

**ANÁLISIS DE LA DIETA DE LA RAYA MARIPOSA *Gymnura*
marmorata EN UNA ZONA DE LA COSTA OCCIDENTAL DEL GOLFO
DE CALIFORNIA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

Alejandra Castro Díaz

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE CIENCIAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

BOGOTÁ, 2021

ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL DE LA RAYA MARIPOSA
***Gymnura marmorata* EN LA COSTA OCCIDENTAL DEL GOLFO DE**
CALIFORNIA, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Tesis de grado presentado para optar al título de Bióloga

Alejandra Castro Díaz

Director

Dr. Felipe Galván Magaña

Investigador titular en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto

Politécnico Nacional- CICIMAR



UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA,
BOGOTÁ, 2021

PÁGINA DE APROBACIÓN



Doctor en Ciencias Marinas FELIPE GALVÁN MAGAÑA

DIRECTOR



Maestra en Ciencias MARIANA ALEJANDRA VÁZQUEZ LIÑERO

JURADO



Doctor en Ciencias Marinas ARTURO TRIPP VALDEZ

JURADO



Doctor en Oceanografía FEDERICO MALDONADO URIBE

JURADO

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a el Doctor Felipe Galván Magaña por aceptarme y guiarme en el proceso, por resolver mis dudas y su asesoría incondicional, sin él esto no hubiera sido posible.

De la misma manera, gracias al Doctor Arturo Tripp Valdez, por su paciencia, enseñanza y guía durante el proceso y desarrollo del proyecto.

De igual manera gracias a mi familia por su apoyo, comprensión y amor, en especial gracias a mi mamá por ayudarme a cumplir mis sueños.

Gracias a Laura, Lina, Raúl, Daniel, Carolina y a todos mis amigos que siempre estuvieron ahí para mí y me ayudaron a crecer en este proceso.

A Gipsy y Ana quienes fueron mi familia en México, me alimentaron y cuidaron diariamente.

A la Doctora Katherin Soto López por enseñarme y ser una gran maestra.

A la Bióloga Mariana Alejandra Vázquez Liñero por su ayuda incondicional.

Por último, y no menos importante a Calvin por ser mi inspiración y a Juan.

NOTA DE SALVEDAD

"La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por el Investigador en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia"

TABLA DE CONTENIDOS

1. Introducción	2
2. Marco de referencia	4
2.1. Marco teórico.....	4
2.2. Antecedentes.....	9
3.1. Marco legal.....	11
3.2. Descripción del área de estudio.....	12
4. Pregunta de investigación.....	13
5. Justificación	14
6. Objetivos	16
6.1. General.....	16
6.2. Específicos	16
7. Método.....	17
7.1. Área de estudio.....	17
7.1.1. Fase campo.....	18
7.1.2. Fase de laboratorio	19
7.1.3. Análisis de datos	21
7.1.3.1. Curva de acumulación.....	21
7.1.3.2. Espectro trófico	23
7.1.3.2.1. Método numérico	23
7.1.3.2.2. Método gravimétrico.....	23

7.1.3.2.3. Método frecuencia de aparición	24
7.1.3.2.4. Importancia de las presas	24
7.1.3.3. Amplitud del espectro	26
7.1.3.4. Nivel trófico	28
8. Resultados	30
8.1. <i>Gymnura marmorata</i>	30
8.1.1. Tamaño de muestro	35
8.1.2. Espectro trófico	35
8.1.3. Amplitud del espectro	38
8.1.4. Nivel trófico	39
9. Discusión	40
9.1. <i>Gymnura marmorata</i>	40
10. Conclusiones	46
11. Referencias bibliográficas	48
12. ANEXO.	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización de campos pesquero A) La Darsena y B) San Bruno donde los individuos de <i>G. marmorata</i> fueron capturados.	17
Figura 2. Fotografía ventral de <i>G. marmorata</i> con las medidas biométricas tomadas en campo.	18
Figura 3. Número de estómagos de la raya mariposa (<i>G. marmorata</i>) muestreados durante los años de colecta en la costa occidental Golfo de California, Baja California Sur.	30
Figura 4. Número de estómagos muestreados de <i>G. marmorata</i> en relación con las épocas de colecta en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.	31
Figura 5. Número de estómagos de <i>G. marmorata</i> encontrados por sexo, colectados en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.	31
Figura 6. Distribución de número de estómagos de <i>G. marmorata</i> en los rangos de ancho del disco (cm), diferenciándose por sexo machos (n=6) y hembras (n=53), muestreados en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.	32
Figura 7. Número de estómagos por estadio de madurez (Maduros: 46.8M: 73.3H cm) de <i>G. marmorata</i> , colectados en la costa occidental del Golfo de California.	33
Figura 8. Porcentaje de estómagos muestreados en el Golfo de California de <i>G. marmorata</i> relacionados al llenado del estómago.	33
Figura 9. Número de estómagos de <i>G. marmorata</i> encontrados por porcentaje de llenado estomacal colectado, en la costa occidental del Golfo de California.	34
Figura 10. Cantidad de presas encontradas de <i>G. marmorata</i> por Estado de digestión, colectados en la costa occidental del Golfo de California.	34
Figura 11. Curva de diversidad acumulada Shannon-Wiener (HA') de las presas encontradas por número de estómagos de <i>G. marmorata</i> , colectados en la costa occidental del Golfo de California, BCS. Las barras verticales representan el error estándar (n=37). Relacionado con el coeficiente de	

variación (CV), línea azul punteada representa el estómago donde la muestra comienza a ser significativa ($p < 0.05$) 35

Figura 12. Porcentaje de índice de importancia relativa de Presa-especifica de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur. 38

Figura 13. Gráfica propuesta por Amundsen et al., 1996 representando el total de dieta PSIRI de *G. marmorata*, colectados en la costa occidental del Golfo de California, BCS 39

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estados de digestión (Galván-Magaña, 1999).	20
Tabla 2. Nivel trófico de categoría de presas (Cortes, 1999).....	29
Tabla 3. Espectro trófico de <i>G. marmorata</i> en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur, expresando, Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia (%FO), Porcentaje de Numérico (%N), Porcentaje Gravimétrico (%G), Porcentaje de abundancia específica (PNi), Porcentaje de abundancia específica (PWi), Porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y Porcentaje de índice de Presa específica de importancia relativa (%PSIRI). Excluyendo los estómagos vacíos.	36
Tabla 4. Índice de Levin para la dieta general de <i>G. marmorata</i> en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur	38
Tabla 5. Nivel trófico de la dieta general de <i>G. marmorata</i> en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.....	39

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de temperatura superficial del mar de Baja California Sur (NOAA, 2020). 62

Resumen

Debido a su estrategia de vida tipo K los elasmobranquios son susceptibles a la sobrepesca ya que esta podría tener efectos en su biología, ecología y también en el sector socioeconómico mexicano. La falta de detalles e información limitada que aportan las pesquerías artesanales puede contribuir al problema de a la pesca no regulada. La raya mariposa *Gymnura marmorata* es una especie bentónica costera distribuida desde del sur de California (E.E.U.U) hasta México incluyendo el Golfo de California y actualmente es la cuarta especie de rayas más capturada en el Golfo de California, por lo que conocer su biología podría ayudar a obtener un mejor manejo pesquero. Por esto se planteó determinar los hábitos alimenticios de *G. marmorata* en una zona del Golfo de California. Las muestras fueron obtenidas de dos campos pesqueros (La Darsena y San Bruno) en la zona de Santa Rosalía, Baja California Sur, en las temporadas entre finales de verano a finales de invierno del 2019 al 2020. A partir de las muestras colectadas se realizó el análisis estomacal, se determinó la composición de la dieta por medio de medidas relativas cuantitativas (%N, %FO y %G) e índices de importancia (%IIR y %PSIRI). También se obtuvo la amplitud de la dieta a partir del índice de Levin y la gráfica de Amundsen. Por último, se obtuvo el nivel trófico de la dieta. En total fueron obtenidos 59 estómagos, de los cuales 63% presentaron contenido estomacal, el 37% restante se encontraron vacíos. La mayoría de los estómagos analizados (n= 37) pertenecían a estadíos juveniles. Adicionalmente los estómagos mostraron un llenado bajo (1-25%) y la mayoría de las presas encontradas presentaban un estado de digestión avanzado. Dentro de la composición de la dieta fueron determinadas 18 categorías presas y se encontraron un total de 46 presas, las presas representativas de la dieta de *G. marmorata* fueron las pertenecientes a la clase Teleostei (PSIRI de 75.99%). Dentro de esta se puede encontrar *Sardinops sagax* (PSIRI: 3.95%) y la familia Haemulidae (PSIRI: 5.41%) con una importancia significativa. Según el índice de Levin (0.22) y la gráfica de Amundsen, *G. marmorata* se especializo en diferentes presas de Teleostei. Por último, el nivel trófico fue de 3.98 determinado como un depredador secundario. La obtención de estos datos fue importante para entender las posibles dinámicas de alimentación que

presenta *G. marmorata* en la zona costera y su interacción como depredador secundario en la costa occidental del Golfo de California, aportando al conocimiento de su biología y permitiendo que se pueda genera en un futuro buen manejo del recurso pesquero.

Palabras claves: Elasmobranquios; *Gymnura marmorata*; Dieta; Estrategia; Trófico

Abstract

Due to their life strategy (K), elasmobranchs are very sensitive to overfishing. This activity could affect their biology, and ecology, as well as impact the Mexican socioeconomic sector. The scarce details and limited information provided by artisanal fisheries, can contribute to the problematic of non-regulated fisheries. The butterfly ray *Gymnura marmorata* is a coastal benthic species, that can be found between southern California (USA) and Mexico, including the Gulf of California, it is one of the main batoid species captured on the Gulf of California, therefore understanding biological aspects of this species is necessary to establish a conservation and fishery manage strategy. Hence, the aim of this study was to estimate the food habits of *G. marmorata* in the Gulf of California through stomach content analysis. The samples were obtained in two artisanal fishing grounds between summer 2019 and winter 2020. The diet spectrum was determined by the calculation of multiple relative measures of prey quantity (%N, %FO y %G) and relative importance indices (%IIR y %PSIRI). Trophic niche width of predator was estimated using Levin's index and Amundsen's graphical analysis. The trophic level of the diet was calculated. In total, 59 stomach were obtained, of which 63% showed stomach content and 37% were empty, most of the stomach came from immature organisms. Most stomachs were filled between 1 to 25% and most of the preys were in a high state of digestion. The diet composition was determined by 18 prey categories and 46 preys, the main preys belong to the class Teleostei (PSIRI: **75.99%**). Levin's index and Amundsen's graphical analysis showed *G. marmorata* could be considered a specialist predator of teleost. This batoid was determined as a secondary predator. This information is important to recognize the possible trophodynamics in the zone and the interactions of *G. marmorata* as a secondary predator, contributing to biology knowledge that could help improve the management of this resource.

Keywords: Elasmobranchs; *Gymnura marmorata*; Diet; Strategy; Trophic.

1. Introducción

La captura de elasmobranquios realizada por la pesca artesanal en la última década se ha incrementado, debido a la alta demanda de sus productos y derivados (Bizzarro *et al.*, 2009). Teniendo como consecuencia que se genere una presión sobre las poblaciones y produciendo una mayor vulnerabilidad por la sobreexplotación (Castillo-Géniz *et al.*, 1998; Márquez-Farías, 2002; CONAPESCA, 2018).

Adicionalmente, la información biológica de la pesquería de elasmobranquios es limitada y carece de detalles en específico del esfuerzo pesquero, el contenido específico de las capturas y los ciclos de vida de los elasmobranquios capturados (Smith *et al.*, 2009a). Así mismo, la FAO reportó que gran parte de los datos sobre las capturas de los elasmobranquios no se generan a nivel de especie (FAO, 2020).

Los elasmobranquios son susceptibles a la pesca debido a que presentan como parte de su estrategia de vida un desarrollo lento, una madurez sexual tardía y bajas tasas de fecundidad (Castro *et al.*, 1999). Las condiciones de sobreexplotación generan un efecto en la parte biológica y ecológica que permite la disminución de sus las poblaciones y afectaciones en las redes trófica (Fowler & Cavanagh, 2005).

También pueden afectar al sector socioeconómico mexicano, ya que a partir de sus capturas se generan empleos, ingresos y sustentos (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2004; Ramírez-Amaro, 2011). Específicamente, una de las problemáticas de la pesquería de rayas en México es la falta de estadísticos precisos, esto se debe a que el reporte de rayas no se hace por especies sino son incluidas en una misma categoría “Rayas y similares”, por lo cual se dificulta el análisis de las poblaciones presentes en la zona (Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016).

La raya mariposa, *Gymnura marmorata* es la cuarta especie de rayas más capturada en el Golfo de California, predominando en las costas de Baja California Sur (43%) y es usada para el consumo humano (Santana *et al.*, 2004; Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016).

Es una especie bentónica, se puede encontrar en aguas cercanas a las costas desde la zona intermareal hasta los 150 m (Santana- Morales *et al.*, 2005; Last *et al.*, 2016). Su distribución comprende desde Punta Concepción al sur de California (EE. UU.) hasta México incluyendo el Golfo de California, según la IUCN está cataloga como casi amenazada (Márquez-Farías, 2002; Last *et al.*, 2016; Pollom *et al.*, 2020).

Sin embargo, *G. marmorata* es afectada por la pesca artesanal todo el año debido al uso de las redes de enmalle de fondo y a veces suelen ser reportadas en los arrastres de camarón (Márquez-Farías, 2002; Bizzarro, 2005; Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016; Ramírez-Rodríguez, 2019), esta es una de las especies más representativas en cuanto a las capturas.

Esta especie no se encuentra regulada para la pesca (Santana- Morales *et al.*, 2004; Burgos-Vázquez *et al.*, 2019), por lo que el propósito de este trabajo es aportar información biológica básica de la especie por medio de la determinación de sus hábitos alimenticios a partir del contenido estomacal en el área de la costa occidental del Golfo de California.

2. Marco de referencia

2.1. Marco teórico

Los condriictios o peces cartilaginosos se caracterizan por poseer un endoesqueleto formado por cartílago, una dermis compuesta por escamas placoideas (dentículos dérmicos) y dientes que usualmente no se encuentran fusionados con la mandíbula, los cuales pueden ser reemplazados varias veces. Presentan dimorfismo sexual donde los machos presentan una modificación de sus aletas pélvicas denominadas gonopterigios o clasper, con una fertilización interna en la mayoría de las especies. Adicionalmente, poseen una válvula espiral en el intestino y carecen de vejiga natatoria (Nelson *et al.*, 2016).

Dentro de los condriictios se encuentran las subclases Holocephali (quimeras) y Elasmobranchii (rayas y tiburones), estos últimos presentan sus arcos branquiales fusionados y se comunican con el exterior por medio de 5 a 7 pares de branquias expuestas, son el grupo más diverso y se pueden encontrar en todo tipo de ecosistemas desde las regiones tropicales a las polares, también en las zonas marinas, eurihalinas o aguas dulces (Compagno *et al.*, 2006; Nair & Zacharia, 2015; Nelson *et al.*, 2016).

