* en Bahía tortugas, Baja California Sur, México. $\%FO$ es la frecuencia de ocurrencia de determinada presa en los estómagos analizados, $\%PN$ la abundancia específica por presa y $\%PW$ el peso de cada presa.

TAXA	%N	%PN	%FO	%W	%PW	PSIRI
ACTINOPTERYGII						
Synodontidae						
Synodus spp.	50	72.79	70.83	45.68	73.14	51.68
Synodus lucioceps	1.56	50	2.08	4.22	48.76	1.03
Synodus scituliceps	0.78	10	2.08	2.43	15.89	0.27
Clupeidae						
Sardinops sagax	9.38	58.52	18.75	5.85	65.9	11.66
Scombridae						
Scomber japonicus	9.38	49.81	18.75	25.75	69.68	11.2
Auxis sp.	0.78	100	2.08	0.55	100	2.08
Sarda chiliensis	0.78	25	2.08	0.75	26.85	0.54
Batrachoididae						
Porichthys myriaster	0.78	100	2.08	1.57	100	2.08
Sphyraenidae						
Sphyraena sp.	0.78	100	2.08	0.03	100	2.08
Malacanthidae						
Caulolatilus princeps	0.78	12.5	2.08	7.12	77.16	0.93
Hexagrammidae						
Zaniolepis sp.	1.56	26.67	4.17	0.15	9.56	0.75
Paralichthyidae						
Paralichthys californicus	0.78	33.33	2.08	0.03	48.3	0.85
Citharichthys xanthostigma	0.78	20	2.08	0.08	4.1	0.25
Citharichthys sp.	0.78	20	2.08	0.06	3.09	0.24
Ophididae						
Ophidion scrippsae	2.34	26.67	4.17	0.57	38.45	1.36
Gerridae						
Eucinostomus sp.	0.78	25	2.08	0.09	3.19	0.29
Serranidae						
Mycteroperca xenarcha	0.78	10	2.08	2.19	14.38	0.25
Sebastidae						
Sebastes sp.	0.78	12.5	2.08	0.51	5.53	0.19

Carangidae						
Seriola sp.	3.12	26.88	8.33	1.28	40.3	2.8
CEPHALOPODA						
Octopodidae						
Octopus bimaculatus	10.94	42.51	22.92	1	15.73	6.67
MONI	2.34	50	6.25	0.06	38.51	2.77

De acuerdo con el índice de importancia presa específico (PSIRI), *Galeorhinus galeus* puede considerarse como un depredador piscívoro, siendo las presas más importantes dentro de su dieta: *Synodus* spp. (51.68%), seguido de *Sardinops sagax* (11.66%), *Scomber japonicus* (11.2%) y en menor proporción, el pulpo *Octopus bimaculatus* (6.67%). Las categorías que aportaron menos de 3%, se agruparon en la categoría otras presas representando en conjunto un 18.76% (Fig. 4).

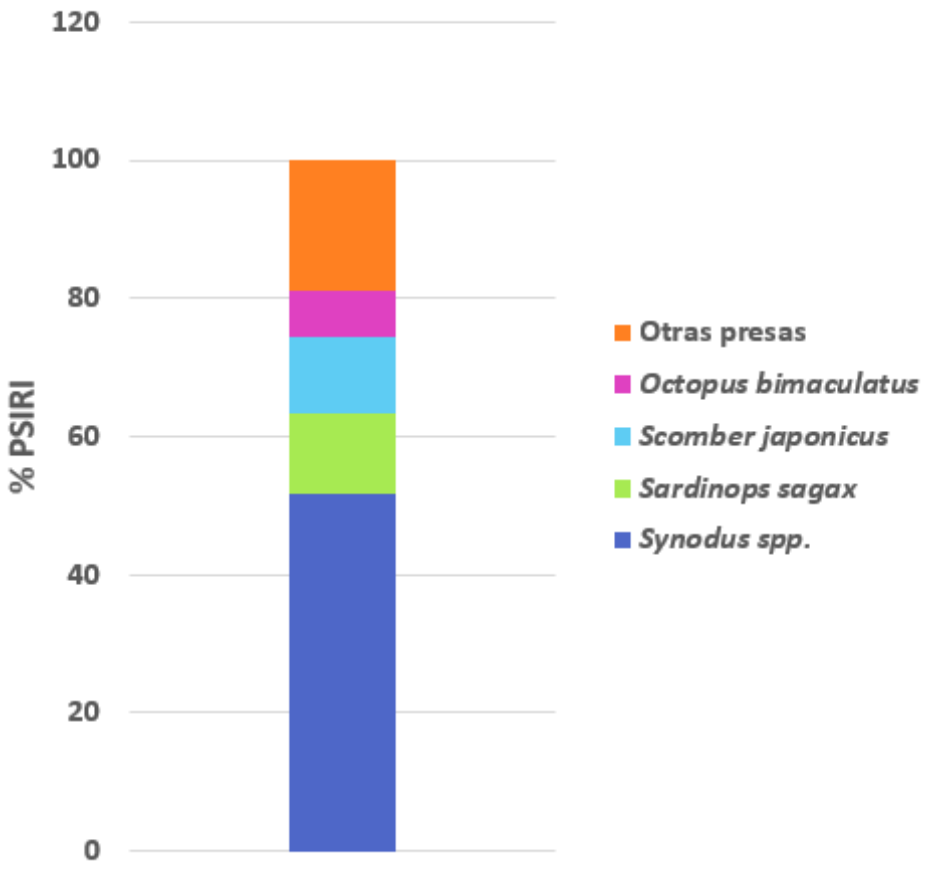

Figura 4. Índice de importancia presa específico para las presas más importantes dentro de la dieta de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Diferenciando por sexos, las presas más importantes para las hembras fueron *Synodus* spp. (57.61%), *O. bimaculatus* (9.7%), *S. sagax* (9.43%) y la categoría otras presas representando un 23.27% y para los machos las presas más importantes fueron *Synodus* spp. (46.67%), *S. japonicus* (17.25%), *S. sagax* (13.55%) y por último la categoría otras presas representando un 22.52% (Fig. 5).

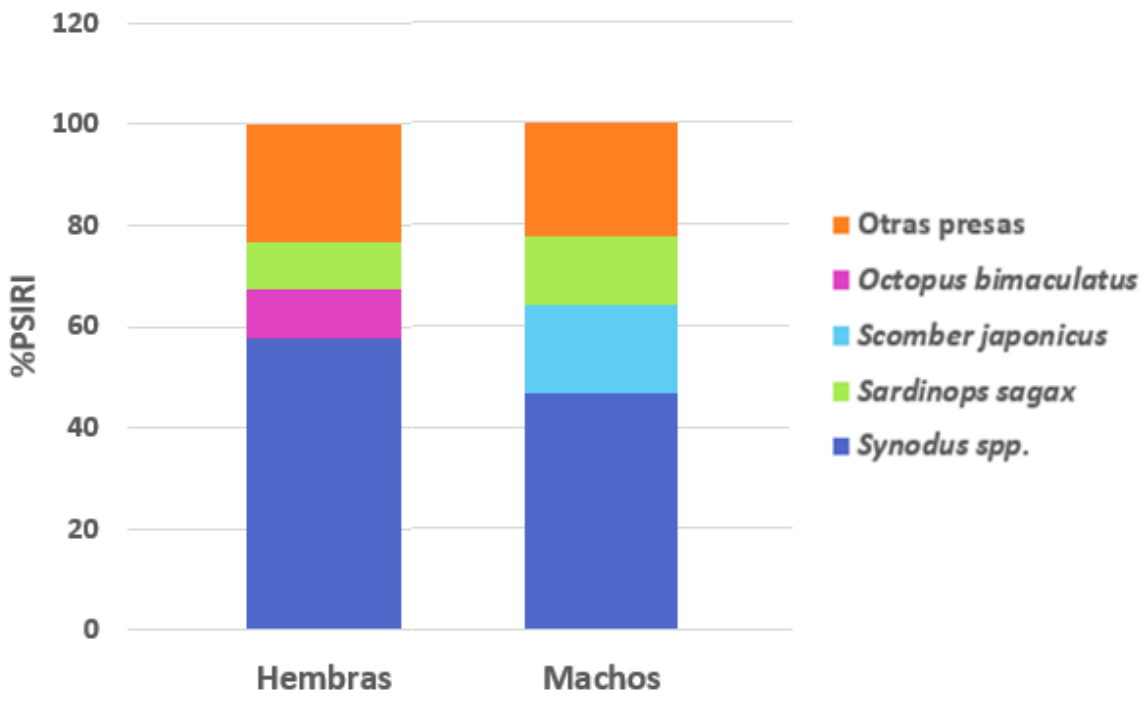

Figura 5. Índice de importancia presa específico para las presas más importantes dentro de la dieta de hembras y machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

De acuerdo al análisis de similitud (ANOSIM), no existieron diferencias significativas en la composición de la dieta entre machos y hembras (R=0.002, p=0.4), por lo que existe una similitud en el aprovechamiento de los recursos, es decir que existe traslapo trófico entre sexos.

