



Instituto Politécnico Nacional

Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas



INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE RAYAS

(ELASMOBRANCHII: BATOIDÉA) EN EL NOROESTE DE
BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS

PRESENTA
HENRRY REYES RAMÍREZ

LA PAZ, B.C.S., JUNIO 2023



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-13
REP 2017

ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

Ciudad de La Paz, B.C.S. 24 de Oct del 2022

El Colegio de Profesores de Posgrado de CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS en su Sesión

(Unidad Académica)

ORDINARIA No. 0-324-19 celebrada el día 05 del mes JULIO de 2019 conoció la solicitud

presentada por el (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	REYES	Apellido Materno:	RAMÍREZ	Nombre (s):	HENRY
-------------------	-------	-------------------	---------	-------------	-------

Número de registro: A 1 9 0 3 3 8

del Programa Académico de Posgrado: DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

Referente al registro de su tema de tesis; acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

"INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE RAYAS (Elasmobranchii: Batoidea) EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Objetivo general del trabajo de tesis:

Caracterizar las interacciones tróficas de la comunidad de rayas (Batoidea) en el Noroeste de Baja California Sur.

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN 2º Director: Dr. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

EL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS - IPN

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente.

Director(a) de Tesis

DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN

Aspirante

MC. HENRY REYES RAMÍREZ

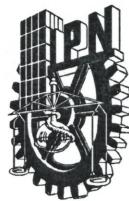
2º Director de Tesis (en su caso)

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

Presidente del Colegio

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14
REP 2017

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.**, siendo las **12:00** horas del día **19** del mes de **Mayo** del **2023** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** para examinar la tesis titulada: **"INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE RAYAS (Elasmobranchii: Batoidea) EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"** del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	REYES	Apellido Materno:	RAMÍREZ	Nombre (s):	HENRY
-------------------	-------	-------------------	---------	-------------	-------

Número de registro: **A 1 9 0 3 3 8**

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

Aspirante del Programa Académico de Posgrado:

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene **6** % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI** **NO** **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN: (*Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original*)

Este porcentaje de similitud se explica al uso de terminología científica comúnmente usadas en temas de ecología trófica, las abreviaturas de los paquetes estadísticos y los nombres científicos de las especies. Todo lo anterior cuenta debidamente con las referencias.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** **SUSPENDER** **NO APROBAR** la tesis por **UNANIMIDAD** o **MAYORÍA** en virtud de los motivos siguientes:

"SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES"

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN
Director de Tesis
Nombre completo y firma

**DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA
VERPLANCKEN**
Nombre completo y firma

DR. ARTURO TRIPP VALDEZ
Nombre completo y firma

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Director de Tesis
Nombre completo y firma

DRA. ALEJANDRA PIÑÓN GIMATE
Nombre completo y firma

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO
Nombre completo y firma
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

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

**I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN**

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis final para Turnitin.pdf

AUTOR

Henrry Reyes-Ramirez

RECUENTO DE PALABRAS

19783 Words

RECUENTO DE CARACTERES

108007 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

83 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.5MB

FECHA DE ENTREGA

May 17, 2023 4:39 PM GMT-7

FECHA DEL INFORME

May 17, 2023 4:41 PM GMT-7**● 6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



DR. MANUEL JESUS ZETINA REJON



DR. FELIPE GALVAN MAGAÑA



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

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA PARA DIFUSIÓN

En la Ciudad de La Paz, B.C.S. el día 14 del mes de Junio del año 2023

El (la) que suscribe M en C. HENRRY REYES RAMÍREZ Alumno (a) del Programa

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

con número de registro A190338 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DR. MANUEL JESÚS ZETINA REJÓN y DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

y cede los derechos del trabajo titulado:

**“INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE RAYAS (Elasmobranchii: Batoidea)
EN EL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO”**

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expresado del autor y/o director(es) del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes dirección(es) de correo: hreyesr1900@alumno.ipn.mx- mzetina@ipn.mx - fgalvan@ipn.mx
Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.

M en C. HENRRY REYES RAMÍREZ

Nombre completo y firma autógrafa del (de la) estudiante

AGRADECIMIENTOS

Al **CICIMAR-IPN**, por la oportunidad de terminar mi desarrollo académico.

Al **CONACyT** y **BEIFI**, por su apoyo económico para la realización de este estudio.

Al **Proyecto Tiburón**, y al **Laboratorio de Ecología de Peces** por el apoyo en la obtención y procesamiento de las muestras.

Con mucho cariño y respeto al **Dr. Manuel J. Zetina Rejón**, por su apoyo académico y moral, durante todo el proceso del posgrado.

Un eterno agradecimiento al **Dr. Felipe Galvan Magaña**, que sin conocerme me brindo la oportunidad de ser parte de su grupo de trabajo.

A mi comité revisor al **Dr. Arturo Tripp Valdez**, a la **Dra. Alejandra Piñon Gimate** y al **Dr. Fernando R. Elorriaga Verplancken**, por sus observaciones, correcciones y sugerencia durante todo el proceso del posgrado.

A los colegas **Julio Cesar Martínez Ayala**, **Colombo Estupiñán-Montaño** y **Sergio Briones Hernández** por sus respectivos apoyos en los diferentes tópicos para mejorar mi trabajo.

Al **Dr. Sergio Aguíñiga** (CICIMAR) y a la **Dra. Laura Carrión** (CIBNOR), por sus comentarios de apoyo cuando llegue a la Paz, así como de sus consejos para mi trabajo de investigación. A la **Dra. Carmen Hernández** (UNAM), por su apoyo y charlas amenas. A la **Mtra. Rosa A. Florido Araujo** (UJAT), por ser mi parte de mi desarrollo académico. A la **Mtra. Alicia Pastrana Pacho** (ITSCe) por sus porras y animo durante la pandemia.

Cristina, Claudia y Casandra, gracias por ese apoyo incondicional, así como de las mejores pláticas. *¡¡en verdad fueron una gran ayuda emocional!!*

A la fam. **Zepeda- Novelo** especialmente a **Amanda** por sus consejos y subidas de ánimo, de igual manera a la amistad **Juan Alberto**, por sus llamadas... eternamente agradecidos.

Finalmente, un agradecimiento al C. P. **Humberto Ceseña Amador** y al C. **César Servando Casas Núñez** por su apoyo en los trámites administrativos del Posgrados.

DEDICATORIA

A mi familia:

Principalmente a mis padres que me dieron el mejor regalo, el cual fue la libertad.

A mis amigos de vida:

Los que están y los que estuvieron, en las buenas y en las malas.

A mis maestros:

A todos y todas aquellas personas que, a lo largo de mi formación académica, me apoyaron, animaron e incluso dudaron de mi capacidad.

GRACIAS

INDICE

RESUMEN.....	3
SUMMARY	4
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	7
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVOS	12
ÁREA DE ESTUDIO	13
CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL	14
INTRODUCCIÓN.....	15
METODOLOGÍA.....	16
RESULTADOS	21
DISCUSIÓN.....	36
CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO 2: ANÁLISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES	44
INTRODUCCIÓN.....	45
MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
RESULTADOS	52
DISCUSIÓN.....	59
CONCLUSIONES	71
CONCLUSIÓN GENERAL.....	71
BIBLIOGRAFIA.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1. Ubicación geográfica de Bahía Tortugas.....	13
Figura 2. Curva de diversidad acumulada de las rayas.....	23
Figura 3. PSIRI de las cuatro especies que alcanzaron el (CV) óptimo.....	26
Figura 4. Resultado del análisis de escalamiento métrico no dimensional (nMDS)....	36
Figura 5. Resultados del Modelo de Mezcla.....	56
Figura 6. Resultados de la sobreposición trófica.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación bibliográfica de estudios de ecología trófica.....	9
Tabla 2. Literatura para identificación de especie-presas.....	17
Tabla 3. Características del grado de digestión.....	18
Tabla 4. Datos generales de las rayas colectadas en Bahía Tortugas.....	22
Tabla 5. Resultados del coeficiente de correlación con el CV.....	24
Tabla 6. Espectro alimentario de las especies de rayas por PSIRI.....	27
Tabla 7. Comparación del %PSIRI por sexo y ontogenia del grupo.....	32
Tabla 8. Posición trófica (PT) e Índice de Levin (Bi).....	34
Tabla 9. Resultados del ANOSIM.....	35
Tabla 10. Longitud promedio de las especies de rayas.....	48
Tabla 11. Lista de presas utilizadas para ($\delta^{13}\text{C}$) y ($\delta^{15}\text{N}$).....	51
Tabla 12. Número de muestras de músculos para análisis de Isótopos estables.....	53
Tabla 13. Resultado de la prueba de Shapiro-Wilk.....	54
Tabla 14. Resultado de la prueba de U de Mann Whitney.....	55
Tabla 15. Resultados de la prueba SIBER.....	58
Tabla 16. Amplitud de nicho isotópico (ANI) y del Posición trófica (PT).....	59

RESUMEN

Las rayas son peces bentónicos considerados mesodepredadores en los ecosistemas marinos costero. Se presentan los resultados obtenidos de los análisis de contenido estomacal (CE) e isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) (IE), de nueve especies de rayas capturadas por la flota artesanal en Bahía Tortugas, B.C.S. (BT). Se revisaron 832 estómagos y se analizaron mediante el Índice de Importancia Relativa Presa Específica (PSIRI); se aplicó un Análisis de Similitud de una vía (ANOSIM) y un Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) para comparar la dieta de las especies. Se determinó la Posición trófica (PT); la amplitud del nicho trófico se analizó con el índice de Levin's estandarizado (B_i). Para el análisis de IE se procesaron 238 muestras de músculos. Se determinó la señal isotópica de nueve tipos de presas más abundante obtenidas del CE. Con los resultados, se aplicó un modelo de mezcla para conocer la contribución de las presas en la dieta utilizando el paquete SIMMR. Se calculó el PT utilizando el paquete tRophicposition; mientras que la amplitud del nicho isotópico se calculó mediante el paquete SIBER. El PSIRI resaltó a la langostilla *Pleuroncodes planipes* como la presa con mayor importancia. El ANOSIM demostró que existe diferencia entre las dietas de las especies y el nMDS permitió identificar cuatro gremios tróficos. El PT los ubicó como mesodepredadores, y el B_i identificó siete especies como especialistas y dos como generalistas. El SIMMR mostró a los cangrejos portúnidos como la presa con mayor frecuencia en la dieta (14 %), mientras que la langostilla *P. planipes* presentó un promedio de 25% en la contribución en la dieta de siete especies de rayas. El PT presentó un rango de (3.1 a 4.1). El nicho isotópico mostró que las especies *Hypanus longus* e *Hypanus. dipterurus* presentaron un 52% de traspalo trófico, seguida por rayas guitarra *Platyrhinoidis triseriata* y *Pseudobatos productus* con 50% de traslapo de su alimentación. Se concluye que las poblaciones de rayas en BT muestran una repartición del recurso alimenticio, basándose en la selección y disponibilidad de presas, dadas por las características del hábitat que brindan las condiciones para la abundancia de las especies-presas.

SUMMARY

Rays are benthic fish considered mesopredators in coastal marine ecosystems. The results obtained from the stomach content (SC) and stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) (SI) analyzes of nine species of rays captured by the artisanal fleet in Bahía Tortugas, B.C.S. (BT) 832 stomachs were reviewed and analyzed using the Prey-Specific Relative Importance Index (PSIRI); One-way Analysis of Similarity (ANOSIM) and Non-Metric Multidimensional Scaling (nMDS) were applied to compare the diet of the species. Trophic Position (TP) was determined; the width of the trophic niche was analyzed with the standardized Levin's index (Bi). For the SI analysis, 238 muscle samples were processed. The isotopic signal of nine types of most abundant prey obtained from the SC was determined. With the results, a mixing model was applied to know the contribution of the prey in the diet using the SIMMR package. TP was calculated using the tRophicposition package, while the amplitude of the isotopic niche was calculated using the SIBER package. The PSIRI highlighted the red lobster *Pleuroncodes planipes* as the most important prey. The ANOSIM showed that there is a difference between the diets of the species and the nMDS allowed to identify four trophic guilds. The TP classified them as mesopredators, and the Bi identified seven species as specialists and two as generalists. The SIMMR showed portunid crabs as the most frequent prey in the diet (14 %), while the red lobster *P. planipes* presented an average of 25% in the dietary contribution of seven ray species. The TP presented a range of (3.1 to 4.1). The isotopic niche showed that the species *Hypanus longus* and *Hypanus. dipterurus* presented a 52% trophic overlap, followed by guitarfish rays *Platyrhinoidis triseriata* and *Pseudobatos products* with 50% feeding overlap. It is concluded that the populations of rays in BT show a distribution of the food resource, based on the selection and availability of prey, given by the characteristics of the habitat that provide the conditions for the proliferation of the prey-species.

INTRODUCCIÓN

En el Noroeste de Baja California Sur (NBCS) se han reportado 24 especies de rayas (Castro Aguirre y Espinosa, 1996; Del Moral-Flores *et al.*, 2015); de las cuales 14 tienen importancia pesquera en la región de Bahía Tortugas (BT) (Ramírez-Amaro *et al.*, 2013; Ramírez-Amaro & Galván-Magaña, 2019). En las últimas décadas la pesquería de menor escala, incluyendo los batoideos se ha incrementado de forma intensiva como extensiva (Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016; Selgrath *et al.*, 2018). Lo anterior debido al acceso a embarcaciones mejor equipadas con artes de pesca y motores semi industriales (Rousseau *et al.*, 2019). La pesca de elasmobranquios (tiburones y rayas) en el NBCS es una actividad de gran importancia económica local, regional y nacional, con un desembarco de 6,581 t., reportados para el 2019. (SAGARPA, 2019).

BT se localiza cerca de la zona de alta productividad de Bahía Sebastián Vizcaíno, ubicada dentro de los Centros de Actividad Biológica (BAC, por sus siglas en inglés), los cuales se caracterizan por ser áreas de poca extensión, pero con una alta productividad biológica (Arreguín-Sánchez, 2000); que contrasta con la masa de agua adyacente, que trasciende dentro y hacia otros ecosistemas, influenciados por procesos físicos como giros y surgencias (Guzmán-Del Prío *et al.*, 2000), lo que hace al sitio una área de gran importancia pesquera de elasmobranquios entre ellas, varias especies de rayas (Curiel-Godoy *et al.*, 2016; Murillo-Cisneros *et al.*, 2019).

Los hábitos alimenticios de las rayas son importantes para entender la relación intra e interespecífica que tienen en el ecosistema (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2012; Flores-

Ortega *et al.*, 2015). Para su estudio, el análisis de contenido estomacal (ACE) es una herramienta sustancial que permite comprender la trofodinámica, describiendo y cuantificando la dieta de las especies, así como la preferencia de presas (Pinkas *et al.*, 1971; Hyslo, 1980; Krebs, 1989). Aunque el ACE tiene fuertes críticas debido a la complejidad del método que incluye, variabilidad en el número de estómagos, error y ambigüedad en la identificación de presas resultado por el rápido proceso de digestión, así como abundancia y frecuencia de especies (Cortés, 1997; Chipps & Garvey, 2006), también es necesario recalcar la importancia de este método y su aplicación dependiendo de la especie a trabajar y del objetivo de estudio (Silva *et al.*, 2014; Amundsen & Sánchez-Hernández, 2019). Por otra parte, los análisis de isótopos estables (AIE) es una herramienta complementaria que permite identificar patrones de alimentación (Sarakinos *et al.*, 2002; Wetherbee & Cortés, 2004; Chipps & Garvey, 2006; Rosa & Loor, 2015) y de estructura, así como función de las redes tróficas (Wetzel, 2001; Andramunio-Acero & Caraballo, 2012; Phillips *et al.*, 2014; Cruz-Escalona *et al.*, 2018). El complementar los análisis de ACE y AIE con otras técnicas como los modelos de mezcla (derivados del AIE) permite conocer la contribución de las presas en el consumo del depredador (Phillips *et al.*, 2014; Tripp-Valdez *et al.*, 2015). Enfatizando las interacciones alimenticias, permitiendo identificar, la posición trófica (PT), traslapo alimenticio y/o amplitud del nicho tróficos de las rayas (Lyons *et al.*, 2005; Viana *et al.*, 2017; Calatayud *et al.*, 2019). Esto permite ampliar el conocimiento del rol que desempeñan los batoideos como parte integral de los ambientes marinos-costeros, donde al interactuar con otras especies de rayas en simpatría, se pueden observar cambios en poblaciones y comunidades y su impacto en la red trófica (Bornatowski *et al.*, 2014; Chan *et al.*, 2022)

ANTECEDENTES

Las poblaciones de rayas, mantas, guitarras, peces sierras, torpedos y demás miembros de los batoideos, presentan diversos patrones de articulación alimenticia, influenciadas por factores ambientales (temperatura, salinidad, etc.) y biológicos (sexo, talla, ecomorfología, etc.) (Espinoza *et al.*, 2015; Kolmann *et al.*, 2015; Viana *et al.*, 2017; Flowers *et al.*, 2020). Las técnicas de ACE (Amundsen & Sánchez-Hernández, 2019), AIE (Brown *et al.*, 2012), ácidos grasos (Alderete Macal, 2019) y moleculares (Aschliman, 2014; Wannell *et al.*, 2020; Kleiven, 2022); permiten conocer y entender la trofodinámica de los batoideos en los ecosistemas acuáticos que influye en las redes tróficas y en la forma que los organismos se interrelacionan (Navia *et al.*, 2016; Andrade-Tubino *et al.*, 2019). Estudios previos de los hábitos alimenticios de los batoideos los han ubicado como mesodepredadores (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2012; Flores-Ortega *et al.*, 2015) a excepción de la familia Mobulidae (mantarrayas y peces diablo) que se alimentan de plancton (Divi *et al.*, 2018; Bucair *et al.*, 2021). La trofodinámica de los batoideos permite entender las estrategias de alimentación (Mouillot *et al.*, 2013; Calatayud *et al.*, 2019); repartición de recursos (Chelotti & Gadig, 2022; Ramírez *et al.*, 2022) y mecanismos de interacción en simpatría con otras especies de batoideos (Valls *et al.*, 2011; Viana *et al.*, 2017; Rastgoo *et al.*, 2018; Hayata *et al.*, 2021; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022).

Del Moral-Flores *et al.* (2015), registraron para la zona del Noroeste de la Península de Baja California 24 especies de batoideos, de las cuales Ramírez- Amaro & Galván (2019) reportaron 14 especies de importancia pesquera, siendo la raya guitarra *Pseudobatos productus*, la guitarra bandeada *Zapteryx exasperata*, y la

raya águila *Myliobatis californica* las más abundantes en los desembarcos (Murillo-Cisneros *et al.*, 2019; Ramírez-Amaro *et al.*, 2019). Aunque Garcés-García *et al.* (2020), reportaron para el Golfo de California 21 especies de batoideos de importancia comercial, resaltando la raya diamante *Hypanus dipterurus*, la raya látigo *Hypanus longus* y raya mariposa *Gymnura marmorata*, como las especies de mayor desembarco pesquero. Por otro lado, las especies raya chillona *Rostroraja velezi* y la raya eléctrica *Narcine entemedor* fueron poco abundante en ambos estudios (Ramírez -Amaro *et al.*, 2019; Garcés-García *et al.*, 2020).

Sin embargo, Espinoza *et al.* (2012 y 2015) reportaron a *R. velezi* como una de las especies más abundante en la pesquería para la costa de Costa Rica; finalmente la raya de espinas *Platyrhinoidis triseriata*, es una especie de captura ocasional en esta zona, aunque es reportada como especie abúndate de las áreas costeras con fondo lodosos en la parte central de California (González, 2008; van Hees & Ebert, 2017; Escobar-Sánchez *et al.*, 2022).

Los estudios de la ecología trófica de las especies antes mencionadas tanto por ACE como por AIE han permitido identificar a estas especies como mesodepredadores, variando en posición trófica, amplitud del nicho trófico y en el uso de diferentes grupos alimenticios como estrategias de repartición del recurso alimenticio (Espinoza *et al.*, 2012; Vélez Tacuri, 2018; Murillo-Cisneros *et al.*, 2019; Reyes- Ramírez., *et al.*, 2022) (Tabla 1).

Tabla 1. Estudios de ecología trófica de las especies de batoideos a trabajar, resaltado los métodos empleados. ACE= Análisis de Contenido Estomacal. AIE= Análisis de Isótopos Estables. Tipo de publicación (+) Artículos científicos y (-) tesis.

