



Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional

Unidad Mérida

Departamento de Recursos del Mar

“Preferencias alimenticias e interacciones tróficas de tres especies del género *Prionotus*
(Triglidae) en el Cinturón Plegado Perdido”

Tesis que presenta:

Biol. Carlos Trejo González

Para optar por el grado de

Maestría en Ciencias con especialidad en Biología Marina

Director de tesis:

Dra. María Eugenia Vega Cendejas

Mérida Yucatán

Febrero de 2021

DEDICATORIA

A mis padres quienes me han brindado todo su apoyo y han hecho el sacrificio para ayudarme a cumplir una meta más en la vida. Con profundo amor y respeto, este logro también es suyo.

A mis hermanos quienes han estado conmigo en todo momento y me han aconsejado en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis Dra. María Eugenia Vega Cendejas por darme la oportunidad, confianza y apoyo para realizar esta investigación.

Al comité sinodal conformado por Dr. Ariel Adriano Chi Espínola, Dr. José Iván Velázquez Abunader y Dr. Thierry Pierre Maurice Brulé. Sus valiosas observaciones y sugerencias enriquecieron esta investigación.

Al Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) unidad Mérida.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el apoyo económico para concluir mis estudios de posgrado.

Al financiamiento otorgado por el Fondo Sectorial CONACyT-SENER-Hidrocarburos, proyecto 201441. Esta es una contribución del Consorcio de Investigación del Golfo de México (CIGoM).

Al auxiliar de investigación Biol. J. Mirella Hernández de Santillana por ayudarme con la identificación de los peces. Al técnico M. C. María Dolores Blanqueto Manzanero por su ayuda en el procesamiento de muestras. A cada uno de los integrantes del Laboratorio de Taxonomía y Ecología de peces, por todo su apoyo.

RESUMEN

Los peces del género *Prionotus* representan un recurso abundante en la plataforma continental del Golfo de México. Las especies que conforman este género comparten el hábitat, sin embargo, se desconoce el mecanismo por el cual evitan la competencia interespecífica por el recurso alimenticio en el ecosistema, por lo tanto, el propósito de este estudio fue evaluar la composición trófica de tres especies del género *Prionotus* que habitan en el noroeste del Golfo de México conocido como Cinturón Plegado Perdido. Además, se determinó la variación ontogénica y la competencia inter e intraespecífica por el alimento. Durante octubre de 2016, junio y septiembre de 2017 se realizaron colectas de los organismos mediante tres campañas oceanográficas. Los contenidos estomacales fueron analizados utilizando los métodos de frecuencia de ocurrencia, área y gravimétrico, los cuales fueron unificados por el Índice de importancia relativa; la amplitud de nicho trófico fue evaluado por medio del Índice estandarizado de Levins y la superposición trófica fue determinada por el Índice simplificado de Morisita. Las tres especies presentaron una amplitud trófica reducida, lo cual refiere a que son especies especialistas. Asimismo, presentan un alto solapamiento trófico, sin embargo, ocupan espacios tróficos diferentes, lo que permite la coexistencia de los mismos. Por otra parte, el análisis ANOSIM indica que *P. paralatus* ($R=0.1359$, $p=0.001$) es la única especie que presenta diferencias estadísticas en la alimentación entre las distintas tallas.

Palabras clave: Ecología trófica, *Prionotus*, Cinturón Plegado Perdido.

ABSTRACT

Fish of the genus *Prionotus* represent an abundant resource on the continental shelf of the Gulf of Mexico. The species that make up this genus share the habitat, however, the mechanism by which they avoid interspecific competition for the food resource in the ecosystem is unknown, therefore, the purpose of this study was to evaluate the trophic composition of three species of the genus *Prionotus* that inhabit the northwestern Gulf of Mexico known as the Perdido Fold Belt. Furthermore, ontogenetic variation and inter and intraspecific competition for food were determined. During October 2016, June and September 2017, collections were made by the organisms through three oceanographic campaigns. The stomach contents were analyzed using the frequency of occurrence, area and gravimetric methods, which were unified by the Relative Importance Index; the width of the trophic niche was evaluated by means of the standardized Levins index and the trophic overlap was determined by the simplified Morisita index. All three species have a reduced trophic range, which means that they are specialist species. Likewise, they present a high trophic overlap, however, they occupy different trophic spaces, which allows their coexistence. Additionally, the ANOSIM analysis indicates that *P. paralatus* ($R = 0.1359$, $p = 0.001$) is the only species that presents statistical differences in feeding between the different sizes.

Keywords: Trophic ecology, *Prionotus*, Perdido Fold Belt.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	3
III. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1 Análisis de Contenido estomacal.....	5
3.2 Traslape de nicho trófico.....	6
3.3 Descripción taxonómica y biológica de las especies.....	7
3.3.1 <i>Prionotus stearnsi</i>	7
3.3.2 <i>Prionotus paralatus</i>	8
3.3.3 <i>Prionotus longispinosus</i>	9
IV. ANTECEDENTES.....	11
V. HIPÓTESIS.....	14
VI. OBJETIVOS.....	15
VII. MÉTODO.....	16
7.1 Área de estudio.....	16
7.2 Trabajo de campo.....	17
7.2.1 Colecta de organismos.....	17
7.3 Trabajo de laboratorio.....	18

7.3.1	Análisis de los contenidos estomacales.....	18
7.3.2	Índice de importancia relativa (IIR).....	20
7.3.3	Diversidad de la dieta.....	20
7.3.4	Traslape de nicho trófico.....	21
7.3.5	Cambio ontogénico	22
7.3.6	Análisis estadístico de la dieta	23
VIII.	RESULTADOS	25
8.1	Estructura trófica.....	25
8.1.1	Espectro trófico de <i>Prionotus stearnsi</i>	25
8.1.2	Espectro trófico de <i>Prionotus paralatus</i>	27
8.1.3	Espectro trófico de <i>Prionotus longispinosus</i>	30
8.2	Amplitud de nicho	34
8.3	Superposición trófica	34
8.4	Similitud trófica entre las tres especies del género <i>Prionotus</i>	36
8.5	Ontogenia trófica	36
8.5.1	<i>Prionotus stearnsi</i>	36
8.5.2	<i>Prionotus paralatus</i>	39
8.5.3	<i>Prionotus longispinosus</i>	42
IX.	DISCUSIÓN.....	45
9.1	Estructura trófica.....	45
9.1.1	Espectro trófico de <i>Prionotus stearnsi</i>	45
9.1.2	Espectro trófico de <i>Prionotus paralatus</i>	46
9.1.3	Espectro trófico de <i>Prionotus longispinosus</i>	47
9.2	Amplitud de nicho y superposición trófica.....	48
9.3	Ontogenia trófica	50