Para *G. galeus* en general, de acuerdo al índice estandarizado de Levin Bi=0.127 (Bi>1), esta especie puede considerarse como un depredador con estrategia alimentaria especialista y amplitud trófica baja. Este mismo patrón se recuperó para ambos sexos (hembras Bi=0.165, machos un Bi=0.213), lo que concuerda

con el PSIRI donde los ítems presa con mayor importancia eran los peces y, en menor medida, el pulpo *O. bimaculatus*.

El nivel trófico de *Galeorhinus galeus* presentó un valor de NT=4.50±0.78, ubicando a esta especie como un consumidor terciario, posicionándose entre el nivel 4 dentro de la red trófica en la zona de estudio.

Isótopos estables

Los valores promedio de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ 18.65±0.72‰ y -17.34±0.48‰, respectivamente. Los valores de $\delta^{15}N$ para la especie en general oscilaron entre 16.69 y 20.85‰ y $\delta^{13}C$ entre -20.49 y -16.02‰.

Los valores isotópicos promedio de nitrógeno para las hembras fueron 18.82±0.77‰ y de carbono -17.19±0.52‰. Para los machos fue de 18.49±0.65‰ para $\delta^{15}N$ y de -17.47±0.39‰ para $\delta^{13}C$. (Tablas 2 y 3).

Tabla 2. Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{15}N$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por sexo en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Categoría		N	$\delta^{15}N$ ‰	Min	Max	SD
Sexo	Hembras	28	18.82	17.42	20.85	0.77
	Machos	32	18.49	16.69	19.99	0.65

Tabla 3. Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{13}C$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por sexo en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Categoría		N	$\delta^{13}C$ ‰	Min	Max	SD
Sexo	Hembras	28	-17.19	-18.11	-16.02	0.52
	Machos	32	-17.47	-20.47	-16.62	0.39

Para la categoría estadios, se analizaron 37 muestras de músculos de juveniles y 23 muestras de individuos adultos. Los valores promedio para los juveniles fueron 18.82±0.77 ‰ para $\delta^{15}N$ y -17.19 ‰ para $\delta^{13}C$. Para los machos de 18.49±0.65 ‰ para $\delta^{15}N$ y de -17.47 ‰ para $\delta^{13}C$. (Tablas 4 y 5).

Tabla 4. Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{15}N$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por estadio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Categoría		N	$\delta^{15}N$ ‰	Min	Max	SD
Estadios	Juveniles	37	18.44	16.99	19.99	0.48
	Adultos	23	18.97	17	20.85	0.92

Tabla 5. Valores promedio, mínimos y máximos y desviaciones estándar de los valores $\delta^{13}C$ en muestras de músculo de la especie *Galeorhinus galeus* por estadio en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Categoría		N	$\delta^{13}C$ ‰	Min	Max	SD
Estadio	Juveniles	37	-17.63	-20.47	-17.16	0.28
	Adultos	23	-16.87	-17.63	-16.02	0.32

Cuando se evaluó si existían diferencias entre los sexos y estadios en los valores de $\delta^{15}N$ mediante ANOVAs, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos ($F_{1,56}$= 3.17, p=0.08) (Fig. 6), pero si se encontraron diferencias significativas entre estadios de desarrollo ($F_{1,56}$=6.93, p=0.01) (Fig. 7); sin embargo, no existieron diferencias significativas cuando estos dos factores interactuaron ($F_{1,56}$= 2.22, p=0.14) (Fig. 8).

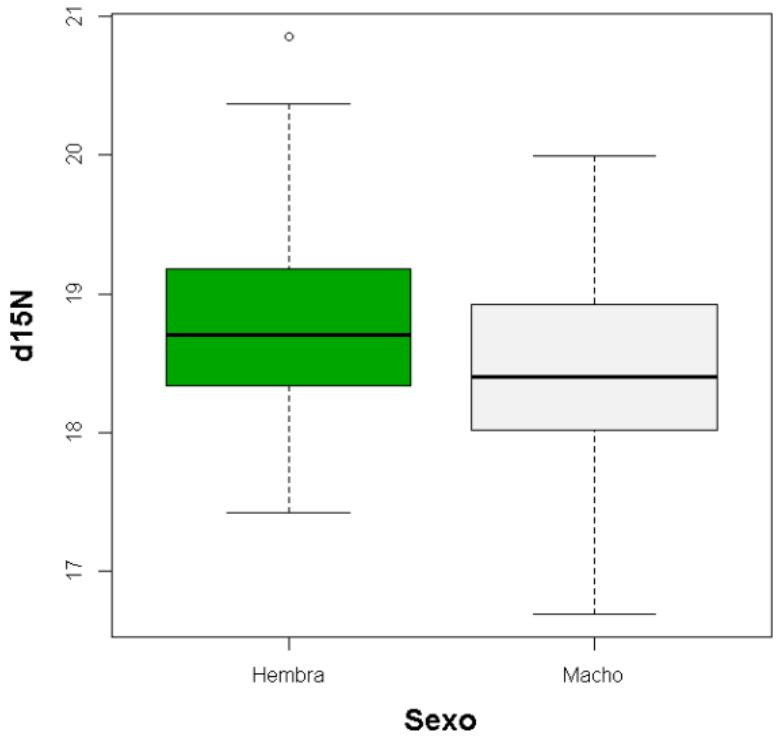

Figura. 6 Boxplot de los valores de $\delta^{15}N$ de hembras y machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

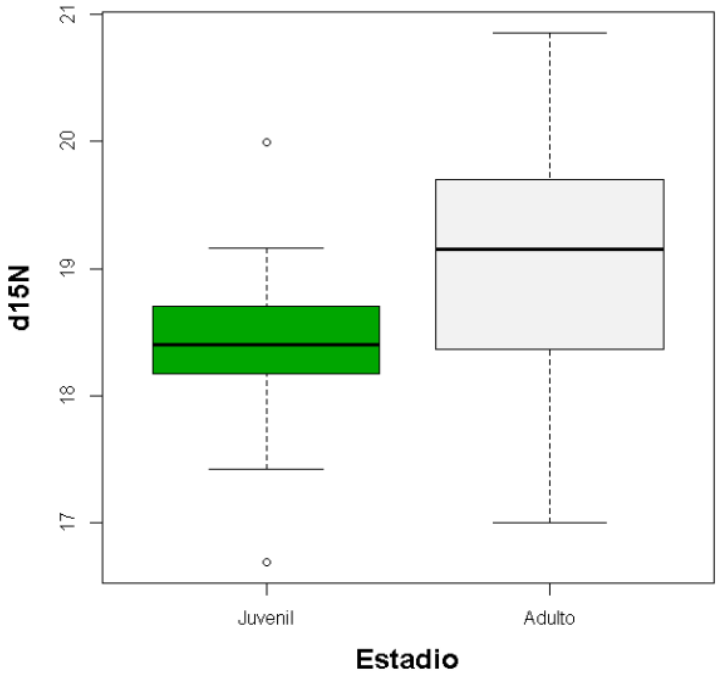

Figura 7. Boxplot de los valores de $\delta^{15}N$ de juveniles y adultos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