A diferencia de los teleósteos, la mayoría de los elasmobranquios poseen una estrategia de reproducción tipo K (Stevenson *et al.*, 2000), identificada por:

1. Poseer un **crecimiento y maduración sexual** lenta, un ejemplo son *Leucoraja erinacea* y *L. ocellata* presenta un rango de maduración desde los siete años (Castro *et al.*, 1999; Frisk & Miller, 2009).
2. Los procesos de **reproducción y gestación necesitan largos periodos** de tiempo, con el fin de acumular gran cantidad de energía para producir huevos resistentes o crías desarrolladas, por esto puede durar entre 1 a 2 años (Castro *et al.*, 1999; Martínez-Cruz *et al.*, 2016).

3. Producen **pocas crías (baja fecundidad)**, algunas especies pueden producir de 1 a 5 embriones por periodo de reproducción (Castro *et al.*, 1999; Motta *et al.*, 2007).

4. Pueden tener **largos periodos de vida**, muchas de las especies poseen zonas de crianza, donde las crías pueden pasar los primeros meses o años (Castro *et al.*, 1999).

México es el segundo productor pesquero de elasmobranquios a nivel mundial, presentando 43,000 toneladas de peso vivo, en los que se incluyen los litorales del Caribe y Pacífico, siendo la mayor producción proveniente del Pacífico con el 80.7 % (CONAPESCA, 2018). En el 2018 Nayarit, Chiapas, Sinaloa y Baja California Sur (BCS) fueron los estados que presentaron el 56% de la producción de tiburón y cazón. Este último estado generó una producción de 8686 t, compuesto por 5675 t de tiburón y 3011 t rayas (CONAPESCA, 2018).

Para la captura de elasmobranquios operan tres tipos de pesca, entre los que se encuentra la pesca artesanal y de mediana altura, las cuales se llevan a cabo en los dos litorales (Caribe y Pacífico), por otro lado, la pesca de altura es exclusiva del litoral Pacífico y se emplea tanto en aguas costeras como en las oceánicas (DOF, 2007). La pesca artesanal tiene gran relevancia en la producción nacional ya que abarca hasta 40% en tiburón y 30% para rayas (DOF, 2007). Se caracterizan por embarcaciones menores de 10.5 m y sus campos pesqueros pueden ser clasificados en poca, media o alta infraestructura o por tiempo si son permanentes o temporales (DOF, 2007; Bizzarro *et al.*, 2009).

Usualmente, esta unidad de pesquería requiere poca tecnología y energía, debido al uso de embarcaciones pequeñas (máximo 10.5 m), los cuales tienen como objetivo viajes a pequeñas distancias (30 km a 60 km de la costa), tiempos cortos —entre 1 a 2 días— y una tripulación máxima de 3 personas (Márquez-Farías, 2002; DOF, 2007; Bizzarro *et al.*, 2009; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013).

La pesca artesanal en el Pacífico mexicano puede ser realizada en dos zonas, en el Golfo California y en la costa occidental de la Península de Baja California, la primera zona se caracteriza

por el uso principal de redes agalleras de fondo con un 38% (Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a).

Se ha observado que los campos pesqueros suelen ser oportunistas (Cartamil *et al.*, 2011) y se encuentran dirigidos a múltiples especies de elasmobranquios (Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013; Santana-Morales *et al.*, 2020).

En el 2013 se estableció la veda para la pesca de elasmobranquios en el litoral Pacífico, incluidas la zona de la costa occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California, la cual fue determinada desde el 1 de mayo al 31 de julio por los periodos de reproducción, nacimiento y crecimiento de las especies. Dentro de la veda aplica para todas las especies de tiburones y rayas (DOF, 2012; CONAPESCA, 2018).

La producción de la pesca artesanal de elasmobranquios es una fuente significativa para la comunidad, ya que genera fuentes de trabajo que proporciona ingresos para la sociedad mexicana y se usa para el consumo local (Bizzarro *et al.*, 2009; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013). Así mismo, su precio varía según la temporada, especie y talla (Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013).

Para los registros oficiales se clasifican las capturas en cinco categorías entre las que se encuentran (SAGARPA, 2012; Santana-Morales *et al.*, 2020):

1. Tiburón: con una longitud total ≥ 1.5 m
2. Cazón: con una longitud total ≤ 1.5 m
3. Angelitos: *Squatina californica*
4. Rayas: Batoideos
5. Guitarra: Peces guitarra

En México se conocen 85 especies de rayas y 37 poseen importancia comercial. Las familias más representativas son: Dasyatidae, Myliobatidae, Rhinopteridae, Rhinobatidae y

Gymnuridae (DOF, 2007). Las especies de rayas con mayor valor comercial en el Golfo de California son *Pseudobatos productus*, *Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata*, *Myliobatis californica*, *Hypanus dipterurus* y *Pseudobatos glaucostigmus* (Márquez-Farías, 2002; Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a; Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016). *G. marmorata* es una de las especies con mayor relevancia ya que es la cuarta especie más capturada en el Golfo de California (Márquez-Farías, 2002; Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a; Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016).

La raya mariposa (*G. marmorata*) es reportada por la IUCN como una especie Casi Amenazada (NT), siendo el principal componente en las capturas de BCS (43%) (Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016; Pollom *et al.*, 2020), adicionalmente suelen ser reportadas también como capturas incidentales en arrastre de camarón (Ramírez-Rodríguez, 2019).

Es una especie bentónica costera que pertenece al orden de los Myliobatiformes y la familia Gymnuridae, se puede localizar entre playas, bahías de arena, limos, canales lodosos y estuarios, hasta una profundidad de 150 m (Santana-Morales, 2005; Last *et al.*, 2016). Su distribución comprende el Pacífico Occidental, desde Punta Concepción al sur de California (E.E.U.U.) hasta México incluyendo el Golfo de California (Last *et al.*, 2016).

Se caracteriza por poseer en la vista dorsal una coloración café oscuro, verdoso u oliváceo, algunas veces puede tener manchas o ser vermiculada. En la zona ventral presenta una coloración blanca, su cuerpo tiene forma romboidal (es más ancho que largo) y la región caudal es corta con una pequeña espina. (Santana-Morales, 2005; Last *et al.*, 2016).

La talla máxima presentada ha sido de 150 cm AD (ancho de disco) (Santana-Morales, 2005), los machos adultos poseen tallas desde los 46.8 cm AD, en cambio las hembras adultas desde los 73.3 cm AD (Burgos-Vázquez, 2013), son especies con un periodo de gestación entre los 9-12 meses (Burgos-Vázquez, 2013).

En el Pacífico mexicano se caracterizan por ser vivíparas aplacentadas y poseen trofonemata o leche uterina, pueden tener entre 4 a 16 crías por camada y nacen en los meses de

primavera a verano (mayo a septiembre), su ciclo reproductivo es anual, suelen alimentarse de peces óseos, crustáceos y cefalópodos (Santana-Morales, 2005; Burgos-Vázquez, 2013; Last *et al.*, 2016).

Los elasmobranquios tienen roles tróficos importantes, ya que pueden ser depredadores tope o mesodepredadores (Navia-López, 2013), las especies tope son especies que no poseen depredadores en la red trófica de su ecosistema, las cuales regulan las abundancias y la composición de recursos de la presa (Bizzarro, 2005; Navia-López, 2013).

Los consumidores secundarios o mesodepredadores son las presas de las especies que están en el tope de la cadena alimenticia, los cuales suelen ser depredadores de especies más pequeñas dentro de la red, adicionalmente suelen poseer una función ecológica importante ya que son puente para el paso de energía entre las presas bentónicas y los depredadores pelágicos (Prugh *et al.*, 2009).

Las estrategias de alimentación de los elasmobranquios pueden variar entre especies o poblaciones, las principales estrategias se agrupan en: especialista, generalista y oportunista (Amundsen *et al.*, 1996; Velasco-Tarelo, 2005). Las especies generalistas, se alimentan de gran variedad de presas, sin tener preferencias por una presa en particular (Gerking, 1994). Por otro lado, los especialistas buscan y consumen sólo cierto número de presas específicas, por último, las especies oportunistas varían su dieta original tomando ventaja de diversas fuentes de alimento presentes en el sistema (Gerking, 1994).

Dentro de las estrategias se tiene como factor los componentes alimenticios, los cuales representan el espectro trófico. Las presas dentro pueden ser clasificadas como raras o dominantes, esta clasificación se relaciona con la frecuencia y abundancia que tenga la presa dentro de la dieta. Las presas raras se caracterizan por poseer una frecuencia y abundancia pequeña, en este orden, las especies frecuentes y abundantes en la dieta representan a las presas dominantes (Amundsen *et al.*, 1996; Polo-Silva, 2008).

De igual forma, el componente del ancho del nicho define la amplitud de la dieta (Gerking, 1994; Amundsen *et al.*, 1996;). Así pues, los **individuos generalistas** poseen un amplio rango de nicho y alta diversidad de presas, los **especialistas** tienen un rango de nicho y diversidad pequeño, en cambio, los depredadores **oportunistas** poseen bajo rango de nicho, pero con un alto índice de diversidad en las presas (Gerking, 1994; Amundsen, 1995; Polo-Silva, 2008).

2.2. Antecedentes

Con el fin de conocer la biología de la especie *G. marmorata*, se han realizado diversos estudios en diferentes temas, cómo reproducción, morfología, crecimiento, entre otros (Navarro-García *et al.*, 2004; Smith *et al.*, 2009b; Palma, 2014; Burgos-Vázquez, 2013; Burgos-Vázquez *et al.*, 2019). De este modo Sánchez-Cota (2016) estudió el crecimiento y edad de *G. marmorata* mediante las bandas de crecimiento en las vértebras, encontrando diferencias entre los sexos, donde los machos tendrían edades máximas de 5 años y las hembras de 13 años, finalmente encontró que puede ser una especie de vida relativamente corta y de rápido crecimiento.

A lo largo de los últimos años se han realizado varios trabajos con respecto a los temas de la composición de la dieta, hábitos alimentarios y ecología trófica en especies de batoideos demersales del Golfo de California o la Costa del Pacífico de la Península de Baja California.

Para *G. marmorata*, Bizarro (2005) examinó la dieta, el traslape trófico entre machos y hembras, así como, entre las dietas de las diferentes temporadas en Bahía Almejas, Baja California Sur, México; la dieta consistió principalmente de peces demersales (*Haemulon californiensis*); sin embargo, tuvo una gran diversidad de ítems presas, clasificando a *G. marmorata* como un consumidor terciario, además de encontrar diferencias en la composición de presas entre machos y hembras. Incluso según algunos artículos se pueden alimentar principalmente de peces óseos, crustáceos y cefalópodos (Santana-Morales, 2005).

De la Rosa-Meza (2010) realizó un estudio de la ecomorfología mandibular y las dietas de batoides en el Golfo de California, en ese estudio hizo la descripción de la dieta de *G. marmorata* en dos zonas de muestreo en la región norte y sur del Golfo de California, los resultados determinaron que *G. marmorata* presentaba una preferencia por el grupo de peces, sugiriendo una estrategia de alimentación especialista, aunque no presentaban diferencias entre los sexos.

Ramírez-Rodríguez (2019) realizó un estudio comparativo de tres especies de rayas *R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus* encontradas como captura incidental en la pesca de arrastre de camarón en Sinaloa y el norte de Nayarit, con el fin de describir y comparar las dietas. El espectro de trófico *G. marmorata* estuvo constituido por diferentes presas, donde las principales categorías fueron: Crustacea, Cephalopoda, Teleostei, Bivalvia y Polychaeta, donde las presas más importantes con un 93.51 % PSIRI fueron los teleósteos.

Ahora bien, entre otros estudios sobre *Gymnura* se encuentra el realizado en Mobile Bay, Alabama, uno de los estuarios más grandes de los Estados Unidos, donde se describió la dieta de *G. lessae*, en la que todas las presas fueron teleósteos, especialmente de las familia Sciaenidae y Engraulidae, y las dietas variaron según el sexo y la estacionalidad (Jargowsky *et al.*, 2020).

Por otro lado, en Bahía de Bengala a lo largo de la costa este de la India, cuyo objetivo principal era describir la biología reproductiva y la dieta de *G. poecilura* —basada en 630 especímenes, donde según el tamaño del cuerpo aumentaba la intensidad de alimentación— el 80% de las presas fueron peces, el 18.9% crustáceos y los restantes moluscos, de esta manera se encontró que era una especie con dieta especialista (Menon *et al.*, 2020).

Otra de las dietas estudiadas ha sido la de *G. australis* del norte y noreste de Australia, al igual que las anteriores la dieta estuvo dominada por teleósteos con un índice IRI de 99.8% (Jacobsen *et al.*, 2009).

Por último, en Brasil se han estudiado dos especies *G. micrura* y *G. altavela*, la primera al igual que las anteriores presentaron una preferencia por teleósteos principalmente *Pomadasys*

corvinaeformis y la segunda por la especie *Micropogonias furnieri* (Yokota, 2010; Yokota *et al.*, 2013; Silva & Vianna, 2018).

2.3. Marco legal

La pesquería artesanal cuenta con algunos instrumentos de manejo, su primera estrategia fue la suspensión de otorgamientos de nuevos permisos de pesca de tiburón en 1993 (Pérez-Jiménez *et al.*, 2016). Asimismo, dentro de estos se encuentra la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentable, la cual tiene como objetivo regular, fomentar y administrar el aprovechamiento pesquero y acuícolas con el fin de generar un desarrollo integral y sustentable de la pesca y acuicultura (DOF, 2018).

Para cumplir los fines y objetivos de la Ley General se usan instrumentos de la política, entre los que se encuentran los programas de ordenamiento, planes, concesiones y permiso (DOF, 2018).

Adicionalmente, la Carta Nacional pesquera, es la presentación cartográfica y escrita que contiene información para el diagnóstico y evaluación integral de las actividades pesqueras y acuícolas (DOF, 2018). Es importante tener presente la realización de investigación con el objetivo de evaluar los recursos y proponer medidas de manejo según el Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y especies afines en México (PANMCTR) (DOF, 2012).

Según la DOF (2007) se expide la Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas, la cual tiene como objetivo inducir un aprovechamiento sostenible, contribuyendo a la generación de planes para la conservación y protección de elasmobranquios capturados incidentalmente.

Dentro de la norma se realizan especificación para el aprovechamiento de tiburones y rayas, donde se realizan aclaraciones de las especies que no pueden ser capturadas o retenidas (*Rhincodon*

typus, *Cetorhinus maximus*, *Carcharodon carcharias*, *Pristis perotteti*, *Pristis pectinata*, *Pristis microdon*, *Manta birostris*, entre otras), periodos de veda (según sus principales periodos de reproducción), permisos y prohibiciones al realizar la pesca (DOF, 2007).

2.4. Descripción del área de estudio

El Golfo de California (22-32° N y 105-107° O) es una cuenca semicerrada de evaporación y se encuentra comunicada en la región sur con el Océano Pacífico Oriental, la entrada se caracteriza por ser ancha y profunda (Lavín & Marinone, 2003). Tiene una longitud aproximada de 1400 Km, con una temperatura mínima de 16.58 °C y máxima de 31.09 °C (SAGARPA, 2018), con una salinidad alta >35 ppt (Lavín & Marinone, 2003; Makarov & Illescas, 2003).

La circulación se encuentra presente en la entrada del golfo, sus características hidrológicas varían a lo largo de esta (Molina-Cruz, 1986). Dentro se encuentra dividida por características (4 zonas) que son definidas en gran medida por el relieve complicado del fondo y las condiciones atmosféricas (Mardones *et al.*, 1999).