X. CONCLUSIONES.....	53
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Prionotus stearnsi</i>	7
Figura 2. <i>Prionotus paralatus</i>	8
Figura 3. <i>Prionotus longispinosus</i>	9
Figura 4. Mapa de las estaciones oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido al noroeste del Golfo de México.	16
Figura 5. Red de arrastre camaronera utilizado en campañas oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido.....	17
Figura 6. Red de trineo bentónico utilizado en campañas oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido.....	18
Figura 7. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de <i>P. stearnsi</i> con base a los valores del Índice de importancia relativa. Materia animal no identificada: MANI.	27
Figura 8. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de <i>P. paralatus</i> con base a los valores del Índice de importancia relativa. Materia animal no identificada: MANI. ..	28
Figura 9. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de <i>P. longispinosus</i> con base a los valores del Índice de importancia relativa.	31
Figura 10. Diagrama de Venn representando los elementos tróficos compartidos entre las tres especies del género <i>Prionotus</i> registradas en el Cinturón Plegado Perdido. Se especifica el número de recursos alimenticios propios de cada especie, así como los compartidos entre ellas.....	35
Figura 11. Dendrograma de similitud trófica a través del Índice de Morisita (1966) entre las especies del género <i>Prionotus</i> en el Cinturón Plegado Perdido.	35
Figura 12. Preferencias tróficas de <i>Prionotus stearnsi</i> en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla de Sturges definidos en la tabla 6.	38
Figura 13. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de <i>Prionotus stearnsi</i> registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México.....	38
Figura 14. Preferencias tróficas de <i>Prionotus paralatus</i> en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla Sturges definidos en la tabla 6.	41

Figura 15. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de *Prionotus paralatus* registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. 41

Figura 16. Preferencias tróficas de *Prionotus longispinosus* en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla de Sturges definidos en la tabla 6. 44

Figura 17. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de *Prionotus longispinosus* registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. 44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contribución de las presas que conforman la dieta de <i>Prionotus stearnsi</i> . Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.....	26
Tabla 2. Contribución de las presas que conforman la dieta de <i>Prionotus paralatus</i> . Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.....	29
Tabla 3. Contribución de las presas que conforman la dieta de <i>Prionotus longispinosus</i> . Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.....	32
Tabla 4. Valores de amplitud de dieta calculados con el Índice estandarizado de Levins (B_A) para las especies de <i>Prionotus</i> registradas en la región del Cinturón Plegado Perdido. Donde B es el Índice de Levins y B_A el Índice estandarizado.	34
Tabla 5. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican la dieta de las tres especies del género <i>Prionotus</i> en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada especie.	36
Tabla 6. Clases de talla registradas en <i>Prionotus stearnsi</i> en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del Índice estandarizado de Levins (B_A).	37
Tabla 7. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de <i>Prionotus stearnsi</i> en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase.	37
Tabla 8. Clases de talla registradas en <i>Prionotus paralatus</i> en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del Índice estandarizado de Levins (B_A).	40

Tabla 9. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de *Prionotus paralatus* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase. 40

Tabla 10. Clases de talla registradas en *Prionotus longispinosus* en el Cinturón Plegado Perdido al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del índice estandarizado de Levins (B_A). 43

Tabla 11. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de *Prionotus longispinosus* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase. 43

I. INTRODUCCIÓN

Los miembros de la Familia Triglidae, conocidos en México como rubios, triglas o vaquitas (Schmitter-Soto, 1992), son peces bentónicos que pertenecen al Orden Scorpaeniformes y habitan en la plataforma continental desde mares templados hasta los mares tropicales (Nelson *et al.*, 2006; Froese y Pauly, 2019). Se caracterizan por poseer tres radios libres en su aleta pectoral que contienen nervios sensoriales que responden a estímulos tanto químicos como mecánicos, los cuales están involucrados en la ubicación de sus presas (McEachran y Fechhelm, 2005). Algunas especies tienen músculos intrínsecos y extrínsecos en la vejiga natatoria que contraen para emitir sonidos durante la temporada de reproducción (Connaughton, 2004). Actualmente, los triglidos comprenden 125 especies distribuidas en nueve géneros y tres subfamilias (Triglinae, Pterygotriglinae y Prionotinae) identificadas por una serie de caracteres morfológicos (Richards y Jones, 2002; Nelson *et al.*, 2016).

La subfamilia Prionotinae presenta dos géneros, *Prionotus* y *Bellator*. Actualmente se reconocen 23 especies que conforman el género *Prionotus* y ocho especies del género *Bellator* (Froese y Pauly, 2019). Las especies de peces del género *Prionotus*, son miembros numéricamente importantes de la ictiofauna de la plataforma continental (Hoff, 1992). Actualmente, se reconocen 12 especies del género *Prionotus* en el Atlántico Norte Occidental y el Golfo de México (Robins *et al.*, 1991), de las cuales 10 se encuentran exclusivamente en el norte del Golfo de México (Hoff, 1992).

Estos peces no forman parte de las pesquerías comerciales. Sin embargo, han sido objeto de investigaciones, debido a esta característica morfológica de la aleta pectoral. A pesar de su bajo valor económico, son una fuente abundante de alimento para peces de importancia comercial tales como: el pargo *Lutjanus campechanus* y los serranidos *Epinephelus morio* y *Centropristris philadelphica* (Lewis y Yerger, 1976). Debido a su carne firme y de buen sabor (Allen y Robertson, 1994; Bussing, 1995), los peces capturados de mayor talla podrían ser una opción para la alimentación.

A pesar de las recientes investigaciones de Zavareze *et al.* (2009) y D'ávila *et al.* (2011), el conocimiento sobre la biología trófica de especies del género *Prionotus* en el Golfo de México es escasa y aún más desconocido son las relaciones inter e intraespecíficas de las especies que conforman este género. De acuerdo con el principio de exclusión competitiva

(Gause, 1934), no puede existir una competencia completa, por lo que las especies del género *Prionotus* han logrado evitar o minimizar la competencia. La forma en lograr esto podrían ser las diferencias en el uso espacial y temporal de la geografía, el hábitat, los atributos de alimentación, tamaño y/o historia de vida y la dinámica de la población (Hoff, 1992).

Por lo anterior, el presente estudio tuvo como propósito analizar la composición de la dieta de tres especies del género *Prionotus* en el Cinturón Plegado Perdido al noroeste del Golfo de México, así como evaluar la variación ontogénica de cada especie y determinar la competencia inter e intraespecífica.

II. JUSTIFICACIÓN

Los peces de la familia Triglidae, son especies bentónicas que soportan las pesquerías en diversos países de Sudamérica, siendo Brasil uno de los países que aprovechan este recurso con una captura promedio de 3,600 tons/año, destacando la captura de 800 tons/año de *Prionotus punctatus* (Martins *et al.*, 2017). Sin embargo, se ha reportado una sobreexplotación de este recurso debido al incremento del esfuerzo pesquero en la región (De saó Clemente *et al.*, 2014). El segundo país que reporta altas capturas de triglidos es Perú, estimando una captura media en 179.5 tons/año (Samamé y Fernández, 2000). Por tanto, los triglidos podrían ser una opción de recurso pesquero en el Golfo de México ante el decremento del volumen de captura en especies plenamente explotadas y sobreexplotadas.

