



**Instituto Politécnico Nacional**  
**Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas**



**ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA GUITARRA  
BANDEADA *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert  
1880) EN EL ÁREA DE BAHÍA TORTUGAS, BAJA  
CALIFORNIA SUR, MÉXICO.**

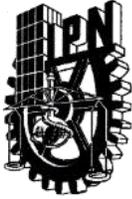
**TESIS**

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

**PRESENTA**

**Rubén Antonio Vázquez Moreno**

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



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**  
*ACTA DE REVISIÓN DE TESIS*

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., siendo las 12:00 horas del día 06 del mes de Noviembre del 2018 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CICIMAR para examinar la tesis titulada:

**"ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA GUITARRA BANDEADA *Zapteryx exasperata***  
**(Jordan & Gilbert, 1880) EN EL ÁREA DE BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"**

Presentada por el alumno:

**VÁZQUEZ**

Apellido paterno

**MORENO**

materno

**RUBÉN ANTONIO**

nombre(s)

Con registro: 

A	1	7	0	6	2	9
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante de:

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS**

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

**LA COMISION REVISORA**

Directores de Tesis

**DR. ARTURO TRIPP VALDEZ**  
Director de Tesis

**DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA**  
2º. Director de Tesis

**DR. LEONARDO ANDRÉS ALENIA CÁRDENAS**

  
**DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN**  
**DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS**

**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**

**DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO**



**I.P.N.**  
**CICIMAR**  
**DIRECCIÓN**



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

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 20 del mes de Noviembre del año 2018

El (la) que suscribe BM. RUBÉN ANTONIO VÁZQUEZ MORENO Alumno (a) del Programa

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A170629 adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DR. ARTURO TRIPP VALDEZ Y DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA GUITARRA BANDEADA *Zapteryx exasperata*

(Jordan & Gilbert, 1880) EN EL ÁREA DE BAHÍA TORTUGAS, 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 expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la

siguiente dirección: ra\_z0@hotmail.com - galvan.felipe@gmail.com - blackwalrus@gmail.mx

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

BM. RUBÉN ANTONIO VÁZQUEZ MORENO

*Nombre y firma del alumno*

## **Dedicatoria**

A mis padres por el apoyo incondicional, la fortaleza y ser mi sostén para seguir adelante y poder alcanzar mis sueños.

A mi hermana Jaciel quien siempre estuvo conmigo apoyándome y aconsejándome en las buenas y en las malas.

A mis amigos que estuvieron conmigo siempre en estos dos años.

*“Para explicar toda la naturaleza no basta ni un hombre ni una edad completa. En su lugar, lo mejor es que el hombre busque un poco de verdad y certeza, dejando el resto para los demás, para los que vendrán, con conjeturas y sin dar nada por hecho.”*

Isaac Newton

## **Agradecimientos**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado durante estos dos años, que sin su apoyo no hubiera logrado realizar esta tesis.

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

Al Dr. Arturo Tripp Valdez por su apoyo y consejos durante los dos años de maestría, así como su amistad brindada extracurricularmente.

Al Dr. Felipe Galván Magaña por su apoyo incondicional y por compartir un poco de su sabiduría, así como su amistad extracurricular.

Al Dr. Fernando R. Elorriaga Verplancken, al Dr. Rogelio González Armas y Al Dr. Leonardo Andrés Abitia Cárdenas por sus apoyo y consejos certeros para poder realizar la tesis.

Al Team Tripp Vianney Barajas, Julio Cesar e Isaac, por haberme escuchado durante los ensayos de seminarios, así como por el aporte que le dieron a esta tesis.

A la Dra. Hanny Murillo, quien me apoyo cuando tenía dudas y me apoyaba con consejos y artículos.

A Lizbeth que siempre me apoyo incondicionalmente, como una gran amiga en todo momento.

A los de la mansión Foster, por hacer de mi estadía más relajada y menos estresante.

A todos los del laboratorio de pesquerías, lo cuales me apoyaron durante mi estadia en CICIAMR.

## INDICE GENERAL

GLOSARIO.....	VI
RESUMEN .....	VIII
ABSTRACT .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES .....	4
JUSTIFICACIÓN .....	5
OBJETIVO.....	6
Objetivos particulares.....	6
ÁREA DE ESTUDIO.....	7
METODOLOGÍA.....	9
Trabajo de campo .....	9
Trabajo de gabinete .....	12
RESULTADOS .....	19
Contenido estomacal .....	24
Espectro trófico .....	26
Análisis trófico de <i>Z. exasperata</i> por sexos.....	31
Análisis trófico de <i>Z. exasperata</i> por estadio de madurez.....	32
Análisis trófico de <i>Z. exasperata</i> por temporadas .....	34
Isótopos estables .....	35
Análisis trófico por sexo por medio de isótopos estables.....	39

Análisis trófico por estadio de madurez por medio de isótopos estables .....	40
Análisis trófico por temporada por medio de isótopos estables .....	41
Contribución de las presas al depredador.....	42
Modelos de mezcla por temporada.....	44
Nivel trófico .....	44
DISCUSIÓN .....	45
Abundancia y estructura de tallas .....	45
Porcentaje de llenado y estado de digestión.....	46
Relación C:N.....	48
Isótopos estables. ....	48
Espectro trófico de <i>Z. exasperata</i> .....	50
Espectro trófico por contenido estomacal de <i>Z. exasperata</i> .....	51
Amplitud y traslape trófica por contenido estomacal de <i>Z. exasperata</i> .....	53
Espectro trófico por isotopos estables de <i>Z. exasperata</i> .....	54
Amplitud y traslape trófico por isótopos estables de <i>Z. exasperata</i> .....	56
Nivel trófico de <i>Z. exasperata</i> .....	58
CONCLUSIONES.....	59
RECOMENDACIONES .....	60
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	61
ANEXO.....	77

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Área de estudio, Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. ....	7
<b>Figura 2.</b> Temperatura promedio del mar en Bahía Tortugas.....	19
<b>Figura 3.</b> Anomalías de la temperatura del mar en Bahía Tortugas. ....	20
<b>Figura 4.</b> Número de estómagos de machos y hembras por año de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> .....	21
<b>Figura 5.</b> Número de estómagos con alimento por sexo y estadio de madurez de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> .....	21
<b>Figura 6.</b> Intervalo de tallas por sexo de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> . ....	22
<b>Figura 7.</b> Intervalo de talla por estadio de madurez de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> .....	22
<b>Figura 8.</b> Intervalo de talla de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en la temporada fría, para la categoría de sexo. ....	23
<b>Figura 9.</b> Intervalo de talla de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en la temporada fría, para la categoría de estadio de madurez. ....	24
<b>Figura 10.</b> Curva de acumulación de H' para contenido estomacal de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> .....	25
<b>Figura 11.</b> Comparación entre el índice de Importancia Relativa (% IRI) y Índice de Importancia de Presa Especifica (% PSIRI) de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en Bahía Tortugas, B.C.S. ....	27
<b>Figura 12.</b> Índice de Importancia de Presa Especifica (% PSIRI) por sexo, de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en Bahía Tortugas, B.C.S. ....	31

<b>Figura 13.</b> Dieta entre sexos la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> a partir de un nMDS .....	32
<b>Figura 14.</b> Índice de Importancia de Presa Especifica (% PSIRI) por estadio de madurez de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en Bahía Tortugas, B.C.S... 33	33
<b>Figura 15.</b> Índice de Importancia de Presa Especifica (% PSIRI) por temporada de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en Bahía Tortugas, B.C.S. .... 34	34
<b>Figura 16.</b> Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para ambos sexos de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> . .... 36	36
<b>Figura 17.</b> Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para estadio de madurez de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> . .... 37	37
<b>Figura 18.</b> Valores isotópicos de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ por temporadas de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> . .... 38	38
<b>Figura 19.</b> Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> por sexo. ..... 39	39
<b>Figura 20.</b> Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> por estadio de madurez. .... 40	40
<b>Figura 21.-</b> Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> por temporadas. .... 41	41
<b>Figura 22.-</b> Porcentaje de la contribución relativa de las presas a la dieta de <i>Z.</i> <i>exasperata</i> . .... 43	43

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla I.-</b> Valores de las curvas acumuladas de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> de manera general, por sexo, por estadio de madurez y temporadas. ....	25
<b>Tabla II.-</b> Espectro trófico del pez guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en Bahía Tortugas, .....	28
<b>Tabla III.-</b> Índice de Levin para la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> en diferentes categorías. ....	35
<b>Tabla IV.-</b> Valores promedio y desviación estándar de: $\delta^{15}\text{N}$ , $\delta^{13}\text{C}$ y C:N de <i>Z. exasperata</i> . ....	35
<b>Tabla V.-</b> Valores de traslapo trófico por temporadas de la guitarra bandeada <i>Z. exasperata</i> . ....	42
<b>Tabla VI.-</b> Valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de las presas de <i>Z. exasperata</i> en el área de estudio. ....	42
<b>Tabla VII.-</b> Porcentaje de contribución relativa de las presas de <i>Z. exasperata</i> . ....	43
<b>Tabla VIII.-</b> Porcentaje de contribución relativa de las presas de <i>Z. exasperata</i> por temporada. ....	44

## Glosario

**Enriquecimiento isotópico:** Término utilizado para referirse a un tejido que tiene valores  $\delta$  más positivos que su dieta (Martínez del Río *et al.*, 2009)

**Factor de discriminación:** Diferencia entre los valores isotópicos del consumidor y su dieta (Martínez del Río *et al.*, 2009).

**Fraccionamiento isotópico:** Proceso diferencial en el comportamiento de los isótopos estables en el cual los isótopos ligeros tienden a reaccionar con mayor facilidad favoreciendo la concentración de los isótopos pesados (Fry, 2006).

**Isoterreno:** Zona geográfica con distinta señal isotópica desde la base derivada de distintas fuentes de variación isotópica (Graham *et al.*, 2010).

**Isótopo estable:** Es un isótopo que posee gran energía de enlace que no permite que el núcleo sea separado en sus partículas individuales, y a la razón  $N/Z+$  que debe ser aproximadamente inferior a 1-1.5 (Criss, 1999).

**Isótopo:** Término químico proveniente de los sufijos griegos “iso: igual y topo: lugar. El término se aplica a los átomos (estables o inestables) del mismo elemento con el mismo número de protones ( $Z+$ ) y electrones ( $e-$ ) pero diferente número de neutrones ( $N$ ). Los isótopos se distinguen por la masa atómica (suma de protones ( $Z+$ ) y neutrones( $N$ )) (Criss, 1999).

**Nicho ecológico:** Término que describe el papel funcional de una especie o población en el ecosistema (Hutchinson, 1957).

**Nicho isotópico:** Área definida dentro del espacio  $\delta$  con valores isotópicos (valores  $\delta$ ) como coordenadas (Newsome *et al.*, 2007). Nicho.

**Nicho trófico:** El concepto de nicho trófico describe la posición trófica y el espectro de los consumidores en las redes tróficas (Chen *et al.*, 2010).

**Nivel trófico:** Posición o categoría en la que se clasifica un determinado organismo dentro de la red trófica; dicha posición está dada de acuerdo a la manera en la cual obtiene su materia y energía (Gerking, 1994).

**Tasa de recambio isotópica:** Periodo en el que el valor del isótopo estable es discriminado e incorporado en el tejido del consumidor y este refleja la señal isotópica de un nuevo recurso alimenticio, después de un cambio entre dietas isotópicamente distintas (Carlisle *et al.*, 2012).

**$\delta^{13}\text{C}$ :** Relación isotópica de  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  expresada en partes por mil, sobre un estándar (Pee Dee Belemnite) (Rau *et al.*, 1990).

**$\delta^{15}\text{N}$ :** Relación isotópica de  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  expresada en partes por mil, sobre un estándar (Nitrógeno atmosférico) (Rau *et al.*, 1990).

## Resumen

La raya guitarra bandeada *Zapteryx exasperata* es un batoideo de importancia comercial en el noroeste de México, siendo un componente principal en las capturas de la pesquería artesanal de rayas en Baja California Sur. Sin embargo, se conoce poco acerca de su ecología trófica, por ende, la importancia que tiene dentro de la trama trófica es desconocida. El objetivo de este trabajo fue determinar la ecología trófica de *Z. exasperata* a partir del análisis de contenidos estomacales e isótopos estables de C y N en el área de Bahía Tortugas, Baja California Sur, para lo cual se realizaron muestreos estacionales desde el 2012 al 2017. En total se analizaron 346 estómagos de los cuales solo 142 presentaron contenido. El intervalo de tallas varió entre 49 a 105 cm de longitud total (LT). Con el análisis de contenido estomacal se identificaron 32 especies presas, de acuerdo con el % PSIRI, las presas principales fueron: la langostilla *Pleuroncodes planipes* (26.9 %), camarones peneidos (8.5 %), los peces sapo *Porichthys notatus* (7 %) y *Porichthys* spp. (5 %), más restos de crustáceos y peces que aportaron el 22.7 %. Se encontraron diferencias en la dieta entre la temporada fría y los años donde se presentó el ENSO y La Mancha la cual fue considerada como cálida anómala, no encontrándose diferencias alimenticias entre sexos ni estadio de madurez. Los análisis de isótopos estables de 326 muestras de músculos de *Z. exasperata* y 27 presas diferentes registraron valores promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  de -17.14 ‰ y  $\delta^{15}\text{N}$  de 18.01 ‰, se encontraron diferencias significativas en las categorías por sexo y temporadas en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$ . Con el análisis SIBER se encontraron nichos isotópicos similares en todas las categorías, permitiendo un traslapo trófico. De acuerdo con la varianza de los valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , con excepción de los juveniles, *Z. exasperata* fue considerado como un depredador especialista. La especie presentó un nivel trófico de 3.8. El modelo de mezcla indicó que los camarones peneidos y la langostilla *P. planipes* fueron las presas que más asimiló el depredador.

**Palabras claves:** Alimentación, Espectro trófico, Fraccionamiento isotópico, Isótopos estables, Traslado trófico.

## **Abstract**

The banded guitarfish *Zapteryx exasperata* is a batoid of commercial importance in northwest México, being a main component in the catches of the artisanal ray fisheries in Baja California Sur. However, little is known about its trophic ecology, therefore, the importance it has within the trophic network is unknown. The objective of this research was to determine the trophic ecology of *Z. exasperata* using stomach contents analysis and stable isotopes of C and N in Bahía Tortugas, Baja California Sur, Seasonal samplings were carried out from 2012 to 2017. 346 stomachs were analyzed, of which only 142 presented food. The size range was between 49 to 105 cm of total length (TL). prey species were identified in the stomach content, according to the %PSIRI, the main prey were: the red crab *Pleuroncodes planipes* (26.9%), Penaeid shrimp (8.5%), the toad fish *Porichthys notatus* (7%) and *Porichthys* spp. (5%), and remains of crustaceans and fishes that contributed 22.7%. Differences were found in the diet between the cold season and the years in which the ENSO and The Blob presented, which was considered as an anomalous warm season, with no differences found between the sexes or maturity stage. Stable isotope analyzes of 326 muscle samples from *Z. exasperata* and 27 different prey recorded average values  $\delta^{13}\text{C}$  of  $-17.14$  ‰ and  $\delta^{15}\text{N}$  of  $18.01$  ‰, significant differences were found in the categories by sex and seasons in the values of  $\delta^{15}\text{N}$ . Similar isotopic niches were found in all categories with SIBER analysis, allowing trophic overlap. According to the variance of  $\delta^{15}\text{N}$  values, except for juveniles, *Z. Exasperata* was considered a specialist predator. The species presented a trophic level of 3.8. The mixing model indicated that the Penaeid shrimp and the red crab *P. Planipes* were the preys that were most assimilated by the predator.

**Key words:** Feeding, trophic spectrum, isotopic fractionation, stable isotopes, trophic overlap.

## Introducción

En México se han registrado 85 especies de batoidimorfos (rayas), de las cuales 35 presentan importancia comercial, de éstas, 18 se encuentran en el Pacífico mexicano y 17 en el Golfo de México y Mar Caribe (Salomón-Aguilar, 2015). En el Pacífico mexicano las familias más representativas tanto por su presencia como por su valor económico son la familia Rhinobathidae donde se incluyen a pez guitarra *Pseudobatos productus* y la guitarra moteada *Pseudobatos glaucostigmus* y de la familia Trygonorrhinidae se incluye a la guitarra bandeada *Zapteryx exasperata*, seguidas por otras especies de rayas que de igual forma presentan un valor económico en las pesquerías (Villavicencio-Garayzar, 1996; Márquez-Farías *et al.*, 2006; Salomón-Aguilar, 2015; Moore, 2017).

Las pesquerías de la costa occidental de Baja California Sur son impactadas durante dos temporadas, una cálida (julio-diciembre) y otra fría (enero-junio), las cuales están influenciados por la Corriente Nor-Ecuatorial (CNE) y la Corriente de California (CC), respectivamente, siendo la temporada fría la que presenta mayor captura de organismos (Lluch-Cota *et al.*, 2000; Trasviña-Castro *et al.*, 2000; Pörtnerh y Peck, 2010; Guzmán del Proó *et al.*, 2011). Sin embargo, estas temporadas se ven afectadas por dos variabilidades oceanográficas de alta frecuencia, los cuales son El Niño y La Niña, El Niño (la fase cálida) se relaciona con la presencia de una masa de agua anómalamente cálida en la costa americana del Pacífico, que eleva de manera también anormal el nivel medio del mar. Lo contrario, el enfriamiento de la costa americana y bajo nivel medio del mar se relaciona con los eventos denominados “La Niña” o fase fría (Magaña *et al.*, 1997; Martínez-García y Lluch-Belda, 2000; Bernal *et al.*, 2001; Méndez-González *et al.*, 2010; Guzmán del Proó *et al.*, 2011; Ormaza-González, 2016).

En el 2014 se presentó un fenómeno anómalo denominado como “La Mancha” o mejor conocido como “*The Blob*”, la cual surgió en el invierno del 2013-2014, siendo una masa de agua caliente que se produjo en el noreste de Alaska y viajó al sureste por las costas de California hasta llegar a Baja California Sur, teniendo una duración hasta mediados del 2015; De igual forma durante ese mismo año, se presentó otro fenómeno

denominado El Niño, el cual terminó a mediados del 2016, estos dos fenómenos al conjugarse provocaron un aumento en la temperatura promedio del mar de hasta 4°C (Bond *et al.*, 2015; Cavole *et al.*, 2016; Dewey, 2016), provocando una estratificación de las masas de agua y de la termoclina; afectando la zona productiva y provocando un cambio en la distribución de las especies, así como en sus abundancias, otro efecto provocado fue que muchas especies tropicales y templadas migraron a aguas más al norte, provocando un cambio en la dieta de depredadores (Magaña *et al.*, 1997; Magaña, 2004; Pörtner y Farrell, 2008; Pörtner y Peck, 2010; Fernández, 2015; Bond *et al.*, 2015).

Dado que los depredadores son altamente resistentes a su hacinamiento (es decir, toleran bien la competencia intraespecífica) y son eficientes en buscar y capturar a sus presas (Ovchinnikov, 1970), los estudios de ecología trófica se han vuelto muy importantes debido a que permiten conocer las interacciones depredador-presa y los flujos de energía del ecosistema (Gascoigne y Lipcius, 2004; Torres-Rojas, 2011). Una manera de estudiar la ecología trófica de un organismo es el análisis de contenido estomacal (Hyslop, 1980). Este análisis tiene la ventaja de que a pesar que nos brinda una ventana de tiempo de 24 h cuando mucho, nos proporciona una resolución taxonómica de las presas de las que se está alimentando el depredador; aunque se debe de señalar que las tasas diferenciales del grado de digestión de las presas hace que el trabajo taxonómico sea más laborioso y complicado, así como también se puede sobrestimar la abundancia de aquellas presas que son digeridas lentamente (*e.g.* peces) (Blanco-Parra *et al.*, 2011). Por otro lado, el uso de isótopos estables ( $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ ) como una herramienta complementaria reduce en gran medida la incertidumbre que presentan los análisis de contenidos estomacales y permite hacer inferencias acerca del alimento asimilado con una ventana de tiempo más amplia, ya que provee información a largo plazo (días, semanas, meses o años) y dependerá del tipo de tejido con el que se trabaje (sangre, músculo o vertebra) (Vander-Zanden *et al.*, 2000). Al combinarse ambas técnicas, es factible determinar las interacciones tróficas depredador-presa en una escala de tiempo más amplia. Por otro lado, Post (2002) desarrolló una ecuación por medio de la cual, utilizando los isótopos estables de C y N es posible determinar el nivel trófico de los consumidores.

Ahora bien, considerando que la composición química del depredador está influenciada por la parte bionómica (parte biológica) y la parte escenopética (parte ecológica); en otras palabras, está influenciado por lo que come y el hábitat, cada organismo presenta una firma isotópica particular, la cual es la diferencia en la tasa de isótopos ligeros con respecto a los pesados (Hobson *et al.*, 1997; Post, 2002; Newsome, 2007). En este tipo de análisis se utiliza el carbono y nitrógeno, el nitrógeno por presentar un mayor enriquecimiento isotópico (aproximadamente entre 3 y 3.5 ‰) es utilizado para determinar el nivel trófico de la especie, mientras que el carbono por su bajo enriquecimiento isotópico (aproximadamente 1‰) es utilizado para determinar la fuente de nutrición o hábitat donde se llevó a cabo la alimentación (Deniro y Epstein, 1981; Hobson *et al.*, 1997; Post, 2002; Bearhop *et al.*, 2004).

A pesar de que *Z. exasperata* es una de las especies de rayas con mayor captura en México, la información con la que se cuenta acerca de su biología y ecología es muy limitada, por lo que en este trabajo se realiza un análisis de contenidos estomacales e isótopos estables, para de esta forma conocer el tipo de alimentación que tiene dentro de la comunidad marina, así como la posible variación por sexos y estadio de madurez y determinar si se presenta algún tipo de cambio en su patrón alimenticio durante el periodo de del 2012 a 2017, donde se presentaron diversas condiciones oceanográficas para establecer cuál es el papel que juegan dentro de la trama trófica.

## Antecedentes

*Z. exasperata* es una raya bentónica demersal, que habita principalmente sobre el talud continental. Los estudios que se han realizado acerca de este organismo han sido muy escasos, siendo uno de los trabajos realizados el de Valadez-González (2007) quien examinó los contenidos estomacales de diversas especies de rayas, incluyendo a *Z. exasperata* en Bahía de Navidad y el Coco, en el estado de Jalisco, México, encontrando que esta especie consumió principalmente crustáceos (estomatópodos y decápodos) y peces. Por otro lado, un trabajo más completo fue el de Blanco-Parra *et al.* (2011) quienes realizaron estudios del contenido estomacal e isótopos estables de *Z. exasperata* en el Golfo de California, en el estado de Sonora, encontrando que las presas principales fueron peces demersales de fondos blandos, principalmente los peces sapo *Porichthys margaritatus*, y teniendo como presa secundaria a la anchoveta *Engraulis mordax*, la cual es un pez pelágico. No se encontraron diferencias significativas en la alimentación entre sexos ni estadios de madurez. También determinaron que esta especie es de hábitos nocturnos y presentó un nivel trófico de 4.1.

En el sur de América, específicamente en la costa occidental de Colombia, Mejía-Falla *et al.* (2006) y Navia *et al.* (2007) realizaron estudios con *Zapteryx xyster*, la cual es una especie diferente pero perteneciente al mismo género, encontrando que ésta especie se alimenta principalmente de crustáceos (camarones peneidos y la mantis *Squilla panamensis*), seguido de peces de la familia Batrachoidae y Cynoglossidae; concluyendo que es una especie nocturna principalmente y generalista.

Por otro lado, Barbini *et al.* (2011), Marion *et al.* (2011) y Bornatowski *et al.* (2014a) realizaron trabajos en las costas Uruguay, Argentina y de Brasil, trabajando con la especie *Z. brevirostris*, encontrando que esta especie se alimenta principalmente de poliquetos, camarones carídeos, cefalocordados, anfípodos, cumáceos y anélidos. Considerándolo como un depredador especialista temporal.

## **Justificación**

Mundialmente los estudios realizados para la familia Rhinobatidae y Trygonorrhinidae han ido en aumento, no obstante, para México los estudios realizados son insuficientes, particularmente para Baja California Sur, la cual carece de información en lo que se refiere a la ecología trófica de *Z. exasperata* (Valadez-González, 2007; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

Las rayas son componentes importantes de las costas y del sistema socio-ecológico, ya que han servido de sustento alimenticio durante años a la comunidad costera. Las rayas pueden contribuir a la economía local a través del ecoturismo de buceo, la pesca recreativa y a la educación como exposiciones en acuarios públicos (Moore, 2017). Por el lado ecológico, fungen como depredadores demersales, jugando un papel importante en el funcionamiento trófico de los ecosistemas de fondos blandos, ya que regulan a los mesodepredadores bentónicos costeros, los cuales consumen a los consumidores primarios (Roux *et al.*, 1995).

Por esta razón, se debe considerar la biología básica y enfatizar en el conocimiento de la dinámica poblacional y de la actividad pesquera de *Z. exasperata* (Escobar-Sánchez, 2004). En este trabajo se plantea conocer la ecología trófica de esta especie basado en análisis de contenidos estomacales e isótopos estables de carbono y nitrógeno, con el fin de estimar su importancia como depredador de la comunidad marina durante el periodo del 2012 al 2017, donde se presentaron diversas condiciones oceanográficas.

## **Objetivo**

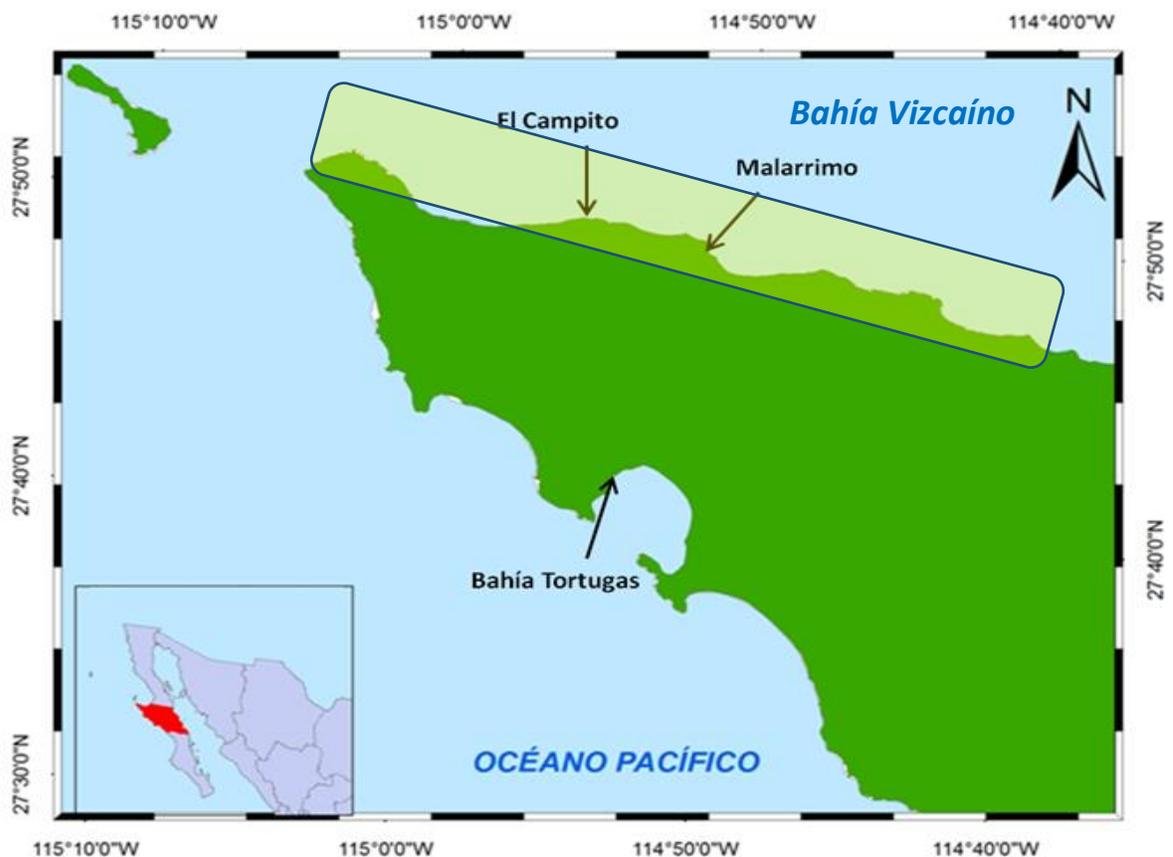
Determinar la ecología trófica de *Z. exasperata*, a partir del análisis de contenidos estomacales e isótopos estables de C y N en el área de Bahía Tortugas, Baja California Sur.

## **Objetivos particulares**

- Identificar la composición específica del espectro trófico en la dieta de *Z. exasperata* tanto por sexo como por estadio de madurez, con base al contenido estomacal y el análisis de isótopos estables.
  
- Calcular la amplitud y traslape trófico entre sexos y estadios de madurez, con base al análisis de contenido estomacal e isótopos estables.
  
- Definir el nivel trófico con base al análisis de contenido estomacal e isótopos estables.
  
- Analizar si hay diferencias alimentarias entre temporada cálida y fría, así como por efecto del ENSO y de La Mancha.

## Área de estudio

Bahía Tortugas se encuentra dentro de la reserva del Desierto de Vizcaíno, perteneciente al municipio de Mulegé (Fig. 1); presenta un clima seco semi-cálido con escasez de lluvias, con una precipitación pluvial alrededor de 43 mm anual, siendo la mayor parte de la península de Vizcaíno una zona salitral (Pedrin-Aviles y Padilla-Arredondo, 1999); se llega a alcanzar una temperatura media anual entre 12 y 18 °C. La localidad se encuentra influenciada por los vientos alisios que penetran desde el Este y el Oeste (Flores, 1970; INE, 1989; UMAFOR, 2010).



**Figura 1.** Área de estudio, Bahía Tortugas, Baja California Sur, México (Vázquez-Moreno, 2015), el área marcada en el rectángulo es la zona de pesca.

De acuerdo con el estudio realizado por Pedrin-Aviles y Padilla-Arredondo (1999) y Morales-Zárata *et al.*, (2011) el suroeste de Baja California presenta costas tipo acantiladas y playas tipo rocosas, ostenta sedimentos arenosos en las cercanías de las costas y limo-arenosos en el fondo marino; la plataforma continental es casi plana con una pendiente  $<1^\circ$ , con una extensión mínima de 30 m aproximadamente y máxima de 130 m y una caída del talud de 200 a 250 m; su batimetría presenta escasez de accidentes fisiográficos.