Presentan cuencas semilocales las cuales poseen mayor profundidad a medida que trascurren hacia el sur, por otro lado, el golfo gana calor a través de las superficies al estar entre 2 zonas áridas (Lavín & Marinone, 2003).

Los regímenes de los vientos poseen variaciones anuales e interanuales, entre noviembre a mayo, los vientos provienen del noreste siendo fríos, y entre junio a octubre el viento que proviene del sureste posee aire húmedo con condiciones de tipo tropical; las características presentes permiten que la columna de agua varíe en cuanto a los nutrientes, temperaturas del agua y la presencia de surgencias costeras (Lavín & Marinone, 2003; Escalante *et al.*, 2013).

Las temporadas son definidas según Smith *et al* (2009a) y se dividen en primavera: marzo a mayo, verano: junio a agosto, otoño: septiembre a noviembre e invierno: diciembre a febrero.

3. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los hábitos alimenticios de *Gymnura marmorata* en la costa occidental del Golfo de California?

4. Justificación

Las rayas ecológicamente cumplen la función de regular las especies bentónicas en las costas de fondos blandos (Roux *et al.*, 1995) y no solo son depredadores (Bizzarro, 2005), sino también suelen ser las presas comunes para los depredadores de ápice, siendo una de las fuentes de transferencia de energía entre la región bentónica y pelágica (Bizzarro, 2005; Kohatsu-Asato, 2020). Adicionalmente, pueden influir por medio de acciones físicas en la estructura y estabilidad de las comunidades, la dinámica de sedimentos y establecer nuevas áreas de colonización (Sasko, 2000).

Por otro lado, los depredadores tope son importantes para conservar la función y estructura de la red trófica (Navia & Mejía-Falla, 2016), pueden ser considerados especies claves presentando una influencia sobre las dinámicas de sus presas y comunidad presente (Stevens *et al.*, 2000; Navia *et al.*, 2010).

Su influencia puede ser directa o indirecta, directamente regula sus principales presas por medio de la depredación, paralelamente la respuesta anti-depredación contribuye a cambios en la dinámica de la comunidad (Stevens *et al.*, 2000; Heithaus *et al.*, 2008; Navia & Mejía-Falla, 2016). Estos cambios pueden ser: morfológicos, etológicos, reducción en la reproducción o crecimiento, en el tipo y cantidad de forrajeo, variación en el uso hábitat, entre otros cambios en la dinámica (Creel & Christianson, 2008). Por lo tanto, son especies que regulan no solo a sus principales presas sino todo el sistema.

La eliminación y afectación de sus poblaciones tiene consecuencias en la estructura poblacional de otras especies vía cascada trófica (Burgos-Vázquez *et al.*, 2019), por lo cual, los estudios de hábitos alimenticios permiten conocer las interacciones depredador-presa y los flujos

de energía en un ecosistema que fluyen desde los productores hasta los depredadores tope (Blanco-Parra *et al.*, 2012).

De igual forma, los elasmobranquios poseen una gran importancia socioeconómica como consecuencia de su uso alimenticio para las comunidades costeras y su contribución a la economía a través del ecoturismo y pesca recreativa (Moore, 2017).

Una forma de estudiarlos es por medio del contenido estomacal, ya que tiene la ventaja de brindar la identificación de las presas, el espectro trófico y las preferencias hacia algún alimento en particular (Serrano & Soraya, 2016).

Los estudios del contenido estomacal de los elasmobranquios son necesarios para entender la trofodinámica local, predecir los cambios en la fauna resultado de la pesca y una comprensión integral de los mecanismos de la regulación de la comunidad.

Los estudios de los elasmobranquios han ido incrementando en los últimos años, ayudando a comprender su importancia y el papel que juegan dentro del ecosistema, de esta manera se pueden realizar recomendaciones en cuanto a las medidas del manejo pesquero o desarrollo de planes basado en el ecosistema que permita un mejor uso de los recursos (Curiel, 2017).

Es necesario considerar los estudios de biología básica donde se tenga en cuenta los conocimientos de la dinámica poblacional en *G. marmorata*, ya que es una especie importante en la pesca, de esta manera la obtención de datos es necesaria para entender el sistema y generar estrategias para el manejo pesquero.

5. Objetivos

5.1. General

Determinar los hábitos alimenticios de *Gymnura marmorata* a partir de análisis de contenido estomacal, en la costa occidental del Golfo de California

5.2. Específicos

- Identificar las presas principales de la dieta de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California
- Calcular la amplitud de espectro trófico en *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur
- Determinar el nivel trófico de *G. marmorata* la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur

6. Método

6.1. Área de estudio

El presente estudio fue llevado a cabo en la costa occidental del Golfo de California (GC) de Baja California Sur, México. Se obtuvieron las muestras para *G. marmorata* de dos campos pesqueros entre los que se encuentran La Darsena ($27^{\circ} 19' 40.8''$ N a $112^{\circ} 15' 32.4''$ O) y San Bruno ($27^{\circ} 10' 22.8''$ N a $112^{\circ} 10' 8.39''$ O) (Bizzarro *et al.*, 2009) pertenecientes a la ciudad de Santa Rosalía (**Figura 1**).

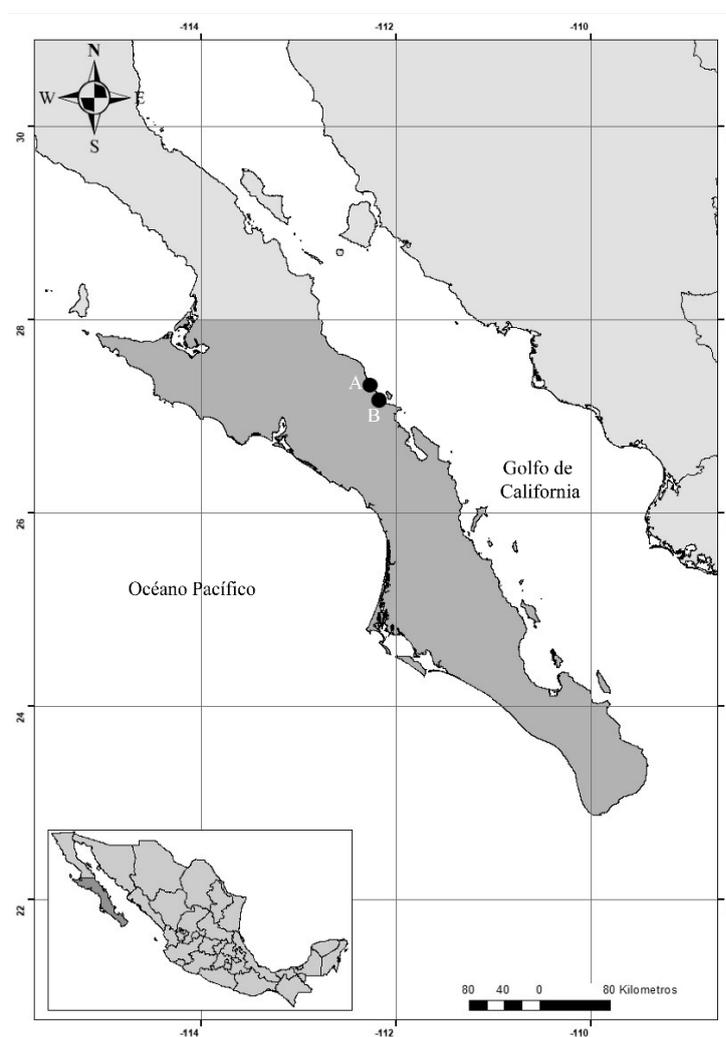


Figura 1. Localización de campos pesquero A) La Darsena y B) San Bruno donde los individuos de *G. marmorata* fueron capturados.

6.1.1. Fase campo

Las épocas de muestreo para la costa occidental del Golfo de California fueron en los años 2019 entre los meses de agosto a diciembre y en 2020 en el mes de febrero, las muestras de estómagos se obtuvieron a partir de las capturas realizadas por los pescadores en las zonas

Para la especie muestreada se tomaron datos biométricos entre los que se encontraban **(Figura 2)**:

1. Ancho del disco: longitud del borde externo la aleta pectoral al otro extremo en la parte central.
2. Longitud Total: longitud desde el morro hasta la punta de la aleta caudal.
3. Longitud Pre-aleta caudal: longitud desde el morro hasta la punta de la aleta caudal

(Last *et al.*, 2016).

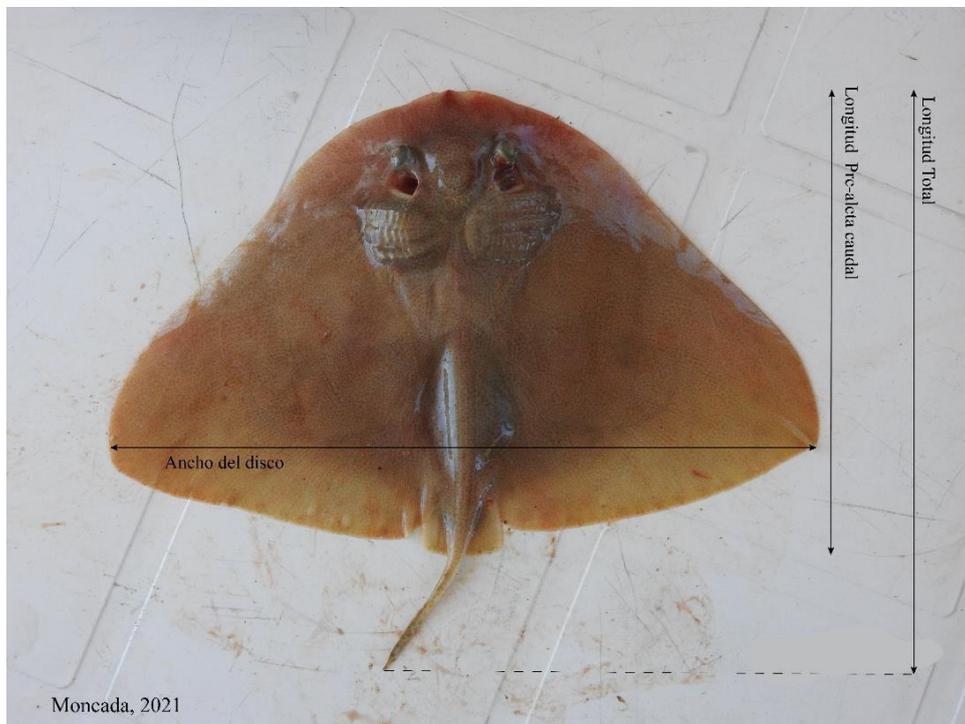


Figura 2. Fotografía ventral de G. marmorata con las medidas biométricas tomadas en campo.

Por medio de la presencia o ausencia de los gonopterigios se identificó el sexo, en ausencia de los gonopterigios se clasifica como hembra y en su presencia como machos. En los machos se determinó su posible estado de madurez a partir de las características de los gonopterigios observando si presentaban i) rotación, ii) calcificación y/o iii) presencia de semen (Conde- Moreno & Galván- Magaña, 2006; Burgos-Vázquez *et al.*, 2019).

Se realizó una incisión en la parte ventral desde la cloaca a las aletas pectorales y se extrajo completamente el estómago junto a la válvula espiral. Los estómagos debidamente etiquetados — incluyendo fecha, localidad, sexo, N° de organismo, identificación taxonómica, por último, AD de *G. marmorata* — se ubicaron en bolsas plásticas, depositándose en neveras con hielo para el transporte hacia el Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN.

Una vez en el CICIMAR-IPN se almacenaron las muestras en refrigeradores con temperaturas a -18 °C hasta su debido análisis.

6.1.2. Fase de laboratorio

Las muestras fueron descongeladas a temperatura ambiente (~ 34°C) para la revisión de contenido estomacal. Inicialmente, por medio del volumen se determinó el porcentaje de llenado estomacal, el cual se clasificó en cinco categorías según Stillwell & Kohler (1982):

- i) Categoría 0: 0% (Vacío)
- ii) Categoría 1: 1% a 25 %
- iii) Categoría 2: 26% al 50%
- iv) Categoría 3: 51% al 75%
- v) Categoría 4: 76 al 100 %

Posteriormente, para examinar el contenido estomacal, se realizó la apertura a lo largo del estómago por medio de kit de disección y guantes. El contenido estomacal fue depositado en el interior de un tamiz (0.1 luz de malla), enjuagando el contenido y revisando la presencia de presas. Las presas encontradas fueron separadas y contadas por categorías, se pesaron a través de una balanza de precisión (Electronic Compact Scale SF400D) y se realizó una etiqueta por cada presa. Consecutivamente, se determinó el estado de digestión en el que se encontraban las presas (Tabla 1).

Tabla 1. Estados de digestión (Galván-Magaña, 1999).

Estado de digestión	Características
1	Presas que poseen caracteres morfológicos externos intactos o la mayoría de los caracteres
2	Esqueletos completos o casi completos con músculos. Faltan algunas partes
3	Presencia de esqueleto, exoesqueleto o partes
4	Partes sueltas, vertebras, otolitos, pico, quela

Finalmente, se realizó la identificación de las presas hasta el taxa más bajo posible según el estado de digestión por medio de las guías de identificación y claves taxonómicas. En el primer estado (1), los peces fueron identificados por medio de Fischer *et al.* (1995a), por otro lado, para los crustáceos y los cefalópodos se usaron Salgado-Barragán & Hendrickx (2010), Brusca (1980) y Fischer *et al.* (1995b).

Para el segundo (2) y tercer estado (3), en peces se retiró el musculo presente y se guardó aparte con su etiqueta respectiva. Para la a identificación de esqueletos se utilizaron las guías de Clothier (1950), Barrera (2008) y Sánchez-Cota *et al.* (2017). Adicionalmente, se emplearon las páginas online <https://www.floridamuseum.ufl.edu/fishatlas/content/default.html> y <https://osteobase.mnhn.fr/squelette.php?lang=en&idStructure=1&idTaxon=25>.

Como herramientas de apoyo al acercamiento taxonómico. En cuanto a los crustáceos y cefalópodos se usaron las guías previamente mencionadas.

Para el cuarto estado de digestión (4) se emplearon guías para otolitos, entre los que se encuentran Harvey *et al.* (2000); Diaz-Murillo (2008) y Mascareñas-Osorio *et al.* (2003), con un apoyo online de <http://www.usp.br/cossbrasil/index.php>. Por último, para cefalópodos, se usaron las guías de Wolff (1982), Wolf (1984) y la clave online <https://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/Beak-E/intro.htm>.

Los restos que no se lograron identificar fueron definidos como Materia Orgánica No identificable (MONI). Paralelamente, se determinó el estadio de madurez de *G. marmorata* a partir de las tallas propuestas por Burgos-Vázquez (2013), donde el Ancho de Disco mayor de 46.8 cm para machos y 73.3 cm para hembras representó organismos maduros

Finalmente, todos los datos encontrados, junto al número de individuo, estadio de madurez, sexo, talla, localidad, longitud, año y mes se registraron y se realizó una base de datos en Microsoft Excel.

6.1.3. Análisis de datos

Por medio de la base de datos realizada y los datos muestreados se realizó el análisis de datos. De los estadísticos fueron excluidos los estómagos sin contenido estomacal (**categoría 0**).