Especies	Método		Area de estudio	Referencia
	ACE	AIE		
<i>G. marmorata</i>	*		BT-NEBCS	Reyes- Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
		*	SDB-C	Bezerra <i>et al.</i> , 2021+
	*		CO-GC	Castro Díaz 2021-
	*		S/N-PCM	Ramírez Rodríguez 2019 -
	*		AGC	De la Rosa Meza 2010 -
	*		C/J-PCM	Valadez González 2007 -
<i>H. dipterurus</i>	*		HA-BCS	Bizzarro 2005 -
	*		BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*		SGC	Restrepo-Gómez <i>et al.</i> , 2020 +
	*		CC-P	Silva-Garay 2018 +
	*		S/N-PCM	Navarro-González <i>et al.</i> , 2012 +
	*		S/N-PCM	Ramírez Rodríguez 2019 -
	*	*	BP-BCS	Velez Tacuri 2018 -
	*		BP-BCS	Restrepo-Gómez <i>et al.</i> , 2016 -
<i>H. longus</i>	*		AGC	Simental Anguiano 2011 -
	*		HA-BCS	Bizzarro 2005 -
	*		BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*		PC	Navia <i>et al.</i> , 2016 +
	*		PC	López-García <i>et al.</i> , 2012 +
	*		CEPC	Navia <i>et al.</i> , 2007 +
<i>M. californica</i>	*		C/J-PCM	Valadez Gonzalez 2007 -
	*		PNG-C	Bohórquez-Herrera 2006 -
	*		CEPC	Navia 2002 -
	*		BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
		*	SDB/TB-C	Bezerra <i>et al.</i> , 2021 +
		*	BT-NEBCS	Murillo-Cisneros <i>et al.</i> , 2019 +
<i>N. entemedor</i>	*		HB-C	Gray <i>et al.</i> , 1997+
	*		ES-C	Talent 1982+
	*	*	BT-NEBCS	Fernández Aguirre 2018 -
	*		BT-NEBCS	Torres-García 2015 -
	*		TB-C	Karl 1978 -
	*		TB-C	Ridge 1963 -
	*		BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*		PCM	Flores-Ortegas 2015 +
	*		C/J-PCM	Valadez Gonzalez 2000 +
	*	*	BP-BCS	Velez Tacuri 2018 -
	*		BP-BCS	Cabrera Meléndez, 2017 -
	*		C/J-PCM	Valadez Gonzalez 2007 -

	*	HA-BCS	Bizzarro 2005 -
<i>P. productus</i>	*	BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*	SDB-C	Bezerra <i>et al.</i> , 2021 +
	*	BT-NEBCS	Murillo-Cisneros <i>et al.</i> , 2019+
	*	AGC	Valenzuela -Quiñonez <i>et al.</i> , 2017+
	*	BT-NEBCS	Curiel-Godoy 2016+
	*	ES-C	Talent 1982+
	*	BT-NEBCS	Curiel-Godoy 2017-
	*	AGC	Valenzuela -Quiñonez <i>et al.</i> , 2009 -
	*	AGC	De la Rosa Meza 2010 -
	*	BA/LSI-BCS	Downton-Hoffmann 2007-
	*	HA-BCS	Bizzarro 2005 -
<i>P. triseriata</i>	*	BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*	OPBC	Escobar-Sánchez <i>et al.</i> , 2022 +
<i>R. velezi</i>	*	BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022 +
	*	CC-P	Molina-Salgado <i>et al.</i> , 2021 +
	*	PC	Navia <i>et al.</i> , 2016+
	*	PC-CR	Espinosa <i>et al.</i> , 2015 +
	*	PC-CR	Espinosa <i>et al.</i> , 2012 +
	*	CEPC	Navia <i>et al.</i> , 2007+
	*	PL-BCS	Simental Anguiano 2013 -
<i>Z. exasperata</i>	*	CEPC	Navia 2002 -
	*	BT-NEBCS	Reyes-Ramírez <i>et al.</i> , 2022+
	*	BT-NEBCS	Murillo-Cisneros <i>et al.</i> , 2019+
	*	S-GC	Blanco Parras <i>et al.</i> , 2012+
	*	BT-NEBCS	Vázquez-Moreno 2018 -
	*	C/J-PCM	Valadez Gonzalez 2007 -

BT-NEBCS = Bahía Tortugas, Noroeste de Baja California Sur. **SDB-C** = San Diego Bay, California. **TB-C** = Tomales Bay, California. **CO-GC** = Costa occidental del Golfo de California. **S/N-PCM** = Sinaloa/Nayarit. Pacífico Central Mexicano. **AGC** = Alto Golfo California. **C/J- PCM** = Colima/Jalisco, Pacífico Central Mexicano. **BA-BCS** = Bahía Almeja, Baja California Sur. **SGC** = Sur del Golfo de California. **CC-P** = Costa Central de Perú. **BP-BCS** = Bahía de La Paz, Baja California Sur. **PC** = Pacífico colombiano. **CE-PC** = Costa Este del Pacífico colombiano. **PNG-C** = Parque Nacional Gorgona, Colombia. **HB-C** = Humboldt Bay, California. **PCM** = Pacífico Central Mexicano. **ES-C** = Elkhorn Slough, California. **BA/LSI- BCS** = Bahía Almeja y Laguna San Ignacio, Baja California Sur. **OPBC** = Oeste de la Penízula de Baja California. **PC-CR** = Pacífico Central de Costa Rica. **PL-BCS** = Punta Lobos. Baja California Sur. **S-GC** = Sonora, Golfo de California.

JUSTIFICACIÓN

La problemática que presentan los batoideos actualmente se resume en tres ejes; primero la presión ejercida por el incremento de la pesquería a nivel mundial (Rousseau *et al.*, 2018; Ramírez-Amaro & Galván-Magaña 2019; Clavareau *et al.*, 2020; Garcés-García *et al.*, 2020); segundo la ausencia de estudio científicos (comportamiento, ecología trófica, etc.) de varias especies de batoideos (Serrano-Flores *et al.*, 2021; Villagra *et al.*, 2022) y finalmente el bajo porcentaje de las especies de batoideos protegidos por alguna instancia internacional (González-Acosta *et al.*, 2021; González-González *et al.*, 2021).

Los antecedentes de los hábitos alimenticios de algunas especies de batoideos concluyen que son mesodepredadores y que tienen un papel como indicadores de la salud del ambiente marino-costero (Flowers *et al.*, 2020). Por lo tanto, es importante incrementar los estudios de la ecología trófica de las rayas, para contribuir al mayor entendimiento de su rol en los ecosistemas. Por ello el uso de técnicas complementarias (ACE y AIE) nos permite conocer e inferir sobre las interacciones tróficas que muestran algunas especies de batoideos cuando comparten el mismo hábitat.

Este trabajo de investigación pretende contribuir al conocimiento de la ecología alimenticia de las especies de rayas capturadas por la pesquería artesanal. Se espera que dicho conocimiento pueda ser utilizado como antecedentes para futuros estudios y la toma de decisiones en el manejo sustentable de la pesquería de elasmobranquios en el noroeste de Baja California Sur, México.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Caracterizar las interacciones tróficas de la comunidad de rayas (Batoidea) en el Noroeste de Baja California Sur.

Objetivos específicos

- Identificar los componentes alimenticios de nueve especies de rayas mediante el método de análisis de contenido estomacal.
- Determinar la contribución de las presas en la dieta de las rayas usando el análisis de isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$).
- Calcular la posición trófica, traslapo alimenticio, y amplitud de nicho isotópico de la comunidad de rayas de Bahía Tortugas.

ÁREA DE ESTUDIO

Bahía Tortugas se localiza en el noroeste del estado de Baja California Sur ($27^{\circ} 38'$ y $27^{\circ} 91' 42''$ N and $114^{\circ} 50'$ y $114^{\circ} 56'$ O) (Contreras, 2010) (Figura 1), cerca de la zona de alta productividad de Bahía Sebastián Vizcaíno, ubicada, dentro de los Centros de Actividad Biológica (BAC), los cuales se caracterizan por ser áreas de poca extensión, con una alta productividad biológica (Guzmán-Del Próo *et al.*, 2000; Morales-Zárate *et al.*, 2011).

Es un área de gran importancia pesquera de varias especies de elasmobranquios con capturas alrededor de 6,354 t durante el 2019 (De la Lanza-Espino, 2004; Cartamil *et al.*, 2011; Curiel-Godoy, 2016; Ramírez-Amaro *et al.*, 2013; Ramírez-Amaro & Galván, 2019; SAGARPA, 2019).

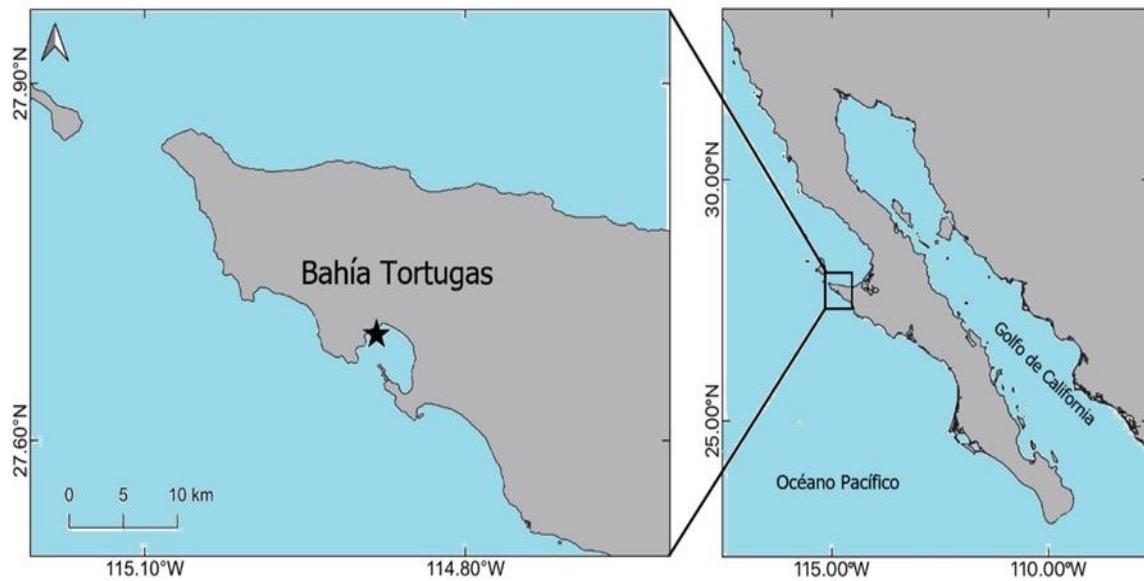


Figura 1. Ubicación geográfica de Bahía Tortugas, en el noroeste de Baja California Sur, México.

CAPÍTULO 1: ANÁLISIS DE CONTENIDO ESTOMACAL

INTRODUCCIÓN

En la costa noroeste de Baja California Sur (NBCS), México, las especies más abundantes de rayas son *Pseudobatos productus*, *Zapteryx exasperata* y *Myliobatis californica* (Murillo-Cisneros *et al.*, 2019; Ramírez-Amaro & Galván-Magaña, 2019).

Conocer la trofodinámica de los batoideos que interactúan en un mismo ambiente es importante para comprender sus relaciones intraespecíficas e interespecíficas en los ecosistemas (Grijalba-Bendeck *et al.*, 2012; Freitas *et al.*, 2021), proporcionando información útil para establecer un mejor manejo de las pesquerías de los elasmobranquios batoideos (Dulvy *et al.*, 2000; Dulvy *et al.*, 2014).

El análisis de contenido estomacal (ACE) se utiliza para estudiar la trofodinámica de los organismos, además de que describe la dieta y preferencia de la especie (Hyslop, 1980; Mahesh *et al.*, 2018; Amundsen & Sánchez-Hernández, 2019; da Silveira *et al.*, 2020). El ACE es una herramienta útil para comprender la estructura trófica en áreas donde la fauna está compuesta por un alto número de especies con baja abundancia que son clave para el funcionamiento del ecosistema, y que pueden tener diferentes roles debido a la amplitud del nicho que exponen (Lyons *et al.*, 2005; Mouillot *et al.*, 2013; Viana *et al.*, 2017; Calatayud *et al.*, 2019). Además, el análisis trófico de organismos capturados por pescadores artesanales puede llenar el vacío de conocimiento sobre especies con pocos datos (Clarke *et al.*, 2017). Sin embargo, utilizando las pesquerías artesanales existen problemas para obtener un número suficiente de muestras para su posterior análisis por parte de ACE. En esta pesquería artesanal se capturan especies de importancia económica,

principalmente organismos de gran tamaño, por lo que es difícil contar con muestras de diferentes estados de desarrollo (Ramírez-Amaro & Galván-Magaña, 2019).

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Entre 2012 hasta 2017 se recolectaron muestras de estómagos y músculos de nueve especies de rayas, proveniente de la pesca artesanal de los campos pesqueros de Bahía Tortugas. Se utilizaron redes de monofilamento entre 50 y 800 m de longitud y una caída de 6 m, con luz de malla de 10 y 20 cm. Éstas se colocaron paralelas a la línea de costa entre 8 y 12 hrs.

Los ejemplares se identificaron con claves taxonómicas especializadas: Fischer *et al.* (1995); Castro Aguirre & Espinosa (1996) y Nelson *et al.* (2016). Se arreglaron taxonómicamente según, McEachran & Aschliman, (2004) y Last *et al.* (2016). Posteriormente con ayuda de una cinta métrica se tomaron los datos merísticos como longitud total (LT), longitud disco (LD) y ancho del disco (AD); con una balanza se registró el peso total (kg) y Finalmente las especies se sexaron en Hembra (H) y Machos (M), apoyándose en claves de Fischer *et al.* (1995).

A las rayas se les hizo una incisión abdominal apoyado por un bisturí para extraer el estómago, el cual fue colocado en una bolsa tipo “ziploc” con una etiqueta para ser identificada posteriormente, éstas se depositaron en una nevera con hielo molido, y finalmente se trasladaron y resguardaron en los congeladores del Laboratorio de peces del CICIMAR a -20°C, para su posterior análisis.

Trabajo de Laboratorio

En laboratorio los estómagos fueron descongelados y revisados, con ayuda de un bisturí se abrieron y apoyados de un microscopio, pinceles y aguja de disección, se separaron y se identificaron las presas al nivel taxonómico más bajo posible, para ser ubicado en alguna categoría trófica mediante el uso de bibliografías especializadas. (Tabla 2).

Tabla 2. Lista de literatura especializada empleada para la identificación de presas-presas encontradas en los estómagos de rayas recolectadas en Bahía Tortugas.

Grupo Taxonómico	Autor
Crustáceos	Guía FAO Fischer (1995)
Anomuros	Hendrickx, (1995)
Anfípodos	Philips, (2006); Chapman, (2007)
Estomatópodos	Salgado-Barragán & Hendrickx, (2010)
Decápodos	Boyko, (2002)
Poliquetos	Tovar-Hernández <i>et al.</i> , (2014)
Bivalvos	Huber, (2010)
Cefalópodos	Jereb <i>et al.</i> , (2013), Colección de picos LEP- CICIMAR
Peces	Guía FAO Fischer (1995), Clothier, (1950), Clothier & Baxter, (1969), Sánchez-Cota (2013), Soto-Segoviano, (2014), Colección de esqueletos de peces LEP-CICIMAR
Otolitos	Eschmeyer, (1983), Harvey <i>et al.</i> , (2000), Lowry, (2011), Santillán, (2011)

Una vez separado e identificado el contenido estomacal se cuantificó, se pesó en una balanza analítica; posteriormente se aplicó el índice de vacuidad IV ($IV = (\text{número de estómagos vacíos} / \text{total del número de estómagos}) \times 100$) para identificar la actividad alimenticia y finalmente a las presas se le asignó el grado de digestión (Galván-Magaña, 1999) (Tabla 3). Restos de vegetación, algas, esponjas y nemátodos fueron descartados del análisis por considerarlos como ingestión

accidental y no como presas comunes (Cortés, 1999; Bizzarro, 2005; Amundsen & Sánchez-Hernández, 2019).

Tabla 3. Características del grado de digestión, para identificar presas en estómagos propuesta por Galván-Magaña (1999).

Grado de digestión	Características
1	Presas frescas con piel y escamas.
2	Presas con músculo expuesto, parte ausentes
3	Restos óseos (esqueleto) en peces, exoesqueleto en crustáceos (quelas, somitas o telson)
4	Presencia de estructuras duras, otolitos en peces, restos de conchas (bivalvos), opérculos en (gasterópodos) o picos en (cefalópodos) en moluscos. Materia Orgánica no Identificada (MONI)

Trabajo de gabinete

Tamaño mínimo de muestra.

Para describir la dieta de cada especie se realizaron curvas de diversidad acumulada (CDA) (Pielou, 1975), con el objetivo de tener un número adecuado de muestras y caracterizar la dieta de cada raya (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Con ayuda del programa Estimate'S v8.0 (Colwell, 2006) se calculó el índice de diversidad de Shannon, con los valores de la media y la desviación estándar se calculó el coeficiente de variación (CV) como una medida de dispersión. Cuando el CV es igual o inferior a 0,05 indica una buena representación de la dieta. Las muestras se aleatorizaron 100 veces. Debido a que no hubo homogeneidad en el número de muestras en todas las especies, se aplicó una regresión lineal para

conocer si las muestras alcanzaron la asymptota adecuada y así describir la dieta (Bizzarro *et al.*, 2007). La regresión lineal utiliza los últimos cuatro resultados del contenido estomacal obtenidos del CV y determina si la pendiente alcanza cero (asymptota horizontal); posteriormente se aplicó la prueba *t de Student* para comparar y probar la hipótesis nula de que la pendiente de la línea de regresión era igual a cero. Si no se puede rechazar la hipótesis nula ($P>0.05$), entonces podemos asumir que se alcanzó la asymptota (Bizzarro *et al.*, 2007). Finalmente, para estimar el porcentaje de representación del espectro trófico obtenido con el número real de muestras (Soberón & Llorente, 1993), aplicamos el modelo de Clench, siguiendo la metodología propuesta por Jiménez-Valverde & Hortal (2003).

$$S_n = (a^*n / (1 + (b^*n)))$$

Donde:

S_n = Función Clench

a = Tasa de incremento de nuevas especies

b = Parámetro relacionado con la forma de la curva

n = Número de especies

Análisis estadísticos

Teniendo en cuenta que las muestras de estómago provienen de la pesca artesanal, se separaron las especies de rayas en dos grupos, basándose en los resultados del (CDA), donde las especies que alcanzan un CV adecuado para describir la dieta se incluyeron en el grupo 1 y el resto de las especies de rayas en el grupo 2. Se aplicaron los análisis estadísticos correspondientes a ambos grupos, destacando

los resultados de las especies del grupo 1; mientras que los resultados del grupo 2 no fueron concluyentes y deben tomarse con precaución si se utilizan en otros análisis.

Se realizó un análisis cuantitativo a través del Índice de Importancia Relativa Específica de la Presa (% PSIRI) (Brown *et al.*, 2012) basado en los resultados del ACE. Esto determina la importancia de cada presa en la dieta de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

Donde: %FO_i es el porcentaje de frecuencia de ocurrencia de un tipo de presas en todas las muestras; y % PN_i y % PW_i representan las abundancias relativas de presas en número y peso, respectivamente.

El % PSIRI tiene la ventaja de ser aditivo con los resultados del alimento ingerido, lo que proporciona una cuantificación relativa de la abundancia de presas en relación con los niveles taxonómicos (Brown *et al.*, 2012). Para el grupo 1 se aplicó la prueba U de Mann-Whitney (Wilcoxon, 1945) para identificar si existen diferencias en la dieta entre sexo y talla.

La Posición trófica (TP) de la especie se estimó a partir de la siguiente ecuación propuesta por Christensen & Pauly (1992):

$$NT = 1 + \sum_{j=1}^n CD_{ij} * PT_j$$

Donde DC_{ij} es la proporción de cada categoría de presa j en la dieta del depredador i y TP_j es el nivel trófico de cada presa j , el cual se obtuvo de Cortés (1999), Ebert & Bizzarro (2007), y FishBase para peces (Froese & Pauly, 1999). Se aplicó el índice de Levin estandarizado (Krebs, 1989) para calcular la amplitud de la dieta utilizando el modelo de Labropoulou y Eleftheriou (1997) de la siguiente manera:

$$Bi = \left(\frac{1}{n-1} \right) * \left(\frac{1}{\sum_j p^2_{2ij}} \right)$$

Donde: B_i es el índice de Levin para el depredador j , p^2_{2ij} es la proporción de la dieta del depredador j sobre la presa i , y n es el número de categorías de presas.

Los valores del índice oscilaron entre 0 y 1, donde los valores <0.6 indican depredadores especialistas y >0.6 indican depredadores generalistas. Se aplicó la prueba estadística ANOSIM a los resultados de PSIRI ($p < .05$) (análisis de similitud de una vía) para conocer las diferencias de alimentación entre especies. El patrón de asociación se trazó por tipo de alimento consumido por cada especie utilizando el método de escalado multidimensional no métrico nMDS (Clark & Warwick, 2001) y el índice de Bray-Curtis (Clark & Warwick, 2001) como medida de similitud. Estos análisis se realizaron utilizando el software estadístico Past 3.25.