La costa de la Bahía de San Sebastián Vizcaíno, es un área muy dinámica y está influenciada por dos temporadas muy marcadas: la cálida y la fría; la primera se presenta de agosto a noviembre, predominando la Corriente Nor-Ecuatorial la cual es una masa de agua caliente, favoreciendo la existencia de peces tropicales, teniendo una temporada de transición, la cual abarca de diciembre a enero; por otro lado, la temporada fría va de febrero a mayo y está influenciada por la Corriente de California así como la corriente Sub-Superficial de California, la cual es agua templada-fría, favoreciendo especies subtropicales y transicionales templado-cálidas, esta tiene su transición en los meses de junio-julio (Lynn y Simpson, 1987; Trasviña-Castro *et al.*, 2000; Hernández-Rivas *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; Morales-Zárata *et al.*, 2011).

La bahía de San Sebastián Vizcaíno presenta un aporte de una gran productividad primaria debido a las surgencias que se producen en la costa de la península, reportándose valores de clorofila de hasta  $6.2 \text{ mg m}^{-3}$ , en tanto que el valor medio de producción primaria fue de  $991 \text{ mg Cm}^{-2}\text{día}^{-1}\text{Dia}^{-1}$ , principalmente en la temporada fría (INE, 1989; Hernández-Rivas *et al.*, 2000; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008; Villavicencio, 2012), lo que le confiere una riqueza de especies altamente notable (220 especies). Esta alta diversidad de especies se puede atribuir al sistema de corrientes, la topografía y batimetría, que en conjunto forman un ecosistema muy dinámico con una gran variedad de hábitats y con un amplio régimen térmico (Amador-Buenrostro *et al.*, 1995; Rodríguez-Romero *et al.*, 2008).

## **Metodología**

### **Trabajo de campo**

La captura de los organismos se realizó por la pesca artesanal, realizando un muestreo diario durante los meses de marzo-abril, agosto-septiembre y noviembre, desde el 2012 hasta el 2017, teniendo en cuenta el periodo de veda de mayo-julio, a través del proyecto “Ecología trófica de los elasmobranquios en bahía Tortugas, Baja California Sur”, con clave SIP 20170563.

Los organismos se capturaron con una red de enmalle, la cual constaba de tres redes o paños con una longitud de 150 m cada una y una luz de malla de 4 y 8 pulgadas; el proceso consistió en levantar la malla alrededor de las 6 am, para extraer todos los organismos, una vez extraído los organismos atrapados en la red se tendía nuevamente de forma paralela a la línea de costa alrededor de las 8 am. Los organismos fueron llevados al campo pesquero para su procesamiento. Una vez en tierra, a cada organismo se le tomaron datos morfométricos y biométricos como: longitud total (LT), ancho de disco (AD), peso, sexo y para el caso de los machos la calcificación del gonopterigio, así como fecha de captura.

Posteriormente se realizó una incisión en la parte ventral para remover el estómago y se tomó una muestra de músculo con un peso aproximado de 5 g cerca de la parte cervical del lado dorsal y cada muestra se colocó en una bolsa de plástico debidamente etiquetada; se procuró que las muestras de músculo fuesen tomadas del mismo lugar para evitar algún sesgo.

Asimismo, para tener valores isotópicos de la base de la cadena trófica, se tomaron del trabajo de Murillos-Cisneros (2018), quien realizó un estudio de metales pesados en la zona de Bahía Tortugas y obtuvo los valores de isotopos estables del zooplancton.

## Trabajo de laboratorio

### Contenido estomacal

Se obtuvo un total de 346 muestras de músculos y de estómagos; posteriormente se separaron entre sexo, estadio de madurez y por temporadas; para obtener la separación entre adultos y juveniles, se utilizó la talla de primera madurez descrita por Cervantes-Gutiérrez (2018), donde *Z. exasperata* alcanza la madurez a los 70 cm para hembras y a los 67 cm para machos.

En el laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN-IPN, se procedió a abrir los estómagos y a separar las diferentes especies presas encontradas de acuerdo con el grupo taxonómico (peces, crustáceos, cefalópodos), identificándolos hasta el mínimo taxón posible de acuerdo con el estado de digestión en el que se encontraron, estableciéndose los cuatro estados digestivos que a continuación se enlistan de acuerdo con Galván-Magaña (1999):

- El estado 1: presas completas o que tienen en su mayoría la piel y sus características morfológicas externas casi intactas.
- Estado 2: se encuentran a los organismos sin sus características morfológicas externas (piel y aletas), pero con presencia de músculo y con el esqueleto completo o casi completo.
- Estado 3: se presentan únicamente restos de esqueletos de peces o los exoesqueletos de crustáceos.
- Estado 4: son partes sueltas del esqueleto, otolitos de peces, picos de cefalópodos.

Los peces con un grado de digestión avanzado fueron identificados utilizando la colección osteológica de peces del laboratorio de Ecología de Peces de CICIMAR-IPN, así como las claves taxonómicas de Clothier (1950), Clothier y Baxter (1969), Watt *et al.* (1997), asimismo para otolitos se usaron las claves de Menni y Miquelarena (1976), Eschmeyer *et al.* (1983), Harvey *et al.* (2000), Lowry (2011), Santillán (2011) y

Schwarzahns y Aguilera (2016). Mientras que para organismos con nulo o poco estado de digestión, se utilizaron las claves de Miller y Lea (1972), Allen y Robertson (1994) y McEachran y Di Sciara (1995). Para los crustáceos se utilizaron los trabajos de Hendrickx (1995) y Fisher *et al.* (2015) y para cefalópodos se utilizó el estudio de Jereb *et al.* (2013) y la colección de picos del laboratorio de Ecología de peces de CICIMAR-IPN. Una vez identificadas las presas se obtuvo el peso, la abundancia y la frecuencia de ocurrencia de cada especie presa.

## **Isótopos estables**

### **Procesamiento de los músculos**

A las presas en un estado digestivo 1 o nulo se les tomó un fragmento de músculo, para observar su firma isotópica, por lo que se colocaron en viales Eppendorf. De los músculos de las rayas obtenidos en campo, se obtuvo un fragmento pequeño y se colocaron en viales Eppendorf evitando hacer contacto directo con cada muestra para no contaminarla y entre cada muestra los utensilios fueron lavados con éter petróleo, posteriormente se colocaron en una liofilizadora marca LABCONCO a una presión de 0.120 mbar y a -43°C por 48 h para extraer la humedad (Li *et al.*, 2016).

### **Extracción de urea**

Los tiburones y rayas presentan osmorregulación, la cual les permite retener urea, así como un alto contenido de grasas, por lo que los lípidos y la urea en elasmobranquios deben ser extraídos, debido a que tienen efecto en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  respectivamente (Hussey *et al.*, 2010; Hussey *et al.*, 2012; Kim y Koch, 2012; Li *et al.*, 2016). Sin embargo, Post *et al.* (2007) mencionan que también se puede realizar una corrección aritmética para la eliminación de lípidos, por lo que en este trabajo se utilizó esta corrección.

Ya liofilizados los músculos, se prosiguió a extraer la urea de acuerdo con la metodología de Kim y Koch (2012), para lo cual se utilizó un zonificador marca Branson 8800 ultrasonic cleaner. Cada muestra se colocó en tubos de ensayo y se le agregó 15 ml de agua desionizada, después se colocó en la zonificadora durante 15 min. Pasado este tiempo se retiró el agua y se volvió a realizar el procedimiento antes mencionado tres veces y después se volvió a liofilizar.

Una vez liofilizadas las muestras, estas fueron molidas con un molino marca Retsch por 30 seg a 20 revoluciones por seg, posteriormente se pesó aproximadamente entre 0.6 y 1.2 mg en una micro balanza analítica marca Kern Sohn-GmbH con una precisión de 0.1 mg y se colocaron en capsulas de estaño; para el análisis de los isótopos estables de carbono y nitrógeno se utilizó un espectrómetro de masas de razones isotópicas marca Thermo Finnigan delta plus XP, combinado con un analizador elemental marca NA 1500 serie 2 nitrógeno/carbono/analizador de azufre, todo esto fue realizado en el Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Granada, España (IACT-UGR), el cual tiene una precisión menor a 0.1 ‰ para ambos isótopos.

## **Trabajo de gabinete**

### **Temperatura del mar**

A partir de la página de la NOAA, en el link "<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/nrlCOAMPS3kmGrid.html>" se obtuvo la base de datos de temperaturas del mar, así como las anomalías trimestrales. Para calcular la temperatura media mensual, se calculó la media diaria y posteriormente la media mensual. Después se obtuvo la temperatura media durante los años 2012 al 2017 y a partir la media general se determinaron las temporadas, por arriba de la media se consideró como temporada cálida y por debajo de la media como temporada fría. Para calcular la temporada cálida anómala, se consideró aquellos meses y años que presentaran en la temperatura superficial del mar un aumento de 1°C. Para corroborar que esta temperatura correspondiera con los eventos de la

mancha y El ENSO se basó en los datos de anomalías de la NOAA, a través de la siguiente página “*HOME > Climate & Weather Linkage > El Niño / Southern Oscillation (ENSO) > Historical El Nino / La Nina episodes (1950-present)*”.

### **Curvas de diversidad acumulada**

Para determinar si el tamaño de la muestra fue suficiente para caracterizar la dieta, se realizaron curvas de diversidad acumulada a través del software Estimates win 8.0 (Colwell, 2006). Mediante permutaciones aleatorias generó valores de diversidad, a partir del índice de Shannon. Una vez generados los valores se procedió a relacionar el número de estómagos revisados (eje horizontal) contra la diversidad acumulada al *i-ésimo* estómago revisado (eje vertical), indicando que el número de estómagos revisados fue suficiente para caracterizar el espectro trófico de cada categoría. Se calculó el coeficiente de variación (CV) como una medida de dispersión de datos, cuando el valor de CV fuese menor a 0.05 se consideró como una mínima variación, teniendo la dieta bien representada.

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

Donde H': Índice de diversidad de Shannon y Pi: Proporción del número de organismo de cada presa.

### **Espectro trófico**

Para conocer cuáles fueron las presas más importantes se utilizaron los métodos propuestos por Hyslop (1980): método numérico (% N) (el cual calcula el porcentaje de cada especie presa), gravimétrico (% W) (calcula el porcentaje de peso que representa cada especie presa) y el de frecuencia de ocurrencia (% FO) (calcula el porcentaje en que cada especie presa estuvo presente).

Con ayuda del programa R V3.3.2 se estimaron los índices de importancia relativa (IRI) propuesto por Pinkas *et al.* (1971), pero modificado por Stevens *et al.* (1982), el porcentaje de importancia relativa (% IRI) de acuerdo con Cortés (1997) y el índice de importancia de presa específica (% PSIRI) (Brown *et al.*, 2012), de los cuales el %IRI se utilizó para comparar con los trabajos anteriores, mientras que el % PSIRI se utilizó para describir dicha dieta y determinar las presas más importantes del espectro trófico de *Z. exasperata*, a partir del método % N, % W y % FO, mediante las siguientes formulas:

$$IRI = (\%N + \%W) * \%FO$$

Dónde IRI = Índice de Importancia Relativa; % N = proporción en porcentaje de la especie N, % W = proporción en porcentaje del peso de la especie N y % FO = proporción en porcentaje de la aparición de la especie N (Cailliet *et al.*, 1986).

Una vez obtenido los valores de IRI, se convirtieron en valores de porcentaje para obtener valores más comparables. Este índice se utilizó para poder comparar el trabajo con publicaciones anteriores.

$$\% IIR = \frac{IIR}{\sum_{i=1}^n IIR} * 100$$

Recientemente se ha venido utilizando el índice de importancia de presa específica propuesto por Brown *et al.* (2012), el cual, es una modificación del índice de importancia relativa (IRI), que contabiliza las abundancias de las presas específicas con respecto a los estómagos donde estuvieron presentes (Pinkas *et al.*, 1971). A diferencia del IRI; el PSIRI es aditivo, proporcionando resultados más homogéneos de las medidas relativas de abundancia del alimento. Dicho índice se calculó con la siguiente formula:

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

Dónde: PSIRI= porcentaje importancia de presa específica, % FO= porcentaje de frecuencia de ocurrencia, % PN= porcentaje de abundancia específica, % PW= porcentaje de peso específico.

### Composición isotópica

Los resultados obtenidos del espectrómetro de masas de razones isotópicas se transformaron a valores de incremento delta ( $\delta$ ), en partes por mil, utilizando la siguiente ecuación (Park y Epstein, 1961):

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

Dónde:  $\delta$ : la diferencia en la composición isotópica entre la muestra y el estándar en partes por mil (‰),  $R_{\text{muestra}}$ =proporción entre los isótopos  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  o  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ,  $R_{\text{estandar}}$ = para el caso de  $\delta^{13}\text{C}$  corresponde a Pee Dee Belemnite (PDB) ( $1.1237 \times 10^{-2}$  para el  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ), mientras que para  $\delta^{15}\text{N}$  es el nitrógeno atmosférico ( $3.677 \times 10^{-3}$  para  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ).

La normalidad de estos valores fue evaluada utilizando la prueba de Shapiro-wilks y se decidió aplicar pruebas no paramétricas, para comprobar si los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  presentaron diferencias significativas, por lo que se utilizó el análisis de Mann-Whitney y Kruskal Wallis, utilizando el programa R v3.3.2.

Posteriormente a los datos se les realizó una corrección aritmética para minimizar la presencia de lípidos, debido a que esto afecta la interpretación ecológica de las señales isotópicas de  $\delta^{13}\text{C}$ , provocando un enriquecimiento de los valores de  $\delta^{12}\text{C}$ , este método tiene una ventaja, la cual no altera los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (Post *et al.*, 2007).

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

Estos valores corregidos proporcionaron una estimación normalizada del  $\delta^{13}\text{C}$  sin el efecto de los lípidos y son comparables a los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  después de una extracción química (Post *et al.*, 2007; Logan *et al.*, 2008). De manera teórica se espera

que estos valores oscilen alrededor de 2.9 y 3.5 ‰, que representan proteínas puras, en caso de que se excedan estos valores indicaría que la muestra presenta lípidos, los cuales probablemente estén sesgando hacia valores negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  (McConnaughey y McRoy, 1979).

### **Amplitud y traslapo trófico (contenido estomacal)**

Para calcular la amplitud de la dieta se utilizó el índice estandarizado de Levin (Krebs, 1989), mediante el empleo del Programa R v3.3.2 y cuya formulación es la siguiente:

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

Dónde  $B_i$  = Índice de Levin para el depredador  $i$ .  $P_{ij}$  = proporción de cada una de las presas ( $j$ ) que conforman la dieta del depredador ( $i$ ) y  $n$  = número total de presas.

Los valores de este índice toman valores de 0 a 1; valores menores a 0.6 indican que la dieta es dominada por pocas presas, por lo que es una especie especialista, mientras que valores mayores a 0.6 indican que tiene una dieta generalista.

Para evaluar el traslapo trófico en la dieta de *Z. exasperata* entre las categorías se utilizó un análisis de escalamiento métrico no dimensional (nMDS), cuyo patrón de dispersión fue puesto a prueba con un análisis de similitud (ANOSIM) (Dale *et al.*, 2011). El estadístico resultante  $R$  ( $-1 > R < 1$ ) describe la similitud entre grupos, con valores cercanos a cero indicando que no hay diferencias y valores cercanos a 1 o -1 indicando separación significativa entre las categorías analizadas. Los valores de  $p$  generados del estadístico  $R$  se consideraron significativos cuando  $p < 0.05$ . en caso de existir diferencias en el ANOSIM, se usará el análisis de similitud de porcentajes (SIMPER) para determinar las presas alimentarias que contribuyen en mayor medida a la disimilitud de dietas (Clarke, 1993).

### **Amplitud y traslapo trófico (isótopos estables)**

Para determinar la amplitud y traslapo trófico entre sexo, estadio de madurez y temporadas se utilizó la prueba SIBER en el software R, la cual fue propuesta por Jackson *et al.* (2011). Este método es una alternativa para la determinación del nicho, la cual se basa en elipses calculadas a partir de matrices de covarianzas las cuales definen la forma y el área en un intervalo de confianza del 95 %, que a su vez representan la amplitud del nicho isotópico, así como la existencia del traslapo entre elipses, las cuales equivaldrían si están compartiendo recursos o utilizando el hábitat de manera similar, considerando valores cercanos a 1 como un traslapo alto y cercanos a 0 como traslapo nulo (Jackson *et al.*, 2011).

Por otra parte, la amplitud de nicho trófico fue considerada tomando los criterios de Bearhop *et al.* (2004) y Newsome *et al.* (2007), los cuales mencionan que la amplitud del nicho puede ser medida con el tamaño de la varianza de los datos de  $\delta^{15}\text{N}$ , valores de varianza menores a 1 corresponden a depredadores con hábitos especialistas, mientras que valores mayores a 1 se consideró como generalistas (Jeager *et al.*, 2009).

### **Modelos de mezcla**

La contribución de las presas a la dieta de *Z. exasperata* se estimó utilizando el modelo de mezclas bayesiano con el paquete MixSIAR en el software R, este modelo utiliza probabilidad bayesiana para explicar la variación de una mezcla (depredador) a partir de diferentes fuentes (presas) con las señales isotópicas de nitrógeno y carbono. Los resultados del modelo evidencian a la presa que es asimilada en mayor proporción, en este caso en el músculo del depredador (Moore y Semmens, 2008; Parnell *et al.*, 2010).

## Nivel trófico

El nivel trófico por medio de contenidos estomacales se determinó a partir del programa TrophLab el cual contiene el nivel trófico de diferentes organismos y está basado en la ecuación establecida por Christensen y Pauly (1992).

$$NT = 1 + \left( \sum_{j=1}^n CD_{ij} \right) (PT_j)$$

Dónde  $NT$ = Nivel trófico,  $CD_{ij}$ = Composición de la dieta, siendo la proporción de la presa (j) en la dieta del depredador (i);  $n$ = Número de grupos en el sistema y  $PT_j$ = posición trófica asignada a cada presa.

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

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

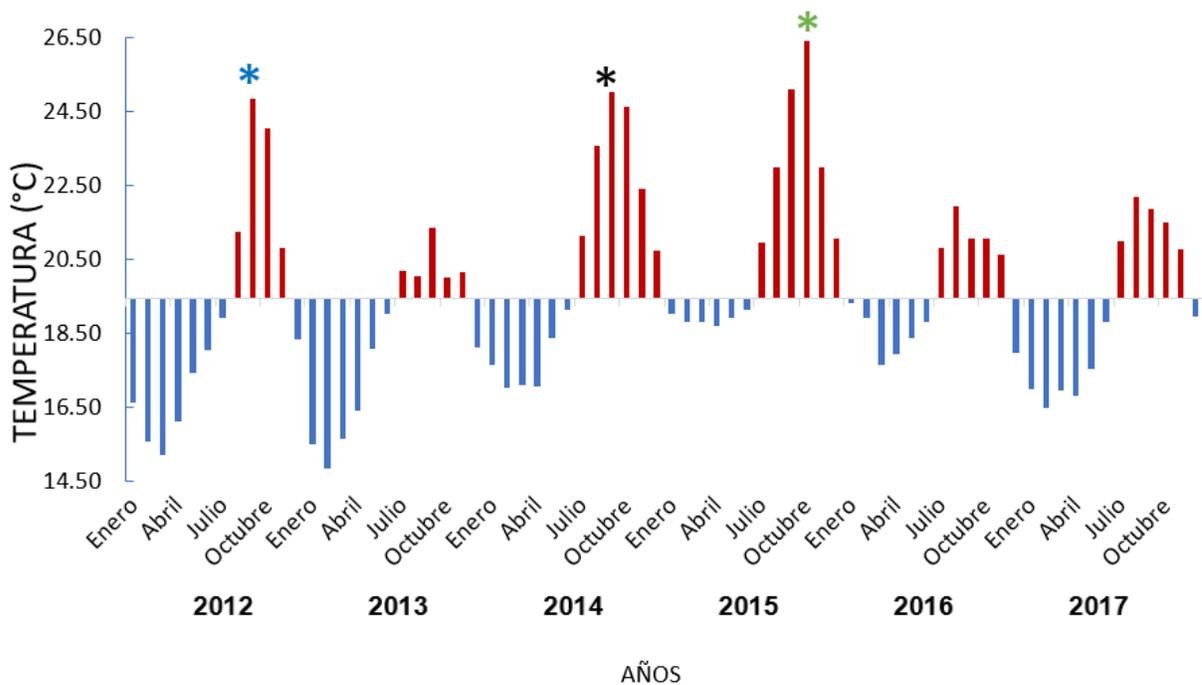
Donde  $\lambda$ = es el nivel trófico de la especie presa usada para estimar  $\delta^{15}N$  base y  $\Delta_n$  es el enriquecimiento en  $^{15}N$  por nivel trófico. En este caso las especies elegidas para calcular el  $\delta^{15}N$  base deberán ser aquellas que compartan el mismo hábitat que la especie objetivo para poder minimizar los efectos de variación.

## Resultados

### Temperatura superficial del mar

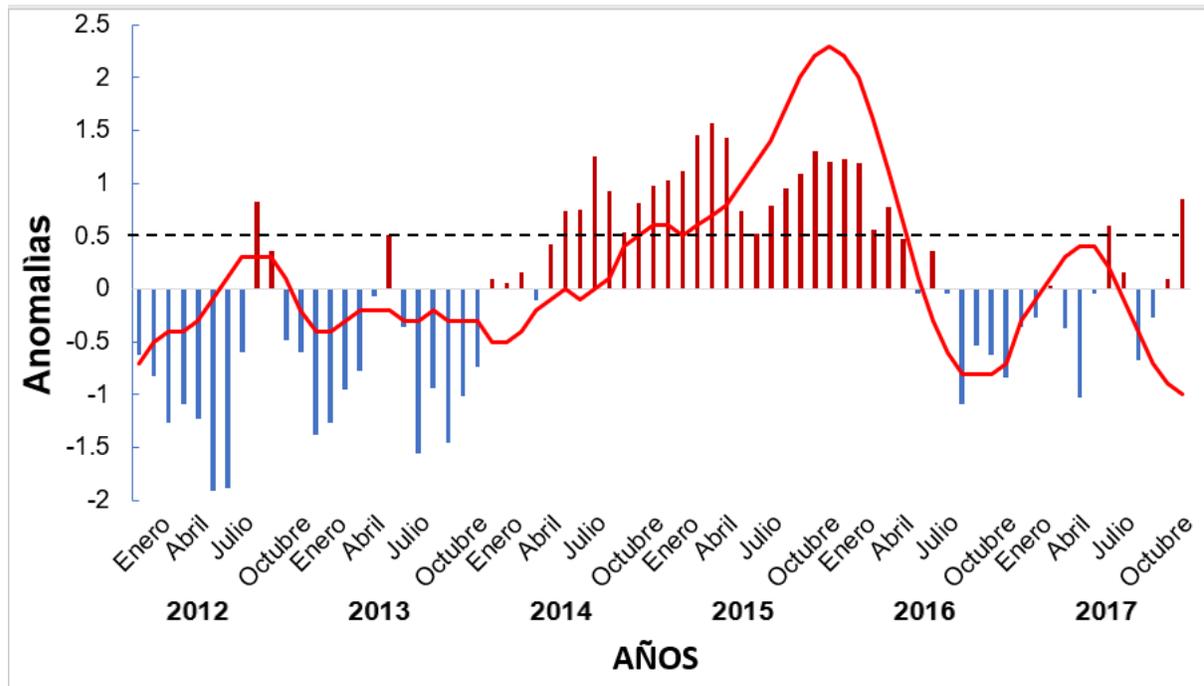
La temporada fría se presentó de enero a junio y la cálida de julio a diciembre para todos los años, registrándose una temperatura promedio desde el 2012 hasta el 2017 de 19.55°C, la temperatura más alta se alcanzó en octubre del 2015 con 26.41°C, concordando con el evento de El Niño (Fig. 2).

Cabe mencionar que en el 2012 se presentó El Niño y en agosto del 2014 se presentó el fenómeno de La Mancha, el cual elevó la temperatura de las aguas adyacentes a las costas de California hasta Baja California Sur y posteriormente se presentó el fenómeno de El Niño en el 2015 donde se registraron temperaturas más altas de lo normal, presentando una temporada fría muy baja en el 2014 y 2015, por lo que se consideró a estos dos años como cálida anómala (Fig. 2).



**Figura 2.** Temperatura promedio del mar en Bahía Tortugas. Donde las barras azules representan la temporada fría y las barras rojas son la temporada cálida. El asterisco verde indica el mes más caluroso del 2015, el asterisco negro indica el mes más caluroso del 2014 y el asterisco azul indica el mes más caluroso del 2012.

Las anomalías del mar de la zona de Bahía Tortugas fueron más cálidas durante el periodo de finales 2014 hasta principios del 2016 contemplándose como una temporada de cálida anómala. A partir de esto se categorizó en tres temporadas: fría, cálida y la cálida anómala (Fig. 3).



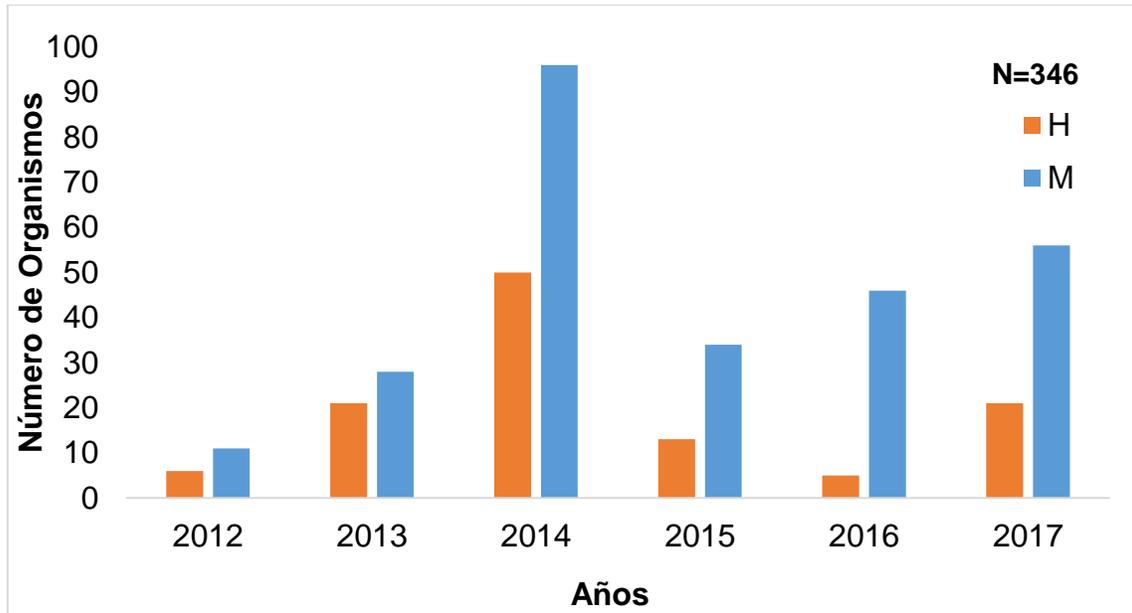
**Figura 3.** Anomalías de la temperatura del mar en Bahía Tortugas. Donde las barras son las anomalías obtenidas en la zona de estudio y la línea son las anomalías de la NOAA.

### Intervalo de tallas

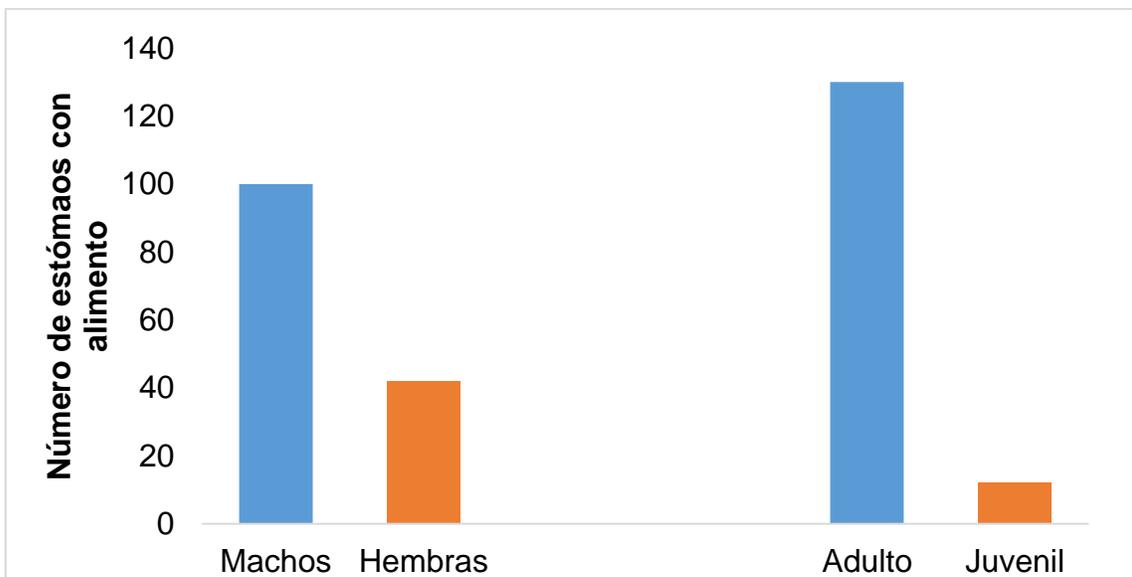
Durante el periodo de muestreo se obtuvo un total de 346 organismos con tallas entre 49 a 105 cm de LT, siendo el 2014 el año con mayor número de captura, seguido del 2017 (Fig. 4), con un total de 133 estómagos (35.5 %) y 75 estómagos (21.7 %), respectivamente. Siendo más abundante los machos que las hembras en todos los años.

De los 346 estómagos, solamente 142 (41.3 %) presentaron alimento, siendo 100 de ellos machos (70.4 %) y 42 hembras (29.6 %); de igual modo 130 fueron adultos (91.5 %) y 12 fueron juveniles (8.5 %) (Fig. 5).