6.1.3.1. Curva de acumulación

Inicialmente, se calculó los índices de Shannon-Wiener (Ecuación 1), estos fueron realizados a partir del programa EstimateSWin910 mediante permutaciones aleatorias (100). Por medio de la siguiente fórmula (Colwell & Elsensohn, 2014):

Ecuación 1. *índice de diversidad Shannon-Wiener*

$$H' = \sum_{i=1}^s p_i \log_2(p_i)$$

Donde

H': índice de diversidad

Pi: proporción del número de organismos de cada presa

Los valores medios y de desviación estándar fueron usados para realizar la curva de acumulación. En la cual el eje horizontal (x) presenta el total de estómagos revisados y en el eje vertical (y) la diversidad acumulada H' (Cortes, 1997). Posteriormente se obtuvo el coeficiente de variación (CV), medida de dispersión que compara valores que están en distintas escalas (Ecuación 2).

Ecuación 2. Coeficiente de variación

$$CV = \frac{\sigma H'}{\bar{x}H'}$$

Donde:

$\sigma H'$: desviación estándar del índice de Shannon-Wiener

$\bar{x}H'$: Valor medio del índice de Shannon-Wiener

A partir del valor calculado del $CV < 0.05$, fue determinada una significancia para los valores de diversidad, este establece, cuantos estómagos muestreados fueron suficientes para describir efectivamente la dieta del depredador (Hoffman, 1979). Se realizó únicamente la dieta en general de *G. marmorata*.

6.1.3.2. Espectro trófico

Se calculó el total de componentes alimenticios de la dieta por medio del software Rstudio los índices propuestos por: i) Hyslop (1980): %N, %G, % FO ii) Pinkas *et al* (1970): %IIR y iii) Brown *et al* (2012) %PSIRI con el objetivo de determinar el espectro trófico de *G. marmorata*.

6.1.3.2.1. Método numérico

Se determinó el porcentaje individual de cada taxa para obtener el aporte en cantidad a la dieta, a partir del número total por cada especie — según el conteo mencionado anteriormente por taxón— sobre la cantidad total de presas encontradas (Ecuación 3) (Hyslop, 1980).

Ecuación 3. Método numérico expresado en porcentaje

$$\%N = \frac{n}{NT} * 100$$

Donde:

n: número total de un taxon de presas

NT: número total de presas encontradas en los estómagos

6.1.3.2.2. Método gravimétrico

A partir de los pesos de las presas identificadas previamente, se realizó el índice de peso. El porcentaje se calculó para el aporte del peso de cada presa a la composición de la dieta. Se obtuvo el peso total en gramos de cada ítem presa y se dividió por el peso total de todas las presas encontradas (Ecuación 4) (Hyslop, 1980).

Ecuación 4. Método gravimétrico expresado en porcentaje

$$\%G = \frac{P}{PT} * 100$$

Donde:

P: peso total de un grupo de presa

PT: peso total de todas las presas

6.1.3.2.3. Método frecuencia de aparición

Se calculó el porcentaje con el fin de determinar con qué frecuencia cada ítem presa está presente en la dieta. Por medio del conteo de estómago en los que se encontraba la presa sobre el número total de estómagos analizados (Ecuación 5) (Hyslop, 1980).

Ecuación 5. Método de frecuencia de aparición expresado en porcentaje

$$\%FO = \frac{n}{TE} * 100$$

Donde:

n: número de estómagos donde presenta cierto grupo de presas

TE: total de estómagos analizado

6.1.3.2.4. Importancia de las presas

Por último, para analizar la importancia de las presas se realizaron dos índices: %IRI y %PSIRI. El %IRI (Ecuación 6) se obtuvo por medio, de la suma del porcentaje gravimétrico y del

porcentaje numérico, esto multiplicado al porcentaje de la frecuencia de aparición (Pinkas *et al.*, 1970).

Ecuación 6. Índice de importancia relativa expresado en porcentaje

$$\%IRI = (\%N + \%G) * \%FA$$

Donde:

%N: Porcentaje numérico

%G: Porcentaje gravimétrico

%FA: Porcentaje de frecuencia de aparición de presa

Por otro lado, el %PSIRI representó la importancia de presas específicas que componen la dieta, se obtuvieron resultados balanceados y homogéneos. Se calculó por medio de la multiplicación del porcentaje de frecuencia, con el porcentaje de abundancia específica junto al porcentaje de peso específico, todo dividido sobre 2 (Ecuación 7) (Brown *et al.*, 2012).

Ecuación 7. Índice de importancia relativa de Presa-específica expresado en porcentaje

$$\%PSIRI = \frac{\%FOx(\%PN + \%PG)}{2}$$

Donde:

%FA: Porcentaje de frecuencia de aparición de presa

% PN: Porcentaje de abundancia específica

%PN: Porcentaje de peso específico

Para el porcentaje de abundancia específica se realizó: una sumatoria del porcentaje de la abundancia del número de presa, sobre el número total de estómagos presa (Ecuación 8).

Ecuación 8. Porcentaje de abundancia específica

$$\%PNi = \frac{\sum_{j=1}^n \%Nij}{ni}$$

Donde:

$\%Nij$: abundancia por número presa i en estómago j

ni : # total de estómago presa

Para el porcentaje de peso específico se realizó una sumatoria del porcentaje del peso de la presa, sobre el número total de estómagos presa (Ecuación 9).

Ecuación 9. Porcentaje de peso específica

$$\%PG = \frac{\sum_{j=1}^n \%Gij}{ni}$$

$\%Gij$: peso por número presa i en estómago j

ni : # total de estómago presa

6.1.3.3. Amplitud del espectro

Se determinó y calculó la amplitud del espectro trófico de *G. marmorata* a partir del índice estandarizado de Levin y el análisis gráfico de Amundsen. Inicialmente, se empleó el índice estandarizado de Levin, para *G. marmorata* se calculó los datos para su dieta total.

El índice de Levin tiene como objetivo inferir que tan amplia es la dieta de la especie, teniendo en cuenta la proporción de cada presa y como se distribuye en el total (Ecuación 10), el Análisis fue realizado por medio de Rstudio con la siguiente ecuación (Krebs, 1989):

Ecuación 10. Índice de Levin

$$B_i = \frac{1}{n - 1} \left(\frac{1}{\sum p_{ij}^2} - 1 \right)$$

Donde:

P_{ij}: proporción de cada presa

N: número total de presas

El índice proporciona valores entre 0 a 1, los resultados menores a 0.6 (<0.6) se clasifican como especialistas, mientras que, valores mayores a 0.6 (>0.6) indican una dieta generalista (Krebs, 1989).

Paralelamente, el análisis de la representación del gráfico de Amundsen, es una forma de determinar las presas importantes, la estrategia de alimentación y los componentes del nicho. Su análisis fue basado en dos ejes, en el eje horizontal (x) se encontró la frecuencia de ocurrencia de diferentes categorías de la dieta y en el eje vertical (y) fue la representación de abundancia de presa específica (Ecuación 11) (Amundsen *et al.*, 1996).

Ecuación 11. Abundancia de presa específica

$$P_i = \left(\frac{\sum S_i}{\sum S} \right) * 100$$

Donde:

Si: Contenido estomacal por número de presa

St: Contenido total estomacal

6.1.3.4. Nivel trófico

Por último, tomando el %PSIRI y los niveles tróficos presentes para cada presa, se calculó el nivel trófico de la dieta de *G. marmorata* haciendo uso del software Trophlab con la función "composición de la dieta" (**Ecuación 12**).

Ecuación 12. Nivel trófico

$$TL_k = 1 + \left(\sum_{j=1}^n P_j \times TL_j \right)$$

Donde:

TL_k: Nivel trófico de la especie

P_j: %PSIRI de cada categoría presa

TL_j: nivel trófico de cada categoría presa

n: número total de categorías presas

Los datos del nivel trófico fueron tomados a partir de los datos de Cortés (1999) (**Tabla 2**), Dambacher *et al.* (2010) y el apoyo online de <https://www.fishbase.se/search.php>.

Tabla 2. Nivel trófico de categoría de presas (Cortes, 1999).

Código	Grupo de especies	Nivel trófico
FISH	Peces teleósteos	3.24
CEPH	Cefalópodos	3.2
MOL	Moluscos (excluyendo cefalópodos)	2.1
CR	Crustáceos decápodos	2.52
INV	Otros invertebrados (todos los invertebrados excepto los moluscos , crustáceos y zooplancton)	2.5
ZOO	Zooplancton	2.2
BIR	Aves marinas	3.87
REP	Reptiles Marinos	2.4
MAM	Mamíferos marinos	4.02
CHON	Condriictios	3.65
PL	Plantas	1

7. Resultados

7.1. *Gymnura marmorata*

Se analizaron un total de 59 estómagos de *G. marmorata*, la mayor cantidad de estómagos fue revisada para el año 2019 con 44, mientras que para el 2020 se revisó le contenido estomacal de 15 (**Figura 3**).

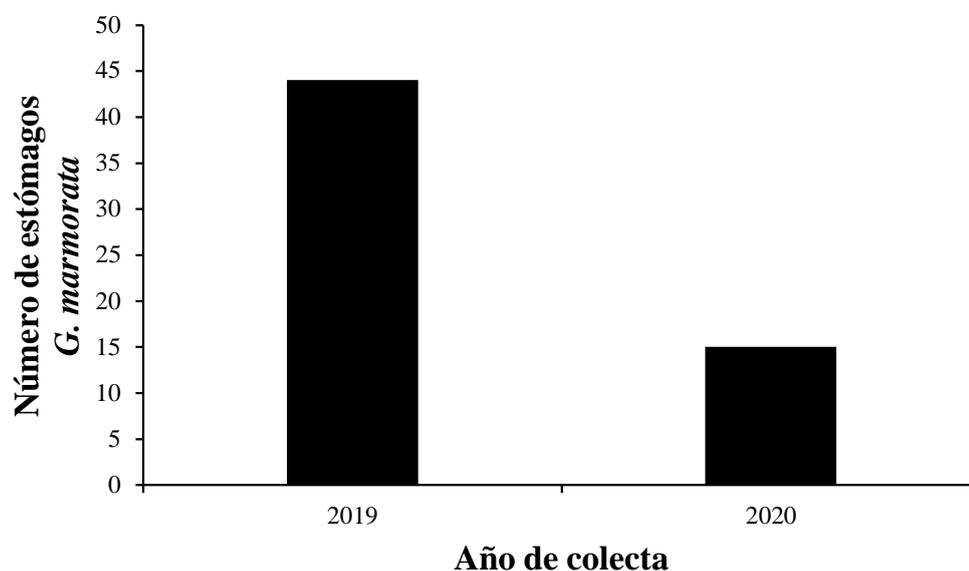


Figura 3. Número de estómagos de la raya mariposa (*G. marmorata*) muestreados durante los años de colecta en la costa occidental Golfo de California, Baja California Sur.

La época de muestreo con mayor cantidad de estómagos fue otoño con 16, seguidas por invierno y verano, donde se evaluaron 11 y 10 estómagos respectivamente (**Figura 4**).

Figura 4. Número de estómagos muestreados de *G. marmorata* en relación con las épocas de colecta en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.

Las hembras representaron el mayor número de estómagos en las muestras analizadas con 53 estómagos equivalente al 89.83%, por otro lado, los machos solo presentaron seis estómagos 10.16% (Figura 5).

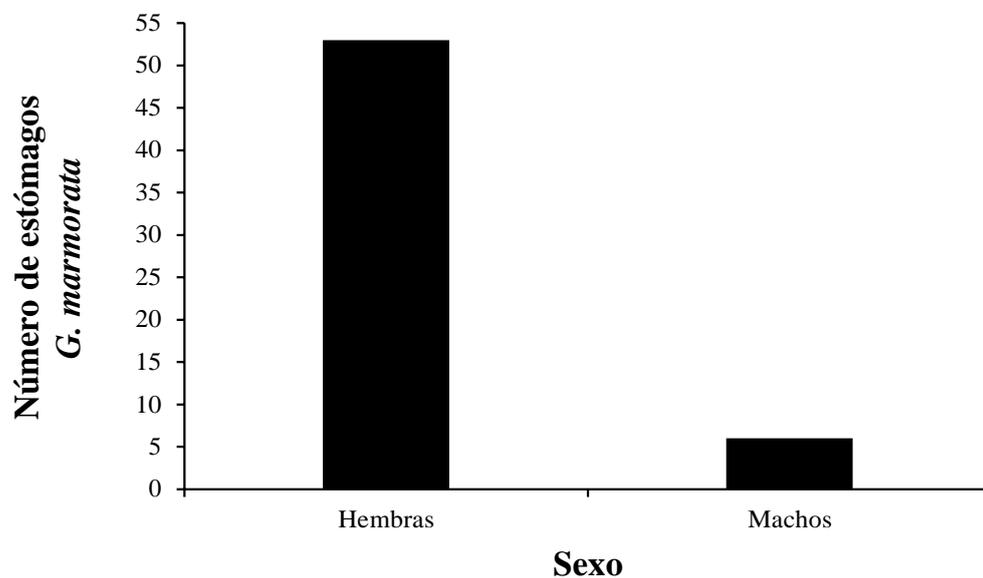


Figura 5. Número de estómagos de *G. marmorata* encontrados por sexo, colectados en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.

Los machos presentaron tallas entre 23 a 40 cm de ancho de disco, el mayor número de estómagos presentados fue en el rango de 35 a 40 cm, mientras que el menor rango se obtuvo entre 23-28 cm. Por su parte, las hembras presentaron un rango de ancho de disco entre 23 a 76 cm, evidenciando el mayor número de estómagos entre los rangos de 47 a 52 cm y el menor número de estómagos entre 65 a 70 cm. Los rangos entre 35 a 40 cm presentaron el mayor número de estómagos para hembras y de machos (**Figura 6**).