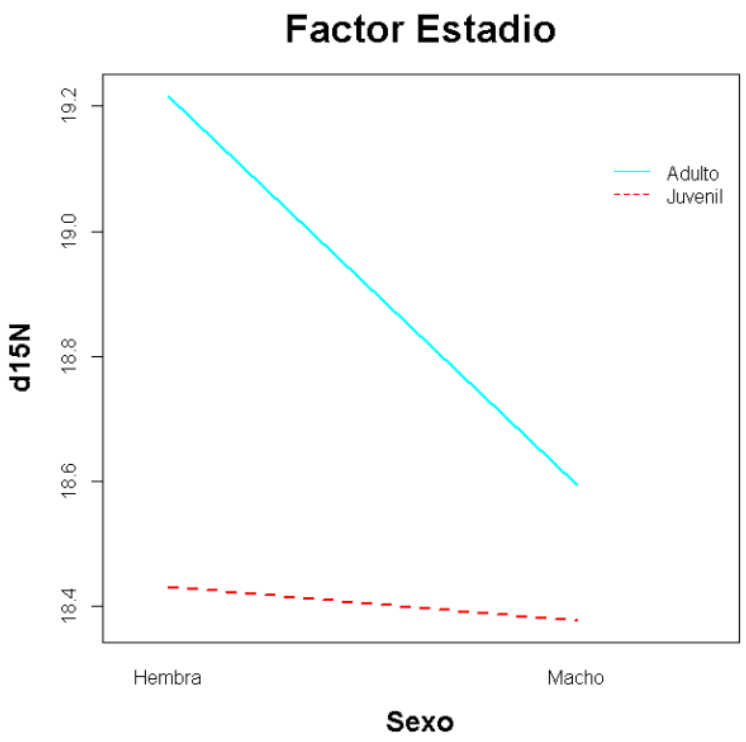

Figura 8. Interacción entre los factores sexo y estadio en relación con los valores de $\delta^{15}N$ de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas punteada roja y continua azul, que representan los estadios juvenil y adulto respectivamente, no tienen contacto en ningún punto, esto representa que no existe interacción entre los dos factores evaluados.

En los valores de $\delta^{13}C$ entre los sexos, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($F_{1,56}$= 2.94, p=0.09) (Fig. 9), siendo las hembras las que presentaban los mayores valores. Al evaluar el factor estadio de desarrollo (Fig. 10), se encontró que existen diferencias significativas entre juveniles y adultos ($F_{1,56}$= 37.29, p= 1.02 x 10^{-7}), siendo los adultos los que presentaron los valores más altos; sin embargo, no existen diferencias significativas cuando estos dos factores interactúan ($F_{1,56}$= 0.1, p=0.55) (Fig. 11), es decir, que no existen diferencias significativas entre hembras y machos juveniles ni entre hembras y machos adultos.

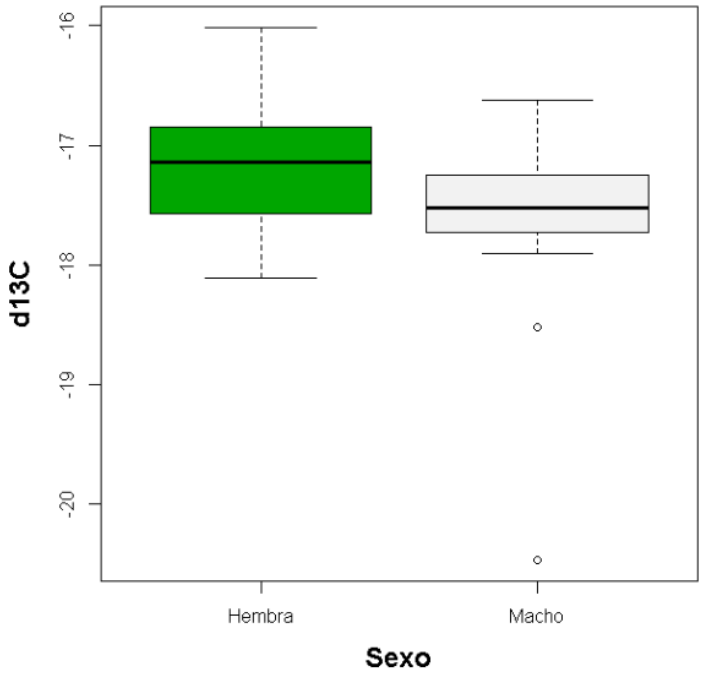

Figura 9. Boxplot de los valores de $\delta^{13}C$ de hembras y machos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

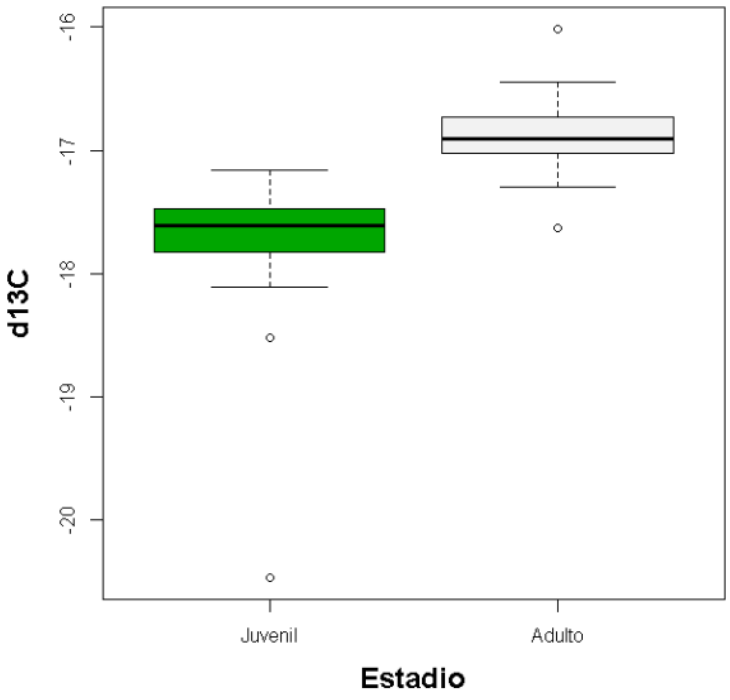

Figura 10. Boxplot de los valores de $\delta^{13}C$ de juveniles y adultos de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

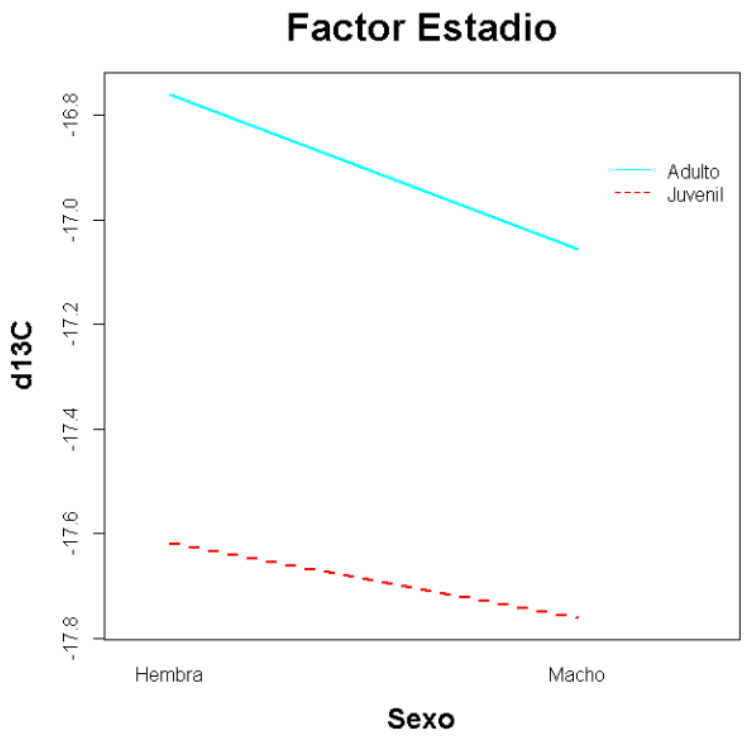

Figura 11. Interacción entre los dos factores sexo y estadio en relación con los valores de $\delta^{13}C$ de la especie *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas punteada roja y continua azul, que representan los estadios juveniles y adultos respectivamente, no tienen contacto en ningún punto, esto representa que no existe interacción entre los dos factores evaluados.

Mediante el análisis de nicho isotópico SIBER se obtuvo una probabilidad de traslapo (p) entre sexos intermedio (casi alto) de 0.62 (Fig. 12) y una probabilidad de traslapo (p) entre estadios bajo de 0.19 (Fig. 13). También se observó que el nicho isotópico de los machos y los juveniles fue más reducido (SEAc= 0.79‰^{2}, SEAc = 0.42‰^{2}) que el de las hembras y adultos. (SEAc=1.19‰^{2} y SEAc = 0.95‰^{2}).