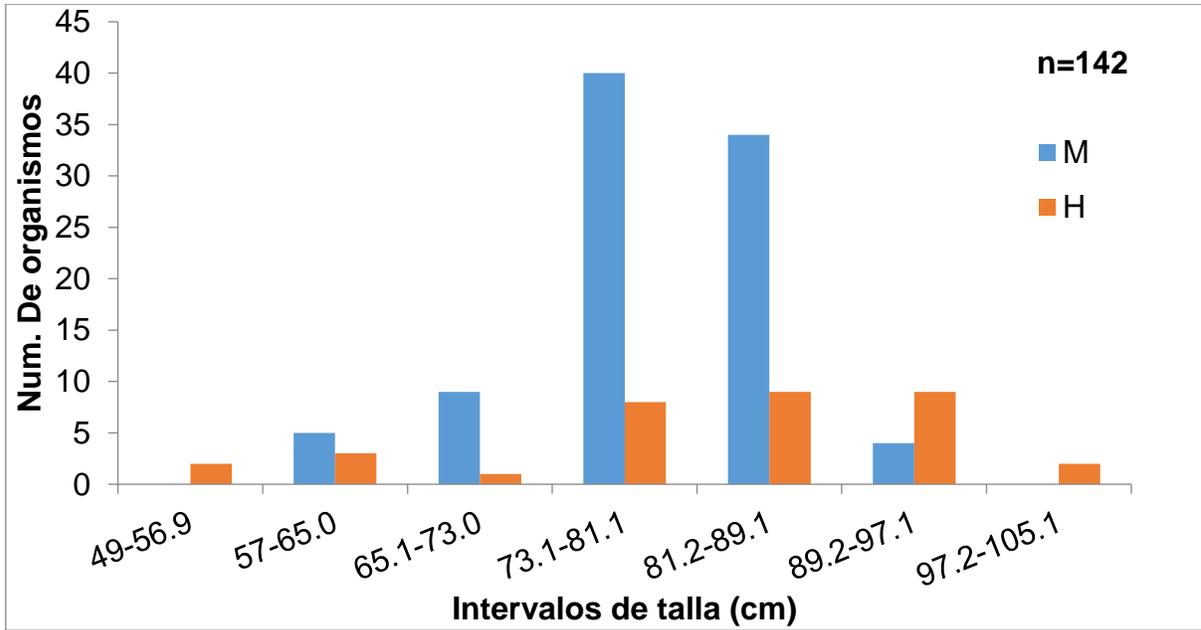
El intervalo de tallas tanto por sexo (Fig. 6) como por estadio de madurez (Fig. 7) de *Z. exasperata* fue de 49 a 105 cm de LT, siendo las tallas más abundantes entre 73.1 y 89.1 cm para ambas categorías, teniendo una proporción de 3:1 machos: hembras, y de 11:1 adultos: juveniles.



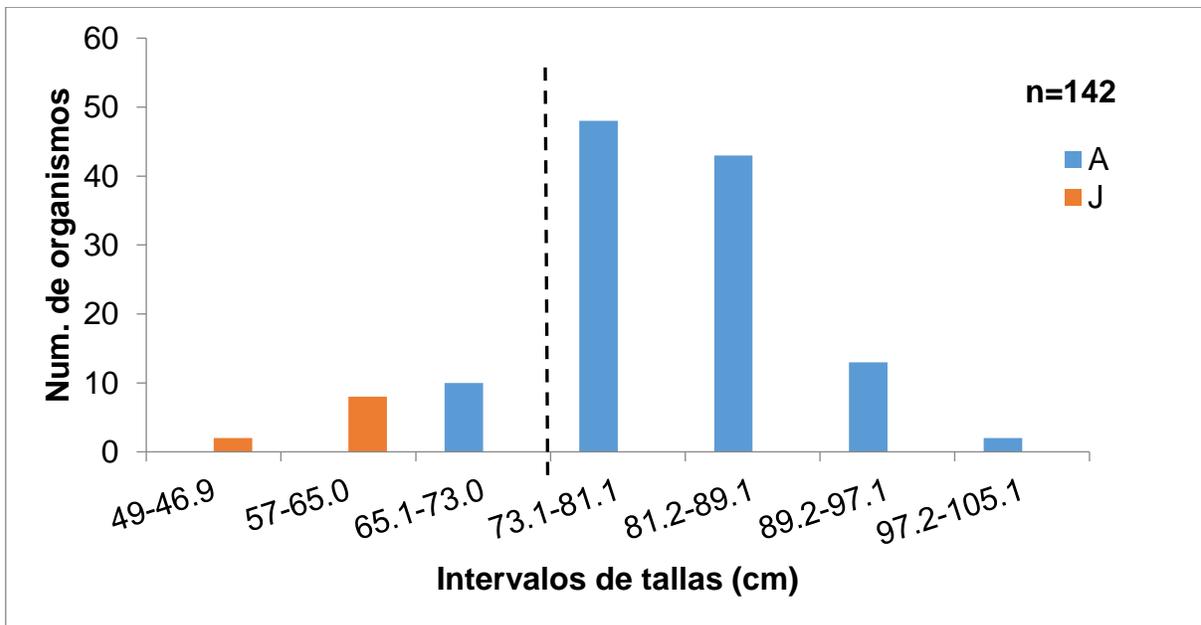
**Figura 4.** Número de estómagos de machos y hembras por año de la guitarra bandeada *Z. exasperata*. Donde H: Hembras y M: Machos.



**Figura 5.** Número de estómagos con alimento por sexo y estadio de madurez de la guitarra bandeada *Z. exasperata*.



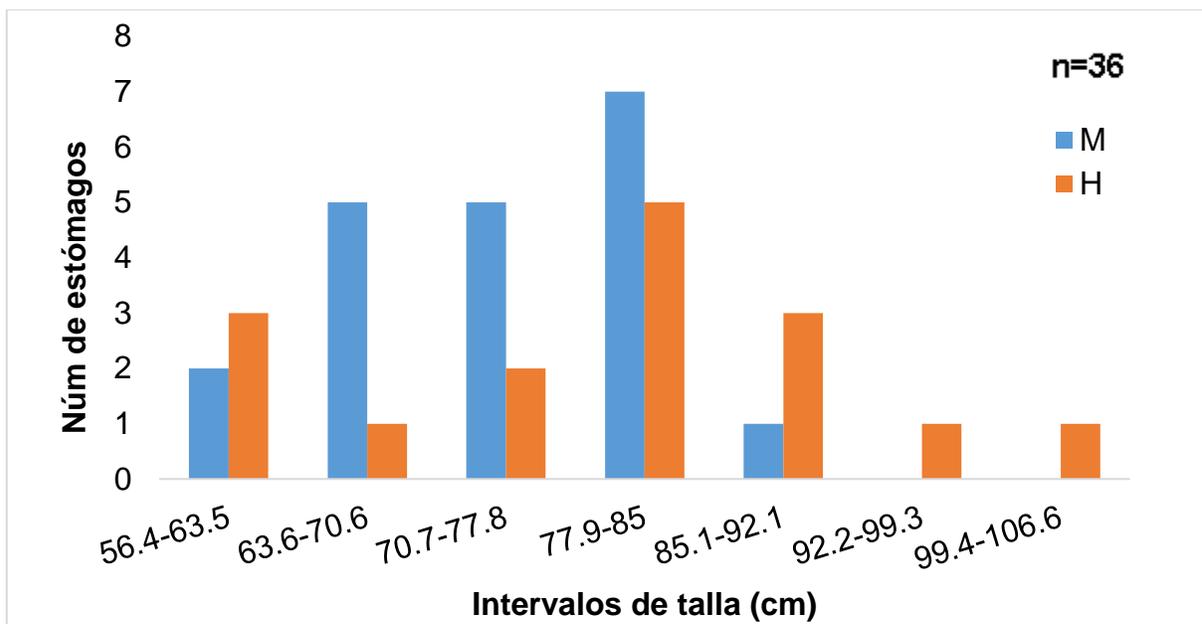
**Figura 6.** Intervalo de tallas por sexo de la guitarra bandeada *Z. exasperata*. Donde H: Hembras y M: Machos.



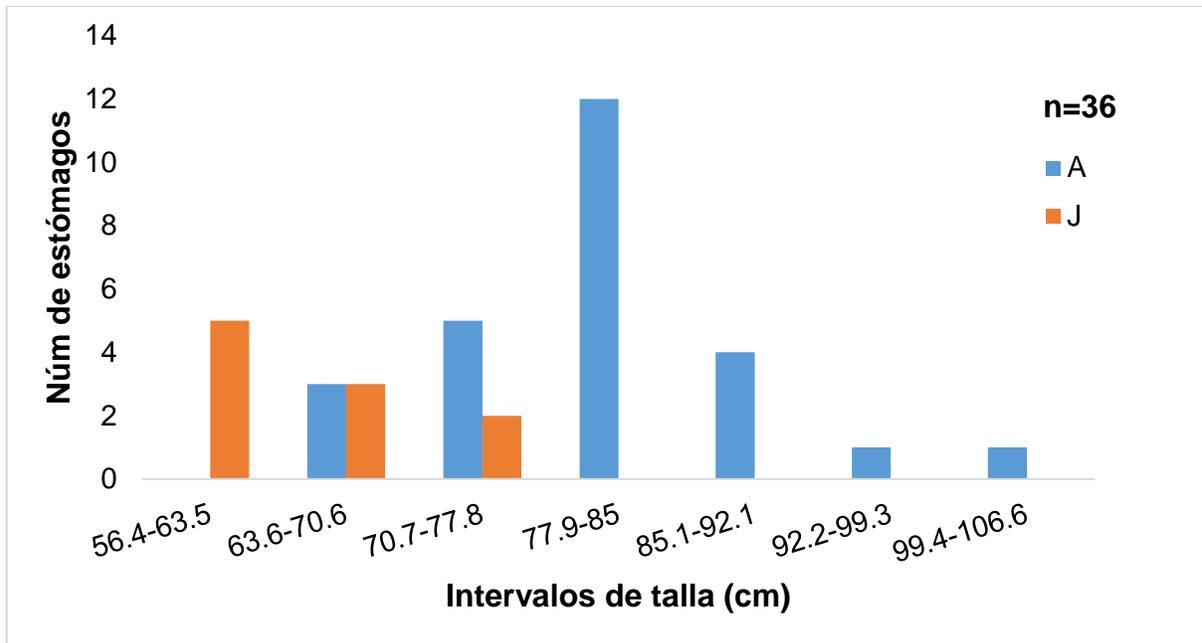
**Figura 7.** Intervalo de talla por estadio de madurez de la guitarra bandeada *Z. exasperata*. Donde A: adulto y J: juvenil. La línea punteada marca a partir de donde comienza el tamaño de los adultos.

En lo referente a las temporadas, el intervalo de tallas fue de 49 a 105 cm de LT. La talla más grande se encontró en la temporada fría (Fig. 8) y la más chica en la temporada cálida anómala (Anexo 1c). Cabe señalar que las tallas más grandes fueron hembras, sin embargo, la abundancia fue mayor en machos que en hembras (Fig. 8, Anexo 1), de igual modo fue mayor en adultos que en juveniles (Fig. 9, Anexo 1).

Las tallas más abundantes en la temporada fría fueron entre los 63 a los 85 cm de longitud; para la temporada cálida las tallas más abundantes fueron 69.7 a 87.2 cm y para la cálida anómala las tallas más abundantes fueron 71.4 a 93.7 cm de longitud total (Anexo 1).



**Figura 8.** Intervalo de talla de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada fría, para la categoría de sexo. M: machos y H: hembras.



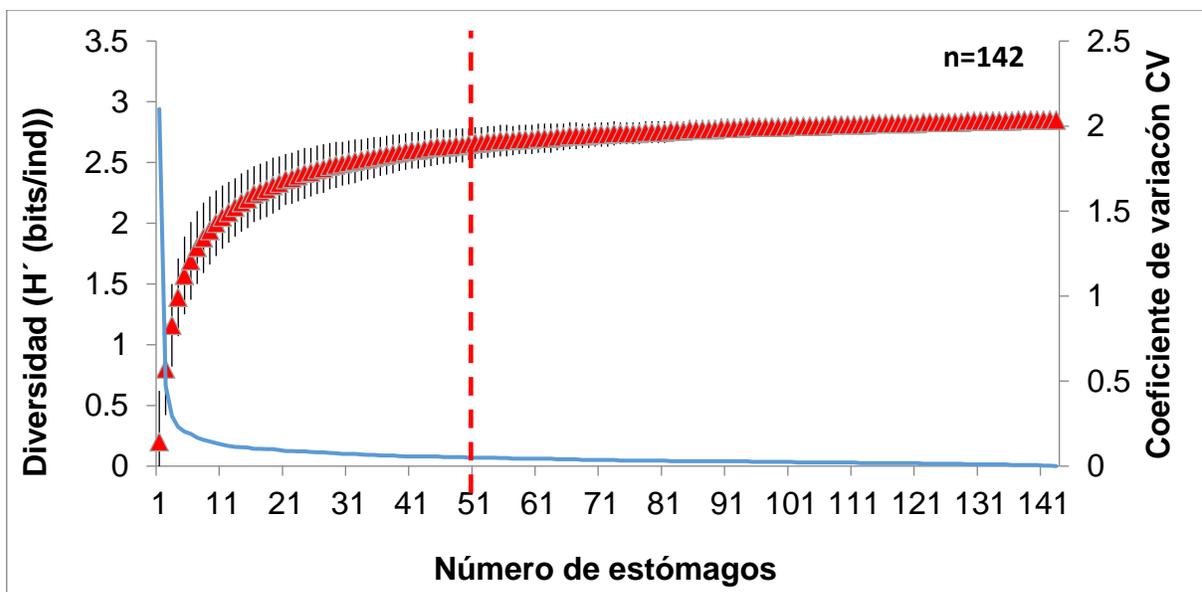
**Figura 9.** Intervalo de talla de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada fría, para la categoría de estadio de madurez. A: adultos y J: juveniles.

## Contenido estomacal

### Representatividad de las muestras (curva de diversidad)

Con base a la curva de acumulación de Shannon-Wiener, el número de estómagos con alimento fue suficiente para caracterizar la dieta de *Z. exasperata* (C.V.=0.049) (Fig. 10). De igual modo se realizó para las categorías de sexo y estadio de madurez (Tabla I y Anexo 2), alcanzando la representatividad de la dieta para cada grupo, con excepción de los juveniles.

En lo que se refiere a las temporadas, también se alcanzó la representatividad de la dieta con un Coeficiente de Variación por debajo de 0.05 (C.V.), sin embargo, solo se trabajó de forma general, debido a que al separarlos por sexos y estado de madurez la dieta no fue representativa (Tabla I y Anexo 3).



**Figura 10.** Curva de acumulación de  $H'$  para contenido estomacal de la guitarra bandeada *Z. exasperata*. Los triángulos rojos son la diversidad acumulada, la línea azul es el Coeficiente de Variación y la línea roja punteada representa donde se alcanzó la representatividad de la dieta.

**Tabla I.-** Valores de las curvas acumuladas de la guitarra bandeada *Z. exasperata* de manera general, por sexo, por estadio de madurez y temporadas.

	<b>Estómagos analizados con alimento</b>	<b>Muestras representativas</b>	<b>C.V.</b>
General	142	50	0.049
Machos	100	48	0.048
Hembras	42	28	0.046
Adultos	124	45	0.047
Juveniles	18	---	---
Fría	36	27	0.046
Cálida	69	34	0.047
Cálida anómala	38	29	0.046

## Espectro trófico

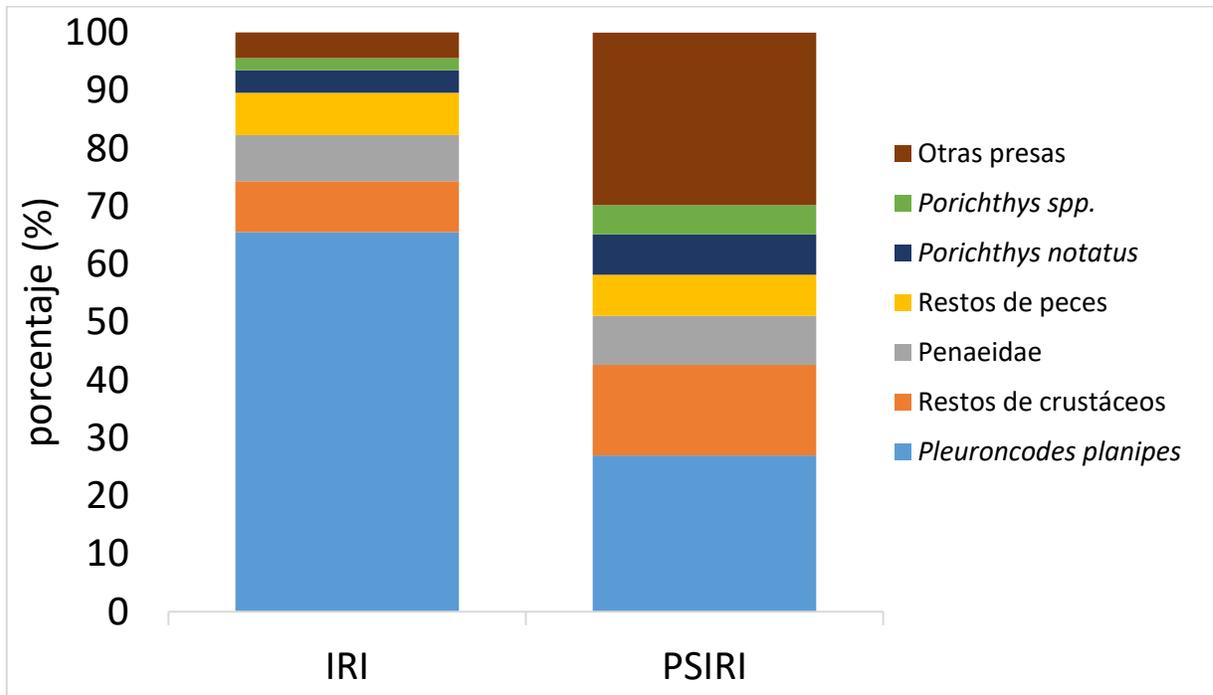
El espectro trófico de *Z. exasperata* estuvo integrado por 31 especies presas, de las cuales 18 correspondieron a peces de nueve familias, 11 a crustáceos de siete familias, dos a cefalópodos de una familia y una esponja que posiblemente fue ingesta accidental (Tabla II). De acuerdo con la abundancia, la categoría principal en la dieta de *Z. exasperata* fueron los crustáceos, dentro de los cuales la langostilla *Pleuroncodes planipes* (24.07 %) fue la presa más importante seguida por camarones peneidos (8.64 %) y otros crustáceos de las familias Portunidae, Albuneidae y Squillidae. Para el caso de los peces, los más importantes fueron los peces sapo *Porichthys notatus* (6.17 %) y *Porichthys* spp (5.56 %), seguido de peces lagarto del género *Synodus* (4.32 %) y de la familia Clupeidae, Sebastidae y Cynoglossidae.

En cuanto a la biomasa total calculada de las presas, se obtuvo un peso total de 1428.85 g, siendo los crustáceos los que aportaron un mayor porcentaje (57.46 %), seguido de los peces (39.43 %) y por último los cefalópodos (3.11 %). La langostilla *P. planipes* fue la especie que aportó una mayor biomasa con 36.78 %, seguida por el pez sapo *P. notatus* (20.35 %), los camarones peneidos (11.9 %) y el pez lagarto de California *Synodus lucioceps* y *Porichthys* spp. con valores de 2.98 % y 2.88 % respectivamente (Tabla II).

La especie más frecuentes en los contenidos estomacales fue *P. planipes* encontrándose en el 31.71 % de los estómagos analizados, seguido de camarones peneidos con 11.38 %, *P. notatus* con 8.13 %, *Porichthys* spp y *Synodus* spp con 7.32 % y 5.69 % respectivamente (Tabla II).

El índice de porcentaje de Importancia Relativa (% IRI) marcó las presas más importantes a crustáceos con un 83.95 %, seguido de peces con un 15.5 %, siendo la presa principal la langostilla *P. planipes* (65.51 %), seguido de camarones peneidos (7.9 %), y posteriormente los peces sapo *P. notatus* (4 %) y *Porichthys* spp (2.1 %) (Tabla II y Fig. 11).

De acuerdo con el Índice de Importancia de Presa Específica (% PSIRI) la presa más importante en la dieta de *Z. exasperata* fueron los crustáceos con un 35.47 %, seguido de peces con un 12.05 %, siendo la presa principal la langostilla *P. planipes* (26.97 %), seguido de camarones peneidos (8.5 %), y posteriormente los peces sapo *P. notatus* (7 %) y *Porichthys* spp (5 %) (Tabla II y Fig. 11).



**Figura 11.** Comparación entre el índice de Importancia Relativa (% IRI) y el Índice de Importancia de Presa Específica (% PSIRI) de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en Bahía Tortugas, B.C.S.

**Tabla II.-** Espectro trófico del pez guitarra bandeada *Z. exasperata* en Bahía Tortugas, expresado en valores absolutos y porcentuales del método numérico (N), gravimétrico (G), frecuencia de ocurrencia (FO), índice de importancia relativa (IIR) e índice de importancia de presa específica (PSIRI).

Especies presa	Nombre común	N	% N	G	% G	% FO	% IIR	% PSIRI
<b>PORIFERA</b>								
Resto de esponja	Ingesta accidental	1	0.62	0.3	0.02	0.81	0.02	0.1
<b>Subtotal</b>		<b>1</b>	<b>0.62</b>	<b>0.3</b>	<b>0.02</b>	<b>0.81</b>	<b>0.02</b>	<b>0.1</b>
<b>MOLLUSCA</b>								
Cephalopoda		1	0.62	25.45	1.78	0.81	0.07	0.6
<i>Octopus spp.</i>	Pulpo común	1	0.62	0.5	0.03	0.81	0.02	0.11
<i>Lolliguncula spp.</i>	Calamar dedal	3	1.85	15.26	1.07	2.44	0.24	1.31
<b>Subtotal</b>		<b>5</b>	<b>3.09</b>	<b>41.21</b>	<b>2.88</b>	<b>4.06</b>	<b>0.33</b>	<b>2.02</b>
<b>CRUSTACEA</b>								
<b>Anomura</b>								
<b>Albuneidae</b>								
<i>Blepharipoda occidentalis</i>	Cangrejo arenero	1	0.62	8.5	0.59	0.81	0.03	0.81
<i>Albunea lucasia</i>	Cangrejo topo espinoso	1	0.62	0.4	0.03	0.81	0.02	0.47
<b>Brachyura</b>								
Restos de braquiuros		3	1.85	15.35	1.07	2.44	0.24	1.09
Restos de crustáceos		21	12.96	32.04	2.24	17.07	8.81	15.63
<b>Cancridae</b>								
<i>Cancer amphioetus</i>	Jaiba japonesa	1	0.62	0.5	0.03	0.81	0.02	0.81
<b>Portunidae</b>								
Portunidae	Jaibas	1	0.62	8.2	0.57	0.81	0.03	0.55
<i>Callinectes arcuatus</i>	jaiba azul	6	3.7	22.56	1.58	4.88	0.87	3.27
<i>Euphylax spp.</i>	Jaiba robusta	1	0.62	0.3	0.02	0.81	0.02	0.33
<i>Arenaeus mexicanus</i>	Jaiba arenera	4	2.47	18.77	1.31	3.25	0.42	2.7
<i>Portunus xantusi</i>	Jaiba nadadora	1	0.62	15.02	1.05	0.81	0.05	0.81

<b>Munididae</b>									
	<i>Pleuroncodes planipes</i>	Langostilla	39	24.07	525.57	36.78	31.71	65.51	26.97
<b>Dendrobranchiata</b>									
<b>Sicyoniidae</b>									
	<i>Sicyonia ingentis</i>	Camarón de piedra	1	0.62	4.1	0.29	0.81	0.02	0.81
<b>Penaeidae</b>									
	<i>Penaeus californiensis</i>	Camarón café	14	8.64	170.02	11.9	11.38	7.94	8.5
<b>Squillidae</b>									
	<i>Squilla bigelowi</i>	Camarón mantis	1	0.62	2.49	0.17	0.81	0.02	0.22
<b>Subtotal</b>			<b>94</b>	<b>58.03</b>	<b>821.33</b>	<b>57.46</b>	<b>76.4</b>	<b>83.98</b>	<b>62.75</b>
<b>TELEOSTEI</b>									
<b>Batrachoididae</b>									
	<i>Porichthys notatus</i>	Pez sapo	10	6.17	290.76	20.35	8.13	7.32	6.99
	<i>Porichthys</i> spp	Pez sapo	9	5.56	41.16	2.88	7.32	2.1	5.06
<b>Blenniidae</b>									
	Blenniidae	Borrachos	1	0.62	1.5	0.1	0.81	0.02	0.18
<b>Carangidae</b>									
	<i>Oligoplites altus</i>	Cuero amarillo	1	0.62	0.6	0.04	0.81	0.02	0.81
<b>Cynoglossidae</b>									
	<i>Symphurus atricaudus</i>	Lengua California	2	1.23	6.3	0.44	1.63	0.09	1.04
<b>Clupeidae</b>									
	Clupeidae	Sardina	1	0.62	2.63	0.18	0.81	0.02	0.28
	<i>Sardinops sagax</i>	Sardina monterrey	4	2.47	39.35	2.75	3.25	0.58	2.46
	<i>Ophistonema libertate</i>	Sardina crinuda	1	0.62	25.38	1.78	0.81	0.07	0.81
<b>Gobiesocidae</b>									
	<i>Gobiesox rhessodon</i>	Chupapiedra	2	1.23	9.4	0.66	1.63	0.1	0.83
<b>Ophidiidae</b>									
	<i>Chilara taylori</i>	Congriperla moteada	1	0.62	0.3	0.02	0.81	0.02	0.1
	<i>Lepophidium prorates</i>	Congriperla cornuda	1	0.62	16.79	1.18	0.81	0.05	0.35

**Serranidae**

Serranidae		1	0.62	11.2	0.78	0.81	0.04	0.81
<i>Paralabrax maculatofasciatus</i>	Cabrilla	2	1.23	14.46	1.01	1.63	0.12	1.3

**Merlucciidae**

<i>Merluccius</i> spp.	Merluza	1	0.62	3.47	0.24	0.81	0.02	0.81
------------------------	---------	---	------	------	------	------	------	------

**Sebastidae**

<i>Sebastes</i> spp.	Rocotes	2	1.23	6.18	0.43	1.63	0.09	1.25
----------------------	---------	---	------	------	------	------	------	------

**Synodontidae**

<i>Synodus</i> spp.	Pez lagarto	7	4.32	10.95	0.77	5.69	0.98	3.77
---------------------	-------------	---	------	-------	------	------	------	------

<i>Synodus lucioceps</i>	Pez lagarto	1	0.62	42.59	2.98	0.81	0.1	0.81
--------------------------	-------------	---	------	-------	------	------	-----	------

**Restos de peces**

		13	8.02	40.12	2.81	10.57	3.89	7.05
--	--	----	------	-------	------	-------	------	------

**Huevos de pez**

		1	0.62	0.38	0.03	0.81	0.02	0.15
--	--	---	------	------	------	------	------	------

<b>Subtotal</b>		<b>61</b>	<b>37.66</b>	<b>563.52</b>	<b>39.43</b>	<b>49.58</b>	<b>15.65</b>	<b>34.86</b>
-----------------	--	-----------	--------------	---------------	--------------	--------------	--------------	--------------

**MONI**

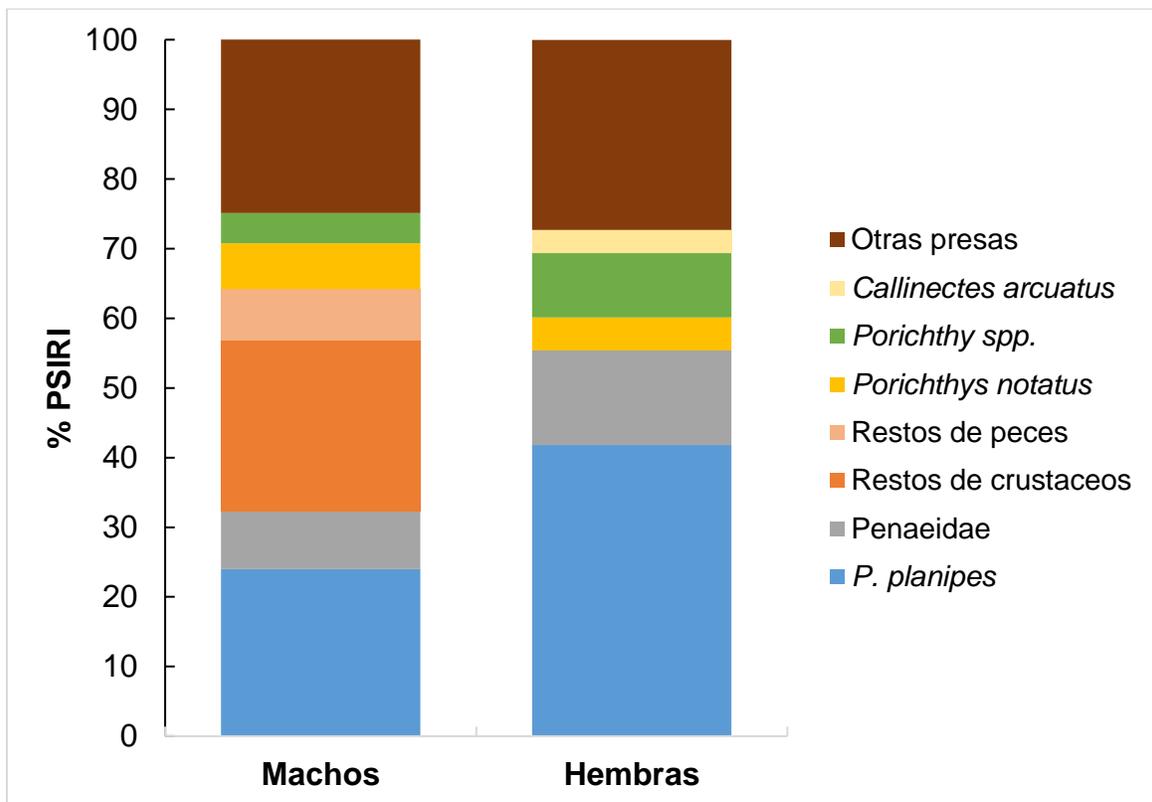
		12	7.02	34.9	4.84	13.79	6.95	7.12
--	--	----	------	------	------	-------	------	------

**Subtotal**

		<b>12</b>	<b>7.02</b>	<b>34.9</b>	<b>4.84</b>	<b>13.79</b>	<b>6.95</b>	<b>7.12</b>
--	--	-----------	-------------	-------------	-------------	--------------	-------------	-------------

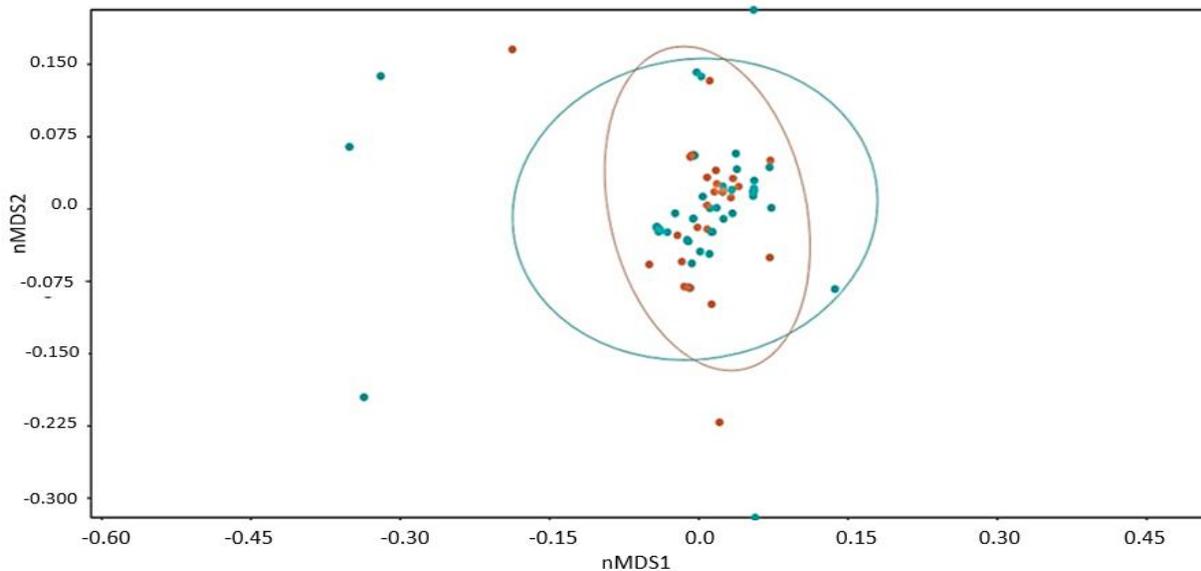
### Análisis trófico de *Z. exasperata* por sexos

La dieta de hembras se constituyó de cinco presas principales, las cuales aportaron el 71.5% del total del PSIRI, mientras que en los machos cuatro fueron las presas principales con el 44.7 % PSIRI, más restos de crustáceos y peces que aportaron el 28 % PSIRI. La presa más importante en la dieta de ambos sexos fueron los crustáceos (51 % PSIRI para las hembras y 52.6 % PSIRI para machos) siendo la langostilla *P. planipes* y camarones peneidos los más importantes dentro de esta categoría. Para el caso de los peces, en ambos casos fue *Porichthys notatus* y *Porichthys* spp. (16.7 % PSIRI para las hembras y 9.8 % PSIRI para machos) (Fig. 12).



