



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

Región Poza Rica-Tuxpan

Maestría en Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros

**“Comparación de la dieta de tres especies de
rayas capturadas incidentalmente en arrastres
de camarón en Sinaloa y norte de Nayarit”**

TESIS
Que para obtener el título de:

**MAESTRA EN MANEJO DE ECOSISTEMAS
MARINOS Y COSTEROS**

PRESENTA
Biol. Mar. María Ramírez Rodríguez

DIRECTORA
Mtra. Karla Cirila Garcés García

DIRECTOR EXTERNO
Dr. Javier Tovar Ávila

ASESOR
Dr. Eduardo Zarza Meza

Tuxpan, Veracruz

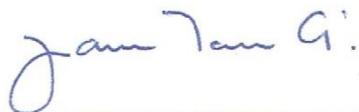
abril, 2019

El presente estudio titulado: "**Comparación de la dieta de tres especies de rayas capturadas incidentalmente en arrastres de camarón en Sinaloa y norte de Nayarit**", realizado por la C. Biol. Mar. María Ramírez Rodríguez, bajo la dirección de la Mtra. Karla Cirila Garcés García y el Dr. Javier Tovar Ávila, ha sido aprobada y aceptada para poder llevar a cabo la respectiva revisión por parte de la comisión lectora.



Mtra. Karla Cirila Garcés García

Director interno



Dr. Javier Tovar Ávila

Director externo

Tuxpan de Rodríguez Cano, Ver., a 9 de Noviembre de 2018

La presente Tesis titulada “COMPARACIÓN DE LA DIETA DE TRES ESPECIES DE RAYAS CAPTURADAS INCIDENTALMENTE EN ARRASTRES DE CAMARÓN EN SINALOA Y NORTE DE NAYARIT”, realizada por la C. Biol. Mar. María Ramírez Rodríguez, ha sido aprobada y aceptada para llevar a cabo la solicitud de fecha de examen para obtener el grado de:

MAESTRO EN MANEJO DE ECOSISTEMAS MARINOS Y COSTEROS

COMITÉ LECTOR:


Dr. Adán Guillermo Jordán Garza


Dra. Liliana Cuervo López


Dr. Horacio Pérez España

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, febrero de 2019

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Javier Tovar Ávila por su apoyo y paciencia en la elaboración de este trabajo de tesis, como también a su gran disposición.

A la Mtra. Karla Cirila Garcés García, por las observaciones realizadas para la mejora de este estudio y su disponibilidad.

Al Dr. Eduardo Alfredo Zarza Meza, por su apoyo y su gran disponibilidad en atender cualquier duda.

A los miembros del comité revisor Dr. Guillermo Jordán Garza, por su disposición y observaciones en el trabajo de tesis y a la Dra. Liliana Cuervo López por sus sugerencias.

Al Proyecto Camarón del Centro Regional de Investigaciones Pesqueras (CRIP) Mazatlán del Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA) por permitir la colecta de muestras biológicas, en particular al Ing. Darío A. Chávez Arrenquín, así como al CRIP de Bahía de Banderas, Nayarit, por permitirme usar sus instalaciones para el procesamiento de las mismas y durante la elaboración del trabajo de tesis, su amabilidad y disposición.

Al Dr. Andrés Felipe Navia por el enorme apoyo y uso de las oficinas de fundación SQUALUS, para la realización y aprendizaje de métodos estadísticos que ayudaron a la mejora del presente estudio y por su gran hospitalidad.

Al posgrado “Manejo de Ecosistemas Marinos y Costeros” por permitirme realizar el presente estudio.

A los maestros y compañeros que contribuyeron en mi formación profesional.

A CONACYT por la beca asignada (Número: 450155) y oportunidades para poder mejorar el presente trabajo de tesis.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres y hermana por el apoyo brindado durante el trascurso de la maestría, como también a las personas que se encontraron a mi lado ayudando y atendiendo mis dudas.

Y a ustedes mis dos ángeles que están en el cielo que me dieron la fuerza para concluir con este trabajo.

Gracias.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
III. OBJETIVOS	8
IV. ÁREA DE ESTUDIO	9
V. MATERIAL Y MÉTODOS	13
5.1 Trabajo de campo	13
5.2 Trabajo de laboratorio	14
5.2.1 Análisis del contenido estomacal	17
5.3 Trabajo de gabinete	18
5.3.1 Curvas acumulativas	18
5.3.2 Análisis cuantitativo de la dieta.....	19
5.3.3 Estrategia alimentaria.....	21
5.3.4 Amplitud de la dieta.....	22
5.3.5 Variación de las preferencias alimentarias entre especies, sexos, estados de madurez, zonas y años	23
5.3.6 Nivel trófico	26
VI. RESULTADOS	28
6.1 Estructura de sexos y tallas.....	28
6.2 Estado de madurez	32
6.3 Análisis del contenido estomacal.....	32
6.3.1 Repleción gástrica (GR)	32
6.3.2 Curvas acumulativas	33
6.4 Espectro trófico	36

6.4.1 <i>Rhinoptera steindachneri</i>	36
6.4.2 <i>Gymnura marmorata</i>	39
6.4.3 <i>Hypanus dipterurus</i>	41
6.5 Estrategia alimentaria y amplitud de la dieta.....	43
6.5.1 <i>Rhinoptera steindachneri</i>	43
6.5.2 <i>Gymnura marmorata</i>	44
6.5.3 <i>Hypanus dipterurus</i>	45
6.6 Ecología trófica	46
6.6.1 Variación de la dieta entre especies	46
6.6.2 Variación de la dieta por sexos, estados de madurez, zonas y años	49
6.7 Nivel trófico	57
VII. DISCUSIÓN	58
7.1 Espectro trófico.....	58
7.1.1 <i>Rhinoptera steindachneri</i>	59
7.1.2 <i>Gymnura marmorata</i>	60
7.1.3 <i>Hypanus dipterurus</i>	61
7.2 Estrategia alimentaria y amplitud de la dieta.....	61
7.3 Variación de la dieta entre especies, sexos, estados de madurez, zonas y años.....	62
7.4 Nivel trófico	65
VIII. CONCLUSIONES	67
IX. APLICACIÓN PRÁCTICA	68
X. BIBLIOGRAFÍA	73
XI. ANEXOS	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Zonas de estudio: SGC (sur del Golfo de California) y EGC (entrada al Golfo de California). La parte sombreada frente a los estados de Sinaloa y Nayarit, corresponde al área de captura de los organismos analizados en el presente estudio.....	10
Figura 2. Subzonas de arrastre de camarón de la zona 30 (a) norte-centro de Sinaloa y zonas 40 y 60 (b) sur de Sinaloa y norte de Nayarit, México (Modificado de Liedo-Galindo y González-Ania, 2005).....	14
Figura 3. Gonopterigios de <i>G. marmorata</i>	15
Figura 4. Medidas morfométricas obtenidas (AD = ancho del disco y LD = largo del disco) de <i>R. steindachneri</i>	15
Figura 5. Análisis gráfico de la estrategia alimentaria (Tomado de Amundsen <i>et al.</i> , 1996).....	22
Figura 6. Número de estómagos vacíos y con contenido de las especies de rayas analizadas.....	28
Figura 7. Número de estómagos con contenido estomacal de las especies analizadas por sexos.....	29
Figura 8. Distribución de tallas de H=hembras y M=machos de A) <i>R. steindachneri</i> , B) <i>G. marmorata</i> y C) <i>H. dipterurus</i>	31
Figura 9. Grados de repleción (GR) observado en los estómagos de las tres especies de batoideos (no se consideraron los estómagos vacíos (GR=0) para el presente estudio).....	33
Figura 10. Curva de acumulación de presas de <i>R. steindachneri</i> estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).	34
Figura 11. Curva de acumulación de presas de <i>G. marmorata</i> estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).	35
Figura 12. Curva de acumulación de presas de <i>H. dipterurus</i> estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).	35
Figura 13. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de <i>R. steindachneri</i> , de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).	39
Figura 14. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de <i>G. marmorata</i> , de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).	41
Figura 15. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de <i>H. dipterurus</i> , de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).	43

- Figura 16.** Contribución de las presas dentro de la dieta de *R. steindachneri*, en términos de su abundancia específica numérica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Crustáceos= Cru, Equinodermos= Ech, Gasterópodos= Gas, Poliquetos= Pol, Teleósteos= Tel, Scaphopodos= Sca, Sipuncúlidos= Sip). 44
- Figura 17.** Contribución de las presas dentro de la dieta de *G. marmorata*, en términos de su abundancia específica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Cefalópodos= Cep, Crustáceos= Cru, Poliquetos= Pol, Teleósteos= Tel)..... 45
- Figura 18.** Contribución de las presas dentro de la dieta de *H. dipterurus*, en términos de su abundancia específica numérica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Crustáceos= Cru, Teleósteos= Tel, Poliquetos= Pol, Sipuncúlidos= Sip)..... 46
- Figura 19.** Gráfico n-MDS de la dieta entre especies de rayas, cada símbolo ($\blacktriangle\blacksquare\bullet$) representa un conjunto de estómagos..... 47
- Figura 20.** Gráfico n-MDS de la dieta entre sexos de las tres especies de rayas, cada símbolo ($\blacktriangle\blacksquare\bullet\blacktriangledown\blacklozenge+$) representa un conjunto de estómagos. 49
- Figura 21.** Grafico n-MDS de la dieta entre estados de madurez de *H. dipterurus*, cada símbolo ($\bullet\blacksquare$) representa un grupo de estómagos..... 51
- Figura 22.** Gráfico n-MDS de la dieta entre zonas de las tres especies de rayas, cada símbolo ($\blacktriangle\blacksquare\blacktriangledown\bullet\blacklozenge+\ast\ast$) representa un conjunto de estómagos. 52
- Figura 23.** Gráficos n-MDS de la dieta entre años de las tres especies de rayas, cada símbolo ($\blacktriangle\blacksquare\blacktriangledown\bullet\blacklozenge+\ast\ast\lozenge\triangle\square\triangledown$) representa un conjunto de estómagos..... 55

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índices de madurez utilizados para machos (modificado de Walker, 2005), IG= índice de la glándula, IV= índice de la vesícula seminal, IC= índice de Gonopterigios.....	16
Cuadro 2. Niveles tróficos de presas (NTi), utilizadas para el cálculo del nivel trófico de <i>R. steindachneri</i> , <i>G. marmorata</i> e <i>H. dipterurus</i>	27
Cuadro 3. Valores de Chi-cuadrada (χ^2) para cada una de las especies de rayas comparando el número de estómagos entre hembras y machos.....	29
Cuadro 4. Porcentaje de organismos inmaduros y maduros de las tres especies de estudio, de acuerdo a los órganos reproductores de los machos (M) y talla de las hembras (H).....	32
Cuadro 5. Valores de t-student que indican los valores de la pendiente de las curvas acumulativas (m). n representa el tamaño de la muestra para cada una de las curvas. p representa la significancia de las pendientes (valores de p > 0.05 indican pendientes iguales o cercanas a cero).....	36
Cuadro 6. Presas identificadas en los estómagos de <i>R. steindachneri</i>	37
Cuadro 7. Presas identificadas en los estómagos de <i>G. marmorata</i>	40
Cuadro 8. Presas identificadas en los estómagos de <i>H. dipterurus</i>	42
Cuadro 9. Valores de similitud (R) y significancia (P) para cada una de las comparaciones dietarias entre las tres especies de rayas del presente estudio... 48	48
Cuadro 10. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de las tres especies de rayas.	48
Cuadro 11. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre sexos para cada una de las especies de rayas estudiadas.	50
Cuadro 12. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de <i>H. dipterurus</i> entre juveniles y adultos.	51
Cuadro 13. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre zonas para cada una de las especies de rayas del presente estudio.	53
Cuadro 14. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de <i>H. dipterurus</i> entre la zona 40 y 60.....	53
Cuadro 15. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre años para cada una de las especies de rayas del presente estudio.	55
Cuadro 16. Niveles tróficos de las tres especies de rayas del presente estudio con base a grupo de presas y presas específicas.	57

Comparación de la dieta de tres especies de rayas capturadas incidentalmente en arrastres de camarón en Sinaloa y norte de Nayarit.

María Ramírez Rodríguez

RESUMEN

Estudios enfocados a hábitos alimentarios dentro del grupo de los batoideos han demostrado que existe competencia por los recursos, tanto de manera intra como interespecífica, siendo un aspecto importante de vida que ayuda a conocer las estrategias que utilizan los batoideos para coexistir dentro de los ecosistemas que habitan. En el presente estudio se analizó la dieta de *Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* e *Hypanus dipterurus*, tres especies de rayas capturadas como fauna de acompañamiento (FAC) en la pesca de arrastre camaronera en Sinaloa y Nayarit durante 2011–2016. Se examinaron un total de 856 organismos, de los cuales solo 351 estómagos contenían algún tipo de alimento. En *R. steindachneri* ($n=189$) se determinaron 29 presas, siendo los bivalvos los de mayor importancia en su dieta (%PSIRI 66.74); en *G. marmorata* ($n=77$) se determinaron 10 presas, siendo de mayor importancia los teleósteos (%PSIRI 93.53) y en *H. dipterurus* ($n=85$) se determinaron 13 presas siendo los crustáceos y poliquetos los de mayor importancia (%PSIRI 43.94 y 29.09 respectivamente). La estrategia alimentaria y amplitud de la dieta mostraron especialización en la dieta de las tres especies de rayas, coincidiendo con el análisis de similitud (ANOSIM). Este análisis detectó diferencias significativas entre las especies

($R=0.96$, $P=0.001$). El análisis de similitud entre sexos de cada especie no detectó diferencias significativas ($R=0.04$, $P=0.17$), pero se encontraron diferencias significativas considerando la variabilidad espacial en *H. dipterurus* ($R=0.23$, $P=0.03$), y temporal en las tres especies ($R=0.13$, $P=0.004$). El nivel trófico de las tres especies fue >3 considerándolas como consumidores secundarios dentro de la cadena alimenticia. Las tres especies de batoideos del presente estudio mostraron diferencias en su dieta. Esta especialización por los recursos puede ayudar a reducir la competencia entre especies simpátricas.

Palabras clave: Pesca de arrastre, contenido estomacal, hábitos alimentarios, variación de la dieta, golfo de California, nivel trófico.

I. INTRODUCCIÓN

El grupo de los batoideos incluye a los peces sierra, rayas comunes, peces guitarra y torpedos, pertenecen a la clase condrictia junto a los tiburones y quimeras, los cuales poseen un esqueleto cartilaginoso (Janvier, 2007). Hasta el momento se han descrito alrededor de 630 especies de rayas a nivel mundial, agrupadas en 88 géneros, 24 familias y seis ordenes (Weigmann, 2016), de las cuales 53 especies, 22 géneros, 13 familias y cinco ordenes se distribuyen en el Pacífico mexicano (Del Moral-Flores *et al.*, 2016). El grupo de los batoideos se caracteriza porque sus integrantes poseen un cuerpo aplanado dorso-ventralmente, adquiriendo la forma de un disco casi circular, ovalado o inclusive romboidal (Fischer *et al.*, 1995; Robertson y Allen, 2015).

Las rayas se encuentran en una gran variedad de ambientes marinos, dentro de los cuales desempeñan una función importante como depredadores de niveles tróficos superiores ya, que ayudan a mantener el equilibrio de dichos ecosistemas al regular las poblaciones de especies de niveles tróficos inferiores (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995). Por lo tanto, las rayas influyen en la estructura comunitaria y en los patrones de biodiversidad de otros organismos (Di Bitetti, 2008), particularmente de invertebrados bentónicos, ya que este grupo es su principal fuente de alimento (Valadez-González, 2000; Flores-Ortega *et al.*, 2011; Navarro-González, 2011; Ramírez-Rodríguez, 2014). Dada la importancia de las rayas en los ecosistemas marinos, su remoción puede tener un efecto considerable en las comunidades, alterando la composición, abundancia y riqueza

de las especies bentónicas (Stevens *et al.*, 2000; Fletcher, 2001; Bizzarro *et al.*, 2007a; Wilga, Motta y Sanford, 2007).

Debido a las preferencias alimentarias y hábitos bentónicos que las rayas presentan, éstas son susceptibles a la captura incidental por la pesca de arrastre de camarón, como sucede en el golfo de California, donde se captura de manera incidental diferentes especies de batoideos y tiburones (San Martín, Pérez y Charamonte, 2005; Sulikowski *et al.*, 2005; Licandeo *et al.*, 2006). Además, su probabilidad de ser capturados se incrementa a causa de la baja selectividad que presentan estos sistemas de pesca (Front-Chávez, Sánchez y Valdés, 2005). Aunque existen actualmente excluidores de tortugas marinas y excluidores de peces adaptados a las redes (Girón, Rico y Rueda, 2010), se desconoce en qué medida estos artefactos pesqueros pueden disminuir la captura de otras especies marinas como las rayas.

La pesquería industrial de arrastre de camarón en el Pacífico centro-oriental, es una de las más importantes en México por su valor comercial. Ésta se caracteriza por presentar importantes infraestructuras pesqueras, principalmente en los puertos de Sonora y Sinaloa (CONAPESCA, 2013). La captura incidental, sin embargo, es uno de los principales problemas ambientales asociados a esta pesquería (García-Caudillo y Gómez Palafox, 2005), ya que se capturan grandes volúmenes de especies demersales, siendo los cnidarios, equinodermos, crustáceos, osteíctios y elasmobranquios los más representativos en términos de abundancia y biomasa (Hernández-Covarrubias *et al.*, 2014). Dentro de este último grupo, las rayas pertenecientes a los géneros *Dasyatis*, *Gymnura* y

Rhinoptera son algunos de los capturados con mayor frecuencia (FAO, 2009; Vargas-Trejo, 2013).

Se sabe que cambios en los componentes de los sistemas naturales pueden tener consecuencias en otras partes del sistema (Casini *et al.*, 2009). En sistemas marinos, información sobre redes tróficas son uno de los pocos parámetros a utilizar para predecir este tipo de efectos indirectos (Pinnegar, 2000). Por lo anterior, es importante obtener información sobre las interacciones tróficas inter e intraespecíficas frente a las costas del Pacífico Centro-Oriental, que por el momento es incipiente (Valadez-González *et al.*, 2001; Flores-Ortega *et al.*, 2011; Simental-Anguiano, 2011; Navarro-González *et al.*, 2012; Díaz-Carballido, 2015), desconociéndose si las diferentes especies de batoideos pueden tener variación en su dieta a lo largo del tiempo.

El presente estudio se enfocó en describir la dieta de tres especies de rayas (*Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* e *Hypanus dipterurus*) capturadas incidentalmente por la pesca de arrastre de camarón en Sinaloa y norte de Nayarit, con importancia comercial para la pesquería artesanal. El principal objetivo fue contribuir y generar datos de ecología trófica para comprobar si existe variación en la dieta por sexos, estados de madurez, así como variación espacial y temporal entre las preferencias alimentarias de las tres especies.

II. ANTECEDENTES

En el Pacífico mexicano se han realizado diversos estudios sobre hábitos alimentarios e interacciones tróficas intra e interespecíficas de algunas especies de rayas, como *Urobatis halleri* (Valadez-González *et al.*, 2001), *Zapteryx exasperata* (Blanco-Parra, 2009), *Urotrygon chilensis* (Guzmán-Castellanos, 2010), *U. munda*, *U. rogersi* y *U. aspidura* (Flores-Ortega *et al.*, 2011; Navarro-González *et al.*, 2012). Dichos estudios describen una amplia variedad de organismos presas en sus dietas, como poliquetos, moluscos, crustáceos y peces. Aunque pocos estudios han abordado cambios ontogénicos en la dieta de las especies de la región, en la mayoría se ha demostrado similitud en la dieta en cuanto a sexos y tallas. Por otro lado, la comparación entre estas especies de rayas demuestra cambios aparentes en las presas que conforman su dieta, probablemente como una forma de evitar la competencia.

En el caso de las rayas analizadas en el presente estudio (*R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus*), estas pertenecen al orden de los Myliobatiformes, se caracterizan por poseer un cuerpo aplanado con aletas pectorales expandidas y fusionadas con la cabeza, su boca en la parte ventral, una cola delgada parecida a un látigo con una o varias espinas y poseen una aleta dorsal, pero nunca una caudal (Lamilla y Bustamante, 2005). Las tres especies se reproducen sexualmente y son consideradas ovovivíparas (el embrión se desarrolla en un huevo dentro del cuerpo de la hembra), su ciclo de vida es largo aunque su madurez es tardía y su productividad biológica baja (solo una cría por hembra)

(Hamlett, 2005; Bizzarro *et al.*, 2007b). Las tres especies presentan hábitos someros y se distribuyen cerca de las costas, son consideradas depredadores superiores que ayudan a regular las poblaciones de grupos inferiores como los invertebrados marinos. Es importante mencionar que cada una de las especies de batoideos se especializa en algún tipo de presa de acuerdo a sus hábitos de nado sobre la columna de agua y a sus características bucales y dentales distintivas de cada especie, lo que pudiera evitar la competencia por los recursos y así subsistir en los ecosistemas donde habitan (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995; Rosa-Meza *et al.*, 2013; Robertson y Allen, 2015).

Para *R. steindachneri*, se han realizado estudios de los hábitos alimentarios en su etapa juvenil, siendo los bivalvos las presas más representativas, con un Índice de Importancia Relativa (%IIR) del 72.5% y 98% en el Golfo de Tehuantepec y Sinaloa-Nayarit respectivamente (Díaz-Carballido, 2011; Ramírez-Rodríguez, 2014). En ambos estudios no se encontraron diferencias significativas en la dieta entre machos y hembras en estado juvenil de esta especie de raya. Por otro lado, estudios enfocados a determinar la composición de la dieta de dicha especie con individuos adultos en el Pacífico Centro-Oriental (Nayarit y Sinaloa) y el Alto Golfo de California (AGC), mostraron que en sus componentes alimenticios aparecieron dos grupos más: peces (%IIR= 3.47) y cefalópodos (%IIR= 8.3) (Navarro-González, 2011; Simental-Anguiano, 2011). Lo anterior indica que probablemente existe diferencia en las preferencias alimentarias durante el desarrollo ontogénico de esta especie. Sin embargo, estas diferencias se pueden atribuir a otras causas

como son las zonas de muestreo, el tamaño de muestra, la temporalidad o inclusive el método de captura utilizado.

En el caso de *G. marmorata*, Bizzarro (2005) menciona que los teleósteos obtuvieron un %IIR= 99.73%, coincidiendo con las guías descriptivas de especies marinas del Pacífico mexicano de Santana-Morales *et al.* (2004) y Amezcu-Linares (2009), quienes mencionan de manera general que *G. marmorata* se alimenta de cangrejos, camarones, moluscos (bivalvos y gasterópodos), cepalópodos y en particular de peces óseos. Cabe mencionar que debido a la escasa información sobre hábitos alimentarios de *G. marmorata*, se examinaron estudios como los de Jacobsen, Johnson y Bennett (2009) y Yokota, Goitein y Lessa (2013) quienes trabajaron con diferentes especies de *Gymnuras* (*G. australis* y *G. micrura*, respectivamente) y en distintos sitios, ambos autores mencionan que la dieta de las dos especies se conforma principalmente de teleósteos.

Por último, para *H. dipterurus* existen algunos estudios enfocados a su dieta en las costas de Nayarit y Sinaloa, los cuales mencionan que los crustáceos del orden Stomatopoda son el grupo más representado dentro de la dieta (%IIR= 40.98%). Dichos estudios también analizaron la variación de la dieta entre sexos y estados de madurez de esta especie, demostrando un traslape significativo entre la dieta de machos y hembras así como entre juveniles y adultos (Navarro-González, 2011; Simental-Anguiano, 2011).

Pese a la información que existe sobre los hábitos alimentarios de las rayas y su comparación intra e interespecífica, aún es necesario realizar estudios que

complementen los ya existentes. Esto para mejorar y actualizar los análisis cuantitativos, incluyendo periodos de tiempo más extensos y diferentes zonas de muestreo, aportando información sobre la variación temporal y espacial en la dieta de estas especies.

III. OBJETIVOS

General

Describir y comparar la dieta de tres especies de rayas (*Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* e *Hypanus dipterurus*) capturadas incidentalmente durante arrastres de camarón en Sinaloa y el norte de Nayarit.

Específicos

- Caracterizar el espectro trófico general, la estrategia alimentaria y la amplitud de la dieta por cada una de las especies de rayas.
- Determinar la similitud trófica con base en la composición (presas) y en la abundancia (número de presas) entre las tres especies de rayas.
- Determinar la variación de la dieta por sexos, estados de madurez, espacial y temporalmente para cada una de las especies de rayas.
- Especificar el nivel trófico de cada especie de batoideo.