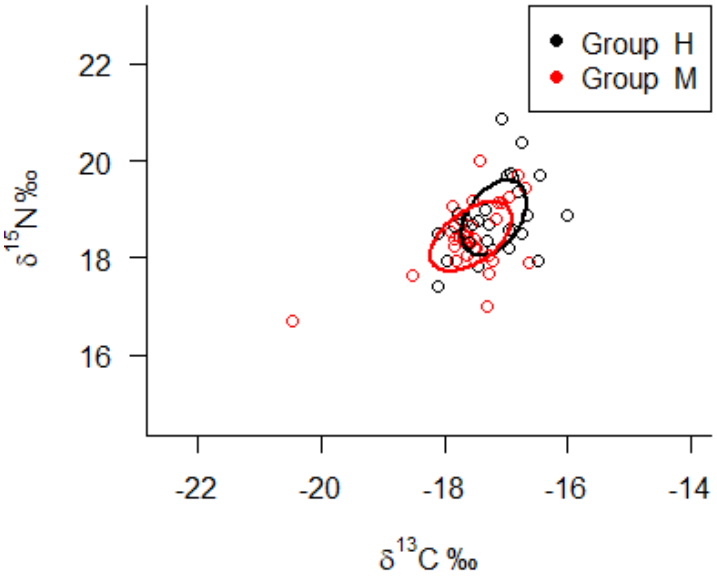

Figura 12. Amplitud trófica y traslapo trófico entre hembras (H) y machos (M) de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas sólidas corresponden a las elipses calculadas con estadística bayesiana.

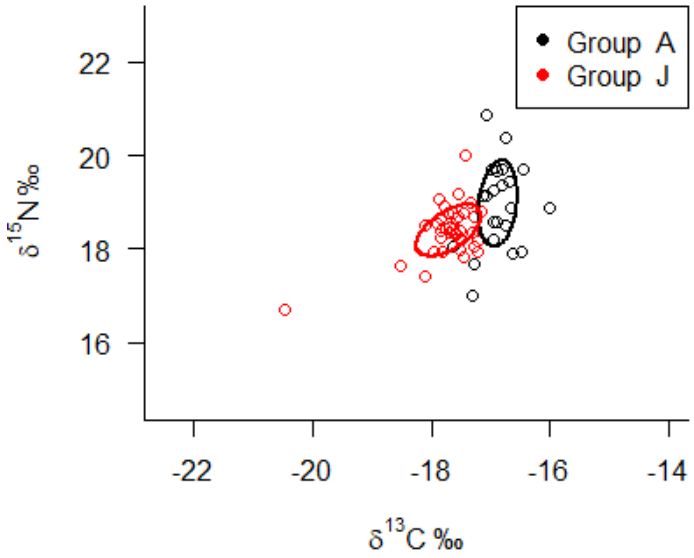

Figura 13. Amplitud trófica y traslapo trófico entre juveniles (J) y adultos (A) de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las líneas sólidas corresponden a las elipses calculadas con estadística bayesiana.

Al tomar los valores de varianza de los datos promedio de $\delta^{15}N$ para la categoría de sexos [hembras = 0.77; machos = 0.39)] y la categoría estadios [juveniles =

0.48; adultos = 0.39)]; estos valores resultaron ser inferiores a 1, lo que indica que la población de *G. galeus* en la zona de estudio presenta hábitos especialistas, corroborando los resultados obtenidos con los índices utilizados en contenido estomacal.

El nivel trófico promedio de *G. galeus* en la zona de estudio calculada a partir del promedio de valores de $\delta^{15}N$ (5.49 ± 0.76), sitúa a la especie como un depredador de alto nivel (Pauly & Palomares, 2000).

Al realizar el modelo de mezcla bayesiano Simmr de R (Parnell *et al.,* 2013) se identificaron las posibles contribuciones de las presas (fuentes) más importantes determinadas a partir del contenido estomacal. El orden de importancia más probable (0.71) en las contribuciones al músculo de la especie *G. galeus*, es *S. japonicus* seguido de *Synodus spp.* y *S. sagax*, las cuales fueron las presas más importantes en la dieta de este depredador de acuerdo al análisis de contenido estomacal (Fig. 14, Tabla 6).

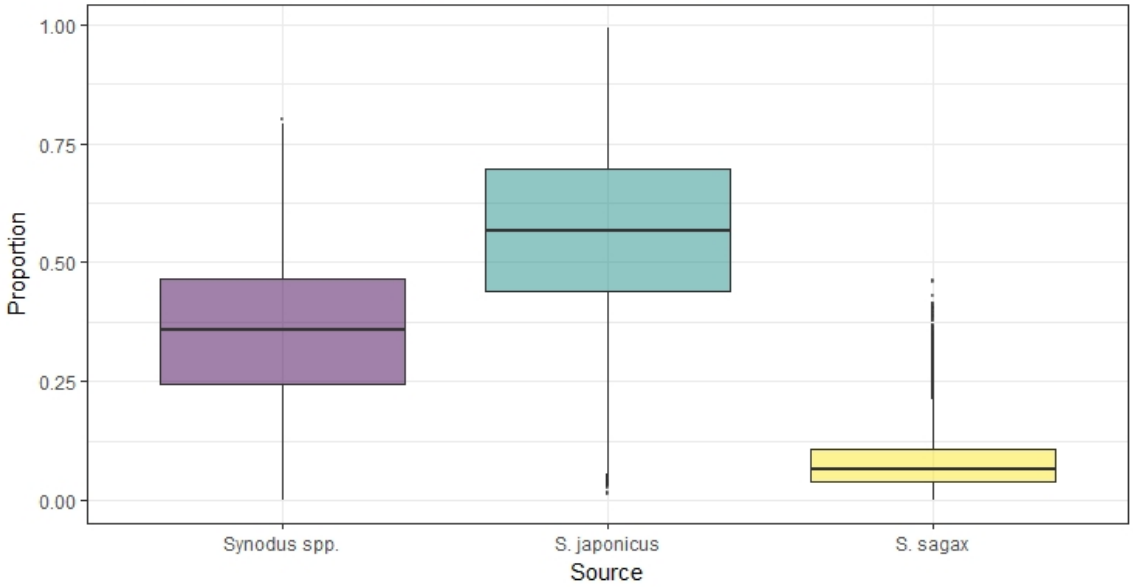

Figura 14. Boxplot que muestra la proporción de aporte de cada una de las presas a la dieta de *Galeorhinus galeus* a partir del modelo de mezcla para Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Las áreas de las cajas representan el 95 (caja central), 75 y 50% de los intervalos de confianza de la contribución probable de cada pesa a la dieta.

Tabla 6. Porcentaje promedio de la contribución de presas a la dieta de *Galeorhinus galeus* de a partir del modelo de mezcla para el área de Bahía Tortugas para Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Especie presa (Fuente)	Media	SD
Synodus spp.	0.353	0.15
S. japonicus	0.565	0.18
S. sagax	0.235	0.06

Ontogenia alimentaria

Se analizó un total de 42 muestras de vértebras de la especie *Galeorhinus galeus*. Los valores $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ más elevados para ambos sexos se presentaron cuando los individuos de la especie alcanzaban mayor tamaño, que en este caso equivale a 3 mm de distancia y los valores más bajos en el foco (0 mm de distancia) (Tablas 7 y 8).

Tabla 7. Valores $\delta^{15}N$ promedio por estadios de desarrollo (distancia al foco) de machos y hembras de la especie *Galeorhinus galeus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Sexo	Distancia al foco/Estadio	N	Media $\delta^{15}N$ (‰)	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Hembras	0	17	15.44	11.82	17.74	1.52
	1	19	16.17	13.90	19.17	1.17
	2	17	16.51	15.08	18.52	0.85
	3	3	17.18	15.84	18.76	1.47
Machos	0	23	15.46	11.38	18.13	2.07
	1	24	15.82	14.32	18.02	0.75
	2	18	16.25	15.10	17.21	0.61
	3	1	17.46	-	-	0

Tabla 8. Valores $\delta^{13}C$ promedio por estadios de desarrollo (distancia al foco) de machos y hembras de la especie *Galeorhinus galeus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Sexo	Distancia al foco/Estadio	N	Media $\delta^{13}C$ (‰)	Mínimo	Máximo	Desviación estándar
Hembras	0	17	-15.69	-16.34	-14.69	0.42
	1	19	-15.65	-16.42	-14.93	0.38
	2	17	-15.45	-15.97	-14.73	0.40
	3	3	-14.72	-14.87	-14.56	0.15
Machos	0	23	-15.58	-16.32	-14.27	0.53
	1	24	-15.72	-16.40	-14.86	0.43
	2	18	-15.58	-16.49	-14.59	0.44
	3	1	-14.28	-	-	0

Los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ no presentan una distribución normal (d=0.099, p<0.01 y d= 0,087, p=0.087 respectivamente) y no son homocedásticos, es decir no presentan homogeneidad de varianzas (p=0.000001 y p=0.0006, respectivamente).