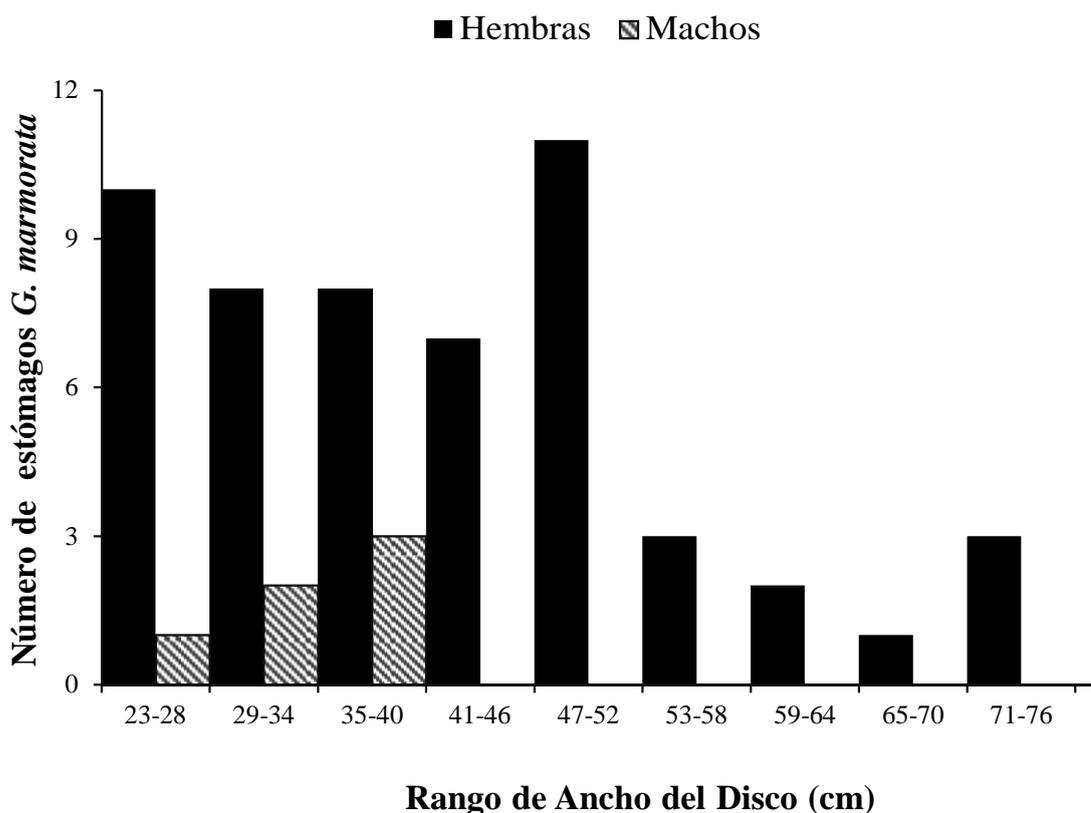
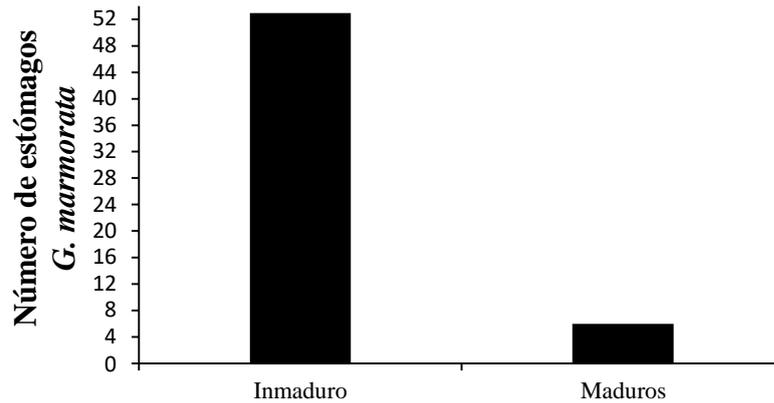


Figura 6. Distribución de número de estómagos de *G. marmorata* en los rangos de ancho del disco (cm), diferenciándose por sexo machos (n=6) y hembras (n=53), muestreados en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.

La mayoría de las muestras obtenidas pertenecieron a individuos juveniles con un total de 58 estómagos, con tallas menores de ancho de disco de 46.8 cm para machos y 73.3 cm para hembras (Burgos-Vázquez, 2013). Por otro lado, para los individuos maduros solo se analizó un estómago (**Figura 7**).



Estadíos de madurez *G. marmorata*

Figura 7. Número de estómagos por estadio de madurez (Maduros: 46.8M: 73.3H cm) de *G. marmorata*, colectados en la costa occidental del Golfo de California.

Entre los estómagos muestreados el 63% presento contenido (n=37), mientras que el 37% restante no presentó ningún tipo de contenido (n=22) (**Figura 8**).

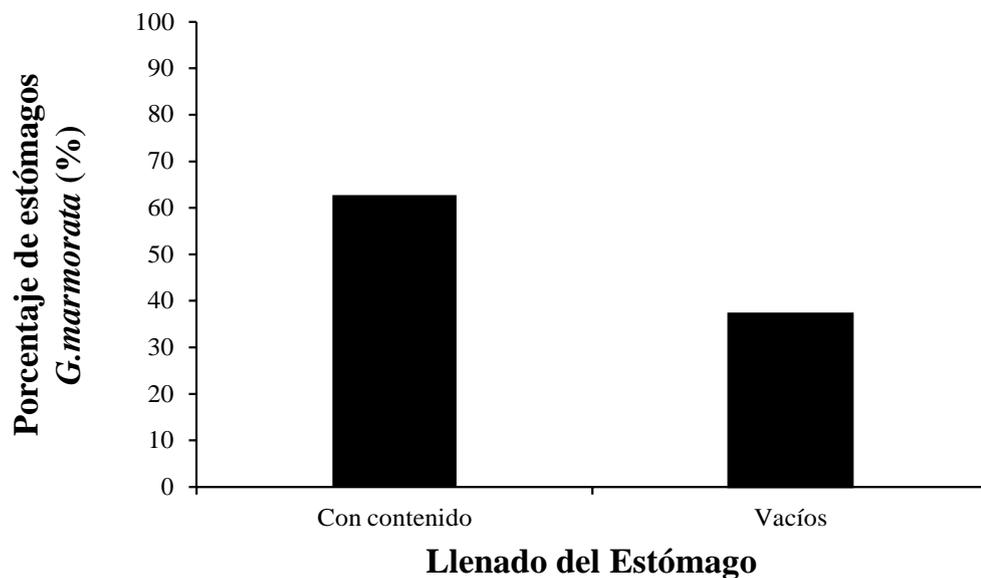


Figura 8. Porcentaje de estómagos muestreados en el Golfo de California de *G. marmorata* relacionados al llenado del estómago.

De los estómagos que presentaron contenido estomacal (n=37), el mayor porcentaje de llenado se encontró en la primera categoría (1-25 %) donde se presentaron 32 estómagos, seguidos

por el porcentaje de llenado entre 51-75% (n= 3), 26-50% (n=1) y 76-100% (n=1) respectivamente (Figura 9).

Figura 9. Número de estómagos de G. marmorata encontrados por porcentaje de llenado estomacal colectado, en la costa occidental del Golfo de California.

El estado de digestión número 4 fue el que mayor cantidad de presas presentó con un total de 39, seguido por el estado 3 (n=5) y 1 (n=1). De las presas encontradas ninguna evidenció características del estado 2 (Figura 10).

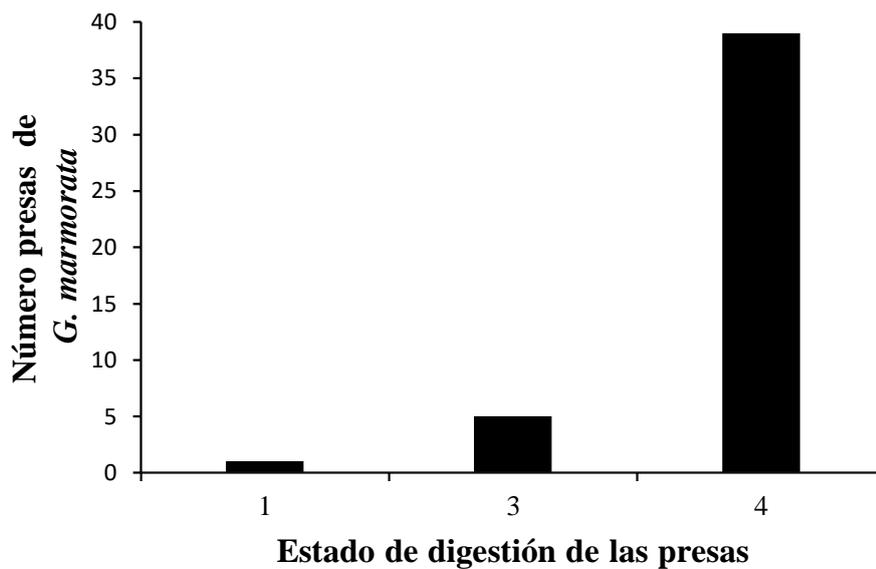


Figura 10. Cantidad de presas encontradas de G. marmorata por Estado de digestión, colectados en la costa occidental del Golfo de California.

7.1.1. Tamaño de muestra

La curva de diversidad acumulada fue obtenida para el total de los 37 estómagos con contenido, a partir del estómago 33 la muestra se consideró representativa (CV= 0.0422) (**Figura 11**).

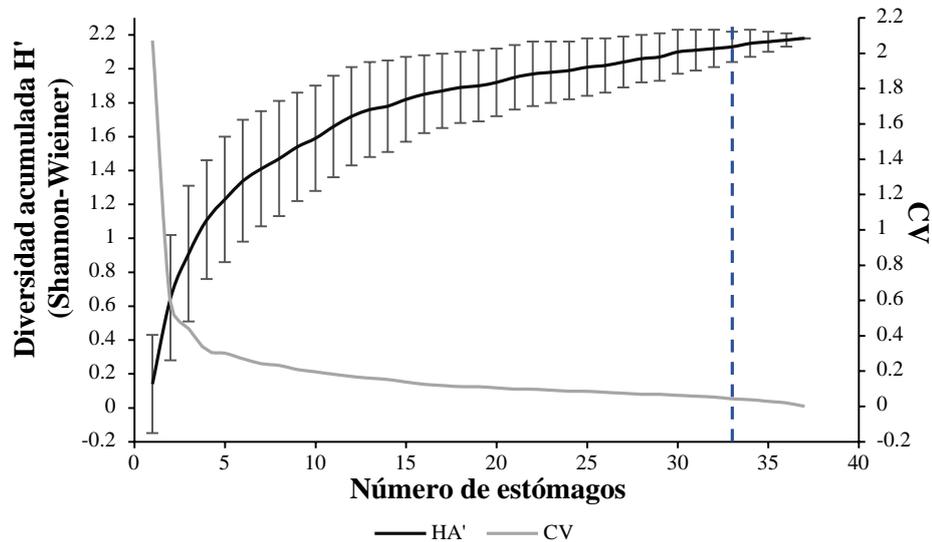


Figura 11. Curva de diversidad acumulada Shannon-Wiener (HA') de las presas encontradas por número de estómagos de *G. marmorata*, colectados en la costa occidental del Golfo de California, BCS. Las barras verticales representan el error estándar ($n=37$). Relacionado con el coeficiente de variación (CV), línea azul punteada representa el estómago donde la muestra comienza a ser significativa ($p < 0.05$).

7.1.2. Espectro trófico

La composición de la dieta de *G. marmorata* estuvo representada por 18 categorías de presas, entre los que se encontraron 12 de la infraclase Teleostei, 4 del subfilo Crustacea, 1 del reino Plantae y Materia Orgánica no identificada respectivamente (**Tabla 3**).

Inicialmente, por el método de frecuencia de ocurrencia (FO%) se determinó las presas que tuvieron mayor presencia en los estómagos. Siendo las principales presas representadas por 48.65% de restos de peces, 5.41% para la familia Haemulidae y 5.41% de la especie *Sardinops sagax* (**Tabla 3**).

Dentro de la dieta *G. marmorata* los peces Teleostei obtuvieron gran porcentaje del método numérico (%N), las presas que tuvieron mayor representación dentro de este grupo, pertenecieron

a restos de peces, un 41.30%, seguido por, 6.52% de *S. sagax*, 4.35% de Haemulidae y 4.35% de *Haemulopsis* sp. Por otro lado, MONI plasmó un valor de 15.22%. Es importante mencionar que en la dieta de *G. marmorata* se obtuvo un total de 46 presas en total (**Tabla 3**).

Igualmente, para el método gravimétrico (%G) la categoría que mayor importancia tuvo fueron los peces teleósteos, las presas que mayor aporte generaron a la biomasa fueron: *S. sagax* con un 28.92% y *Haemulon steindachneri* con un 25.23%. El ítem presa restos de peces (23.22%) tuvo una notable importancia. Varias de las presas encontradas presentaron un 0% en este índice (**Tabla 3**).

Con respecto al índice de importancia relativa (%IIR), las presas pertenecientes al grupo Teleostei obtuvieron el mayor porcentaje de importancia. Los restos de peces fueron la presa más importante con un 75.39%. Mientras que, 4.60% de *S. sagax* y 1.78% de *H. steindachneri* representaron una muestra importante (**Tabla 3**).

Tabla 3. Espectro trófico de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur, expresando, Porcentaje de Frecuencia de Ocurrencia (%FO), Porcentaje de Numérico (%N), Porcentaje Gravimétrico (%G), Porcentaje de abundancia específica (PNi), Porcentaje de abundancia específica (PW_i), Porcentaje de índice de importancia relativa (%IIR) y Porcentaje de índice de Presa específica de importancia relativa (%PSIRI). Excluyendo los estómagos vacíos.

Taxon (Ítem)	%FO	%N	%G	PN _i	PW _i	%IIR	%PSIRI
Plantae							
PLANTAE	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Subtotal PLANTAE		2.17	0			0.14	2.70
Animalia							
CHORDATA							
Teleostei							
Albulidae	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Clupeidae							
<i>Sardinops sagax</i>	5.41	6.52	28.92	58.33	87.71	4.60	3.95
Engraulidae	2.70	2.17	0.68	100	100	0.19	2.70
Gobiidae	2.70	2.17	0	1500	100	0.14	2.70
Haemulidae*	5.41	4.35	0.04	100	100	0.57	5.41

Taxon (Ítem)	%FO	%N	%G	PN _i	PW _i	%IIR	%PSIRI
<i>Haemulopsis</i> spp.	2.70	4.35	1.26	50	55.63	0.36	1.43
<i>Haemulon steindachneri</i>	2.70	2.17	25.23	100	100	1.78	2.70
Muraenidae	2.70	2.17	1.82	100	100	0.26	2.70
Paralichthyidae							
<i>Etropus</i> spp.	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Pleuronectidae	2.70	2.17	0.03	100	100	0.14	2.70
Serranidae							
<i>Serranus</i> spp.	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Resto de peces	48.65	41.3	23.22	90.74	88.5	75.39	43.60
Subtotal Teleostei**		73.88	81.2			83.85	75.99
Arthropoda							
Crustacea							
Crustacea*	2.70	2.17	0	25	0.14	0.14	0.34
Cymothoidae	2.70	2.17	0	50	50	0.14	1.35
Squillidae	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Resto de Crustácea**	2.70	2.17	0	100	100	0.14	2.70
Subtotal Crustacea		8.68	0			0.56	7.09
MONI	18.92	15.22	18.77	75	75.13	15.44	14.20
Subtotal MONI	18.92	15.22	18.77	75	75.13	15.44	14.20

*Presas identificadas hasta un taxón mayor a familia

** Presas pertenecientes al grupo, pero no se lograron identificar

Por otro lado, el 57.80% del índice de importancia relativa presa-específica (%PSIRI) de la dieta fue representado por restos de peces y MONI. La familia Haemulidae, así como las especies *S. sagax* y *H. steindachneri* representaron gran importancia en la dieta de *G. marmorata*. Varias de las especies obtuvieron un valor 2.70% entre las que se encontraron Engraulidae y Muraenidae (Figura 12).

Se observó también que la familia de peces que generó mayor representación fue Haemulidae con 9.54%, incluyendo el género *Haemulopsis* spp. y la especie *H. steindachneri* (Figura 12).