En el Norte del Golfo de México las lisas (*Mugil cephalus*, *M. curema*) y tiburones son la principal captura de escama (Rodríguez-Castro *et al.*, 2010; Martínez-Magaña *et al.*, 2018). No obstante, los peces de la familia Triglidae no son especies objetivo de las pesquerías comerciales; a pesar de que, estos peces forman parte de la fauna de acompañamiento en la captura de camarón que se realiza en la región (Schmitter-Soto, 1992; Morán-Silva *et al.*, 2017). Sin embargo, estos peces se registran con frecuencia en las redes de arrastre, a veces, en grandes cantidades, por lo que constituye un elemento importante en el ecosistema (Raymundo-Huizar y Saucedo, 2008). A pesar de ello, los triglidos en Norteamérica forman parte de los recursos subexplotados (Schmitter-Soto, 1992).

Mediante los estudios de la biología y ecología trófica, es posible determinar la composición y distribución de las presas en el medio (Chí-Espinola y Vega-Cendejas, 2013), la variación de la alimentación en función con la talla del espécimen y de sus requerimientos energéticos (Blanqueto-Manzanero y Vega-Cendejas, 2018; Chí-Espinola *et al.*, 2018), los fenómenos de competencia y predación, los cuales proporcionan información sobre la transferencia de energía de un nivel a otro dentro de la red trófica (Carrasón, 1994) o comprender la dinámica de las relaciones tróficas intra e interespecíficas (Elosegi, 2009). Esta transferencia de energía por parte del género *Prionotus* ha sido reportado en el Océano Pacífico y el Golfo de México, ya que forman parte de la dieta de peces de las familias Lutjanidae y Serranidae, peces con un alto valor comercial (Lewis y Yerger, 1976; Pérez, 2016). Por otra parte, se ha observado que los peces presentan cambios en los hábitos alimenticios a lo largo de su crecimiento y

desarrollo. De este modo, distribuyen el recurso en función de sus requerimientos energéticos, por lo tanto, pueden alimentarse de presas diferentes o aprovechar el mismo recurso en diferentes etapas de su ciclo de vida, disminuyendo la competencia intraespecífica (Pineda-Peralta *et al.*, 2016).

No solo es importante generar este tipo de conocimiento para especies de valor económico, como se ha señalado en los trabajos recientes (Rincón, 2010; González, 2013; Macal, 2016), sino también para todas aquellas con las que se relacionan ecológicamente, ya que su alteración en la dinámica del Golfo de México, podría afectar directa o indirectamente las poblaciones de cualquier especie asociada a éste (Jaramillo, 2009).

La información de los peces del género *Prionotus* en el Golfo de México es escasa. Los primeros estudios comenzaron a finales de la década de 1970, sin embargo, estas investigaciones se realizaron en las costas de Estados Unidos. Como resultado, se desconoce el comportamiento de estas especies en costas mexicanas. Por lo tanto, este estudio amplía el conocimiento biológico y ecológico de tres especies presentes en la costa de Tamaulipas, México. Asimismo, se determina la abundancia y representatividad de las presas (bentos) en la zona de estudio.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Análisis de Contenido estomacal

El acto de alimentarse responde a un complejo sistema de adaptaciones y estructuras que facilitan el aprovechamiento de los recursos disponibles en el medio. Tiene como finalidad obtener el máximo de energía neta necesaria para el crecimiento y reproducción como principales actividades, entre otras de menor importancia (Granado, 2002).

Los peces forman un grupo altamente diverso, en el que ocupan virtualmente casi todos los niveles tróficos del ambiente acuático (Wootton, 1990) y consumen una gran variedad de presas en el medio, esto se debe a una respuesta adaptativa de la especie para obtener el alimento sin ocasionar conflicto con otras especies (Granado, 2002). Para conocer la ecología alimentaria de los peces, Gerking (1994) menciona que es necesario determinar de qué recursos se alimentan, sus hábitos alimenticios y en menor grado el área de forrajeo. Este conocimiento permite determinar la posición que las especies ocupan dentro de una red trófica y el papel funcional que desempeñan en el ecosistema.

La descripción y cuantificación de la dieta de los organismos acuáticos es la mejor forma de caracterizar las relaciones tróficas entre especies y es la base para comprender como ocurren los ciclos energéticos (Silva *et al.*, 2014). Por consiguiente, el análisis de contenido estomacal es una herramienta valiosa para evaluar el estatus de una especie en la comunidad y brinda información del efecto que puede producirse con el uso y gestión del mismo (Granado, 2002).

El análisis de contenido estomacal comprende dos fases. Una cualitativa que consiste en la identificación de los taxa que componen el contenido estomacal de la especie de estudio y una fase cuantitativa, la cual se refiere a la cuantificación de los componentes del contenido estomacal (Silva *et al.*, 2014). De esta última se han desarrollado una gran cantidad de técnicas que toman en cuenta dos parámetros muy importantes en la cuantificación de la dieta: la frecuencia de ocurrencia (FO) y la abundancia relativa de los recursos alimenticios (Hyslop, 1980; Cortés, 1997).

3.2 Traslape de nicho trófico

El principio de exclusión competitiva de Gause (1934) establece que, si dos o más especies compiten por el mismo recurso en el mismo hábitat, únicamente una de ellas podrá sobrevivir. Bajo esta definición se desarrolló el concepto de nicho ecológico. Hutchinson (1957) definió el nicho como un hipervolumen presente en un espacio multidimensional, donde las dimensiones representan factores bióticos y abióticos que afectan a la especie.

Cada punto en el hipervolumen representa la combinación de variables que permite a la especie sobrevivir. Al conjunto total de condiciones óptimas que una especie podría ocupar se le conoce como nicho fundamental, mientras que el nicho realizado es el conjunto real de condiciones en que una especie existe (Jaksic y Marone, 2007). Sin embargo, de acuerdo al principio de exclusión competitiva, solo una especie puede ocupar un nicho realizado, no obstante, podría haber una superposición de nicho fundamental con otras especies. Por lo tanto, la evolución de nichos distintos podría ser el mecanismo para evitar la competencia (Lampert y Sommer, 2007).

La alimentación es una de las principales dimensiones del nicho (Krebs, 2013). Esta dimensión, conocida como nicho trófico, refleja el papel alimenticio de una especie con su ecosistema (Granado, 2002) y su cuantificación depende de dos parámetros: la amplitud de nicho trófico y el grado de interacción trófica entre las especies a través de la sobreposición alimenticia (Morales y García-Alzate, 2016).

La amplitud de nicho, en términos de las preferencias alimenticias, se refiere al grado de especialización de una especie (Krebs, 2013). Los organismos con amplitud de nicho estrecho se les llama especialistas y aquellos con un nicho amplio se les conoce como generalistas (Gliessman, 2002). La sobreposición alimenticia refleja la interacción de las especies con el recurso alimenticio y brinda información para comprender la organización de la comunidad (Krebs, 2013).