Teniendo en cuenta ambos sexos, gráficamente se observa que las hembras presentan mayores valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$, pero son los machos son los que alcanzan el valor isotópico más elevado en la distancia de 3mm (Fig. 15 y 16), esto último basado en un solo individuo, por lo cual habría que tomar con cuidado este dato, y mejor sacar conclusiones más robustas a partir de la tendencia general. Sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas entre ambos sexos (U=1666, p=0.35 para $\delta^{15}N$ y U=1699, p=0.53 $\delta^{13}C$).

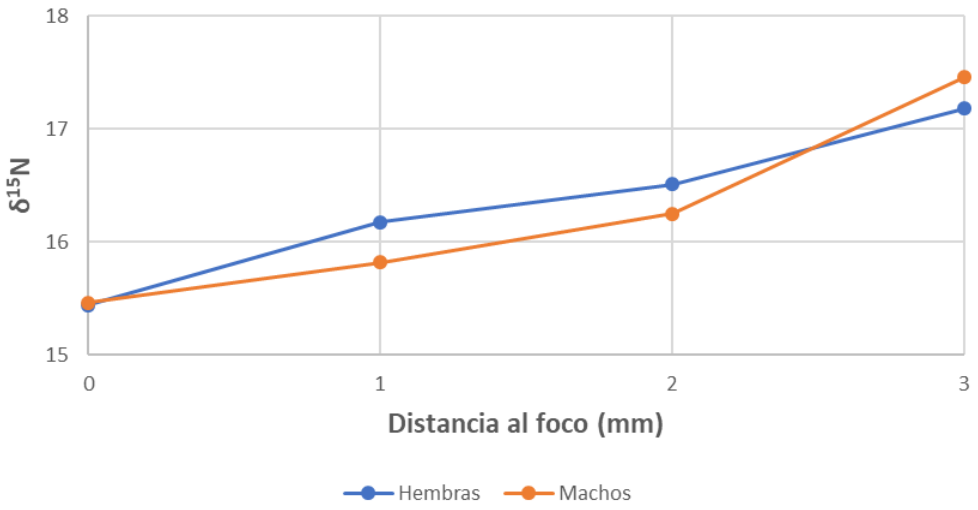

Figura 15. Valores promedio de $\delta^{15}N$ tomados a diferentes distancias del foco a partir de vértebras de hembras y machos de *Galeorhinus galeus* capturados en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

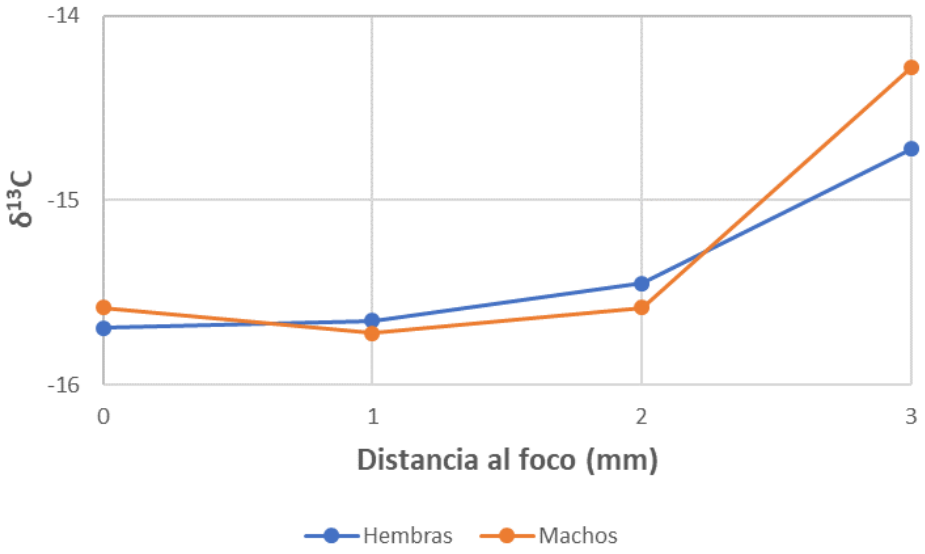

Figura 16. Valores promedio de $\delta^{13}C$ tomados a diferentes distancias del foco a partir de vértebras de hembras y machos de *Galeorhinus galeus* capturados en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

El nivel trófico para la especie en general es en promedio de 4.33 ±0.58, indicando que *G. galeus* es un depredador terciario, y este valor aumentó conforme avanzó el desarrollo ontogénico de los organismos independientemente de su sexo (Tabla 7), aunque las hembras conservaron una posición trófica promedio ligeramente superior con respecto a los machos (4.39 ±0.56 y 4.27±0.60, respectivamente).

Tabla 9. Niveles tróficos promedio por sexo y estadios a partir de análisis de isótopos estables de $\delta^{15}N$ en vértebras de *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Sexo	Estadio	N	Nivel Trófico	SD
Hembras	0	17	4.10	0.66
	1	19	4.42	0.51
	2	17	4.57	0.37
	3	3	4.86	0.64
Machos	0	23	4.11	0.90
	1	24	4.27	0.32
	2	18	4.46	0.27
	3	1	4.98	0

8. DISCUSIÓN

Los estudios de ecología trófica permiten comprender el papel biológico y ecológico de un organismo dentro del ecosistema, ya que el alimento constituye uno de los factores que afectan su crecimiento, abundancia, reproducción y competencia, es decir su aptitud ecológica, lo que tiene una repercusión en la historia de vida de los organismos (Jaramillo-Londoño, 2009; Badii *et al.,* 2013).

Los análisis de contenido estomacal e isotópico de carbono y nitrógeno en vértebra y músculo se emplearon para conocer los patrones de alimentación, y determinar si existen cambios en las categorías sexo y estadio en el uso de los recursos por parte del tiburón *Galeorhinus galeus*. Este enfoque provee un marco de referencia integral que tiene en cuenta dos metodologías que son complementarias (Davenport & Bax, 2002; Domi *et al.,* 2005; Miller *et al.,* 2010; Chouvelon *et al.,* 2012), brindando un mayor entendimiento de la función ecológica que esta especie cumple en el área de estudio.

Contenido estomacal

Galeorhinus galeus en Bahía Tortugas se consideró como un depredador de nivel trófico alto de hábitos especialistas que se alimenta principalmente de peces y en menor proporción de cefalópodos, lo que concuerda con lo encontrado para esta especie en otros estudios hechos en el Océano Atlántico y en el Pacifico nororiental (Ellis *et al.,* 1996; Cortés, 1999; Domi *et al.,* 2004; Reyes, 2005; Lucifora *et al.,* 2006; Dunn *et al.,* 2010; Torres *et al.,* 2014; Bizarro *et al.,* 2017).

En este estudio la especie presenta una dieta constituida por peces del género *Synodus*, seguido de las especies *Sardinops sagax* y *Scomber japonicus*; y en una menor proporción el pulpo *Octopus bimaculatus.* Sin embargo, aunque las hembras rescatan este mismo patrón, para los machos la importancia de las presas cambia un poco. La presa más importante es el género *Synodus* seguido del pulpo *Octopus bimaculatus* y por último la especie *Sardinops sagax*, sugiriendo que quizá existe una explotación diferencial del nicho trófico por sexos, sin embargo, el análisis de similitud (ANOSIM) indicó que ambos sexos no presentan una segregación trófica significativa, es decir, que aprovechan los recursos de forma similar, de acuerdo con lo reportado en estudios previos llevados a cabo en el Océano Atlántico (Lucifora *et al.*, 2006; Torres *et al.,* 2014), lo cual puede deberse tal vez a que entre zonas de estudio pueden variar factores como la abundancia y distribución de las especies presa, las condiciones oceanográficas, los patrones de forrajeo del depredador, entre otras.

Isótopos estables

En esta investigación lo encontrado en músculo y vértebra de la especie *G. galeus* sigue la misma tendencia tanto para $\delta^{13}C$ como para $\delta^{15}N$, por lo que se recupera un mismo patrón, por lo que en esta sección se discutirán los resultados sin hacer una distinción entre los resultados obtenidos en músculo y vértebra, es decir, se trataran los resultados para ambos isótopos de forma global.