**Figura 12.** Índice de Importancia de Presa Específica (% PSIRI) por sexo, de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en Bahía Tortugas, B.C.S.

El índice de Levin calculado para *Z. exasperata* presentó un valor de 0.24, indicando que es un batoideo especialista; de igual modo se realizó para las categorías de sexo presentando valores similares ( $B_i < 0.1$ ) (tabla III). El análisis de escalamiento métrico no dimensional mostró que entre machos y hembras no se presentaron diferencias en la composición de la dieta, lo que se pudo constatar en el traslape de las presas en ambos grupos (Fig.13), y fue corroborado en el análisis de similitud (ANOSIM:  $R_{\text{global}} = 0.005$ ,  $p = 0.21$ ).

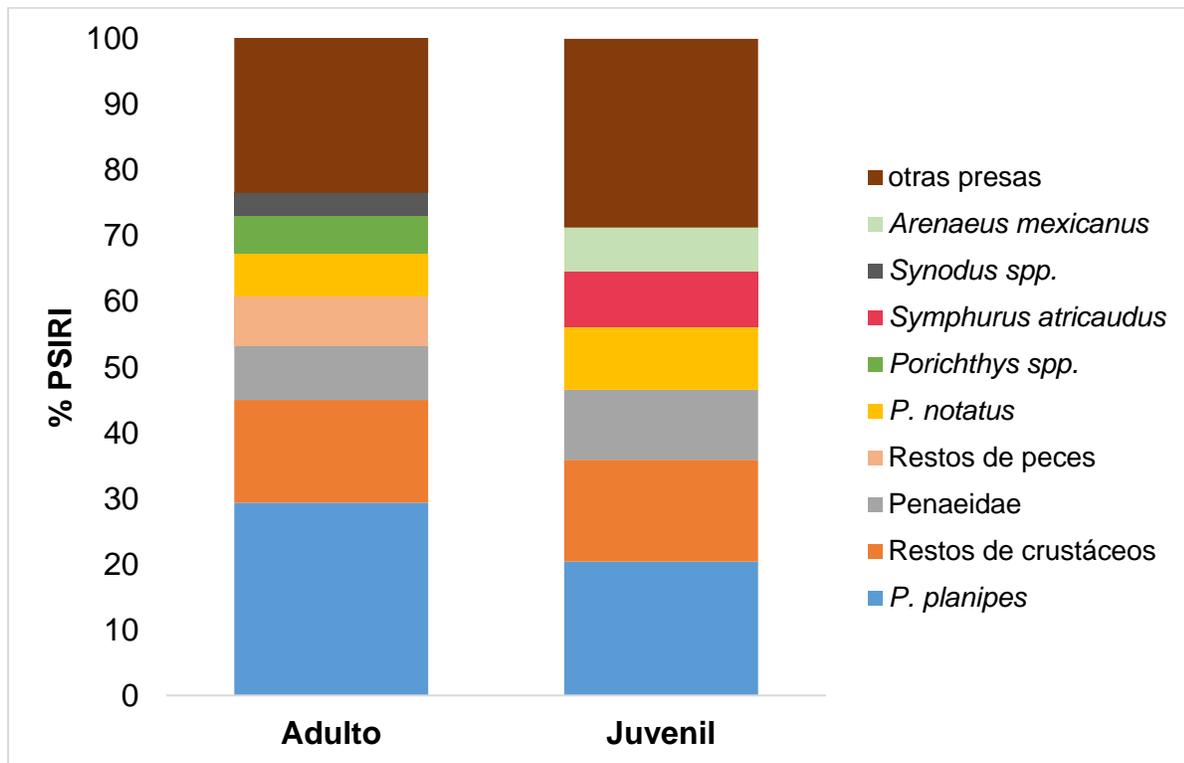


**Figura 13.** Dieta entre sexos la guitarra bandeada *Z. exasperata* a partir de un nMDS, donde los puntos azules son los machos y los puntos naranjas las hembras, las elipses componen el solapamiento de la dieta.

### **Análisis trófico de *Z. exasperata* por estadio de madurez**

En lo que se refiere a la categoría por estadio de madurez entre adultos y juveniles, ambos presentaron cinco especies presas, aportando el 76.55 y el 64.6 % del PSIRI respectivamente. La presa más importante en ambos fueron los crustáceos (53.22 % PSIRI para los adultos y 46.5 % PSIRI para juveniles), siendo la langostilla *P. planipes* y camarones peneidos los más importantes. Para el caso de los peces, la dieta varió,

siendo para los adultos las presas más importantes los peces sapo *Porichthys notatus* y *Porichthys* spp. (6.56 % y 5.7 % PSIRI respectivamente), mientras que para los juveniles fueron los peces *Porichthys notatus* y el pez lengua de california *Symphurus atricaudus* (9.52 % y 8.52 % PSIRI, respectivamente) (Fig. 14).

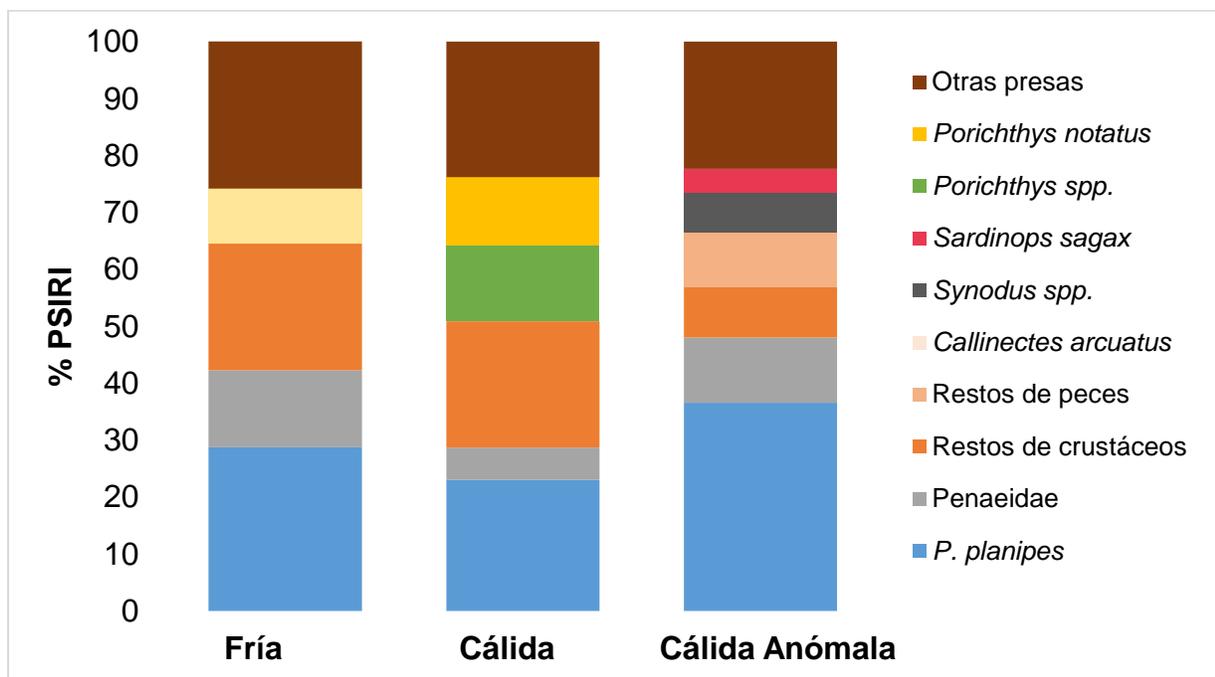


**Figura 14.** Índice de Importancia de Presa Específica (% PSIRI) por estadio de madurez de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en Bahía Tortugas, B.C.S.

El índice de Levin calculado para estadio de madurez de *Z. exasperata* presentó un valor de  $B_i=0.09$  para adultos, mientras que para juveniles presentó un valor de  $B_i=0.4$  (tabla III), lo que indicó que es un batoideo especialista. El análisis de escalamiento métrico no dimensional mostró que entre adultos y juveniles no se presentaron diferencias significativas en la composición de la dieta, lo que se pudo observar en el traslape de las presas en ambos grupos (Anexo 4a), y fue corroborado con el análisis de similitud (ANOSIM:  $R_{\text{global}}= 0.01$ ,  $p=0.49$ ).

### Análisis trófico de *Z. exasperata* por temporadas

En el espectro trófico por temporadas no se presentaron diferencias marcadas, así en la temporada fría se registraron tres presas principales de crustáceos (78 % PSIRI), mientras que en las temporadas cálida y cálida anómala se presentaron cuatro presas importantes (80 % PSIRI), siendo crustáceos y peces las presas principales. Para las tres temporadas la langostilla *P. planipes* fue la presa principal junto con camarones peneidos, en lo que se refiere a los peces, el pez sapo *Porichthys notatus* y *Porichthys spp.* fueron los más importantes para la temporada cálida y el pez lagarto *Synodus spp.* y la sardina del pacífico *Sardinops sagax* lo fueron para la temporada cálida anómala (Fig.15).



**Figura 15.** Índice de Importancia de Presa Específica (% PSIRI) por temporada de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en Bahía Tortugas, B.C.S.

El índice de Levin calculado para las temporadas estimó valores similares para las tres categorías ( $B_i < 0.1$ ) (Tabla III). Esto indicó que *Z. exasperata* es un organismo que se especializa en un cierto tipo de presa o presas en particular. El análisis de escalamiento métrico no dimensional mostró que entre las temporadas no existió diferencias en la

composición de la dieta, lo que se apreció en el traslapo de las presas entre los grupos (Anexo 4b), y se corroboró con el análisis de similitud (ANOSIM: R global= 0.014, P>0.05).

**Tabla III.-** Índice de Levin para la guitarra bandeada *Z. exasperata* en diferentes categorías, general, por sexo, estado de madurez y por temporadas.

<b>Categoría</b>	<b>Bi</b>
general	0.24
Macho	0.08
Hembra	0.04
Adulto	0.04
juvenil	0.4
Fría	0.08
Cálida	0.09
Cálida anómala	0.09

### Isótopos estables

Se analizó un total de 326 músculos, se determinaron los valores promedio y desviación estándar ( $\pm$  SD) de  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  y la razón C:N (Tabla IV). Los valores isotópicos de la razón C:N se encontraron por arriba del valor de 2.5, por lo que presentó ausencia de urea, sin embargo presentó valores por arriba de 3.5, lo que indicó presencia de lípidos, debido a esto, se realizó una corrección aritmética.

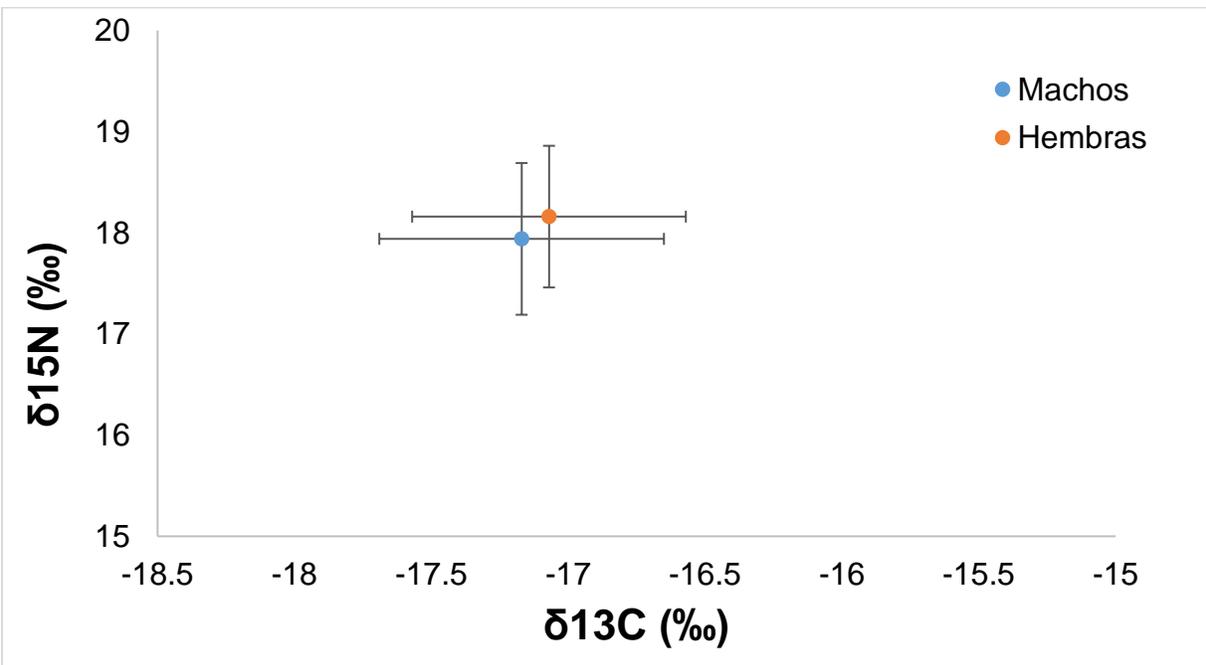
**Tabla IV.-** Valores promedio y desviación estándar de:  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  y C:N de *Z. exasperata*.

	<b>N</b>	<b><math>\delta^{13}\text{C}</math> ‰ media <math>\pm</math>SD</b>	<b><math>\delta^{15}\text{N}</math> ‰ media <math>\pm</math> SD</b>	<b>C/N media <math>\pm</math> SD</b>
General	326	-17.14 $\pm$ 0.51	18.01 $\pm$ 0.74	3.87 $\pm$ 0.07
Machos	220	-17.17 $\pm$ 0.52	17.94 $\pm$ 0.75	3.87 $\pm$ 0.07
Hembras	106	-17.07 $\pm$ 0.5	18.16 $\pm$ 0.7	3.86 $\pm$ 0.08
Adultos	291	-17.13 $\pm$ 0.5	18.05 $\pm$ 0.71	3.87 $\pm$ 0.07
Juveniles	35	-17.22 $\pm$ 0.64	17.73 $\pm$ 0.92	3.86 $\pm$ 0.07
Fría	72	-17.18 $\pm$ 0.56	17.78 $\pm$ 0.81	3.82 $\pm$ 0.07
Cálida	143	-17.15 $\pm$ 0.54	18.05 $\pm$ 0.75	3.86 $\pm$ 0.06
Cálida anómala	111	-17.10 $\pm$ 0.45	18.12 $\pm$ 0.64	3.89 $\pm$ 0.07

### Análisis isotópico de *Z. exasperata* por sexos

La prueba de Shapiro-wilk mostró que los valores isotópicos de C y N no presentaron normalidad ( $W=0.95$  para  $\delta^{15}\text{N}$ ,  $W=0.97$  para  $\delta^{13}\text{C}$ ;  $p<0.05$ ), por lo que se usaron estadísticos no paramétricos. Los valores de isótopos en *Z. exasperata* se encontraron entre  $-15.08$  a  $-19.2$  ‰ (media =  $-17.14 \pm 0.51$  ‰) para  $\delta^{13}\text{C}$ , y entre  $15.17$  y  $19.66$  ‰ (media =  $18.01 \pm 0.73$  ‰) para  $\delta^{15}\text{N}$ .

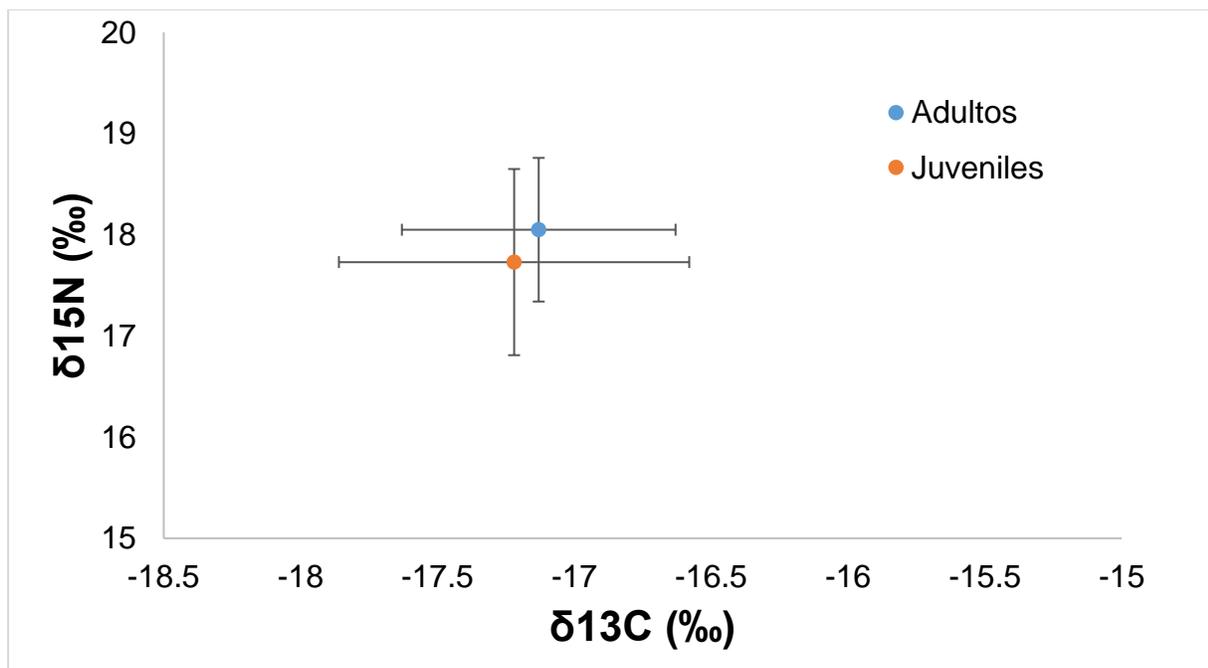
Del total de músculos se obtuvo un total de 106 hembras y 220 machos de *Z. exasperata*. Las hembras presentaron un promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-17.07 \pm 0.51$  ‰ (intervalo de  $-18.07$  a  $-15.63$  ‰), y para el  $\delta^{15}\text{N}$  una media de  $18.16 \pm 0.7$  ‰ (intervalo de  $15.51$  a  $19.41$  ‰), por otro lado los machos presentaron un valor promedio de  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-17.17 \pm 0.52$  ‰ (intervalo de  $-18.19$  a  $-15.07$  ‰), y de  $\delta^{15}\text{N}$  de  $17.94 \pm 0.75$  ‰ (intervalo de  $15.17$  a  $19.66$  ‰). La comparación entre los valores de isótopos promedio entre hembras y machos (Fig. 16) no mostró diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Mann Whitney para los isótopos de  $\delta^{13}\text{C}$  ( $U=13160$ ,  $p=0.59$ ), mientras que para  $\delta^{15}\text{N}$  si mostró diferencias significativas ( $U=13748$ ,  $p=0.009$ ).



**Figura 16.** Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para ambos sexos de la guitarra bandeada *Z. exasperata*.

### Análisis isotópico de *Z. exasperata* por estadios de madurez

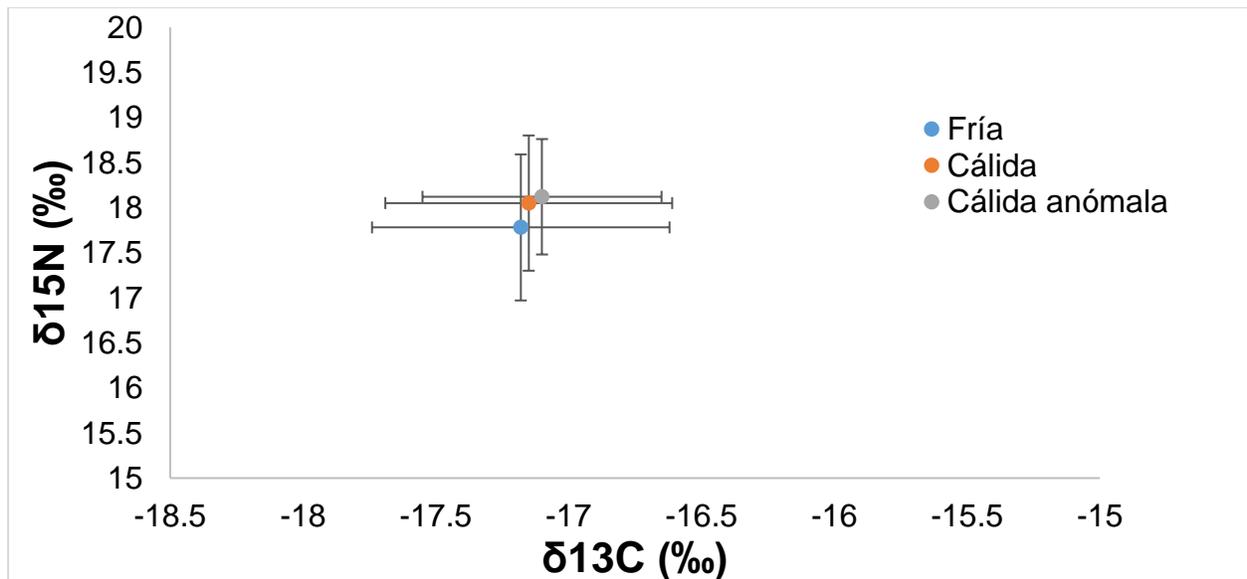
Para la categoría de estadio de madurez se obtuvo un total de 35 muestras de músculos de juveniles y 291 de adultos. Los organismos juveniles se encontraron valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -18.16 a -15.90 ‰ con un promedio de  $-17.22 \pm 0.64$  ‰ y los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron entre 15.51 y 18.99 ‰ con un promedio de  $17.73 \pm 0.92$  ‰. El  $\delta^{13}\text{C}$  en los individuos adultos se encontró entre -18.19 a -15.07 ‰ con un promedio de  $-17.13 \pm 0.5$  ‰, mientras que los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron entre 15.17 ‰ y 19.66 ‰ con un promedio de  $18.05 \pm 0.71$  ‰ (Fig.17). Los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  no mostraron diferencias significativas ( $U=5652.5$ ,  $p=0.288$ ;  $U=6056.5$ ,  $p=0.067$ ; respectivamente).



**Figura 17.** Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para estadio de madurez de la guitarra bandeada *Z. exasperata*.

### Análisis isotópico de *Z. exasperata* por temporadas

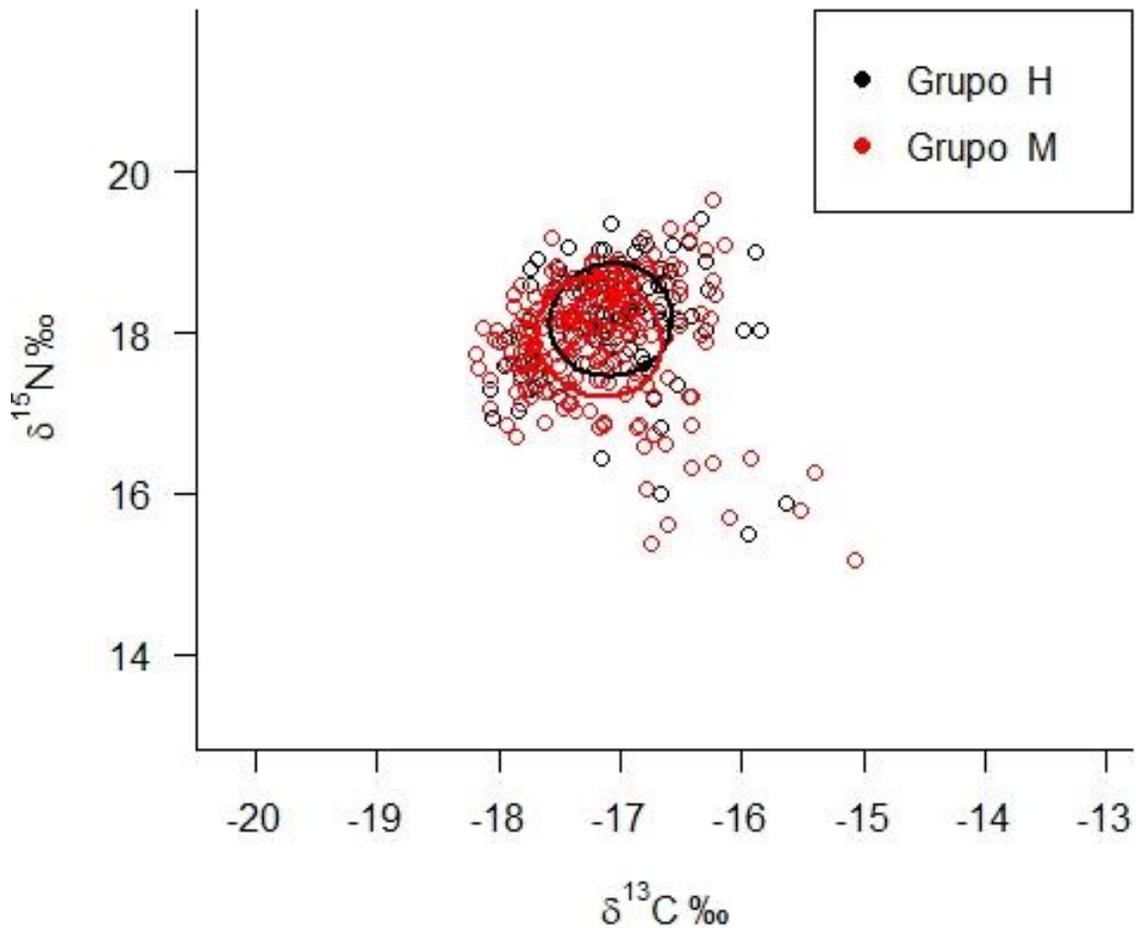
Para el caso de temporadas, se obtuvo un total de 72 muestras de músculos para la temporada Fría, 143 para la Cálida y 111 para Cálida Anómala. Los organismos de la temporada Fría presentaron valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -18.19 a -15.90 ‰ con un promedio de  $-17.18 \pm 0.56$  ‰ y los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron entre 15.38 y 19.11 ‰ con un promedio de  $17.78 \pm 0.81$  ‰. Por otro lado, los organismos de la temporada Cálida presentaron valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -18.16 a -15.07 ‰ con un promedio de  $-17.15 \pm 0.54$  ‰ y los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron entre 15.17 y 19.41 ‰ con un promedio de  $18.05 \pm 0.75$  ‰, y la temporada Cálida anómala presentó valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre -18.13 a -15.52 ‰ con un promedio de  $-17.10 \pm 0.45$  ‰ y los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  se encontraron entre 15.51 y 19.66 ‰ con un promedio de  $18.12 \pm 0.64$  ‰. Los valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  no mostraron diferencias significativas entre las tres temporadas ( $H_{(0.05,2)} = 0.984$ ,  $p = 0.61$ ), sin embargo los valores de  $\delta^{15}\text{N}$ , mostraron que hay diferencias significativas en al menos una categoría de temporadas ( $H_{(0.05,2)} = 0.8.436$ ,  $p = 0.015$ ). A partir de la prueba post-hoc de Dunn's se encontró diferencia entre la temporada Fría vs. Cálida anómala ( $p = 0.043$ ) y fría y cálida ( $p = 0.012$ ) (Fig.18).



**Figura 18.** Valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  por temporadas de la guitarra bandeada *Z. exasperata*.