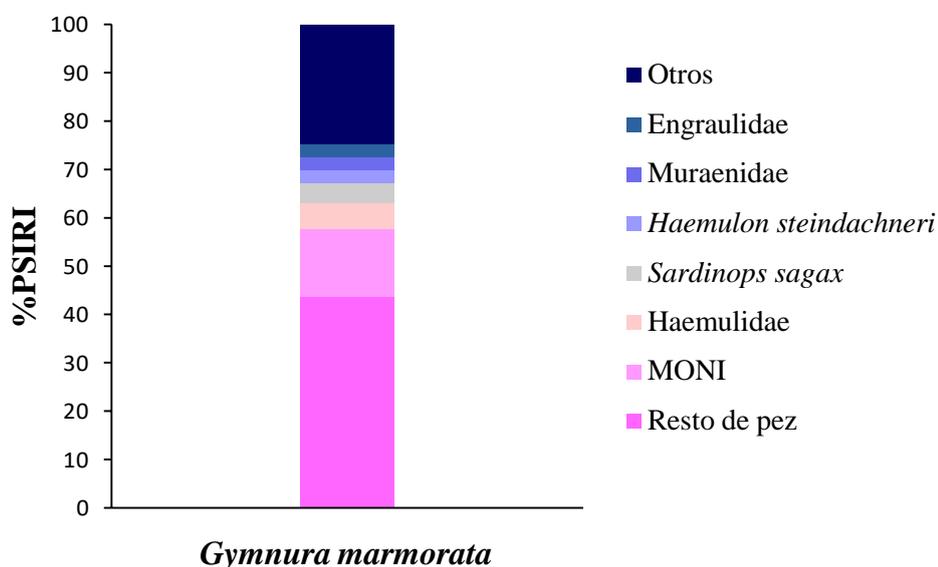


Figura 12. Porcentaje de índice de importancia relativa de Presa-específica de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.

No se realizó el análisis de traslape trófico entre diferentes grupos ya que no se presentaron suficientes muestras para poder comparar entre las diferentes características.

7.1.3. Amplitud del espectro

En primer lugar, la amplitud trófica representada para la dieta general de *G. marmorata* por el índice de Levin fue de 0.22, definida como una especie especialista (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de Levin para la dieta general de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur.

Categoría <i>G.marmorata</i>	Índice de Levin (Bi)
General	0.2241

En cuanto al gráfico de Amundsen confirmó que la estrategia de alimentación presentada fue especialista. La mayoría de las presas se caracterizaron por poseer una baja frecuencia de ocurrencia (%FO), pero un alto porcentaje de abundancia presa específica. *G. marmorata* se especializó en diferentes presas de Teleostei, por este resultado, posiblemente sea una especie oportunista (**Figura 13**).

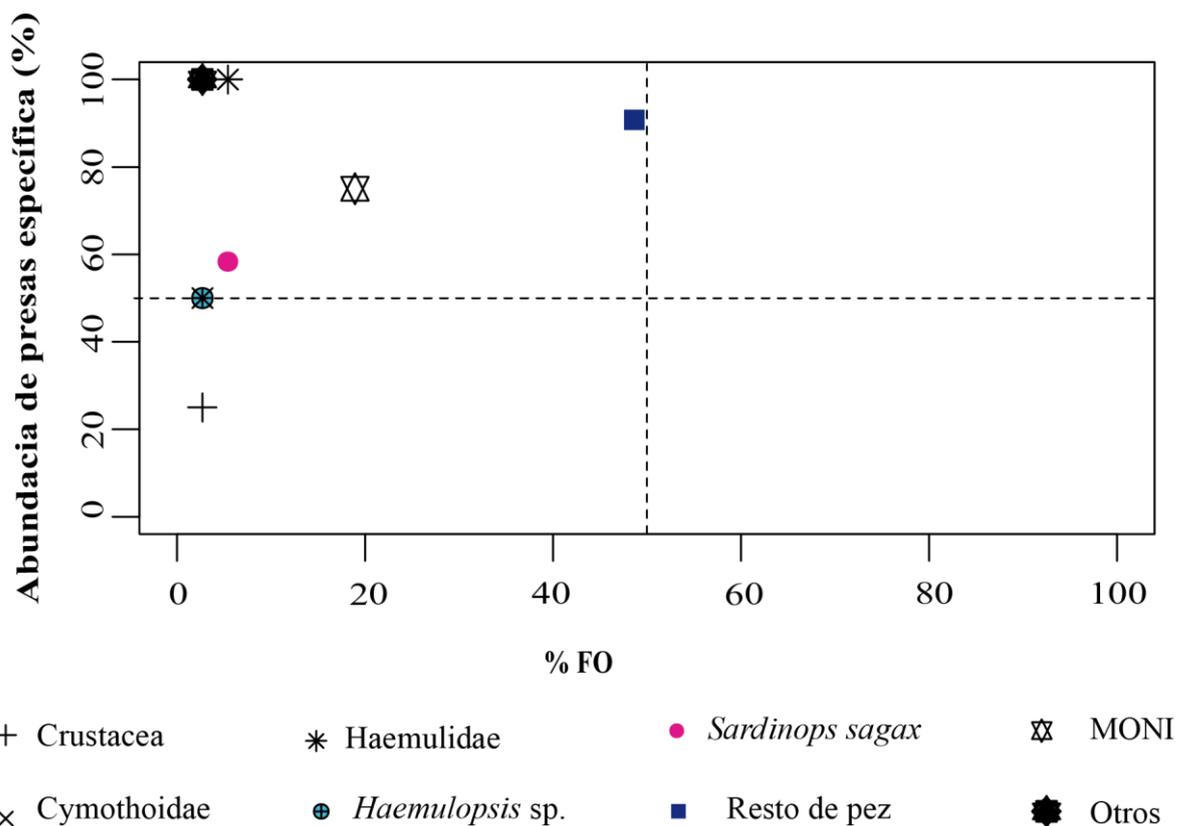


Figura 13. Gráfica propuesta por Amundsen et al., 1996 representando el total de dieta PSIRI de *G. marmorata*, colectados en la costa occidental del Golfo de California, BCS.

7.1.4. Nivel trófico

El nivel trófico presentado para la dieta de *G. marmorata* fue de 3.98, determinada como un depredador secundario (**Tabla 5**).

Tabla 5. Nivel trófico de la dieta general de *G. marmorata* en la costa occidental del Golfo de California, Baja California Sur

Categoría <i>G.marmorata</i>	Nivel trófico
General	3.98

8. Discusión

8.1. *Gymnura marmorata*

A partir de los resultados, el mayor número de estómagos analizados pertenecían a organismos inmaduros principalmente en otoño, coincidiendo con la época de nacimientos que posee *G. marmorata* entre mayo a septiembre (Last *et al.*, 2016). Adicionalmente, algunas zonas costeras en el Golfo de California pueden ser consideradas como zonas de crianza, concordando con el gran porcentaje de inmaduros muestreados (Salomón-Aguilar, 2015).

Por otro lado, en cuanto a su sexo, el número más representativo dentro del estudio lo obtuvieron las hembras, al contrario de los machos que reflejaron una pequeña proporción en el muestreo, esto puede deberse a que una vez finalizada la época de reproducción (marzo a julio) los machos maduros migran hacia otras zonas lejos de la costa (Burgos-Vázquez, 2013).

No obstante, el arte de pesca también pudo ser uno de los principales factores de esta proporción, ya que, en el Golfo de California el método de pesca común son redes agalleras de fondo, las cuales son usadas cerca de la costa (Bizzarro *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009a) donde se han reportado hembras grávidas y neonatos (Burgos-Vázquez, 2013), coincidiendo a su vez, con los resultados de los rangos de tallas obtenidos, ya que las hembras estuvieron representadas en la mayoría de cada uno de los rangos de Ancho de Disco, sin embargo, los machos solo se presentaron en los rangos juveniles (**Figura 6**).

El porcentaje de estómagos vacíos abarcó el 37%, este resultado posee una leve coincidencia ya que anteriormente se había presentado altos porcentajes de estómagos sin contenido (Bizzarro, 2005; De la Rosa-Meza, 2010; Ramírez-Rodríguez, 2019), sin embargo, los estómagos con contenido estomacal poseen un llenado estomacal bajo, entre los rangos 1 a 25%, y en general las presas encontradas estaban en un nivel de degradación avanzado (4).

Se considera que los estómagos estuvieran vacíos o con poco contenido puede ser consecuencia del arte de pesca, esto puede relacionarse a las horas en la que la red es colocada y retirada, adicionalmente, su conexión con las horas de alimentación que tenga el organismo (Ej. Diurno o nocturno), ya que los organismos pueden ser capturados antes de la siguiente ingesta o mientras ha comenzado su digestión (Bizzarro, 2005; Ehemann, 2017). Otro factor que podría afectar sería la duración del organismo en la malla, esto se debe a que el proceso de digestión sigue mientras se encuentran en ella (Bizzarro, 2005).

De igual manera, se ha evidenciado que el arte de pesca puede generar estrés sobre los individuos y como consecuencia se han presentado en algunas especies eversions estomacales, la cual puede ser una de las causas de la gran cantidad de estómagos vacíos (Rojas, 2006). Igualmente, el tamaño, tipo y composición de la presa puede afectar la rápida digestión (Wetherbee *et al.*, 2004). La temperatura del mar presente durante el periodo de muestreo estuvo entre los 20°C a 24°C (NOAA, 2020), según Bizzarro (2005) las altas temperaturas del mar pueden ser proporcional a la alta digestión, esto podría explicar los altos número de presas en estado 4 de digestión (Ehemann, 2017).

Por último, se ha reportado en los juveniles de algunos elasmobranquios un comportamiento intermitente de alimentación donde esperan a completar su digestión para volverse a alimentar (Cortés & Gruber, 1990), esta podría ser otra de las razones por las que se encontraron gran proporción de presas en estados digestión avanzado.

Según los resultado obtenidos, la dieta estuvo representada a partir del estómago 33 (**Figura 11**) siendo muy similar a lo encontrado en el estudio de De la Rosa-Meza (2010), sin embargo, el resultado observado en este trabajo debe ser tomado con cautela, debido a la resolución taxonómica de las presas —la cual va ligada al estado de digestión—, ya que algunas fueron clasificadas como

restos de las categorías presas (Ej. restos de peces), por lo cual se podría estar generando una pequeña subestimación en la dieta (Ehemann, 2017; Ramírez-Rodríguez, 2019).

De acuerdo con los resultados obtenidos (%FO), la categoría más encontrada en diferentes estómagos pertenece a la clase Teleostei, según Griffiths (1975) la frecuencia de ocurrencia podría depender de la selección de la presa, la cual se relaciona con la abundancia y composición de estas en el medio (De la Rosa-Meza, 2010), esto podría explicar la selectividad hacia los teleósteos, ya que en el Golfo de California se presenta una gran riqueza y diversidad de peces teleósteos (Romero *et al.*, 1994; Brusca *et al.*, 2005; González-Acosta *et al.*, 2018).

A su vez, las presas más representativas en los resultados (%FO) fueron *S. sagax* y Haemulidae, esta última se presentó como una presa importante para el estudio de Bizarro (2005) con *Haemulon californiensis*, la familia Haemulidae en el Golfo de California se caracteriza por poseer alta riqueza y dominio en las comunidades, esta podría ser la relación a su importante frecuencia de aparición (González-Acosta *et al.*, 2018).

Las presas anteriormente presentadas fueron de nuevo las que reflejaron mayor cantidad (%N), esto puede deberse a que Haemulidae y *S. sagax* son peces que forman grandes cardúmenes cerca de la costa permitiendo que se atrape mayor cantidad, esto podría ser la razón de su alto porcentaje dentro de los estómagos (De la Rosa-Meza, 2010; Martínez-Porchas, 2012; González-Acosta *et al.*, 2018). Algunas especies de Haemulidae se encuentran en las zonas arenosas cerca a los fondos y *Sardinops sagax* en las zonas pelágicas costeras esto coincide con el comportamiento de forrajeo de *G. marmorata*, donde consume presas con hábitos demersales, pelágico-costeros o bentónicos (De la Rosa-Meza, 2010).

Con base en la biomasa encontrada, las dos presas que mayor aporte generaron fueron las especies *S. sagax* y *H. steindachneri*, donde el alto porcentaje de peso puede deberse a que fueron las principales presas encontradas en el estado de digestión tres, obteniendo algunas partes de músculos o vértebras las cuales representaron el mayor peso encontrado en la dieta. Sin embargo,

es importante tener en cuenta este dato con precaución, ya que según el estado de digestión el peso podría encontrarse subestimado (Hyslop, 1980).

Por otro lado, nueve de las presas encontradas presentaron un valor de %G igual a 0%, esto puede deberse a su avanzado nivel de digestión (4) (De la Rosa-Meza, 2010), principalmente compuesto por otolitos y partes de crustáceos, los cuales tiene un peso pequeño, probablemente explicando el porcentaje de peso encontrado para cada una de estas presas (Bizzarro, 2005).

Según el índice de importancia relativa (%IIR) los restos de peces obtuvieron el mayor porcentaje con un 75.39%, similar a lo encontrado anteriormente en trabajos donde el %IIR fue de 87.58% (Bizzarro, 2005), igualmente *H. steindachneri* obtuvo una importancia alta en la dieta con 1.78%. Por otro lado, el orden de los clupeiformes (*Sardinops sagax*) también reflejó un alto porcentaje presentando 4.60%, en otros estudios también consiguió un valor representativo en la dieta de *G. marmorata* (De la Rosa-Meza, 2010).

Al revisar los índices IIR y PSIRI, el porcentaje de importancia de restos de peces presentó la mayor relevancia en la dieta según los dos índices, sin embargo, con diferentes proporciones para cada uno. El índice IIR se reflejó con un valor mayor al 70%, el cual varió en el PSIRI con un valor de 43.60%, adicionalmente, este índice reflejó mayor importancia a otras presas encontradas dentro de la dieta, como la familia Haemulidae. Esto se debe a que el PSIRI demuestra una medida balanceada de la dieta por presa, y permite extraer más información sobre los hábitos alimenticios (Brown *et al.*, 2012).

Los datos presentados por Ramírez-Rodríguez (2019) para la dieta de *G. marmorata* definen el grado Teleostei o Resto de Pez como la presa principal en su dieta (%PSIRI: 85.93), estos resultados concuerdan con la principal presa encontrada para este estudio, la cual fue restos de peces (% PSIRI: 43.60) esta puede ser en consecuencia, a los altos niveles de digestión de las presas, al proceso de digestión y los factores que pudieron influir sobre él, anteriormente algunos

fueron mencionados. Esto también podrían explicar el alto contenido de MONI presente en la dieta (%PSIRI: 14.20).

Adicionalmente a lo anterior, *G. marmorata* también posee un aparato bucal característico, el cual presenta gran área mandibular, dientes con cúspides punteadas y varias hileras, los cuales le permite atrapar y manipular grandes presas, su captura puede ser realizada por medio de succión (De la Rosa-Meza, 2010). Todo esto en conjunto pudo haber acelerado el proceso de digestión, ya que al llegar al estómago tal vez las presas ya estarían trituradas y su digestión sería más rápida (Ehemann, 2017).

Según Ehemann (2017), probablemente la acción enzimática y los ácidos del estómago pueden actuar con mayor rapidez agilizando la digestión, lo cual podría ser otra de las posibles razones por las que tal vez restos de peces y MONI fueron las más importantes.

Los peces teleósteos fueron las presas más representativas en la dieta, esto puede estar relacionado con el contenido y aporte energético que proveen, ya que los peces presentan una alta masa muscular, almacenan gran cantidad de lípidos los cuales representan un gran aporte energético (5086 cal/g) y biomasa a la dieta (Cumminns & Wuycheck, 1971, Cabrera, 2003).

Abitía-Cárdenas *et al.* (1997) mencionan la contribución que realizó *S. sagax* en la dieta de *Tetrapturus audax* con un 21.2% de calorías. La importancia de los crustáceos para la dieta de *G. marmorata* (%PSIRI: 7.09) no tuvo una gran relevancia, esto podría deberse a que los crustáceos por su exoesqueleto poseen bajo contenido calórico (Abitía-Cárdenas *et al.*, 1997). Por otro lado, la planta y el isópodo encontrados se cree que fueron presas incidentales (Wetherbee *et al.*, 1990).