RESULTADOS

Se examinaron un total de 832 estómagos de batoideos; 478 contenían algún tipo de alimento (57.4%), mientras que 354 estaban vacíos (42.5%). *Z. exasperata*, *N. entemedor* y *M. californica*, mostraron los valores más altos de VI con 59%, 58% y 41%, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Datos de las rayas colectadas en Bahía Tortugas, en la costa Noroeste de Baja California Sur, México. N (abundancia); Porcentaje del Índice de Vacuidad (%V); Número de presas (# presas).

Grupo	Especies	N	%VI	#presas
1	<i>Narcine entemedor</i>	60	58.3	7
	<i>Myliobatis californica</i>	160	40.6	20
	<i>Pseudobatos productus</i>	197	22.8	40
	<i>Zapteryx exasperata</i>	346	58.7	34
2	<i>Gymnura marmorata</i>	20	15	11
	<i>Hypanus dipterurus</i>	12	0	9
	<i>Hypanus longus</i>	10	30	5
	<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	16	0	9
	<i>Rostroraja velezi</i>	11	0	8

El CDA basado en el Índice de Diversidad de Shannon-Weaver (H') mostró que solo cuatro especies conformaron el Grupo 1: (Ze), (Pp), (Mc) y (Ne) lograron un CV = 0.05, el cual es adecuado para describir su dieta (Figura 2). El valor de **P** estimado por la prueba **t** para el modelo de regresión con los últimos cuatro valores de los datos de CV fue inferior a 0.05, lo que indica una diferencia de pendiente desde cero. Sin embargo, los resultados del modelo de Clench mostraron que la representatividad de la dieta fue superior al 70% para *H. dipterurus*, *P. triseriata*, *Z. exasperata*, *P. productus* y *M. californica*. La representatividad de la dieta estuvo en el rango de 55% a 70% para las otras cuatro especies (Tabla 5).

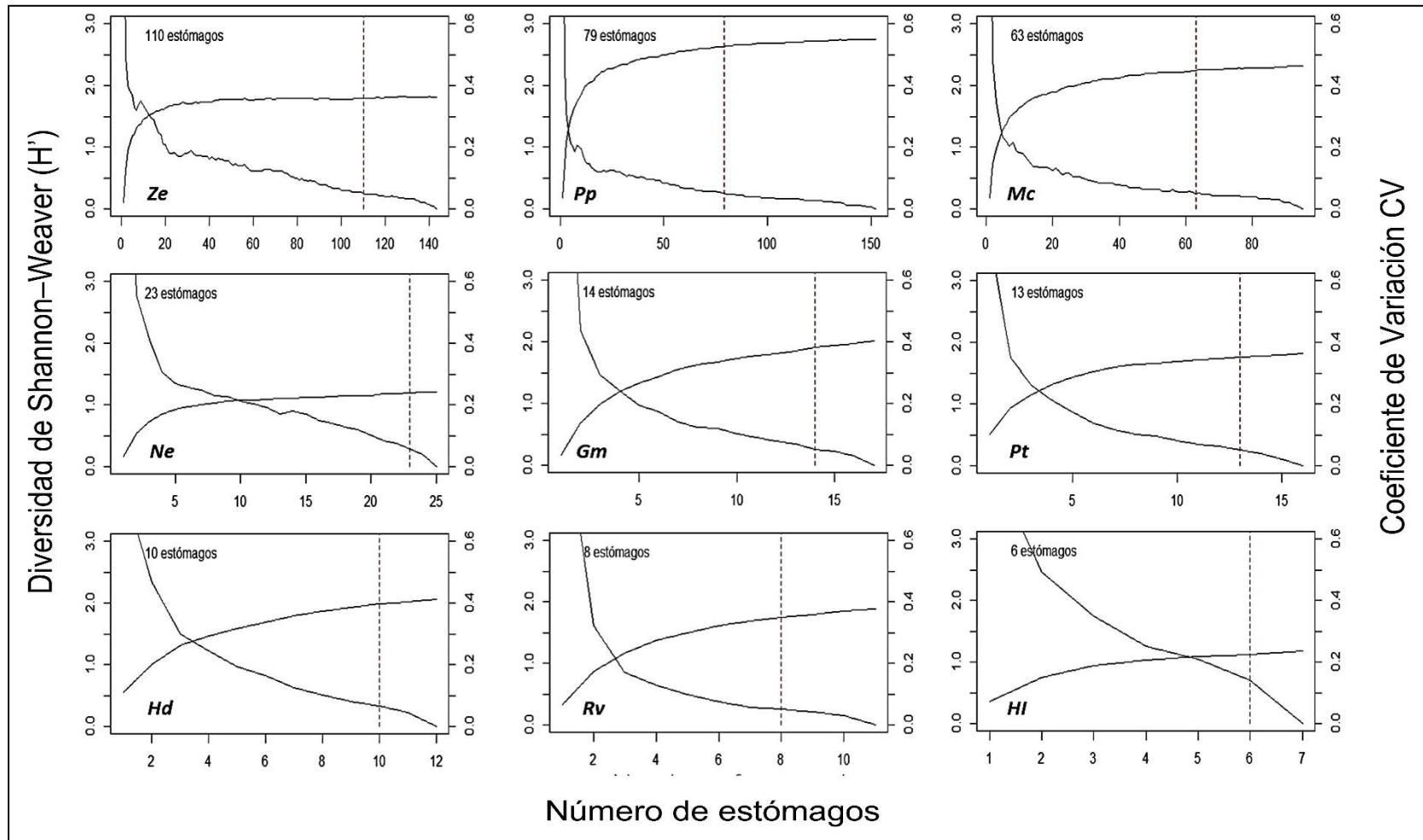


Figura 2. Curva de diversidad acumulada CDA de las rayas estudiadas en Bahía Tortugas. Línea continua (H'). Línea punteada (CV). Línea punteada vertical (valor alcanzado para describir la dieta). *Zapteryx exasperata* (Ze), *Pseudobatos productus* (Pp), *Myliobatis californica* (Mc), *Narcine entemedor* (Ne), *Gymnura marmorata* (Gm), *Platyrhinoidis triseriata* (Pt), *Hypanus dipterurus* (Hd).

Tabla 5. Número de estómagos muestreados de las especies de batoideos analizada en Bahía Tortugas. Valor adecuado para describir la dieta (CV). Se muestra el valor de **p** resultante de la prueba *t de Student* para aseverar si se alcanzó la asintota. Se muestra la representatividad estimada de la dieta (% Dieta) y el número de muestras necesarias para explicar el espectro trófico al 95% del nivel de confianza N (95%) a través del modelo de Clench.

Grupo	Especies	N. estómagos	CV	P valor	% Dieta	N (95%)
1	<i>Narcine entemedor</i>	25	0.041	0.001	69	34
	<i>Myliobatis californica</i>	95	0.049	0.003	82	110
	<i>Pseudobatos productus</i>	152	0.053	0.001	75	193
	<i>Zapteryx exasperata</i>	143	0.050	0.001	75	181
2	<i>Gymnura marmorata</i>	17	0.046	0.001	55	29
	<i>Hypanus dipterurus</i>	12	0.045	0.001	71	16
	<i>Hypanus longus</i>	7	0.142	0.007	62	11
	<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	16	0.051	0.002	71	21
	<i>Rostroraja velezi</i>	11	0.051	0.008	67	16

En los ACE se registraron 79 tipos de presas y se clasificaron en cinco grupos tróficos que contenían 41 crustáceos, 23 peces, 11 moluscos, tres poliquetos y un Sipuncúlico (Tabla 6). Los crustáceos y los peces óseos fueron los principales grupos tróficos presentes en la dieta de todas las especies de rayas en nuestro estudio (Tabla 6). El PSIRI mostró que los crustáceos fueron el grupo trófico de mayor importancia en la dieta de las rayas (51% PSIRI), principalmente por la presencia del cangrejo rojo *Pleuroncodes planipes* (23% PSIRI) registrada en siete especies y la familia Portunidae (12% PSIRI) registrado en todas las especies. Los peces óseos presentaron un PSIRI del 22%, con los valores de mayor importancia evidenciados por las familias Batrachoididae y Clupeidae (7 y 6 % PSIRI, respectivamente). Finalmente, los poliquetos y sipuncúlicos, así como los moluscos

bivalvos contribuyeron con 11%, 10% y 5% de PSIRI, respectivamente, a la importancia de la dieta (Tabla 6).

Para las especies de rayas del grupo 1 se cuantificó el %PSIRI anual por grupos tróficos. *Z. exasperata* para 2012 y 2013 consumió principalmente peces y en menor proporción de crustáceos, y entre 2014 y 2016 se invirtió el consumo; mientras que en 2017 el consumo de estos grupos fue proporcional (Figura 3a). Durante toda la colecta, *P. productus* ingirió crustáceos y algunos peces, con ingestión de gusanos sipuncúlidos en 2012 y moluscos en 2013. (Figura 3b). *M. californica* se alimenta principalmente de crustáceos y proporciones significativas de moluscos en 2013, 2014, 2016 y 2017 (Figura 3c). Finalmente *N. entemedor*, se alimenta de gusanos poliquetos y gusanos sipuncúlidos, con ingestas de peces en 2016 y 2017. Destacamos la ausencia de muestras en 2012 y 2014 (Figura 3d).

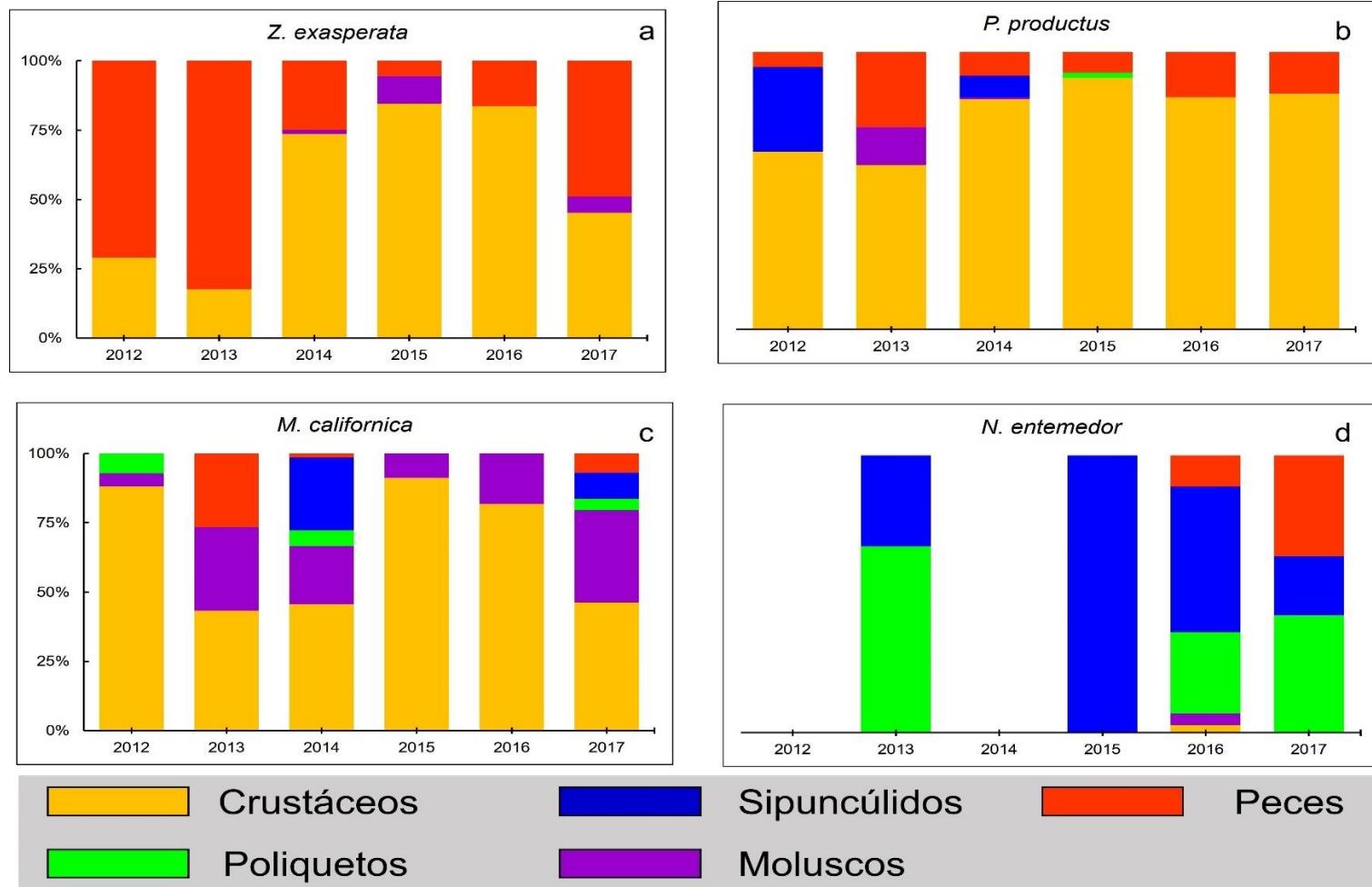


Figura 3. Índice de importancia relativa específica de presa (%PSIRI) de las cuatro especies que alcanzaron el Coeficiente de Variación (CV) óptimo. El arreglo se realizó con los cinco grupos tróficos encontrados en el contenido estomacal, agrupados por años de colectas. a, b, c, d = valores anuales de (%PSIRI) de *Z. exasperata*; *P. productus*; *M. californica*; *N. entemedor*, respectivamente.

Tabla 6. Espectro alimentario de las especies de rayas recolectadas en Bahía Tortugas, en el noroeste de Baja California Sur, México. Índice de Importancia Relativa Específico de Presa (%PSIRI), * Alimento identificado hasta familia ** Alimento identificado hasta infraorden. Los valores en negrita se refieren a la cantidad de grandes grupos tróficos encontrados, como el total de peces, crustáceos, moluscos, etc.

Especie-presas	%PSIRI								
	<i>G. marmorata</i>	<i>H. dipterurus</i>	<i>H. longus</i>	<i>M. californica</i>	<i>N. entemedor</i>	<i>P. productus</i>	<i>P. triseriata</i>	<i>R. velezi</i>	<i>Z. exasperata</i>
TELEÓSTEOS	48.82	20.95	5.78	2.81	9.89	10.33	5.68	56.84	36.2
Ophichthidae									
<i>Myrichthys xysturus</i>					4				
Engraulidae*	5.88	15.62			1.63				
Clupeidae	11.76		5.78			1.51		29.01	1.57
<i>Sardinops sagax caeruleus</i>						0.53			2.17
<i>Opisthonema libertate</i>									0.74
Synodontidae									
<i>Synodus</i> spp.		5.33		1.18		3.36			5.56
<i>Synodus lucioceps</i>									0.88
Ophidiidae									
<i>Chilara taylori</i>									0.03
<i>Lepophidium prorates</i>									0.89
Merlucciidae									
<i>Merluccius</i> spp.									0.7
Batrachoididae									
<i>Batrachoides</i> spp.	5.88				1.89			23.24	
<i>Porichthys</i> spp.	15.61					1.36		4.59	6.56
<i>Porichthys notatus</i>									9.45
Blenniidae*									0.16
Labrisomidae									

Labrisomus sp.						0.66			
Gobiesocidae									
<i>Gobiesox rhessodon</i>									1.61
Carangidae	3.81								0
<i>Oligoplites altus</i>	5.88								1.4
Cynoglossidae									
<i>Syphurus</i> spp.				4		2.57	5.68		
<i>Syphurus atricaudus</i>									0.89
Serranidae						0.34			0.7
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>									1.12
Sebastidae									
<i>Sebastes</i> spp.									1.77
CRUSTACEA	30.39	38.02	69.73	58.48	4	86.2	87.15	20.68	61.58
Ostracoda						0.29			
Peracarida		1.86							
Amphipoda						0.11			
Isópoda	6.67					0.12			
Estomatópoda			2.56			0.86	7.24		
Hemisquillidae									
<i>Hemisquilla ensigera</i>				5.97		3.55			
Squillidae									
<i>Squilla</i> spp.	13.92	1.01				1.74			
<i>Squilla biformis</i>						0.66			
<i>Squilla bigelowi</i>									1.81
<i>Squilla hancocki</i>						0.16			
Decápoda						0.66			
Sicyoniidae									
<i>Sicyonia ingentis</i>						0.11			
								1.4	

Caridae**				3.85			
Penaeidae					9.83		1.12
<i>Penaeus</i> spp.				1.32			
<i>Penaeus californiensis</i>							7.59
Upogebiidae				0.66			
Munididae							
<i>Pleuroncodes planipes</i>	10.88	54.02	34.01		19.17	48.48	7.87
Albuneidae				0.75			
<i>Albunea lucasia</i>							0.41
<i>Lepidopa mexicanus</i>			1.05				
<i>Lophomastix diomedae</i>				0.03			
<i>Paraleucolepidopa myops</i>				0.38			
Blepharipodidae					10.87		
<i>Blepharipoda occidentalis</i>			2.54		15.3		2.33
Hippidae	8.44				0.59	4.54	
<i>Emerita analoga</i>				0.61			
Restos brachyura			6.38				0.96
Raninidae*				2.05			
Cancridae				0.66			
<i>Glebocarcinus amphioetus</i>							0.7
Portunidae							
<i>Arenaus mexicanus</i>				5.25			4.05
<i>Callinectes</i> spp.				1.97			
<i>Callinectes arcuatus</i>				6.13			4.21
<i>Callinectes bellicosus</i>				1.33			
<i>Euphyllax</i> spp.			0.58				0.28
<i>Portunus</i> spp.				2.82			
<i>Portunus xantusii</i>				10.89			1.4
Remains Portunidae	9.8	15.83	13.15	4	4.18	16.02	2.98
							1.88

Dynomenidae							
<i>Dynomene</i> spp.			7.95				
MOLUSCOS	14.9	6.5	24.97	4	0.55	4.22	2.24
Bivalvo							
<i>Tellina subtrigona</i>			2.11				
<i>Donax californicus</i>			1.05				
<i>Mytella</i> spp.			0.85				
Retos bivalvos	14.9	6.5	14.62			2.82	
Gasterópodo							
<i>Solenosteira capitanea</i>			1.05				
Retos gasterópodos			4.62	4			
Cefalópodo							
<i>Doryteuthis</i> spp.			0.49		0.28		
<i>Doryteuthis opalescens</i>			0.18		0.27		
<i>Lolliguncula</i> spp.							1.69
<i>Octopus</i> spp.							0.03
Retos céfalópodos					1.4		0.52
ANNELIDA	5.88	34.54	24.5	13.73	82.1	2.94	2.95
Sipuncula							
<i>Sipunculus</i> spp.			24.5	7.65	49.96	2.28	2.95
Poliqueta							
Poliquetos	5.88	34.54		4.84	32.14		20.14
<i>Lumbrineridae</i>				1.24			
<i>Echiura</i> spp.					0.66		

Contenido estomacal

Grupo 1

Se registraron un total de 34 presas para la guitarra rayada *Zapteryx exasperata* (Ze), agrupadas en tres grupos de alimentos: crustáceos, peces y moluscos. Los peces fueron el grupo trófico más diverso con 17 especies de presas, mientras que los crustáceos fueron el grupo de presas más importante (62% PSIRI). La langostilla *P. planipes* y el camarón café *Penaeus californiensis* fueron los crustáceos con mayor importancia en la dieta (33% y 9% PSIRI, respectivamente). Además, los peces *Porichthys notatus* y *Porichthys* sp. de la familia Batrachoididae aportó un 16% de PSIRI a la dieta.

La guitarra nariz de pala *Pseudobatos productus* (Pp) registró 40 presas, con la mayor diversidad evidenciada por 29 especies-presas de crustáceos. Estos últimos fueron el grupo trófico más importante en su dieta (86% PSIRI). Las presas de mayor importancia fueron la langostilla roja *P. planipes*, el cangrejo arena *Blepharipoda occidentalis* y el cangrejo azul *Portunus xantusii* (19%, 15% y 11% PSIRI, respectivamente).

La raya águila *Myliobatis californica* (Mc) registró 20 presas. Moluscos y crustáceos fueron los grupos tróficos más diversos con ocho y siete tipos de presas, respectivamente. Las presas más importantes fueron la langostilla *P. planipes* y los restos de moluscos bivalvos (34% y 15% PSIRI, respectivamente). El resto de las presas tuvieron un valor inferior al 10% del PSIRI.

La raya eléctrica gigante *Narcine entemedor* (Ne) registró siete tipos de presas, siendo los peces el grupo trófico más diverso con tres presas, mientras que el PSIRI reportó al gusano cacahuate *Sipunculus* sp. y los poliquetos como presa más importante en la dieta (50% y 32% PSIRI, respectivamente). El espectro de presas se completó con restos de crustáceos portunidos y moluscos gasterópodos. Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney mostraron que del grupo 1, solo la raya águila *M. californica* presentó diferencia por sexo (Tabla 7).