### Análisis trófico por sexo por medio de isótopos estables

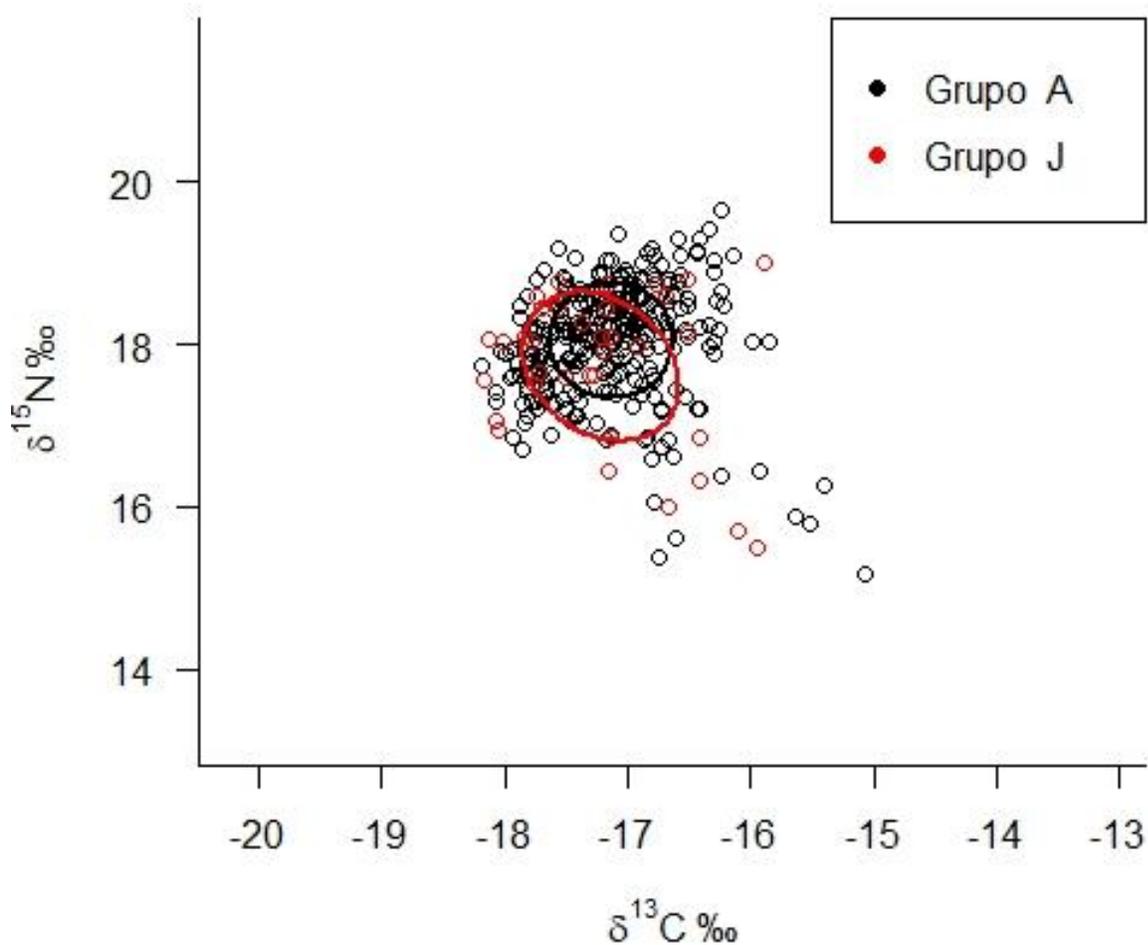
En lo que se refiere a la amplitud trófica, tanto machos como hembras fueron considerados como especialistas ya que presentaron valores de  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.87$  y  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.84$ , respectivamente. El área de las elipses corregidas varió entre cada categoría, siendo de  $1.21 \text{‰}^2$  para machos y de  $1.11 \text{‰}^2$  para hembras. El traslapeo trófico en la categoría de sexo fue alto, presentando un valor medio de 0.77 (Fig. 19).



**Figura 19.** Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada *Z. exasperata* por sexo.

### Análisis trófico por estadio de madurez por medio de isótopos estables

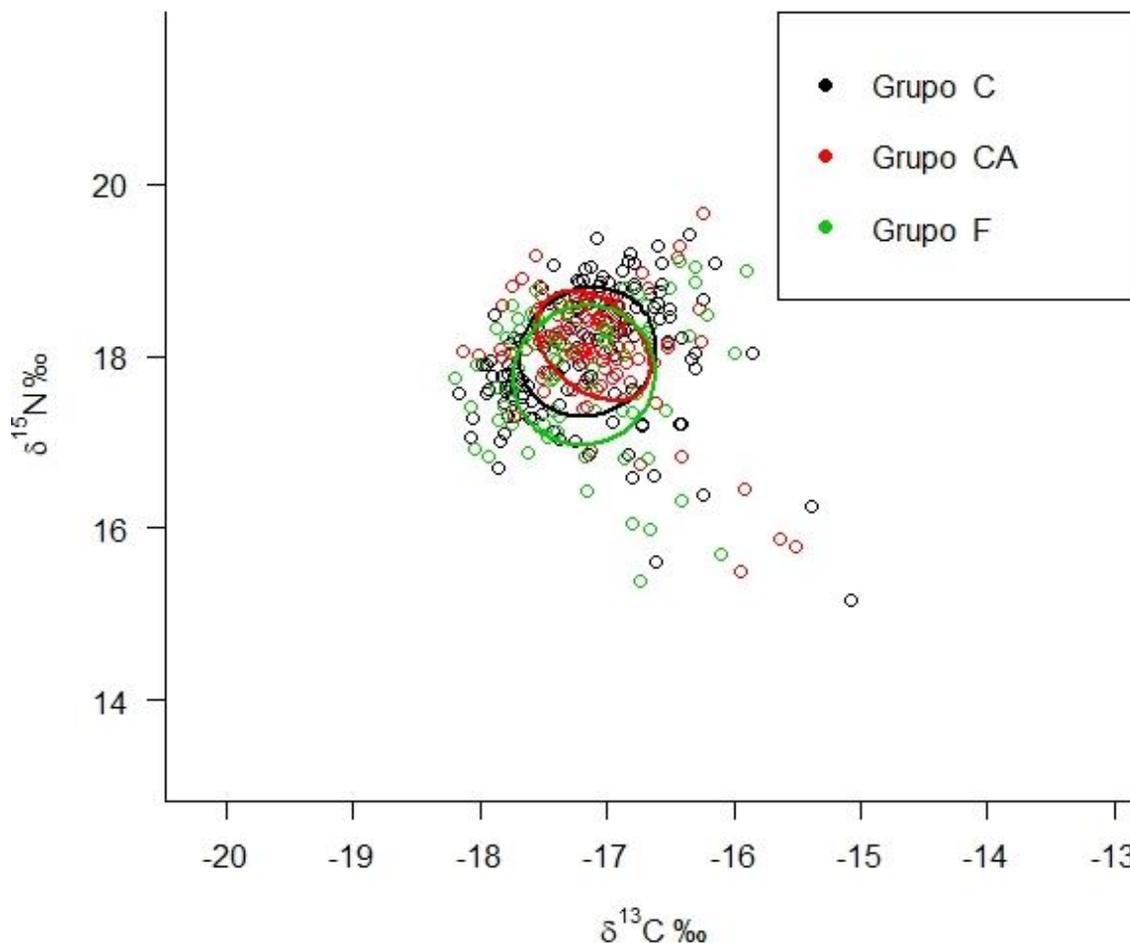
En lo que se refiere a la amplitud trófica, tanto adultos como juveniles fueron considerados como especialistas ya que presentaron valores de  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.84$  y  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.96$  respectivamente. El área de las elipses corregidas vario entre cada categoría, siendo de  $1.11 \text{ ‰}^2$  para adultos y de  $1.82 \text{ ‰}^2$  para juveniles, siendo mayor el nicho isotópico en juveniles. El traslapeo trófico en la categoría de estadio de madurez fue medio, presentando un valor medio de 0.59 (Fig. 20).



**Figura 20.** Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada *Z. exasperata* por estadio de madurez.

### Análisis trófico por temporada por medio de isótopos estables

En lo que se refiere a la amplitud trófica, los organismos de las tres temporadas fueron considerados como especialistas, ya que presentaron valores de  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.9$  en la temporada fría,  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.87$  en la temporada cálida y  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.8$  en la temporada cálida anómala. El área de las elipses corregidas vario entre cada temporada, siendo de 1.26 ‰<sup>2</sup> para la cálida, 0.84 ‰<sup>2</sup> para la cálida anómala y de 1.44 ‰<sup>2</sup> para la fría. En cuanto al traslapeo trófico, las comparaciones entre fría y cálida tuvo un valor medio de 0.75, siendo un traslapeo alto; mientras que la cálida y cálida anómala presentó un valor medio de 0.62, siendo un traslapeo moderado y la fría con la cálida anómala presentó un valor medio de 0.56, siendo esta ultima la más baja de las tres (Fig. 21 y Tabla V).



**Figura 21.-** Amplitud del nicho trófico de la guitarra bandeada *Z. exasperata* por temporadas.

**Tabla V.-** Valores de traslapo trófico por temporadas de la guitarra bandeada *Z. exasperata*. Donde la más alta fue entre la cálida anómala y la cálida y la más baja fue Fría vs. Cálida anómala.

Temporadas	Traslape de nicho isotópico
Cálida vs. Cálida anómala	0.62
Cálida vs. Fría	0.75
Fría vs. Cálida anómala	0.56

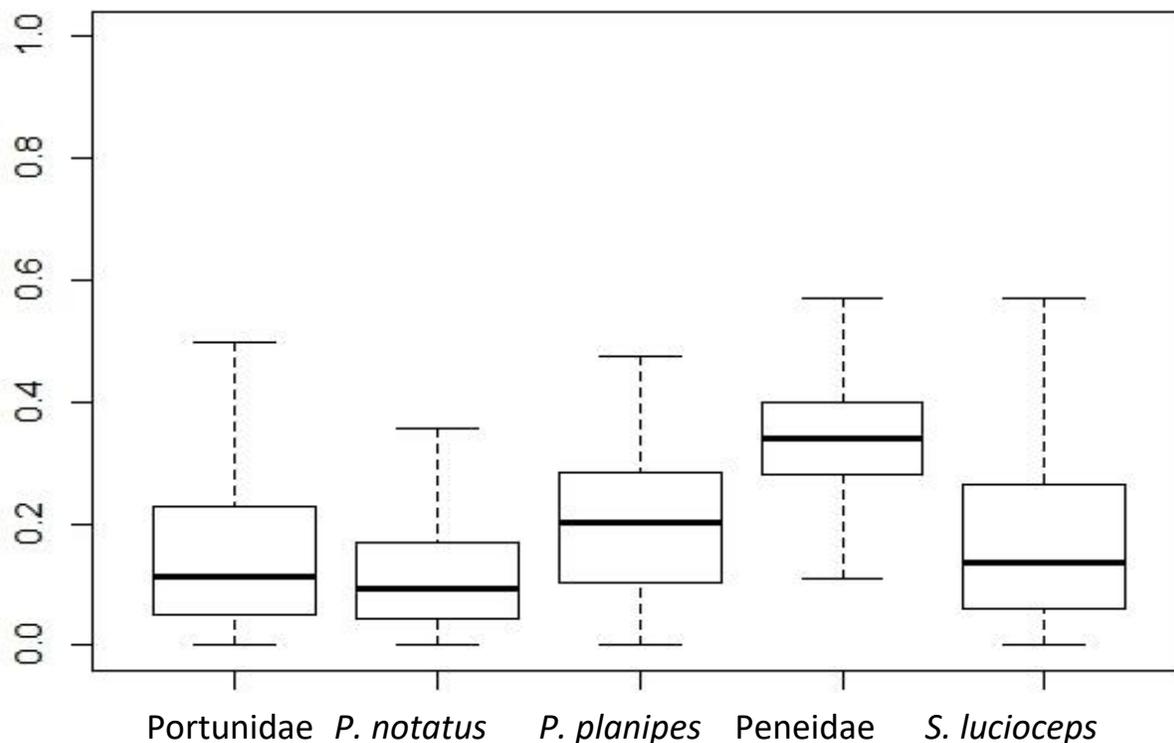
### Contribución de las presas al depredador

Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  para las especies presas analizadas se resumen en la Tabla VI. La mayoría presentaron valores similares de  $\delta^{13}\text{C}$ , con excepción de camarones peneidos, mientras que con el  $\delta^{15}\text{N}$  vario ligeramente.

**Tabla VI.-** Valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  de las presas de *Z. exasperata* en el área de estudio.

Especie presa	N	$\delta^{13}\text{C}$ ‰ media $\pm$ SD	$\delta^{15}\text{N}$ ‰ media $\pm$ SD
<i>P. planipes</i>	3	-19.57 $\pm$ 1.11	14.63 $\pm$ 0.59
<i>P. notatus</i>	4	-18.78 $\pm$ 0.73	16.4 $\pm$ 0.85
Peneidae	4	-16.48 $\pm$ 1.42	17.12 $\pm$ 0.07
Portunidae	4	-18.31 $\pm$ 0.53	16.55 $\pm$ 1.01
<i>S. lucioiceps</i>	2	-19.09 $\pm$ 1.01	15.1 $\pm$ 0.8

Para conocer el porcentaje de contribución relativa de las presas al depredador, se realizó un modelo de mezcla por cada categoría. En el análisis general se observó que los camarones peneidos contribuyeron con un 34 %, en segundo lugar la langostilla *P. planipes* con un 19.7 %, seguido del pez lagarto *S. lucioiceps* con un 18.2 %, posteriormente los decápodos aportaron el 16.2 % y finalmente el pez sapo *P. notatus* con un 12 % (Fig. 22).



**Figura 22.-** Porcentaje de la contribución relativa de las presas a la dieta de *Z. exasperata*.

Tanto por sexo, como por estadio de madurez presentaron la misma tendencia que en el análisis general, con una ligera diferencia en el porcentaje de contribución de las especies presas entre cada categoría (Tabla VII).

**Tabla VII.-** Porcentaje de contribución relativa de las presas de *Z. exasperata*.

<b>Especie presa</b>	<b>contribución machos</b>	<b>contribución hembras</b>	<b>contribución adultos</b>	<b>contribución juveniles</b>
Peneidae	32.7 %	32.1 %	35.3 %	27.7 %
<i>P. planipes</i>	24.1 %	20.6 %	19.2 %	25.1 %
<i>S. lucioceps</i>	18.6 %	19.2 %	17.8 %	21.6 %
Portunidae	14.7 %	18.7 %	16.1 %	15.7 %
<i>P. notatus</i>	9.8 %	9.4 %	11.6 %	9.9 %

## Modelos de mezcla por temporada

Por temporada se presentó una diferencia significativa entre las categorías de cálida anómala y fría. Esta diferencia fue debida al porcentaje de contribución de las presas en cada categoría (Tabla VIII). En la temporada fría, la contribución de las presas fue de 30.2 % para los camarones peneidos, 28.1 % para *P. planipes*, 19 % para *S. lucioceps* y 14.1 % en decápodos, mientras que en la temporada cálida anómala el porcentaje de contribución de las presas fue de 36.4 % para los camarones peneidos, 18.3 % para *S. lucioceps*, 18.2 % para *P. Planipes* y 15 % para decápodos (Anexo 5 D). Los camarones peneidos fueron mayormente consumidos en la temporada cálida anómala por una diferencia de 6.2 %, así como *S. lucioceps* y los decápodos los cuales presentaron una diferencia de 1 %. Por otro lado, *P. planipes* se consumió mayormente en la temporada fría, con una diferencia de 9.9 %.

**Tabla VIII.**- Porcentaje de contribución relativa de las presas de *Z. exasperata* por temporada.

Especie presa	contribución	contribución	contribución
	Fría	cálida	cálida anómala
Peneidae	30.2 %	34.2 %	36.4 %
<i>P. planipes</i>	28.1 %	19 %	18.2 %
<i>S. lucioceps</i>	19 %	17.4 %	18.3%
Portunidae	14.1 %	16.9 %	15 %
<i>P. notatus</i>	8.6 %	12.5 %	12.1 %

## Nivel trófico

El nivel trófico *Z. exasperata* fue de  $3.9 \pm 0.6$  de acuerdo al contenido estomacal, mientras que con el análisis de isótopos estables se determinó un valor de  $3.8 \pm 0.38$ , correspondiendo a un consumidor carnívoro terciario; teniendo en cuenta que el factor de discriminación fue de 2.1 ‰, debido a que Hussey *et al.* (2010) proponen un rango de fraccionamiento isotópico el cual va de 1.8 a 3.4 ‰ para el N.

## Discusión

### Abundancia y estructura de tallas

El intervalo de tallas registrado para *Zapteryx exasperata* en Bahía Tortugas fue de 49-105 cm de LT, lo cual está indicando que se están capturando casi todo el espectro de tallas de la especie. Blanco-Parra *et al.* (2009) reportaron tallas similares en las costas de Sonora (41-90 cm de LT) y Villavicencio-Garayzar (1995) reportó tallas >50 cm de LT para la costa occidental de Baja California Sur. Esto podría estar relacionado principalmente con el tipo de arte de pesca, ya que son redes que capturan tallas comerciales, por lo que excluyen a las de tallas pequeña (Valadez-González, 2007; Narváez *et al.*, 2008; Blanco-Parra *et al.*, 2009). Por tanto, las tallas < 45 cm no están siendo capturadas, por ende, el espectro trófico de organismos juveniles no pudo ser evaluado.

Las capturas de *Z. exasperata* tuvieron una proporción 3: 1 machos: hembra y 11:1 adultos-juveniles, diferente a lo que encontró Villavicencio-Garayzar (1995) donde las hembras dominaron la captura para toda la costa occidental de Baja California Sur. Asimismo, Blanco-Parra *et al.* (2009) encontraron una proporción de 1:1 entre sexos frente a las costas de Sonora. Se ha reportado que *Z. exasperata* es una especie que presenta una segregación muy fuerte entre sexos y solo se reúnen en época de apareamiento (Ebert, 2003; Ebert y Cowley, 2003). En el presente trabajo las proporciones encontradas tanto por sexo como por estadio de madurez, podría estar indicando que existe una segregación en ambas categorías, lo cual indicaría que la zona no es un área de reproducción, sino que solamente podría ser una zona de alimentación.

Durante el periodo de muestreo del 2012 al 2017, el mayor número de capturas se realizó en 2014, superando en gran medida a los demás años, concordando justamente con el evento de La Mancha, donde se vieron capturas de varias especies inusuales en la zona y un aumento de la temperatura de 4 °C (Bond *et al.* 2015; Cavole *et al.*, 2016). Whitney (2015) y Zaba y Rudnick (2016) documentaron niveles extremadamente bajos de Chl-a a fines del invierno / primavera de 2014 en la región de las anomalías cálidas, mencionando

que una disminución de las concentraciones de Chl-a es consistente con la zona nutricional profunda y la zona eufótica observada en la región.

El efecto de La Mancha trajo consigo efectos sinérgicos, uno de estos fue el efecto atmosférico, el cual provocó una disminución de los vientos de invierno, incrementando la estratificación oceánica y alterando los procesos físicos como fue el transporte y bombeo de Ekman, los cuales son impulsados por el viento, lo que a su vez afectó el momento y la ubicación de la surgencia (Dewey, 2016). Otro efecto fue el aumento de la estratificación térmica, la cual llevó a una reducción de la mezcla vertical de aguas profundas más frías con aguas superficiales, reduciendo efectivamente los flujos de nutrientes hasta la zona eufótica con la consiguiente disminución de la biomasa total de fitoplancton (Zaba y Rudnick, 2016; Cavole *et al.*, 2016).

Estas anomalías físicas y químicas llevaron a una cascada de efectos que se propagaron a lo largo de la red alimentaria oceánica, Empezando por el fitoplancton, ya que la reducción en la disponibilidad de fitoplancton y las elevadas temperaturas de la superficie del mar causaron cambios significativos en las poblaciones de zooplancton e invertebrados marinos a lo largo de la costa oeste de América del Norte (Bond *et al.* 2015; Zaba y Rudnick, 2016); estos cambios se propagaron a lo largo de la red alimenticia, impulsando cambios profundos en la biomasa y la composición de especies y sus depredadores, esta abundancia puede verse relacionada a que existió una mayor diversidad de presas en esa zona, debido a que muchas especies parecieron cambiar sus distribuciones como respuesta a los forzamientos de La Mancha; lo cual podría explicar por qué en esos años fue mayor la presencia de *Z. exasperata*.

## **Porcentaje de llenado y estado de digestión**

### **Porcentaje de llenado**

Al realizar estudios de ecología trófica, una de las limitantes ha sido el alto número de estómagos vacíos en el análisis de contenido estomacal. En el presente trabajo *Z. exasperata* presentó un alto número de estómagos vacíos (58.4 %), concordando con lo

reportado por Blanco-Parra *et al.* (2011) y Valadez-González (2007), quienes registraron un 77 % y 46 % respectivamente. Por otro lado, Barbini *et al.* (2011) trabajaron con *Z. brevirostris* encontrando un bajo número de estómagos vacíos (19 %). Este gran número de estómagos vacíos podría deberse a varios factores como podría ser al tipo de arte de pesca, ya que se ha reportado que muchas especies al permanecer mucho tiempo en las artes de pesca tienden a regurgitar el alimento debido al elevado grado de estrés (Hernández-Aguilar, 2008). Otro factor es el tiempo en que fueron capturados los organismos, puesto que pudieron ser atrapados antes de haber consumido alguna presa; o bien, a la rápida digestión de la presa por parte del depredador (Valadez-González, 2007; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

Por lo anteriormente señalado, el método de captura es vital en lo que se refiere al contenido estomacal, ya que el tipo de arte de pesca puede influir en el llenado de estómago, por ejemplo, aquellas especies capturadas con artes activas (como anzuelos, redes de tiro, trampas) tienen una baja cantidad de estómagos con alimento, mientras que los pasivos (como agalleras, trasmallo, etc.), la cantidad de estómagos con alimento es mayor (Chipps y Garvey, 2006; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

### **Estado de digestión**

En este trabajo las presas se encontraron en un estado digestivo medio (2 y 3), concordando con lo que encontraron Blanco-Parra *et al.* (2011), quienes documentaron que la mayoría de las presas identificadas tenían el mismo grado de digestión. Cabe mencionar que se utilizó el mismo arte de pesca, en el cual los organismos fueron capturados con redes de enmalle que se dejan de 24 a 48 h en el agua. Un factor que afecta el estado digestivo es el horario de alimentación, por tanto, si el organismo es capturado al inicio de este periodo lo más probable es que durante este tiempo se lleve a cabo el proceso de digestión y al momento de ser analizados, las presas ya presenten un estado avanzado de digestión como fue el caso del presente estudio (Blanco-Parra *et al.*, 2011). Mientras que en el trabajo de Valadez-González (2007) los organismos fueron

capturados con redes camaroneras, sin embargo, por el estrés de este arte de pesca los organismos tienden a regurgitar el alimento.

### **Relación C:N**

En el presente estudio los valores obtenidos en la relación C:N estuvieron por encima de 2.5, indicando que el efecto por urea fue eliminado; sin embargo, la mayoría de los datos (260) presentaron valores por arriba de 3.5, indicando presencia de lípidos, provocando que los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  del organismo fueran más negativos, esto se debe a que los lípidos tienen valores más negativos de  $\delta^{13}\text{C}$  de acuerdo a otros componentes bioquímicos debido al efecto de la cinética que ocurre durante la conversión de piruvato a acetil coenzima A en la síntesis de lípidos lo cual podría ser falsamente interpretado como cambios de dieta o hábitat (DeNiro y Epstein, 1977; Fisk *et al.*, 2002; Post, 2002; Logan *et al.*, 2008; Hussey *et al.*, 2010; Hussey *et al.*, 2012; Kim y Koch, 2012; Carlisle *et al.*, 2017; Yemişken *et al.*, 2017). Algunos autores mencionan que los batoideos no presentan efecto por la urea ni por lípidos (Li *et al.*, 2016; Carlisle *et al.*, 2017); otros que es necesario considerarlos, ya que si producen un efecto en la relación C:N (Hussey *et al.*, 2012; Kim y Koch, 2012;). En *Z. exasperata* si parece haber un efecto de los lípidos, por lo que se aplicó una corrección aritmética propuesta por Post (2002) para minimizar dicho efecto, ya que una extracción insuficiente o el no tomar en cuenta los lípidos, puede afectar los valores isotópicos, lo cual ocasionaría conclusiones erróneas al estimar el hábitat de la especie.

### **Isótopos estables.**

Niño-Torres *et al.* (2006), realizaron un estudio con el delfín *Delphinus capensis* en el Golfo de California, encontrando valores isotópicos del  $\delta^{13}\text{C}$  entre -9.9 y -14.9‰, mencionando que esta especie se alimentaba de peces como *Etrumeus teres* promedio de  $\delta^{13}\text{C}$ : -17.9 ‰ y *Sardinops sagax* promedio de  $\delta^{13}\text{C}$ : -18.5 ‰. Por otro lado, Blanco-Parra *et al.* (2011) reportaron para la guitarra bandeada *Z. exasperata* un rango en  $\delta^{13}\text{C}$

de  $-15.72$  a  $-13.29$  ‰. Estos valores tan bajos podrían deberse a la alta remineralización que existe en el Golfo de California, así como la presencia de pastos y algas marinas, además de un reciclamiento del carbono disuelto y el aporte de otras fuentes de carbono ( $^{13}\text{C}$ ), permitiendo que las especies costeras tengan un enriquecimiento de  $^{13}\text{C}$  (Walter *et al.*, 1999; Clementz y Koch, 2001). Por otro lado, en el presente trabajo se obtuvieron valores isotópicos de  $\delta^{13}\text{C}$  entre  $-15.08$  a  $-19.1$  ‰, siendo valores más negativos que lo reportado por Blanco-Parra *et al.* (2011). Estos valores isotópicos podrían deberse a que en la zona de la Bahía de San Sebastián Vizcaíno se presenta un giro anticiclónico, provocando surgencias ricas en nutrientes, así como una alta remineralización de los nutrientes, provocando un enriquecimiento de carbono y nitrógeno (Amador-Buenrostro *et al.*, 1995; Xiaofeng *et al.*, 2012), haciendo que la línea base de isótopos estables presente valores altos de nitrógeno y valores más negativos de carbono, como fue el caso de la langostilla *Pleuroncodes planipes*, la cual presentó valores de  $\delta^{13}\text{C}$  de  $-19.57$ ‰, el cual es un valor bastante negativo.

En el golfo de California existe una gran desnitrificación, la cual se presenta en el alto golfo de California, así como la desnitrificación que se adentra debido a la Corriente del Pacífico Mexicano, provocando una alta remineralización en la zona y que las tasas basales o línea base sea mayor o más alta con respecto al Pacífico mexicano (Pedrin-Aviles y Padilla-Arreondo, 1999; Aurióles-Gamboa *et al.*, 2013; Tilley *et al.*, 2013).

Blanco-Parra *et al.* (2011) encontraron para *Z. exasperata* en las costas de Sonora un rango de valores isotópicos de  $2.4$  ‰ en  $\delta^{13}\text{C}$  y  $1.2$  ‰ en  $\delta^{15}\text{N}$ , mientras que en este trabajo se encontró una diferencia de  $4.12$  ‰ en  $\delta^{13}\text{C}$  y  $4.49$  ‰ en  $\delta^{15}\text{N}$ . Estas diferencias tan grandes encontradas en la zona de Bahía Tortugas, se puede atribuir a que existen zonas geográficas con señales isotópicas particulares denominadas “*isoterrenos*” (áreas con diferentes valores isotópicos) (Graham *et al.*, 2010) en el área y que *Z. exasperata* se esté moviendo por estas zonas provocando una gran diferencia de C y N respecto a lo reportado por Blanco-Parra *et al.* (2011). La diferencia significativa en el aumento de  $\delta^{15}\text{N}$  en la categoría de sexos, estadio de madurez y temporadas podría atribuirse a que las hembras comen presas de mayor tamaño u organismos adultos, o que consumen más peces que crustáceos en lugar de un cambio de dieta. O bien, que la diferencia en los

cambios en los niveles de  $\delta^{15}\text{N}$  se deban a los isoterrenos existentes en la zona, lo que afectaría al  $\delta^{15}\text{N}$  base (Graham *et al.*, 2010; Xiaofeng *et al.*, 2012).

### **Espectro trófico de *Z. exasperata***

Blanco-Parra *et al.* (2011) encontraron que en las costas de Sonora *Z. exasperata* se alimentó principalmente de peces (*P. margaritatus* y *Engraulis mordax*) y en una menor cantidad de crustáceos, considerándolo como un depredador carnívoro, de hábitos piscívoro-bentónico epipelágico. Por el contrario, Valadez-González (2007) encontró que en las costas de Jalisco esta especie consumió principalmente crustáceos y luego peces concordando con lo que se encontró en el presente estudio; donde esta especie se alimentó principalmente de crustáceos (camarones peneidos, la langostilla *P. planipes* y jaibas nadadoras integrantes de la familia Portunidae), seguido del pez sapo del género *Porichthys*, y del pez lagarto del género *Synodus*, los cuales son especies bentónicas, demersales y de fondos blandos al igual que los peces guitarras (Boyd, 1967; Kato, 1974; Eschmeyer *et al.*, 1983; Robertson y Allen, 2015).

Lo anterior concuerda con lo encontrado en otra especie del mismo género, como es el caso de *Z. brevirostris*, donde se documentó que esta especie se alimentó principalmente de crustáceos, poliquetos, cefalópodos y anélidos en la costa Occidental de Ecuador y Colombia (Barbini *et al.*, 2011; Marion *et al.*, 2011; Bornatowski *et al.*, 2014a). Con base a lo anterior se puede decir que las presas dependen de las condiciones que prevalecen en el ambiente del depredador, permitiendo que los batoideos de hábitos bénticos, costeros y demersales se alimenten en gran parte de crustáceos, moluscos y/o peces demersales (Koen-Alonso *et al.*, 2001; Mejía-Falla *et al.*, 2006; Navia *et al.*, 2011).

Al hacer una comparación de presas en contenido estomacal versus isótopos estables, en ambos se encontró que las presas principales fueron crustáceos y después peces, sin embargo, el orden de importancia varió y en el caso de peces cambio la presa. Esta diferencia encontrada, puede deberse a que las presas encontradas estaban en estado avanzado de digestión, lo cual dificultaba la identificación y por ende podríamos estar subestimando o sobreestimando la dieta, a diferencia de los isótopos estables en donde

queda registrada la firma isotópica de las principales presas consumidas. De acuerdo con MacNeil *et al.* (2006) el tejido muscular de peces cartilagosos tiene una tasa de recambio de 11-14 meses.