La dieta especializada en individuos de *G. marmorata*, también fue encontrada por De la Rosa-Meza (2010) y Ramírez-Rodríguez (2019), presentando una selectividad amplia sobre los teleósteos ya que en su dieta son una presa dominante, sin embargo, el nicho que presentan al igual que en este estudio es amplio por individuo, permitiendo que tengan gran selectividad en diferentes especies (Lowe *et al.*, 1996; Cabrera, 2003).

Es así, como su dieta es selectiva sobre los peces teleósteos, pero no exclusiva, esto puede deberse a su etapa ontogénica ya que la mayoría de los individuos encontrados fueron juveniles, estos necesitan gran aporte energético para su desarrollo, por esto podrían alimentarse de las presas que estén disponibles en el medio y que sean de fácil acceso (Wetherbee *et al.*, 1990; Cabrera, 2003).

Contrastado a lo encontrado por Bizarro (2005), De la Rosa-Meza (2010) y Ramírez-Rodríguez (2019), el rango encontrado de nivel trófico estuvo entre 4.1 a 4.24, reportándolo como un consumidor terciario, sin embargo, los resultados obtenidos para este trabajo *G. marmorata* obtuvo una posición de 3.98 (**Tabla 5**) según Cortés (1999) ($NT < 4$) es clasificado como un depredador secundario, esto puede deberse a la influencia de MONI en el cálculo, ya que esta posee un valor de 1. Según lo encontrado por Ebert y Bizarro (2007) las especies de rayas con una talla menor a 100 cm son depredadores secundarios, coincidiendo con lo encontrado ya que se obtuvieron tallas entre 23 a 76 cm.

G. marmorata cumple una función importante ya que es un consumidor secundario alto que se alimenta principalmente de peces que poseen alto nivel trófico (NT: 3.5-4) (Dambacher *et al.*, 2010; Ramírez-Rodríguez, 2019), se podría definir como un puente de energía de especies demersales (eje. Haemulidae) y pelágicas (eje. *S. sagax*) costeras, probablemente con niveles altos zona (Prugh *et al.*, 2009; Ramírez-Rodríguez, 2019).

9. Conclusiones

1. Se reportó gran porcentaje de hembras inmaduras de *G. marmorata* coincidiendo con zonas de crianza, épocas de nacimiento y patrones de segregación sexual.

2. El porcentaje de estómagos vacíos encontrados, los altos niveles de degradación de las presas y su bajo porcentaje de llenado puede atribuirse a un comportamiento intermitente de alimentación y altos índices de digestión a causa de factores externos como temperatura y el arte de pesca.

3. Posiblemente, la curva de diversidad acumulada de la dieta de *G. marmorata* obtuvo una subestimación, esto pudo relacionarse a la alta tasa de digestión de las presas las cuales pudieron generar una baja resolución taxonómica.

4. Tanto para los índices %N como %FO las presas más importantes fueron la especie *S. sagax* y la familia Haemulidae, esto pudo deberse a su alta riqueza, dominio en las comunidades y su distribución en el golfo.

5. Los valores bajos de distintas presas en el índice gravimétrico (%G) son consecuencia del avanzado estado de digestión de los organismos. Las presas que presentaron importancia dentro de este índice fueron aquellas encontradas en el estado de digestión 3 que aun poseían algunas partes o músculos.

6. La presa principal de la dieta de *G. marmorata* fue la clase Teleostei, esto puede estar relacionado con el gran contenido y aporte energético que contribuye esta categoría al espectro trófico; a diferencia de los crustáceos, los cuales tuvieron una importancia mínima.

7. La dieta de *G. marmorata* presenta una selectividad hacia los peces óseos, sin embargo, no es exclusiva, esto podría deberse a que gran parte de los individuos son juveniles por esto necesitan gran energía para su desarrollo, alimentándose de presas disponibles y de fácil acceso en la zona de la costa occidental del Golfo de California.

8. *G. marmorata* se clasificó como un depredador secundario (3.98), esto posiblemente estuvo relacionado con las tallas menores a 100 cm y su dieta principalmente compuesta por peces teleósteos con niveles tróficos ente 3.5 a 4.

10. Referencias bibliográficas

Abitia-Cárdenas, L. A., Galván-Magaña, F., & Rodríguez-Romero, J. (1997). Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. *Fishery Bulletin*, 360-368.

Amundsen, P. (1995). Feeding strategy of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*): general opportunist, but individual specialist. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 150-156.

Amundsen, P., Gabler, H., & Staldvik, F. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data—modification of the Costello (1990) method. *Journal of fish biology*, 48(4), 607-614.

Arreguín-Sánchez, F., Hernández-Herrera, A., Ramírez-Rodríguez, M., & Pérez-España, H. (2004). Optimal management scenarios for the artisanal fisheries in the ecosystem of La Paz Bay, Baja California Sur, Mexico. *Ecological modelling*, 172(2-4), 373-382.

Barrera, A. M. (2008). *Descripción osteológica para la identificación de peces de la familia Carangidae del Pacífico mexicano* (Tesis de doctorado). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Bizzarro, J. J. (2005). *Fishery biology and feeding ecology of rays in Bahía Almejas, Mexico* (Tesis de doctorado). San Francisco State University, Estados Unidos.

Bizzarro, J. J., Smith, W. D., Hueter, R. E., & Villavicencio-Garayzar, C. J. (2009). Activities and catch composition of artisanal elasmobranch fishing sites on the eastern coast of Baja California Sur, México. *Bulletin, Southern California Academy of Sciences*, 108(3), 137-151.

Blanco-Parra, M. D. P., Galván-Magaña, F., Márquez-Farías, J. F., & Niño-Torres, C. A. (2012). Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. *Environmental Biology of Fishes*, 95(1), 65-77.

Brown, S. C., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M., & Ebert, D. A. (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.

Brusca, R. C. (1980). *Common intertidal invertebrates of the Gulf of California* (Vol. 2). Tucson: University of Arizona Press.

Brusca, R. C., Findley, L. T., Hastings, P. A., Hendrickx, M. E., Cosio, J. T., & van der Heiden, A. M. (2005). Macrofaunal diversity in the Gulf of California. *Biodiversity, ecosystems, and conservation in Northern Mexico*, 179.

Burgos-Vázquez, M. I. (2013). *Biología reproductiva de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864) en la costa occidental de Baja California Sur, México*. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Burgos-Vázquez, M. I., Galván-Magaña, F., Carrera-Fernández, M., Ochoa-Báez, R. I., & Oddone, M. C. (2019). Reproductive characteristics and reproductive tract anatomy of the California butterfly ray *Gymnura marmorata* (Myliobatiformes: Gymnuridae). *Journal of fish biology*, 95(2), 490-501.

Cabrera, A. (2003). *Hábitos alimenticios del tiburón piloto *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Cartamil, D., Santana-Morales, O., Escobedo-Olvera, M., Kacev, D., Castillo-Geniz, L., Graham, J. B., Rubín, R., & Sosa-Nishizaki, O. (2011). The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California, Mexico. *Fisheries Research*, 108(2-3), 393-403.

Castillo-Géniz, J. L., Márquez-Farias, J. F., De La Cruz, M. R., Cortés, E., & Del Prado, A. C. (1998). The Mexican artisanal shark fishery in the Gulf of Mexico: towards a regulated fishery. *Marine and Freshwater Research*, 49(7), 611-620.

Castro, J. I., Woodley, C. M., & Brudek, R. L. (1999). *A preliminary evaluation of the status of shark species*. Southeast Fisheries Science Center, Miami.

Clothier, C. R. (1950). A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *Fish Bull., Calif. Dept. Nat. Res., Div. Fish and Game*, 79, 1-83.

Colwell, R. K., & Elsensohn, J. E. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*, 37(6), 609-613.

Compagno, L., Dando, M., & Fowler, S. (2006). *Guía a de campo de los tiburones del mundo*. Harper Collins Publisher Ltd.

CONAPESCA. (2018). *ANUARIO ESTADÍSTICO DE ACUACULTURA Y PESCA 2018* (Edición 2018). Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca.

Conde-Moreno, M., & Galván-Magaña, F. (2006). Reproductive biology of the mako shark *Isurus oxyrinchus* on the south-western coast of Baja California, Mexico. *Cybium*, 30(4), 75-83.

Cortés, E., & Gruber, S. H. (1990). Diet, Feeding Habits and Estimates of Daily Ration of Young Lemon Sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia*, 1990(1), 218. <https://doi.org/10.2307/1445836>

Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 54(3), 726-738.

Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of marine science*, 56(5), 707-717.

Creel, S., & Christianson, D. (2008). Relationships between direct predation and risk effects. *Trends in ecology & evolution*, 23(4), 194-201.

Cummins, K. W., & Wuycheck, J. C. (1971). Caloric Equivalents for Investigations in Ecological Energetics: With 2 figures and 3 tables in the text. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie: Mitteilungen*, 18(1), 1-158.

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

Dambacher, J., Young, J., Olson, J., Allain, V., Galván-Magaña, F., Lansdell, M., Bocanegra-Castillo, N., Alatorre-Ramírez, V., Cooper, S., & Duffy, L. (2010). Analyzing pelagic foods leading to top predators in the Pacific Ocean: A graph-theoretic approach. *Progress in Oceanography*, 86(1–2), 152–165. <https://doi.org/10.1016/J.POCEAN.2010.04.011>

De la Rosa-Meza, K. (2010). *Ecomorfología mandibular y dietas de batoideos en el Golfo de California* (Tesis de doctorado). Centro de Investigación Científica y de Educación de Ensenada, México.

Díaz-Murillo, B. P. (2008). *Catálogo de otolitos de peces marinos de las costas adyacentes a Baja California Sur*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma de Baja California Sur, México.

DOF. (2007). *Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)*, Diario Oficial de la Federación.

DOF. (2012). *ACUERDO por el que se da a conocer la Actualización de la Carta Nacional Pesquera (Continúa en la Tercera Sección)*. Diario Oficial de La Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5265388&fecha=24/08/2012.

DOF. (2018). *ACUERDO por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera*, Diario Oficial de La Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5525712&fecha=11/06/2018.

Ebert, D. A., & Bizzarro, J. J. (2007). Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). In *Biology of Skates*. Springer, Dordrecht (pp. 115-131).

Ehemann, N. R. (2017). Nicho trófico de *Rhinoptera steindachneri* en La Bahía de La Paz, Baja California Sur, México (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Escalante, F., Valdez-Holguín, J. E., Álvarez-Borrego, S., & Lara-Lara, J. R. (2013). Temporal and spatial variation of sea surface temperature, chlorophyll a, and primary productivity in the Gulf of California. *Ciencias Marinas*, 39(2), 203-215.

FAO. (2020). 2020 EL ESTADO MUNDIAL DE LA PESCA Y LA ACUICULTURA la sostenibilidad en acción. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 3, Issues 1–2). <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032><http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007><http://www.fao.org/publications/es>

Fischer, W., Krupp, F., Schneider W., Sommer C., Carpenter, K., & Niem, V. (1995a). Pacifico Centro-Oriental Volumen II. Vertebrados-Partes 1. *Guía FAO Para La Identificación de Especies Para Los Fines de La Pesca. Pacífico Centro-Oriental, II*, 860–886.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K., & Niem, V. (1995b). Guía FAO Para La Identificación De Especies Para Los Fines De La Pesca Volumen I. Plantas e Invertebrados. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 1, Issue 9).

Fowler, S. L., & Cavanagh, R. D. (2005). Sharks, rays and chimaeras: the status of the Chondrichthyan fishes: status survey (Vol. 63). IUCN.

Frisk, M. G., & Miller, T. J. (2009). Maturation of little skate and winter skate in the western Atlantic from Cape Hatteras to Georges Bank. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 1(1), 1-11.

Galván-Magaña, F. (1999). Relaciones Tróficas Interespecíficas de La Comunidad de Depredadores Epipelágicos en El Océano Pacífico Oriental (Tesis de doctorado) CICESE. Ensenada, México.

Gerking, S. D. (1994). *Feeding ecology of fish*. San Diego, Sciencedirect.

González-Acosta, A. F., Balart, E. F., Ruiz-Campos, G., Espinosa-Pérez, H., Cruz-Escalona, V. H., & Hernández-López, A. (2018). Diversidad y conservación de los peces de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 705-740.

Griffiths, D. (1975). Prey availability and the food of predators. *Ecology*, 56(5), 1209-1214.

Harvey, J., Loughlin, T., Perez, M., Oxman, D. (2000). Relationship between Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean. NOAA Technical Reports NMFS. 150.

Heithaus, M., Frid, A., Wirsing, A., & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in ecology & evolution*, 23(4), 202-210.

Hoffman, M. (1979). The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. *Gutshop*, 78, 10-13.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4), 411-429.

Jacobsen, I. P., Johnson, J. W., & Bennett, M. B. (2009). Diet and reproduction in the Australian butterfly ray *Gymnura australis* from northern and north-eastern Australia. *Journal of fish biology*, 75(10), 2475-2489.

Jargowsky, M. B., Cooper, P. T., Ajemian, M. J., Colvin, M. E., & Drymon, J. M. (2020). Discerning the dietary habits of the smooth butterfly ray *Gymnura lessae* using two distinct methods, otolith identification and metagenetics. *Journal of Fish Biology*, 96(2), 434-443.

Krebs, C. J. (1989). *Ecological methodology*—Harper and Row. New York, New York, USA.

Kohatsu-Asato, S. N. (2020). Ecología trófica del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* en el norte del Perú.

Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (2016). *Rays of the World*. CSIRO publishing.

Lavín, M. F., & Marinone, S. G. (2003). An overview of the physical oceanography of the Gulf of California. *Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics*, 173-204.

Lowe, C. G., Wetherbee, B. M., Crow, G. L., & Tester, A. L. (1996). Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. *Environmental Biology of Fishes*, 47(2), 203-211.

Makarov, V., & Illescas, Á. J. (2003). Corrientes básicas barotrópicas en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 29(2), 141-153.

Mardones, L. S., Marioni, S., & Sierra, A. P. (1999). Variabilidad espaciotemporal de la temperatura superficial del mar en el Golfo de California. *Ciencias Marinas*, 25(1), 1-30.

Márquez-Farías, J. F. (2002). The artisanal ray fishery in the Gulf of California: Development, fisheries research, and management issues. IUCN Shark Specialist Group. *Shark News*, 14, 1-5.

Martínez-Porchas, M. (2012). Estudios de la distribución de la sardina del pacífico *Sardinops sagax caeruleus* (Clupeiformes: Clupeidae): historia, estado actual y perspectivas. *Universidad y ciencia*, 28(3), 285-300.

Martínez-Cruz, L. E., Zea-de la Cruz, H., Oviedo-Pérez, L., Morales-Parra, L., & Balanche, L. (2016). Aspectos biológico-pesqueros del cazón tutzún *Rhizoprionodon terraenovae*, en las costas de Campeche, México. *Ciencia Pesquera*, 24, 23-35.

Mascareñas-Osorio, I., Aburto-Oropeza, O., & Balart, F. (2003). *Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California*. Issue May

Menon, M., Maheswarudu, G., Ramulu, K. S., & Kizhakudan, S. J. (2020). Reproductive biology and diet of the longtail butterfly ray *Gymnura poecilura* (Shaw, 1804) along western Bay of Bengal. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-10.