En términos de variación intersexual, los valores promedio de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ para *G. galeus* no presentaron diferencias estadísticamente significativas, y estos resultados concuerdan con lo encontrado en el análisis de contenido estomacal, donde machos y hembras no presentan diferencias en el aprovechamiento de los recursos (modos de forrajeo) o uso del hábitat trófico. Sin embargo, si existen diferencias estadísticamente significativas cuando se evalúa la categoría estadios, es decir, que existen cambios ontogénicos en el aprovechamiento de los recursos y uso del hábitat trófico, constituyendo una estrategia para reducir la competencia intraespecífica, la cual se ha reportado para varias especies de tiburones en el Pacífico nororiental, que aprovechan diferentes tipos de presas u ocupan distintas posiciones tróficas a lo largo de su vida (Bizarro *et al.,* 2017).

En relación al $\delta^{13}C$, los adultos mostraron un valor promedio más elevado comparados con los juveniles. Este resultado pudiera sugerir que los adultos de *G. galeus* en Bahía Tortugas se encuentran más oceánicos con respecto a los juveniles. El que los adultos presenten en promedio un valor más elevado podría tener que ver con que a pesar que los adultos tienen la capacidad de alimentarse de presas de mayor tamaño, estos continúan alimentándose también de presas con tamaños pequeños, las cuales generalmente se encuentran asociadas a hábitats costeros o hábitats bentónicos donde se alimentan de fuentes enriquecidas en ^{13}C que hacen que la señal isotópica del depredador también sea elevada, o al hecho de que las presas de mayor tamaño que hacen parte de su espectro trófico también tengan una señal de $\delta^{13}C$ elevada, pues éstas a su vez también se están alimentando de organismos que ya vienen enriquecidos en este isótopo (Davenport & Bax, 2002; Lucifora *et al.*, 2006).

Los adultos mostraron valores de $\delta^{15}N$ mayores que los juveniles, y se observó un aumento en el nivel trófico conforme los organismos crecen. Valores de $\delta^{15}N$ más elevados se relacionan con un cambio en la posición trófica de los organismos, pues el valor de $\delta^{15}N$ aumenta de forma progresiva desde la base de la cadena

trófica hasta los depredadores tope (Post, 2002; Vanderklifft & Ponsard, 2003). Este aumento puede estar relacionado a que los organismos más grandes presentan requerimientos metabólicos más altos que los más pequeños, esto es, que los organismos de mayor tamaño se estén alimentando de especies de mayor tamaño/mayor nivel trófico que les brindan un mayor aporte energético y como consecuencia, hay un posible aumento en la utilización de hábitats con un consecuente acceso a una mayor diversidad de recursos (Ellis *et al.*, 1996; Espinoza *et al*., 2015); o puede deberse a una mayor dependencia del depredador por presas enriquecidas en ^{15}N debido a las fuentes de nitrógeno que llegan de los procesos de oxidación y desnitrificación.

Otras razones no menos importantes, que podrían tenerse en cuenta para explicar dicho aumento en el valor de $\delta^{15}N$ son: la distribución del depredador en relación con las posibles presas y/u otros organismos/especies depredadoras, la disponibilidad y abundancia de presas, la morfología craneal, el tamaño y estructura de la boca y la dentición del depredador; la capacidad de desplazamiento y áreas de forrajeo del depredador en cada estadio ontogénico, las condiciones ambientales o las diferencias en los factores de discriminación en el tejido analizado entre especies (Gerking, 1994; Cortés, 1999; Domi *et al.,* 2004; Lucifora *et al.,* 2006; Miller *et al.,* 2010; Borrell *et al.,* 2011; Espinoza *et al.,* 2015).

Particularmente para la zona de estudio, *G. galeus* se alimenta principalmente de peces y cefalópodos, los cuales tienden a tener valores altos de $\delta^{15}N$ (Pauly & Christensen, 1995). *Synodus spp., S. japonicus, S. sagax y O. bimaculatus* forrajean en hábitats costeros, bentónicos o de fondo asociados a la plataforma continental, donde se podrían estar alimentando de especies enriquecidas en ^{15}N.

Torres *et al.* (2014) también encontraron que la especie en el Atlántico norte, presenta un incremento significativo de los valores de $\delta^{15}N$ (sin importar el sexo) y en el nivel trófico, al aumentar el tamaño de los organismos.

Davenport & Bax (2002) encontraron que los peces que presentaban una señal alta de $\delta^{15}N$ generalmente presentaban una alta proporción de peces en su dieta o que se alimentaban de especies con una señal alta de $\delta^{15}N$, y que en los peces grandes había un aumento en la señal de $\delta^{15}N$, dentro y entre las especies. Además, los cambios de alimentación en niveles tróficos superiores en algunas especies, relaciona a especies más grandes con la migración en altamar aumentando así la posibilidad de alimentarse de presas más grandes, la disponibilidad de presas y el oportunismo que permite a los peces más grandes, una mayor selección de presas.

Cabe destacar que las hembras mostraron valores promedio $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ un poco mayores comparados con los machos, pudiendo esto deberse al hecho de que estas se encuentren en hábitats más costeros (Morato *et al.,* 2003, Walker *et al.,* Lucifora *et al.,* 2006). Es posible entonces que las hembras al encontrarse en hábitats más cercanos a la costa en Bahía Tortugas se estén alimentando de presas enriquecidas en ^{13}C y ^{15}N, pues hay un mayor fraccionamiento y enriquecimiento de carbono y nitrógeno; y las cadenas tróficas son más largas con respecto a los hábitats oceánicos (Link, 2002, Dewar *et al.,* 2004).

De acuerdo a Chouvelon *et al.* (2012), las diferencias espaciales en los valores de $\delta^{15}N$, en lugar de estar vinculadas a las variaciones en la estructura trófica y los hábitos de alimentación entre los diferentes entornos, pueden estar más vinculadas a los procesos que ocurren al nivel de nitrógeno inorgánico disuelto: cuando la demanda de nitrógeno inorgánico disuelto supera el suministro de nutrientes, los productores primarios pueden enfrentar una fuente de nitrógeno enriquecido con ^{15}N, que luego se refleja en la cadena trófica local. Alternativamente, durante los eventos de surgencia en áreas sujetas a esto, como es el caso de Bahía Tortugas, el suministro físico de nutrientes "nuevos" supera la tasa de absorción biológica, favoreciendo las fuentes de nitrógeno con $\delta^{15}N$ para los productores de este ambiente. Además, la alta producción primaria (floraciones) en la plataforma continental reduce las cantidades de nutrientes,

favoreciendo el enriquecimiento de ^{15}N del nitrógeno inorgánico disuelto disponible, que incluso con poco tiempo, puede tener un efecto duradero para los consumidores bentónicos en particular, debido al hundimiento de partículas en el fondo.

9. CONCLUSIONES

- El tiburón sulfín *Galeorhinus galeus* en Bahía Tortugas es un depredador tope con una estrategia de alimentación especializada en el consumo de peces (*Synodus* spp., *Sardinops sagax* y *Scomber japonicus)* y cefalópodos (*O. bimaculatus*).

- Los resultados obtenidos mediante contenidos estomacales e isótopos estables de C y N en *G. galeus* de Bahía Tortugas fueron consistentes en que no existen diferencias entre sexos, pero si entre estadios, sugiriendo un aparente aprovechamiento diferencial de los recursos y el uso del hábitat trófico por parte de juveniles y adultos.

- *Galeorhinus galeus* en Bahía tortugas presenta un cambio ontogénico en su dieta, alimentándose aparentemente de presas de mayor nivel trófico y aporte energético, conforme aumenta su tamaño; como una estrategia para minimizar la competencia intra e interespecífica.

10. RECOMENDACIONES

- Ampliar el tamaño de las muestras de *Galeorhinus galeus* para tener una mayor representación de la población de esta especie en Bahía Tortugas y de esta forma, identificar tendencias y patrones que permitan entender mejor la función ecológica que cumple este depredador en la zona.

- Emplear secuencias de ADN para la identificación de algunas presas que no son fácilmente identificables empleando claves taxonómicas (por ejemplo, poca

cantidad de tejido), para tener una mayor resolución del espectro trófico de la especie.

- Identificar y cuantificar las especies que hacen parte de la dieta de *G. galeus* teniendo en cuenta su estadio de desarrollo y de acuerdo a las variaciones ambientales en Bahía Tortugas, para tener un mayor entendimiento de los patrones de forrajeo y uso de hábitat de esta especie.