IV. ÁREA DE ESTUDIO

El golfo de California (GC) se ubica entre los 22° 50' y 31° 58' de latitud N y 107° 20' y 114° 45' de longitud Oeste (Fig. 1). Mide aproximadamente 1,000 km de largo por 150 km de ancho en promedio, abarcando desde el norte de Baja California hasta Cabo Corrientes, Jalisco (Álvarez-Borrego y Lara-Lara, 1991). Presenta una topografía muy variada, con zonas de suaves pendientes hasta paredes casi verticales o cañones submarinos, algunos de los cuales desembocan en profundas cuencas y planicies abismales. La circulación de las aguas oceánicas en la región es compleja, variando de acuerdo con la estación del año, topografía y las corrientes marinas específicas de sus distintas regiones, características que explican la alta productividad ecológica (Lavín y Marinone, 2003).

Por sus condiciones topográficas y oceanográficas, el GC se encuentra dividido en diferentes zonas: **1)** La zona alta del GC (AGC), se ubica alrededor de la desembocadura del Río Colorado, presenta la menor profundidad (<30 m), donde las corrientes de gravedad son el mecanismo dominante (Álvarez y Jones, 2004), **2)** La zona norte del GC (NGC), es una región sometida a diversos factores oceanográficos y climáticos que modifican constantemente la circulación y composición del agua (Vázquez-Figueroa *et al.*, 2009), **3)** El archipiélago o zona de islas que presenta varios canales estrechos cuyas profundidades máximas oscilan entre los 300–600 m, **4)**, La zona sur del GC (SGC), abarca desde Cabo San Lucas y El Dorado, Sinaloa (la boca interior) hasta el sur de las grandes islas al interior del golfo, presentando también pendientes abruptas en el lado de la

península de más de 3,600 m de profundidad y finalmente 5) La zona de entrada del GC (EGC), que lo comunica con el Océano Pacífico Oriental Tropical (OPOT) a partir de una línea imaginaria que va de Cabo San Lucas, Baja California Sur a Cabo Corrientes, Jalisco constituyendo la boca exterior (Lavín y Marinone, 2003).

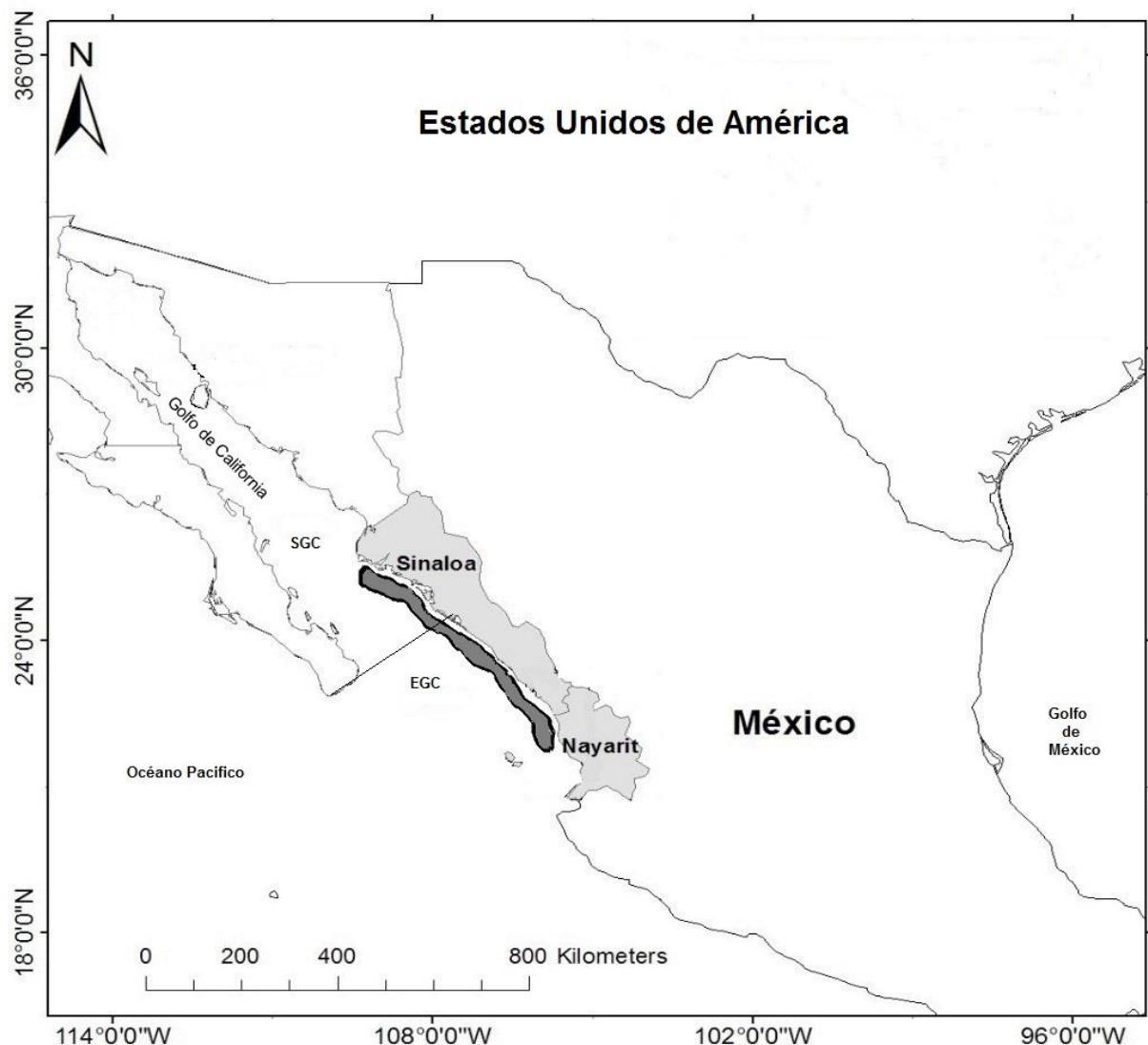


Figura 1. Zonas de estudio: SGC (sur del Golfo de California) y EGC (entrada al Golfo de California). La parte sombreada frente a los estados de Sinaloa y Nayarit, corresponde al área de captura de los organismos analizados en el presente estudio.

Las zonas del SGC y la EGC, abarcan los estados de Sinaloa y Nayarit. Estos estados se ubican dentro de la planicie costera Noroccidental, limitada al sur por el extremo de la cordillera Neovolcánica. La región presenta una amplia variedad de ambientes costeros y se encuentra interrumpida por innumerables cuerpos acuáticos como son: ríos, lagunas costeras, marismas y esteros, siendo mayormente abundantes en el sur de Sinaloa y Nayarit (Tovilla-Hernández, 1991).

La plataforma continental de Sinaloa y Nayarit se constituye principalmente por fondos de arena fangosa, con excepción de los municipios de Mazatlán y Teacapán, Sinaloa, en los cuales se encuentran distribuidos parches rocosos y taludes de inclinación moderada a fuerte. La región sur de Sinaloa contiene sedimentos de origen continental, donde predominan las arcillas limosas y arcillas debido al régimen pluvial, que juega un papel importante en esta región, ya que contribuyen al aporte de sedimentos, materiales orgánicos y nutrientes (Tovilla-Hernández, 1991; Manjarrez-Acosta, 2001).

Las condiciones climáticas que se presentan en la zona costera de Sinaloa varían por su ubicación a ambos lados del Trópico de Cáncer, además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, marca también en forma aproximada la franja de transición entre el clima semiárido y semihúmedo que son los determinantes más importantes para la distribución climática de la zona costera de este estado (INAFED, 2010). La precipitación media anual de la zona costera de Sinaloa es de 600 a 800 mm anuales y la temperatura varía entre 25 y 28 °C máxima, y 13 y 18 °C mínima (Jiménez-Orocio *et al.*, 2014a). La zona costera de Nayarit presenta un clima tropical con precipitación anual entre 1,200 y 1,400 mm,

y temperatura máxima y mínima de 18 y 27 °C respectivamente (Jiménez-Orocio *et al.*, 2014b).

Dentro de la zona costera de Sinaloa y Nayarit, el oleaje producido por tormentas tropicales y huracanes se encuentra sujeto a cambios, por los vientos generados al sureste en verano, por lo que se crean precipitaciones en estos estados incluyendo a Sonora y causan surgencias en la costa oeste del GC. Lo contrario pasa en primavera y verano donde los vientos vienen del noroeste y causan surgencias en el este del GC (INEGI, 2011; Páez-Ozuna *et al.*, 2016).

Debido a las características físicas antes mencionadas, la zona costera de Sinaloa y Nayarit posee una elevada productividad primaria y biodiversidad, siendo lugares de valor socioeconómico importantes, ya que en Sinaloa se sitúan dos puertos de altura (Mazatlán y Topolobambo) que proveen de mariscos y pescados capturados por la pesquería ribereña y de altura (Berlanga Robles y Ruiz Luna, 2003).

V. MATERIAL Y MÉTODOS

5.1 Trabajo de campo

Durante el periodo 2011–2016 se colectaron rayas de las especies *Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* e *Hypanus dipterurus*, mismas que fueron capturadas incidentalmente en el sur y en la entrada del Golfo de California (Sinaloa y norte de Nayarit respectivamente) durante cruceros de prospección de camarón realizados por el Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura (INAPESCA).

Los arrastres de prospección se llevaron a cabo en las embarcaciones BIP XII e INAPESCA I, utilizando dos redes de arrastre modelo “súper mixto” de 110 pies, construidas en nylon monofilamento “espectra” con luz de malla de 2 1/4 pulgadas. La obtención de las muestras fue al azar a partir de la captura total de rayas dentro de la fauna de acompañamiento. Los muestreos abarcaron siete meses en total (febrero, marzo, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre), los cuales fueron diferentes en cada año de muestreo, dependiendo los cruceros de las necesidades de investigación del recurso camarón, excepto por los meses de julio y agosto, que fueron muestreados cada año debido a la necesidad de definir la apertura de temporada de pesca de camarón.

Cada lance de pesca tuvo una duración aproximada de una hora, a una profundidad entre 8 y 53 m. Las estaciones de muestreo fueron las mismas durante cada crucero. Sin embargo, la obtención de las muestras cambió de

acuerdo con la presencia de las especies en las estaciones durante los años de muestreo. Las estaciones y las zonas de muestreo fueron establecidas previamente para la evaluación de las poblaciones de camarón, con base en la zona de pesca comercial del recurso (Fig. 2).

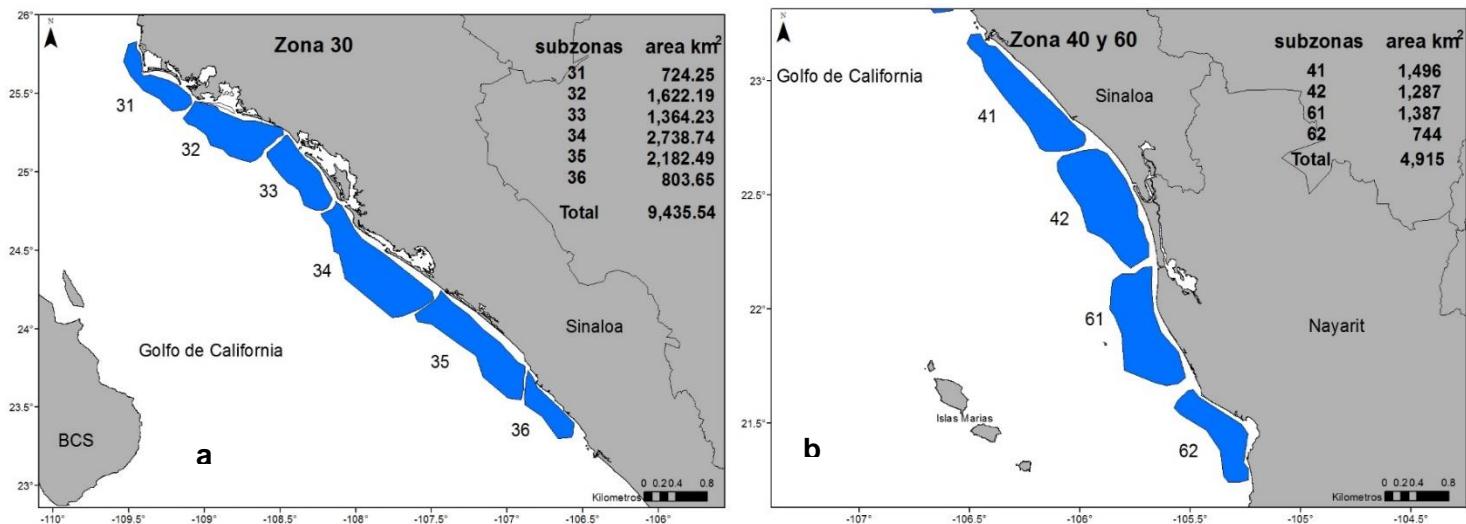


Figura 2. Subzonas de arrastre de camarón de la zona 30 (a) norte-centro de Sinaloa y zonas 40 y 60 (b) sur de Sinaloa y norte de Nayarit, México (Modificado de Liedo-Galindo y González-Ania, 2005).

5.2 Trabajo de laboratorio

Las rayas se identificaron taxonómicamente en el laboratorio a nivel especie, usando las guías de McEachran y Notarbartolo di Sciara (1995), Castro-Aguirre y Espinoza-Pérez (1996), Corro Espinosa *et al.* (2004) y Santana-Morales *et al.* (2004). El sexo de los organismos se determinó mediante la presencia de los gonopterigios en los machos y su ausencia en las hembras (Fig. 3).



Figura 3. Gonopterigios de *G. marmorata*.

Posteriormente, se tomaron medidas morfométricas de los ejemplares como el ancho del disco (AD) y largo del disco (LD), con un ictiómetro de 0.2 cm de precisión (Fig. 4).

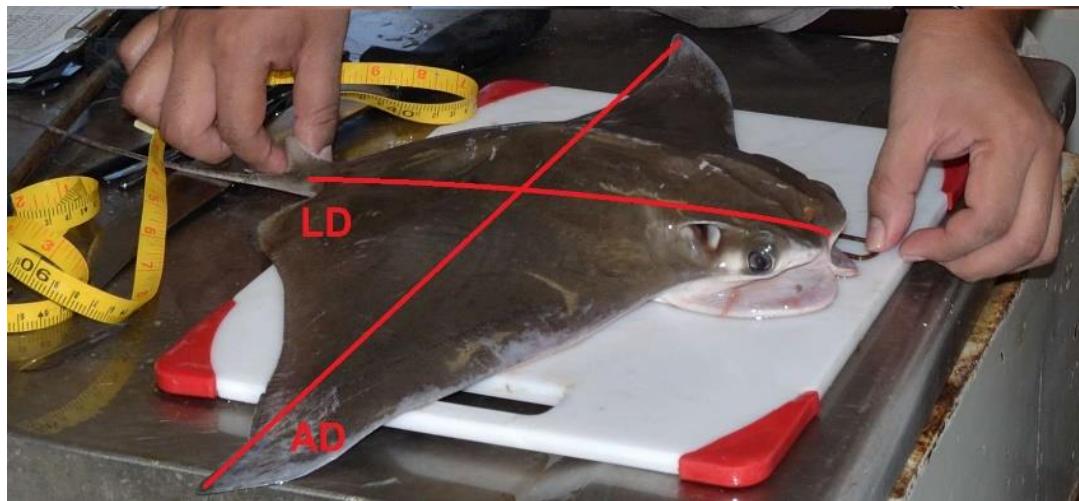


Figura 4. Medidas morfométricas obtenidas (AD = ancho del disco y LD = largo del disco) de *R. steindachneri*.

El estado de madurez de los machos para las tres especies de rayas se determinó con base en el desarrollo de los órganos reproductores (testículos y vesículas seminales), así como el grado de calcificación de los gonopterigios (Cuadro 1). En el caso del estado de madurez en las hembras se determinó mediante las tallas del AD, ya que debido al proceso de congelación la mayoría de los órganos reproductores en las hembras se dañaron, tomando como alternativa las tallas de madurez reportadas por Bizarro *et al.* (2007 b) para *R. steindachneri* (70.2 cm de AD), por Burgos-Vázquez (2013) para *G. marmorata* (73.3 cm de AD) y por Smith *et al.* (2007) para *H. dipterurus* (57.3 cm de AD).

Cuadro 1. Índices de madurez utilizados para machos (modificado de Walker, 2005), IG= índice de la glándula, IV= índice de la vesícula seminal, IC= índice de Gonopterigios.

Órgano	Índice	Descripción	Estado de madurez
Testículos	IG=1	Poco visibles, embebidos en el órgano epigonal	Inmaduro
	IG=2	Pequeños, no lobulados	Inmaduro
	IG=3	Completamente diferenciados del órgano epigonal, lobulados	Maduro
Vesícula seminal	IV=1	Conductos delgados, no engrosados	Inmaduro
	IV=2	Paredes transparentes y delgadas, sin fluido seminal	Inmaduro
	IV=3	Paredes engrosadas y opacas, con o sin fluido seminal	Maduro
Gonopterigios	IC=1	Cortos y flexibles, sin calcificar	Inmaduro
	IC=2	Alargados pero sin calcificar	Inmaduro
	IC=3	Alargados y completamente calcificados	Maduro

5.2.1 Análisis del contenido estomacal

Después de que las batoideos fueron identificados y medidos, se procedió a su disección para extraer los estómagos, se calculó el grado de repleción con la escala propuesta por Braccini *et al.* (2005): 0 (vacío) a 4 (completamente lleno), cabe mencionar que para el presente estudio, solo se consideraron los estómagos con contenido (1 a 4) para realizar los análisis posteriores. El contenido estomacal se fijó en formol al 10% durante una semana. Posteriormente, se conservó en alcohol al 70%.

El análisis de los contenidos estomacales consistió en la separación e identificación de los organismos presa hasta el taxón mínimo posible. Para la identificación se utilizaron las siguientes guías de peces: Fischer *et al.* (1995), Díaz-Murillo (2006); de crustáceos: García-Madrigal y Andreu-Sánchez (2009), Salgado-Barragán y Hendrickx (2010); de moluscos: Abbott y Dance (1998), Coan, Scott y Bernard (2000), Colin (2001) y de poliquetos: Salazar-Vallejo y Londoño-Mesa (2004), León González *et al.* (2009). Además de contar con la ayuda de expertos para la determinación de algunas presas como es el Mtro. Vicencio de la Cruz Francisco (Universidad Veracruzana, Campus-Tuxpan), la Mtra. Edith Zarate Becerra, la Dra. María de Lourdes Guevara Rascado (CRIP de Bahía de Banderas, Nayarit), el Dr. Michael E. Hendrickx Reners (UNAM-Unidad Mazatlán) y el Dr. Eduardo Francisco Balart Páez (Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.).

Debido a la dificultad para identificar las presas a un mismo nivel taxonómico, fue necesario agrupar las presas en categorías alimentarias amplias, procurando que las presas se agruparan de acuerdo a características taxonómicas similares y que además pertenecieran a un nivel trófico similar. Estas agrupaciones permitieron realizar comparaciones intra e interespecíficas en la dieta como lo han utilizado expertos en la disciplina (Cortés, 1999; Ebert y Bizzarro, 2007; Jacobsen y Bennett, 2013; Navia, 2013; Díaz-Carballido, 2015).

Para el análisis cuantitativo de la dieta se contaron y pesaron las presas de cada estómago, aquellas presas mayormente digeridas se contaron y pesaron con base en las estructuras rígidas como el umbo en el caso de los bivalvos, los otolitos en el caso de los peces y elcefalotórax (cabeza y tórax) en el caso de los crustáceos. Cabe resaltar que las presas que no se pudieron identificar, contar y pesar, se colocaron en categoría MONI (Materia Orgánica No Identificada), dicha categoría no se consideró para los análisis cuantitativos posteriores.

5.3 Trabajo de gabinete

5.3.1 Curvas acumulativas

Para determinar si el tamaño de muestra fue adecuado para describir con la dieta de cada una de las especies de rayas, se realizaron curvas acumulativas de presas (Huturbia, 1973; Ferry y Cailliet, 1996), usando el índice de diversidad de Shannon-Wiener que es ideal para trabajar con hábitos alimentarios, donde

generalmente hay presas dominantes y raras (Magurran, 1988), como fue el caso del presente estudio. Las curvas se realizaron mediante una serie de procesos aleatorios como lo sugiere Cortés (1997), por lo que se usó la rutina sample-based rarefaction (species accumulation curves) del programa EstimateS (Colwell, 2013), con 1000 permutaciones. Este procedimiento permitió estimar la media y la varianza de cada muestra, y con base en ello, representar gráficamente el número acumulado de presas promedio en cada muestra versus el número de muestras (estómagos) analizados.

Para determinar cuantitativamente si lo observado en las gráficas correspondía a la asíntota, se realizó una comparación entre la pendiente generada por los cuatro puntos finales de cada una de las curvas acumulativas y una línea de pendiente cero, siguiendo lo propuesto por Bizzarro *et al.* (2007c). Se probó si la pendiente de la línea fue significativamente diferente de la línea de pendiente cero ($H_0: m=0$ y $H_A: m\neq0$) mediante una t-student, $t=(b-0)/S_b$ siendo: b =pendiente de la línea de mejor ajuste y S_b = error estándar de la pendiente (Zar, 1999). Las pendientes no fueron diferentes si p es mayor a 0.05, lo cual indica que la curva acumulativa si alcanzó la asíntota.

5.3.2 Análisis cuantitativo de la dieta

Para cuantificar la importancia de las presas que conforman la dieta de *R. stendachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus*, se utilizó el índice de importancia

relativa específica (%PSIRI), el cual se encuentra compuesto por los índices de frecuencia de ocurrencia (%FO), abundancia específica numérica (%PN) y gravimétrica (%PW), siguiendo lo propuesto por Brown *et al.* (2012):

- Índice de frecuencia de ocurrencia (%FO)

Considera la aparición de una presa específica que se encuentra en un determinado número de estómagos analizados:

$$\%FO_i = \frac{n_i}{n}$$

dónde: %FO_i= Frecuencia de ocurrencia de la presa *i*, *n_i*= número de estómagos que contienen la presa *i* y *n*= número total de estómagos.

- Índice de abundancia específica numérica (%PN) y gravimétrica (%PW)

Considera el porcentaje de abundancia (numérica o gravimétrica) de un tipo de presa promediado sobre los estómagos en que se encontró a dicha presa:

$$\%PN_i \text{ o } PW_i = \frac{\sum_{j=1}^n \% A_{ij}}{n_i}$$

dónde: %A_{ij} es la abundancia (por conteos o pesos) de la presa *i* en la muestra de estómago *j*, *n_i*= número de estómagos que contienen la presa *i*.

- Índice de importancia relativa específica (%PSIRI)

El %PSIRI determina la importancia específica de cada presa e identifica los componentes alimentarios de mayor importancia, mediante la siguiente ecuación:

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

dónde: ($\%PN_i$) y ($\%PW_i$)= abundancia numérica y gravimétrica respectivamente, de la presa i , ($\%FO_i$)= frecuencia de ocurrencia de la presa i .

5.3.3 Estrategia alimentaria

La estrategia alimentaria permite explorar la importancia de cada presa, el modo de alimentación y los componentes individuales de la amplitud del nicho. Este método ayuda a comprender la transferencia de energía entre los diferentes niveles tróficos dentro de los ecosistemas, siendo de gran importancia aplicado a depredadores marinos (tiburones y rayas) que ayudan a regular poblaciones, además de estructurar comunidades mediante la depredación (Rosa-Meza *et al.*, 2013; Stevens *et al.*, 2000). Para describir la estrategia alimentaria de cada especie de raya se utilizó el análisis gráfico propuesto por Amundsen *et al.* (1996), este método se basa en una representación bidimensional de la abundancia específica ya sea numérica, gravimétrica o volumétrica. En el presente estudio se considera la abundancia numérica (%PN) debido a que la mayoría (90%) de las presa se pudieron contar. La abundancia numérica corresponde al eje de las ordenadas (Y) y la frecuencia de ocurrencia (%FO) de las diferentes presas que se encontraron dentro de la dieta de cada una de las rayas al eje de las abscisas (X) (Fig. 5). Las diferentes presas determinadas en la dieta de cada uno de los batoideos, se clasificaron en tres categorías: especialistas o generalistas, dominantes o raras y de componentes individuales o poblacionales.