Tabla 7. Resultado de la comparación del %PSIRI por sexo y ontogenia de las especies del grupo 1. Se muestra el valor de **p** resultante de la prueba U de Mann Whitney.

Especies	P valor (sexo)	P valor (talla)
<i>Narcine entemedor</i>	0.52	0.25
<i>Myliobatis californica</i>	0.44	0.02
<i>Pseudobatos productus</i>	0.09	0.08
<i>Zapteryx exasperata</i>	0.46	0.09

Grupo 2

La raya mariposa *Gymnura marmorata* (Gm) registró 11 tipos de presas. Las más abundantes fueron los peces, que aportaron el 49% del PSIRI. Las presas que mayormente aportaron a la dieta fueron *Porichthys* sp, restos de bivalvos y *Squilla* spp. (16%, 15% y 14% de PSIRI, respectivamente).

La guitarra con espinas *Platyrhinoidis triseriata* (Pt) consumió nueve tipos de presas, siendo los crustáceos los que contribuyeron con el 87% del PSIRI. Las presas más importantes fueron la langostilla *P. planipes*, restos de cangrejo Portunidae y el cangrejo topo *Blepharipoda* sp. (49%, 16% y 11% de PSIRI, respectivamente). El

espectro de presas se completó con el pez *Sympodus* spp., el gusano cacahuate *Sipunculus* spp. y restos de moluscos.

La raya diamante *Hypanus dipterurus* (Hd) mostró un espectro trófico compuesto por crustáceos, peces, moluscos y poliquetos, con nueve tipos de presa registrados. Las presas más importantes en su dieta fueron los poliquetos, restos de crustáceos Portunidae, y peces de la familia Engraulidae (35%, 16% y 16% de PSIRI, respectivamente).

La raya Vélez, *Rostroraja velezi*, (Rv) registró ocho tipos de presas, en la que los más importantes fueron los peces de las familias Clupeidae y Batrachoididae, así como los poliquetos (29%, 23% y 20% del PSIRI, respectivamente).

Se registraron cinco especies de presas para la raya látigo *Hypanus longus* (Hl); estos se separaron en tres grupos tróficos, de los cuales los crustáceos registraron el 70% del PSIRI. Las presas más importantes en su dieta fueron la langostilla *P. planipes*, el gusano cacahuate *Sipunculus* pp. y los crustáceos de la familia Portunidae (54%, 25% y 13% del PSIRI, respectivamente).

Amplitud de la dieta y posición trófica

Para el grupo 1, la amplitud de la dieta sugerida por el índice estandarizado de Levin (Bi) indica que las cuatro especies son especialistas (Tabla 8), mientras que para el grupo 2, la amplitud de la dieta mostró que *H. dipterurus* y *R. velezi* eran depredadores generalistas. mientras que el resto fueron considerados especialistas (Tabla 8). El PT del grupo 1 mostró que las especies son consideradas depredadores secundarios (PT <4) valor propuesto por Cortés (1999); mientras que

el grupo 2, el PT colocó a *R. velezi* y *G. marmorata* como depredadores de tercer nivel (PT >4) y al resto como depredadores secundarios (Tabla 8).

Tabla 8. Posición trófica (PT) e Índice de Levin (Bi) de las rayas colectadas en Bahía Tortugas, noroeste de Baja California Sur, México.

Grupo	Especies	PT	Bi
1	<i>Narcine entemedor</i>	3.7	0.26
	<i>Myliobatis californica</i>	3.3	0.31
	<i>Pseudobatos productus</i>	3.7	0.2
	<i>Zapteryx exasperata</i>	3.8	0.05
2	<i>Gymnura marmorata</i>	4.3	0.45
	<i>Hypanus dipterurus</i>	3.6	0.73
	<i>Hypanus longus</i>	3.2	0.37
	<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	3.3	0.43
	<i>Rostroraja velezi</i>	4.6	0.66

El ANOSIM indicó una baja similitud entre las dietas de las rayas analizadas ($R = 0.85$, $p = .008$). Los máximos valores de similitud del grupo 1 los registraron *P. productus* y *Z. exasperata* con (0.40) y del grupo 2 *H. longus* y *P. triseriata* con (0.67). Mientras que la similitud de la dieta entre ambos grupos fue demostrada por *H. longus* versus *M. californica* (0.42) y *P. triseriata* versus *M. californica* (0.40) (Tabla 9).

Tabla 9. Similitudes en la dieta de especies de rayas en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México, por grupo. Las especies con valores de similitud significativos están en negrita. La parte sombreada es la similitud general. *Zapteryx exasperata* (Ze), *Pseudobatos productus* (Pp), *Myliobatis californica* (Mc), *Narcine entemedor* (Ne), *Gymnura marmorata* (Gm), *Platyrhinoidis triseriata* (Pt), *Hypanus dipterurus* (Hd), *Hypanus longus* (Hl), *Rostroraja velezi* (Rv).

Grupo	Ne	Mc	Pp	Ze	Gm	Hd	Hl	Pt	Rv
1	Ne	1							
	Mc	0.16	1						
	Pp	0.09	0.29	1					
	Ze	0.02	0.38	0.40	1				
2	Gm	0.12	0.21	0.09	0.11	1			
	Hd	0.36	0.25	0.20	0.18	0.29	1		
	Hl	0.29	0.42	0.28	0.37	0.16	0.24	1	
	Pt	0.11	0.40	0.30	0.36	0.13	0.34	0.67	1
	Rv	0.27	0.15	0.16	0.17	0.31	0.31	0.19	0.13
									1

Las especies podrían estar asociadas por similitud trófica dado que comparten algunas presas, como lo demuestra el método de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), donde registramos cuatro gremios tróficos: (1) *H. dipterurus* y *N. entemedor*, que se alimentan principalmente de poliquetos y crustáceos (Portunidae); (2) *R. velezi* y *G. marmorata*, que se alimenta principalmente de peces (Clupeidae y Batrachoididae), crustáceos (Portunidae) y poliquetos; (3) *H. longus*, *M. californica* y *P. triseriata* que se alimentan principalmente de crustáceos (*P. planipes*) y gusanos sipuncúlicos; y (4) *P. productus* y *Z. exasperata*, que se alimentaban principalmente de crustáceos (*P. planipes*, *P. xantusii* y *C. arcuatus*) y peces (*Synodus* spp. y *Porichthys* spp.) (Figura 4).

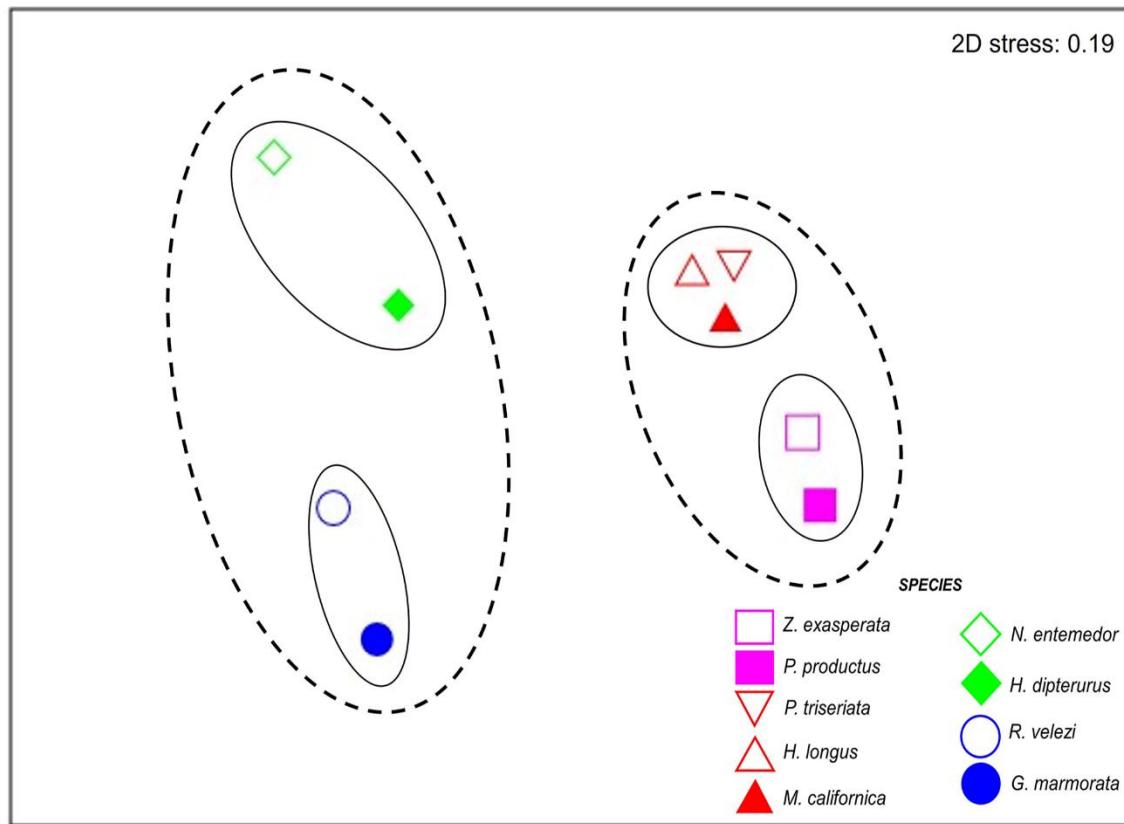


Figura 4. Resultados del análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) realizado con la similitud de la distancia de Bray-Curtis en base a los resultados del % PSIRI de cada especie de raya.

DISCUSIÓN

Se encontró una baja similitud dietética entre las rayas de este estudio, lo que sugiere que estas especies utilizan varias estrategias de alimentación (Flores-Ortega *et al.*, 2015; Navia *et al.*, 2007; Platell *et al.*, 1998). Esto indica que estas especies ocupan una variedad de niveles tróficos (Ebert & Bizzarro, 2007; Navia *et al.*, 2016; Silva-Garay *et al.*, 2018), dando como resultado diferentes gremios tróficos que reducen la competencia interespecífica (Flowers *et al.*, 2020; Mulas *et al.*,

al., 2019; Rastgoo *et al.*, 2018; Viana *et al.*, 2017) permitiendo su coexistencia en BT.

El índice de Vacuidad (IV) de *Z. exasperata* y *N. entemedor* evidenció valores inferiores a los registrados para *Z. exasperata* en el Golfo de California (76.6%) y para *N. entemedor* en el Pacífico Central Mexicano (65.8%) (Blanco- Parra *et al.*, 2012; Valadez-González *et al.*, 2000). En el presente estudio, *M. californica* mostró un IV relativamente alto (41%), que contrasta con los valores de VI = 6.8% informados por Gray *et al.* (1997) en Humboldt Bay, California. Estudios previos de (Blanco- Parra *et al.*, 2012; Valadez-González *et al.*, 2000) asociaron estos altos valores de IV con el período de pesca, que varía de 10 a 12 horas. Ehemann *et al.* (2019) informaron un 97.1 % de estómagos vacíos para *Rhinoptera steindachneri* y plantearon la hipótesis de que esto podría estar relacionado con hábitos de alimentación, procesos fisiológicos (por ejemplo, digestión rápida) o el lugar de captura. Estas consideraciones son relevantes para futuros estudios de ecología trófica debido a la información relacionada con los mecanismos de digestión.

Grupo1

En este estudio, *Z. exasperata* mostró una alta preferencia por los crustáceos, coincidiendo con lo informado por Ebert (2003). Sin embargo, Blanco Parra *et al.* (2012) reportaron una dieta consistente en peces en el Golfo de California. En este sentido, Last *et al.* (2016) explicaron que *Z. exasperata* cambia sus hábitos de alimentación de crustáceos a peces a medida que aumenta de tamaño. Los cambios en la dieta influenciados por el aumento de tamaño fueron reportados para *Z. syxter* por Navia *et al.* (2007) en el Pacífico colombiano; Espinoza *et al.* (2013) en el

Pacífico centroamericano y Flores-Ortega *et al.* (2015) en el Pacífico Mexicano. Por el contrario, Barbini *et al.* (2011) en Argentina y Bornatowski *et al.* (2014) en Brasil (ambos en el Atlántico Sur) reportaron que *Z. brevirostris* tenía preferencia por poliquetos y crustáceos, reforzando la teoría de que los organismos usan los recursos disponibles en el ambiente (Flowers *et al.*, 2020; Last *et al.*, 2016).

La raya guitarra *P. productus* es un depredador bentónico costero que se alimenta de una amplia variedad de crustáceos juveniles. A medida que crece, tiende a alimentarse de otros grupos tróficos, como peces y cefalópodos (Bizzarro, 2005; Curiel-Godoy *et al.*, 2016; Downton Hoffmann, 2007). Datos previos sobre los hábitos alimentarios del género *Pseudobatos* confirman su alta preferencia por diferentes grupos de crustáceos, tal como lo reportan Wilga y Motta (1998) para *P. lentiginosus* en Florida, EUA; Payán *et al.* (2011) para *P. leucorhynchus* en el Pacífico colombiano; Do Carmo *et al.* (2015) para *P. percellens* en Brasil; Lara-Mendoza *et al.* (2015) para *P. glaucostigma* en el sureste del Golfo de California; y Silva-Garay *et al.* (2018) para *P. planiceps* en Perú. La similitud en los hábitos alimentarios de *P. productus* con otras especies del género *Pseudobatos* estaría asociada al hábitat costero con fondos arenosos o fangosos donde excavan para emboscar a sus presas en lugar de perseguirlas (Flowers *et al.*, 2020; Talent, 1982; Valenzuela-Quiñonez *et al.*, 2017). Es importante resaltar que la langostilla *P. planipes* es una especie pelágica que fue la presa más importante en la dieta de *P. productus*, sin embargo, Boyd y Johnson (1963) informaron que esta especie de cangrejo se especializa en el bento nocturno, lo que podría explicar por qué es una

parte importante de la dieta de *P. productus* que tiene hábitos de alimentación nocturna.

En este estudio, la raya águila *M. californica* prefirió crustáceos y bivalvos. Estudios previos en diferentes zonas de la costa de California han reportado una dieta similar, como lo reporta Gray *et al.* (1997) en Bahía de Humboldt. Limbaugh (1955) informó que esta especie se alimenta principalmente de abulones y caracoles en ambientes rocosos en la Bahía de Monterey. Por el contrario, Karl (1978) reportó que los ejemplares pequeños consumen mayormente poliquetos, mientras que los adultos se alimentan de almejas, caracoles y gusanos Echiura en Bahía Tomales; y Talent (1982) encontraron que el gusano cacahuate *Sipunculus* spp. y los moluscos bivalvos eran su alimento principal en Elkhorn Slough. Esto indica que *M. californica* aprovecha los recursos disponibles, lo que sugiere sus hábitos oportunistas. Es relevante mencionar que esta especie complementa su dieta con especies de moluscos bivalvos y gasterópodos debido a la morfología del aparato mandibular diseñado para triturar estructuras duras. Esto ha sido reportado en estudios de hábitos alimentarios del género *Myliobatis* realizados en diferentes regiones marinas del mundo, como lo muestran Jardas *et al.* (2004) en el Mar Adriático y Valls *et al.* (2011) en el Mar Balear, ambos en el Mediterráneo. De igual forma, fue observado para las costas de América por Szccepanski & Bengtson (2014) en la Bahía de Delaware, Atlántico Norte; Molina & Cazorla (2015) en Patagonia Norte, Atlántico Sur, y Coasaca-Céspedes *et al.* (2019) en el norte del Perú, Pacífico Sur. Los individuos de este género también pueden cavar hoyos para desenterrar a sus presas usando chorros de agua propulsados por sus branquias hacia el sedimento

y no por aleteo como otros miembros de la familia Myliobatidae (Freitas *et al.*, 2019), lo que les permite acceder a diferentes especies de moluscos o crustáceos (Gregory *et al.*, 1979).

La dieta de la raya eléctrica gigante *N. entemedor* demostró que esta especie es un depredador especializado que consume invertebrados vermiformes y complementa su dieta con peces o crustáceos, como ha sido reportado para varias zonas del Pacífico Central Mexicano (Valadez-González *et al.*, 2000; Valadez González, 2007; Flores-Ortega *et al.*, 2015). Algo similar reportaron Bizzarro (2005) en Laguna Magdalena y Vélez Tacuri (2018) en el Golfo de California, ambos en la Península de Baja California. Los invertebrados vermiformes fueron observados como presas en estudios tróficos respecto a otras especies del género *Narcine*, según lo informado por Moreno *et al.* (2009) para *N. bancroftii* en el Caribe colombiano, para *N. brasiliensis* en el sur de Brasil (Ferreira & Vooren, 2012) y para *N. vermiculatus* en el Pacífico central mexicano (Flores-Ortega *et al.*, 2015). Esta preferencia por la vermisfauna puede estar asociada a los ambientes fangosos donde comúnmente habita esta especie, así como a su morfología mandibular específica que presenta una boca protráctil y tubular que permite la succión y sujeción de presas de cuerpo blando (Dean *et al.*, 2006; Dean *et al.*, 2007; Dean y Motta, 2004).

Grupo 2

Aunque el número de muestras de estómago no fue suficiente para describir la dieta de esta especie, los resultados sugieren patrones de alimentación similares informados en antecedentes de la misma especie o miembros de la misma familia.

En este estudio, la raya mariposa *G. marmorata* fue clasificada como un depredador especialista con una alta preferencia por los peces bentónicos. En estudios previos en el Pacífico mexicano, Bizzarro (2005) y Ramírez-Rodríguez (2019) observaron una alta preferencia por varias familias de peces. Asimismo, especies del género *Gymnura* mostraron preferencia por varias especies de peces, tal como lo reportan Rastgoo *et al.* (2018) para *G. poecilura* en el Golfo de Omán; Jargowsky *et al.* (2020) para *G. lessae* en Mobile Bay Alabama; Silva & Vianna (2018) para *G. altavela* en la Bahía de Guanabara, sureste de Brasil; Yokota *et al.* (2013) para *G. micrura* en el noreste de Brasil, y Jacobsen *et al.* (2009) para *G. australis* en el norte y noreste de Australia.

La dieta de la raya espinosa *P. triseriata* incluía principalmente crustáceos y otras presas como almejas, peces y gusanos sipuncúlidos. Este espectro de presas fue similar a la información reportada por Ebert (2003) y Last *et al.* (2016) en la costa de California. Sin embargo, ambos estudios no informaron las proporciones de alimentos por grupos. En la Bahía de Monterey, California (Limbaugh, 1955), la dieta de la raya espinosa estuvo compuesta principalmente por gusanos anélidos en un ambiente rocoso con presencia de lechos de algas. Se ha encontrado información similar en miembros de la familia Platyrrhinidae, como *Platyrhina tangi* (Yamaguchi *et al.*, 2012) y *Platyrhina sinensis* (Last *et al.*, 2016), ambos en Ariake Bay, Japón.

La raya de Vélez *R. velezi* mostró una alta preferencia por peces y crustáceos. Información previa del Pacífico oriental, reportó una dieta similar caracterizada por cambios ontogenéticos en la alimentación, donde los juveniles se alimentan de una amplia variedad de crustáceos, mientras que los adultos tienen un alto consumo de

peces en Colombia (Navia *et al.*, 2007), Espinoza *et al.* (2012; 2015) en Costa Rica y Simental Anguiano (2013) en México. En nuestros resultados, encontramos poliquetos como una presa importante en *R. velezi*. Espinoza *et al.* (2015) los reportaron como presas ocasionales en la costa del Pacífico de Costa Rica; mientras que Molina-Salgado *et al.* (2021) no los reportaron en la costa norte del Perú.

La raya látigo *H. longus* consumió crustáceos de las familias Munnidae y Portunidae y gusanos sipuncúlicos; aunque Navia *et al.* (2007) reportaron crustáceos de las familias Squillidae e Hipidae, mientras que López-García *et al.* (2012) reportaron un alto consumo de camarón y pescado, ambos estudios en el Pacífico colombiano.

La raya diamante *H. dipterurus* consumió gusanos poliquetos, crustáceos de la familia Portunidae y peces de la familia Engraulidae. Estudios previos en el Pacífico mexicano mostraron una variación de las presas en su espectro trófico (Bizzarro, 2005; Simental-Anguiano, 2011; Navarro-González *et al.*, 2012; Restrepo-Gómez *et al.*, 2020) y Silva-Garay *et al.* (2018) en la costa central de Perú.