- Tomar muestras de presas que son importantes para esta especie en la zona de acuerdo al análisis de contenido estomacal y que por ausencia de tejido suficiente no pudieron tenerse en cuenta en el presente estudio, como por ejemplo el pulpo *Octopus bimaculatus*; y de esta forma incluirlas en los modelos de mezcla, y de así conocer su contribución a la dieta de *G. galeus.*

- Estudios de edad y crecimiento de la especie *G. galeus* en la zona, para complementar y tener un mejor entendimiento de la información isotópica obtenida a partir de las vértebras.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Arreguín-Sánchez, F. 2000. *Modelación de flujos de biomasa en centros de actividad biológica*. 13-27. *In:* Lluch-Belda, D., J. Elourduy-Garay, S.E. Lluch-Cota and G. Ponce-Díaz (Eds). BAC Centros de actividad biológica del Pacífico Mexicano, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México.

- Badii, M.H., H. Rodríguez, E. Cerna, Y. Ochoa, J. Landeros & J. Valenzuela. 2013. Life History Strategies. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 8(1): 94-102.

- Bernal-Pérez, S. 2017. *Biología reproductiva del tiburón Cephaloscyllium ventriosum (Carcharriniformes: Scyliorhinidae) en Bahía Tortugas, Baja*

California Sur, México. Tesis maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 141 p.

- Bernal-Gutiérrez, J.E. 2017. *Edad y crecimiento del tiburón Mustelus californicus en el área de Bahia Tortugas, Baja California Sur.* Tesis maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 58 p.

- Blanco-Parra, M.P., F. Galván-Magaña & F. Márquez-Farías. 2008. Age and growth of the Blue Shark, *Prionace glauca* Linnaeus, 1758, in the northwest coast off México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía,* 43(3): 513-520.

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

- Bizarro, J.J., A.B. Carlisle, W.D Smith & E. Cortés. Diet Composition and Trophic Ecology of Northeast Pacific Ocean Sharks. *Advances in Marine Biology*, 77: 111-148.

- Borrell, A., A. Aguilar., M. Gazo., R. P. Kumarran & L. Cardona. 2011. Stable isotope profiles in whale sharks (*Rhincodon typus*) suggest segregation and dissimilarities in the diet depending on sex and size. *Environmental Biology of Fishes,* 68: 547–554.

- Brown, S.C., J.J. Bizarro, G.M. Cailliet & D.A. Ebert. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes,* 95(1): 3 – 20.

- Cailliet, G.M., L.J. Natanson, B.A. Welden & D.A. Ebert. 1985. Preliminary studies on the age and growth of the White Shark, *Carcharodon carcharias*, using vertebral bands. *Bulletin Southern California Academy of Sciences,* 9: 49-60.

- Cailliet, G.M., W.D. Smith, H.F. Mollet & K.J. Goldman. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fish*. 77(3- 4): 211-228.

- Campana, S.E., L.J. Natanson & S. Myklevoll. 2002. Bomb dating and age determination of large pelagic sharks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 59: 450-455.

- Chouvelon, T., J. Spitz, F. Caurant, A. Méndez-Fernandez, P., A. Chappuis, F. Laugier, E. Le Goff, & P. Bustamante. 2012. Revisiting the use of $\delta^{15}N$ in meso-scale studies of marine food webs by considering spatio-temporal variations in stable isotopic signatures – The case of an open ecosystem: The Bay of Biscay (North-East Atlantic). *Progress in Oceanography*, 101: 92–105.

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

- CITES, UNEP-WCMC, 2017. The Checklist of CITES Species Website. Appendices I, II and III valid from 04 April 2017. CITES Secretariat, Geneva, Switzerland. Compiled by UNEP-WCMC, Cambridge, UK. https://www.cites.org/eng/app/appendices.php.

- Clarke, M.R. 1986. *A handbook for the Identification of cephalopod beaks*. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth, UK. 249 p.

- Clarke, K.R. & R.M. Warwick. 2001. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* (2nd Ed). PRIMER-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, UK. 176 p.

- Clothier, C. & J. Baxter. 1969. *Vertebral characters of some Californian fishes with notes on other Eastern Pacific species*. Department of fish and Game. Marine Resources Operations. State of California. 32 pp.

- Compagno, L.J.V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2 - Carcharhiniformes. *FAO Fisheries Synopsis*, 125(4): 251-655.

- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. ICES *Journal of Marine Science,* 56: 726-738.

- Cox, G. & M. Francis. 1997. *Sharks and rays of New Zealand*. Canterbury University Press, England. 68 p.

- Curiel-Godoy, P. 2017. *Ecología trófica de la raya guitarra Pseudobatus productos (Ayres, 1854), en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.* Tesis maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 114 p.

- Daly R., P.W. Froneman & M.J. Smale. 2013. Comparative Feeding Ecology of Bull Sharks (*Carcharhinus leucas*) in the coastal waters of the southwest Indian Ocean inferred from stable isotope analysis. *PLoS ONE*, 8(10): e78229.

- Davenport, S.R. & N.J. Bax. 2002. A trophic study of a marine ecosystem off southeastern Australia using stable isotopes of carbon and nitrogen. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 59: 514–530.

- DeNiro, M.J. & S. Epstein, 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42: 495-506.

- Dewar, H., M. Domeier & N. Nasby-Lucas. 2004. Insights into young of the year white shark, Carcharodon carcharias, behavior in the Southern California Bight. *Environmental Biology of Fishes*, 70: 133–143.

- Domi. N, J.M. Bouquegneau & K. Das. 2004. Feeding ecology of five commercial shark species of the Celtic Sea through stable isotope and trace metal análisis. *Marine Environmental Research,* 60: 551–569.

- Dulvy, N.K. and J.D. Reynolds. 1997. Evolutionary transitions among egg-laying, live-bearing and maternal inputs in sharks and rays. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological sciencies Royal Society (Great Britain)*, 264:1309-1315.

- Durazo, R. 2015. Seasonality of the transitional región of the California Current System off Baja California. *Journal of geophysical Research: Oceans*, 120: 1173-1196.

- Ellis, J.R., M.G. Pawson & S.F. Shackley. 1996. The Comparative feeding ecology of six species of sharks and four species of rays (Elasmobranchii) in the North -east Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom,* 76: 89-106.

- Espinoza, M., T.M. Clarke., F. Villalobos-Rojas & I.S. Wehrtmann. 2012. Ontogenetic dietary shifts and feeding ecology of the rasptail skate *Raja velezi* and the Brown smoothhound shark *Mustelus henlei* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*, 81: 1578–95.

- Espinoza, M., S.E.M. Munroe., T.M. Clarke, A.T. Fisk & I.S. Wehrtmann. 2015. Feeding ecology of common demersal elasmobranch species in the Pacific coast of Costa Rica inferred from stable isotope and stomach content analyses. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 470: 12–25.

- Estrada, J.A., A.N. Rice, L.J. Natanson & G.B. Skomal. 2006. Use of isotopic analysis of vertebrae in reconstructing ontogenetic feeding ecology in White sharks. *Ecology*, 87(4):929-834.

- FAO. 2016. Species fact sheets: *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758). http://www.fao.org/fishery/species/2828/.

- Ferry, L.A. & G.M. Cailliet. 1996. *Sample size sufficiency and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly?* 71-80. *In:* Mackinlay D. & K. Shearer (Eds). Feeding ecology and nutrition in fish. International Congress on the Biology of Fishes, San Francisco CA, 14–18 July 1996.

- Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K.E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico central-oriental. Vertebrados-Parte 1, Vol II: 647-1200.

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

- Fry, B. 1988. Food web structure on Georges Bank from stable C, N and S isotopic compositions. *Limnology and Oceanography,* 33: 1182-1190.

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

- Gómez-Valdez, M.M. 2012. *Caracterización del nivel trófico de Megathura crenulata (Sowerby, 1825) mediante el uso de la señal isotópica del $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$.* Tesis de maestría. Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, México. 55 p.

- Guisande, C., J. Heine, J. González-DaCosta & E. García-Roselló. 2014. RWizard Software. University of Vigo, Spain.

- Guzmán-Del Próo, S. A., S. R. Mille-Pagaza, R. Guadarrama-Granados, S. De la Campa-De Guzmán, J. Carrillo-Laguna, A. Pereira-Corona, J. Belmar-Pérez, N.J. Parra-Alcocer & A.C. Luque-Guerrero. 1991. La comunidad bentónica de los bancos de abulón (*Haliotis* spp. molusca: gastropoda) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,* 36: 27-59.