3.3 Descripción taxonómica y biológica de las especies

3.3.1 *Prionotus stearnsi*

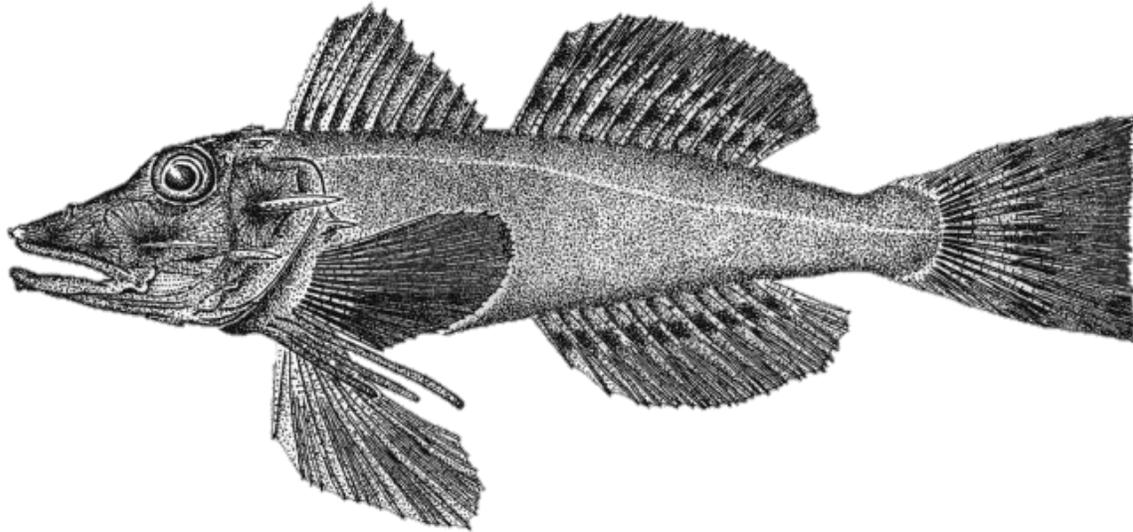


Figura 1. *Prionotus stearnsi*. Tomado de Russell *et al.* (1992).

Características (Figura 1): Cabeza grande y comprimida; presenta un grupo de pequeñas papilas en el globo ocular; aletas pectorales pequeñas y redondeadas. El hocico es relativamente largo y moderadamente deprimido anteriormente. La proyección rostral está poco desarrollada y tiene un margen crenado. La boca es terminal y relativamente grande, con una pequeña protuberancia ósea en la sínfisis que se extiende más allá de la mandíbula superior. Las espinas nasales, preoperculares, rostrales e infraorbitarias están ausentes. Los dientes viliformes están dispuestos en bandas estrechas en las mandíbulas, palatina y vómer (McEachran y Fechhelm, 2005).

Distribución: Su distribución abarca desde Carolina del Norte, Estados Unidos, hasta la costa norte de Brasil (Russell *et al.*, 1992).

Hábitat: Esta especie está asociada a fondos blandos a semiduros. Se encuentra desde los 11 hasta los 549 m de profundidad, siendo más abundante entre los 73-180 m (McEachran y Fechhelm, 2005; Froese y Pauly, 2019).

Biología: El desove tiene lugar desde noviembre hasta junio. Alcanza la madurez sexual entre los 8 y 11.5 cm de longitud total (LT) (McEachran y Fechhelm, 2005). La talla máxima conocida es de 18 cm de longitud estándar (LE) (Snyder y Burgess, 2016).

Caracteres merísticos: Presenta de 9 a 11 branquiespinas en el primer arco branquial. La primera aleta dorsal presenta 10 espinas y la segunda aleta dorsal tiene 12 o 13 radios. Pueden presentar de 10 a 12 radios en la aleta anal. El cuerpo está cubierto con pequeñas escamas ctenoideas (McEachran y Fechhelm, 2005).

3.3.2 *Prionotus paralatus*

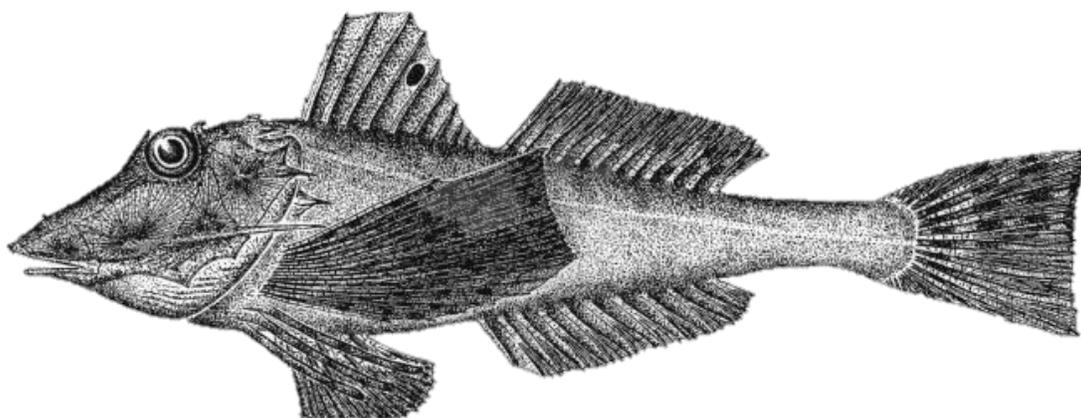


Figura 2. *Prionotus paralatus*. Tomado de Russell *et al.* (1992).

Características (Figura 2): Presenta una espina preopercular larga y aleta pectoral corta y emarginada. Boca de tipo subterminal y relativamente pequeña. La proyección rostral es ampliamente redondeada con margen crenado. La espina preopercular, infraorbital y la espina preopercular suplementaria están bien desarrolladas. Espina nasal ausente. Los dientes viliformes se organizan en bandas en mandíbulas, vómer y palatino (McEachran y Fechhelm, 2005).

Distribución: Se distribuye desde el delta del Río Mississippi, Estados Unidos, hasta Campeche, México (Russell *et al.*, 1992).

Hábitat: Esta especie se encuentra entre 9 y 274 m de profundidad (Russell *et al.*, 1992), siendo más abundante entre los 36 y 180 m (Froese y Pauly, 2019).

Biología: Alcanza la madurez entre los 10 y 12 cm de LT durante el primer año de vida. El tamaño máximo conocido es de aproximadamente 18 cm de LE (Snyder y Burgess, 2016).

Caracteres merísticos: El primer arco branquial tiene de 1 a 3 tubérculos en la extremidad superior y 11 a 16 tubérculos y branquiespinas en la extremidad inferior. La primera aleta dorsal tiene 9 o 10 espinas, y la segunda aleta dorsal tiene de 11 a 13 radios. Presenta 10 o 11 radios en la aleta anal. El cuerpo está cubierto de pequeñas escamas ctenoideas (McEachran y Fechhelm, 2005).