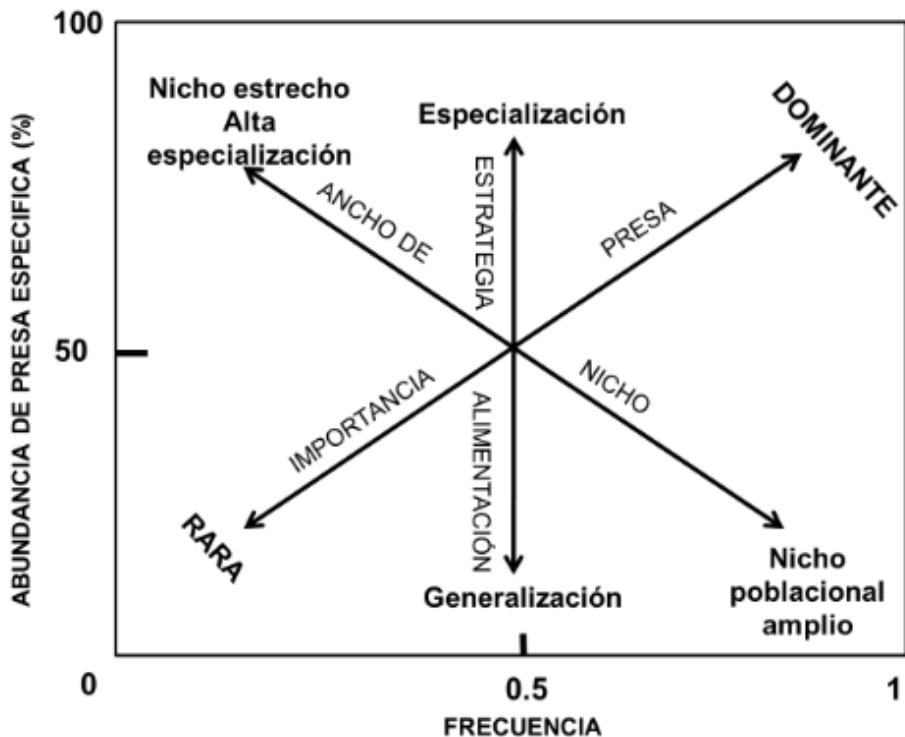


Figura 5. Análisis gráfico de la estrategia alimentaria (Tomado de Amundsen *et al.*, 1996).

5.3.4 Amplitud de la dieta

Evaluar la amplitud de la dieta permitió determinar el tipo de comportamiento alimenticio de las tres especies: *R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus*. Se determinó mediante el índice estandarizado de Levin a organismos “generalistas” aquellos con valores cercanos a 1 y “especialistas” aquellos con valores cercanos a 0 (Krebs, 1989). Valores menores a 0.6 indican que la dieta está dominada por pocas presas, por lo tanto, se trata de un depredador especialista y mayores a 0.6, corresponden a dietas de depredadores generalistas (Moreno *et al.*, 2009; Lara Mendoza, 2016). Para el cálculo de la amplitud de la

dieta se utilizaron los valores de %PSIRI, debido a que este índice refleja la variedad de los recursos que los organismos consumen, mediante la siguiente ecuación: Para el cálculo de la amplitud de la dieta se utilizaron los valores de %PSIRI, los cuales reflejan la variedad de recursos que los organismos consumen, mediante la siguiente ecuación

$$BA = \frac{B - 1}{n - 1}$$

dónde: BA = amplitud de la dieta de Levin estandarizada, n = número de posibles componentes alimentarios, B = medida de Levin para la amplitud del nicho, esta última se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$B = \frac{1}{\sum Pi^2}$$

dónde: Pi^2 = frecuencia relativa de las presas

5.3.5 Variación de las preferencias alimentarias entre especies, sexos, estados de madurez, zonas y años

Para determinar los posibles efectos en la dieta entre especies, sexos, estados de madurez, zonas y años, se empleó el análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), cuya ordenación se basa en una matriz de distancias (disimilitud) con un valor de Stress que indica si la interpretación del grafico es ideal, de acuerdo a lo estipulado por Clarke (1993): valores cercanos a 0.3 indica que la ordenación es arbitraria, valores cercanos a 0.2 se considera sospechosa,

valores cercanos o igual a 0.1 se consideran justos y valores iguales o < 0.05 indican un buen ajuste. El patrón de dispersión nMDS, se puso a prueba mediante un ANOSIM (análisis estadístico no paramétrico de similitud) que produce un valor de R, cuyos valores cercanos a 0 indican alta similitud y valores cercanos a 1 o -1 indican baja similitud. Los valores de P generados del estadístico R se consideraron significativos cuando P<0.05 (Clarke y Warwick, 2001). En aquellos casos en los que el análisis de similitud mostró diferencias significativas en alguna de las variables, se procedió a realizar un análisis de similitud porcentual (SIMPER) para identificar la contribución de cada categoría de presa a las similitudes o disimilitudes alimentarias (Clarke, 1993).

Cabe mencionar que el análisis comparativo de estados de madurez solo se realizó para *H. dipterurus*, sin embargo, se debe considerar que estos resultados no son concluyentes debido a que se comparó un pequeño número de muestras (17 estómagos) en etapa adulta, en comparación con los juveniles de esta especie que presentaron un mayor número de muestras (63 estómagos), pese a ello, dicho análisis permitió especular la tendencias de variación alimenticias entre adultos y juveniles. Para el caso de *R. steindachneri* y *G. marmorata* no se realizaron los análisis de comparación debido a la ausencia y al bajo número (n= 5) de muestras en etapa adulta respectivamente.

Con base en una revisión previa de los datos dietéticos, se observó que la mayoría de los estómagos analizados individualmente solo presentaban de dos a tres de las nueve categorías de presas reconocidas en este estudio. Por ello, se calculó la matriz de similitud con la medida de Bray-Curtis debido a que refleja

mejor la composición de la dieta del depredador (Macdonald y Green 1983) y no considera valores de ceros como lo hace el método euclíadiano. Para realizar dicha matriz, se obtuvo el valor medio de abundancia (en este caso el porcentaje en número %N), el cual fue calculado para cada uno de las categorías alimentarias, asimismo, los valores medios de %N fueron transformados con una raíz cuadrada. A pesar de que la medida de Bray-Curtis no considera los valores de ceros para los análisis, se decidió agrupar los estómagos con base en lo sugerido por White, Platell y Potter (2004); Marshall, Kyne y Bennett (2007) con el fin de reducir el número de categorías de presas con valores de cero y así incrementar la efectividad de los análisis multivariados. Además, esto nos ayuda a simplificar la información y permite una mejor interpretación visual de las gráficas del nMDS. Los estómagos se agruparon de modo aleatorio en grupos de tres a doce, dependiendo el número de estómagos para cada variable (especies, sexos, estados de madurez, zonas, años). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa PRIMER versión 6.

5.3.6 Nivel trófico

Se determinó el nivel trófico para cada una de las especies de rayas, siguiendo el método propuesto por Cortés (1999):

$$NT = 1 + \left(\sum_{i=1}^n p_i \times NT_i \right)$$

dónde: NT= Nivel trófico, P_i = Proporción de la presa i en la dieta del depredador j ,

(índice de importancia relativa específica: %PSIRI) y NT_i = Nivel trófico de la presa

i. Se utilizaron valores de nivel trófico por presas individuales y por grupos de presas, dichos valores fueron tomados de Cortés (1999) y Sea Around Us Project Data Base (2016) (Cuadro 2), de esta manera se calcularon dos niveles tróficos por cada especie de raya con valores de grupos de presas y se calculó un nivel trófico adicional considerado solamente los valores por presa específica. Para aquellas presas específicas que no se dispuso información sobre su valor de nivel trófico, fueron agrupadas en categorías taxonómicos superiores.

Cuadro 2. Niveles tróficos de presas (NTi), utilizadas para el cálculo del nivel trófico de *R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus*.

Presas	Nivel trófico (Cortés, 1999)	Nivel trófico (Sea Around Us Project Data Base)
Peces teleósteos	3.24	3.51
Diplectrum	-	3.99
Hemicaranx	-	4.05
Stelifer sp.	-	3.76
Cefalópodos (calamares y pulpos)	3.2	3.59
Moluscos (excepto cefalópodos)	2.1	2.2
Bivalvos	-	2.23
Veneridae	-	2
Gasterópodos	-	3.06
Crustáceos malacostracos	2.52	3
Decapoda	-	3.43
Brachyura	-	2.6
<i>Squilla</i>	-	3
Hippidae		3.1
Otros invertebrados (excepto moluscos, crustáceos y zooplancton)	2.5	-
Echinodermata	-	2.3
Polychaeta	-	2.65
Sipuncula	-	2.90

VI. RESULTADOS

Se examinó un total de 856 estómagos de las tres especies: *Rhinoptera steindachneri*, *Gymnura marmorata* e *Hypanus dipterurus*. Del total de estómagos revisados, 59% se encontraron vacíos y 41% presentaban contenido estomacal (Fig. 6).

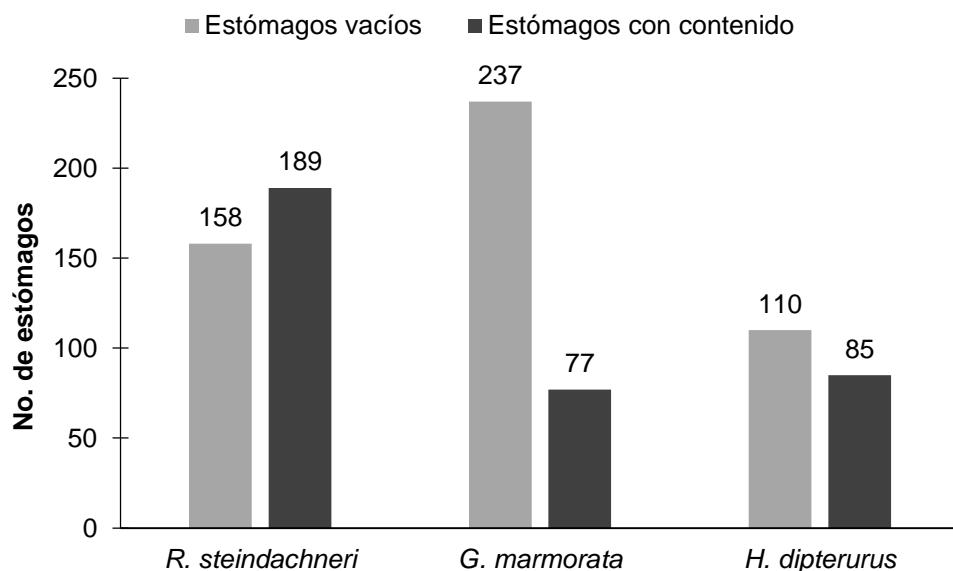


Figura 6. Número de estómagos vacíos y con contenido de las especies de rayas analizadas.

6.1 Estructura de sexos y tallas

El número de estómagos colectados con contenido estomacal fue mayor en los machos de *G. marmorata* e *H. dipterurus* con 58% y 62% respectivamente; ocurrió lo contrario para *R. steindachneri*, que presentó un mayor porcentaje (54%) de estómagos con contenido en las hembras (Fig. 7). No obstante, no se encontró

diferencias significativas entre el número de estómagos colectados con contenido entre hembras y machos por cada una de las especies (Cuadro 3).

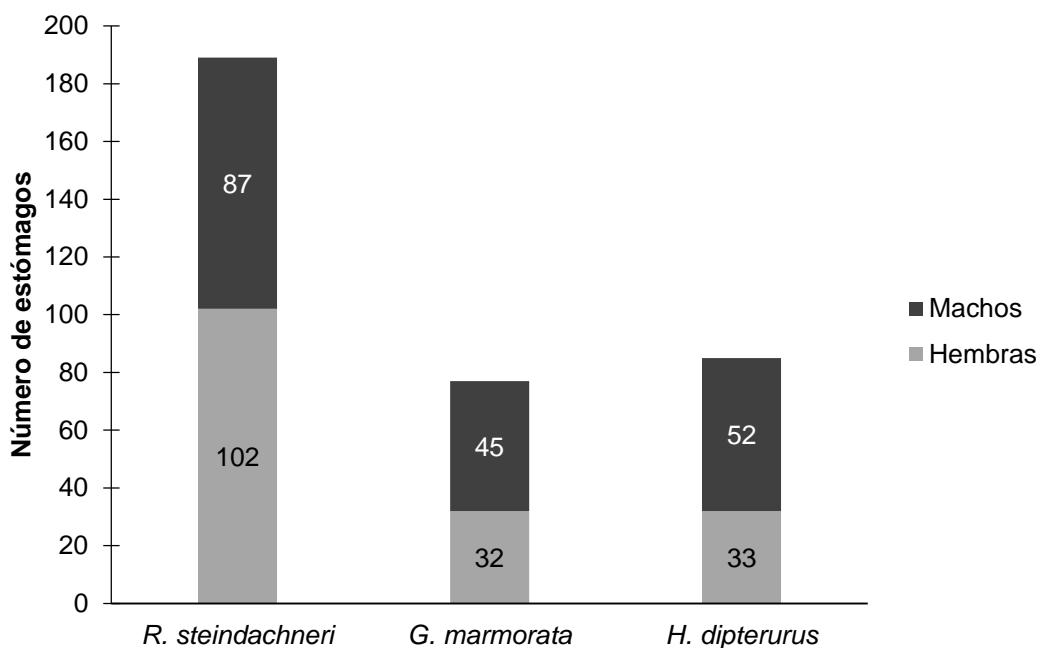


Figura 7. Número de estómagos con contenido estomacal de las especies analizadas por sexos.

Cuadro 3. Valores de Chi-cuadrada (χ^2) para cada una de las especies de rayas comparando el número de estómagos entre hembras y machos.

Especie	Valor χ^2	gl	Valor de p (0.05)
<i>R. steindachneri</i>	3.02	2	0.22
<i>G. marmorata</i>	3.33	2	0.18
<i>H. dipterurus</i>	2.34	2	0.30

En cuanto a la longitud, *R. steindachneri* tuvo un intervalo para ambos sexos entre 26.9 a 62.5 cm de AD, con un mayor número de individuos de 33 a 44 cm de AD (Fig. 8). No se encontraron diferencias significativas entre la longitud de hembras y machos (Mann-Whitney, $p= 0.81$).

Gymnura marmorata tuvo un intervalo de tallas para ambos sexos entre 23.3 a 75 cm de AD. Los machos presentaron un mayor número de organismos en el intervalo de 29 a 34 cm de AD, mientras que las hembras tuvieron una frecuencia uniforme en casi todos los intervalos de tallas, excepto entre 65 y 70 cm de AD (Fig. 8). No se encontraron diferencias significativas entre las tallas de ambos sexos (Mann-Whitney, $p= 0.41$).

Por último, en *H. dipterurus* se observó para ambos sexos un intervalo de tallas entre 21.1 a 51.5 cm de AD. Las hembras presentaron un mayor número de individuos en el intervalo de talla entre 21 a 26 cm de AD y los machos entre 39 a 44 cm (Fig. 8), No se encontraron diferencias significativas entre sexos (Mann-Whitney, $p= 0.33$).

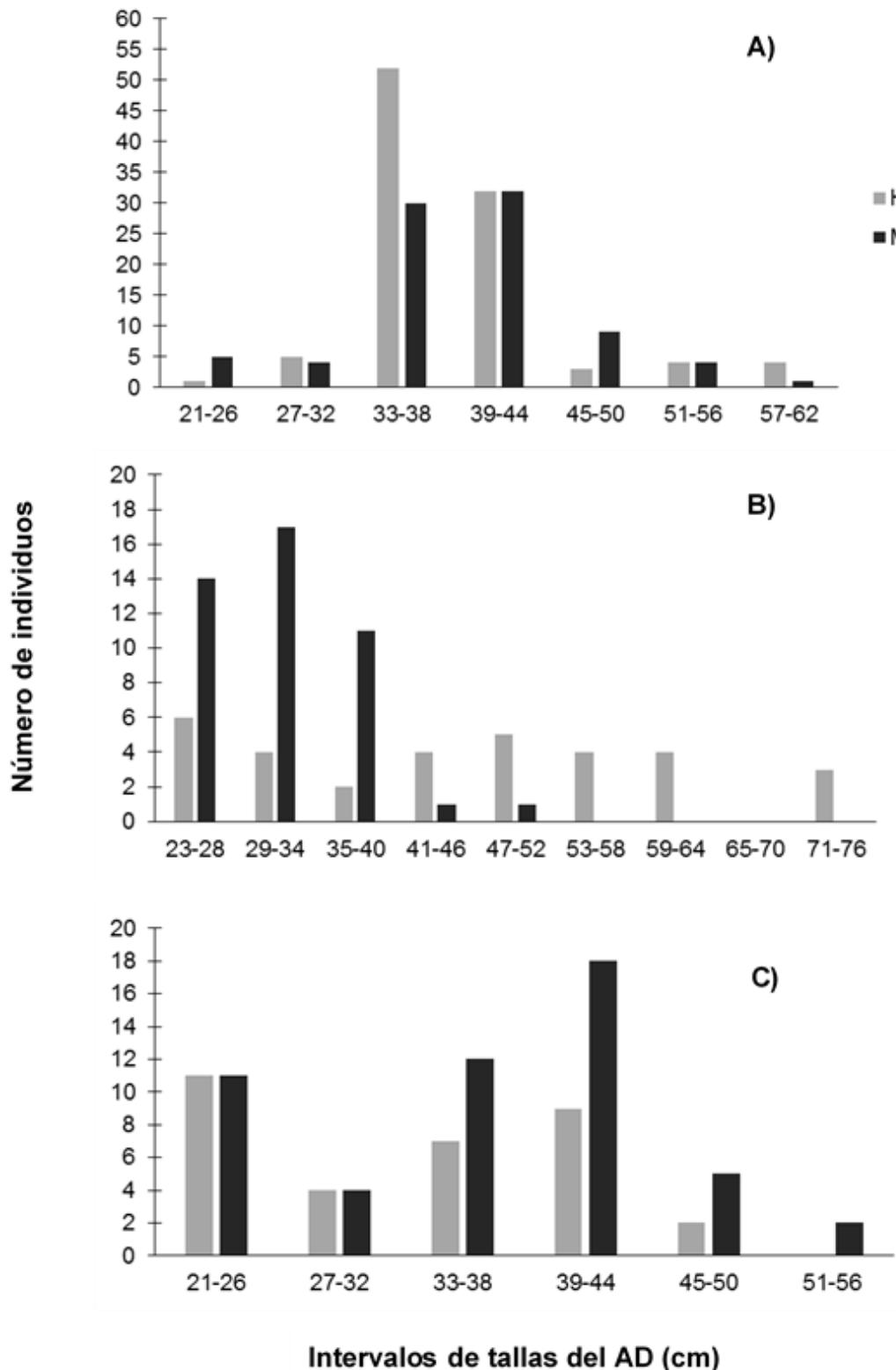


Figura 8. Distribución de tallas de H=hembras y M=machos de **A)** *R. steindachneri*, **B)** *G. marmorata* y **C)** *H. dipterurus*.

6.2 Estado de madurez

Con base en la observación de los órganos reproductores en los machos y las tallas de madurez en las hembras, los organismos analizados de las tres especies fueron en su mayoría inmaduros (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de organismos inmaduros y maduros de las tres especies de estudio, de acuerdo a los órganos reproductores de los machos (M) y talla de las hembras (H).

Especie	M			H		
	Inmaduro	Maduro	Número total de individuos(n)	Inmadura	Madura	Número total de individuos (n)
<i>R. steindachneri</i>	100% (n=87)	-	87	100% (n=102)	-	102
<i>G. marmorata</i>	91% (n=41)	9% (n=4)	45	94% (n=30)	6% (n=2)	32
<i>H. dipterurus</i>	65% (n=34)	35% (n=18)	52	100% (n= 33)	-	33

6.3 Análisis del contenido estomacal

6.3.1 Repleción gástrica (GR)

El grado de GR más frecuente (moda) de los estómagos de *R. steindachneri* y *G. marmorata* con contenido estomacal fue uno, con 48% y 51% respectivamente, mientras que el GR más común para *H. dipterurus* fue dos con 35% (Fig. 9).

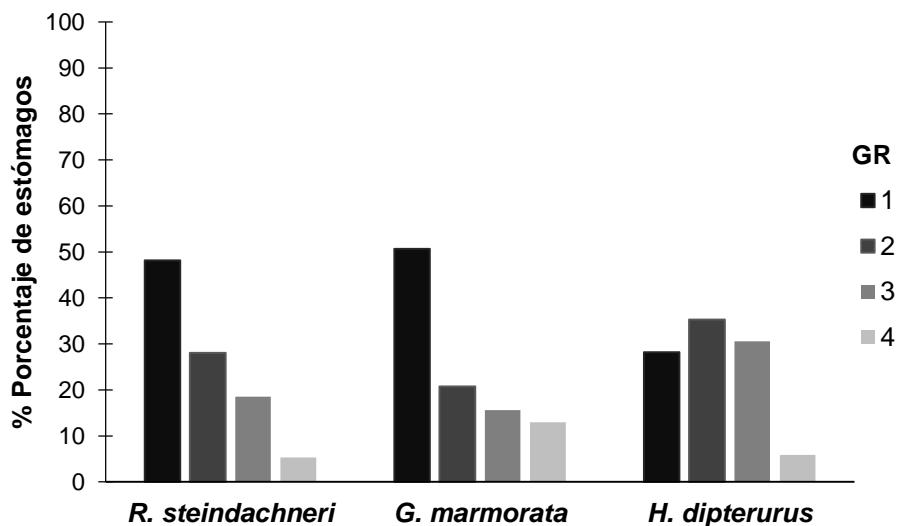


Figura 9. Grados de repleción (GR) observado en los estómagos de las tres especies de batoideos (no se consideraron los estómagos vacíos (GR=0) para el presente estudio).

6.3.2 Curvas acumulativas

De acuerdo con las curvas de acumulación realizadas para cada una de las especies, el número de estómagos analizados fue suficiente para describir su dieta, observando una tendencia a la asíntota entre los 19 y 25 estómagos (Figs. 10, 11 y 12). Además, se aceptó la hipótesis nula de la pendiente que resulta de la comparación entre la pendiente generada por los cuatro puntos finales de cada una de las curvas acumulativas y una línea de pendiente cero ($H_0: m=0$ y $H_A: m\neq0$) (Cuadro 5).

En cuanto a las variables sexos (hembras y machos), zonas (30, 40, 60) y años (2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016), *R. steindachneri* presentó un número adecuado de estómagos para describir su dieta (Anexos 1, 4). Por otra parte, *G.*

marmorata presentó un bajo número de muestras en cuanto a hembras, para la zona 40 y en los años 2012, 2013 y 2016 para describir con precisión su dieta (Anexos 2, 4). Por último, los adultos y los años 2014 y 2015 en *H. dipterurus* no presentaron un número adecuado de muestras para describir con precisión su dieta (Anexos 3, 4).

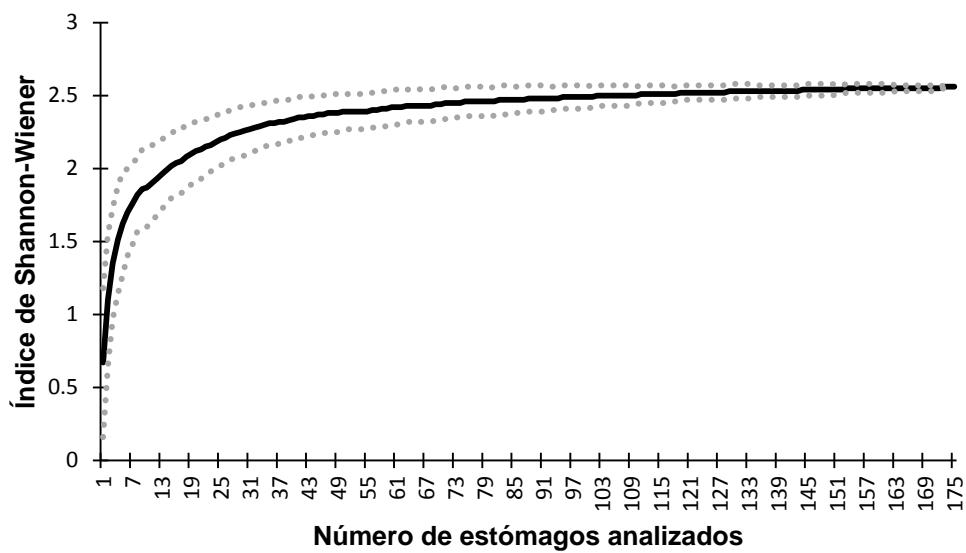


Figura 10. Curva de acumulación de presas de *R. steindachneri* estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).