### **Espectro trófico por contenido estomacal de *Z. exasperata***

Blanco-Parra *et al.* (2011) encontraron que en la categoría de sexo de *Z. exasperata*, se alimentaron principalmente de peces, como son *P. margaritatus* y *E. mordax* y, en una menor cantidad de crustáceos portunidos. Por el contrario, en el presente trabajo se encontró que la categoría de sexo se alimenta principalmente de crustáceos, como son la langostilla *P. planipes* (22.92 % machos y 40.27 % hembras) y camarones peneidos (7.51 % machos y 10.71 % hembras) y en menor cantidad de peces del género *Porichthys* (5.99 % machos y 9.02 % hembras).

En lo que respecta a estadio de madurez, tanto adultos como juveniles presentaron la misma tendencia alimenticia, consumiendo principalmente crustáceos como la langostilla *P. planipes* junto con los camarones peneidos, cabe destacar que los juveniles consumían otros crustáceos como son la jaiba arenera *Arenaeus mexicanus* y el cangrejo topo *Blepharipoda occidentalis* pero en una menor cantidad. Para el caso de los peces, la dieta varió entre ambos, ya que los adultos consumieron peces del género *Porichthys* y *Synodus*, mientras que los juveniles tuvieron una preferencia por *P. notatus* y *Symphurus atricaudus*, contrastando con esto, Blanco-Parra *et al.* (2011) encontraron que entre juveniles y adultos la categoría más importante en la dieta fueron los peces demersales como el pez sapo *P. margaritatus*; y mencionan que los cangrejos nadadores portunidos presentaron mayor importancia en juveniles que en adultos.

Esta diferencia alimentaria entre sexo y estadio de madurez con respecto a Blanco-Parra *et al.* (2011) podría deberse a la discrepancia de zona geográfica y las características particulares de las mismas. Las costas de Sonora presentan principalmente sedimentos blandos, mientras que la zona de Bahía Tortugas se presentan zonas rocosas y limo-arcillosas, lugar donde habitan más los crustáceos (Pedrin-Avila y Padilla-Arredondo, 1999; Blanco-Parra *et al.*, 2011; Morales-Zárate *et al.*, 2011).

Las diferencias entre sexo podrían estar asociadas a la distribución espacial de las especies presa, y la diferencia entre estadio de madurez podría estar asociado al tamaño de la boca del depredador, ya que los juveniles consumen presas más pequeñas que los adultos, también podría ser atribuido a que los juveniles se localizan más cerca de las zonas someras o cercanas a zonas rocosas (Ebert, 2003); sin embargo, para la etapa juvenil el número de muestras no fue representativa, por tanto, cabe la posibilidad que tanto adultos como juveniles se estén alimentando de lo mismo. Aun así, *Z. exasperata* consume tanto especies bentónicas como demersales, lo que reafirma que es un depredador bentónico-demersal o epibentico al igual que otras especies de batoiformes (Bizzarro *et al.*, 2007; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

En lo que se refiere al espectro trófico por temporadas, se encontró que la langostilla *P. planipes* y los camarones peneidos están presentes en las tres temporadas, lo que podría indicar que estos organismos son muy abundantes en la zona. Se debe señalar que durante la época fría *Z. exasperata* se alimentó más de la langostilla *P. planipes* que en la época cálida, lo cual concuerda con lo que mencionaron Boyd (1967) y Kato (1974), quienes reportaron que esta especie es más abundante durante la época fría que la cálida. De igual manera la abundancia de los camarones peneidos fue mayor durante la temporada fría. Sin embargo, al analizar la temporada de cálida anómala, en esta se presentó un mayor número de langostillas, casi el doble que la temporada fría, esto se puede atribuir a las elevadas temperaturas de la superficie del mar, las cuales causaron cambios significativos en las poblaciones de zooplancton e invertebrados marinos, provocando fluctuaciones en la abundancia y las comunidades marinas (Bond *et al.*, 2015; Cavole *et al.*, 2016). Otra posible razón es que se hubiera dado una gran mortandad de langostilla por efecto de la mancha y El niño (Cavole *et al.*, 2016; McDermott, 2018; Samenow, 2018).

Estos cambios de temperatura provocaron que las especies tropicales se desplazaran hasta las costas de Alaska y las especies subárticas podrían moverse a miles de millas dentro de sus rangos de distribución natural, como respuesta a las condiciones oceánicas (Bond *et al.* 2015; Cavole *et al.*, 2016). Los peces carnívoros siguen a sus presas y como resultado muchas distribuciones de peces están vinculadas a las distribuciones de

fitoplancton (Dini y Carpenter, 1992). Debido a esto *Z. exasperata* presentó cambios en la dieta por peces, ya que, en la temporada cálida, se alimentó de peces del género *Porichthys*, mientras que en la temporada cálida anómala cambio a presas del género *Synodus* y otros peces como *Sardinops sagax*.

### **Amplitud y traslapo trófica por contenido estomacal de *Z. exasperata***

De acuerdo con el índice de Levin, *Z. exasperata* fue considerado como especialista tanto por sexo, como estadio de madurez y por temporadas, concordando con Blanco-Parra *et al.* (2011) quienes reportan que esta especie es especialista, pero en peces. Por otro lado, Barbini *et al.* (2011), Marion *et al.* (2011) y Bornatowski *et al.* (2014a) reportaron que *Z. brevirostris* es un organismo especialista temporal, ya que la dieta varía de acuerdo con la temporada. Mientras que Mejía-Falla *et al.* (2006) y Navia *et al.* (2007) reportan que *Zapteryx xyster* es un depredador generalista.

Basados en el análisis nMDS y ANOSIM, *Z. exasperata* presentó un traslapo trófico por sexo, estadio de madurez y por por temporadas, indicando que se está alimentando de las mismas presas durante todo el año, esto puede indicar que se estén repartiendo el recurso existente en la zona de Bahía Tortugas a pesar de que existe una segregación tanto por sexo como por estadio de madurez, concordando con Villavicencio-Garayzar (1995) y Ebert (2003) que encontraron que esta especie presenta una fuerte segregación por sexo como por estadio de madurez, mientras que Blanco-Parra *et al.* (2011) menciona que no existe una segregación en las costas de Sonora.

No obstante, *Z. exasperata* en las tres temporadas se alimentó ocasionalmente de otros grupos tróficos, disminuyendo la competencia intraespecífica debido a la optimización del gasto energético por el tipo de presa, ya que son más fáciles de consumir con el menor gasto energético posible (Blanco-Parra *et al.*, 2009; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

Blanco-Parra *et al.* (2011) mencionan que las proporciones por sexo fueron iguales (1:1), atribuyéndolo a una posible zona de reproducción, mientras que en el presente trabajo, la proporción fue mayor para los machos (3:1), lo que estaría indicando que Bahía

Tortugas podría ser un área de alimentación, debido a que la zona presenta una alta productividad primaria y es una zona con alta abundancia de organismos marinos (Amador-Buenrostro *et al*, 1995). Para el caso de estadio de madurez la proporción fue mayor en adultos (11:1), la baja proporción encontrada en juveniles puede deberse al método de captura, debido a que es una pesca dirigida hacia organismos de tallas comerciales, excluyendo a los de talla menor.

### **Espectro trófico por isotopos estables de *Z. exasperata***

A partir del modelo de mezcla se evidenció que los crustáceos y peces contribuyeron en gran parte la dieta de *Z. exasperata*, tanto por sexo, como por estadio de madurez y por temporadas. Sin embargo, a diferencia de lo encontrado en el contenido estomacal, el modelo de mezcla reflejó que los camarones peneidos y la langostilla *P. planipes* son las presas principales, otras presas principales, pero en menor proporción fueron los peces el género *Porychthys* y *Synodus*. Esta diferencia encontrada con respecto al contenido estomacal puede deberse a varios factores, uno de ellos es la ventana de tiempo existente en cada técnica, ya que el contenido estomacal corresponde a un periodo corto (24 h aproximadamente) y los isótopos estables reflejan una ventana de tiempo de meses a años (Hyslop, 1980; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

Otro factor es la tasa de digestión de las presas, ya que unas se asimilan más rápido que otras, provocando que no puedan ser identificadas hasta el menor taxón posible, o bien que la langostilla no sea tan asimilable como los camarones y, a pesar de que el depredador consuma más langostilla esta no se asimile tanto como los camarones (Ovchinnikov, 1970; Blanco-Parra *et al.*, 2011).

En lo referente a temporadas, se encontró en la temporada fría *Z. exasperata* consume casi la misma cantidad a los camarones peneidos y la langostilla *P. planipes* (38 y 37 %, respectivamente) mientras que en las temporadas de cálida y cálida anómala es mayor el consumo de camarones peneidos que de langostillas. Así, las demás presas consumidas por *Z. exasperata* son las mismas en las tres temporadas, lo cual indicó que no se presentó un cambio significativo en la dieta.

La diferencia significativa en  $\delta^{15}\text{N}$  sugiere que podría existir una ligera variación temporal en la dieta de *Z. exasperata* durante el año; posiblemente se deba a la abundancia de las presas, sin embargo, las presas principales se mantienen. Por otro lado, la falta de diferencias significativas en los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  entre las diferentes categorías (sexo, estadio de madurez y temporadas), indica que esta especie permanece en esta área o en áreas cercanas en donde la disponibilidad de sus presas no varía circunstancialmente, o que esta especie está migrando a las mismas zonas que sus presas (Wetherbee y Cortés, 2004; Blanco-Parra *et al.*, 2011). Esto mismo se ha propuesto para otras tres especies de elasmobranquios en una bahía de Australia, en la que la poca diferencia estacional entre la dieta de estos cuatro elasmobranquios reflejo el hecho de que las presas principales se mantenían moderadamente abundantes durante todo el año (Wetherbee y Cortés, 2004)

Post (2002) mencionó que el factor de discriminación para organismo acuáticos es en promedio 3.4 ‰, sin embargo, en este trabajo se utilizó un factor de discriminación 2.1 ‰, el cual se ajustó para determinar el espectro trófico de *Z. exasperata*. Esto concuerda con lo encontrado por Hussey *et al.* (2010), quienes determinaron el factor de discriminación de tres tiburones, encontrando que estos registraron un valor de 1.95 a 2.5. Yemişken *et al.* (2017), trabajaron con batoiformes en el mar Mediterráneo y trabajaron con valores de 1.95, concordando con que el factor de discriminación no siempre responde a los valores propuestos por Post (2002), lo que podría indicar que hay especies que presentan diferentes valores de tasa de discriminación.

De acuerdo con las presas que *Z. exasperata* consumió en la zona de estudio, podemos decir que es una especie principalmente de hábitos nocturnos, ya que la langostilla *P. planipes* es una especie que en estado adulto es bentónica y se encuentra cerca del talud continental, siendo un organismo nocturno; por otro lado, en estado juvenil es una especie planctónica y es más abundantes en las aguas superficiales durante la noche al realizar migraciones verticales (Boyd, 1967; Kato, 1974). Los camarones peneidos son organismos también de hábitos nocturnos, los cuales durante la noche se movilizan para alimentarse y, en el caso del pez sapo *Porichthys notatus* también es una especie bentónica demersal nocturna (Eschmeyer *et al.*, 1983; Robertson y Allen, 2015). Lo

anterior concuerda con mencionado por Blanco-Parra *et al.* (2011) quienes señalaron que *Z. exasperata* es una especie nocturna, ya que consume principalmente presas principales de hábitos nocturnos, aunque se debe de señalar que lo anterior no descarta la posibilidad de que también sea un depredador activo durante el día, ya que las presas menos importantes son peces bentónicos-demersales y son depredadores diurnos (Escamilla-Montes *et al.*, 2013; Arciniega-Flores y Mariscal-Romero, 2013).

El pez lagarto del género *Synodus* es una especie que habita en fondos arenosos cerca de rocas siendo un organismo diurno (Lea, 2010), *Sardinops sagax* es una especie pelágica-nerítica, en estado juvenil están más cercanos a las costas (Yamada *et al.*, 1995; Martínez-Porchas, 2012), el pez lenguado *S. atricaudus* es una especie que habita entre los 30 y 80 m de profundidad dentro de fondos blandos y arenosos y es un organismo diurno (Munroe *et al.*, 1995; Galván-Magaña *et al.*, 2000; Escamilla-Montes *et al.*, 2013; Arciniega-Flores y Mariscal-Romero, 2013). Con base a lo anterior se puede dilucidar que los organismos juveniles son principalmente diurnos. Cabe señalar que la mayoría de los crustáceos del presente estudio son de hábitos nocturnos, razón por lo cual podemos considerar que de manera general *Z. exasperata* es un cazador principalmente nocturno.

### **Amplitud y traslapo trófico por isótopos estables de *Z. exasperata***

La amplitud del nicho trófico podría ser considerado como un indicador de la abundancia de las presas presentes en el área de estudio (Colwell y Futuyma, 1971). De forma intraespecífica, por sexo presentaron amplitudes similares y relativamente pequeñas ( $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.87$  para machos y  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.84$  para hembras), lo cual indicaría que se están alimentando de un número reducido de presas, como es el caso de camarones peneidos y la langostilla *P. planipes* principalmente, seguido de peces del género *Synodus*. Por otro lado, entre estadio de madurez, los adultos presentaron una amplitud trófica pequeña ( $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.84$ ), siendo especialista, por el contrario, los juveniles presentaron una amplitud mayor ( $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.96$ ), lo cual indica una dieta más generalista u oportunista. Esto mismo encontró Blanco-Parra *et al.* (2011) donde los juveniles presentan una tendencia más generalista a diferencia de los adultos.

A pesar de las diferencias entre las proporciones de la dieta entre sexo y estadio de madurez de *Z. exasperata*, la pequeña diferencia en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  (menos de 0.7 ‰) es un indicativo de que ambas categorías se están alimentando de las mismas presas y por ende presentan un mismo nivel trófico y debe ser considerado como depredador tope de la zona bentónica-costera. Blanco-Parra *et al.* (2011) mencionan que *Z. exasperata* ha sido subestimada como un depredador tope de los ecosistemas costeros y, por ende, su importancia en el funcionamiento y estructura como depredador tope no han sido tomada en cuenta. Bornatowski *et al.* (2014) mencionaron que la eliminación de los depredadores topes en una trama trófica podría ocasionar efectos directos e indirectos en dicha trama o ecosistema, por cómo se ha visto, *Z. exasperata* es un depredador que regula varias especies, por tanto, se debe considerar el efecto que se tendría si esta llegase a desaparecer de la zona.

En lo que se refiere a la amplitud trófica por temporadas, en todas se presentaron con un número reducido de presas, consumiendo las mismas presas principales siendo considerado como un depredador especialista (temporada fría  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.9$ , temporada cálida  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.87$  y temporada cálida anómala  $\sigma^2\delta^{15}\text{N}=0.8$ ). Estos altos niveles de especialización alimentaria pueden ser el resultado de una alta abundancia de recursos, lo cual lo hacen parte de una estrategia de especialización para la repartición de recursos tróficos y, por ende, de incrementar la probabilidad de coexistencia, siendo influenciados por sus rasgos morfológicos, que a su vez definen los mecanismos de alimentación y locomoción (Navarro-González, 2012).

En lo referente al traslapo trófico, la prueba SIBER encontró que por sexo presenta un traslapo alto (0.77) y por estadio de madurez se presenta un traslapo bajo (0.59). Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  no mostraron diferencias significativas, pudiendo indicar que no existe segregación y que esta especie se está alimentando en la misma zona y por tanto se están repartiendo el recurso existe, corroborándose con lo encontrado en contenido estomacal; o bien, que pudiera existir una segregación por tallas y que las presas sean abundantes, distribuyéndose tanto en zonas someras como profundas, por tanto son consumidas por ambos estadios de madurez (Blanco-Parra *et al.*, 2011).

De igual manera, por temporadas presentó un traslape trófico, siendo la más baja entre la temporada fría y Cálida anómala (0.56). esto podría deberse al tipo de presas existente en cada temporada, ya que, durante la temporada fría prevalecen especies templadas frías, mientras que en la cálida prevalecen las templadas tropicales (Pörtner y Peck, 2010; Fernández, 2015), marcando el poco traslape entre la cálida anómala y la fría

### **Nivel trófico de *Z. exasperata***

*Z. exasperata* presentó un NT= de  $3.8 \pm 0.38$ , lo que indica un nivel trófico terciario, considerándolo como un depredador tope de las zonas costeras, este valor concuerda con lo reportado para algunas especies de tiburones y rayas según algunos autores, cuyos valores fluctúan entre 3.6 y 4.5 (Cortés, 1997; Ebert *et al.*, 1991; Ebert y Bizzarro, 2007). Blanco-Parra *et al.* (2011), reportaron un valor de NT=4.1, un valor ligeramente más elevado que el encontrado en este trabajo. Esta diferencia de NT podría atribuirse a las presas que consumen en cada área de estudio, debido a que en las costas de Sonora se alimenta principalmente de peces, mientras que en bahía Tortugas se alimenta principalmente de crustáceos.

## Conclusiones

- La dieta de *Z. exasperata* tanto por sexo como por estadio de madurez se conformó principalmente de crustáceos (camarones peneidos y la langostilla *Pleuroncodes planipes*) y peces demersales (pez lagarto *Synodus* spp. y pes sapo *Porichthys notatus*). Considerándolo como un depredador nocturno, debido a las presas que consume.
- Debido a la dominancia de un reducido número de especies presa, *Z. exasperata* es considerado como un depredador especialista, presentando un traslapo trófico alto en la dieta entre sexo y estadio de madurez.
- *Z. exasperata* es un depredador tope en el área de estudio con un nivel trófico alto (TL=3.8). A pesar de las diferencias entre sexo y estadio de madurez de *Z. exasperata*, la pequeña diferencia en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  entre ellos es un indicativo de que ambas categorías se están alimentando en un mismo nivel trófico. Esta característica de depredador tope hace que *Z. exasperata* juegue un papel importante en la estructuración de las comunidades bentónicas.
- La dieta de *Z. exasperata* no presentó variaciones alimenticias entre las temporadas fría, cálida y cálida anómala, mostrando una alta adaptabilidad a los cambios de temperatura. Además, la falta de diferencias significativas en los valores de  $\delta^{15}\text{N}$  y  $\delta^{13}\text{C}$  sugiere que no existe una variación importante en la dieta.

*Z. exasperata* es una especie que se alimenta especialmente de crustáceos y en una menor cantidad de peces demersales durante todo el año, no presentando variaciones temporales en su composición dietaria, indicando que Bahía Tortugas es un área de alimentación. Los valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$  sugieren que no existe una variación importante en la dieta de *Z. exasperata* durante el periodo de muestreo, revelando que esta especie permanece en la zona costera o en áreas cercanas en donde la disponibilidad de sus presas no varía circunstancialmente, o bien que la especie este migrando a las mismas zonas que sus presas.

## Recomendaciones

- Se debe tomar en cuenta el arte de pesca a utilizar para el análisis de contenido estomacal, para así minimizar el número de estómagos vacíos. Ya que algunos artes de pesca estresan a los organismos y tienden a regurgitar el alimento.
- Se debe considerar que la zona de Bahía Tortugas presenta diferentes isoterrenos, por lo que deberían separarse las muestras por los diferentes campos pesqueros o las diferentes áreas de captura para poder ver las diferencias isotópicas en la especie.
- Podría realizarse un estudio de remineralización en la zona de B. Tortugas, para ver cómo ocurren los ciclos biogeoquímicos de C y N, esto podría ayudar a entender por qué en la zona existen diferentes isoterrenos.

## Bibliografía citada

- Allen, G.R. & R.D. Robertson. 1994. Fishes of the Tropical Eastern Pacific. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 332Pp.
- Amador-Buenrostro, A., M.L. Argote-Espinosa, M. Mancilla-Peraza y A. Figueroa Rodríguez. 1995. Variaciones De Periodo Corto De La Circulación Anticiclónica En Bahía Sebastián Vizcaíno, Baja California, México. *Ciencias Marinas*. 21(2). 201-223.
- Arciniega-Flores, J. y J. Mariscal-Romero. 2013. Estructura poblacional y crecimiento individual de *Callinectes arcuatus* en la Laguna Barra de Navidad. Jalisco. *Ciencia Pesquera*. 21(1): 15-26.
- Aurioles-Gamboa, D., M.Y. Rodríguez-Pérez, L. Sánchez-Velasco y M.F. Lavín. 2013. Habitat, trophic level, and residence of marine mammals in the Gulf of California assessed by stable isotope analysis. *Marine ecology progress series*. 48(8). 275–290.
- Barbini, S. A., L. O. Lucifora & N. M. Hozbor. 2011. Feeding habits and habitat selectivity of the short-nose guitarfish, *Zapteryx brevirostris* (Chondrichthyes, Rhinobatidae), off north Argentina and Uruguay. Uruguay. *Marine Biology Research*. 7:4. 365-377.
- Bearhop, S., C.E. Adams, S. Waldron; R.A. Fuller & H. Macleod. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology*. 73: 1007-1012.
- Bernal, G., P. Ripa y J. Herguera. 2001. Variabilidad oceanográfica y climática en el bajo golfo de california: influencias del trópico y pacífico. *Ciencias marinas*. México. 27(4): 595-617.
- Bizzarro, J.J., W.D. Smith. J.F Márquez-Farías, y R.E. Hueter. 2007. Artisanal fisheries and reproductive biology of the golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri*

Everman and Jenkins, 1891 in the northern Mexican Pacific. México. *Fisheries research*. 84: 137–146.

Blanco-Parra, M.P., F. Galván-Magaña y J. F. Márquez-Farías. 2009. Fishery and morphometric relationship of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata* (Elasmobranchii: Rhinobatidae), from the Gulf of California, México. *Revista PanAmerican Journal of Aquatic Sciences*. México. 4(4): 456-465.

Blanco-Parra, M.P.; F. Galván-Magaña.; J. F. Márquez-Farías & C. A. Niño-Torres. 2011. Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. *Environmental Biology of Fishes*. México. (95): 65–77.

Bond, N. A., M. F. Cronin, H. Freeland, and N. Mantua. 2015. Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*. 42: 3414–3420. DOI: 10.1002/2015GL063306.

Bornatowski, H., A.F Navia, R. Renno-Braga, A. Vinicius & M.F. Maia-Correa. 2014. Ecological importance of sharks and rays in a structural food web analysis in southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*. 71 (7): 1586–1592. DOI:10.1093/icesjms/fsu025.

Bornatowski, H., N. wosnick, P.D. wanessa, M.F. Maia Correa y V. Abilhoa. 2014a. Feeding comparisons of four batoids (Elasmobranchii) in coastal waters of southern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-9.

Boyd, C.M. 1967. The benthic and pelagic habitats of the red crab, *Pleuroncodes planipes*. *Pacific science*. USA. (21): 394-403.

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

- Cailliet, G. M., L. Milton & A. W. Elli. 1986. Fishes: A field and laboratory manual on their structure, identification and history. Waveland Press, Inc. Illinois. 183 pp.
- Carlisle, A. B., S.Y. Litvin, D.J. Madigan, K. Lyons, J.S. Bigman, M. Ibarra, J.J. Bizzarro. 2017. Interactive effects of urea and lipid content confound stable isotope analysis in elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*.74(3): 419-428.
- Cavole, L.M., A.M. Demko, R.E. Diner, A. Giddings, I. Koester, C.M.L.S. Pagniello, M.L. Paulsen, A. Ramirez-Valdez, S.M. Schwenck, N.K. Yen, M.E. Zill, and P.J.S. Franks. 2016. Biological impacts of the 2013–2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: Winners, losers, and the future. *Oceanography* 29(2):273–285, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2016.32>.
- Cervantes-Gutiérrez, F. 2018. Demografía de la raya pinta *Zapteryx exasperata* (Jordan & Gilbert, 1880) en la costa occidental de Baja California Sur. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S. 147pp.
- Chen, G., Wu, Z., Gu, B., Liu, D., Li, X. y Y. Wang. 2010. Isotopic niche overlap of two planktivorous fish in southern China. *Limnology*. 12(2), 151–155. doi:10.1007/s10201-010-0332-2
- Chipps, S. T. & J. E. Garvey. 2006. Assessment of food habits and feeding patterns. *The American Fisheries Society*. 42pp.
- Christensen, V and D. Pauly. 1992. ECOPATH II, A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling*. 61: 169-185.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*., 18: 117–143.
- Clementz, M. T. y P. L. Koch. 2001. Differentiating aquatic mammals habitat and foraging ecology with stable isotopes in tooth enamel. *Oecology*. 129: 461-472.

- Clothier, C. 1950. A key to some Southern California fishes based on vertebral characters. Department of Natural Resources. Division of Fish and Game. *Fish Bulletin* 79: 83 pp.
- Clothier, C. R. & J. L. Baxter. 1969. Vertebral characters of some California fishes with notes on other Eastern Pacific species. Department of Fish and Game. *Marine Resources Operations. State of California*, 32 pp.
- Colwell, R. K.; Futuyma, D. J., 1971: On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 52: 567–576.
- Colwell, R.K. 2006. Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8. Persistent URL<[Purl.Oclc.Org/Estimates](http://Purl.Oclc.Org/Estimates)>
- 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): 726–738.
- Criss, R. E., 1999. Principles of stable isotope distribution. Oxford University Press: New York. 254 pp.
- Dale, J.J., N.J. Wallsgrave, B.N. Popp & K. Holland. 2011. Nursery habitat use and foraging ecology of the brown stingray *Dasyatis lata* determined from stomach contents, bulk and amino acid stable isotopes. *Marine Ecology Progress Series*. 4(33): 221- 236
- Deniro, M. y S. Epstein. 1981. Influence of the diet on the distribution of nitrogen isotopes on animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 45(3): 341-351.
- Dewey, R. 2016. The warm Pacific anomaly (The Blob): A Summary on the dynamics and some recent Canadian observations. Paper presented at Pacific Anomalies Workshop 2. University of Washington, January 20–21, 2016, Seattle, WA, [http://www.nanoos.org/resources/anomalies\\_workshop/workshop2/docs/presentations/Richard\\_Dewey-Presentation.pdf](http://www.nanoos.org/resources/anomalies_workshop/workshop2/docs/presentations/Richard_Dewey-Presentation.pdf)

- Dini, M.L., and S.R. Carpenter. 1992. Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. *Journal of Plankton Research*. 14: 359–377. <http://dx.doi.org/10.1093/plankt/14.3.359>.
- Ebert, D. A. & P. D Cowley. 2003. Diet, feeding behavior and habitat utilization of the blue stingray *Dasyatis chryconota* (Smith, 1828) in South African waters. *Marine Freshwater Research*. 54(8): 957–965.
- Ebert, D. A.; P. D. Cowley & L. J. Compagno. 1991. A preliminary investigation of the feeding ecology of skates (Batoidea: Rajidae) off the West coast of Southern Africa. South. Africa. *Journal Marine Science*. (10): 71–81.
- Ebert, D.A. 2003. Sharks, rays and chimaeras of California, Los Angeles: University of California.
- Ebert, J. R. & J. J. Bizarro. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Condriichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environmental Biology of Fishes*. (10): 17-24.
- Escamilla-Montes, R., G. De la Cruz-Agüero; M. I. Villalejo-Fuerte & G. Diarte-plata. 2013. Fecundidad de *Callinectes arcuatus* (Ordway, 1863) y *C. bellicosus* (Stimpson, 1859) (Decapoda: Brachyura: Portunidae) en la Ensenada de la Paz, Golfo de California, México. *Universidad y ciencia*. 29(1). 53-61.
- Eschmeyer, W.N., E.S. Herald and H. Hammann. 1983. A field guide to Pacific coast fishes of North America. Boston (MA, USA): Houghton Mifflin Company. 336 p.
- Escobar-Sánchez, O. 2004. Hábitos alimentarios del tiburón Ángel *Squatina californica* (Ayers, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S. 114 pp.
- Fernández, R. J.C. 2015. Fenómeno el niño 2015/2016. Loss control service.

- Fisher, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. Carpenter y V. Niem. 1995. Pacífico Centro-Oriental; Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca, Roma: FAO.
- Fisk, A.T., S.A Tittlemier, J.L. Pranschke and R.J. Norstrom. 2002. Using anthropogenic contaminants and stable isotopes to assess the feeding ecology of Greenland sharks. *Ecology*, 83(8): 2162–2172. DOI:10.1890/0012-9658(2002)083 [2162:UACASI]2.0.CO;2.
- Flores, D. C. 1970. El escenario geográfico. Instituto Nacional de Antropología e Historia. 2a Ed. México.
- Fry, B. 2006. Stable Isotope Ecology. Springer-Verlag, New York. 308 pp.
- Galván-Magaña, F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Tesis Doctoral. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. 212 pp.
- Galván-Magaña, F.; F. Gutiérrez-Sánchez; L. A. Abitia-Cárdenas & J. Rodríguez-Romero. 2000. The distribution and affinities of the shore fishes of the Baja California Sur lagoons. In: Manuwar, M., S. G. Lawrence, I. F. Manuwar y D. F. Malley. Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. Ecovision World Monograph Series Backhuys Publishers. 383-398.
- Gascoigne, J.C. y R. N. Lipcius. 2004. Allee effects driven by predation. *Journal of Applied Ecology*. 41: 801-810.
- Gerking, S.D. 1994. Feeding Ecology of Fish. Academic Press. New York. 416 p.
- Graham, B.S., P.L. Koch, S.D. Newsome, K.W. McMahon y D. Aurioles. 2010. Using Isoscapes to trace movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems. In: West J., Bowen G., Dawson T. y Tu K. Isoscapes, Springer, Dordrecht.

- Guzmán Del Prío, A. S, L. Carreon-Palaa, Belmar-Perez Jorge, Carrillo Laguna Jorge & Herrera Fragoso Raúl. 2011. Effects of the "EL Niño" event on the recruitment of benthic invertebrates in Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Geofísica Internacional*. 42(3): 429-438.
- Harvey, J.T., Thomas R., M.A. Loughlin and D.S. Perez. 2000. Relationship between Fish Size and Otolith Length for 63 Species of Fishes from the Eastern North Pacific Ocean. Laboratory. Alaska *Fisheries Science Center*. NOAA Technical Report NMFS 150.
- Hendrickx, M. E. 1995. Anomuros. In: Fischer W.; F. Krupp.; W. Schneider.; C. Sommer.; K. E. Carpenter & V.H. Niem. 1995. Guía FAO para la Identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. I. *Plantas e Invertebrados*. 539-564 pp.
- Hernández-Aguilar, S.B. 2008. Espectro trófico del tiburón azul *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) en la costa occidental de baja california sur, México. Tesis de Maestría. La Paz, Baja California Sur.
- Hernández-Rivas, M.E., S.P. Jiménez-Rosenberg, R. Funes-Rodríguez & R.J. Saldierna-Martínez. 2000. El centro de actividad biológica de la bahía de Sebastián Vizcaíno, pp 65-85. en: Lluch-Belda D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz. 2000. Centro de Actividad Biológica del Pacífico Mexicano. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.
- Hobson, K.A., J.L. Sease, R.L. Merrick & J.F. Piatt. 1997. Investigating trophic relationships of pinnipeds in Alaska and Washington using stable isotope ratios of nitrogen and carbon. *Marine Mammal Science*. 13:114-132.
- Hussey N.E., M. A. MacNeil, J. A. Olin, B. C. McMeans, M. J. Kinneys, D. D. Chapman and A. T. Fisk. 2012. Stable isotopes and elasmobranchs: tissue types, methods, applications and assumptions. Canada. *Journal of Fish Biology*. 80, 1449–1484. DOI:10.1111/j.1095-8649.2012.03251.x.