3.3.3 *Prionotus longispinosus*

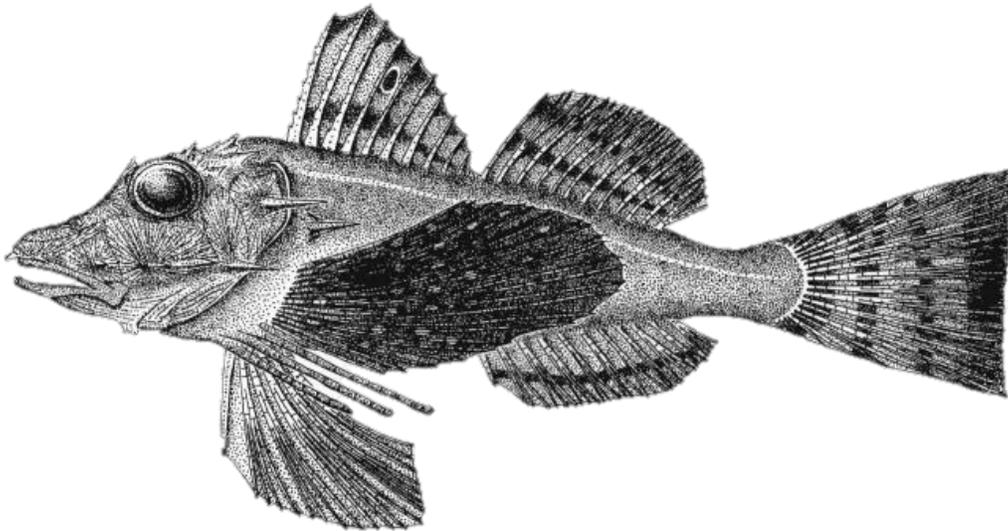


Figura 3. *Prionotus longispinosus*. Tomado de Russell *et al.* (1992).

Características (Figura 3): Cabeza grande y aletas pectorales moderadamente largas y redondeadas. El hocico es moderadamente largo y deprimido en la punta. La proyección rostral está bien desarrollada y ampliamente redondeada, con un margen crenado. La boca es subterminal y bastante grande. La espina nasal está ausente. Las espinas infraorbital, rostral y anteriores están bien desarrolladas; las espinas preoperculares, infraorbitarias posteriores y suplementarias están moderadamente desarrolladas. Los dientes viliformes están dispuestos en bandas en mandíbulas, vómer y palatino (McEachran y Fechhelm, 2005).

Distribución: Se distribuye al norte del Golfo de México, desde Florida, Estados Unidos, al noroeste de México, siendo más abundante en fondos fangosos al oeste de la Bahía de Apalachicola, Florida, Estados Unidos (Russell *et al.*, 1992).

Hábitat: Esta especie se encuentra cercana a la costa hasta 219 m en el noroeste del Golfo de México. Es más abundante entre los 9 y 91 m de profundidad (Russell *et al.*, 1992; McEachran y Fechhelm, 2005).

Biología: La madurez es alcanzada al primer año de vida a los 12 o 13 cm de LT (McEachran y Fechhelm, 2005). Los peces jóvenes se encuentran cercanos a la costa y se desplazan hacia aguas más profundas conforme su crecimiento. El desove ocurre de enero a septiembre. Alcanza un tamaño máximo de 35 cm de LE (Froese y Pauly, 2019).

Caracteres merísticos: Puede presentar una branquiespina en la extremidad superior del primer arco branquial y de 8 a 11 en la extremidad inferior. La primera aleta dorsal presenta 9 o 10 espinas; la segunda aleta presenta 12 o 13 radios. La aleta anal ostenta 12 o 13 radios. El cuerpo está cubierto con pequeñas escamas ctenoideas (McEachran y Fechhelm, 2005).

IV. ANTECEDENTES

Existen numerosos estudios sobre hábitos alimenticios, la trama trófica y los conocimientos sobre el alimento consumido por las especies ícticas. Sin embargo, las investigaciones sobre especies del género *Prionotus* (familia Triglidae) son escasas tanto en México como a nivel mundial. A continuación, se mencionan algunos trabajos realizados con peces pertenecientes a este género.

Golfo de México

Lewis y Yerger (1976) reportan que en el noreste del Golfo de México *Prionotus alatus* se alimenta principalmente de crustáceos. Encontrando que los juveniles consumen anfípodos, misidáceos y estomatópodos, mientras que los ejemplares adultos se alimentan de decápodos y peces pequeños (< 15 mm LE). Asimismo, reportan que *Prionotus roseus* se alimenta especialmente de crustáceos. Los juveniles consumen camarones decápodos, misidáceos y anfípodos, mientras que los adultos se alimentan exclusivamente de decápodos. Finalmente, *Prionotus stearnsi* presenta diferencias en la alimentación entre juveniles y adultos. Los juveniles se alimentan de pequeños crustáceos y los adultos de peces (usualmente mayores de 25 mm de LE).

Ross (1977) realiza un estudio sobre los patrones de partición de recurso alimenticio en ocho especies pertenecientes a dos géneros de la familia Triglidae en la plataforma oeste de Florida, Estados Unidos. Encontró que existían diferencias en el tamaño de las bocas y por tanto presentaban disimilitud del tamaño de sus presas. Las especies que se alimentan de presas menores a 10 mm las denominó modo *scitulus*, mientras que las especies que se alimentan de presas mayores a 10 mm las denominó modo *tribulus*. Asimismo, la repartición del recurso se debe a la partición del macro-hábitat.

Ross (1978) estudia la ontogenia trófica de *Prionotus scitulus* en Tampa Bay, Florida, Estados Unidos. Examina 650 ejemplares que fueron colectados mensualmente desde abril de 1972 a mayo de 1973. Los peces menores a 65 mm de LE presentaron una dieta basada en larvas de crustáceos, camarones decápodos, cumáceos, copépodos y anfípodos, mientras que para los peces de mayor tamaño de 95 mm (LE) el alimento principal fue el anfioxo *Branchiostoma floridae*.

Posteriormente, Ross (1983) colecta durante el Proyecto Hourglass (agosto, 1965-noviembre, 1967), un total de 11 especies de triglidos en la plataforma oeste de Florida. Encuentra que la presa principal de *P. roseus* fueron decápodos, principalmente del género *Leptocheila* y como presas secundarias, reporta a los misidáceos, anfípodos, braquiuros, peces y poliquetos. Este estudio únicamente reporta las preferencias alimenticias de 20 ejemplares de *P. alatus*, de los cuales los decápodos de la Familia Pasiphaeidae obtuvieron una frecuencia de ocurrencia (FO) del 40% siendo la presa principal, seguido del pez *Bregmaceros atlanticus* con el 30%.

Cruz-Escalona *et al.* (2001) analizan 234 estómagos de *Prionotus rubio* que fueron obtenidos de septiembre de 1994 a agosto de 1995 frente a la plataforma continental de Alvarado, Veracruz, México. Los resultados indican que *P. rubio* presenta una dieta basada en crustáceos decápodos, siendo *Farfantepenaeus aztecus* quien aporta el 43% de IIR (Índice de Importancia Relativa), seguido de *Sicyonia dorsalis* con 21.5% y *Portunus spinicarpus* con 20.5%.

Quijano *et al.* (2020) analizan 67 ejemplares de *P. rubio* capturados en marzo y octubre, 2018 en Las Barrancas, Alvarado Veracruz. En los ejemplares obtenidos en el primer muestreo se registraron 19 ítems alimenticios, mientras que en el segundo un total de 22. La dieta de esta especie estuvo conformada por crustáceos y peces. Mediante el Índice de Levins (0.69) se considera que esta especie no presenta alguna preferencia sobre algún tipo de alimento.