CONCLUSIONES

La baja similitud y la superposición trófica entre las diferentes especies de batoideos en este estudio hacen suponer que estas especies utilizan los recursos alimenticios disponibles y evitan la competencia directa por las presas, dando lugar a la formación de diferentes gremios tróficos. Adicionalmente, la especialización y amplitud del nicho trófico de cada taxón responde a requerimientos específicos en cuanto a la selección del tipo de presa. Además, el área de estudio presenta

condiciones favorables durante todo el año, como la época de surgencia provocada por la Corriente de California y la Corriente Norte-Ecuatorial, favoreciendo una alta diversidad de presas. Aunque el número de estómagos fue bajo para algunas especies, el porcentaje registrado evidenció una visión general de la preferencia de presa de los batoideos en el área. Resalta que la investigación brinda información importante para una mejor comprensión de la trofodinámica de estas especies de rayas que son capturadas por las pesquerías artesanales en BT y constituyen un importante recurso pesquero en el noroeste de esta región.

CAPÍTULO 2: ANALISIS DE ISÓTOPOS ESTABLES

INTRODUCCIÓN

Las rayas son mesodepredadores que intervienen en la dinámica trófica en los ambientes marinos (Ebert & Bizzarro, 2007; Brodeur *et al.*, 2017; Belleggia *et al.*, 2019; Flowers *et al.*, 2020). Intervienen en los ecosistemas como; i) controladores de diferentes grupos de especies-presas (Mulas *et al.*, 2011; Yemişken *et al.*, 2018; Hayata *et al.*, 2021); ii) bioturbadores de los fondos marinos al remover sedimento (O'Shea *et al.*, 2011; Takeuchi & Tamaki, 2014; Kiszka, *et al.*, (2015; Flowers *et al.*, 2020;); iii) indicadores del estado y salud del ecosistema (Cross & Curran 2004; Andramunio-Acero & Caraballo, 2012; Phillips *et al.*, 2014; Villagra *et al.*, 2022); permitiéndonos conocer y entender la función que tiene cada especie en ambiente costeros así como los de ambientes de profundidad (Humphries *et al.*, 2016).

Las poblaciones de batoideos están sujetas a diferentes presiones tanto ambientales (Sigler, 2014; Del Moral-Flores *et al.* 2015; Bezerra *et al.*, 2019), como antropogénicas (Dulvy *et al.*, 2008; Rousseau *et al.*, 2019; Santana-Morales *et al.*, 2020). El impacto de la pesquería en las poblaciones de rayas deriva tanto de la captura de especies de interés comercial, dirigidas y permitidas (Ramírez- Amaro *et al.*, 2013; Salomón-Aguilar, 2015; Santana-Morales *et al.*, 2020), como de las capturas incidentales de otras pesquerías (Bizzarro *et al.*, 2009; Saldaña-Ruiz *et al.*, 2016; Ramírez- Amaro & Galván 2019).

El AIE carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) en tejido muscular es una herramienta que permite conocer y entender en retrospectiva la ecología trófica de los elasmobranquios batoideos en su hábitat (Cortés *et al.*, 1999; McCutchan *et al.*, 2003; Pearson & Grove, 2013; Tripp-Valdez *et al.*, 2015; Rosa & Loor, 2015). La

principal ventaja de esta herramienta es el número reducido de muestra que se requieren (Pearson & Grove, 2013) y porciones relativamente pequeñas (Rosa & Loor, 2015); Sin embargo, la principal desventaja es la ausencia de información de las presas (Reum *et al.*, 2017). Es por ello que, al combinarse con los ACE (Hyslop, 1980; Amundsen & Sánchez-Hernández, 2019; da Silveira *et al.*, 2020). El análisis permite inferir con mayor precisión la amplitud y posición trófica de las especies, el uso, proporción y preferencia de presas, vislumbrando segregación alimenticia o de habitad (Vander-Zanden *et al.*, 1997; Bornatowski *et al.*, 2014; Ehemann *et al.*, 2019; Murillo-Cisneros *et al.*, 2019; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022).

En este estudio se muestra como los valores de las firmas isotópicas de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) de las presas y los batoideos brindan información relevante de las interacciones tróficas (competencia, segregación o repartición alimenticia) que suceden en los ecosistemas costeros del noroeste de la Península de Baja California.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y recolección de muestras.

Entre julio y diciembre del 2016 se recolectaron ejemplares de nueves especies de rayas, proveniente de la pesca artesanal de los campos pesqueros de Bahía Tortugas ($27^{\circ} 38'$ y $27^{\circ} 42'$ N y $114^{\circ} 50'$ y $114^{\circ} 56'$ W). Las rayas fueron capturadas por la flota artesanal mediante el uso de redes de monofilamento con apertura de malla de 10 y 20 cm, entre 50 y 800 m de longitud y una caída de 6 m, estas se colocaron en operación paralelas a la línea de costa entre 8 y 12 horas. Las rayas

se identificaron taxonómicamente con claves específicas, se separaron por sexo y desarrollo ontogénico (Fischer, 1995). Para separar a las especies por talla, se utilizaron los estudios de madurez sexual realizados en Bahía Tortugas o sitios cercanos al área de colecta (Tabla 10). Lo anterior con el objetivo de evitar sesgos en la discrepancia de tallas que presentan diferentes poblaciones de las especies de rayas en otras áreas geográficas. Se tomó el valor donde las especies alcanzan su madurez sexual como adulto y los valores inferiores como juveniles (Tabla.10). De la parte dorsal de cada especie se obtuvieron entre 5 y 7 g de tejido muscular y de los estómagos se obtuvieron muestras de presas no digeridas, los cuales se colocaron en bolsas tipo “ziploc” con una etiqueta para ser identificada. Posteriormente se depositaron en una nevera con hielo molido y finalmente se trasladaron y resguardaron en los congeladores del Laboratorio de peces del CICIMAR a -20°C, para su posterior procesamiento.

Tabla 10. Relación de estudios de desarrollo ontogénico de las especies de rayas. Longitud promedio de las especies de rayas. THA = Talla Hembras Adulto. TMA = Talla Macho Adulto. Valores < (THA-TMA) son considerados juveniles. ** Ancho de disco (AD), * Longitud total (LT), en cm.

Especies	Promedio ± DS (min - max)	RMSH	RMSM	Área de estudio	Referencia
<i>Gymnura marmorata</i> **	51.92 ± 18.90 (27 - 84)	73.3	46.8	Punta Lobos (23° 25' N, 110° 15' W) San Lázaro (24° 45' N, 112° 08' W)	Burgos-Vázquez <i>et al.</i> , (2019)
<i>Hypanus dipterurus</i> **	74.33 ± 21.93 (31 - 102)	88	60	Costa de California, USA (37°0'0" N, 120°0'0" W)	Ebert, (2003)
<i>Hypanus longus</i> **	129.83 ± 30.46 (90 - 198)	110	80	Bahía Almeja. BCS: (24° 29' 00" N, 111° 42' 22" W)	Villavicencio-Garayzar <i>et al.</i> , (1994)
<i>Myliobatis californica</i> **	67.10 ± 17.06 (37 - 118)	98	59	Bahía Tortuga. BCS (27°41'30"N 114°53'44"W)	García-Rodríguez <i>et al.</i> , (2020)
<i>Rostroraja velezi</i> **	50.78 ± 10.96 (30 - 65)	68-72	65.1	Punta Lobos, BCS (23°24'52"N, 110°13'49"W)	Soto-López <i>et al.</i> , (2014)
<i>Narcine entemedor</i> *	63.65 ± 10.97 (47 - 92)	63	45	Bahía Almeja. BCS: (24° 29' 00" N, 111° 42' 22" W)	Villavicencio-Garayzar, (2000)
<i>Pseudobatos productus</i> *	99.83 ± 20.23 (26.6 - 129)	111.3	102.2	Bahía Tortuga. BCS (27°41'30"N 114°53'44"W)	Juaristi-Videgaray <i>et al.</i> , (2021)
<i>Platyrhinoidis triseriata</i> *	48.75 ± 7.96 (36 - 58)	48	37	San Diego, California. USA (32°42'N 117°09'O)	González, (2008)
<i>Zapteryx exasperata</i> *	79 ± 6.57 (64 - 97)	77	69	Bahía Almeja. BCS: (24° 29' 00" N, 111° 42' 22" W)	Villavicencio-Garayzar <i>et al.</i> , (1995)

Análisis de Isótopos estables. Las muestras de músculos fueron descongeladas, y se colocaron en viales *Eppendorf* previamente lavados con agua destilada para evitar contaminación. La urea se eliminó en un sonificador, donde las muestras de músculos se colocaron en tubos de ensayo, con 15 ml de agua desionizada durante 15 minutos, con tres repeticiones (Kim y Koch, 2012). A las muestras de músculos y presas se les eliminó la humedad en una liofilizadora a 0.12 mbar y -48°C por 48 horas (Li *et al.*, 2016). Posteriormente las muestras deshidratadas se maceraron en un mortero de ágata hasta obtener un polvo fino, del cual se obtuvo una submuestra (\pm 0.8 a 1 mg) pesada en una balanza digital marca SARTORIUS, se depositó en una cápsula de estaño (8 x 5 mm). Finalmente, las muestras fueron colocadas en un espectrómetro de masas de razones isotópicas para la cuantificación de los isótopos estables de carbono y nitrógeno.

Cuatro especies fueron analizadas en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada, España (IACT-UGR) y el resto de las muestras fueron analizadas en el Departamento de Ciencias Vegetales del Colegio de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad de California en Davis, USA.

Análisis de datos. Los valores de los isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$), se reportaron en notación delta (δ) calculada por la siguiente ecuación:

$$\delta^{13}\text{C} \text{ o } \delta^{15}\text{N} \left[\frac{R_{\text{muestra}}}{R_{\text{estáNDAR}}} - 1 \right] \times 100$$

dónde: δ = la diferencia en la composición isotópica entre la muestra y el estándar en partes por mil (‰). $R_{muestra}$ = Proporción entre los isótopos $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ o $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$. $R_{estándar}$ = Proporción del $\delta^{13}\text{C}$ del estándar *Pee Dee Belemnita* (PDB) (1.1237×10^{-2} para el $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), y para $\delta^{15}\text{N}$, el nitrógeno atmosférico (3.677×10^{-3} para $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$). Se realizó una corrección aritmética, con el objetivo de evitar errores en los resultados isotópicos y su interpretación, por presencia de lípidos en las señales de $\delta^{13}\text{C}$, y subestimar los resultados; este método no altera los valores de $\delta^{15}\text{N}$ (Post *et al.*, 2007).

$$\delta^{13}\text{C}_{corregido} = \delta^{13}\text{C}_{muestra} - 3.32 + 0.99 * C: N$$

Si los valores están en el rango de 2.9 y 3.5 ‰, representan proteínas puras. Si los valores se sobrepasan nos indican presencia de lípidos y podría estar sesgando los resultados a valores más negativos de $\delta^{13}\text{C}$ (McConaughey & McRoy, 1979; Post *et al.*, 2007; Logan *et al.*, 2008).

Para conocer si existía normalidad en los valores de C y N, se aplicó la Prueba de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk 1965). Posteriormente se aplicó una prueba no paramétrica de U de Mann Whitney (Kruskal & Wallis 1952), para identificar diferencias significativas ($P < 0.05$) entre sexo y talla.

Ecología trófica

Para conocer la contribución de las presas en la dieta de las rayas se aplicó un modelo de mezcla de razones isotópicas en R (SIMMR) (Parnell & Inger, 2019), utilizando los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las especies de rayas como depredador y las especies-presas que se obtuvieron del contenido estomacal (Tabla 11).

Tabla 11. Presencia y ausencia de especies-presas ingeridas por las diferentes especies de rayas, en Bahía de Tortugas. Con los resultados del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ se aplicó el Modelo de mezcla

	<i>G. marmorata</i>	<i>H. dipterurus</i>	<i>H. longus</i>	<i>M. californica</i>	<i>N. entemedor</i>	<i>P. productus</i>	<i>P. triseriata</i>	<i>R. velezi</i>	<i>Z. exasperata</i>
Langostilla (<i>P. planipes</i>)		x	x	x		x	x	x	x
Camarones		x	x	x		x	x	x	x
Estomatópodos	x	x				x	x		x
Cangrejos portunidos	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cefalópodos				x		x	x		x
Bivalvos	x	x		x			x		
Poliquetos	x	x		x	x	x		x	
Sipúnculidos			x	x	x	x	x	x	
Peces demersales	x	x	x		x	x	x	x	x

La superposición isotópica se determinó para conocer el traslapo alimenticio y cuantificar por medio del área de un polígono la amplitud del nicho trófico entre especies, por sexo y talla aplicando el paquete SIBER en R (Stable Isotope Bayesian Ellipses in R) de Jackson *et al.* (2011). La amplitud del nicho trófico (ANI) se obtuvo utilizando el tamaño de la varianza obtenido del $\delta^{15}\text{N}$ propuesto por Bearhop *et al.* (2004), y corroborado por Newsome *et al.* (2007), donde el criterio

señala que valores inferiores a 1 se podrán considerar especialistas y valores superiores a 1 generalistas.

Finalmente, la posición trófica (PT) de las especies de batoideos se obtuvo utilizando el paquete tRophicposition, el cual nos permite calcular el nivel trófico del depredador utilizando una o dos líneas base de las presas incorporado en un modelo bayesiano (Quezada-Romegialli, *et al.*, 2018). Se utilizaron los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las muestras de músculos de las rayas como depredadores y como consumidor base se utilizó la firma isotópica de la langostilla roja *P. planipes*. Además, se utilizó el Factor de Enriquecimiento Trófico (FET) para batoideos de $\delta^{13}\text{C}$ (1.3‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (2.4‰) derivado del estudio de Couturier *et al.*, 2013.

RESULTADOS

Se procesaron 239 muestras de músculos de nueve especies de rayas, recolectadas en la temporada cálida (julio-diciembre) del 2016. Las muestras fueron separadas por sexo y talla (desarrollo ontogénico) (Tabla 12). Se obtuvieron los valores promedio y desviación estándar ($\pm \text{SD}$) del ($\delta^{15}\text{N}$) y ($\delta^{13}\text{C}$) y la razón isotópica (C/N) (Tabla 12).

Tabla 12. Número de muestras de músculos para análisis de Isótopos estables (*n*). Las muestras de músculos se separaron por sexo y talla. Promedio y desviación estándar de los resultados general del carbono ($\delta^{13}\text{C}$ ‰), nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$ ‰) y la razón isotópica (C/N). H = Hembras, M = Machos, J = Juveniles, A= Adultos.

Species	<i>n</i>	H	M	J	A	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ media ± DS	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ media ± DS	C/N media ± SD
<i>Gymnura marmorata</i>	12	6	6	7	5	-16.34±0.48	16.23±1.18	3.0 ± 0.20
<i>Hypanus dipterurus</i>	12	6	6	6	6	-16.28±0.84	16.67±1.14	2.9 ± 0.16
<i>Hypanus longus</i>	12	6	6	2	10	-16.34±1.03	17.15±1.30	3.0 ± 0.24
<i>Myliobatis californica</i>	59	39	20	20	39	-16.48±0.58	15.20±1.00	3.2 ± 0.20
<i>Narcine entemedor</i>	46	29	17	13	33	-15.42±1.05	14.60±1.23	3.0 ± 0.10
<i>Pseudobatos productus</i>	26	19	7	9	17	-16.89±0.41	16.37±0.66	3.2 ± 0.08
<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	12	7	5	2	10	-17.20±0.50	16.84±0.81	3.0 ± 0.18
<i>Rostroraja velezi</i>	12	6	6	11	1	-17.30±0.53	17.78±0.50	2.9 ± 0.13
<i>Zapteryx exasperata</i>	48	5	43	3	45	-17.21±0.56	17.59±0.90	3.9 ± 0.07

Normalidad de las muestras

La prueba de Shapiro-Wilk sugiere que *Hypanus dipterurus*, *Pseudobatos productus* y *Rostroraja velezi* fueron las especies que presentaron normalidad en ambos valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$. Por el contrario, *Zapteryx exasperata* fue la especie que no presentó normalidad en ninguno de sus valores de carbono y nitrógeno. El resto de las especies mostró diferencia en alguna de las razones isotópicas (Tabla 13).

Tabla 13. Valores del estadístico W y P valor de la prueba de Shapiro-Wilk para conocer la normalidad de los valores del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$.

Especies	$\delta^{15}\text{N} \text{ ‰}$		$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$	
	W	P	W	P
<i>Gymnura marmorata</i>	0.86	0.047	0.92	0.3234
<i>Hypanus dipterurus</i>	0.87	0.074	0.98	0.9832
<i>Hypanus longus</i>	0.89	0.133	0.81	0.0123
<i>Myliobatis californica</i>	0.99	0.922	0.91	0.0005
<i>Narcine entemedor</i>	0.98	0.627	0.79	<0.0001
<i>Pseudobatos productus</i>	0.95	0.260	0.97	0.6115
<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	0.77	0.004	0.96	0.7742
<i>Rostroraja velezi</i>	0.99	0.999	0.94	0.4626
<i>Zapteryx exasperata</i>	0.93	0.005	0.90	0.0007

La prueba de la U de Mann Whitney sobre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$, tomando en cuenta el sexo y talla de las especies, evidenció que solo *M. californica*, mostró diferencias significativas por sexo con los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ($U= 237$; $P = 0.014$) y por talla con los valores de $\delta^{13}\text{C}$ ($U= 229$; $P = 0.014$). El resto de las especies no presentó cambios en los valores de ambas razones (Tabla 14).

Tabla 14. Valores del estadístico U y P de la prueba de Mann Whitney de los valores isotópicos del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de acuerdo con talla y sexo.

Especies	$\delta^{15}\text{N} \text{‰}$				$\delta^{13}\text{C} \text{‰}$			
	Sexo		Talla		Sexo		Talla	
	U	P	U	P	U	P	U	P
<i>Gymnura marmorata</i>	18	1.000	17	1.000	16	0.818	17	0.876
<i>Hypanus dipterurus</i>	12	0.394	12	0.432	17	0.937	15	0.755
<i>Hypanus longus</i>	7	0.093	7	0.606	15	0.699	6	0.485
<i>Myliobatis californica</i>	237	0.014	137	0.000	379	0.868	229	0.014
<i>Narcine entemedor</i>	180	0.134	63	0.000	215.5	0.488	138.5	0.064
<i>Pseudobatos productus</i>	44	0.209	30	0.011	36	0.083	66	0.597
<i>Platyrhinoidis triseriata</i>	15	0.755	10	1.000	8	0.149	6	0.485
<i>Rostroraja velezi</i>	4	0.026	0	0.000	10	0.240	0	0.000
<i>Zapteryx exasperata</i>	93	0.646	6	0.028	85	0.467	17	0.159

Contribución de las presas SIMMR.

La contribución relativa de las presas obtenida por el modelo de mezcla arrojó que los cangrejos portúnidos fueron las presas de consumo común entre las nueve especies de rayas (Figura. 5). Los gusanos sipúnculidos fueron las presas que presentaron los valores máximos en contribución en la dieta de la raya eléctrica *Narcine entemedor* y la raya águila *Myliobatis californica* con 75.6% y 44.9%, respectivamente. La langostilla roja *Pleuroncodes planipes* fue la presa con mayor contribución de las rayas guitarras *Pseudobatos productus*, *Platyrhinoidis triseriata* y *Zapteryx exasperata* con 36.3%, 33.8% y 36.6%, respectivamente. Los gusanos poliquetos fueron las presas con mayor contribución para *Gymnura marmorata* 41.5% y *Hypanus dipterurus* 27.5%, respectivamente. Los camarones fueron la

presa de mayor contribución para *Hypanus longus* 29.5% y los peces demersales para *Rostroraja velezi* 30.6% (Fig.5).