- Hussey, Nigel E.; Brush, Jaclyn; McCarthy, Ian D. y Fisk, Aaron T. 2010.  $\delta^{15}\text{N}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  diet-tissue discrimination factors for large sharks under semi-controlled conditions. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 155. 445–453.
- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology 22:415–427.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. (17) 411-429.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 1989. Desarrollo urbano. EcoPLAN del municipio de Mulegé. Primera edición. Baja California Sur. 172 pp.
- Jackson, A. L., R. Inger, A.C. Parnell & S. Bearhop. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*. 80(3): 595–602.
- Jeager, A.P. Blanchard, P. Richard, Y. Cherel. 2009. Using carbon and nitrogen isotopic values of body feathers to infer inter-and intra-individual variations of seabird feeding ecology during moult. *Marine Biology*. 156: 1233-1240.
- Jereb, P., C.F.E. Roper, M.D. Norman and K.F. Julian. 2013. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. No. 4, Vol. 3. Rome, FAO. 370 p.
- Kato, S.M. 1974. Development of the pelagic red crab (Galatheidae, *Pleuroncodes planipes*) fishery in the Eastern Pacific Ocean. *Marine Fisheries Review*. USA. (36)10: 9
- Kim, S.L. & P.L. Koch. 2012. Methods to collect, preserve, and prepare elasmobranch tissues for stable isotope analysis. *Environment Biologist Fisheries*. (95): 53–63. DOI: 10.1007/s10641-011-9860-9.

- Koen-Alonso, M, E.A Crespo, N.A. García, S.N. Pedraza, P.A. Mariotti, B. Verón-Vera and N.J. Mora. 2001. Food habits of *Dipturus chilensis* (Pisces: Rajidae) off Patagonia, Argentina. *ICES Journal of Marine Science*. 58: 288–297.
- Krebs, C. 1989. Ecological methodology. Harper & Row, Nueva York, 550 p.
- Li, Y., Y. Zhang, N.E. Hussey and X. Dai. 2016. Urea and lipid extraction treatment effects on  $^{15}\text{N}$  and  $^{13}\text{C}$  values in pelagic sharks. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 30(1): 1-8. DOI:10.1002/rcm.7396. PMID:26661965.
- Lluch-Cota, D, D. Lluch-Belda, S. Lluch-Cota, J. López-Martínez, M. Nevárez-Martínez, G. Ponce-Díaz, G. Salinas-Zavala, A. Vega-Velazquez, J.R. Lara Lara, G. Hammann y J. Morales. 2000. La pesquería y el Niño. Libro de la FAO. Capítulo 5. 200 pp.
- Logan, J.M., T.D. Jardine, T.J. Miller, S.E. Bunn, R.A. Cunjak & M.E. Lutcavage. 2008 Lipid corrections in carbon and nitrogen stable isotope analyses: comparison of chemical extraction and modelling methods. *Journal of Animal Ecology*. 77 (4): 838–846.
- Lowry, S. M. 2011. Photographic catalog of California marine fish otoliths: prey of California sea lions (*Zalophus californianus*). NOAA Technical Memorandum NMFS. La Jolla. 256 pp.
- Lynn, R. J. & J. J. Simpson. 1987. The California Current System: The Seasonal Variability of its Physical Characteristics. *Journal Geophysical Research*. 92: 12947-12966
- MacNeil, M.A., K.G. Drouillard and A.T Fisk. 2006. Variable uptake and elimination of stable nitrogen isotopes between tissues in fish. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Science*. 63: 345–353.
- Magaña, R. V. O., José L. P. C., Carlos G. y Socorro M. 1997. El fenómeno del niño y la oscilación del sur (ENOS) y su impacto en México. Departamento de Meteorología General. UNAM. México. 18 pp.

- Magaña, R.V. 2004. Los impactos del niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaría de Gobernación. México. 229p.
- Marion, C., T. Vaske-Junior, O.B.F. Gadig & I.A. Martin. 2011. Feeding habits of the short-nose guitarfish, *Zapteryx brevirostris* (Müller and Henle, 1841) (Elasmobranchii, Rhinobatidae) in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 71(1): 83-89.
- Márquez-Farías, J.F. y M.P. Blanco Parra. 2006a. Las Rayas del Golfo de California. En: Mayorga Castañeda, F.J., G. Compeán Jiménez y R. Corral Ávila. 2006. Sustentabilidad y Pesca Responsable en México. Instituto Nacional de la Pesca. SAGARPA. México. 560 p.
- Martínez del Río, C., N. Wolf, S.A. Carleton. y L.Z. Gannes. 2009. Isotopic ecology ten years after a call for more laboratory experiments. *Biol. Rev.*, 84:91–111.
- Martínez-García, M. y D. Lluch-Belda. 2000. Cambio climático global y centros de actividad biológica.1-10. En: Lluch-Belda D., J. Elorduy-Garay, S.E. Lluch-Cota y G. Ponce-Díaz. 2000. Centros de Actividad Biológica del Pacífico mexicano. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. México.
- Martínez-Porchas, M. 2012. Estudios de la distribución de la sardina del pacífico *Sardinops sagax caeruleus* (Clupeiformes: Clupeidae): historia, estado actual y perspectivas. *Universidad y Ciencia*. 285-300.
- McConnaughey, T.A y C.P. Mcroy. 1979. Food-web structure and fractionation of carbon isotopes in the Bering Sea. *Marine Biology*. 53: 257–2.
- McDermott, A. 2018. Red crab tide: Tuna crabs washing up on local beaches. *Monterey Herald*, November 13, 2018. <http://www.montereyherald.com/article/NF/20151007/NEWS/151009807>.
- McEachran, J. D. y N.G. Di Sciara. 1995. Peces Batoideos. In: Fischer W.; F. Krupp.; W. Schneider; C. Sommer.; K. E. Carpenter & V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la

Identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. II. Vertebrados parte 1. 746-792 pp.

Mejía-Falla, P.A., A.F. Navia y A. Giraldo. 2006. Notas biológicas de la raya ocelada *Zapteryx xyster* Jordan y Evermann 1896 (Chondrichthyes: Rhinobatidae) en la zona central de pesca del Pacífico colombiano. *Investigaciones Marinas*. 34: 181–185.

Méndez-González, J., A. Ramírez Leyva, E. Cornejo Oviedo A. Zárate Lupercio T. Cavazos Pérez. 2010. Teleconexiones de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) a la precipitación y temperatura en México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. 73: pp. 57-70.

Menni, R. y A. M. Miquelarena. 1976. Sobre dos especies argentinas de batrachoidae (pices: batrachoidiformes). Argentina. Buenos Aires. *Physis Secc.* 35 (91): 205-219.

Miller, D. J. & R. N. Lea. 1972. Guide of the coastal marine fishes of California. Department of fish and game. California. 252 pp.

Moore, M.A.B. 2017. Are guitar fishes the next sawfishes? Extinction risk and an urgent call for conservation action. *Endangered Species Research*. 34: 75–88. DOI. <https://doi.org/10.3354/esr00830>.

Moore, J. y B. Semmens. 2008. Incorporating Uncertainty and Prior Information into Stable Isotope Mixing Models. *Ecology Letter*, 11:470-480.

Morales-Zárate, M. V., S.E. Lluch-Cota, E. Serviere-Zaragoza y S. Guzmán del Prío. 2011. Modeling an exploited rocky coastal ecosystem: Bahia Tortugas, México. *Ecological modeling*. México. 222(5): 1-8.

Munroe, T.A.; F. Krupp & M. Schneider. 1995. Cynoglossidae. Lenguas, lenguetas. 1039-1059. In: Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter and V. Niem (eds.) Guía FAO para Identificación de Especies para los Fines de la Pesca. Pacífico Centro-Oriental. 3 Vols. FAO, Rome.

- Murillo-Cisneros, D.A. 2018. Trophic structure, bioaccumulation and trophic transfer of total mercury in three ray species from the Pacific coast of Baja California Sur. Tesis de Doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR). La Paz, B.C.S. 103 pp.
- Narváez, B.J.C., F. A Herrera Pertuz y J. Blanco Racedo. 2008. Efecto de los artes de pesca sobre el tamaño de los peces en una pesquería artesanal del caribe colombiano. Boletín de investigaciones marinas y costeras. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras. Colombia. 37:(2): 163-187.
- Navarro-González, J. A., J. Bohórquez-Herrera, A. F. Navia y V. H. Cruz-Escalona. 2012. Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, México. Mazatlán, Sinaloa. *Ciencias Marinas*. 38:(2). 347–362.
- Navia, A.F, P:A. Mejía-Falla y A. Giraldo. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*. 7(8):1-10. DOI:10.1186/1472-6785-7-8
- Navia, A.F., A. Torres, P.A. Mejía-Falla y A. Giraldo. 2011. Sexual, ontogenetic, temporal and spatial effects on the feeding ecology of *Urotrygon rogersi* (Elasmobranchs: Myliobatiformes). *Journal of Fish Biology*. 78: 1213–1224.
- Newsome, S., C. Martinez del Rio, S. Bearhop y D. Phillips. 2007. A niche for isotopic ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 5(8): 429-436.
- Niño-Torres, C.A., J.P. Gallo-Reynoso, F. Galván-Magaña, E. Escobar-Briones y S.A. Macko. 2006. Isotopic analysis of  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ , and  $\delta^{34}\text{S}$  “A feeding tale” in teeth of the longbeaked common dolphin, *Delphinus capensis*. *Marine Mammal Science*. 22(4): 831–846. DOI: 10.1111/j.1748-7692.2006.00065.x
- Ormaza-González, F.I. 2016. Eventos oceanográficos de alta y baja frecuencia en El Océano Pacífico Ecuatorial Este. Evaluación de su seguimiento y predicción. *Revista Internacional de Investigación y Docencia*. 1(3):1-8.

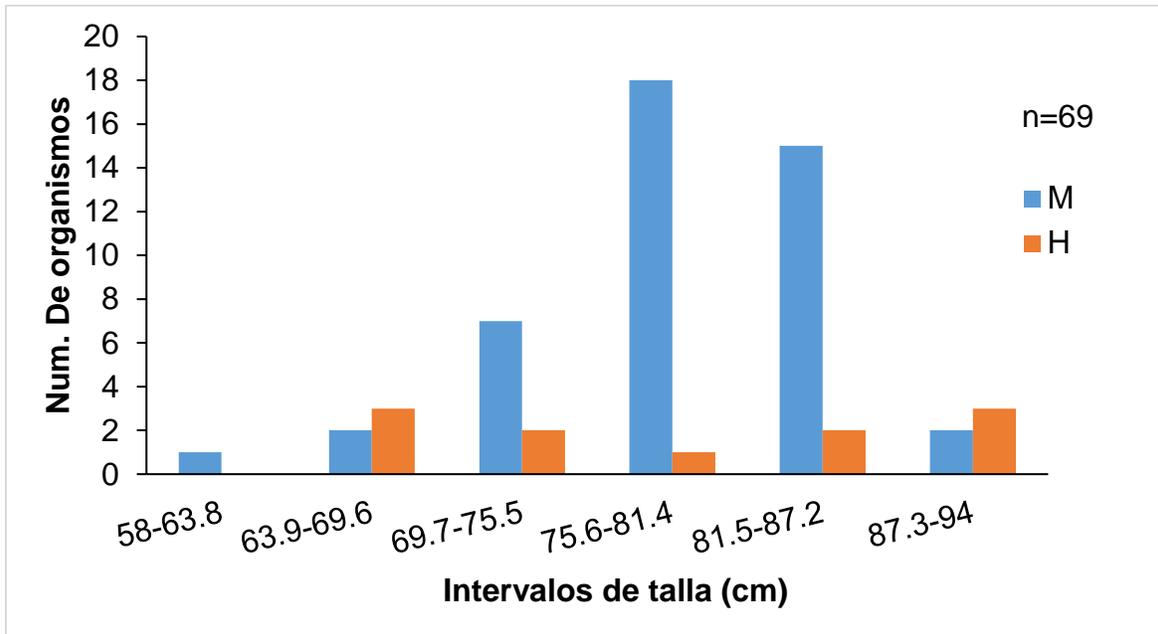
- Ovchinnikov, V.V. 1970. Swordfishes and billfishes in the Atlantic Ocean: ecology and functional morphology. English translation by H. Mills, 1971. Israel Program for scientific Translations. Jerusalem:77 pp.
- Park, R & S. Epstein. 1961. Metabolic fractionation of  $^{13}\text{C}$  and  $^{12}\text{C}$  in plants. *Plants Physiology*. 36: 133-138.
- Parnell, A. C., R. Inger, S. Bearhop & A.L. Jackson. L. 2010. Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PloS One*, 5(3): 96-72.
- Pedrin-Avila, S. y G. Padilla-Arredondo. 1999. Morfología y sedimentología de la plataforma suroeste de la península de Baja California, México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. 16(2): 132-146.
- Pinkas, L. M., S. Oliphant and I. L. Kiverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *California Fish and Game* 152, 1–105 pp.
- Pörtner, H. O. and M. A. Peck. 2010. Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and-effect understanding. *Journal of Fish Biology*. México. 77: 1745-1779
- Pörtner, H. O. & A. P. Farrell. 2008. Physiology and climate change. *Science* 322: 690–692.
- Post, D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position models, methods and assumptions. *Ecology*. 152: 179-189.
- Post, D.M., Layman, C.A., Arrington, D.A., Takimoto, G., Quattrochi, J., andMontaña, C.G. 2007. Getting to the fat of the matter: models, methods and assumptions for dealing with lipids in stable isotope analyses. *Ecologies*, 152(1): 179–189. doi:10.1007/s00442-006-0630-x. PMID:17225157.
- Rau, G.H., J.L. Tetssie, F. Rassoulzadegan y S.W. Fowler. 1990.  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  and  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  variations among size fractionated marine particles: implications for their origin and trophic relationship. *Marine Ecology Progress Series*. 59: 33-38.

- Robertson, D.R y G.R. Allen. 2015. Peces costeros de Pacífico Oriental Tropical: sistema de información en línea. Versión 2.0. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Balboa, republica de panamá.
- Rodríguez-Romero, J., D.S. Palacios-Salgado, J.López-Martínez, S. Hernández-Vázquez y G. Ponce-Díaz. 2008. Composición taxonómica y relaciones zoogeográficas de los peces demersales de la costa occidental de Baja California Sur, México. *Revista de Biología Tropical*. 56(4): 1765-1783.
- Roux, A. M, M Fernandez y C. Bremec. 1995. Estudio preliminar de las comunidades bentónicas de los fondos de pesca de langostino patagónico del golfo san jorge (argentina). *Ciencras Marinas*. 21(3): 295-3 10.
- 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.
- Samenow, J. 2018. Red crabs swarm Southern California. Linked to 'warm blob' in Pacific. The Washington Post, November 13, 2018, <https://www.washingtonpost.com/news/capital-weather-gang/wp/2015/06/17/red-crabs-swarm-southern-california-linked-to-warm-blob-in-pacific>
- Santillán Reyes, C., J.A. Martínez Pérez y L.F. Del Moral Flores. 2011. Description of sagittae otolith of species of the family carangidae (Perciformes: Actinopterygii) off the central coast of Veracruz state, Mexico. *UMAN* 4(15): 265-284.
- Schwarzans, W. and Aguilera. 2016. Otoliths of the Ophidiiformes from the Neogene of tropical America. München. *Palaeo Ichthyologica*. 124pp.
- Stevens, J.D., A.G. Church and T.L.O. Davis. 1982. NT shark gillnetting survey shows potential for Australian fishermen. *Journal Australian Fisheries*. 41(4). 39-41Pp.
- Tilley, A, J. López Angarita, J.R. Turner. 2013. Diet Reconstruction and Resource Partitioning of a Caribbean Marine Meso-predator Using Stable Isotope Bayesian Modelling. *PLoS ONE* 8(11): e79560. doi:10.1371/journal.pone.007956.

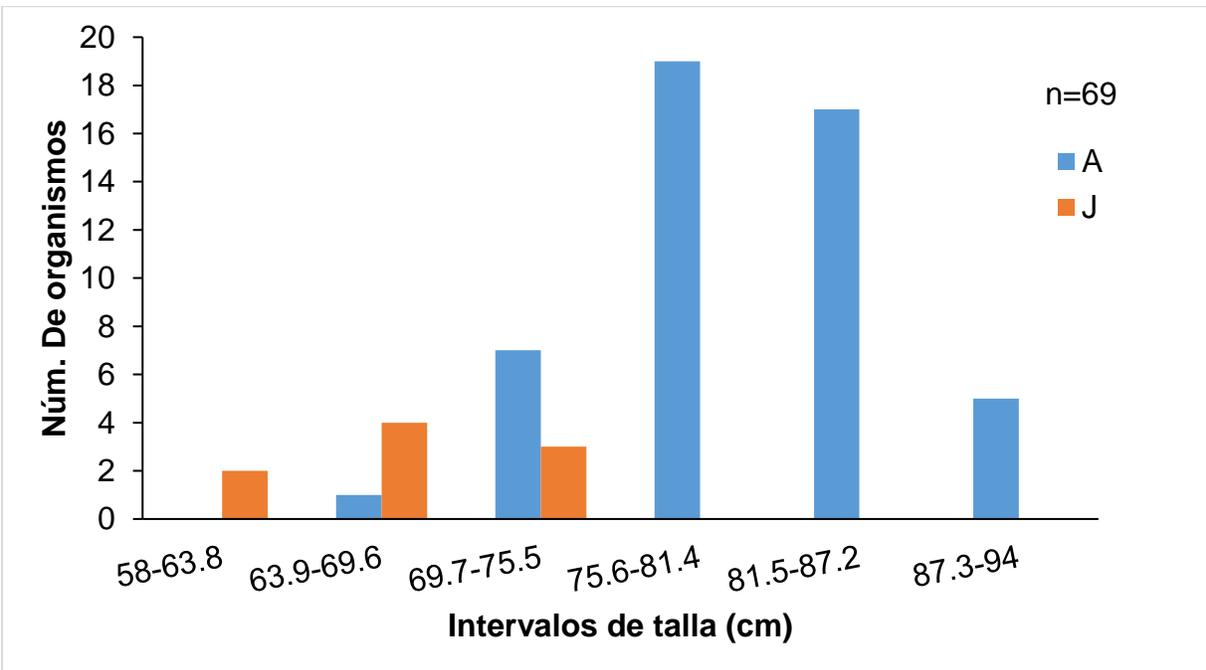
- Torres-Rojas, Y.E. 2011. Nicho trófico de pelágicos mayores capturados en la boca del Golfo de California. Tesis de doctorado. CICIMAR. 185 pp.
- Trasviña-Castro, A., D. Lluch Cota, A.E. Filonov y A. Gallegos. 2000. La pesquería y el Niño. Libro de la FAO. Capítulo 5. 200pp.
- UMAFOR. 2010. Estudio Regional Forestal Mulegé. California Sur. UMAFOR. 191pp.
- Valadez-González, C. 2007. Distribución, abundancia y alimentación de las rayas bentónicas de la costa de Jalisco y Colima, México. Tesis de doctorado. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. 139 pp.
- Vander-Zanden, M.J., B.J. Shuter, N.P. Lester & J.B. Rasmussen. 2000. Within and among-population variation in the trophic position of a pelagic predator, lake 83 trout (*Salvelinus namaycush*) Canadian. *Journal of fisheries and aquatic sciences*. 57:725-731
- Villavicencio, A. R. 2012. Manifestación de impacto ambiental, modalidad. Proyecto mejoramiento del hábitat bentónico de la langosta roja. San Sebastián Vizcaíno. México. 128p.
- Villavicencio-Garayzar, C. J. 1995. Biología reproductiva de la guitarra bandeada *Zapterix exasperata* (Pisces: Rhinobatidae), en Bahía Almejas, Baja California Sur, México. *Ciencias Marinas*. 21(2):141-153 pp.
- Villavicencio-Garayzar, C.J. 1996. Aspectos poblacionales del angelito, *Squatina californica*, ayres, en Baja California, México. *Revista de Investigación Científica Serie Ciencias Marinas* (1):15-21.
- Walter, T. I. 1998. Can sharks resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine Freshwater Research*. 49: 553-572
- Watt, J., G.J. Pierce & P.R. Boyle. 1997. Guide to the identification of North Sea fish using premaxilla and Vertebrae. Scotland. Department of zoology. 235 pp.

- Wetherbee, B.M. & E. Cortés. 2004. Food Consumption and Feeding Habits. 225-246. En: Carrier, J.C., J.A. Musick. y M.R. Heithause. *Biology of Sharks and Their Relatives*. 2004. CRC Press. 1<sup>st</sup> edition. 666pp.
- Whitney, F.A. 2015. Anomalous winter winds decrease 2014 transition zone productivity in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters* 42: 428–431, <http://dx.doi.org/10.1002/2014GL062634>
- Xiaofeng, C., L. Yang, L. Xiao, A. Miao & B. Xi. 2012. Nitrogen removal by denitrification during cyanobacterial bloom in Lake Taihu, *Journal of Freshwater Ecology*. 27(2): 243-258. DOI: 10.1080/02705060.2011.644405.
- Yamada, U., S. Shirai, T. Irie, M. Tokimura, S. Deng, Y. Zheng, C. Li, Y.U. Kim and Y.S. Kim, 1995. Names and illustrations of fishes from the East China Sea and the Yellow Sea. *Overseas Fishery Cooperation Foundation*, Tokyo, Japan. 288 p.
- Yemişken, E., G. Manuela, P. Megalofonou, L. Eryilmaz y J. Navarro. 2017. Feeding habits of three Batoids in the Levantine Sea (north-eastern Mediterranean Sea) based on stomach content and... *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1-8 pp.
- Zaba, K.D. y L. Rudnick. 2016. The 2014–2015 warming anomaly in the Southern California Current System observed by underwater gliders. *Geophysical Research Letters*. 43: 1241–1248. DOI:10.1002/ 2015GL067550.

## Anexo 1

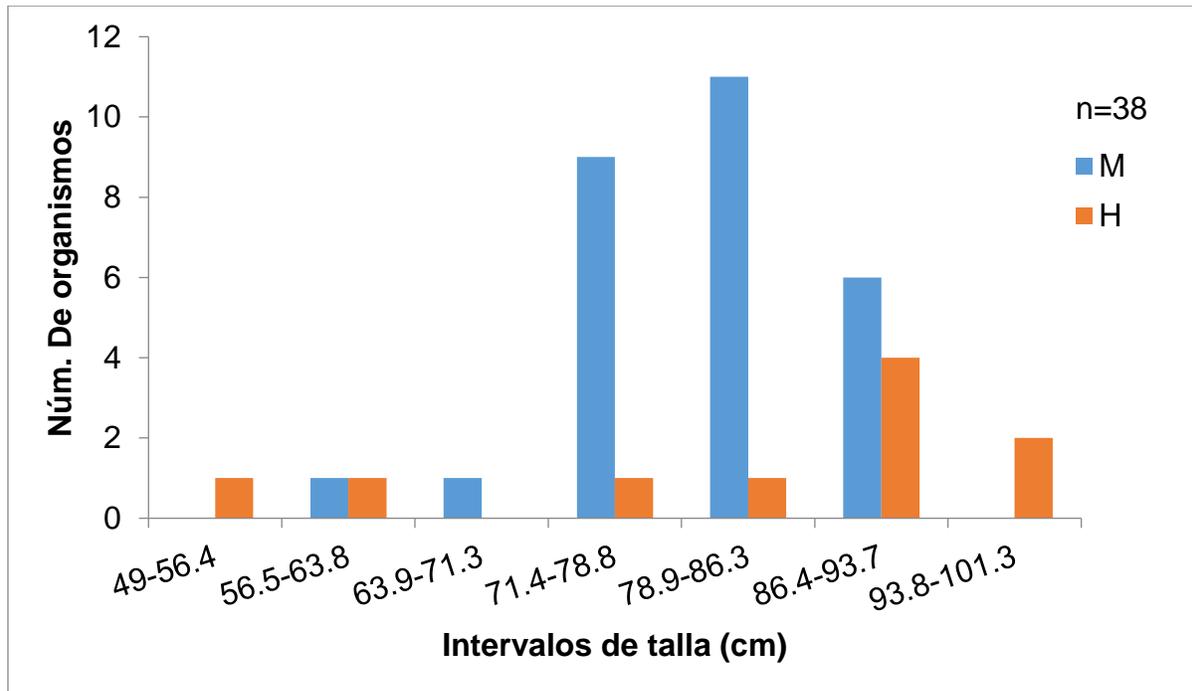


a) Intervalo de talla de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida, para la categoría de sexo. M: machos y H: hembras.

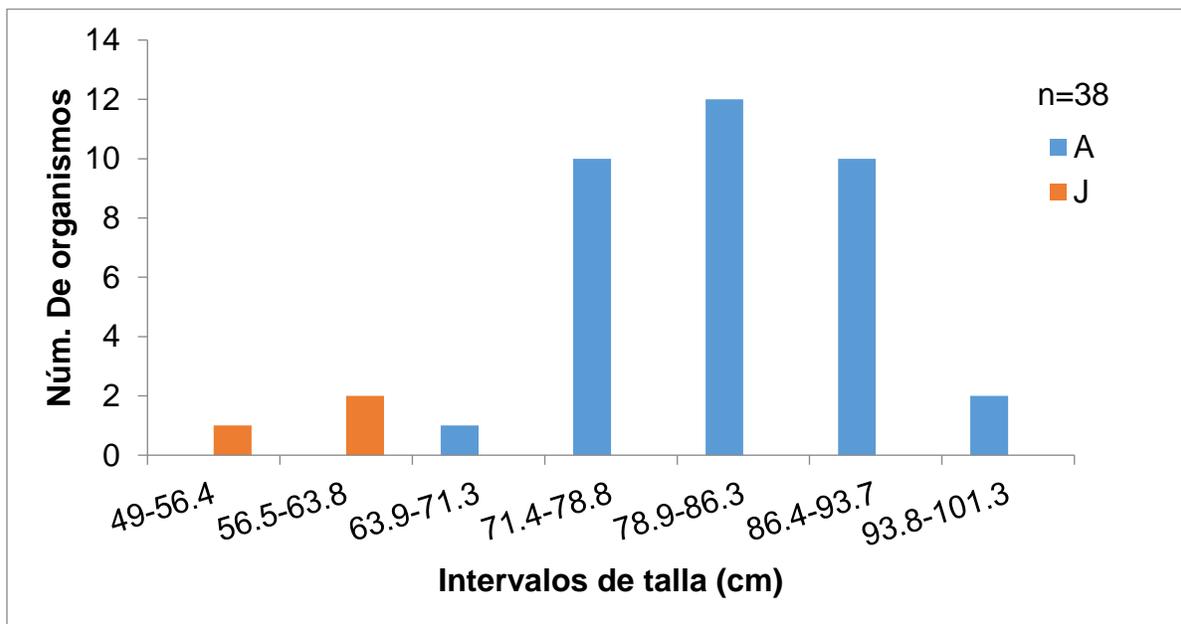


b) Intervalo de talla de la de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida, para la categoría de estadio de madurez. A: adultos y J: juveniles.

...continua anexo 1

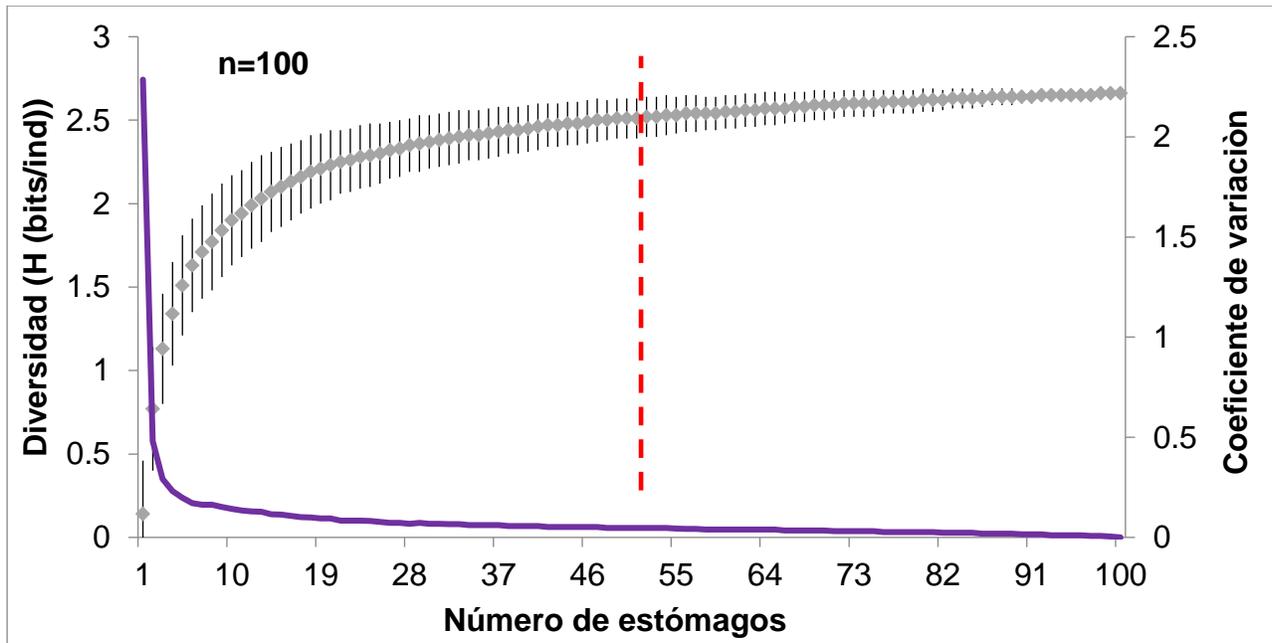


c) Intervalo de talla de la de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida anómala, para la categoría de sexo. M: machos y H: hembras.