Océano Pacífico

Schmitter-Soto y Castro-Aguirre (1996) determinan la dieta de *Bellator gymnostethus*, *Prionotus stephanophrys* y *P. albirostris* en Baja California Sur. Encontraron que la dieta de *B. gymnostethus* se basa principalmente del eufasido *Nyctyphanes simplex*. De manera similar *P. stephanophrys* consume este recurso. Sin embargo, en peces de mayor talla, esta especie incorpora a su dieta el decápodo *Pleuroncodes planipes*. Finalmente, *P. albirostris* presentó una dieta más diversa y equitativa, alimentándose principalmente de crustáceos de la subclase Mysidacea y decápodos de la familia Penaeidae y Pasiphaeidae.

Raymundo-Huizar y Saucedo (2008) identifican los hábitos alimenticios de *P. ruscarius* en las costas de Jalisco y Colima durante enero a diciembre de 1996 (128 ejemplares). La dieta

consistió en 30 ítems. De acuerdo con el Índice de Importancia Relativa (IIR) esta especie se alimenta principalmente de camarones peneidos (45.5%), braquiuros (37.8%) y estomatópodos (9.7%). Mediante el Índice de Levins se determinó que esta especie presenta una tendencia a la especialización de camarones peneidos.

Océano Atlántico

Soares y Apelbaum (1994) colectan 494 ejemplares de *Prionotus punctatus* en la región de Ubatuba al oeste Atlántico de Brasil. Los ejemplares se colectaron nictimeralmente cada tres horas durante enero de 1987 y julio y diciembre de 1988. Los resultados del análisis indicaron que esta especie es de hábitos diurnos, cuya dieta en verano se basa principalmente en cangrejos portunidos, mientras que en el invierno de portunidos y camarones peneidos.

De saó Clemente *et al.* (2014) estudian la distribución y hábitos alimenticios de tres especies de triglidos (*Bellator brachychir*, *Prionotus nudigula* y *P. punctatus*) en la cuenca de Campos, al sureste de Brasil. Encontraron que todas las especies analizadas presentan una dieta carcinófaga. En particular para *B. brachychir*, los anfípodos fueron la presa más importante, mientras que *P. nudigula* y *P. punctatus* consumen preferentemente isópodos y camarones, respectivamente.

V. HIPÓTESIS

Las especies que forman parte de un mismo género tienden a presentar preferencias tróficas similares, por lo que al compartir el hábitat desarrollan estrategias adaptativas para evitar la competencia interespecífica. Además, presentan cambios en los hábitos alimenticios a lo largo de su crecimiento aprovechando el mismo recurso o alimentándose de presas diferentes a través de las distintas etapas de su ciclo de vida disminuyendo la competencia intraespecífica. Esto se puede atribuir a factores externos como el hábitat y la disponibilidad de alimentos, o bien a factores internos como cambios morfológicos y de requerimientos metabólicos.

Por lo tanto, las especies de *Prionotus* que habitan en el Cinturón Plegado Perdido, presentarán diferencias tróficas en función de los tipos de presa y su abundancia en el ecosistema, además se espera un cambio en la composición y abundancia de las presas consumidas en relación con los tamaños de los individuos.

VI. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar las preferencias e interacciones tróficas de tres especies de peces del género *Prionotus* colectadas durante la realización de campañas oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido, Golfo de México.

Objetivos específicos

Determinar la composición y la abundancia de los componentes que conforman la dieta de tres especies del género *Prionotus*.

Evaluar la estructura trófica en función con la talla en las tres especies del género *Prionotus*.

Estimar el traslape de nicho entre las especies del género *Prionotus* del Cinturón Plegado Perdido.

VII. MÉTODO

7.1 Área de estudio

El Cinturón Plegado Perdido se encuentra en aguas profundas del Noroeste del Golfo de México. Está formado por una franja de pliegues orientada de noreste a suroeste (Patiño-Ruiz *et al.*, 2003). La costa más próxima al Cinturón Plegado Perdido se encuentra al oeste en el estado de Tamaulipas. Consta de 800 km longitud, comenzando desde la desembocadura del río Bravo hasta su límite meridional al sur del Trópico de Cáncer. Esta región se caracteriza por ser semiárida con una temperatura media anual de 18° C (\pm 14°C) y una precipitación media anual de 800 mm (Ortiz-Pérez y De la Lanza-Espino, 2006).

Las estaciones analizadas en el Cinturón Plegado Perdido para este estudio cubrieron las latitudes 23°44'22.80"N a 25°49'32.64"N, longitudes de 96°13'55.14"W a 97°31'30.78"W y presentaron profundidades entre 44 y 500 m (Figura 4).

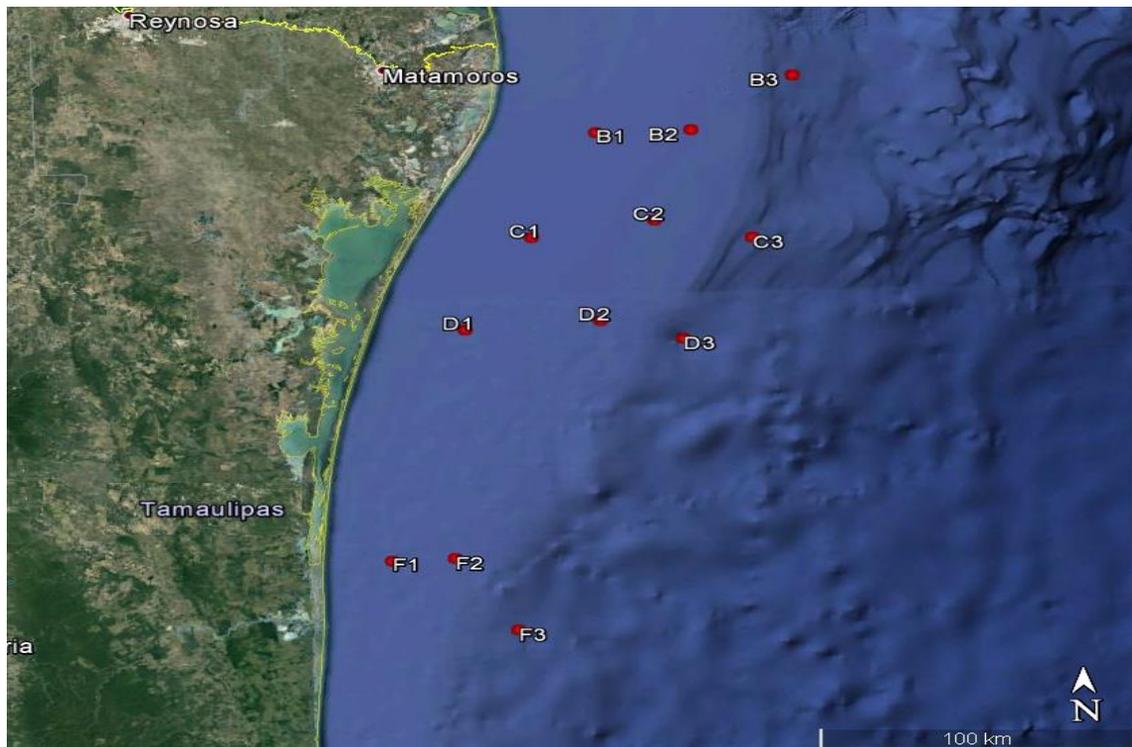


Figura 4. Mapa de las estaciones oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido al noroeste del Golfo de México.