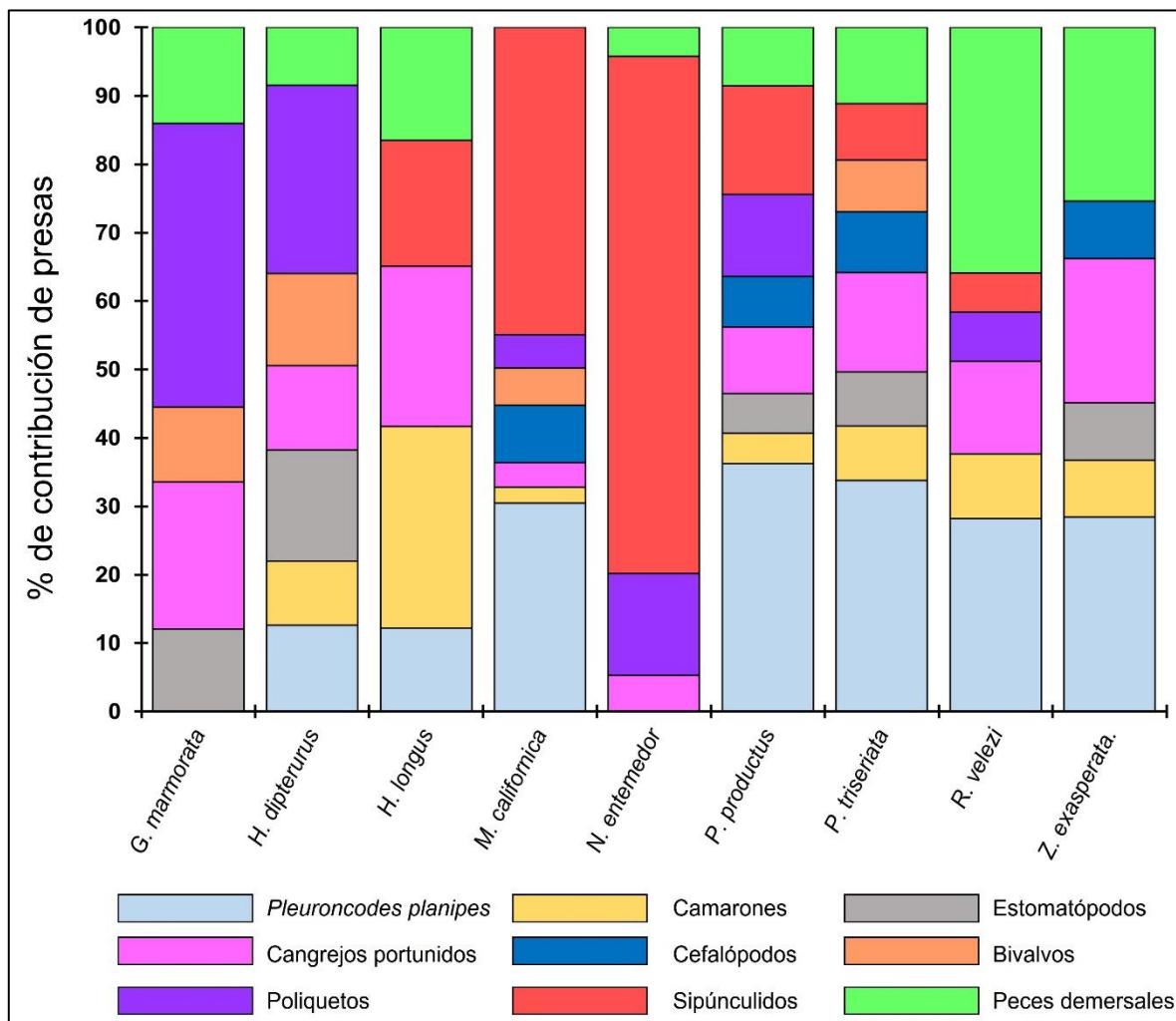


Figura. 5. Resultados del SIMMR, con los valores de contribución de las presas, ingeridas por las especies de rayas.

Traslapo isotópico. SIBER

La superposición trófica general de las especies de rayas mostró elipses traslapadas en Bahía Tortugas (Fig.6a). La superposición trófica arrojó que las rayas látigo *Hypanus dipterurus* e *Hypanus longus* presentaron una amplitud del nicho isotópico al superponerse las elipses en 52% (Fig.6b), seguida por las rayas

guitarras *Pseudobatos productus* y *Platyrhinoidis triseriata* con un traslapo del 50% (Fig.6c) mientras que el resto de especie estuvieron por debajo del 50% (Tablas 15).

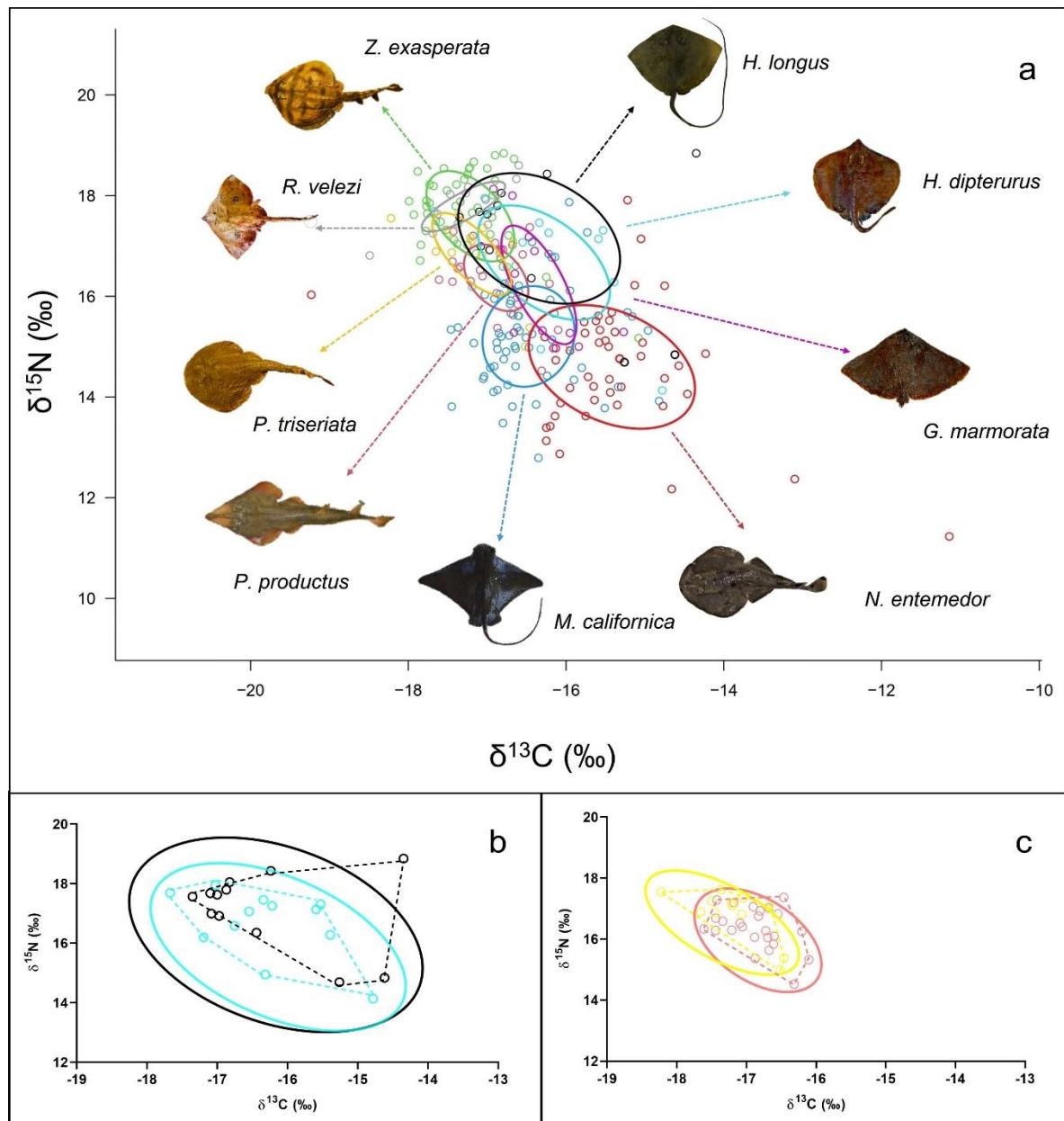


Figura 6. Sobreposición trófica de las especies de rayas recolectadas en Bahía Tortugas. a = Traslape general. b = tamaño de las elipses de *Hypanus dipterurus* e *Hypanus longus*. c = tamaño de las elipses de *Pseudobatos productus* y *Platyrhinoidis triseriata*.

Tabla 15. Resultados de la prueba SIBER. Resaltado en negritas se encuentran las especies que presentaron un traslapo mayor al 50%.

	Gm	Hd	HI	Mc	Ne	Pp	Pt	Rv	Ze
Gm	0.40	0.29	0.41	0.26	0.35	0.31	0.14	0.35	
Hd		0.52	0.35	0.34	0.26	0.29	0.16	0.38	
HI			0.26	0.02	0.20	0.23	0.14	0.32	
Mc				0.42	0.30	0.24	0.02	0.19	
Ne					0.27	0.14	0.02	0.12	
Pp						0.50	0.14	0.37	
Pt							0.22	0.46	
Rv								0.27	
Ze									

Tamaño de la varianza

El tamaño de la varianza de los valores de N ($\delta^{15}\text{N}$) arrojó que las rayas guitarra *Pseudobatos productus*, *Platyrhinoidis triseriata*, *Zapteryx exasperata* y la *Rostroraja velezi* son especialistas, mientras que el resto de las especies son generalistas (Tabla 16).

Posición trófica

El paquete *tRophicposition*, mostró que las especies ocuparon una posición trófica (PT) entre 3.1 a 4.1 sugiriendo que son consumidores secundarios (Tabla 16). La raya eléctrica *Narcine entemedor* fue la especie con la posición trófica inferior (3.1), mientras que las especies *Hypanus longus*, *Rostroraja velezi* y *Zapteryx exasperata* mostraron la máxima posición trófica (4.1) (Tabla 16).

Tabla 16. Amplitud de nicho isotópico (ANI) y Posición trófica (PT)

Species	ANI	PT
<i>Gymnura marmorata</i>	1.39	3.9
<i>Hypanus dipterurus</i>	1.29	3.9
<i>Hypanus longus</i>	1.69	4.1
<i>Myliobatis californica</i>	1.00	3.2
<i>Narcine entemedor</i>	1.50	3.1
<i>Pseudobatos productus</i>	0.44	3.8
<i>Platyrrhinoidis triseriata</i>	0.66	3.9
<i>Rostroraja velezi</i>	0.25	4.1
<i>Zapteryx exasperata</i>	0.79	4.1

DISCUSIÓN

Bahía Tortugas se localiza dentro de un sistema con alta productividad biológica (Guzmán-Del Próo *et al.*, 2000) con surgencias con elevado nivel de nutrientes generados por giros anticiclónicos (Amador-Buenrostro *et al.*, 1995; Murillo-Murillo *et al.*, 2013) que provocan que tanto el $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ sean remineralizados, removidos y acarreados a la superficie y que puedan ser consumidos por organismos desde la base de la cadena trófica (Torres-Rojas & Páez-Osuna, 2014; Rosas Luis & Loor Andrade, 2015). La firma isotópica del carbono ($\delta^{13}\text{C}$) y del nitrógeno ($\delta^{15}\text{N}$) de las especies mostraron una jerarquía en el uso del hábitat y del rol que tienen en el ecosistema como depredadores (McCutchan *et al.*, 2003; Pearson & Grove, 2013).

La raya eléctrica *Narcine entemedor* fue la única especie que presentó los valores más enriquecidos del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.42‰) y menos elevados con relación al $\delta^{15}\text{N}$ (14.60‰), ubicándola como un mesodepredador de segundo nivel con hábitos tróficos costeros, coincidiendo con lo descrito por Vélez-Tacuri, (2018), con valores

del $\delta^{13}\text{C}$ (-12.35‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.94‰), aunque hay que resaltar que el origen del $\delta^{13}\text{C}$ es de origen costero proveniente de la degradación de manglares. El resto de las especies presentaron hábitos de alimentación oceánicas confirmado por los resultados del $\delta^{13}\text{C}$ (Vaudo & Heithaus, 2011; Barría *et al.*, 2018; Coll-Calvo *et al.*, 2020; Elston *et al.*, 2020); mientras que los valores de $\delta^{15}\text{N}$ arrojaron que las rayas son depredadores de tercer orden coincidiendo con los resultados para algunas de las especies aquí analizadas, según lo informado por Blanco-Parras *et al.* (2012) para *Zapteryx exasperata*; Valenzuela-Quiñonez *et al.* (2017) para *Pseudobatos productus*; Bezerra *et al.* (2021) para *Gymnura marmorata*; Murillo-Cisneros *et al.*, (2019) para *Myliobatis californica*; Vélez-Tacuri (2018) para *Hypanus dipterurus*; Espinosa *et al.* (2015) para *Rostroraja velezi*. Las especies de rayas *Hypanus longus* y *Platyrhinoidis triseriata* no tienen antecedentes en los estudios de isótopos estables, por lo que en este trabajo se plantean por primera vez en el medio ambiente desde una perspectiva isotópica.

El modelo de mezcla SIMMR, realizado con los valores del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las presas, resaltó a los cangrejos portúnidos como las presas con mayor frecuentes en la ingesta de nuevas especies de rayas, y siendo las rayas *Myliobatis californica* (3.6%) y *Narcine entemedor* (5.3%), las que presentaron los valores mínimos en la aprovechamiento de contribución isotópica; aunque especies como *Gymnura marmorata* (21.5%), *Hypanus longus* (23.4%) y *Platyrhinoidis triseriata* (14.5%), los registraron como la segunda presa más importante en su ingesta. Lo anterior responde a que las rayas como depredadores utilizan el recurso disponible y abundante en el ambiente bentónico y que en algunos casos sirve como

complemento de las presas de las que tienen un mayor aporte energético (Alfaro-Córdova *et al.*, 2018; Yemişken *et al.*, 2018; Flowers *et al.*, 2020; Hayata *et al.*, 2021; Mutlu *et al.*, 2022). La langostilla roja (*Pleuroncodes planipes*) fue ingerida por siete especies de rayas, variando en el porcentaje de contribución, así *Hypanus longus* reporta el valor más bajo con 12.2% mientras que *Pseudobatos productus* con 36.3% registró el máximo para este estudio. El consumo y asimilación de *P. planipes* está relacionado a la biología de la especie debido a que ésta realiza migraciones a la zona bentónica cuando son adultos (Boyd, 1962; Ahumada *et al.*, 2013; Andamontañez., 2013).

El gusano cacahuate *Sipunculus* spp contribuyó con el 75.6% en la alimentación de la raya eléctrica *N. entemedor*, reafirmando el uso del recurso costero y de bajo nivel trófico (Vélez-Tacuri, 2018). La raya águila *M. californica* también reporta valores máximos en la contribución isotópica por el gusano cacahuate *Sipunculus* spp 44.9%.

Finalmente, los peces demersales fueron las presas que estuvieron presentes en la contribución isotópica de ocho especies de rayas, siendo *M. californica* quien no registró su ingesta para Bahía Tortugas, coincidiendo con los reportado por Bezerra *et al.* (2021) para Bahía de San Diego. Por otro lado, *Rostroraja velezi* mostró los máximo valores de contribución de presas para peces con 35.9%, lo cual coinciden con los reportado por Espinoza *et al.* (2015) para el Pacífico centroamericano, donde la asimilación isotópica de los peces aumentó a medida que *R. velezi* crece.

La superposición isotópica evidencia a las rayas látigo *Hypanus dipterurus* e *H. longus*, con un 52% de traslapo en la dieta debido a que ambas comparten presas

como cangrejos portúnidos, peces demersales y langostilla roja *P. planipes* (López-García *et al.*, 2012; Restrepo-Gómez *et al.*, 2020; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022). El segundo grupo de rayas fueron las guitarras *Pseudobatos productus* y *Platyrhinoidis triseriata* (0.50%) y *P. triseriata* y *Zapteryx exasperata* con un 46%. Lo cual responde a que las tres especies ingirieron y asimilaron langostilla roja *P. planipes*, por encima de un 25%, además asimilaron otras presas como cangrejos portúnidos, camarones y peces demersales, en diferentes proporciones enfatizando la repartición de recurso y la plasticidad trófica que tienen las especies al interactuar en simpatría alimenticia. (Espinoza *et al.*, 2015; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022). Desde la perspectiva isotópica la superposición trófica es baja en estas dos asociaciones de especies, y casi nula para el resto de las rayas, debido que el ecosistema brinda las condiciones oceanográficas (temperaturas, productividad, giros y sugerencias) que permite la proliferación de una alta diversidad de organismos los cuales pueden ser usados como alimento (Guzmán-Del Prío *et al.*, 2000; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022) o utilizados como presas desde un punto de vista energético (Yemisken *et al.*, 2017; Coasaca-Céspedes *et al.*, 2018; Tschopp *et al.*, 2020).

Las especies de rayas especialistas (*Zapteryx exasperata*, *Pseudobatos productus*, *Platyrhinoidis triseriata* y *Rostroraja velezi*) en este estudio se caracterizaron por presentar alta contribución de crustáceos principalmente la langostilla roja *Pleuroncodes planipes*, cangrejos portunidos y peces demersales, los cuales, según Murillo-Cisneros *et al.* (2019) y Reyes-Ramírez *et al.* (2022) son abundantes en la zona de estudio; mientras que las especies generalistas (*Gymnura marmorata*, *Hypanus dipterurus*, *Hypanus longus* *Myliobatis californica*, y *Narcine entemedor*)

presentaron una mayor variedad de consumo de presas el cual se refleja en sus composición isotópica. Sobresale que ambos grupos de rayas muestran un amplio espectro de contribución de presas, por lo que se podría hipotetizar que hay un oportunismo trófico debido a la disponibilidad de presas potenciales en Bahía Tortugas. Además, se asevera que la amplitud del nicho isotópico que se presenta las rayas en los ecosistemas marinos es debido a la segregación alimenticia interespecífica que se generan (Bearhop *et al.*, 2004; Arranz *et al.*, 2022; Chan *et al.*, 2022).

La información obtenida de la posición trófica de las rayas en este estudio las ubicó como mesodepredadores. *Myliobatis californica* (PT= 3.2) y *Narcine entemedor*, (PT= 3.1) se ubicaron como depredadores de segundo nivel, los cuales mostraron un alto porcentaje de ingesta de presas de la infauna, principalmente del gusano cacahuate *Sipunculus* spp. El resto de las especies de rayas se posicionaron como depredadores de tercer orden (3.8 – 4.1). Ebert & Bizzarro (2007) mencionan que la plasticidad trófica de los batoideos les permite ocupar niveles de depredador de tercer orden, lo cual responde a la disponibilidad de presas en el ecosistema. El consumo de una presa por varios depredadores responde a la abundancia de ésta en el medio. Por ello es por lo que los crustáceos fueron las presas de mayor consumo y aporte a las rayas en diferente proporción (Stouffer & Bascompte, 2011; Chelotti & Gadig 2022). El desarrollo ontogénico de las especies les permite jugar diferentes roles en los ecosistemas, pasando de presas a depredadores (Navia *et al.*, 2017; Elston *et al.*, 2020; Tschopp *et al.*, 2020) o de generalistas a especialistas (Belleggia *et al.*, 2019; Lim *et al.*, 2019; Bezerra *et al.*, 2021).

Análisis intraespecífico

Gymnura marmorata

Los valores promedio de isótopos estables del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ que registró la raya mariposa en Bahía Tortugas fue de (-16.34‰) y de (16.23‰) ubicándola como posible mesodepredador de tercer nivel trófico, generalista de hábitos oceánicos. Esta especie solo ha sido estudiada mediante el análisis de isótopos estables por Bezerra *et al.* (2021) en Bahía San Diego, quien reporta valores del $\delta^{13}\text{C}$ (-14.83‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (16.34‰), que lo ubican como depredador de tercer nivel y de hábitos costeros, pero la información es de un solo ejemplar, por lo que el propio autor aconseja que este valor debe de ser tomado con precaución para su posible interpretación. Estudios con análisis de isótopos estables en el género *Gymnura* reportan valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por debajo a lo reportado en este estudio; *G. micrura* reporta valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-14.3‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (13.0‰) en el noroeste de Brasil, Moura *et al.*, (2020); mientras que Barria *et al.*, 2015 en la costa oeste del Mediterráneo reporta para *G. altavela*, valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.59‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (13.90‰). Ambos estudios reportan a las especies de hábitos costeros, y como mesodepredadores especialistas de peces y crustáceos, diferenciando con los valores que se reportan en este estudio ya que los valores de $\delta^{13}\text{C}$ las posicionan en ambiente oceánico, mientras que el $\delta^{15}\text{N}$ la ubican como posible mesodepredador de hábitos generalistas.

Hypanus dipterurus

La raya diamante presentó valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-16.28 ‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (16.67‰), que lo ubica como posible mesodepredador de tercer nivel, generalistas con amplio espectro de presas de diferente nivel trófico de la infauna y del bento. Además, los valores del $\delta^{13}\text{C}$ enfatizan la zona oceánica como área de distribución. Velez-Tacuri (2018) reporta para la Bahía de la Paz, México, valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-13.98 ‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (15.85‰), resaltando el uso de la zona costera como hábitat y como mesodepredador, generalista que consume presas de diferentes niveles trófico, coincidiendo con los resultados del modelo de mezcla, que resalta presas bentopelágicas. Moura *et al.*, (2020) reporta valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para la costa norte de Brasil, para *Hypanus americanus* (-14.4‰, 11.4‰) e *H. guttatus* $\delta^{13}\text{C}$ (-14.7‰, 11.1‰). Ambas especies son consideradas como mesodepredadores de segundo nivel trófico y generalistas con preferencia por peces, crustáceos y moluscos, los cuales se reflejan en la proporción en su asimilación. Así mismo se enfatiza que ambas especies utilizan la zona costera como área de distribución.