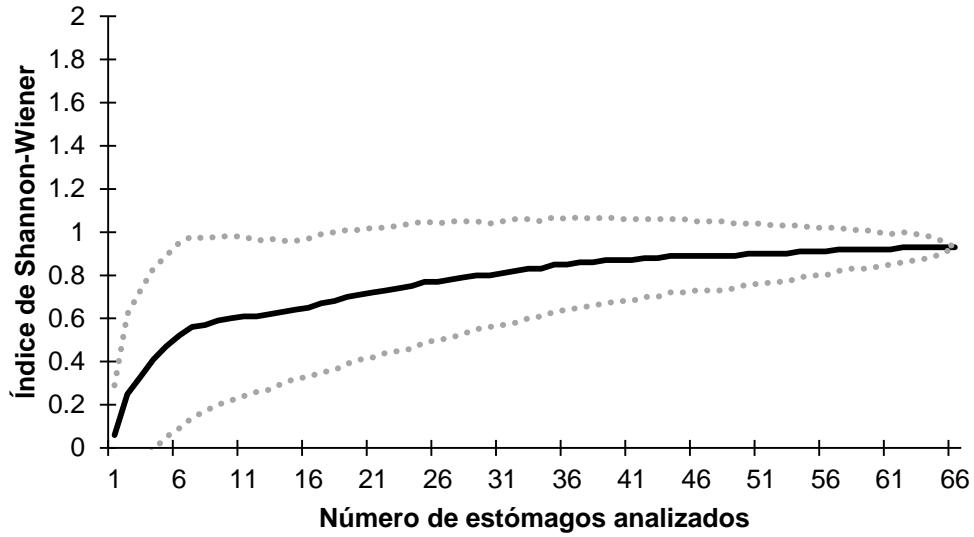


Figura 11. Curva de acumulación de presas de *G. marmorata* estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).

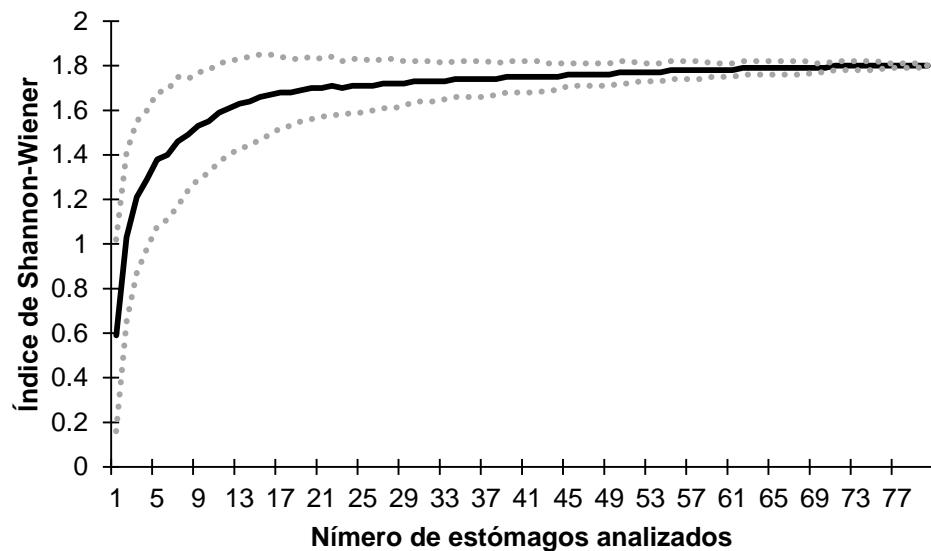


Figura 12. Curva de acumulación de presas de *H. dipterurus* estimada a través del índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).

Cuadro 5. Valores de t-student que indican los valores de la pendiente de las curvas acumulativas (m). n representa el tamaño de la muestra para cada una de las curvas. p representa la significancia de las pendientes (valores de p> 0.05 indican pendientes iguales o cercanas a cero).

Categorías	n	m	p
<i>R. steindachneri</i>	175	1.73	>0.05
<i>G. marmorata</i>	66	1.73	>0.05
<i>H.dipterus</i>	80	1.73	>0.05

6.4 Espectro trófico

6.4.1 *Rhinoptera steindachneri*

El espectro trófico de *R. steindachneri* se constituyó de 29 diferentes presas, agrupadas en ocho categorías: Bivalvia, Gastropoda, Crustacea, Sipuncula, Echinodermata, Polychaeta, Scaphopoda y Teleostei (Cuadro 6).

Las presas que tuvieron mayor porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) en la dieta de *R. steindachneri* fueron las clases Bivalvia (51.43%) y Gastropoda (34.85%), mientras que la clase Hirudinea (Sipuncula) y el orden de los decápodos (Crustacea) presentaron un mayor porcentaje de abundancia específica numérica (%PN) 82.65% y 66.66% respectivamente. Los bivalvos de la familia Veneridae (68.54%) y la clase Hirudinea (57.81%) fueron los que presentaron un alto porcentaje de abundancia específica gravimétrica (%PW) (Cuadro 6). La categoría con mayor porcentaje de índice de importancia relativa específica (%PSIRI) fue bivalvia (66.79%) y en menor porcentaje la categoría teleostei (1.62%) (Fig. 13).

Cuadro 6. Presas identificadas en los estómagos de *R. steindachneri*.

Clasificación taxonómica	Presas	%PN	%PW	%FO	%PSIRI
Phylum	Annelida				
Clase	Polychaeta	48.15	36.166	9.14	3.85
Total	3.85				
Phylum	Sipuncula				
Clase	Hirudinea	82.65	57.81	2.28	1.61
Clase	Clitellata				
Subclase	Oligochaeta	23.13	11.33	14.85	2.56
Total	4.17				
Phylum	Arthropoda				
Subphylum	Crustacea	28.17	16.15	5.14	1.14
Orden	Amphipoda	18.78	1.77	2.29	0.23
Orden	Decapoda	66.66	42.26	1.71	0.93
Infraorden	Brachyura	14.73	20.76	7.43	1.32
Familia	Paguridae	20.66	5.82	1.71	0.23
Infraorden	Caridea	44.32	49.16	6.86	3.21
Total	7.06				
Phylum	Mollusca				
Clase	Bivalvia	44.86	56.19	51.43	25.99
Familia	Arcidae	37.39	56.31	39.43	18.48
Familia	Cardiidae	24.76	5.60	2.29	0.35
Género	<i>Trachycardium</i>	5.99	0.454	2.28	0.07
Familia	Crassatellidae	11.35	18.87	1.71	0.26
Familia	Glycymerididae	33.33	18.47	0.57	0.15
Familia	Mactridae	33.07	40.06	16.57	6.06
Familia	Mytilidae	26.47	47.42	5.71	2.11
Familia	Pectinidae	14.27	28.75	4.57	0.98
Familia	Teredinidae	51.32	38.68	5.71	2.57
Familia	Tellinidae				
Especie	<i>Strigilla dichotoma</i>	22.59	15.95	13.71	2.64
Familia	Veneridae	56.27	68.54	11.42	7.13

Total					66.79
Clase	Gastropoda	36.33	16.62	34.85	9.23
Familia	Olividae	25	1.96	0.57	0.08
Familia	Tornidae				
Género	<i>Cyclostremiscus</i>	4.50	0.20	1.71	0.04
Familia	Pyramidellidae				
Género	<i>Turbanilla</i>	28.65	22.16	4.57	1.16
Total					10.51
Clase	Scaphopoda				
Familia	Dentaliidae	17.71	7.45	15.42	1.94
Total					1.94
Phylum	Echinodermata				
Clase	Echinoidea				
Género	<i>Echinocardium</i>	25.51	28.36	2.28	0.62
Clase	Ophiuroidea	29.27	15.32	15.42	3.44
Total					4.06
Phylum	Chordata				
Infraclase	Teleostei	43.08	38.13	4	1.62
Total					1.62

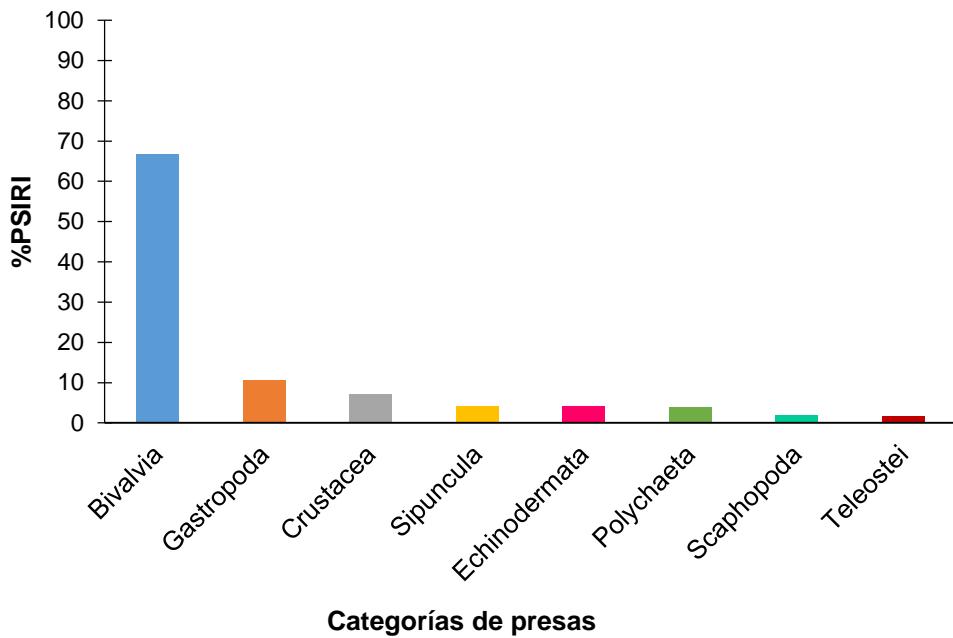


Figura 13. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de *R. steindachneri*, de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).

6.4.2 *Gymnura marmorata*

El espectro trófico de *G. marmorata* estuvo constituido de 10 diferentes presas, agrupadas en cinco categorías: Crustacea, Cephalopoda, Teleostei, Bivalvia y Polychaeta (Cuadro 7).

Las presas que mostraron mayor %FO fue la infraclass Teleostei (87.88%), mientras que las presas de las clases Cephalopoda y Polychaeta tuvieron 1.52% de %FO respectivamente. Por otra parte, los teleósteos del género *Diplectrum* y *Hemicaranx* tuvieron un 100% de %PN y %PW, debido a que fueron las únicas presas encontradas en los estómagos (Cuadro 7). El %PSIRI mostró que la

categoría teleostei fue la más importante con 93.51%, mientras que la categoría polychaeta la menos importante con 0.27% en la dieta de *G. marmorata* (Fig. 14).

Cuadro 7. Presas identificadas en los estómagos de *G. marmorata*.

Clasificación taxonómica	Presas	%PN	%PW	%FO	%PSIRI
Phylum	Annelida				
Clase	Polychaeta	33.33	1.77	1.52	0.27
Total	0.27				
Phylum	Arthropoda				
Subphylum	Crustacea	50.00	8.53	3.03	0.89
Orden	Decapoda	72.22	67.16	4.55	3.16
Total	4.05				
Phylum	Mollusca				
Clase	Bivalvia	50.00	0.88	1.52	0.38
Familia	Teredinidae	33.33	1.83	1.52	0.27
Total	0.65				
Clase	Cephalopoda	100.00	100.00	1.52	1.52
Total	1.52				
Phylum	Chordata				
Infraclase	Teleostei	95.98	99.60	87.88	85.93
Familia	Serranidae				
Género	<i>Diplectrum</i>	100.00	100.00	4.55	4.54
Familia	Carangidae				
Género	<i>Hemicaranx</i>	100.00	100.00	1.52	1.52
Familia	Sciaenidae				
Especie	<i>Stellifer sp</i>	100.00	100.00	1.52	1.52
Total	93.51				

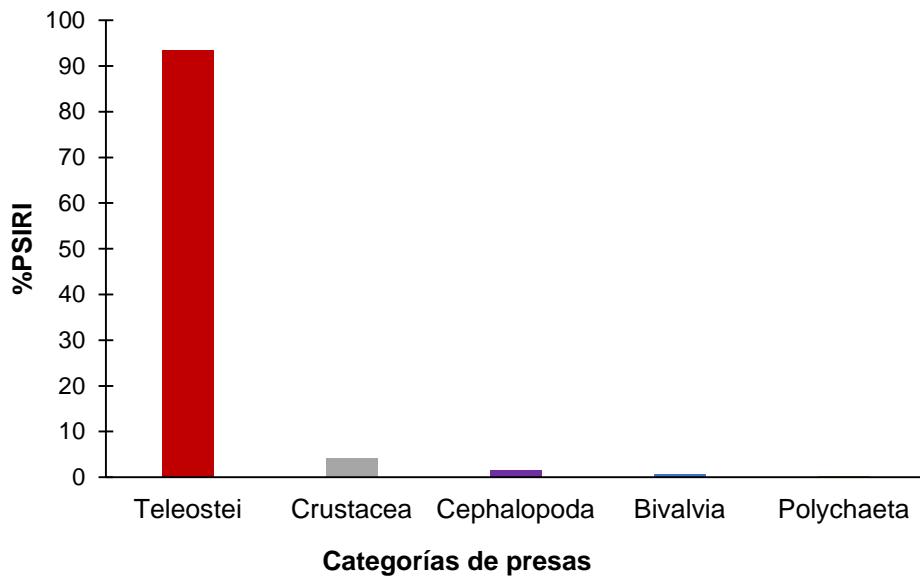


Figura 14. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de *G. marmorata*, de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).

6.4.3 *Hypanus dipterurus*

El espectro trófico de *H. dipterurus* se constituyó de 13 diferentes presas, agrupadas en cinco categorías: Polychaeta, Crustacea, Bivalvia, Teleostei y Sipuncula (Cuadro 8).

Las presas que mostraron mayor %FO fueron la clase Polychaeta (57.50%), seguida del estomatópodo del género *Squilla* (Crustacea) (47.50%). Por su parte la subclase oligoqueta (Sipuncula) tuvo el mayor %PN (49.89%) y el estomatópodo del género *Squilla* tuvo el mayor %PW (63.99%). Por último, el %PSIRI mostró que la categoría crustacea fue la más representativa en la dieta de *H. dipterurus* con 43.93%, mientras que la categoría teleostei con 1.65% fue la menos representativa (Fig. 15).

Cuadro 8. Presas identificadas en los estómagos de *H. dipterurus*.

Clasificación taxonómica	Presas	%PN	%PW	%FO	%PSIRI
Phylum	Annelida				
Clase	Polychaeta	46.82	26.92	57.50	21.20
Familia	Pectinariidae	10.40	3.31	11.25	0.77
Familia	Flabelligeridae				
Género	<i>Piromis</i>	35.81	45.62	17.50	7.12
Total					29.09
Phylum	Sipuncula				
Subclase	Oligiqueta	49.89	50.50	35.00	17.57
Total					17.57
Phylum	Arthropoda				
Subphylum	Crustacea	46.27	43.17	10.00	4.47
Orden	Stomatopoda				
Género	<i>Squilla</i>	49.39	63.99	47.50	26.93
Infraorden	Brachyura	18.33	7.91	2.50	0.33
Infraorden	Caridea	31.36	41.70	32.50	11.86
Infraorden	Anomura				
Familia	Hippidae	33.33	20.28	1.25	0.34
Total					43.93
Phylum	Mollusca				
Clase	Bivalvo	28.00	32.99	25.00	7.62
Familia	Teredinidae	1.41	6.09	1.25	0.05
Familia	Mactridae	4.76	7.80	1.25	0.08
Total					7.75
Phylum	Chordata				
Infraclase	Teleostei	14.19	9.86	13.75	1.65
Total					1.65

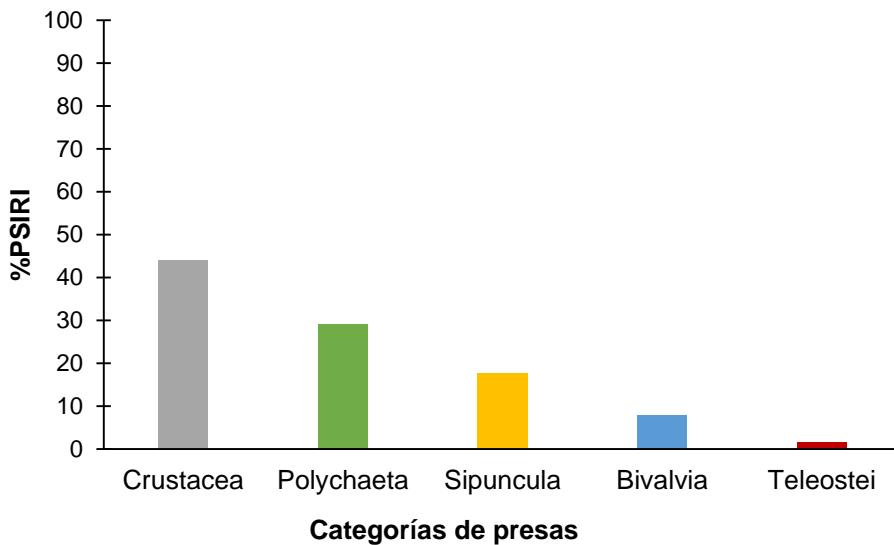


Figura 15. Importancia de las categorías de presas presentes en la dieta de *H. dipterurus*, de acuerdo al índice de importancia relativa específica (%PSIRI).

6.5 Estrategia alimentaria y amplitud de la dieta

6.5.1 *Rhinoptera steindachneri*

El análisis gráfico de la estrategia alimentaria de *R. steindachneri* mostró que esta especie se alimenta de varios grupos de presas consideradas raras, debido a su bajo porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO) y de abundancia específica numérica (%PN) (Fig. 16). Se observó además que el grupo de los bivalvos fue la presa dominante en la dieta de esta especie, ya que presenta más del 80% de %FO y un alto %PN (68%). Lo anterior concuerda con el valor obtenido del índice estandarizado de Levin para *R. steindachneri* ($B_i = 0.16$), el cual es un valor cercano a cero y menor al límite propuesto (≥ 0.6), por lo tanto se considera a esta especie como especialista.

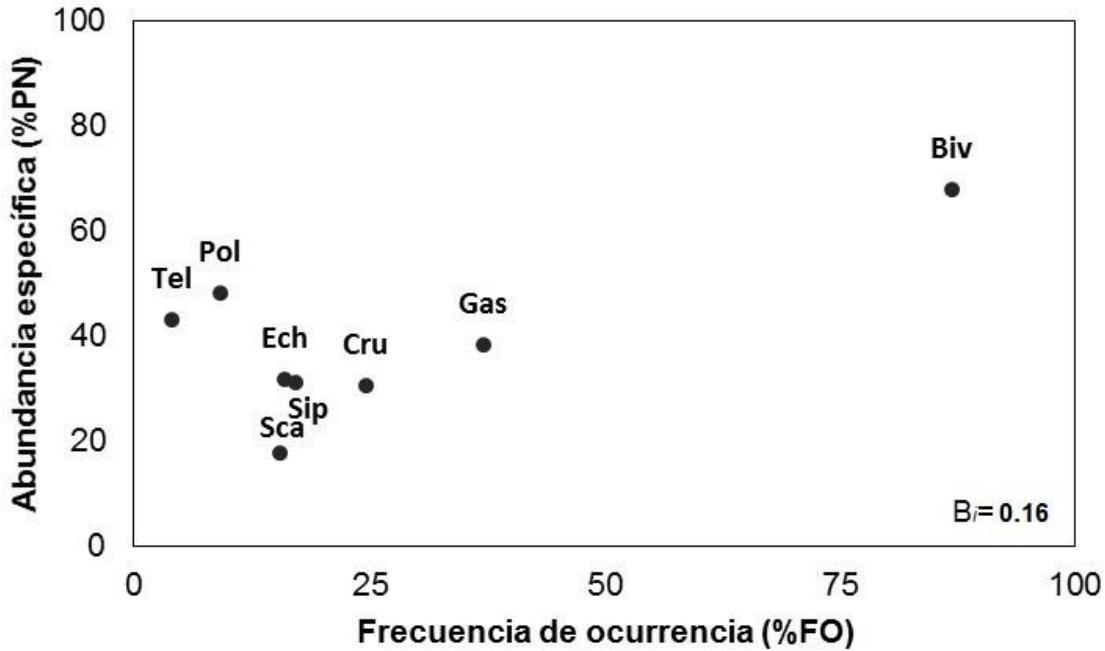


Figura 16. Contribución de las presas dentro de la dieta de *R. steindachneri*, en términos de su abundancia específica numérica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Crustáceos= Cru, Equinodermos= Ech, Gasterópodos= Gas, Poliquetos= Pol, Teleósteos= Tel, Scaphopodos= Sca, Sipuncúlidos= Sip).

6.5.2 *Gymnura marmorata*

El gráfico de estrategia alimentaria en *G. marmorata* se conformó de presas raras (bivalvos y poliquetos) con valores bajos de %FO y %PN. En el caso de los céfalo-podos y crustáceos se mostró un nicho estrecho debido al bajo %FO (seis estómagos) pero con alto %PN. La presa dominante en la dieta de *G. marmorata* fueron los teleósteos, con más del 90% de %FO y un alto porcentaje de PN (96%) (Fig. 17). El índice estandarizado de Levin para *G. marmorata* mostró un valor cercano a cero ($B_i = 0.03$) y menor al límite propuesto (≥ 0.6), considerando a esta especie como especialista.

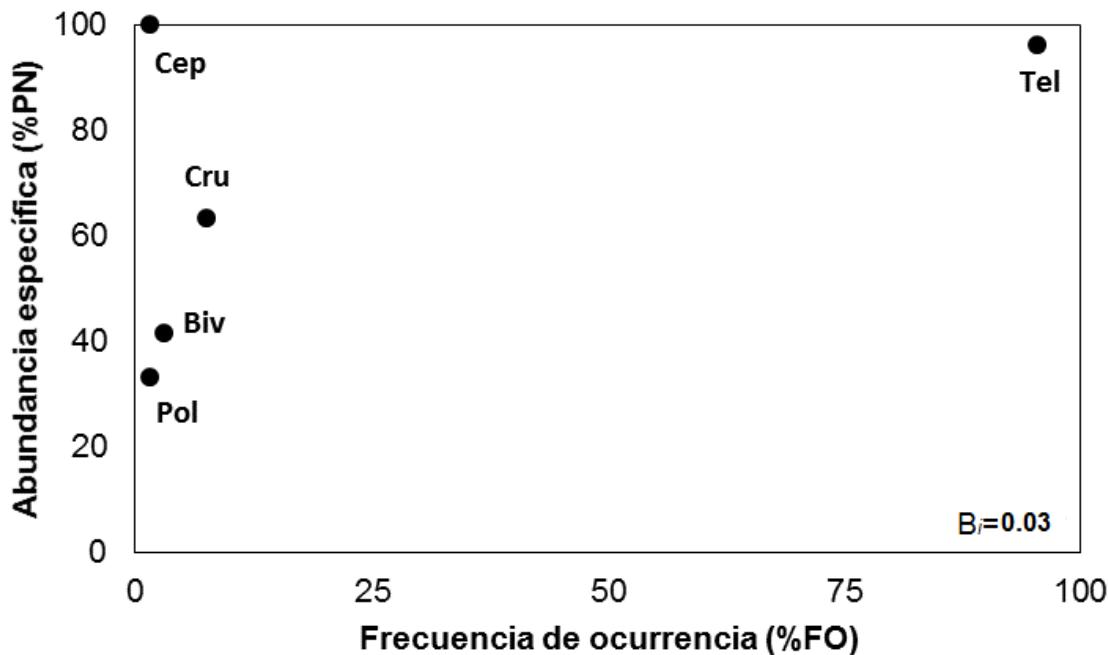


Figura 17. Contribución de las presas dentro de la dieta de *G. marmorata*, en términos de su abundancia específica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Cefalópodos= Cep, Crustáceos= Cru, Poliquetos= Pol, Teleósteos= Tel).

6.5.3 *Hypanus dipterurus*

El gráfico de estrategia alimentaria en *H. dipterurus* se conformó de teleósteos, bivalvos y sipuncúlidos, consideradas presas raras debido a su bajo %FO y %PN. El grupo de los poliquetos y crustáceos presentaron un %FO y %PN mayor a 50%, por lo que se les considera a estos grupos de presas como dominantes en la dieta de *H. dipterurus* (Fig. 18). Lo anterior coincide con el valor obtenido del índice estandarizado de Levin ($B_i= 0.54$), el cual fue menor al límite propuesto (≥ 0.6), indicando que *H. dipterurus* es especialista.