7.2 Trabajo de campo

7.2.1 Colecta de organismos

Los ejemplares fueron recolectados durante tres campañas oceanográficas en octubre de 2016 (Perdido 2), junio (Perdido 3) y septiembre de 2017 (Perdido 4). Las artes de pesca utilizadas fueron la red de arrastre camaronera y red de trineo bentónico.

La dimensión de la red de arrastre camaronera fue de 18.29 m con una apertura de malla de 4.57 cm y el arrastre se realizó en cada estación oceanográfica durante 30 minutos aproximadamente a una velocidad constante de 2.7 nudos (Figura 5). Por otra parte, la red de trineo bentónico fue arrastrada durante 1 milla náutica a una velocidad constante de 2.5 nudos, esta red posee la dimensión 32.4 m x 0.90 m, con una apertura de malla de 3.4 cm (Figura 6). En cada estación se tomaron los datos de colector, método, preservación, fecha, hora, número de estación, profundidad, sustrato.



Figura 5. Red de arrastre camaronera utilizado en campañas oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido.



Figura 6. Red de trineo bentónico utilizado en campañas oceanográficas en el Cinturón Plegado Perdido.

Los ejemplares capturados fueron congelados a -20°C y posteriormente se llevaron al laboratorio de Taxonomía y Ecología de Peces del CINVESTAV Mérida. Se identificaron con las guías de Russell *et al.* (1992) y McEachran y Fechhelm, (2005). Después se etiquetaron y tomaron medidas morfométricas, finalmente se colocaron en alcohol al 70%.

7.3 Trabajo de laboratorio

7.3.1 Análisis de los contenidos estomacales

Se realizó la disección de cada ejemplar con la finalidad de extraer el tracto digestivo (estómago e intestinos), separándolo de la cavidad abdominal mediante un corte desde la terminación del recto hasta la cavidad branquial a nivel de esófago. Cada tracto digestivo fue pesado en una balanza analítica Ohaus Pioneer (1 ± 0.0001 g). Los estómagos que se encontraron vacíos únicamente fueron registrados en peso y relacionado al total de estómagos examinados mediante el coeficiente de vacuidad (CV) propuesta por Windell (1971).

$$CV = \frac{\text{no. de estómagos vacíos}}{\text{no. de estómagos analizados}} \times 100$$

Los estómagos que contenían algún tipo de alimento se depositaron en una caja Petri para ser analizado en un microscopio estereoscópico o en su caso el óptico para organismos que lo requirieron. Cada una de las presas se identificó hasta el menor nivel taxonómico posible, utilizando claves especializadas para los distintos grupos de organismos (Morris, 1973; Rodríguez, 1980; Rehder, 1981; Williams, 1984; Tunnell *et al.*, 2010). La materia orgánica y las presas de origen animal que no fue posible su identificación debido a un alto grado de digestión fueron clasificadas como Materia orgánica no identificada (MONI) y Materia animal no identificada (MANI).

Para el análisis y cuantificación de la abundancia se utilizaron los métodos de área (%A), gravimétrico (%P) y la frecuencia de ocurrencia (FO). El método de área (%A) se refiere al área que ocupa cada presa con respecto al área total del contenido estomacal (Poot-Salazar *et al.*, 2005; Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2007). Consiste en distribuir el contenido estomacal sobre el fondo de una caja Petri con cuadros de 1 cm² y subdivididos en cuadrículas de 1 mm², y cada cuadro representa el 1%. El resultado se interpreta como la cantidad ingerida de cada componente alimenticio. Este método es de gran utilidad cuando la dieta está constituida por presas pequeñas y fragmentos que impiden su cuantificación numérica (Vega-Cendejas, 1990; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

El método gravimétrico (%P) se refiere al peso de cada tipo de alimento con respecto al peso total de los contenidos estomacales en la muestra, expresado en porcentaje (Hyslop, 1980). Para ello, se utilizó una balanza analítica o gravimétrica en función de las presas. Por otra parte, el método de frecuencia (FO) se refiere al número de veces en que aparece un tipo determinado de alimento en toda la muestra y es expresada como parte proporcional del total de estómagos examinados (Hyslop, 1980; Lagler *et al.*, 1994).

$$FO = (n/NE) * (100)$$

Dónde:

FO: porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

n: número de estómagos con cierta presa.

NE: número total de estómagos analizados.

Este método indica las posibles preferencias alimenticias. Mediante los porcentajes obtenidos se pueden distinguir tres categorías: accidentales (FO <10%), secundarios (FO <50%) y preferenciales (FO >50%) (Yáñez-Arancibia, 1975).

7.3.2 Índice de importancia relativa (IIR)

Para determinar la preferencia alimenticia o la presa más importante en la dieta de cada especie se utilizó el Índice de Importancia Relativa (IIR) propuesta por Pinkas *et al.* (1971) y modificado por Yáñez-Arancibia (1975), Hyslop (1980) y Cortés (1997). Éste índice incorpora los valores obtenidos de área, peso y enfatiza la FO de los elementos que constituyen la dieta.

$$\text{IIR} = (\%A + \%P) * \%FO$$

Dónde:

% A: Porcentaje de área

% P: Porcentaje de peso

%FO: Porcentaje de frecuencia de ocurrencia

7.3.3 Diversidad de la dieta

En una comunidad, la amplitud y el traslape de nicho está casi siempre en función de la diversidad. Por lo que se ha señalado que el rango amplio de recursos tróficos crece conforme la amplitud del nicho aumenta (especies generalistas). Por otro lado, cuando la amplitud del nicho es menor, se reduce la diversidad de los recursos (especies especialistas) (Gliessman, 2002).

La amplitud trófica se determinó mediante los valores porcentuales del IIR de cada recurso alimenticio, para ello se utilizó el Índice estandarizado de Levins (B_A) (Krebs, 2013) empleando el lenguaje de programación R versión 3.6.3 (R Core Team, 2020) y la función `niche.width` del paquete estadístico `spaa` (Zhan, 2016):

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

$$BA = (B-1) / (n-1)$$

Dónde:

B: Índice de Levins

P: proporción de cada grupo de presa en la dieta

n: el número de grupos alimentarios posibles

BA: Índice estandarizado de Levins (amplitud de nicho)

El Índice estandarizado de Levins varía de 0 a 1, donde valores cercanos a 1 indican una alimentación generalista u omnívora, mientras que valores cercanos a 0 sugieren que la alimentación se encuentra dominada por pocos grupos tróficos (especie especialista).

7.3.4 Traslape de nicho trófico

Los diagramas de Venn proporcionan un método gráfico para representar, mediante formas geométricas, la interacción entre n objetos (Chen y Boutros, 2011). Por lo tanto, se realizó un diagrama de Venn mediante el paquete estadístico VennDiagram (Chen, 2018) para representar las relaciones de las tres especies de *Prionotus* con los recursos alimenticios que conforman su dieta.