Hypanus longus

La raya látigo registró valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ (-16.34 ‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.15‰), que la ubican como posible mesodepredador y generalista, ya que se alimenta de un amplio espectro trófico. Lo cual coincide con el porcentaje de contribución obtenido con el modelo de mezcla de razones isotópicas, el cual resalta el amplio consumo de crustáceos (camarones, cangrejos portunidos y *P. planipes*). Los valores de $\delta^{13}\text{C}$ resaltan la zona oceánica como área de distribución. La ecología trófica de *Hypanus longus* ha sido evaluada por el método de análisis de contenido estomacal en

algunas zonas del Pacífico occidental (Navia *et al.*, 2007; López-García *et al.*, 2012; Navia *et al.*, 2016; Reyes-Ramírez *et al.*, 2022), pero no por el método de isótopos de estables. Queiroz *et al.* (2022) en la costa noroeste de Brasil, evaluaron el uso de hábitat y partición de recursos de la comunidad de rayas del género *Hypanus* mediante $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ en tres diferentes ambientes: manglar *H. guttatus* (-16.90‰, 12.13‰) arrecife *H. guttatus* (-16.13‰, 11.66‰) *H. marianae* (-13.81‰, 11.68‰) y *H. berthalutzae* (-14.43‰, 10.04‰) y plataforma continental *H. guttatus* (-14.49‰, 10.73‰) *H. marianae* (-14.07‰, 11.26‰) y *H. berthalutzae* (-14.38‰, 9.27‰). Los valores del $\delta^{13}\text{C}$ sugieren el uso de la zona costera como área de distribución, así como el movimiento entre ecosistemas, mientras que los valores del $\delta^{15}\text{N}$, resaltan a *H. guttatus* y *H. berthalutzae* como mesodepredadores generalista, mientras que a *H. marianae* como especialista, confirmando que las especies de rayas pueden coexistir en un determinado ambiente. Estos valores se diferencian de lo reportado en este estudio debido a que *H. longus* presentó preferencias por ambiente oceánicos y un mesodepredador generalistas, resaltando la plasticidad que presentan los miembros del género *Hypanus* en diferentes ambientes (Moura *et al.*, 2020; Queiroz *et al.*, 2022)

Myliobatis californica

Los valores promedio de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ que se registraron la raya águila en Bahía Tortugas fue de -16.48 ‰ y 15.2‰, respectivamente. Murillo-Cisneros *et al.*, (2019) reportaron para el oeste de la Península de Baja California, valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.93‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.0‰), mientras que Bezerra *et al.* (2021) reportaron para Bahía de San Diego y Tomales Bay valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-17.24 ‰, -14.86

%) y $\delta^{15}\text{N}$ (15.25 ‰, 15.11 ‰), respectivamente. La variación en los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de *M. californica* sugieren que la especie tiene una moderada distribución en el uso del hábitat que van del costero al oceánico. Mientras que los valores del $\delta^{15}\text{N}$ la ubican como un posible mesodepredador de segundo nivel, con hábitos alimenticios generalistas, aprovechando presas de varios niveles tróficos tanto bentónicas como de la infauna, coincidiendo con lo reportado por Bezerra *et al.* (2021) en Bahía de San Diego. Esto coincide con lo reportado por el modelo de mezcla el cual resalta a *Sipúnculos* spp y *Pleuroncodes planipes* como las presas más importantes en dieta.

Narcine entemedor

Los valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.42 ‰) y del $\delta^{15}\text{N}$ (14.6‰) que registró la raya eléctrica en Bahía Tortugas presentan diferencia a lo reportado por Vélez-Tacuri (2018) quien reporta valores de promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-12.35‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.94‰) para la Bahía de la Paz. En el caso del $\delta^{13}\text{C}$ podría estar relacionado a que la Bahía de la Paz tiene una plataforma amplia con presencia de vegetación adyacente (Manglares, pastos marinos y macroalgas), influenciando depósito de sedimentos ricos en detritus vegetal (Nava-Sánchez *et al.*, 2001) en comparación con Bahía Tortugas que presenta una plataforma estrecha, además de estar influenciada por los procesos de giros anticiclónicos y surgencias (Amador-Buenrostro *et al.*, 1995). Lo anterior influye en los resultados de la varianza al usar los valores del nitrógeno para determinar la posición trófica. Por ello Vélez-Tacuri (2018) reporta a *N. entemedor* como un depredador especialista de la infauna, mientras que en este estudio se presenta como depredador generalista que usa recursos de diferentes

niveles tróficos, como lo son la infauna (gusanos *Sipunculus* spp y poliquetos) y del bento (cangrejos portúnidos y peces demersales). En el presente trabajo no encontraron diferencias significativas en los valores del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por talla y sexo en *N. entemedor*, aunque Vélez-Tacuri (2018) encontró diferencias por desarrollo ontogénico, enfatizando que las especies de batoideos cambian de estrategias de alimentación a medida que van creciendo (Layman *et al.*, 2005; Bornatowski, *et al.*, 2014; Espinoza *et al.*, 2015; Barbini & Lucifora, 2016).

Pseudobatos productus

La raya guitarra registró valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-16.89 ‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (16.37 ‰) en Bahía Tortugas; los valores del $\delta^{15}\text{N}$ lo posicionan como un mesodepredador de tercer nivel, especialista de crustáceos demersales, mientras que el $\delta^{13}\text{C}$ lo ubica en hábitat oceánico. Esto coincide con lo reportado por Murillo-Cisneros *et al.* (2019) para Bahía Vizcaíno BCS y Bezerra *et al.* (2021), para Bahía de San Diego, Cal., ambos reportan valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.93‰, -16.14‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.00‰, 17.63‰), respectivamente, reafirmando su posición trófica y distribución en el uso de habitat. Por otra parte, para el Alto Golfo de California, Valenzuela-Quiñonez *et al.* (2018) reportan que los valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-15.13‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (19.74‰) variaron significativamente con lo reportado en este estudio, Valenzuela-Quiñonez *et al.* (2017) ubica a *P. productus* como un mesodepredador de segundo orden y con hábitos costeros. En este estudio no se encontraron cambios significativos en el uso del recurso por desarrollo ontogénico o sexo, coincidiendo con lo reportado por Murillo-Cisneros *et al.* (2019); aunque Valenzuela-Quiñonez *et*

al. (2017) reportan en el alto Golfo de California un leve cambio en el uso del recurso a media que la especie incrementa de talla.

Platyrhinoidis triseriata

La raya espinosa registró valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-17.2 ‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (16.84‰) que la posicionan como posible mesodepredador de tercer nivel, especializado en presas de hábito bentónicos como crustáceos, principalmente *Pleuroncodes planipes* y cangrejos portúnidos. La amplitud del nicho isotópico muestra que es un aparente depredador especialista con tendencia al oportunismo, reforzado por la variedad de presas que integran la contribución alimenticia. Esta especie de rayas al igual que los miembros de la Subfamilia Platyrhinidae (*Platyrhina*, *Platyrhinoidis* y *Zanobatus*) no existen estudios de hábitos tróficos mediante el análisis de isótopos estables. *Platyrhinoidis triseriata*, al ser una especie que coexiste en simpatría con otras especies de rayas guitarra (*Pseudobatos productus* y *Zapteryx exasperata*) en la Península de Baja California, muestra similitud en los valores del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ reportados por Murillo-Cisneros *et al.* (2019) para *P. productus* (-16.48 ‰, 17.84 ‰) y *Z. exasperata* (-16.57 ‰, 17.78 ‰). Esta coexistencia permite explicar la partición de las presas en diferentes porcentajes de consumo como lo confirman los resultados del modelo de mezcla de razones isotópicas.

Rostroraja velezi

La raya de velez mostró valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-17.3‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.78‰) ubicándola como posible mesodepredador de tercer nivel, mientras que la estrecha amplitud de nicho isotópico ubicó a *Rostroraja velezi* como especialista con

preferencia por peces demersales y la langostilla roja *P. planipes*, como lo sugieren los resultados del modelo de mezcla. Espinoza *et al.* (2015) reportaron para el Pacífico central en Costa Rica, valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-16.51‰) a *R. velezi* en ambiente oceánico y de profundidad, mientras que los valores promedio del $\delta^{15}\text{N}$ (14.62‰), la ubican como un depredador terciario especialista de crustáceos y peces. Además, este estudio resalta el cambio ontogénico en la dieta de *R. velezi*. Simental-Anguiano (2013) en la costa occidental de Baja California Sur, reportó valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-17.33‰) que muestra el uso de la zona oceánica como área de alimentación, mientras que los valores del $\delta^{15}\text{N}$ (17.93‰) la ubican como posible mesodepredador secundario, especialista con preferencia por peces; además resalta que *R. velezi* es una especie con plasticidad trófica.

Zapteryx exasperata

La raya bandeada en este estudio registró valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-17.21‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.59‰) ubicándola como un posible mesodepredador de nivel trófico alto, con amplitud del nicho isotópico reducida posesionándolo como un aparente consumidor especialista de crustáceos bentónicos. Murillo-Cisneros *et al.* (2019) reportan valores promedio similares de $\delta^{13}\text{C}$ (-16.57‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (17.78‰) en Bahía Vizcaíno. Mientras que Blanco Parras *et al.* (2012) reportaron valores promedio del $\delta^{13}\text{C}$ (-14.30‰) y $\delta^{15}\text{N}$ (19.20‰) en el Alto Golfo de California, ubicando a *Z. exasperata* como una especie de hábitos costeros y como un depredador tope del ecosistema especializado en peces y en menor proporción crustáceos. En este estudio no se presentaron cambios significativos en los valores del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por desarrollo ontogénico y sexo, coincidiendo con lo reportado por Murillo-Cisneros *et*

al. (2019), aunque Blanco-Parra *et al.*, (2012) reportan cambios marcados en la especie a medida que van desarrollándose. Blanco-Parra *et al.* (2012) y Murillo-Cisneros *et al.* (2019), enfatizan que la competencia intraespecífica está más enfocada al desarrollo ontogénico que al sexo.

CONCLUSIONES

Los valores de isótopos estables de las rayas como posibles depredadores y de sus presas, nos brindan información de la dinámica trófica que tiene las costas del noroeste de la Península de Baja California. La contribución específica de las presas resalta la diversidad de crustáceos bentónicos como presas potenciales de alto consumo, reflejándose en la amplitud del nicho isotópico y en la posición trófica que presentaron las rayas, brindando información contundente del uso del hábitat y el oportunismo como técnica complementaria para evitar la potencial competencia interespecífica de las rayas en el ecosistema, resaltando la partición del recurso alimenticio.

CONCLUSIÓN GENERAL

Las especies de la comunidad de batoideos en Bahía Tortugas en el noroeste de Baja California Sur, México, presentaron interacciones tróficas que se basan en la repartición de presas. Utilizando estrategias de repartición de recursos que resultaron en la integración de gremios tróficos, aprovechamiento de las especies-presas más abundantes en el ecosistema y del oportunismo trófico. Se enfatiza la combinación de los análisis de contenido estomacal e isótopos estables ($\delta^{13}\text{C}$) y ($\delta^{15}\text{N}$), como herramientas complementarias en la interpretación de las

interacciones tróficas de las comunidades de rayas. También es importante resaltar a la pesquería artesanal como estrategia positiva del uso del recurso pesquero, el cual permite utilizar y aprovechar las capturas como parte de los métodos de colecta, ajustados a los planes de cuidado y conservación de la región.

BIBLIOGRAFIA

- Albo-Puigserver, M., Navarro, J., Coll, M., Aguzzi, J., Cardona, L., & Sáez-Liente, R. (2015). Feeding ecology and trophic position of three sympatric demersal chondrichthyans in the northwestern Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 524, 255-268.
- Anda-Montañez, D., Antonio, J., Perez-Enriquez, R., Martínez-Aguilar, S., Hernández-Martínez, F., García-Rodríguez, F. J., & Amador-Buenrostro, A. (2013). Abundance and genetic diversity of the red crab *Pleuroncodes planipes* along the western coast of the Baja California Peninsula, Mexico. *Fisheries science*, 79(1), 21-32.
- Arranz I, Davidson TA, Benejam L, Brucet S, Sánchez-Hernández J, Landkildehus F, Lauridsen TL, Mazzeo N, Vidal N, Özkan K, Gallego I, Wischniewski J, Menezes RF, Tserenpil S, Jeppesen E. (2022). Interactive Effects of Lake Morphometry and Sticklebacks on the Trophic Position of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), across Lakes in Western Greenland. *LimnoFish*. 8(2): 101-115.
- Ahumada, M., Queirolo, D., Acuña, E., & Gaete, E. (2013). Caracterización de agregaciones de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langostino amarillo (*Cervimunida johni*) mediante un sistema de filmación remolcado. *Latin american journal of aquatic research*, 41(1), 199-208.
- Ajemian, M. J., Powers, S. P., & Murdoch, T. J. (2012). Estimating the potential impacts of large mesopredators on benthic resources: integrative assessment of spotted eagle ray foraging ecology in Bermuda. *PloS one*, 7(7), e40227.
- Barbini, S. A., & Lucifora, L. O. (2016). Big fish (and a smallish skate) eat small fish: diet variation and trophic level of *Sympterygia acuta*, a medium-sized skate high in the food web. *Marine Ecology*, 37(2), 283-293.
- Barría, C., Navarro, J., & Coll, M. (2018). Feeding habits of four sympatric sharks in two deep-water fishery areas of the western Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 142, 34-43.

Bezerra, M. F., Lacerda, L. D., & Lai, C. T. (2019). Trace metals and persistent organic pollutants contamination in batoids (Chondrichthyes: Batoidea): A systematic review. *Environmental Pollution*, 248, 684-695.

Bezerra, M. F., Seminoff, J. A., Lemons, G. E., Slotton, D. G., Watanabe, K., & Lai, C. T. (2021). Trophic ecology of sympatric batoid species (Chondrichthyes: Batoidea) assessed by multiple biogeochemical tracers ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ and total Hg). *Environmental Research*, 199, 111398.

Belleggia, M., Battagliotti, C., Cortés, F., & Colonello, J. H. (2019). Feeding together: a global diet analysis of twenty-three species of chondrichthyes on a feeding ground area. *Hydrobiologia*, 842(1), 77-99.

Bearhop, S., Adams, C. E., Waldron, S., Fuller, R. A., & MacLeod, H. (2004). Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of animal ecology*, 73(5), 1007-1012.

Bethea, D. M., Buckel, J. A., & Carlson, J. K. (2004). Foraging ecology of the early life stages of four sympatric shark species. *Marine Ecology Progress Series*, 268, 245-264.

Bizzarro, J. J. (2005). Fishery biology and feeding ecology of rays in Bahía Almejas, Mexico (Doctoral dissertation, San Francisco State University).

Bizzarro, J. J., Robinson, H. J., Rinewalt, C. S., & Ebert, D. A. (2007). Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. In *Biology of skates* (pp. 91-114). Springer, Dordrecht.

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, 65-77.

Bohorquez-Herrera, J. (2006). Aspectos biológicos y pesqueros de los elasmobranquios capturados en el Parque Nacional Natural Gorgona y su área de influencia en los años 2004 y 2005. Tesis de pregrado en Biología, Fundación. B.Sc. thesis, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.

Bornatowski, H., Wosnick, N., do Carmo, W. P. D., Corrêa, M. F. M., & Abilhoa, V. (2014). Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal waters of southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(7), 1491-1499.

Boyd, C. M. (1962). Distribution, trophic relationships, growth, and respiration of a marine decapod crustacean *Pleuroncodes planipes* Stimpson, 1860 (Galatheidae). PhD dissertation, University of California, San Diego.

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 Meléndez, P. (2017). Hábitos alimentarios de *Narcine entemedor* en la Bahía de La Paz, México. Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.

Caraballo, P. (2009). Uso de isótopos estables de carbono y nitrógeno para estudios de ecología acuática. *Boletín científico CIOH*, (27), 176-187.

Castro-Aguirre, J. L., & Espinosa, H. (1996). Systematic catalog of rays and related species of Mexico (Chondrichthyes: Elasmobranchii: Rajiformes: Batoideomorpha). Faunistic List VII. Special Publication. IBUNAM. 75

Castro Díaz, A. (2021). Análisis de contenido estomacal de la Raya mariposa *Gymnura Marmorata* en la Costa Occidental del Golfo de California, Baja California Sur, México. Universidad El Bosque. Facultad de Ciencias. Programa de Biología. Tesis de Licenciatura. Bogotá, Colombia.

Chan, A. J., Raoult, V., Jaine, F. R., Peddemors, V. M., Broadhurst, M. K., & Williamson, J. E. (2022). Trophic niche of Australian cownose rays (*Rhinoptera neglecta*) and whitespotted eagle rays (*Aetobatus ocellatus*) along the east coast of Australia. *Journal of Fish Biology*, 100(4), 970-978.

Chelotti, L. D. D., & Gadig, O. B. F. (2022). Comparative trophic ecology of two sympatric guitarfishes *Pseudobatos* (Chondrichthyes, Rhinobatidae) from southeast Brazil, southwestern Atlantic. *Journal of Fish Biology*.

Coasaca-Céspedes, J. J., Segura-Cobeña, E., Montero-Taboada, R., Gonzalez-Pestana, A., Alfaro-Córdova, E., Alfaro-Shigueto, J., & Mangel, J. C. (2018). Preliminary analysis of the feeding habits of batoids from the genera *Mobula* and *Myliobatis* in Northern Peru. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 53(3), 367-374.

Coll-Calvo, E., Barría, C., Recasens, L., & Navarro, J. (2020). Feeding ecology of a Mediterranean endemic mesopredator living in highly exploited ecosystems. *Marine environmental research*, 157, 104932.

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). Composiciones de dieta estandarizadas y niveles tróficos de tiburones. *Revista ICES de ciencias marinas*, 56(5), 707-717.

Cross, R. E., & Curran, M. C. (2004). Recovery of meiofauna in intertidal feeding pits created by rays. *Southeastern Naturalist*, 3(2), 219-230.

Curiel Godoy, 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. La Paz, Baja California Sur.

Curiel-Godoy, P., Simental-Anguiano, M. R., & Galván-Magaña, F. (2016). Feeding habits of the guitar ray *Pseudobatos productus* in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Mexico. *Fisheries Science. special issue*, 24, 55–68.

da Silveira, E. L., Semmar, N., Cartes, J. E., Tuset, V. M., Lombarte, A., Ballester, E. L. C., & Vaz-dos-Santos, A. M. (2020). Methods for trophic ecology assessment in fishes: A critical review of stomach analyses. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 71–106.

De la Rosa-Meza, K. (2010). Ecomorfología mandibular y dieta de batoideos en el Golfo de California. Centro de Investigación Científica y de Educación de Ensenada, México (CICESE). Tesis de Doctorado. Ensenada, Baja California.

Downton Hoffmann, C. (2007). Biología del pez guitarra *Rhinobatos productus* (Ayres, 1856), en Baja California Sur, México. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.

Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., Cavanagh, R. D., Kyne, P. M., Harrison, L. R., Carlson, J. K., Davidson, L. N. K., Fordham, S. V., Francis, M. P., Pollock, C. M., Simpfendorfer, C. A., Burgess, G. H., Carpenter, K. E., Compagno, L. J. V., Ebert, D. A., Gibson, C., Heupel, M. R., Livingstone, S. R., Sanciangco, J. C., Stevens, J. D., Valenti, S., & White, W. T. (2014). Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *Elife*, 3, e00590.

Dulvy, N. K., Metcalfe, J. D., Glanville, J., Pawson, M. G., & Reynolds, J. D. (2000). Fishery stability, local extinctions, and shifts in community structure in skates. *Conservation Biology*, 14(1), 283-293.

Ebert, D. (2003). Sharks, rays, and chimaeras of California (Vol. 71). Universidad of California Press.

Ebert, D. A., & Bizzarro, J. J. (2007). Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). In *Biology of Skates* (Vol. 80, pp. 115–131). Springer.

Ehemann, N. R., Abitia-Cárdenas, L. A., Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., & Cruz-Escalona, V. H. (2019). Zeros as a result in diet studies, is this really bad? *Rhinoptera steindachneri* as a case study. *Marine Biological Association of the*

United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 99 (7), 1661-1666.

Elston, C., Cowley, P. D., von Brandis, R. G., & Fisk, A. (2020). Dietary niche differentiation in a mesopredatory dasyatid assemblage. *Marine Biology*, 167(7), 1-15.

Escobar-Sánchez, O., Pollorena-Melendrez, J. E., & Corro-Espinosa, D. (2022). Food components of the thornback guitarfish *Platyrrhinoidis triseriata* on the western coast of Baja California Peninsula. *Marine Biodiversity*, 52(1), 10.

Espinoza, M., Clarke, T. M., Villalobos-Rojas, F., & Wehrtmann, I. S. (2012). Ontogenetic dietary shifts and feeding ecology of the rasp tail skate *Raja velezi* and the brown smoothhound shark *Mustelus henlei* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*, 81(5), 1578–1595.