Molina-Cruz, A. (1986). Evolución oceanográfica de la boca del Golfo de California. In *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología* (Vol. 13, No. 2, pp. 95-120).

Moore, A. B. (2017). Are guitarfishes the next sawfishes? Extinction risk and an urgent call for conservation action. *Endangered Species Research*, 34, 75-88.

Motta, F. S., Namora, R. C., Gadig, O. B., & Braga, F. M. S. (2007). Reproductive biology of the Brazilian sharpnose shark (*Rhizoprionodon lalandii*) from southeastern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 64(9), 1829-1835.

Nair, R. J., & Zacharia, P. U. (2015). Introduction to the classification of elasmobranchs. *Central Marine Fisheries Research Institute*.

Navarro-García, G., Pacheco-Aguilar, R., Bringas-Alvarado, L., & Ortega-García, J. (2004). Characterization of the lipid composition and natural antioxidants in the liver oil of *Dasyatis brevis* and *Gymnura marmorata* rays. *Food chemistry*, 87(1), 89-96.

Navia-López, A. F. (2013). *Función ecológica de tiburones y rayas en un ecosistema costero tropical del Pacífico colombiano* (Tesis de maestría) Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Navia, A., & Mejía-Falla, P. (2016). Fishing effects on elasmobranchs from the Pacific Coast of Colombia. *Universitas Scientiarum*, 21(1), 9-22.

Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.

NOAA. (2020). SST, NOAA POES AVHRR, LAC, 0.0125 degrees, West US, Day and Night, 2007-present (Monthly Composite). [https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdATsstmday.graph?sst%5B\(2020-02-](https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/erdATsstmday.graph?sst%5B(2020-02-)

15T12:00:00Z)%5D%5B(0.0)%5D%5B(22.1375):(32.1375)%5D%5B
(242.9125):(252.9125)%5D&.draw=surface&.vars=longitude%7Clatitude%7Csst&.colorBar=%7
C%7C%7C%7C%7C&.bgColor=0xffccccff

Pérez-Jiménez, J. C., Peña-Puch, A., Méndez-Loeza, I., Giard-Leroux, A., Flores-Ramos, E. F., & López-Rasgado, F. J. (2016). Las pesquerías artesanales de elasmobranquios como parte de sistemas pesqueros complejos en el sur del Golfo de México. *Ciencia Pesquera, número especial, 24*, 113-137.

Pinkas, L., Oliphant, M. S., & Iverson, I. L. (1970). Fish Bulletin 152. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito California Waters. UC San Diego.

Polo-Silva, C. J. (2008). *Ecología trófica de los tiburones zorro Alopias pelagicus NAKAMURA, 1935 y Alopias superciliosus (Lowe, 1839) en el Pacífico Ecuatoriano* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Pollom, R., Bizzarro, J.J., Burgos-Vázquez, M., Avalos, C., Herman, K., Pérez -Jiménez, J.C. & Sosa-Nishizaki, O. (2020). *Gymnura marmorata*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T14134429A124548901*. IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado Octubre 23, 2021, de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T14134429A124548901.en>

Prugh, L. R., Stoner, C. J., Epps, C. W., Bean, W. T., Ripple, W. J., Laliberte, A. S., & Brashares, J. S. (2009). The rise of the mesopredator. *Bioscience, 59*(9), 779-791.

Ramírez-Amaro, S. R. (2011). *Caracterización de la pesquería artesanal de elasmobranquios en la costa occidental de BAJA California Sur, México* (Tesis de maestría), Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Ramírez-Amaro, S. R., Cartamil, D., Galván-Magaña, F., González-Barba, G., Graham, J. B., Carrera-Fernández, M., Escobar-Sánchez, O., Sosa-Nishizaki, O., & Rochin-Alamillo, A. (2013). The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scientia Marina, 77*(3), 473-487.

Ramírez- Rodríguez, M. (2019). *Comparación de la dieta de tres especies de rayas capturadas incidentalmente en arrastres de camarón en Sinaloa y norte de Nayarit*. (Tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Tuxpan.

Rojas, J. R. (2006). Reproducción y alimentación del tiburón enano *Mustelus dorsalis* (Pisces: Triakidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica: Elementos para un manejo sostenible. *Revista de Biología Tropical*, 54(3), 861-971.

Romero, J. R., Cárdenas, L. A. A., Magaña, F. G., & Ramos, H. C. (1994). Composición, abundancia y riqueza específica de la ictiofauna de Bahía Concepción, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*, 20(3), 321-350.

Roux, A., Fernández, M., & Bremec, C. S. (1995). Estudio preliminar de las comunidades bentónicas de los fondos de pesca de langostino patagónico del Golfo San Jorge (Argentina). [Preliminary survey of the benthic communities of the Patagonian shrimp, grounds in San Jorge Gulf (Argentina)]. *Ciencias Marinas*, 21(3), 295-310.

Saldaña-Ruiz, L. E., Sosa-Nishizaki, O., Ramírez-Mendoza, Z., Pérez-Miranda, M. A., Rocha-González, F. I., & del Carmen Rodríguez-Medrano, M. (2016). Reconstrucción de capturas por especie de la pesca artesanal de rayas del Golfo de California, 1997-2014. *Ciencia Pesquera*, 24, 81-96.

Salomón-Aguilar, C. A. (2015). Zonas prioritarias de conservación de rayas y mantarrayas en el noroeste del Pacífico mexicano. *Ciencia pesquera*, 23(2), 77-99.

Stillwell, C. E., & Kohler, N. E. (1982). Food, feeding habits, and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 407-414.

SAGARPA. (2012). Avisos de arribo de pesca de elasmobranquios en Baja California. *Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación* (México).

SAGARPA. (2018). *Temperatura superficial marina del Pacífico Mexicano*. Dirección General Adjunta de Investigación Pesquera en el Pacífico, México.

Salgado-Barragán, J., & Hendrickx, M. E. (2010). Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida) del Pacífico oriental. *Revista mexicana de biodiversidad*, 81, 1-49.

Sánchez-Cota, J. (2016). Edad y crecimiento de la raya mariposa, *Gymnura marmorata* (cooper, 1864) en la porción sur de la costa occidental de Baja California Sur, México. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Sánchez-Cota, J., Torres-Rojas, & Galván-Magaña, Felipe & González Barba, G. (2017). Guía para la identificación de peces marinos de importancia comercial en el golfo de California, México. Universidad Autónoma de Campeche. 152 pp.

Santana-Morales, O., Castillo-Geniz, J. L., Sosa, O., & Rodríguez-Medrano, C. (2004). Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California. *Reporte Técnico, Laboratorio de Ecología Pesquera, CICESE*.

Santana-Morales, O. (2005). *Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Pisces Chondrichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California* (Tesis de pregrado). Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

Santana-Morales, O., Cartamil, D., Sosa-Nishizaki, O., Zertuche-Chanes, R., Hernández-Gutiérrez, E., & Graham, J. (2020). Artisanal elasmobranch fisheries of northwestern Baja California, México. *Ciencias Marinas*, 46(1).

Sasko, D. E. (2000). *The prey capture behavior of the Atlantic cownose ray, Rhinoptera bonasus* (Tesis de maestría) University of South Florida, Estados Unidos.

Serrano, B., & Soraya, E. (2016). *Análisis de la dieta de la curvina golfina Cynoscion othonopterus (Jordán y Gilbert, 1882) en el Alto Golfo de California*. (Tesis de maestría) Centro de investigaciones biológicas del Noroeste, S.C., México.

Silva, F., & Vianna, M. (2018). Diet and reproductive aspects of the endangered butterfly ray *Gymnura altavela* raising the discussion of a possible nursery area in a highly impacted environment. *Brazilian Journal of Oceanography*, 66(3), 315-324.

Smith, W. D., Bizzarro, J. J., & Cailliet, G. M. (2009a). The artisanal elasmobranch fishery on the east coast of Baja California, México: Characteristics and management considerations. *Ciencias Marinas*, 35(2), 209-236.

Smith, W. D., Bizzarro, J. J., Richards, V. P., Nielsen, J., Márquez-Flarías, F., & Shivji, M. S. (2009b). Morphometric convergence and molecular divergence: the taxonomic status and evolutionary history of *Gymnura crebripunctata* and *Gymnura marmorata* in the eastern Pacific Ocean. *Journal of Fish Biology*, 75(4), 761-783.

Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K., & Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57(3), 476-494.

Velasco-Tárelo, P. M. (2005). *Hábitos alimenticios e isótopos de ^{13}C y ^{15}N del tiburón mako *Isurus oxyrinchus* (Rafinesque, 1810) en la costa occidental de Baja California Sur* (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México.

Wetherbee, B. M., Gruber, S. H., & Cortés, E. (1990). Diet feeding habits, digestion, and consumption in sharks, with special reference to the lemon shark. *Negrapion brevirostris*. *NOAA Technical Report, NMFS*, 90(1), 29-47.

Wetherbee, B. M., Cortés, E., & Bizzarro, J. J. (2004). Food consumption and feeding habits. *Biology of sharks and their relatives*, 225-246.

Wolff, G. A. (1982). A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. *Fishery Bulletin*, 80(2), 357-370.

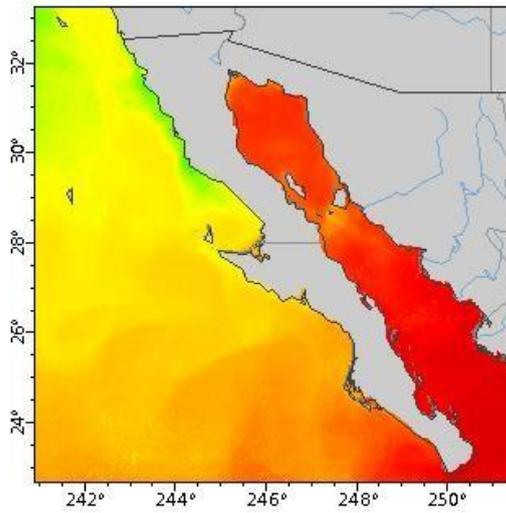
Wolff, G. A. (1984). Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean. *NOAA Technical Report NMFS*, 17.

Yokota, L. (2010). *Taxonomia, biologia reprodutiva e dieta da raia borboleta, *Gymnura micrura* (MYLIOBATIFORMES: ELASMOBRANCHII)*. (Tesis de doctorado). Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho” Instituto de Biociências, Rio.

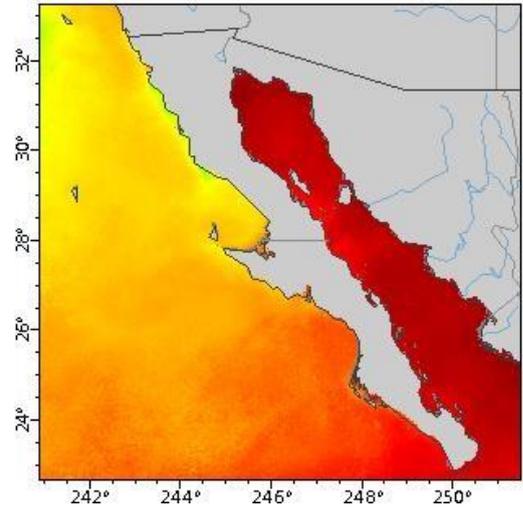
Yokota, L., Goitein, R., Gianeti, M. D., & Lessa, R. T. P. (2013). Diet and feeding strategy of smooth butterfly ray *Gymnura micrura* in northeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(6), 1325-1329.

11. ANEXO.

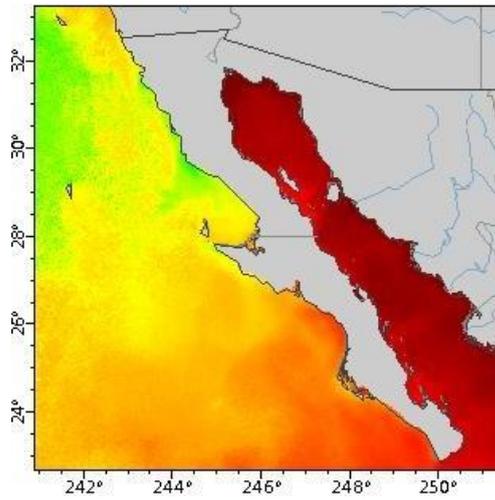
Agosto



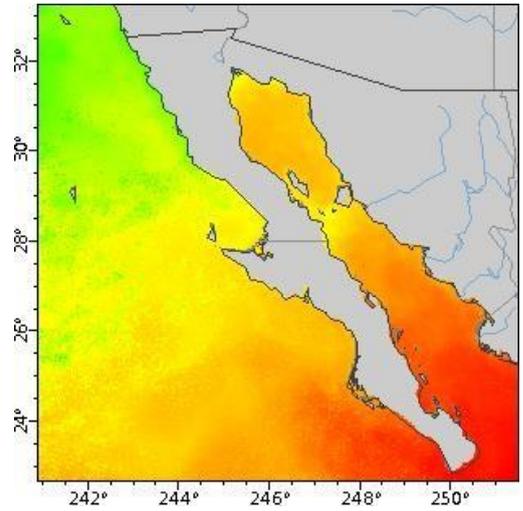
Septiembre



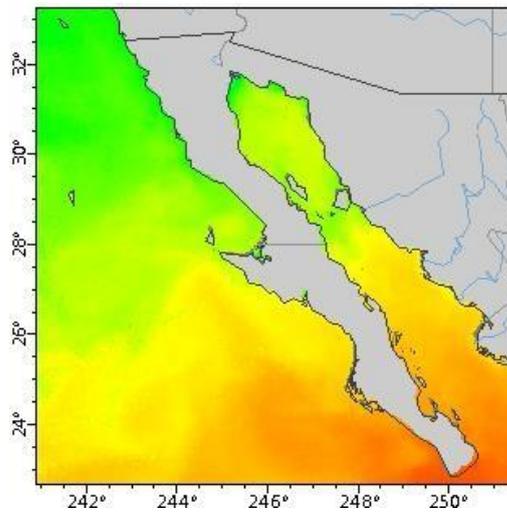
Octubre



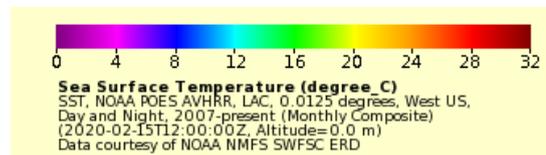
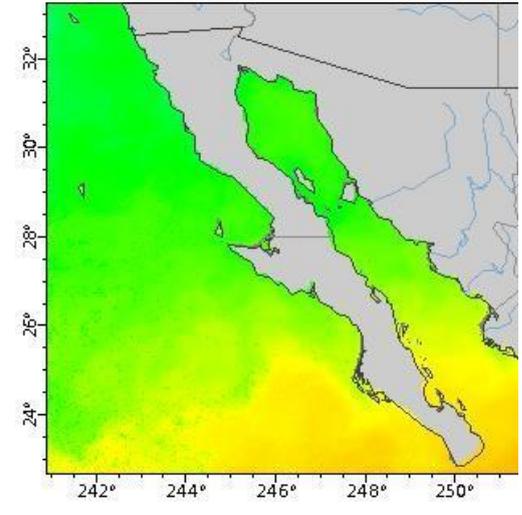
Noviembre



Diciembre



Febrero



Anexo 1. Mapa de temperatura superficial del mar de Baja California Sur (NOAA, 2020)