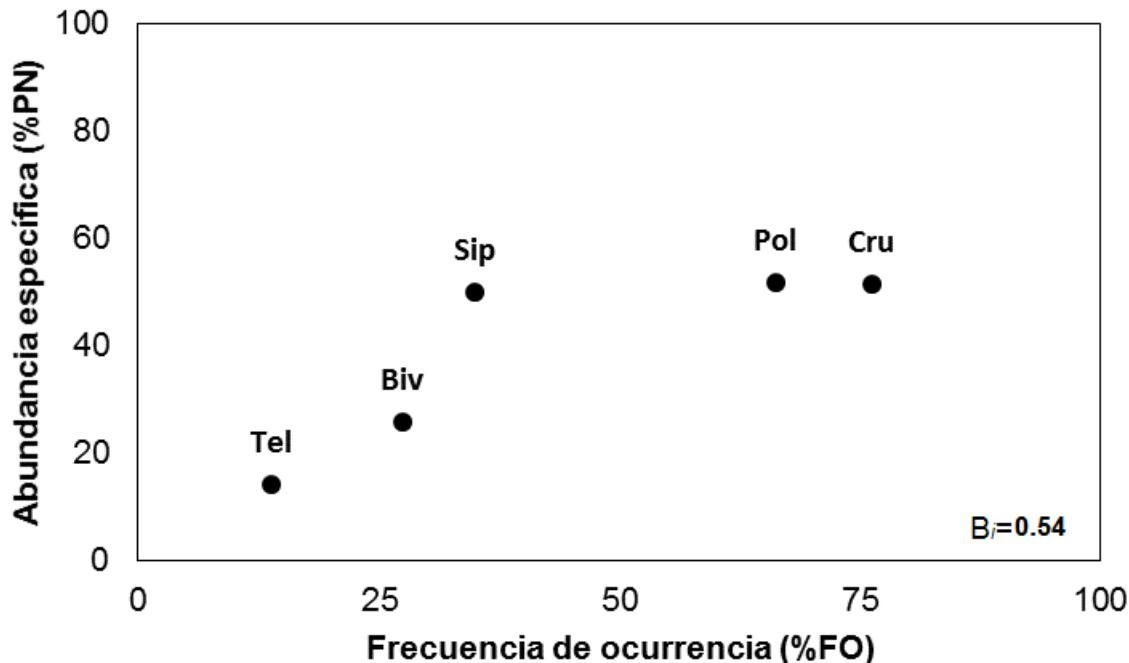


Figura 18. Contribución de las presas dentro de la dieta de *H. dipterurus*, en términos de su abundancia específica numérica (%PN) y frecuencia de ocurrencia (%FO) (Bivalvos= Biv, Crustáceos= Cru, Teleósteos= Tel, Poliquetos= Pol, Sipuncúlidos= Sip).

6.6 Ecología trófica

6.6.1 Variación de la dieta entre especies

El análisis de escalamiento multidimensional no-métrico mostró diferencias visuales entre las dietas de las tres especies estudiadas, además de un valor adecuado de Stress (0.12) (Fig. 19). El patrón visual observado en el n-MDS fue corroborado con los resultados del análisis de similitud (ANOSIM, $R=0.96$, $P=0.001$), el cual mostró que las diferencias dietarias entre las tres especies fueron significativas (Cuadro 9).

El análisis de similitud porcentual (SIMPER), mostró una disimilitud dietaria entre *R. steindachneri* y *G. marmorata* de 96.42%, siendo el grupo de los teleósteos quien aportó una mayor contribución en la disimilitud observada (57.65%). En cuanto a *R. steindachneri* e *H. dipterurus*, se encontró una disimilitud de 86.94%, siendo los grupos de poliquetos (28.20%) y crustáceos (22.86%) los de mayor contribución a la disimilitud dietaria de estas dos especies. Por último, se observó una disimilitud de 93% entre *G. marmorata* e *H. dipterurus*, siendo el grupo de los teleósteos el de mayor contribución a la disimilitud de la dieta de estas dos especies (48.75%) (Cuadro 10).

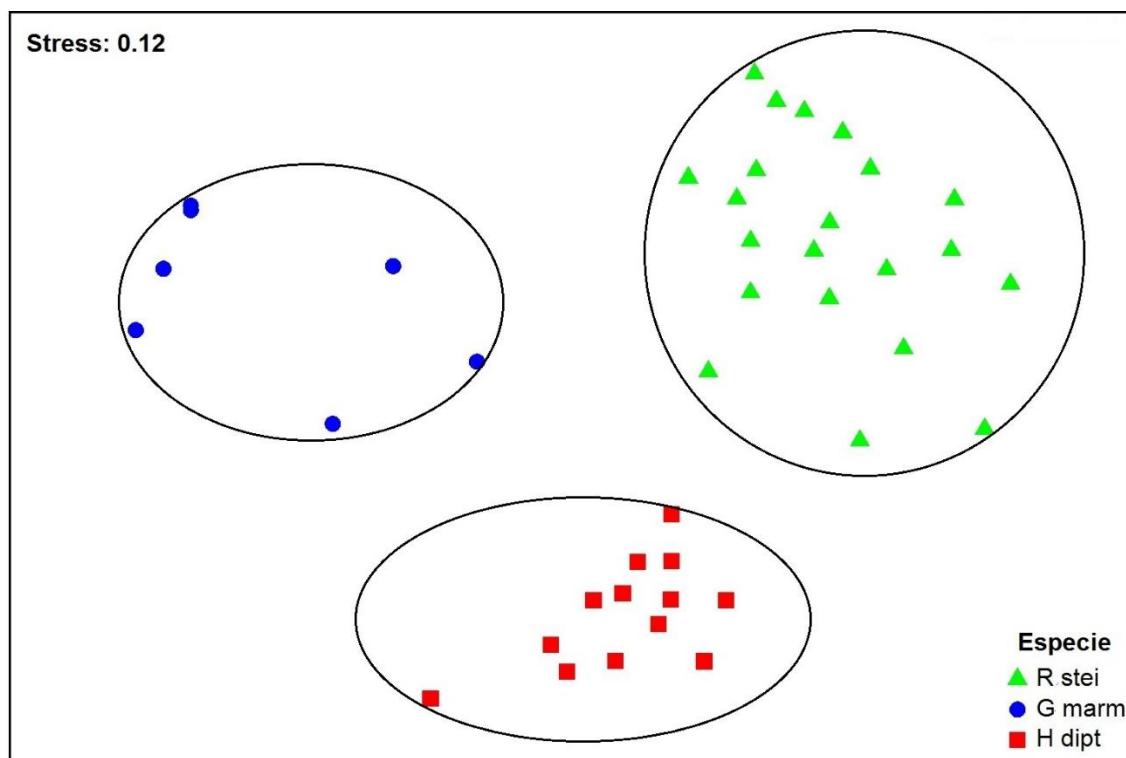


Figura 19. Gráfico n-MDS de la dieta entre especies de rayas, cada símbolo (**▲■●**) representa un conjunto de estómagos.

Cuadro 9. Valores de similitud (R) y significancia (P) para cada una de las comparaciones dietarias entre las tres especies de rayas del presente estudio.

Species	R	P
<i>R. steindachneri</i> vs <i>G. marmorata</i>	0.98	0.001
<i>R. steindachneri</i> vs <i>H. dipterurus</i>	0.98	0.001
<i>H. dipterurus</i> vs <i>G. marmorata</i>	0.94	0.001

Cuadro 10. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de las tres especies de rayas.

Especies	Categorías alimenticias	Contribución a la diferencia (%)	Contribución acumulada (%)	Disimilitud general (%)
<i>R. steindachneri</i> vs <i>G. marmorata</i>	Teleostei	57.65	57.65	96.42
	Bivalvia	18.05	75.71	
	Gastropoda	9.59	85.29	
	Crustacea	4.93	90.23	
<i>R. steindachneri</i> vs <i>H. dipterurus</i>	Polychaeta	28.20	28.20	86.94
	Crustacea	22.86	51.07	
	Bivalvia	19.88	70.95	
	Sipuncula	11.87	82.82	
	Gastropoda	11.31	92.14	
<i>H. dipterurus</i> vs <i>G. marmorata</i>	Teleostei	48.75	48.75	93.00
	Polychaeta	20.43	69.19	
	Crustacea	17.37	86.56	
	Sipuncula	9.20	95.75	

6.6.2 Variación de la dieta por sexos, estados de madurez, zonas y años

La relación entre el sexo y la dieta de las especies a partir del análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (n-MDS) mostró un valor confiable de Stress= 0.12 (Fig. 20). El análisis de similitud (ANOSIM) indicó que dicha variable no influyó en la dieta de ninguna de las tres especies ($R= 0.04$, $P= 0.17$) (Cuadro 11).

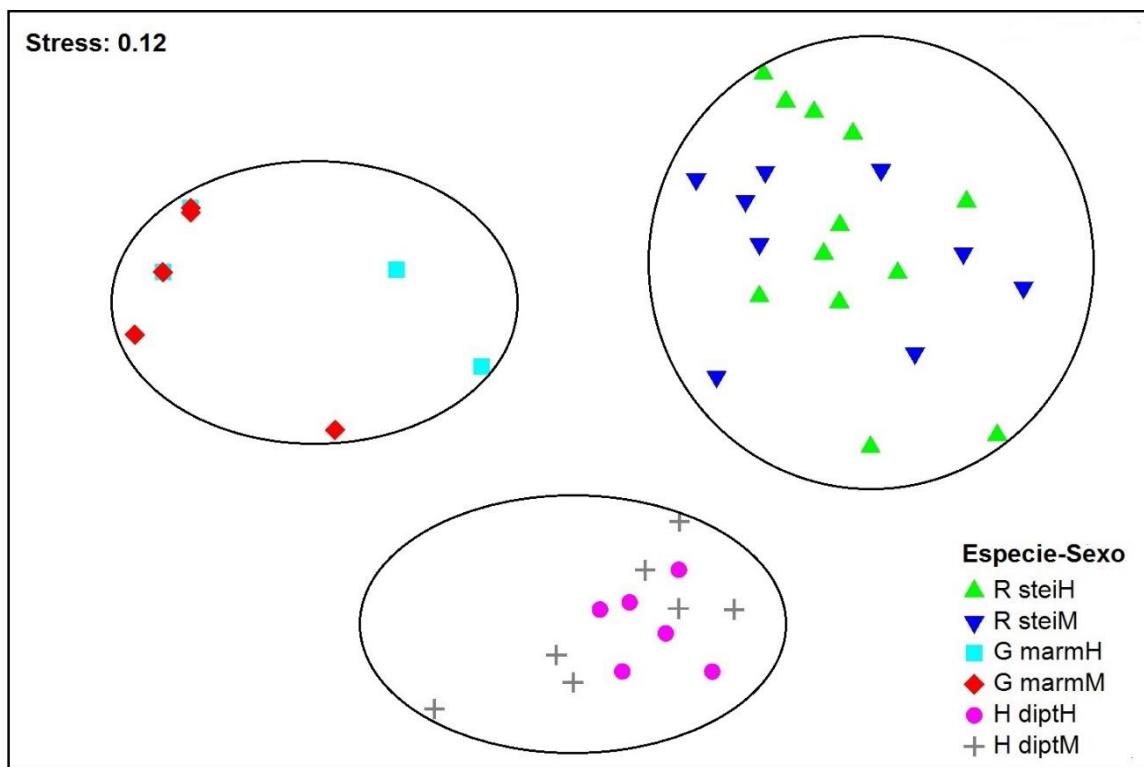


Figura 20. Gráfico n-MDS de la dieta entre sexos de las tres especies de rayas, cada símbolo (▲ ■ ▼ ◆ +) representa un conjunto de estómagos.

Cuadro 11. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre sexos para cada una de las especies de rayas estudiadas.

Especie	R	P
<i>R. steindachneri</i>	0.09	0.10
<i>G. marmorata</i>	-0.01	0.39
<i>H. dipterurus</i>	-0.03	0.58

En cuanto al estado de madurez, el análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (n-MDS) reveló un valor confiable de Stress= 0.09 (Fig.21). El análisis de similitud mostró diferencias significativas ($R= 0.36$. $P= 0.03$) entre los organismos juveniles y adultos de *H. dipterurus*. El análisis de similitud porcentual (SIMPER), mostró una disimilitud del 57.50% entre juveniles y adultos para *H. dipterurus*, siendo el grupo de los crustáceos (39.75%), seguido del grupo de los poliquetos (34.51%) los que aportaron un mayor porcentaje de disimilitud en la dieta entre estadios (Cuadro 12).

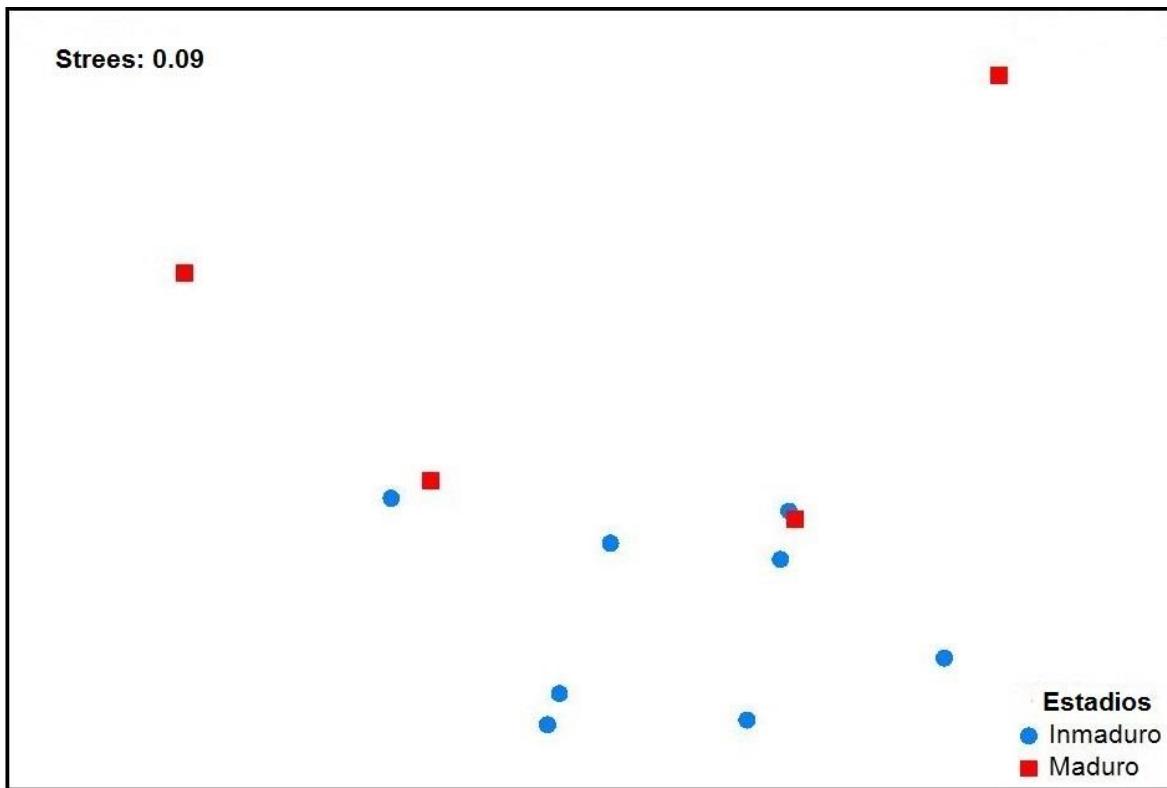


Figura 21. Grafico n-MDS de la dieta entre estados de madurez de *H. dipterurus*, cada símbolo (●■) representa un grupo de estómagos.

Cuadro 12. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de *H. dipterurus* entre juveniles y adultos.

Especie	Estadios	Categorías alimenticias	Contribución a la diferencia (%)	Contribución acumulada (%)	Disimilitud general (%)
<i>H.dipterurus</i>	Juv vs Adu	Crustacea	39.75	39.75	57.50
		Polychaeta	34.51	74.26	
		Sipuncula	20.80	95.06	

No se identificó dependencia de la dieta de acuerdo con las zonas de captura para *R. steindachneri* ni para *G. marmorata* (Fig. 22, Cuadro 13). Sin embargo, *H. dipterurus* mostró diferencias significativas ($R= 0.23$. $P= 0.03$) entre las zonas 40 y 60 (Cuadro 13).

El análisis de similitud porcentual (SIMPER), mostró también una disimilitud del 40.17% entre las zonas 40 y 60 para *H. dipterurus*, siendo el grupo de los crustáceos (31.41%), seguido de los poliquetos (29.70%) los que aportaron un mayor porcentaje de disimilitud en la dieta entre estas dos zonas (Cuadro 14).

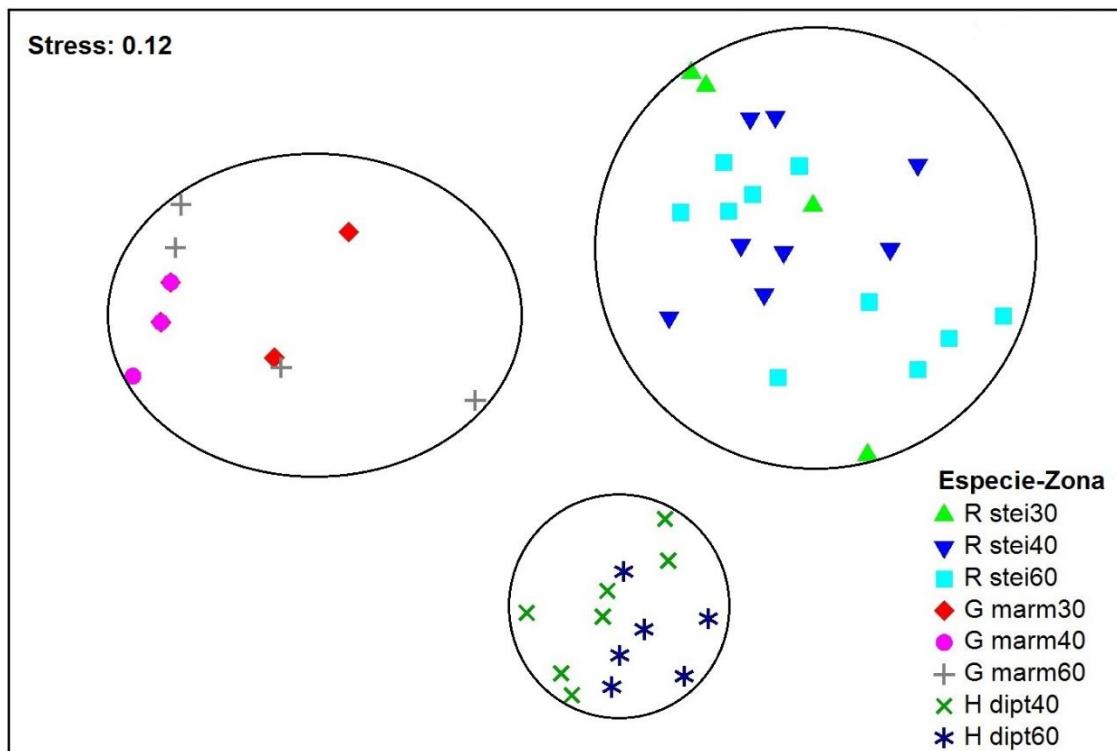


Figura 22. Gráfico n-MDS de la dieta entre zonas de las tres especies de rayas, cada símbolo (▲■▼◆+✖*) representa un conjunto de estómagos.

Cuadro 13. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre zonas para cada una de las especies de rayas del presente estudio.

Especie	Zonas	R	P
<i>R. steindachneri</i>	30 vs 40	0.07	0.25
	30 vs 60	0.19	0.09
	40 vs 60	-0.001	0.40
<i>G. marmorata</i>	30 vs 40	0.05	0.37
	30 vs 60	-0.04	0.66
	40 vs 60	0.15	0.13
<i>H. dipterurus</i>	40 vs 60	0.23	0.03

Cuadro 14. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta de *H. dipterurus* entre la zona 40 y 60.

Especie	Zonas	Categorías alimenticias	Contribución a la diferencia (%)	Contribución acumulada (%)	Disimilitud general (%)
<i>H. dipterurus</i>	40 vs 60	Crustacea	31.41	31.41	40.17
		Polychaeta	29.70	61.11	
		Sipuncula	29.21	90.32	

Respecto a la variación dietaria por años de muestreo, el análisis de escalamiento multidimensional no-métrico (n-MDS) con un valor adecuado de Stress de 0.12 (Fig. 23) y el análisis de similitud (ANOSIM) mostraron diferencias significativas ($R= 0.13$, $P= 0.004$) en la dieta para las tres especies estudiadas (Cuadro 15).

En el caso de *R. steindachneri*, el análisis de similitud porcentual (SIMPER) mostró una disimilitud dietaria de 62.99% entre los años 2011 y 2016, siendo los gasterópodos (27.42%), los que aportaron una mayor contribución a la disimilitud en la dieta. En los años 2012 y 2013 se observó una disimilitud dietaria de

70.17%, siendo los bivalvos (58.98%) quienes aportaron una mayor contribución a la disimilitud en la dieta entre estos años (Anexo 5).

Gymnura marmorata mostró disimilitud dietaria entre los años 2012–2014, 2012–2015, 2013–2014 y 2013–2015 (46.75%, 35.68%, 51.16% y 42.13% respectivamente). Siendo los teleósteos quienes contribuyeron mayormente a dicha disimilitud, debido a que en los años 2014 y 2015 solo se reportaron a los teleósteos como presas, excepto en una muestra estomacal donde se reportaroncefalópodos, por otra parte, en los años 2012 y 2013 aparte de consumir teleósteos, también se observaron poliquetos, crustáceos ycefalópodos (Anexo 5).

Hypanus dipterurus mostró disimilitud dietaria entre los años 2012–2016 y 2013–2014 (54.34% y 61.93% respectivamente), siendo los poliquetos quienes aportaron una mayor disimilitud a la dieta entre estos años (Anexo 5). Entre los años 2013–2016, la especie mostró una disimilitud dietaria de 55.75%, siendo el grupo de los crustáceos (48.32%) quienes aportaron un mayor porcentaje de disimilitud. Por último, entre los años 2014–2016 y 2015–2016 los bivalvos fueron los que mayormente aportaron disimilitud en la dieta (Anexo 5).

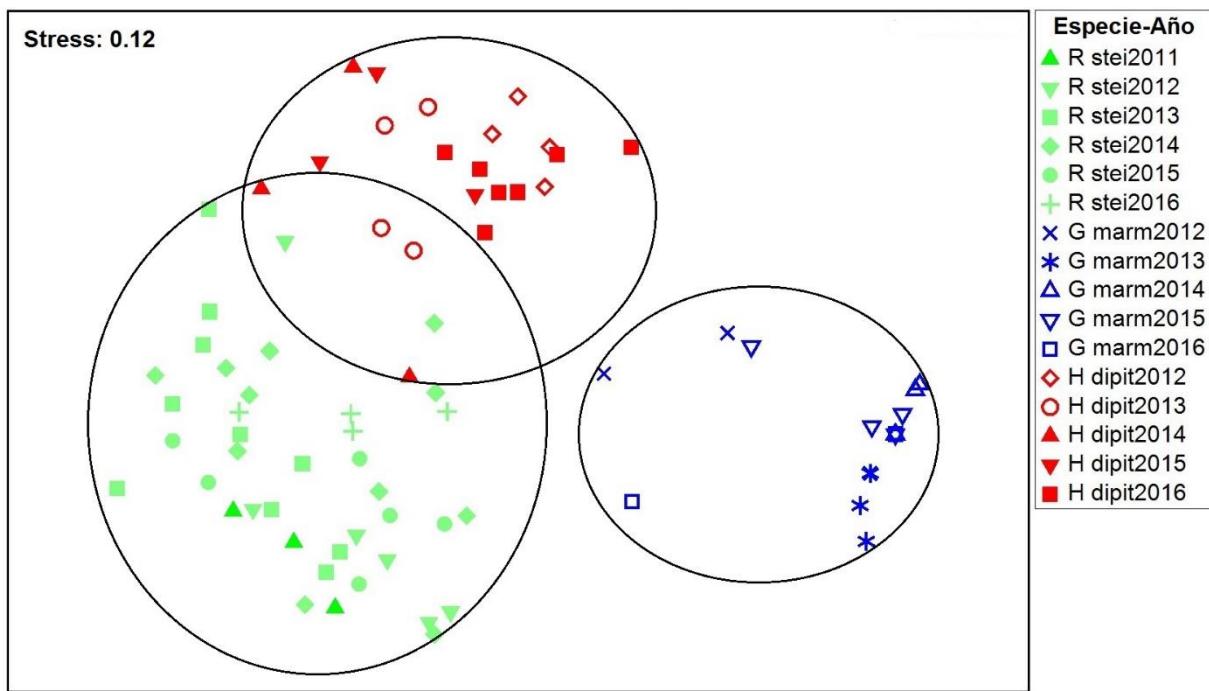


Figura 23. Gráficos n-MDS de la dieta entre años de las tres especies de rayas, cada símbolo
(▲■▼●◆+✖△□▽) representa un conjunto de estómagos.

Cuadro 15. Valores de similitud (R) y significancia (P) para la similitud dietaria entre años para cada una de las especies de rayas del presente estudio.