- Guzmán-Del Próo, S.A., F. Salinas, O. Zaytsey, J. Belmar-Pérez & J. Carrillo-Laguna. 2000. Potencial dispersión of reproductive products and larval stages of abalone (*Halliotis* spp.) as function of the hidrodynamics of Bahía Tortugas, México. *Journal of Shellfish Research,* 19(2): 869-881.

- Hernández-Rivas, M. E., S. P. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & R. J. Saldierna-Martínez. 2000. *El centro de actividad biológica de la Bahía de Sebastián Vizcaíno, una primera aproximación.* 65- 85. In: Lluch-Belda, D., J. Elourduy-Garay, S. E. Lluch-Cota & G. Ponce-Díaz (Eds.). BAC Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. CICIMAR, CIB, CONACYT.

- Hussey, N. E., J. Brush, I.D. McCarthy & A.T. Fisk. 2010. $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ diet–tissue discrimination factors for large sharks under semi-controlled conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 155(A): 445–453.

- Jackson, A. L., R. Inger, A. C. Parnell & S. Bearhop. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*, 80: 595–602.

- Jaramillo-Londoño, A.M. 2009. *Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Culera. Relaciones de la acumulación de metales pesados*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, España. 478 p.

- Juaristi-Videgaray, D. 2016. *Biología reproductiva del pez guitarra Pseudobatos productos (Ayres, 1856) en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México*. Tesis de maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 79 p.

- Kailola, P.J., M.J. Williams, P.C. Stewart, R.E. Reichelt, A. McNee and C. Grieve, 1993. *Australian fisheries resources*. Bureau of Resource Sciences, Canberra, Australia. 422 p.

- Kim, S.L. & P.L. Koch. 2011. Methods to collect, preserve, and prepare elasmobranch tissues for stable analysis. *Environmental Biology of Fishes,* 95: 53-63.

- Kim, S.L., M.T. Tinker, J.A. Estes & P.L. Koch. 2012. Ontogenetic and among-individual variation in foraging strategies of Northeast Pacific White Sharks based on stable isotope analysis. *PLoS ONE*, 7(9): e45068.

- Krebs, C. 1999. *Ecological methodology*. Addison Wesley, California. 620 p.

- Labropoulou, M. & A. Eleftheriou. 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: importance of morphological characteristics in prey selection. *Journal of fish biology*, 50: 324 – 340.

- Link, J. 2002. Does food web theory work for marine ecosystems? *Marine Ecology Progress Series*, 230: 1-9.

- Llamazares-Vegh, S. 2014. Análisis de contenidos estomacales de las especies de interés deportivo y comercial. Informe de primera etapa. Dirección de pesca continental, subsecretaría de pesca y acuicultura, MAGyP. Bs. As., Informe técnico N°10: 1-15.

- Logan, J.M. & M.E. Lutcavage. 2010. Stable isotpe dynamics in elasmobrach fishes. *Hydrobiologia,* 644: 231-244.

- Lucifora, L.O., V.B. García, R.C. Menni & A.H. Escalante. 2006. Food habits, selectivity, and foraging modes of the school shark *Galeorhinus galeus*. *Marine Ecology Progress Series*, 315: 259–270.

- MacNeil, M.A., G.B. Skomal & A.T. Fisk2005. Stable isotopes form multiple tissues reveal diet switching in sharks. *Marine Ecology Progress Series,* 302: 199-206.

- Martínez Ayala, J.C. 2018. *Ecología trófica del cazón mamón Mustelus lunulatus (Jordan & Gilbert, 1882) en la costa occidental de Baja California Sur, México.* Tesis maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 106 p.

- Martínez-Fuentes, L.M., G. Gaxiola-Castro, E. Gómez-Ocampo & M. Kahru. 2016. Effects of interannual events (1997–2012) on the hydrography and phytoplankton biomass of Sebastián Vizcaíno Bay. *Ciencias Marinas*, 42(2): 81-97.

- Miller, T.W., R.D. Brodeur, G. Rau & K. Omori. 2010. Prey dominance shapes trophic structure of the northern California Current pelagic food web: evidence

from stable isotopes and diet análisis. *Marine Ecology Progress Series,* 420: 15-26.

- Morato, T., E. Solá, M.P Grós & G. Menezes 2003. Diets of thornback ray (*Raja clavata*) and tope shark (*Galeorhinus galeus*) in the bottom longline fishery of the Azores, northeastern Atlantic. *Fishery Bulletin,* 101: 590–602.

- Murillo-Cisneros, D.A. 2018. Trophic structure, bioaccumulation and trophic and trophic transfer mercury in three ray species from the Pacific coast of Baja California Sur. Tesis doctoral. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 102 p.

- Natanson, L.J., D.H. Adams, M.V. Winton & J.R. Maurer. 2014. Age and growth of the Bull Shark in the Western North Atlantic Ocean. *Transactions of the American Fisheries Society,* 143: 732-743.

- Natanson, L.J. & G.M. Cailliet. 1990. Vertebral growth zone deposition in Pacific Angel Sharks. *Copeia*, 4: 1133-1145.

- Newsome, S.D., C. Martínez del Río, S. Bearhop & D.L. Phillips. 2007. A Niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and Environment*, 5: 429-436.

- Overman, N.C. & D.L. Parrish. 2001. Stable isotope composition of Walleye: $\delta^{15}N$ accumulation with age and specific differences in $\delta^{13}C$. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 1253-1260.

- Park, R. & S. Epstein. 1961. Metabolic fractionation of ^{13}C and ^{12}C in plants. *Plants Physiology,* 36:133-138.

- Parnell, A.C., D.L. Phillips, S. Bearhop, B.X. Semmens, E.J. Ward, J.W. Moore, A.L. Jackson, J. Grey, D.J. Kelly & R. Inger. 2013. Bayesian stable isotope mixing models. *Environmetrics*, 24(6): 387-399.

- Pauly, D. & M.L. Palomares. 2000. *Approaches for dealing with three sources of bias when studying the fishing down marine food web phenomenon.* 61–66. *In:* Durand, F. (Ed.). Fishing Down the Mediterranean Food Webs? CIESM Workshop Series, Kerkyra, Greece.

- Pinkas, L., I.L.K. Iverson & M.S. Oliphant. 1971. *A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific cephalopods. Food habits of albacoque, bluefin tuna and bonito in Baja California waters*. Department of Fish and game, California. 83-105 p.

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

- Robles Gil, S. 1985. *Estudio geográfico del estado de Baja California Sur*. Gob. del Edo./Prog. Cult. Front., La Paz. 203 p.

- Reyes, P.R. 2005. Antecedentes preliminares sobre la alimentación del cazón *Galeorhinus galeus* (Linnaeus, 1758) (Carcharhiniformes: Triakidae) en la zona centro-sur de Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 40(1): 83-86.

- Rueda, S. F. 1983. *La precipitación como indicador de variación climática en la Península de Baja California y su relación dendrocronológica*. Tesis de Maestría. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México. 125 p.

- Sánchez-Cota, J.B. 2013. Catálogo de esqueletos de peces óseos marinos de importancia comercial de Baja California Sur, México. Tesis licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur, México. 272 p.

- Smith, W.D., J.J. Bizarro & G.M. Cailliet. 2009. La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México: Características y consideraciones de manejo. *Ciencias Marinas,* 35(2): 209-236.

- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. 1992. *Principles and Procedures of Biostatistics*. McGrawHill, New York. 640 p.

- Sverdrup, H., M. Johnson & R. Fleming. 1942. *The Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology*. Prentice-Hall Inc., New York. 1087 p.

- Torres, P., R. Tristao da Cunha, R. Maia & A. dos Santos Rodrigues. 2014. Trophic ecology and bioindicator potencial of the North Atlantic tope shark. *Science of the total environmental,* 481:574-581.

- Turrubiates–Morales J.R. 1989. *Edad, crecimiento y reproducción de Haliotis fulgens (Philppi, 1845) (Mollusca; Gastropoda), en Bahía Tortugas B.C.S. México.* Manuscrito sin publicar. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional, México. 56 p.

- Vanderklift M.A. & S. Ponsard. 2003. Sources of variation in consumer-diet $\delta^{15}N$ enrichment: a meta-analysis. *Oecologia*, 136: 169–182.

- Walker, T.I., R.D. Cavanagh, J.D. Stevens, A.B. Carlisle, G.E. Chiaramonte, A. Domingo, D.A. Ebert, C.M. Mancusi, A. Massa, M. McCord, G. Morey, L.J. Paul, F. Serena & C.M. Vooren. 2006. *Galeorhinus galeus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2006: 39352A10212764. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS. T39352A10212764.