Espinoza, M., Clarke, T. M., Villalobos-Rojas, F., & Wehrtmann, I. S. (2013). Diet composition and diel feeding behavior of the banded guitarfish *Zapteryx syxter* along the Pacific coast of Costa Rica, Central America. *Journal of Fish Biology*, 82(1), 286–305.

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

Farias, I., Figueiredo, I., & Sera-Pereire, B. (2005). Diet comparison of four ray species [*Raja clavata* Linnaeus, 1758; *Raja brachyura* Lafont, 1873; *Leucoraja naevus* (Müller & Henle, 1841) and *Raja montagui* Fowler, 1910] caught along the Portuguese continental coast. *Elasmobranch Fisheries Science*, ICES CM, (28).

Fernández Aguirre, E. (2018). Ecología trófica de la raya murciélagos *Myliobatis californica* (Gill, 1865) durante 2012-2016 en Bahía Tortugas, BCS, México. Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.

Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., & Carpenter, K. E. (1995). Guia FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental. Volúmenes 1-3. FAO.

Flores-Ortega, J. R., Godínez-Domínguez, E., González-Sansón, G., Rojo-Vázquez, J. A., Corgos, A., & Morales-Jáuregui, M. Y. (2011). Feeding habits of three round stingrays (Rajiformes: Urotrygonidae) in the central Mexican Pacific. *Ciencias Marinas*, 37(3), 279-292.

Flowers, K. I., Heithaus, M. R., & Papastamatiou, Y. P. (2021). Buried in the sand: Uncovering the ecological roles and importance of rays. *Fish and Fisheries*, 22(1), 105-127.

- Freitas, R. H., Aguiar, A. A., Freitas, A. K. C., Lima, S. M., & Valentin, J. L. (2019). Unravelling the foraging behavior of the southern stingray, *Hypanus americanus* (Myliobatiformes: Dasyatidae) in a Southwestern Atlantic MPA. *Neotropical Ichthyology*, 17(2), 14.
- García-Rodríguez, A., Hernández-Herrera, A., Galván-Magaña, F., Ceballos-Vázquez, B. P., Pelamatti, T., & Tovar-Ávila, J. (2020). Estimation of the size at sexual maturity of the bat ray (*Myliobatis californica*) in Northwestern Mexico through a multi-model inference. *Fisheries Research*, 231, 105712.
- González, C. V., Palomino, B. A., & Vásquez, S. H. (2000). Dieta de la raya (*Narcine entemedor*) en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 34(1).
- González, I. F. (2008). The electric sense of the thornback ray, *Platyrhinoidis triseriata*: Linear dynamic range in single-unit electrophysiological recordings in vivo from the afferent nerve fibers of the Ampullae of Lorenzini. Doctoral thesis University of California, San Diego.
- Gray, A. E., Mulligan, T. J., & Hannah, R. W. (1997). Food habits, occurrence, and population structure of the bat ray, *Myliobatis californica*, in Humboldt Bay, California. *Environmental Biology of Fishes*, 49(2), 227-238.
- Gregory, M. R., Ballance, P. F., Gibson, G. W., & Ayling, A. M. (1979). On how some rays (Elasmobranchia) excavate feeding depressions by jetting water. *Journal of Sedimentary Research*, 49(4), 1125-1129.
- Grijalba-Bendeck, M., Polo-Silva, C., Acevedo, K., Moreno, F., & Mojica, D. (2012). Aspectos tróficos y reproductivos de algunos batoideos capturados en Santa Marta, Mar Caribe de Colombia. *Latin American journal of aquatic research*, 40(2), 300-315.
- Guzmán-Del Prío, S. A., Salinas, F., Zaytsev, O., Belmar-Pérez, J., & Carrillo-Laguna, J. (2000). Potential dispersion of reproductive products and larval stages of abalone (*Haliotis* spp.) As function of the hydrodynamics of Bahía Tortugas, Mexico. *Journal of Shellfish Research*, 19(2), 869–881.
- Hayata, M. A., Bornatowski, H., & Freitas, R. H. (2021). Patterns and partitioning of food resources by elasmobranchs in southern Brazil. *Environmental Biology of Fishes*, 104(4), 437-450.
- Humphries, N. E., Simpson, S. J., Wearmouth, V. J., & Sims, D. W. (2016). Two's company, three's a crowd: fine-scale habitat partitioning by depth among sympatric species of marine mesopredator. *Marine Ecology Progress Series*, 561, 173-187.
- Hussey, N. E., MacNeil, M. A., Olin, J. A., McMeans, B. C., Kinney, M. J., Chapman, D. D., & Fisk, A. T. (2012). Stable isotopes and elasmobranchs: tissue types, methods, applications and assumptions. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 1449-1484.

- 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., & Bennett, M. B. (2012). Feeding ecology and dietary comparisons among three sympatric *Neotrygon* (Myliobatoidei: Dasyatidae) species. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 1580-1594.
- Jardas, I., Šantić, M., & Armin, P. (2004). Diet composition of the eagle ray, *Myliobatis aquila* (Chondrichthyes: Myliobatidae), in the eastern Adriatic. *Cybium*, 28 (4), 372-374.
- 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.
- Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161
- Juaristi-Videgaray, D., Hernández-Herrera, A., Galván-Magaña, F., Ochoa-Báez, R. I., Villalejo-Fuerte, M. T., & Bejarano-Álvarez, O. M. (2021). Reproductive parameters of the shovelnose guitarfish *Pseudobatos productus* (Ayres, 1856) in Northwest Mexico. *The European Zoological Journal*, 88(1), 204-215.
- Karl, Stephen Robert. (1978). Fish feeding-habit studies from Tomales Bay, California. University of the Pacific, Thesis Master.
- Kiszka, J. J., Heithaus, M. R., & Quod, J. P. (2015). Stingrays as possible facilitators for foraging trevallies in a nearshore sandflat. *Marine Biodiversity*, 45, 625-626.
- Korotkevich, A. Y., Potapov, A. M., Tiunov, A. V., & Kuznetsova, N. A. (2018). Collapse of trophic-niche structure in belowground communities under anthropogenic disturbance. *Ecosphere*, 9(12), e02528.
- Kruskal, W. H., & Wallis, W. A. (1952). Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American statistical Association*, 47(260), 583-621.
- Last, P., Naylor, G., Séret, B., White, W., de Carvalho, M., & Stehmann, M. (Eds.). (2016). *Rays of the World*. CSIRO publishing.
- Layman, C. A., Winemiller, K. O., Arrington, D. A., & Jepsen, D. B. (2005). Body size and trophic position in a diverse tropical food web. *Ecology*, 86(9), 2530-2535.
- Lim, K. C., Chong, V. C., Lim, P. E., Yurimoto, T., & Loh, K. H. (2019). Feeding ecology of three sympatric species of stingrays on a tropical mudflat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99(4), 999-1007.

- Limbaugh, C. (1955). Fish life in the kelp beds and the effects of kelp harvesting. Univ. Calif. Inst. Mar. Resources. Ref., 55–9, 1–58
- López-García, J., Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., & Rubio, E. A. (2012). Feeding habits and trophic ecology of *Dasyatis longa* (Elasmobranchii: Myliobatiformes): sexual, temporal and ontogenetic effects. Journal of Fish Biology, 80(5), 1563-1579.
- Márquez-Velásquez, V., Navia, A. F., Rosa, R. S., Guimarães Jr, P. R., & Raimundo, R. L. (2021). Resource partitioning between fisheries and endangered sharks in a tropical marine food web. ICES Journal of Marine Science, 78(7), 2518-2527.
- Matich, P., Ault, J. S., Boucek, R. E., Bryan, D. R., Gastrich, K. R., Harvey, C. L., Heithaus, M.R., Jeremy J. Kiszka, J. J., Paz, V., Rehage, J.S., & Rosenblatt, A. E. (2017). Ecological niche partitioning within a large predator guild in a nutrient-limited estuary. Limnology and Oceanography, 62(3), 934-953.
- McCutchan Jr, J. H., Lewis Jr, W. M., Kendall, C., & McGrath, C. C. (2003). Variation in trophic shift for stable isotope ratios of carbon, nitrogen, and sulfur. Oikos, 102(2), 378-390.
- Molina-Salgado, P., Alfaro-Shigueto, J., & González-Pestana, A. (2021). Diet of the rasptail skate, *Rostroraja velezi* (Rajiformes: Rajidae), off Piura, Peru. Ciencias Marinas, 47(2), 127–138
- Mora, C., Myers, R. A., Coll, M., Libralato, S., Pitcher, T. J., Sumaila, R. U., Zeller, D., Watson, R., Gaston, K.J., & Worm, B. (2009). Management effectiveness of the world's marine fisheries. PLoS biology, 7(6), e1000131.
- Molina-Salgado, P., Alfaro-Shigueto, J., & González-Pestana, A. (2021). Diet of the rasptail skate, *Rostroraja velezi* (Rajiformes: Rajidae), off Piura, Peru. Ciencias Marinas, 47(2), 127-138.
- Moreno, F., Acevedo, K., Grijalba Bendeck, M., Polosilva, C., & Acero, A. (2009). Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith & Smith 1834) (Elasmobranchii, Narcinidae) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, 4(4), 413-422.
- Murillo-Cisneros, D. A., O'Hara, T. M., Elorriaga-Verplancken, F. R., Curiel-Godoy, P., Sánchez-González, A., Marmolejo-Rodríguez, A. J., Marín-Enríquez, E., & Galván-Magaña, F. (2019). Trophic assessment and isotopic niche of three sympatric ray species of western Baja California Sur, Mexico. Environmental Biology of Fishes, 102(12), 1519-1531.
- Murillo, I. M., Duarte, R. C., Castro, G. G., López, S. L., Bahena, F. A., Rodríguez, E. G., Illescas, A.J., & Sandoval, F. H. (2013). Variabilidad de la productividad primaria y de pigmentos fotosintéticos en una zona de surgencias de la región sur de la corriente de California. CICIMAR Oceánides, 28(1), 23-36.

Mulas, A., Bellodi, A., Cannas, R., Carbonara, P., Cau, A., Marongiu, M. F., ... & Follesa, M. C. (2019). Resource partitioning among sympatric elasmobranchs in the central-western Mediterranean continental shelf. *Marine Biology*, 166(12), 153

Mutlu, E., Deval, M. C., De Meo, I., Saygu, İ., & Miglietta, C. (2022). Spatiotemporal density and ecology of batoids (Elasmobranchii) along a Turkish shelf-upper slope of the Mediterranean Sea during years 2009–2015. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 38(1), 57-69.

Nava-Sánchez, E.H., D.S. Gorsline & A. Molina-Cruz. 2001. The Baja California Peninsula borderland: structural and sedimentological characteristics. *Sedimentary Geology*, 144(1-2): 63-82.

Navia, A. F. (2002). Aspectos de la biología de los elasmobranquios capturados como fauna acompañante del camarón en aguas someras del Pacífico colombiano. Trabajo de grado Biología. Facultad de Ciencias, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Navia, A. F., Cruz-Escalona, V. H., Giraldo, A., & Barausse, A. (2016). The structure of a marine tropical food web, and its implications for ecosystem based fisheries management. *Ecological Modeling*, 328, 23–3

Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., & Giraldo, A. (2007). Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC ecology*, 7(1), 1-10.

Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., López-García, J., Giraldo, A., & Cruz-Escalona, V. H. (2017). How many trophic roles can elasmobranchs play in a marine tropical network? *Marine and Freshwater Research*, 68(7), 1342-1353.

Navarro-González, J. A., Bohórquez-Herrera, J., Navia, A. F., & Cruz-Escalona, V. H. (2012). Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, Mexico. *Ciencias Marinas*, 38(2), 347-362.

O'Shea, O. R., Thums, M., Van Keulen, M., & Meekan, M. (2011). Bioturbation by stingrays at Ningaloo reef, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*, 63(3), 189-197.

O'Shea, O. R., Thums, M., Van Keulen, M., Kempster, R. M., & Meekan, M. G. (2013). Dietary partitioning by five sympatric species of stingray (Dasyatidae) on coral reefs. *Journal of fish biology*, 82(6), 1805-1820.

Parnell, A. C., & Inger, R. (2019). Stable isotope mixing models in R with SIMMR: a stable isotope mixing model. Version 0.4. 1.

Pérez Durán, J. (2021). Hábitos alimenticios de la raya guitarra *Pseudobatos buthi* (Rutledge, 2019), en Santa Rosalía, Baja California Sur, México. (Master's thesis, CICIMAR-IPN, Baja California Sur, México).

- Phillips, D. L., Inger, R., Bearhop, S., Jackson, A. L., Moore, J. W., Parnell, A. C., Semmens, B. X., & Ward, E. J. (2014). Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. *Canadian Journal of Zoology*, 92(10), 823-835.
- Post, D. M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83(3), 703-718.
- Queiroz, A. P. N., Araújo, M. L. G., Hussey, N. E., & Lessa, R. P. (2022). Trophic ecology of three stingrays (Myliobatoidei: Dasyatidae) off the Brazilian north-eastern coast: Habitat use and resource partitioning. *Journal of Fish Biology*, 102(1), 27-43.
- Ramírez-Amaro, S. R., Cartamil, D., Galvan-Magaña, F., Gonzalez-Barba, G., Graham, J. B., Carrera-Fernandez, M., & 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-Amaro, S., & Galván-Magaña, F. (2019). Effect of gillnet selectivity on elasmobranchs off the northwestern coast of Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 172, 105-116.
- 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. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tesis de Licenciatura, Tuxpan, Veracruz.
- Rastgoo, A. R., Navarro, J., & Valinassab, T. (2018). Comparative diets of sympatric batoid elasmobranchs in the Gulf of Oman. *Aquatic Biology*, 27, 35-41.
- Restrepo-Gómez, D. C., Cruz-Escalona, V. H., Peterson, M. S., Mejía-Falla, P. A., & Navia, A. F. (2020). Effects of age, maturity stage, sex and seasonality on the feeding strategies of the diamond stingray (*Hypanus dipterurus*) in the southern Gulf of California. *Marine and Freshwater Research* 72(4), 469-480.
- Reyes-Ramírez, H., Tripp-Valdez, A., Elorriaga-Verplancken, F. R., Piñón-Gimate, A., Zetina Rejón, M. J., & Galván-Magaña, F. (2022). Feeding guilds among batoids in the northwest coast of the Baja California Sur, Mexico. *Marine Ecology*, e12728.
- Reum, J. C., Williams, G. D., & Harvey, C. J. (2017). Stable isotope applications for understanding shark ecology in the northeast Pacific Ocean. *Advances in Marine Biology*, 77, 149-178.
- Ridge, R. M. 1963. Food habits of the bat ray, *Myliobatis californica*, from Tomales Bay, California. M. A. Thesis, University of California, Berkeley. 56 p
- Rosenberger, L. J. (2001). Pectoral fin locomotion in batoid fishes: undulation versus oscillation. *Journal of Experimental Biology*, 204(2), 379-394.
- 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.

Santana-Morales, O., Cartamil, D., Sosa-Nishizaki, O., Zertuche-Chanes, R., Hernández-Gutiérrez, E., & Graham, J. (2020). Artisanal elasmobranch fisheries of northwestern Baja California, Mexico. *Ciencias marinas*, 46(1), 1-18.

Serrano-Flores, F., Torres-Rojas, Y. E., Ajemian, M. J., Mendoza-Carranza, M., & Pérez-Jiménez, J. C. (2021). Advances in the study of the trophic niche of batoids with distribution in Mexican waters. *Marine Ecology*, 42(6), e12687.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.

Simental-Anguiano, M. R. (2011). Dieta de *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1892) y *Dasyatis brevis* (Garman, 1879) en el Alto Golfo De California. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

Simental Anguiano, M. D. R. (2013). Ecología trófica de *Raja velezi* (Chirichigno, 1973), en la Costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis Maestria. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.

Soberón, M. J., & Llorente, B. J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7(3), 480–488.

Soto-López, K., Ochoa-Báez, R. I., Galván-Magaña, F., & Oddone, M. C. (2021). Reproductive biology of the Rasptail skate *Rostroraja velezi* (Rajiformes: Rajidae). *Journal of Fish Biology*, 98(3), 791-802.

Stouffer, D. B., & Bascompte, J. (2011). Compartmentalization increases food-web persistence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(9), 3648-3652.

Szczepanski, J. A., & Bengtson, D. A. (2014). Quantitative food habits of the bullnose ray, *Myliobatis freminvillii*, in Delaware Bay. *Environmental biology of fishes*, 97 (9), 981-997.

Talent, L. G. (1982). Food habits of the gray smoothhound, *Mustelus californicus*, the brown smoothhound, *Mustelus henlei*, the shovelnose guitarfish, *Rhinobatos productus*, and the bat ray, *Myliobatis californica*, in Elkhorn Slough, California. *Calif. Fish Game*, 68, 224-234.

Torres-García, R. Q. 2015. Hábitos alimenticios de la raya murciélagos *Myliobatis californica* en Bahía Tortugas, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. 82 p.

Torres-Rojas, Y.E., y F. Páez-Osuna, 2014. Isótopos estables ($\delta^{15}\text{N}$ y $\delta^{13}\text{C}$) en organismos filtradores como trazadores de contaminación: un caso de estudio en dos lagunas costeras del sureste del Golfo de California, México. p. 619-634. En: A.V. Botello, F. Páez-Osuna, L. Méndez-Rodríguez, M. Betancourt-Lozano, S.

Álvarez-Borrego y R. Lara-Lara (eds.). Pacífico Mexicano. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias. UAC, UNAM-ICMYL, CIAD-Mazatlán, CIBNOR, CICESE. 928 p

Tschopp, A., Cristiani, F., García, N. A., Crespo, E. A., & Coscarella, M. A. (2020). Trophic niche partitioning of five skate species of genus *Bathyraja* in northern and central Patagonia, Argentina. *Journal of Fish Biology*, 97(3), 656-667.

Valadez, G. C. (2007). Distribución, abundancia y alimentación de las rayas bentónicas de la costa de Jalisco y Colima, México. Tesis de doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.

Valenzuela-Quiñonez, F., Galván-Magaña, F., Ebert, D. A., & Aragón-Noriega, E. A. (2017). Feeding habits and trophic level of the shovelnose guitarfish (*Pseudobatos productus*) in the upper Gulf of California. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(7), 1783-1792.

Valls, M., Quetglas, A., Ordines, F., & Moranta, J. (2011). Feeding ecology of demersal elasmobranchs from the shelf and slope off the Balearic Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 75 (4), 633-639.

Vaudo, J. J., & Heithaus, M. R. (2011). Dietary niche overlap in a nearshore elasmobranch mesopredator community. *Marine Ecology Progress Series*, 425, 247-260.

Vázquez Moreno, R. A. (2018). Ecología trófica de la guitarra bandeada *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert, 1880) en el área de Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Tesis maestría. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur.

Vélez Tacuri, J. R. (2018). Estrategias alimenticias y coexistencia de las principales especies de batoideos en la Bahía de La Paz, BCS, México (Master's thesis, CICIMAR-IPN, Baja California Sur, México).

Viana, A. F., Valentin, J. L., & Vianna, M. (2017). Feeding ecology of elasmobranch species in southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15.

Villagra, D., Van Bogaert, N., Ampe, B., Walker, P., & Uhlmann, S. S. (2022). Life-history traits of batoids (Superorder Batoidea) in the Northeast Atlantic and the Mediterranean. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(2), 473-495.

Villavicencio Garayzar, C. J., Hoffmann, C. D., & Melendez, E. M. (1994). Tamaño y reproducción de la raya *Dasyatis longus* (Pisces: Dasyatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*, 375-377.

Villavicencio-Garayzar, C. J. (1995). Reproductive biology of the banded guitarfish, *Zapterix exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), in Bahía Almejas, Baja California Sur, Mexico. *Ciencias Marinas*, 21(2), 141-153.

Villavicencio Garayzar, C. J. (2000). Taxonomía, abundancia estacional, edad y crecimiento y biología reproductiva de *Narcine entemedor* Jordan y Starks (Chondrichthyes; Narcinidae), en Bahía Almejas, BCS., México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).

Yamaguchi, A., Furumitsu, K., Tanaka, S., & Kume, G. (2012). Dietary habits of the fanray *Platyrhina tangi* (Batoidea: Platyrhinidae) in Ariake Bay. *Environmental biology of fishes*, 95(1), 147–154.

Yemişken, E., Forero, M. G., Megalofonou, P., Eryilmaz, L., & Navarro, J. (2018). Feeding habits of three Batoids in the Levantine Sea (north-eastern Mediterranean Sea) based on stomach content and isotopic data. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 98(1), 89-96.

Yick, J. L., Tracey, S. R., & White, R. W. G. (2011). Niche overlap and trophic resource partitioning of two sympatric batoids co-inhabiting an estuarine system in southeast Australia. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(5), 1272-1277.