Especie	Años	R	P
<i>R. steindachneri</i>	2011 vs 2012	0.15	0.27
	2011 vs 2013	0.06	0.29
	2011 vs 2014	-0.05	0.63
	2011 vs 2015	-0.06	0.63
	2011 vs 2016	0.51	0.05
	2012 vs 2013	0.26	0.02
	2012 vs 2014	-0.002	0.44
	2012 vs 2015	0.09	0.17
	2012 vs 2016	0.22	0.10
	2013 vs 2014	0.05	0.18
	2013 vs 2015	-0.06	0.69
	2013 vs 2016	0.04	0.33
	2014 vs 2015	-0.08	0.78
	2014 vs 2016	-0.20	0.95

	2015 vs 2016	0.21	0.1
<i>G. marmorata</i>	2012 vs 2013	0.22	0.3
	2012 vs 2014	0.87	0.02
	2012 vs 2015	0.64	0.02
	2012 vs 2016	0.11	0.4
	2013 vs 2014	0.91	0.02
	2013 vs 2015	0.75	0.02
	2013 vs 2016	0.38	0.1
	2014 vs 2015	0.28	0.14
	2014 vs 2016	0.29	0.2
	2015 vs 2016	-0.09	0.88
<i>H. dipterurus</i>	2012 vs 2013	0.36	0.08
	2012 vs 2014	0.33	0.14
	2012 vs 2015	0.31	0.08
	2012 vs 2016	0.32	0.03
	2013 vs 2014	0.44	0.02
	2013 vs 2015	0.18	0.17
	2013 vs 2016	0.52	0.009
	2014 vs 2015	-0.22	0.9
	2014 vs 2016	0.58	0.01
	2015 vs 2016	0.45	0.02

6.7 Nivel trófico

El nivel trófico de *R. steindachneri* osciló entre 3.19 y 3.44, de *G. marmorata* entre 4.2 y 4.5 y de *H. dipterurus* entre 3.49 y 3.82 (Cuadro 16).

Cuadro 16. Niveles tróficos de las tres especies de rayas del presente estudio con base a grupo de presas y presas específicas.

Especie	Grupo de presas		Presa específica
	Nivel trófico (Cortés, 1999)	Nivel trófico (Usando Sea Around Us Project Data Base)	Nivel trófico (Usando Sea Around Us Project Data Base)
	<i>R. steindachneri</i>	3.19	3.44
<i>G. marmorata</i>	4.20	4.48	4.52
<i>H. dipterurus</i>	3.49	3.82	3.82

VII. DISCUSIÓN

7.1 Espectro trófico

La dieta de las tres especies de rayas en el presente estudio se basó en organismos bentónicos como son: moluscos, crustáceos, poliquetos, equinodermos y peces, siendo organismos característicos de los hábitats donde comúnmente los batoideos habitan (Wetherbee y Cortés, 2004). Dentro del Pacífico mexicano, varios estudios sobre hábitos alimentarios han reportado a los invertebrados como parte de la dieta de diferentes especies de rayas, incluyendo los batoideos considerados en la presente investigación (Valadez-González, 2000; Valadez-González *et al.*, 2001; Díaz-Carballido, 2011; Flores-Ortega *et al.*, 2011; Simental-Anguiano, 2011; Navarro-González *et al.*, 2012; Rosa-Meza, Sosa-Nishizaki y Cueva-Salcedo, 2013; Díaz-Carballido, 2015).

Estas similitudes entre los estudios de la dieta, probablemente se deban a que se han llevado a cabo en zonas de muestreo similares dentro del Pacífico mexicano y entre los mismos meses, abarcando temporadas de lluvias y secas. Sin embargo, los estudios muestran que las rayas son selectivas con las presas de las cuales se alimentan, lo que podría indicar que cada especie requiere de diferentes aportes nutrimentales, ayudando a evitar la competencia por los recursos en los ecosistemas donde habitan.

7.1.1 *Rhinoptera steindachneri*

La dieta de *R. steindachneri* se conformó principalmente de bivalvos, coincidiendo con el estudio de Ramírez-Rodríguez (2014), efectuando el mismo tipo de muestreo, la misma área geográfica de colecta y aumentando tres años de muestreo (2014, 2015 y 2016). El trabajo de Díaz-Carballido (2011) quien de igual manera analizó juveniles de *R. steindachneri* en el golfo de Tehuantepec, demostró que esta especie consume un alto porcentaje de bivalvos, atribuido al mismo arte de pesca implementado y al número similar de muestras analizadas. Por otra parte, Simental-Anguiano (2011) reportó para los adultos de *R. steindachneri* en el alto golfo de California además de un elevado porcentaje de bivalvos en su dieta, la aparición de otras presas como son peces y cefalópodos aunque en menor porcentaje, quizás debido a las diferentes zonas de muestreo y al uso de embarcaciones artesanales que capturan rayas a mayor profundidad. Por lo anterior, Wetherbee y Cortés (2004) y López-García *et al.* (2012) mencionan que dichas diferencias en la dieta de los batoideos, están relacionadas a sus cambios ontogénicos, y dichos cambios ayudan a cubrir sus requerimientos alimenticios.

El alto porcentaje de consumo de bivalvos por *R. steindachneri*, probablemente se debe a las características dentarias (placas dentales y fuerte musculatura bucal), con las que cuenta la especie (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995; Santana-Morales *et al.*, 2004), las cuales sirven para triturar el exoesqueleto

calcáreo de sus presas (moluscos) y así alimentarse de los tejidos blandos de ellas (Sasko *et al.*, 2006).

7.1.2 *Gymnura marmorata*

La dieta de *G. marmorata* en organismos juveniles, se conformó principalmente por el grupo de los teleósteos, coincidiendo con lo reportado por Bizzarro en el 2005 en Bahía Almejas al sur del golfo de California (GC). Otros trabajos descriptivos (guías de identificación) como son los de Santana-Morales *et al.* en 2004 y Amezcu-Linares en 2009, reportan a los teleósteos como presas de mayor importancia en la dieta de *G. marmorata*.

Otros estudios realizados para rayas del género *Gymnura* como son *G. australis* y *G. micrura*, determinaron que los teleósteos son las presas de mayor importancia en su dieta (Jacobsen, Johnson y Bennett, 2009; Yokota, Goitein y Lessa, 2013). Esto podría deberse a la morfología bucal y el mecanismo de alimentación de las Gymnuras, ya que estas rayas succionan a sus presas, y los teleósteos podrían ser más fáciles de ser succionados y digeridos comparado a otros grupos con exoesqueleto o conchas duras como los crustáceos y moluscos (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995; Nishida, 1990; González-Isáis y Domínguez, 2004; Kobelkowsky, 2017).

7.1.3 *Hypanus dipterurus*

La dieta de *H. dipterurus* se conformó principalmente por crustáceos del género *Squilla*, aunque el presente estudio incluyó datos de la pesca de arrastre camaronera en temporada de veda, los resultados fueron similares a otros trabajos realizados en la misma área de estudio y en otros sitios del GC, mediante la pesca de arrastre de camarón y la pesca con palangre utilizados en la pesca artesanal (Navarro-González *et al.*, 2012; Restrepo-Gómez, 2016; Simental-Anguiano, 2011). Por lo tanto, la similitud observada en la dieta entre anteriores estudios y la presente investigación, pudiera deberse a la alta distribución de estomatópodos del género *Squilla* en los ambientes marinos del GC. Estos crustáceos son considerados depredadores de anélidos, moluscos, peces e inclusive de otros crustáceos, como el camarón comercial, en ambientes someros y demersales (Caldwell y Dingle, 1976). Los hábitos de nado de los crustáceos coinciden con los de algunos batoideos como *H. dipterurus* e *H. longus* quienes debido a sus características dentarias y morfológicas se alimentan en gran cantidad de este crustáceo (McEachran y Notarbartolo di Sciara, 1995; Santana-Morales *et al.*, 2004; López-García *et al.*, 2012).

7.2 Estrategia alimentaria y amplitud de la dieta

Los batoideos presentan una gran diversidad de estilos de vida que permiten que sus hábitos alimentarios sean variables (Lucifora, 2003), como es el caso de las

tres especies de rayas del presente estudio, donde se observan estrategias alimentarias diferentes y una especialización en distintas presas como los bivalvos en el caso de *R. steindachneri*, los peces en *G. marmorata* y los crustáceos y poliquetos en *H. dipterurus*. Esto puede estar relacionado a las características morfológicas distintivas de cada una de las especies y a sus diferentes distribuciones batimétricas (Santana Morales *et al.*, 2004). Por lo anterior, se podría inferir que no existe una competencia por los recursos al menos en la zona de estudio y durante el periodo de muestreo entre las tres especies. Además, debido a que el recurso alimenticio está disponible, quizá las regiones del Sur y Entrada del GC sean adecuadas para cubrir las necesidades nutrimentales de estas tres especies (Restrepo-Gómez, 2016).

7.3 Variación de la dieta entre especies, sexos, estados de madurez, zonas y años

Las diferencias significativas observadas en la dieta entre las tres especies analizadas podrían deberse a la posición bucal y a la morfología dental de cada uno de los batoideos que los hacen tener características propias en sus aparatos alimentarios, además, de la capacidad de nado y tamaño de cada raya lo que pudiera influir en tales diferencias (Rosa-Meza, Sosa-Nishizaki y Cueva-Salcedo, 2013). En el presente estudio se observó una especialización de presas en cada uno de los batoideos analizados, sin embargo, comparten algunas presas que forman parte de su dieta en menor proporción, ayudándoles a cubrir sus

requerimientos alimenticios (Valadez-González, 2000). De igual manera, al especializarse en algunas presas, evitan la competencia interespecífica por los recursos que se encuentran distribuidos en los ecosistemas donde habitan (Treolar, Laurenson y Stevens, 2007).

La variación dietaria entre sexos para cada una de las especies de rayas no fue significativa en etapa juvenil, sin embargo, es necesario extender la investigación por medio de la comparación entre sexos y otros estadios de madurez, ya que trabajos como los de Simental-Anguiano (2011) y Navarro-González *et al.* (2012) muestran diferencias en las dietas de acuerdo a los sexos y tallas, demostrándose que para algunas especies de batoideos existe dimorfismo dentario por sexos (Díaz-Carballido, 2015), disminuyendo la competencia intraespecífica por los recursos (Rosa-Meza, Sosa-Nishizaki y Cueva-Salcedo, 2013).

La variación de la dieta entre los estados de madurez que se observó en *H. dipterurus* en el presente estudio, pudo estar influenciada por el bajo número de estómagos considerados de organismos adultos en comparación al número de organismos juveniles analizados. Esto, difiere con lo reportado por Silva-Garay, Pacheco y Vélez-Zuazo (2018) quienes no mostraron diferencias alimentarias entre estadios para *H. dipterurus* en las costas de Perú, probablemente al número de muestras similar entre maduros e inmaduros y al número adecuado para describir su dieta. Por otra parte, estudios enfocados a hábitos alimentarios de tiburones y rayas han determinado diferencias entre estados de madurez (White, Platell y Potter, 2004; Polo-Silva *et al.*, 2007; López-García *et al.*, 2012), dichas diferencias

podrían reducir la competencia por los recursos y a su vez mantener el equilibrio dentro de los ecosistemas marinos (Navia *et al.*, 2016).

La variación de la dieta de acuerdo a las diferentes zonas de muestreo en el presente estudio, mostraron diferencias significativas en *Hypanus dipterurus* entre la zona 40 (sur de Sinaloa) y 60 (norte de Nayarit), dichas diferencias podrían deberse a las condiciones oceanográficas físicas y químicas que presenta cada una de las zonas, lo que podría afectar la distribución de las presas de las cuales se alimenta este batoideo (Reguero y García-Cubas, 1989; Manjarrez-Acosta, 2001). Hendrickx y Sánchez-Vargas, 2005, mencionan que las especies del género *Squilla* (presa principal de *H. dipterurus*) se distribuyen de manera distinta de acuerdo a sus requerimientos individuales, como una mayor profundidad o un elevado oxígeno disuelto. Además, estos autores reportan un alto número de estomatópodos del género *Squilla* capturados en estaciones de investigación pesquera ubicadas en la plataforma continental frente a Sinaloa, lo cual indica una amplia distribución de estos organismos. Lo contrario sucede en las costas de Nayarit, donde existe poca información sobre el género *Squilla*, además de que se considera una zona con fondos rocosos y relieves variables que podrían influir en la distribución de este género (Illescas-Monterroso *et al.*, 1991).

La variación temporal de la dieta en las tres especies de rayas del presente estudio, mostró diferencias significativas entre los años de muestreo que abarcaron del 2011 al 2016, no obstante, los meses de muestreo fueron diferentes en cada uno de los años lo que pudo a ver marcado dichas diferencias. Por otra parte, la presencia de fenómenos naturales como “El Niño”, “La Niña” y “El Blob”

(Flores Campaña *et al.*, 2012; Bond *et al.*, 2015; Girón-Nava y Johnson, 2016; Ortiz Ahumada *et al.*, 2016) pudieron haber influido en la distribución de las presas y de los batoideos, consecuentemente en las diferencias alimentarias. Pocos son los estudios que han considerado la comparación temporal de la dieta en batoideos. Estos estudios se han basado en variaciones estacionales (lluvias secas) y mensuales, no presentando comparaciones anuales (Bizzarro, 2005; Navarro-González, 2011; Rosa-Meza, Sosa-Nishizaki y Cueva-Salcedo, 2013). Las comparaciones anuales son de alta importancia porque en ellas se podría detectar si existe o no cambios en la dieta de cualquier especie, o inclusive cambios dentro de los ecosistemas en un periodo amplio de tiempo.

Conocer los factores morfológicos (Ward, Beamish y Kongchaiya, 2005), estacionales (Restrepo-Gómez, 2016; Díaz-Carballedo, 2011) y espacio-temporales (Margalef, 1978), que puedan generar cambios en la alimentación de los batoideos, es por lo tanto de gran importancia, ya que pueden ayudar a comprender la dinámica y la repartición de los recursos dentro de los ecosistemas donde habitan.

7.4 Nivel trófico

Los niveles tróficos determinados para *R. steindachneri* e *H. dipterurus* fueron similares a los de Díaz-Carballedo (2011); Simental-Anguiano (2011); Ramírez-Rodríguez (2014); Restrepo-Gómez, (2016) quienes obtuvieron niveles tróficos

entre 3.1 y 3.73. Estos autores coinciden en categorizar a estas especies como consumidores secundarios debido al alto consumo de invertebrados con niveles trófico bajos ($NT= 2$ a 3). Por otro lado, *G. marmorata* presentó en este estudio un nivel trófico similar ($NT= 4.24$) al reportado por Bizzarro (2005), quien considera a esta especie como un consumidor terciario. No obstante, Ebert y Bizzarro (2007), sugieren que las especies de batoideos menores a 100 cm de longitud total tienden a ser depredadores secundarios, ello a pesar de que los valores de nivel trófico que obtuvieron oscilan entre 3.48 y 4.22. Se ha sugerido, sin embargo, que la disponibilidad de presas es el factor que mejor determina el nivel trófico de las especies en comparación a la talla de los organismos (Moreno *et al.*, 2009). Nosotros sugerimos que *G. marmorata* sea considerada como un depredador secundario con tendencias a consumidor terciario debido al alto porcentaje de peces presentes en su dieta con niveles tróficos relativamente altos ($NT: 3.51$ a 4.05).

VIII. CONCLUSIONES

- ✓ La dieta de las tres especies de rayas se consideró carnívora y estuvo conformada por nueve categorías de presas bentónicas: bivalvos, gasterópodos, escafópodos, cephalópodos, crustáceos, poliquetos, sipuncúlidos, equinodermos y peces. Los grupos de presas variaron por cada uno de los batoideos.
- ✓ La estrategia alimentaria y la amplitud de la dieta mostraron una especialización por cada uno de los batoideos del presente estudio.
- ✓ Se encontraron diferencias significativas entre la dieta de las tres especies de rayas, soportando el supuesto de baja competencia interespecífica.
- ✓ No se encontraron cambios en la dieta de *R. steindachneri* e *H. dipterurus* de acuerdo al sexo.
- ✓ Los cambios de la dieta de acuerdo a las zonas no fueron significativos para *R. steindachneri*.
- ✓ Se observaron cambios en la dieta entre las zonas 40 y 60 para *H. dipterurus*.
- ✓ Los cambios de la dieta de acuerdo a los años (2011 a 2016) fueron significativos para *R. steindachneri*.
- ✓ El nivel trófico de *R. steindachneri* e *H. dipterurus* indicó que son consumidoras secundarias, por otra parte, *G. marmorata* presentó una tendencia a consumidor terciario.

IX. APLICACIÓN PRÁCTICA

La determinación de los hábitos alimentarios de los organismos nos ayuda a conocer aspectos particulares del estilo de vida de cada especie. Además, representa un paso importante para comprender la función ecológica que desempeñan las especies dentro de un ecosistema. Por tal motivo, se describieron y compararon las dietas de *R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus* con el fin de generar información sobre los hábitos alimentarios en la zona sur de Sinaloa y norte de Nayarit. Estas tres especies están catalogadas como “cerca de ser amenazada”, “baja preocupación” y “datos deficientes” (IUCN, 2019).

La información que se generó durante esta investigación podrá ser de utilidad para complementar bases de datos, los planes de manejo de tiburones y rayas existentes, más aun cuando se sabe que la información disponible sobre batoideos es limitada y los lineamientos para su protección y aprovechamiento racional no se han establecido detalladamente.

Los resultados del presente estudio confirman que los batoideos analizados son depredadores secundarios. Esto indica que estas tres especies de rayas participan controlando las comunidades bentónicas de los sitios estudiados. Este conocimiento generado es importante, dado que estas tres especies fueron capturadas incidentalmente por la pesca de arrastre de camarón, lo cual, indica que un inadecuado manejo de la pesca de camarón puede contribuir en la disminución de las poblaciones de rayas, ocasionando un desequilibrio en las comunidades bentónicas.

Por lo anterior, se sugiere considerar los resultados de esta investigación en los planes de manejo de la pesquería de camarón. Esto para proteger o disminuir la pesca incidental de rayas, principalmente de las especies *G. marmorata* e *H. dipterurus*, cuyos principales recursos alimentarios detectados en esta investigación estuvieron constituidos por peces y estomatópodos respectivamente. Se ha reportado que los peces y estomatópodos se alimentan principalmente de crustáceos como son camarones (Abelló y Guerao, 2015). Por lo tanto, si la población de uno de sus principales depredadores (*G. marmorata* e *H. dipterurus*) disminuye, las poblaciones de peces y estomatópodos podrían aumentar y depredar el camarón, por lo que, las tasas de producción y captura de camarón podrían disminuir (Hendrick y Sánchez-Vargas, 2005).

Por otro lado, es posible que los resultados de este estudio sean útiles para prevenir (indirectamente) problemas de salud humana, por ejemplo; se sabe que la mayoría de bivalvos, al ser filtradores, pueden llegar a concentrar gran cantidad de metales pesados en sus tejidos (Corrales Venegas, 2015). También, se sabe que la mayoría de las especies de rayas son depredadores secundarios, por lo tanto, tienen la capacidad de bioacumular gran cantidad de metales pesados que son transferidos a través de la cadena trófica (Murillo Cisneros, 2014). Lo anterior, sugiere que los batoideos cuya alimentación se enfoca en especies filtradoras podrían contener gran concentración de metales pesados. En este caso, se detectó que el contenido estomacal de *R. steindachneri* estuvo compuesto principalmente por bivalvos. Motivo por el cual, este trabajo puede aportar evidencia previa justificativa para el análisis de contenido de metales pesados en

esta especie, y comparar los resultados obtenidos con los límites máximos permisibles de concentración de metales pesados en productos frescos de la pesca establecido por la NOM-242-SSAI-2009. Lo cual es importante ya que esta especie es un recurso que se usa para consumo humano directo.

Por otra parte, las diferencias temporales detectadas en los hábitos alimentarios de las tres especies de rayas analizadas, pueden servir como indicador indirecto de posibles cambios en la estructura de las comunidades bentónicas de la región. Incluso pueden servir como un método de monitoreo biológico indirecto a largo plazo, que ayude a comprender e inferir la dinámica temporal y espacial de las comunidades bentónicas en zonas donde es imposible hacer monitoreo de forma directa.

Las diferencias alimentarias entre especies indican la ausencia de competencia entre *R. steindachneri*, *G. marmorata* e *H. dipterurus*. Esto, concuerda con los resultados de la amplitud de la dieta que se realizó para cada especie, cuyos valores indican que estos batoideos son especialistas. Dicha información indica que las zonas de estudio ofrecen recursos suficientes para los batoideos, lo que permite que cada especie de raya analizada en este estudio, y quizá otros batoideos exploten un nicho alimenticio específico. Esto podría generar condiciones adecuadas para el desarrollo y supervivencia de rayas juveniles, lo cual explicaría la alta frecuencia de rayas capturadas incidentalmente en su etapa juvenil. De acuerdo a la información obtenida en el presente estudio, junto con otros estudios previos justificativos, pueden soportar la idea de incentivar al sector camaronero de convertir la pesca de arrastre en una pesca sostenible como ha

ocurrido en otros países, con el fin de garantizar la preservación y aprovechamiento sustentable de los elasmobranquios (Clarke, 2017).

Si bien, estas tres especies de batoideos no soportan una pesquería industrial, son importantes a nivel regional en el golfo de California, debido a que se capturan artesanalmente para su comercialización y consumo particular como una alternativa pesquera. Por lo anterior, es importante implementar programas de manejo pesquero enfocados al consumo y comercialización de estas tres especies de rayas. En dado caso, la información obtenida en este trabajo puede ser útil durante la elaboración de dicho programa, ya que se aportan datos importantes sobre su biología, distribución y alimentación.

Las rayas del presente estudio capturadas incidentalmente mediante la pesca de arrastre de camarón durante un periodo largo de tiempo (2011 al 2016), fueron en su mayoría inmaduras. La pesca de arrastre afecta de manera directa a la mortalidad de estas especies en etapa juvenil, lo que podría ocasionar cambios en la dinámica de los ecosistemas. Por lo tanto, es necesario implementar y mejorar técnicas de capturas económicas y que no afecten a los demás recursos en el Plan de Manejo de la Pesquería de Camarón del Pacífico Mexicano (2012). Como se hace en Australia mediante el uso de magnetos permanentes para reducir la captura de elasmobranquios, siendo una técnica de bajo costo y no interfiere con las prácticas pesqueras que se llevan a cabo diariamente (Richards *et al.*, 2018).

Por último, la información que se generó en el presente estudio puede servir en la actualización del Plan de Acción para el Manejo y Conservación de Tiburones y Rayas (2004), ya que existe poca información con respecto al grupo de los

batoideos. Esto con apego al párrafo 3.4 de la Norma Oficial Mexicana NOM-009-PESC-1993, dado que la información que se presenta en este documento se generó mediante los estándares que marca el método científico.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Abelló, P. y G., Guerao. 2015. Orden stomatopoda. Revista IDEA-SEA. 84: 1-10
- Abbott, R. T. y S. P. Dance. 1998. Compendium of Seashells. Odyssey publishing. USA. 409 pp.
- Álvarez-Borrego, S. y J. Lara-Lara. 1991. The physical environment and primary productivity of the Gulf of California. pp. 555–567. *En: The Gulf and Peninsular Province of the California*. Dauphin, J. P. y Simoneit, B. R. (Eds.). AAPG (American Association of Petroleum Geologists). Golfo de California, México.
- Álvarez, L. G. y Jones, S. E. 2004. Short-term observations of suspended particulate matter in a macro-tidal inverse estuary: The Upper Gulf of California. *Journal of Coastal Research*. 20: 3. 645–654.
- Amezcua-Linares, F. 2009. Peces demersales del Pacífico de México. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. Guadalajara, Jalisco. 281 pp.
- Amundsen, P. A., Gabler, H. M. y Stalder, F. J. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data: Modification of the Costello (1990) Method. *Journal of Fish Biology*. 48: 607-614.
- Barbini, S. A., Sabadin, D. E. y L. O., Lucifora. 2018. Comparative analysis of feeding habits and dietary niche breadth in skates: the importance of body size, snout length and depth. *Reviews in Fish Biology Fisheries*. 28: 625-636.
- Berlanga Robles, C. A. y Ruiz Luna, A. 2003. Los sistemas acuáticos costeros de Sinaloa. pp. 197-206. *En: Atlas de los ecosistemas de Sinaloa*. Cifuentes Lemus J. L. y Gaxiola López (Eds.). El colegio de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa.
- Bizzarro, J. J. 2005. Fishery biology and feeding ecology of rays in Bahía Almejas, México. Tesis de maestría. San Francisco State University. San Francisco, California.
- Bizzarro, J. J., Smith, W. D., Hueter, R. E., Tyminski, J., Márquez-Farías, J. F., Castillo-Géniz, J. L., Cailliet, G. M. y C. J., Villavicencio-Garayzar. 2007a. El estado actual de los tiburones y rayas sujetos a explotación comercial en el Golfo de California: Una investigación aplicada al mejoramiento de su manejo

pesquero y conservación. Moss Landing Marine Laboratories Tech. Golfo de California. 261 pp.