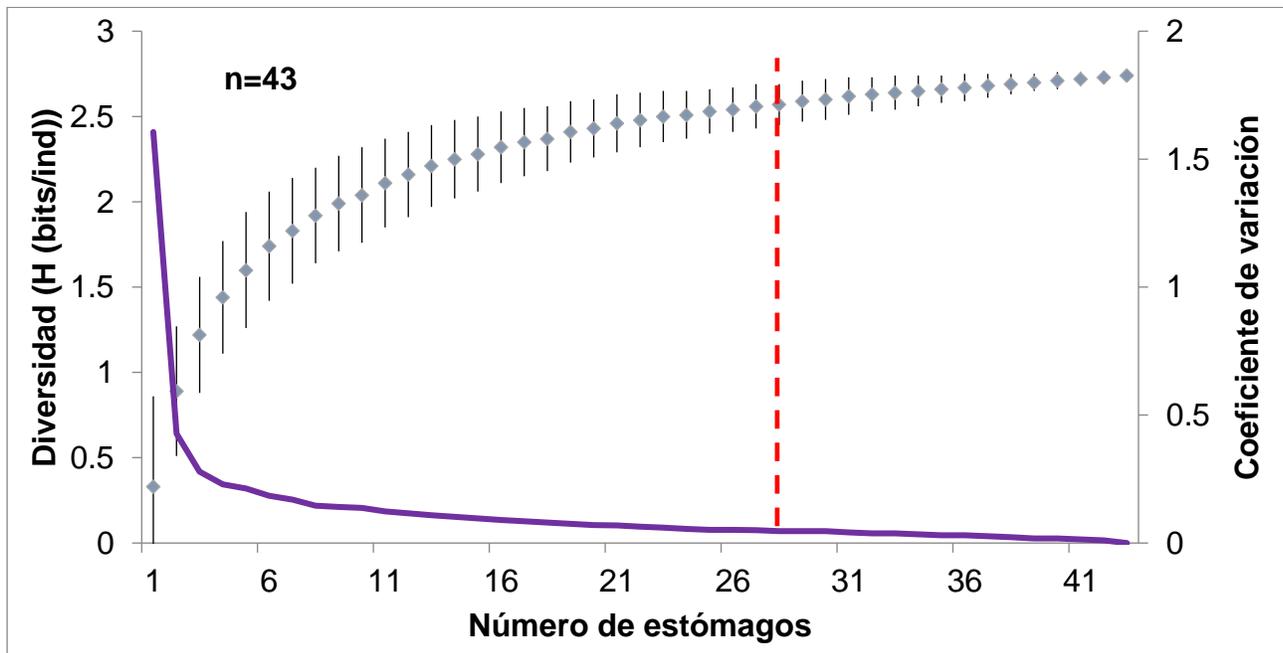


d) Intervalo de talla de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida anómala, para la categoría de estadio de madurez. A: adultos y J: juveniles.

## Anexo 2

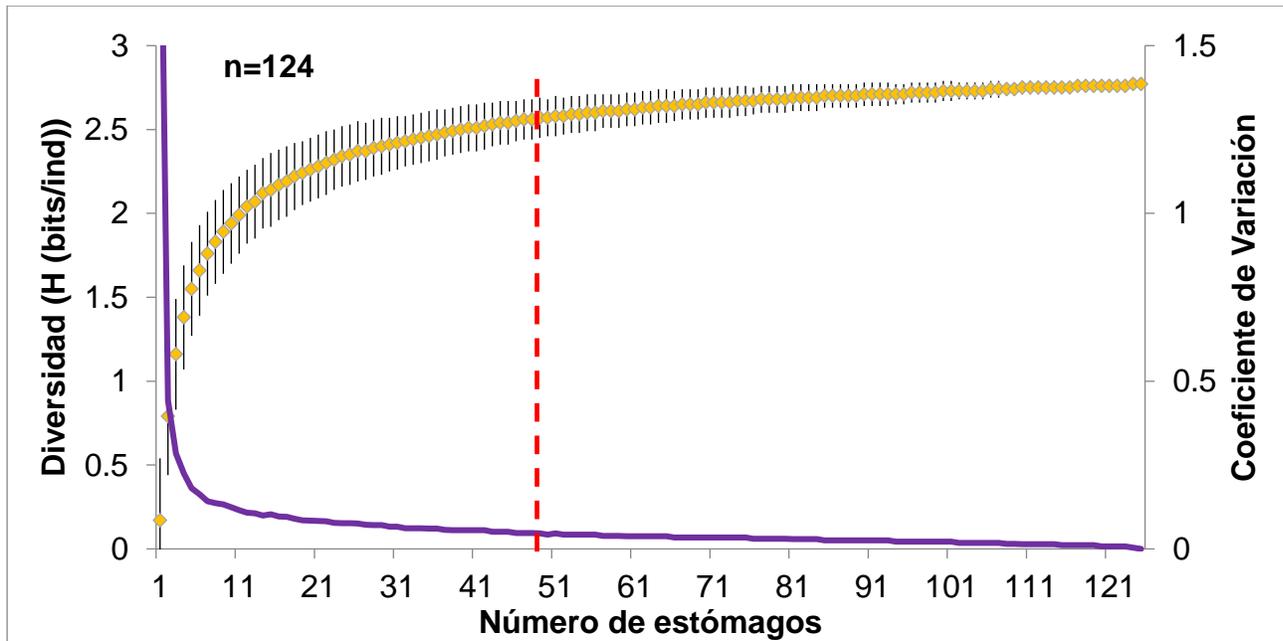


a) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para machos. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un CV=0.049.

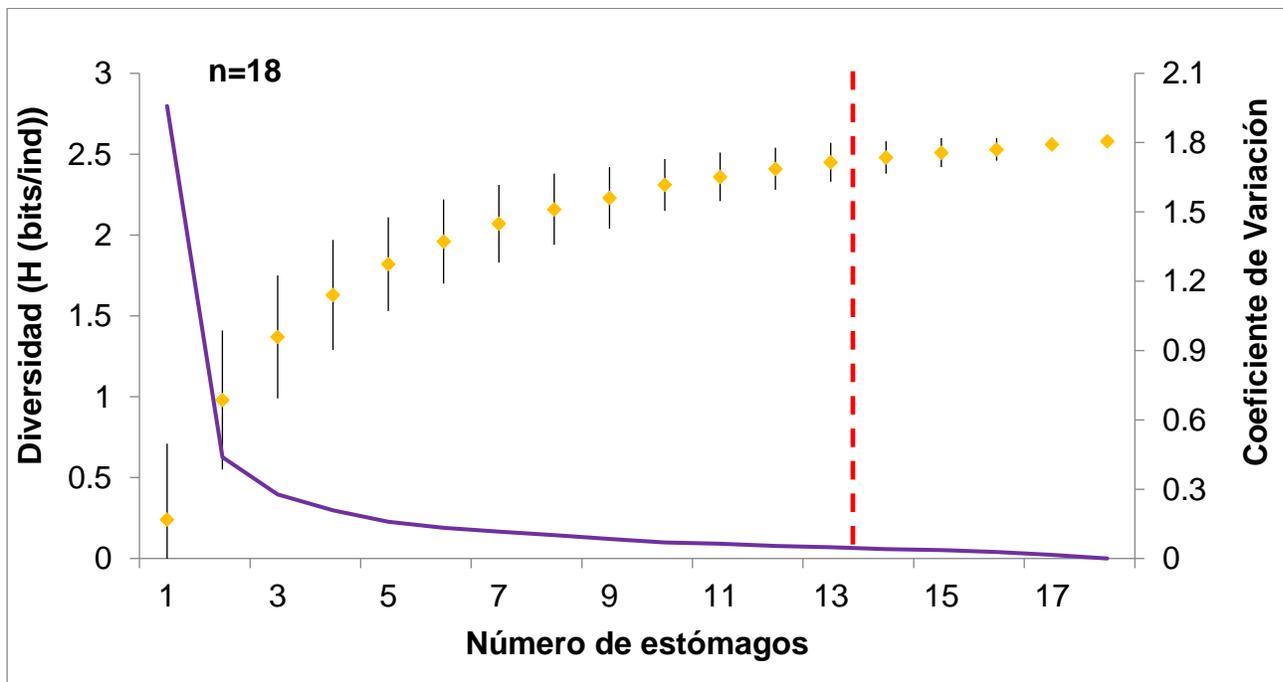


b) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para Hembras. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un CV=0.049.

.....Continua Anexo 2

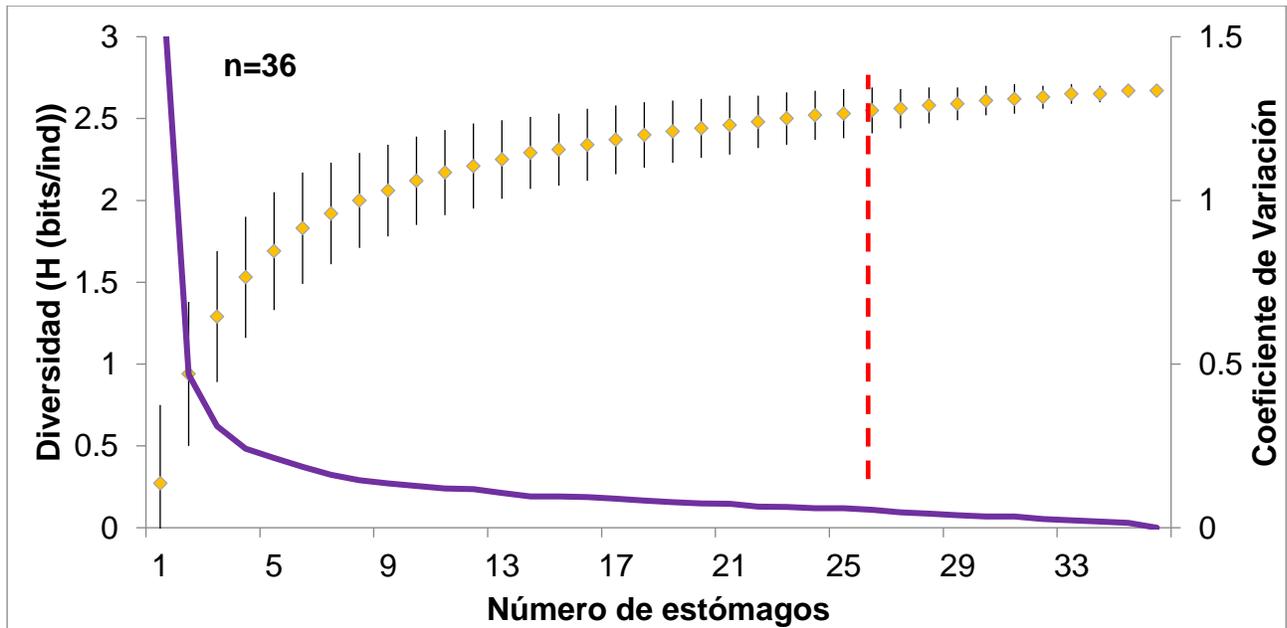


c) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para Adultos. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un  $CV=0.049$ .

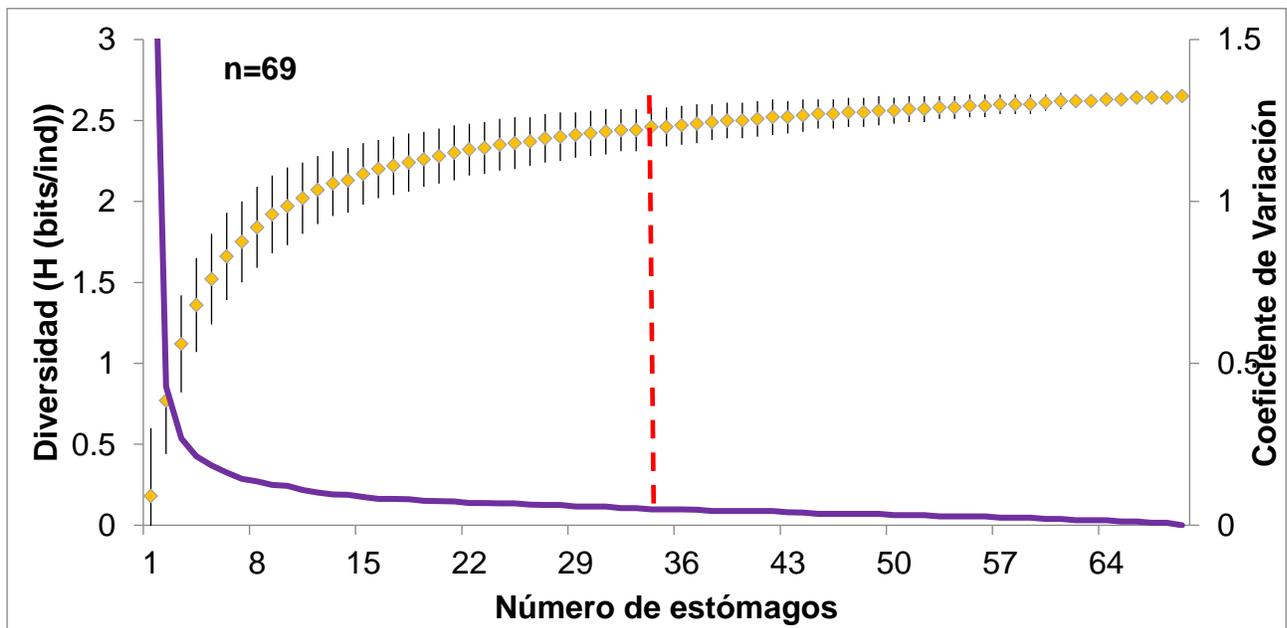


d) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para juveniles. Donde no se alcanzó la representatividad de las muestras.

### Anexo 3

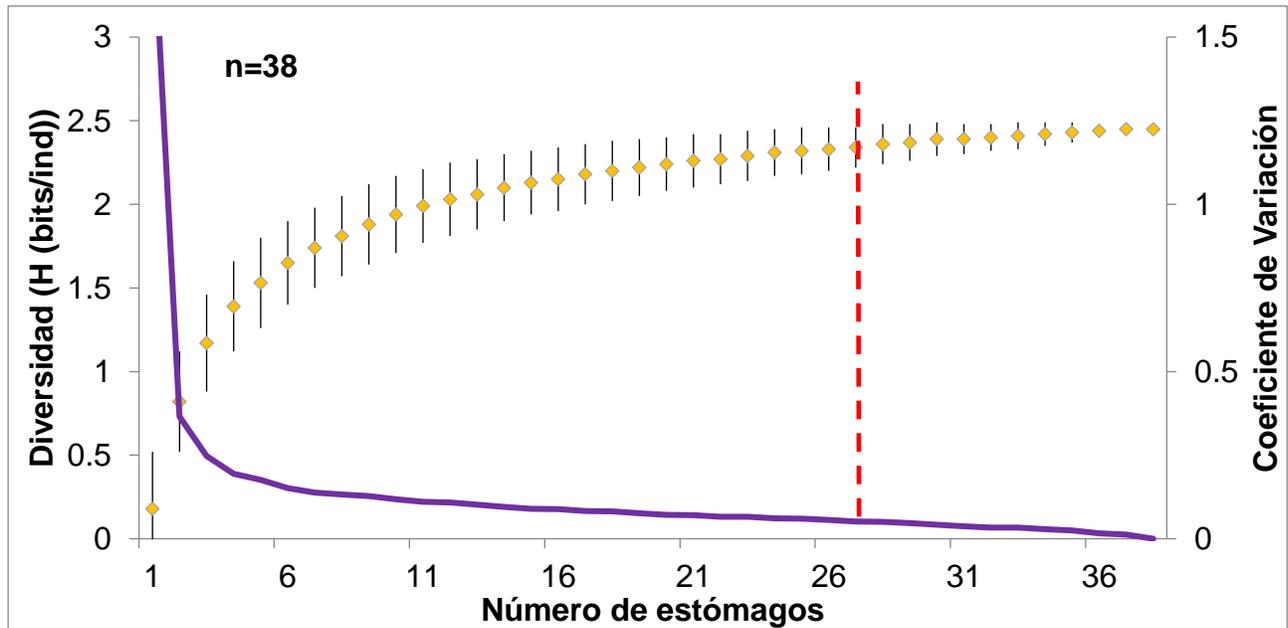


a) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para para la temporada fría. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un  $CV=0.049$ .



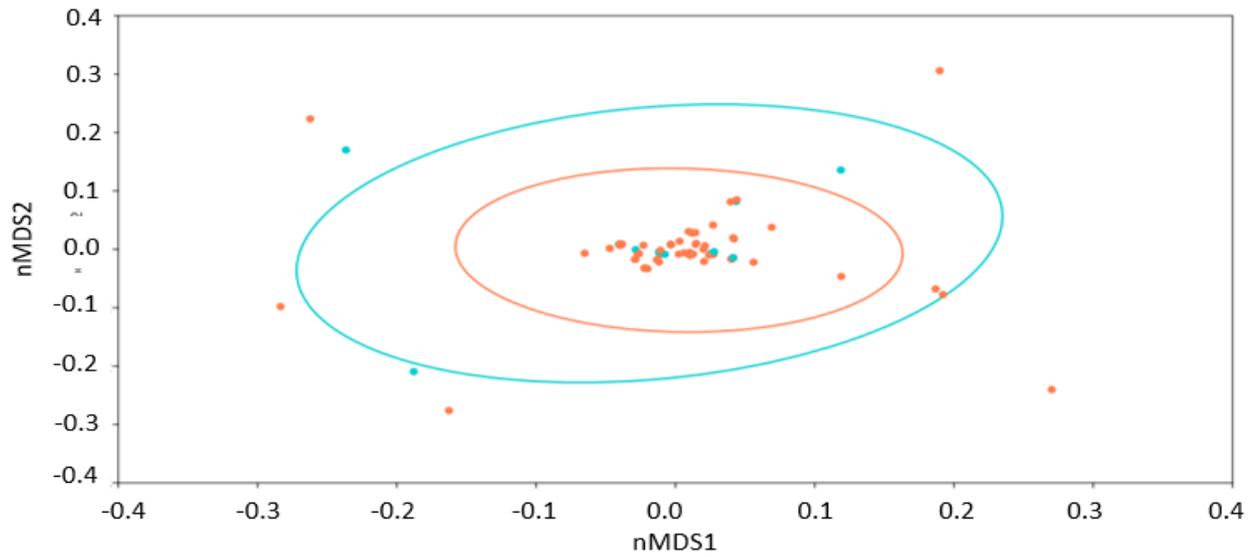
b) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para para la temporada cálida. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un  $CV=0.049$ .

...Continua Anexo 3

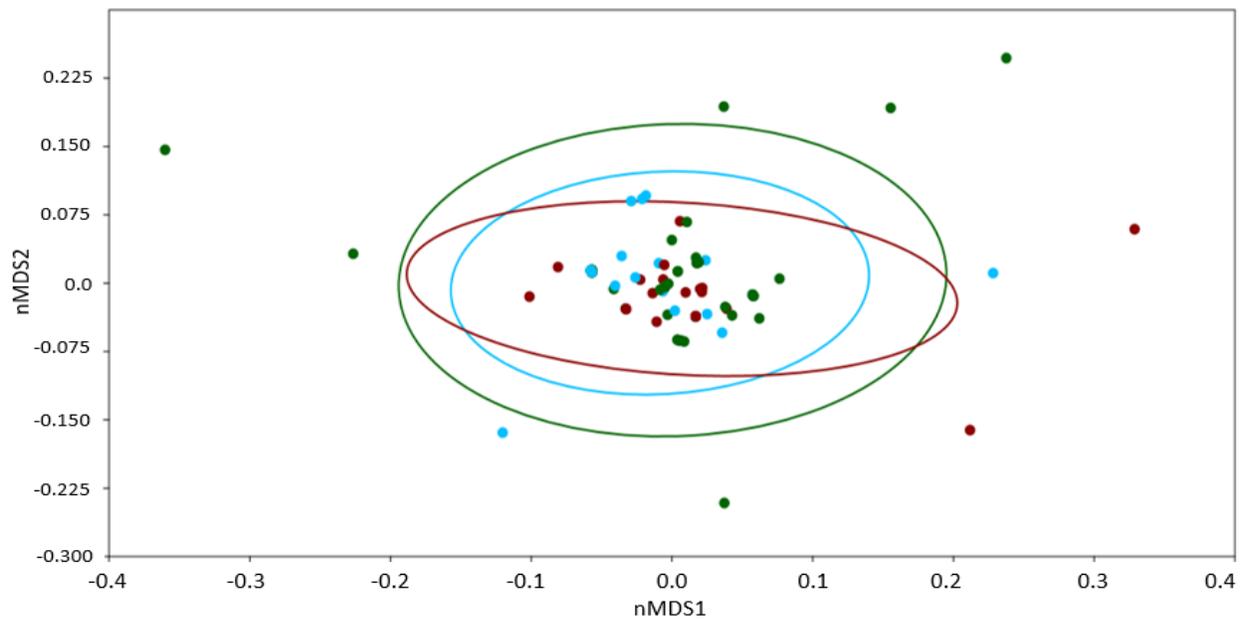


c) Curva de acumulación de la guitarra bandeada *Z. exasperata* para para la temporada cálida anómala. Donde se alcanzó la representatividad de las muestras con un CV=0.049.

#### Anexo 4

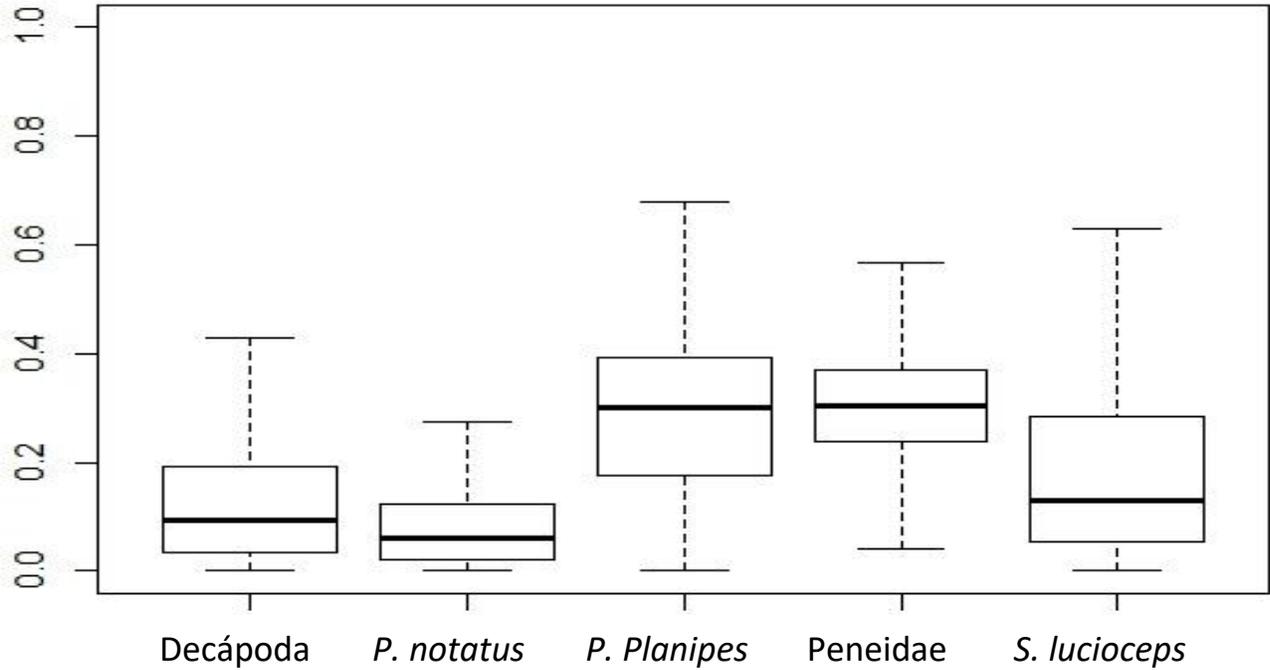


- a) Interpretación de la dieta de la guitarra bandeada *Z. exasperata* entre estadio de madurez a partir de un NMDS, donde los puntos celestes son los juveniles y los naranjas los adultos.

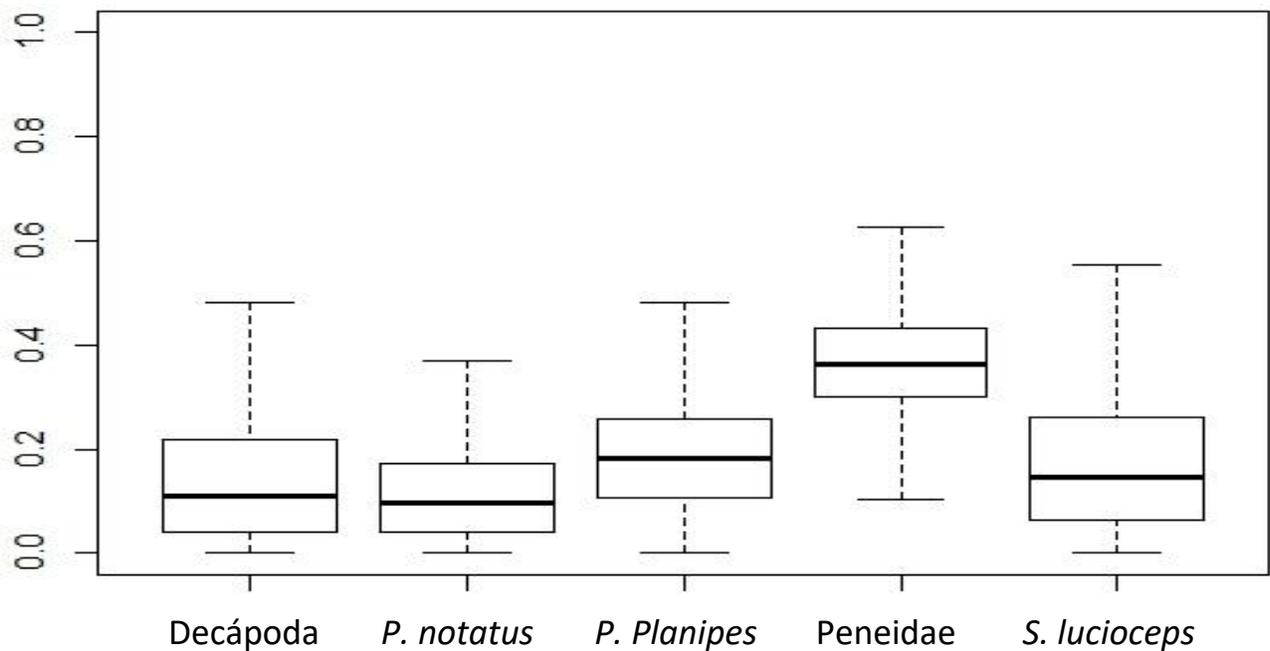


- b) Interpretación de la dieta de la guitarra bandeada *Z. exasperata* entre temporadas a partir de un NMDS, donde los puntos celestes son la temporada fría, el verde la cálida, y el rojo la cálida anómala.

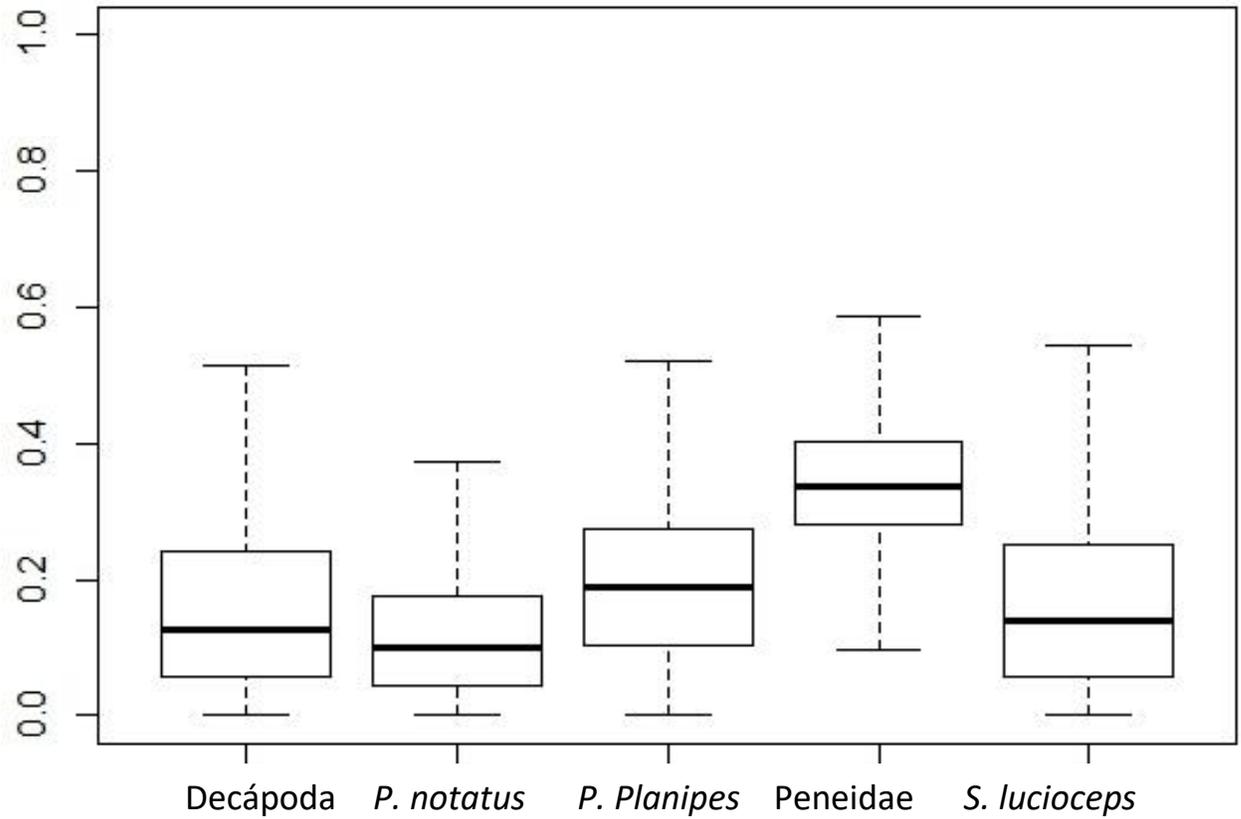
## Anexo 5



a) Porcentaje de la contribución relativa de las presas a la dieta de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada fría.



b) Porcentaje de la contribución relativa de las presas a la dieta de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida anómala.



c) Porcentaje de la contribución relativa de las presas a la dieta de la guitarra bandeada *Z. exasperata* en la temporada cálida.