- Bizzarro, J. J., Smith, W. D., Márquez-Farías, J. F. y R. E. Huter. 2007b. Artisanal fisheries and reproductive biology of the Golden cownose ray, *Rhinoptera steindachneri* Evermann and Jenkins, 1891, in the northern Mexican Pacific. *Fisheries Research*. 84: 14–137.
- Bizzarro, J. J., Robinson, H. J., Rinewalt, C. S. y Ebert, D. A. 2007c. Comparative feeding ecology of four rays sympatric skate species off central California, USA. *Environmental Biology of Fishes*. 80: 197–220.
- Bond, N. A., Cronin, M. F., Freeland, H. y Mantua, N. 2015. Causes and impacts of the 2014 warm anomaly in the NE Pacific. *Geophysical Research Letters*. 42: 3414–3420.
- Blanco-Parra, M. P. 2009. Biología pesquera de guitarra pinta *Zapterix exasperata* (Jordan y Gibert 1880), en la costa central de Sonora, México. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.
- Braccini, J. M., B. M., Gillanders y T. I, Walker. 2005. Sources of variation in the feeding ecology of the piked spurdog (*Squalus megalops*): implications for inferring predator-prey interactions from overall dietary composition. *ICES Journal of Marine Science*. 62: 1076-1094.
- Brown, S. C., J. J., Bizzaro, G. M., Cailliet y D. A. Ebert. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gibert, 1896). *Environmental Biology of Fishes*. 95 (3): 20 pp.
- Burgos-Vázquez, M. I. 2013. Biología reproductiva de la raya mariposa *Gymnura marmorata* (Cooper, 1864) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. México.
- Casini, M., Hjelm, J., Molinero, J. C., Lovgren, J., Cardinale, M., Bartolino, V., Belgrano, A. y Kornilovs, G. 2009. Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems. *PNAS*. 106 (1): 197–202.
- Caldwell, R. L. y Dingle, H. 1976. Stomatopods. *Scientific American*. 234: 80–89.

- Castro Aguirre, J. S y H., Espinoza-Pérez. 1996. Catálogo sistemático de las rayas y especies afines de México (Chondrichthyes: Elamobranchii: Rajiformes: Batoideiomorpha).UNAM. México. 75 pp.
- Coan, E. V., P. V., Scott y F. R., Bernard. 2000. Bivalve seashells of western North America, Marine Bivalve Mollusk from Artic Alaska to Baja California. Museum of natural history. Santa Barbara, USA. 763 pp.
- Colwell, R. K. 2013. Estimates statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.
- Colin, R. 2001. Bahamian seashells, a thousand species from Abaco, Bahamas. Bahamianseashells.com. USA. 280 pp.
- CONAPESCA. 2013. Anuario estadístico de Acuacultura y pesca. México. 299 pp.
- 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.
- Cortés, E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. Journal of Marine Science. 56: 707–717.
- Corrales Venegas, M. 2015. Acumulación de metales pesados en bivalvos y sus efectos tóxicos en la salud humana: Perspectivas para el estudio en Costa Rica. Revista Pensamiento Actual. 15 (25): 173-181.
- Corro Espinosa, D., S. Ramos Carrillo, C. Castillo-Castro y A. García-García. 2004. Guía para la identificación de las principales especies de rayas de México en el Océano Pacífico (para fines pesqueros). CONAPESCA-SAGARPA. México.
- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. Australian Journal of Ecology.
- Clarke, K. R. y Warwick, R. M. 2001. Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory. Plymouth, Inglaterra.
- Clarke, M. T. 2017. Assessing the vulnerability of demersal elasmobranchs to a data-poor shrimp trawl fishery in Costa Rica, Eastern Tropical Pacific. Biological Conservation. 217: 321-328.

- Díaz-Carbajido, P. L. 2011. Hábitos alimenticios de juveniles de la raya tecolote *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1892) en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de licenciatura. Universidad del Mar. Puerto Ángel, Oaxaca.
- Díaz-Carbajido, P. L. 2015. Hábitos alimentarios y relaciones tróficas de tres especies de rayas bentónicas (Batoidea: urotrygonidae, narcinidae) en el Golfo de Tehuantepec. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Yucatán, México.
- Díaz-Murillo, B. P. 2006. Catálogo de otolitos de peces marinos de las costas adyacentes a Baja California Sur. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México.
- Di Bitetti, M. S. 2008. Depredadores tope y cascadas tróficas en ambientes terrestres. Ciencia Hoy. 18: 32–41.
- Del Moral-Flores L. F., J. J. Morrone, J. Alcocer y G. Ponce de León. 2016. Diversidad y afinidades biogeográficas de los tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes: Elasmobranchii, Holocephali) de México. Revista de Biología Tropical. 64 (4): 1469–1486.
- Ebert, D. y Bizzarro, J. J. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). Environmental Biology of Fishes. 80: 221–237.
- FAO. 2009. Directrices para el ecoetiquetado de pescado y productos pesqueros de la pesca de captura marina. Roma. 90 pp.
- Ferry, L. A. y Caillet, G. M. 1996. Sample size and data analysis: are we characterizing and comparing diet properly? En: Feeding Ecology and Nutrition in Fish. MacKinlay, D. y Shearer, K. (Eds.). American Fisheries Society. San Francisco. 71-80 pp.
- Fischer, W., F. Krupp., W. Schneider., C. Sommer., K. E. Carpenter y V. H. Niem. 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. I, II Vertebrados-parte I y II. Roma. 746–783.
- Fletcher, C. 2001. Performance appraisal and management: The developing research agenda. Journal of Occupational and Organizational Psychology. 73: 473–487.

- Flores Campaña, L. M., Arzola-González, J. F., Ramírez-Soto, M. y Osorio-Pérez, O. 2012. Repercusiones del cambio climático global e el estado de Sinaloa, México. *Revista Colombiana de Geografía*. 21 (1): 115–129.
- Flores-Ortega, J. R., Godínez-Dominguez, E., González-Sansón, G., Rojo-Vázquez, J. A., Corgos, A. y Morales-Jáuregui, M. Y. 2011. Hábitos alimentarios de tres especies de rayas (Rajiformes: Urotrygonidae) en el pacífico central mexicano. *Ciencias marinas*. 37 (3): 279–292.
- Front-Chávez, L., R. Sánchez y E. Valdés. 2005. Uso de aditamentos de escape de peces en redes camaroneras gemelas en la pesca industrial de Santa Cruz del Sur. Resultados preliminares. FAO. Cuba.
- García-Caudillo, J. M. y J. V. Gómez Palafox. 2005. La pesca industrial de camarón en el Golfo de California: Situación económica-financiera e impactos socioambientales. Conservación Internacional México. Guaymas, Sonora. México. 104 pp.
- García-Mandrigal, M. S y L. I. Andreu-Sánchez. 2009. Los cangrejos porcelánidos (Decápoda: Anomura) del Pacífico sur de México, lista de especies y clave de identificación para todas las especies del Pacífico Oriental Tropical. *Ciencia y Mar.* 8 (39): 23-54.
- Girón, A., F. Rico y M. Rueda. 2010. Evaluación experimental de dispositivos excluidores de fauna acompañante en redes de arrastre para camarón en aguas someras en el Pacífico colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*. 39 (2): 337-357.
- Girón-Nava, A. y A. F., Johnson. 2016. Descripción de los efectos de El Niño/La Niña en el golfo de California. *DataMares*. [<http://dx.doi.org/10.13022/M31P43>].
- González-Isáis, M. y Domínguez, H. M. 2004. Comparative anatomy of the superfamily Mylobatoidea (Chondrichthyes) with some comments on phylogeny. *Journal of Morphology*. 262 (1): 35–517.
- Guisande, C., Patti, B., Vaamonde, A., Manjarrés-Hernández, A., Pelayo-Villamil, P., García-Roselló, E., González-Dacosta, J., Heine, J. y C. Granado-Lorencio. 2013. Factors affecting species richness of marine elasmobranchs. *Biodiversity Conservation*. 22: 1703–1714.

- Guzmán-Castellanos, A. B. 2010. Estudio del contenido estomacal de la raya *Urotrygon chilensis* (Gunther, 1871) (Myliobatiformes: Urolophidae) en el Golfo de Tehuantepec, México. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.
- Hendrickx, M. E. y Sánchez-Vargas, P. 2005. Estomatópodos del género *Squilla* (Hoplocarida: Stomatopoda: Squillidae) recolectados frente a la costa de Sinaloa, en el SE del golfo de California, México, en los cruceros CEEMEX C1-C2-C3. Ciencias Marinas. 31 (1A): 31–41.
- Hernández-Covarrubias, V., Chávez Herrera, D., Muñoz Rubí, H., Guillen Gamboa, J. A., Gómez Medina, L. G., Sánchez Aguirre, J. y Lizárraga Hernández, E. 2014. Fauna de acompañamiento de camarón en la plataforma continental adyacente a la boca de Macapule-Navachiste, Sinaloa 2013. Informe técnico. 18 pp.
- Hernández-Roa, H. 2014. Efectos del fenómeno de “El Niño” como factor condicionante de las floraciones algales en el embalse el Hato, municipio de Carmen de Carupa (Cundinamarca, Colombia). Tesis de Maestría. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia.
- Hurlbert, J. 1973. Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. Ecology. 54: 885–890.
- INAFED (Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). 2010. Página electrónica (<http://www.e-local.gob.mx>).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2011. Anuario estadístico del estado de Sinaloa. Edición 2011.
- Jacobsen, I. P., Johnson, J. W. y Bennett, M. B. 2009. Diet and reproduction in the Australian butterfly ray *Gymnura australis* from northern and north-eastern Australia. Journal of Fish Biology. 75: 2475–2489.
- Jacobsen, I. P. y Bennett, M. B. 2013. A comparative analysis of feeding and trophic level ecology in Stingrays (Rajiformes: Myliobatoidei) and Electric rays (Rajiformes: Torpedinoidei). PLOS ONE. 8: 1-10.

- Janvier, P. 2007. Living Primitive Fishes and Fishes from Deep Time. pp. 2–45. En: Primitive Fishes. McKenzie D. J., Farrell A. P. y Brauner, C. J. (Eds.). Fish Physiology. USA.
- Jiménez-Orocio, O., I. Espejel, D. Infante Mata, N. Rodríguez-Revelo, M. L. Martínez y R. Monrroy. 2014a. Sinaloa. pp. 265–276. En: Diagnóstico se las dunas costeras de México. Martínez, M. L., P., Moreno-Casasola, I., Espejel, O., Jiménez-Orocio, D., Infante-Mata y N., Rodríguez-Revelo. (Eds.). SEMARNAT-CONAFOR. México.
- Jiménez-Orocio, O., I. Espejel, P. Moreno-Casasola, D. Infante Mata, N. Rodríguez-Revelo, M. L. Martínez y R. Monrroy. 2014b. Nayarit. pp. 231–240. En: Diagnóstico se las dunas costeras de México. Martínez, M. L., P., Moreno-Casasola, I., Espejel, O., Jiménez-Orocio, D., Infante-Mata y N., Rodríguez-Revelo. (Eds.). SEMARNAT-CONAFOR. México.
- Kobelkowsky, A. 2017. Anatomía comparada del neurocráneo y el encéfalo de la raya mariposa *Gymnura micrura* (Batoidea: Gymnuridae). Journal of Morphology. 35 (2): 644–650.
- Krebs C. J. 1989. Ecological Methodology. Harper and Row. N. Y. USA. 550 pp.
- Lara Mendoza, R. E. 2016. Biología, ecología trófica y demografía de la raya pinta, *Rhinobatos glaucostigma* (Rajiformes Rhinobatidae), del Golfo de California. Tesis de doctorado. Universidad autónoma de Sinaloa. Mazatlán, Sinaloa. México.
- Lavín, M. F. y S. G. Marinone. 2003. An Overview of the Physical Oceanography of the Gulf of California. pp. 173-204. En: Nonlinear processes in geophysical fluid dynamics. Velasco-Fuentes, O. U., J. Sheinbaum y J. L. Ochoa de la Torre (Eds.). Kluwer Academic Publishers. Baja California. México.
- León González, J. A., Bastida Zavala, J. R., Carrera Parra, L. F., García Garza, M. E., Peña Rivera, A., Salazar Vallejo, S. I. y Solís weis, V. 2009. Poliquetos (Annelida: Polychaeta) de México y América tropical. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. 751 pp.
- Lledo-Galindo, A. y L. V González-Ania. 2005. Informe técnico: Estimación de áreas mediante dos métodos y su aplicación para la estimación de las áreas

muestreadas en los cruceros de camarón. Dirección General de Investigación Pesquera en el Pacífico Norte. INAPESCA. México. 30 pp.

- Licandeo, R. R., J. G. Lamilla, P. G. Rubular y R. M. Vega. 2006. Age growth and sexual maturity of the yellow nose skate *Dipturus chilensis* in the south-eastern Pacific. *Journal of Fish Biology.* 68: 488-506
- López-García, J., Navia, F. A., Mejía-Falla, P. A. y Rubio, E. A. 2012. Feeding habits and trophic ecology of *Dasyatis longa* (Elasmobranchii: Myliobatiformes): sexual, temporal y ontogenetic effects. *Journal of Fish Biology.* 80: 1563-1579.
- Lucifora, L. 2003. Ecología y conservación de los grandes tiburones costeros de Bahía Anegada, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata, Argentina.
- Macdonald, J. S. y R. H. Green. 1983. Redundancy of variables used to describe importance of prey species in fish diets. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 40: 635-637.
- Manjarrez-Acosta, C. 2001. Variación estacional de la comunidad de peces de fondos blandos del área costera del sur de Sinaloa. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. La Paz Baja California Sur. México.
- Margalef, R. 1978. General concepts or population dynamics and food links. pp. 617-704. *En: Marine Ecology.* Kinne, O. (Ed.). John Wiley. Vol. 4.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey.
- Marshall, A. D., Kyne, P. M. y Bennett, M. B. 2007. Comparing the diet of two sympatric urolophid elasmobranchs (*Trygonoptera testacea* Müller-Henle and *Urolophus kapalensis* Yearsley-Last): evidence of ontogenetic shifts and possible resource partitioning. *Journal of Fish Biology.* 72, 883–898.
- McEachran, J. D. y G. Notarbartolo di Sciara. 1995. Peces batoideos. pp. 745-793. *En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro oriental. Volumen II. Vertebrados parte 1.* Fischer, W., F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem. (Eds.). Roma.
- Moreno, F. K. Acevedo, M. Grijalba-Bendeck, C. Polo-Silva y A. Acero. 2009. Espectro trófico de la raya eléctrica *Narcine bancroftii* (Griffith y Smith 1834)

- (Elamobranchii: Narcinidae) en playa Salguero, Santa Marta, Caribe Colombiano. Pan-American Journal of Aquatic Sciences. 4(4): 413-422.
- Murillo Cisneros, D. A. 2014. Bioacumulación de mercurio, selenio y cadmio en rayas del Alto gofo de California y costa occidental de baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMA-IPN. La paz, Baja California Sur. México.
 - Navarro-González, J. A. 2011. Ecomorfología del aparato mandibular de peces batoideos. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La Paz, Baja California Sur. México.
 - Navarro-González, J. A., J. Bohórquez-Herrera, J., Navia, A. F. y V. H. Cruz-Escalona. 2012. Composición trófica de batoideos en la plataforma continental frente a Nayarit y Sinaloa, México. Ciencias Marinas. 38: (2). 347–362.
 - Navia López, A. F. 2013. Función ecológica de tiburones y rayas en un ecosistema costero tropical del Pacífico colombiano. Tesis de doctorado. CICIMAR-IPN. La paz, Baja California Sur. México.
 - Navia, A. F., P. A. Mejía-Falla, J. López-García, A. Giraldo y V. H. Cruz-Escalona. 2016. How many trophic roles can elasmobranchs play in a marine tropical network?. Marine and Freshwater Research. 68: 1-12.
 - Nishida, K. 1990. Phylogeny of the order Myliobatoidei. Hokkaido University. 37. 108 pp.
 - Ortiz Ahumada, J. C., Mirabal-Gómez, U., Álvarez-Borrego, S. y Lara-Lara, J. R. 2016. Efectos de eventos “El niño” y del “Warm blob” en la biomasa fitoplantónica derivada de satélite en el Sistema de la Corriente de California, en 2002–2015. [<https://www.researchgate.net/publication/309313381>].
 - Páez-Ozuna, F., Sánchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Rodríguez, A. C. R., Piñon-Gimate, A., Cardoso-Mohedano, J. G., Flores-Verdugo, F. J., Carballo, J. L., Cisneros-Mata, M. A. y Álvarez-Borrego, S. 2016. Environmental status of the Gulf of California: A review of responses to climate change and climate variability. Earth-Science Reviews. 162: 253–268.
 - Palomares, M. L., L. D. Tran, A. R. Coghlan, J. Sheedy, W. Cheung, V. Lam y D. Pauly. 2015. [Actualizado a enero, 2019]. Página electrónica (www.searounds.org).

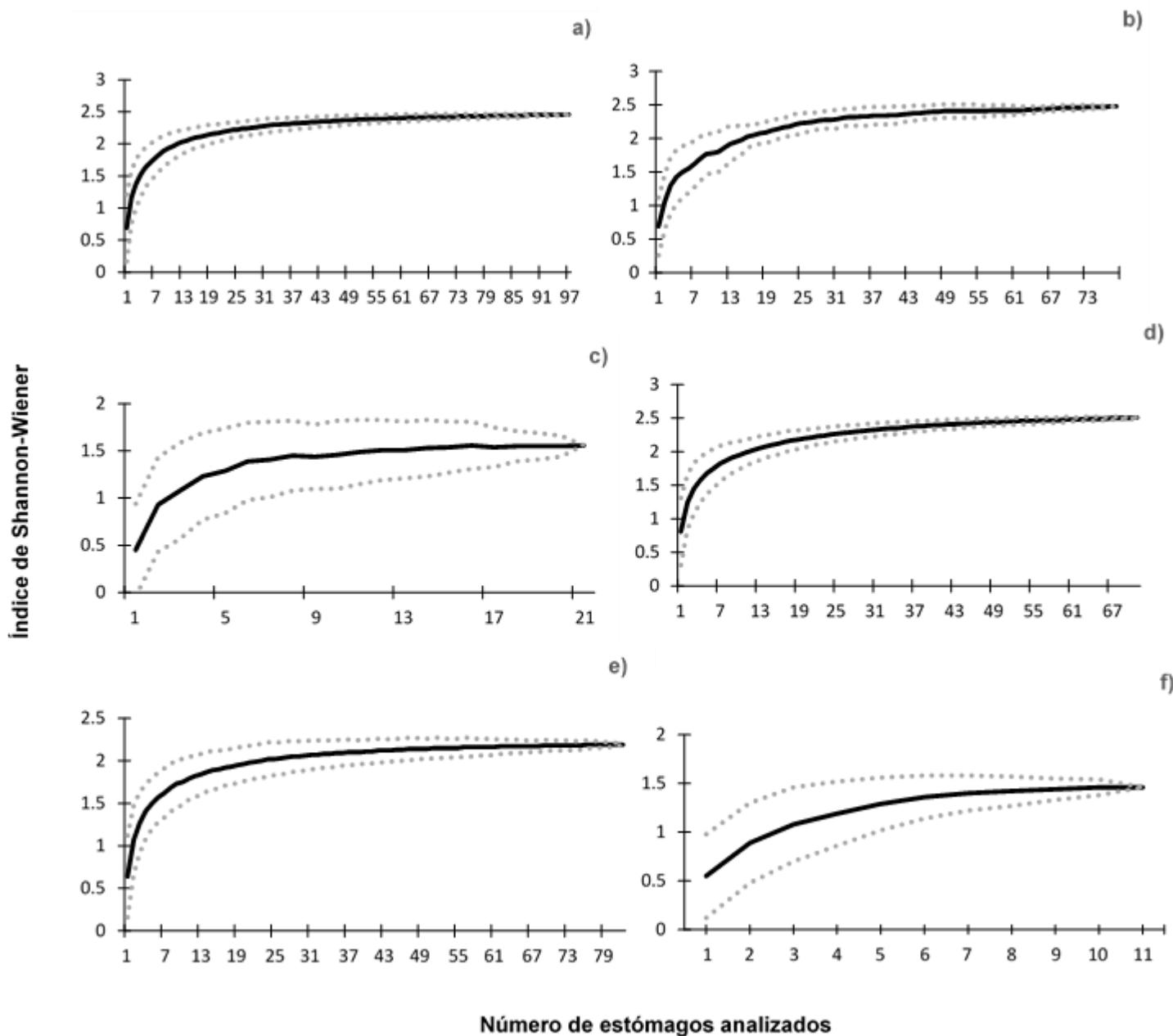
- Pinnegar, J. K., Polunin, N. V. C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M. L., Hereu, B., Milazzo, M., Zabala, M., Danna, G. y Pipitone, C. 2000. Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environmental Conservation*. 27 (2): 179–200.
- Platell, M. y I. C., Portter. 2001. Partitioning of food resources amongst 18 abundant benthic carnivorous fish species in marine waters on the lower west coast of Australia. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 261: 31-54.
- Polo-Silva, C., A. Baigorri-Santacruz, F. Galván-Magaña, M. Grijalba-Bendeck y A. SanJuan-Muñoz. 2007. Hábitos alimentarios del tiburón zorro *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839), en el Pacífico ecuatoriano. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 42(1): 59-69.
- Ramírez-Rodríguez, M. 2014. Hábitos alimenticios de juveniles de la raya *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1892), en Nayarit y sur de Sinaloa, México. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Tuxpan, Veracruz. México.
- Reguero, M. y A. García-Cubas. 1989. Moluscos de la plataforma continental de Nayarit: Sistemática y ecología (cuatro campañas oceanográficas). Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM.
- Restrepo-Gómez, D. C. 2016. Aspectos tróficos de la raya látigo *Dasyatis dipterura* en la bahía de la paz, B. C. S. México. Tesis de maestría. CICIMAR-IPN. La paz, B.C.S. México.
- Richards, R. J., V. Raoult, D. M. Powter y T. F. Gaston. 2018. Permanent magnets reduce bycatch of benthic sharks in an ocean trap fishery. *Fisheries Research*. 208: 16-21.
- Robertson, D. R. y G. R. Allen. 2015. [actualizado a marzo del año 2007]. Página electrónica (www.stri.org/sftep).
- Rosa-Meza, K., Sosa-Nishizaki, O. y Cueva-Salcedo, H. 2013. Hábitos alimentarios de la raya punteada *Rhinobatos glaucoptigma* (Elasmobranchii, Batoidea) en el sureste del golfo de California. *Ciencias Marinas*. 39 (3): 277–290.

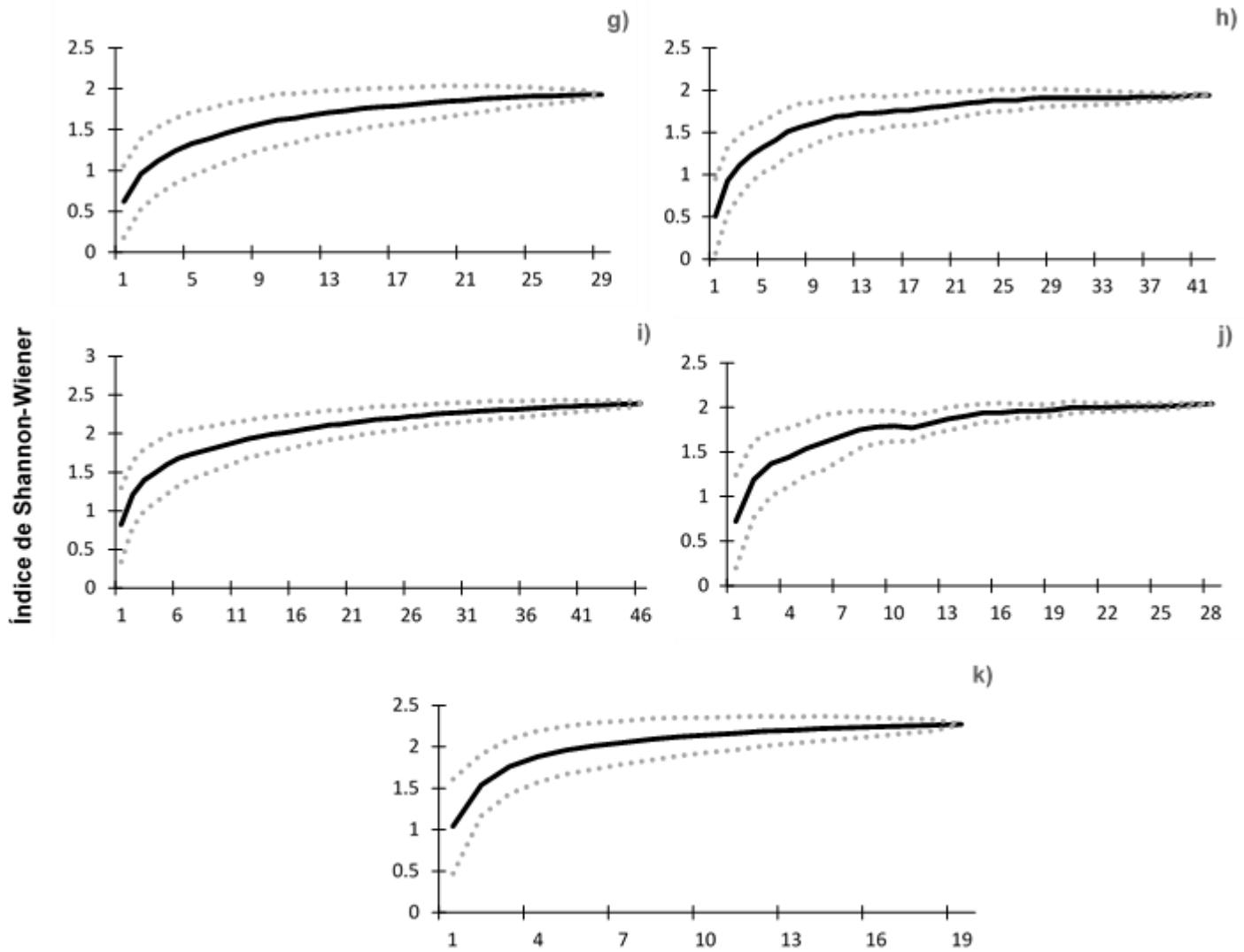
- Salazar-Vallejo, S. I. y Londoño-Mesa, M. H. 2004. Lista de especies y bibliografía de poliquetos (Polychaeta) del Pacífico Oriental Tropical. UNAM-Serie Zoología. 75(1): 9–97.
- Salgado-Barragán, J. y Hendrickx E. M. 2010. Clave ilustrada para la identificación de los estomatópodos (Crustacea: Hoplocarida). Biodiversidad. 81: 1–49.
- San Martin, M. J., J. E. Pérez y G. E. Charamonte. 2005. Reproductive biology of the South West Atlantic marble sand skate *Psammobatis bergi* Marini, 1932 (Elasmobranchii, Rajidae). Journal of Applied Ichthyology. 21: 504–510.
- Santana-Morales, O., Castillo-Géniz, J. L., Sosa-Nishizaki, O. y Rodríguez-Medrano, C. 2004. Catálogo de tiburones, rayas y quimeras (Chondrichthyes) que habitan en las aguas del norte del Golfo de California. CICESE-SEMARNAT. Baja California. México. 119 pp.
- Sasko, D. E., Dean, M. N., Motta, P. J. y Hutter R. E. 2006. Prey capture behavior and kinematics of the Atlantic cownose ray, *Rhinoptera bonasus*. Zoology. 109: 171–181.
- Silva-Garay, L., A. S. Pacheco y X. Vélez-Zuazo. 2018. First assessment of the diet composition trophic level of an assemblage of poorly know chondrichthyans off the central coast of Peru. Environmental Biology of Fishes. Springer.
- Simental-Anguiano, M. R. 2011. Dieta de *Rhinoptera steindachneri* (Evermann y Jenkins, 1892) y *Dasyatis brevis* (Garman, 1879) en el Alto Golfo de California. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C.S. México.
- Smith, W. D., G. M. Cailliet y E. M. Melendez. 2007. Maturity and growth characteristics of a commercially exploited stingray, *Dasyatis dipterura*. Marine and Freshwater Research. 58: 54–66.
- Stevens, J. D., R. Bonfil, N. K. Dulvy, y P. A. Walker. 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. Journal of Marine Science. 57: 476–494.

- Sulikowski, J., J. Kneebone, S. Elzey, J. Jurek, P. Danley, H. Howell y P. Tsang. 2005. Age and growth estimates of the thorny skate *Amblyraja radiata*, in the western Gulf of Marine. Fishery Bulletin. 103: 161–168.
- Tovilla-Hernández, C. 1991. Mareas. pp. 495–504. En: Oceanografía de Mares Mexicanos. De la Lanza, E. G. (Ed). AGT. D. F. México.
- Treolar, M. A., Laurenson, L. J. B. y Stevens, J. D. 2007. Dietary comparisons of six skate species (Rajidae) in southeastern Australian waters. Environmental Biology of Fishes, 80: 181–196.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2019. [actualizado a marzo]. <http://www.iucnredlist.org>.
- Valadez-González, C. 2000. Hábitos alimentarios de las rayas (Chondrichthyes: Rajiformes) capturadas en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Colima, México.
- Valadez-González, C., B. Aguilar-Palomino y S. Hernández-Vázquez. 2001. Hábitos alimentarios de la raya *Urobatis halleri* (Cooper 1863) (Chondrichthyes: Urolophidae) capturada en la plataforma continental de Jalisco y Colima, México. Ciencias Marinas. 27 (1): 91–104.
- Vargas-Trejo, B. 2013. Composición de la captura incidental de elasmobranquios batoideos durante la evaluación de camarón en la temporada de veda (2011-2012) en la entrada y sur del Golfo de Baja California. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Puerto Vallarta, Jalisco.
- Vázquez-Figueroa, V., Canet, C., Prol-Ledesma, R. M., Sánchez, A., Dando, P., Camprubi, A., Robinson, C. J. y Hiriart Le Bert, C. 2009. Batimetría y características hidrográficas (Mayo, 2007) en las cuencas de Consag y Wagner, Norte del Golfo de California, México. Sociedad Geológica Mexicana. 61 (1): 119–127.
- Ward, C. B., Beamish, R. y Kongchaiya, C. 2005. Morphological characteristics in relation to diet in five coexisting thai fish species. Journal of Fish Biology. 67: 1266–1279.

- Walker, T. I. 2005. Reproduction in fisheries science. pp. 71–94. En: Reproductive biology and phylogeny of Chondrichthyes. Hamlett, W. C. (Ed.). Science Publishers. Enfield, New Hampshire, Estates Unites.
- Weigmann, S. 2016. Annotated checklist of the lining sharks, batoids and chimeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*. 88: 837–1037.
- Wetherbee, B. y Cortés, E. 2004. Food consumption and feeding habits. pp. 223–244. En: Biology of sharks and their relatives. Carrier, J. F., Musick, J. A. y Heithaus, M. (Eds.). CRC Press. Florida.
- White, W. T., E. Platell, M., y Potter, I. C. 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranchs in a subtropical embayment: implications for resource partitioning. *Marine Biology*. 144: 439–448.
- Wilga, C. D., Motta, P. J. y C. P., Sanford. 2007. Evolution and ecology of feeding in elasmobranchs. *Integrative and Comparative Biology*. 47: 55–69.
- Yokota, L., Goitein, R. y Lessa, R. 2013. Diet and feeding strategy of smooth butterfly ray *Gymnura micrura* in northeastern Brazil. *Journal of Applied Ichthyology*. 29: 1325–1329.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, Nueva Jersey.

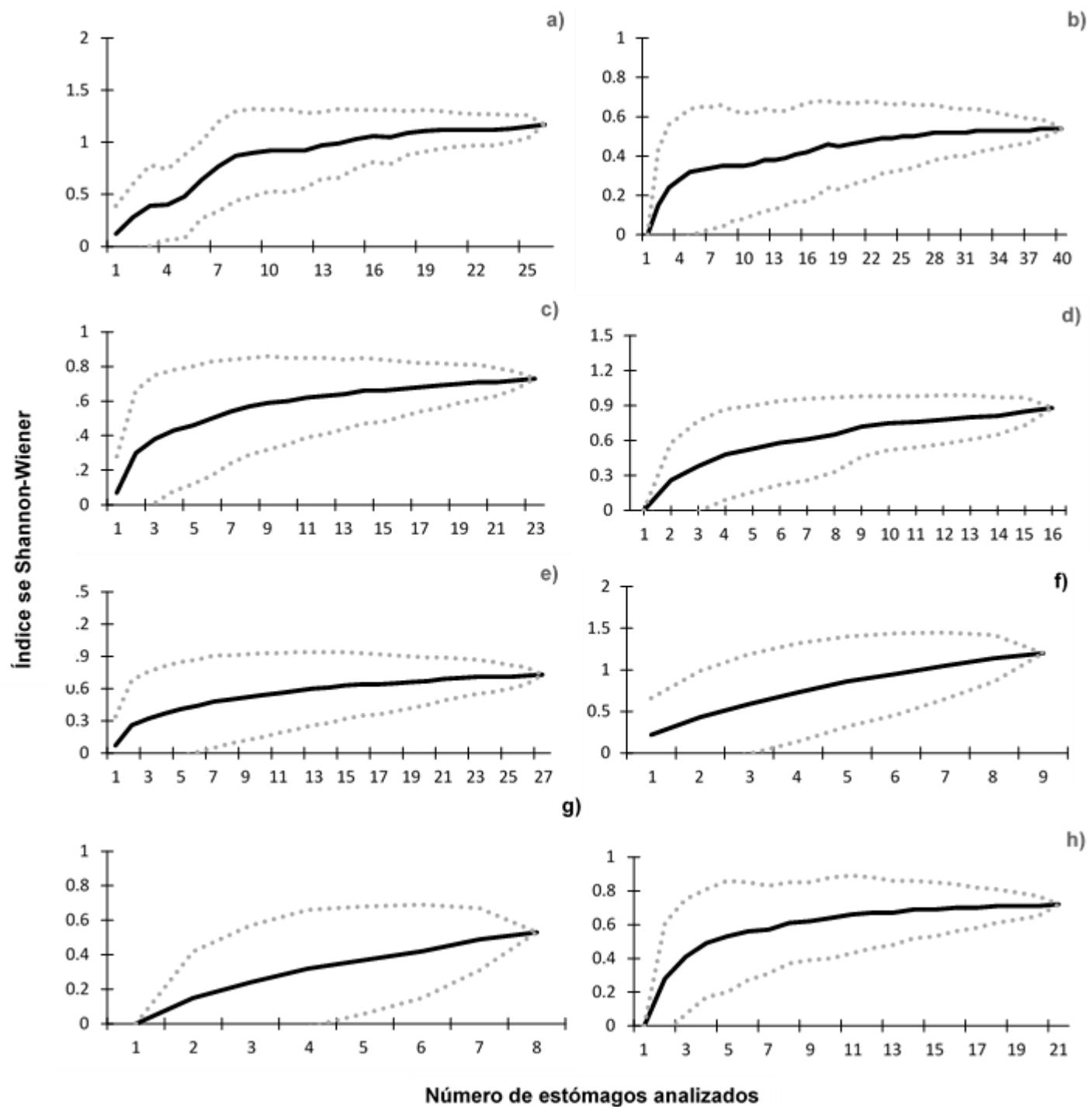
XI. ANEXOS

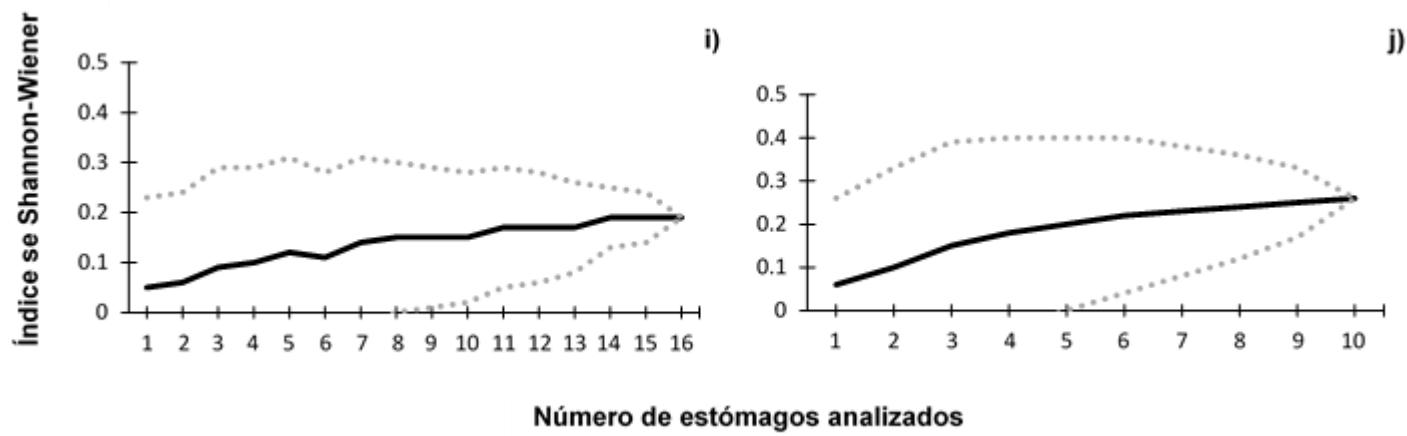




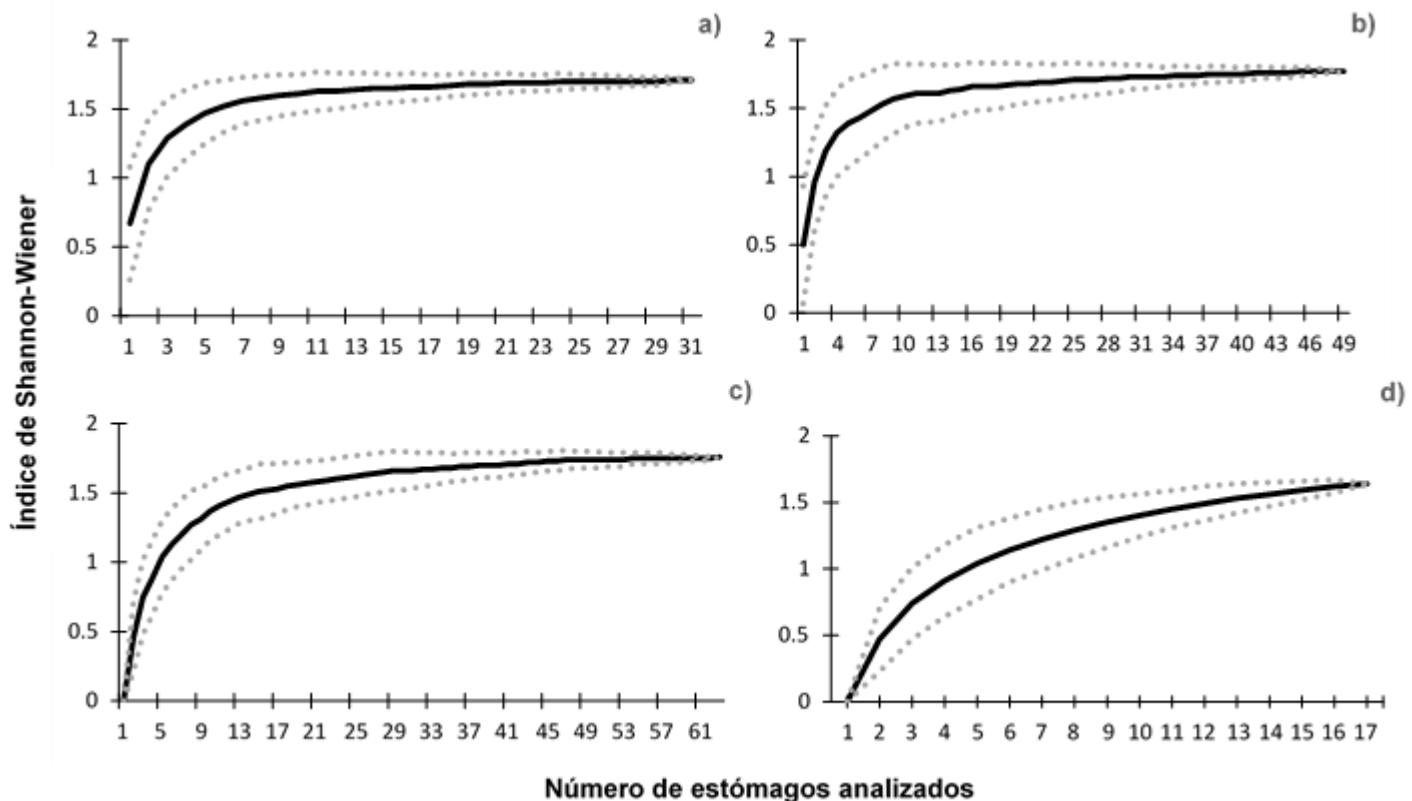
Número de estómagos analizados

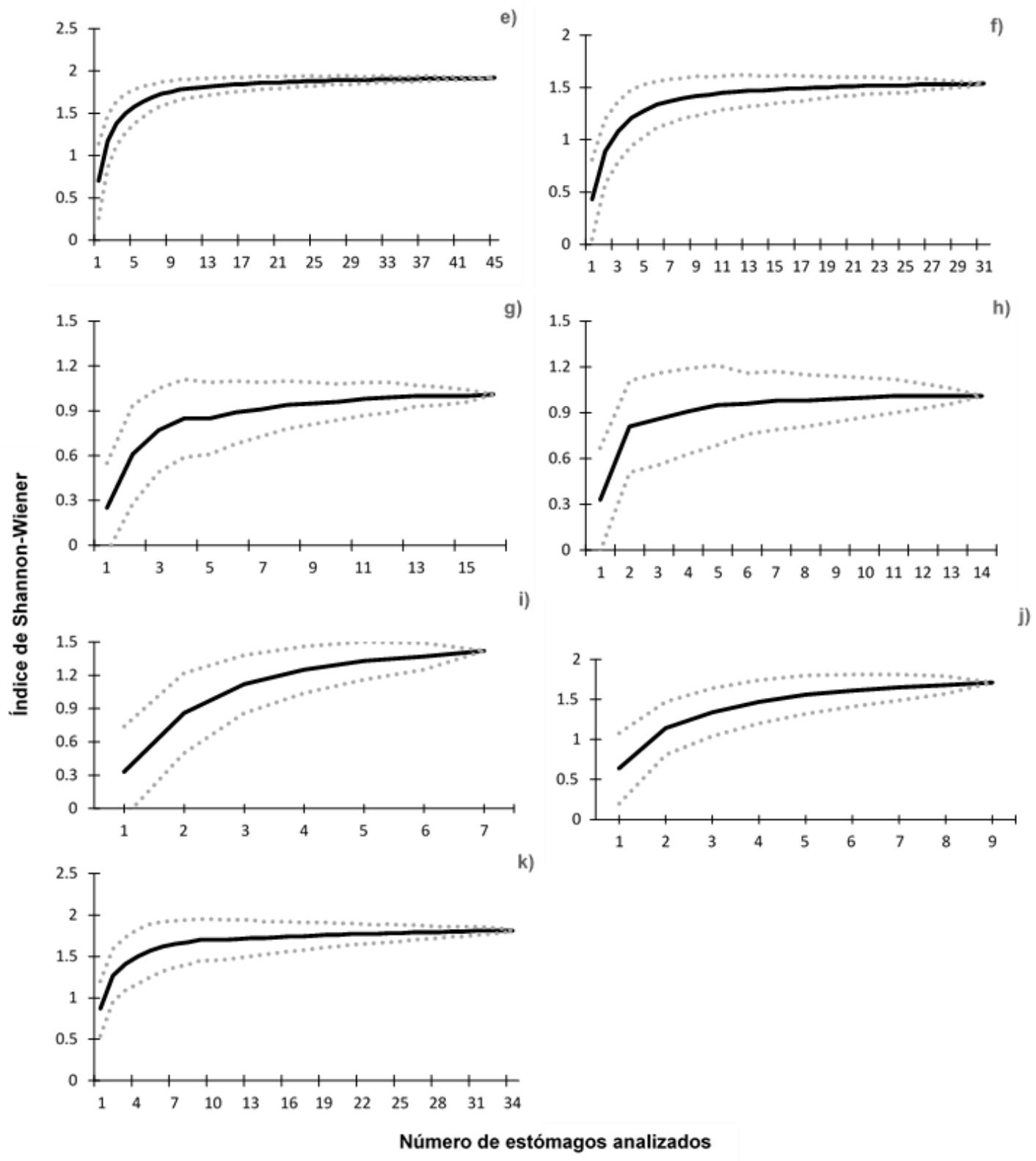
Anexo 1. Curvas acumulativas de *R. steindachneri* por sexos: hembras (**a**), machos (**b**); zonas: 30 (**c**), 40 (**d**), 60 (**e**); años: 2011 (**f**), 2012 (**g**), 2013 (**h**), 2014 (**i**), 2015 (**j**), 2016 (**k**). Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).





Anexo 2. Curvas acumulativas de *G. marmorata* por sexos: hembras (a), machos (b); zonas: 30 (c), 40 (d), 60 (e); años: 2012 (f), 2013 (g), 2014 (h), 2015 (i), 2016 (j). Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).





Anexo 3. Curvas acumulativas de *H. dipterurus* por sexos: hembras (**a**), machos (**b**); estados de madurez: inmaduros (**c**), maduros (**d**); zonas: 40 (**e**), 60 (**f**); años: 2012 (**g**), 2013 (**h**), 2014 (**i**), 2015 (**j**), 2016 (**k**). Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (—) con su respectiva desviación estándar (---).

Anexo 4. Valores de t-student que indican los valores de la pendiente de las curvas acumulativas (m), n representa el tamaño de la muestra para cada una de las curvas. p representa la significancia de las pendientes (valores de p> 0.05 indican pendientes iguales o cercanas a cero).

Categorías	n	m	p
<i>R. steindachneri</i>			
Hembras	97	1.73	>0.05
Machos	78	2.82	>0.05
Zona 30	21	1.73	>0.05
Zona 40	71	1.73	>0.05
Zona 60	82	1.73	>0.05
Año 2011	11	4.04	>0.05
Año 2012	29	4.04	>0.05
Año 2013	42	4.04	>0.05
Año 2014	46	4.24	>0.05
Año 2015	28	4.04	>0.05
Año 2016	19	4.04	>0.05
<i>G. marmorata</i>			
Hembras	26	9.81	<0.05
Machos	40	1.73	>0.05
Zona 30	23	4.04	>0.05
Zona 40	16	6.59	<0.05
Zona 60	27	4.04	>0.05
Año 2012	9	12.96	<0.05
Año 2013	8	14.2	<0.05
Año 2014	21	1.73	>0.05
Año 2015	16	1.73	>0.05
Año 2016	10	7.5	<0.05
<i>H. dipterurus</i>			
Hembras	31	2.82	>0.05
Machos	49	1.73	>0.05
Inmaduros	63	1.73	>0.05
Maduros	17	15.58	<0.05
Zona 40	45	1.73	>0.05
Zona 60	31	1.73	>0.05
Año 2012	16	1.78	>0.05
Año 2013	14	1.73	>0.05

Año 2014	7	9.29	<0.05
Año 2015	9	19.05	<0.05
Año 2016	34	1.73	>0.05

Anexo 5. Contribución de las presas a la disimilitud de la dieta en las tres especies de rayas entre años.

Especie	Años	Categorías alimenticias	Contribución a la diferencia (%)	Contribución acumulada (%)	Disimilitud general (%)
<i>R. steindachneri</i>	2011 vs 2016	Gastropoda	27.42	27.42	62.99
		Echinodermata	25.04	52.47	
		Scaphopoda	20.02	72.49	
		Crustacea	11.29	83.78	
		Bivalvia	10.60	94.38	
	2012 vs 2013	Bivalvia	58.98	58.98	70.17
		Gastropoda	16.68	75.66	
		Sipuncula	8.93	84.59	
		Polychaeta	8.46	93.05	
<i>G. marmorata</i>	2012 vs 2014	Teleostei	68.99	68.99	46.75
		Crustacea	11.57	80.55	
		Bivalvia	9.72	90.28	
	2012 vs 2015	Teleostei	55.82	55.82	35.68
		Crustacea	15.86	71.68	
		Bivalvia	14.16	85.84	
		Polychaeta	14.16	100	
	2013 vs 2014	Teleostei	87.74	87.74	51.16
		Cephalopoda	12.26	100	
	2013 vs 2015	Teleostei	76.20	76.20	42.13
		Cephalopoda	17.18	93.38	
<i>H. dipterurus</i>	2012 vs 2016	Polychaeta	37.39	37.39	54.34

	Crustacea	35.01	72.40	
	Sipuncula	22.58	94.98	
2013 vs 2014	Polychaeta	47.78	47.78	61.93
	Sipuncula	26.26	74.05	
	Crustacea	14.65	88.70	
	Bivalvia	11.30	100	
2013 vs 2016	Crustacea	48.32	48.32	55.75
	Polychaeta	24.06	72.38	
	Sipuncula	22.45	94.83	
2014 vs 2016	Bivalvia	46.05	46.05	67.97
	Polychaeta	30.93	76.97	
	Sipuncula	16.45	93.43	
2015 vs 2016	Bivalvia	44.41	44.41	57.55
	Polychaeta	27.76	72.17	
	Sipuncula	23.23	95.40	