Las medidas de similitud son índices que examinan y expresan de manera cualitativa o cuantitativa el grado de asociación entre especies, muestras, sitios, localidades o comunidades. Existen dos amplias clases de coeficientes de similitud: Los coeficientes binarios y los coeficientes de similitud cuantitativos.

Los coeficientes de similitud binarios se utilizan cuando solo se disponen datos de presencia o ausencia de una especie en una comunidad, por tanto, son apropiados para la escala nominal de medición. Por otra parte, los coeficientes de similitud cuantitativos son aquellos que requieren de alguna medida de abundancia relativa, disponible para cada especie, como el número de individuos, biomasa, cobertura, productividad (Krebs, 2013).

La similitud de la dieta entre las especies de triglidos fue evaluada mediante el Índice simplificado de Morisita (Krebs, 2013), utilizando los valores porcentuales del IIR de cada recurso alimenticio y la función `vegdist` del paquete estadístico `vegan` (Oksanen *et al.*, 2019) en el lenguaje de programación R versión 3.6.3 (R Core Team, 2020):

$$C_H = \frac{2 \sum_i^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_i^n P_{ij}^2 + \sum_i^n P_{ik}^2}$$

Dónde:

C_H : Índice de superposición (traslape) simplificado de Morisita (Horn, 1966) entre las especies j y especies k .

P_{ij} : proporción del recurso i del total de recursos utilizados por la especie j .

P_{ik} : proporción del recurso i del total de recursos utilizados por la especie k .

n : número total de recursos ($i = 1, 2, 3, \dots, n$).

El Índice simplificado de Morisita es apropiado cuando los datos originales están expresados como proporciones y está formulado para utilizarse en caso de que los datos no sean números, sino biomasa, cobertura o productividad. El índice varía de 0 (no hay similitud) a 1 (similitud total) (Krebs, 2013). Posteriormente se realizó un análisis clúster utilizando la matriz del IIR de los componentes alimenticios en relación con las especies mediante el paquete estadístico PAST 4.03 (Hammer *et al.*, 2001).

7.3.5 Cambio ontogénico

Para analizar el cambio ontogénico en la dieta, los ejemplares se agruparon por clases de tallas mediante la regla de Sturges, el cual es un método empírico para determinar el número de clases que debe existir en un histograma de frecuencias y se basa en el principio en que la distribución adecuada de clases se da para todos los números que son potencias de dos, mediante una serie de coeficientes binomiales (Sturges, 1926).

$$C = \frac{R}{k}$$

Dónde C es el número de intervalos de clase de tallas, R es el rango que es estimado por:

$$R = LE_{max} - LE_{min}$$

En el cual LE_{max} y LE_{min} son las longitudes estándar máxima y mínima encontradas en el presente estudio y k es el número de clases la cual se determina por:

$$k = 1 + [3.332 \times \log(n)]$$

donde n es el número de individuos con estómagos llenos durante el periodo de estudio.

Este método permitió construir categorías de tallas a partir de las longitudes estándar de los especímenes colectados y otorgándoles una clasificación alfabética. Posteriormente se obtuvieron los valores de IIR para cada componente alimenticio entre rangos de talla, con el objetivo de determinar las presas representativas.

7.3.6 Análisis estadístico de la dieta

A través del lenguaje de programación R versión 3.6.3 (R Core Team, 2020) y la función ANOSIM del paquete estadístico *vegan* (Oksanen *et al.*, 2019), se realizó el análisis de similitudes para probar estadísticamente si existía una diferencia significativa en las preferencias tróficas entre especies y entre cada rango de tallas para cada especie.

La función ANOSIM opera directamente en una matriz de disimilitud con el coeficiente de Bray-Curtis y provee un estadístico R (análogo al F de ANOVA) que se basa en la diferencia de rangos medios entre los grupos (rB) y dentro de grupos (rW):

$$R = \frac{rB - rW}{\frac{[N \times (n - 1)]}{4}}$$

Si dos unidades de muestreo son realmente diferentes en la composición de sus especies (recursos alimenticios), entonces las diferencias de composición entre grupos deben ser mayor que dentro de grupos. El estadístico R varía de -1 a 1 donde los valores positivos sugieren más similitud dentro de grupos. Valores negativos sugieren más similitud entre grupos (Clarke, 1993). El análisis se realizó con los datos de IIR de los componentes alimenticios de cada especie y para el rango de tallas de cada especie.

Las diferencias en las dietas entre las distintas tallas de las tres especies del género *Prionotus* se representaron mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico

(NMDS). El análisis fue calculado con los datos del IIR de los componentes alimenticios que fueron transformados a raíz cuadrada con el propósito de reducir la ponderación de los componentes (Clarke, 1993). El análisis se realizó mediante la función metaMDS en vegan (Oksanen *et al.*, 2019), el cual utiliza el coeficiente de Bray-Curtis y busca una mejor configuración en la ordenación.

Posteriormente al análisis ANOSIM se realizó un análisis SIMPER para especificar el porcentaje de similitud por tipo de presa entre especies y entre los rangos de talla. El análisis se realizó mediante el uso del programa estadístico Primer-E ver 7 (Clarke y Gorley, 2015). El análisis SIMPER (Clarke, 1993) está basado en la descomposición del índice de similitud de Bray-Curtis y muestra la contribución individual de cada recurso alimenticio a la similitud total:

$$d_{ijk} = \frac{|x_{i,j} - x_{i,k}|}{\sum_{i=1}^S (x_{i,j} + x_{i,k})}$$

Donde x es la abundancia de especies i en las unidades de muestreo j y k.

d_{ijk} es la suma de todas las contribuciones individuales sobre todas las especies S.

La función SIMPER realiza las comparaciones por pares de grupos de unidades de muestreo y encuentra las contribuciones promedio de cada especie a la similitud promedio general de Bray-Curtis.

VIII. RESULTADOS

8.1 Estructura trófica

8.1.1 Espectro trófico de *Prionotus stearnsi*

Se analizaron 237 ejemplares con una distribución de tallas comprendidas entre los 3.20 y 12.40 cm de LE. El coeficiente de vacuidad fue de 16%, de tal forma que se descartaron los tubos digestivos vacíos y se utilizaron únicamente 199 que presentaron algún tipo de alimento. A través del análisis trófico se identificaron 22 recursos alimenticios que conformaron 11 grupos tróficos (Tabla 1).

Los principales componentes alimenticios fueron de tipo secundario (FO 10-50%). Entre estos se identificaron los Osteichthyes con 42.21%, la Materia animal no identificada (MANI) el 48.24% y el grupo Crustácea con 13.57% de FO. Los grupos restantes fueron de tipo accidental al presentar FO<10% (Tabla 1). Con respecto al alimento de tipo accidental *Bregmaceros* sp. (8.04%) presentó el mayor valor.

De acuerdo con el área y peso, la categoría Osteichthyes presentó los mayores valores con 57.25% y 52.60% respectivamente. El componente alimenticio más importante en lo que respecta al área y peso fue *Bregmaceros* sp., quien presentó 17.08% de área y 34.17% de peso. En cuanto al IIR, el mayor porcentaje lo obtuvo nuevamente el grupo Osteichthyes con el 72%, siendo esta categoría la más importante en la alimentación de *P. stearnsi*; por otro lado, la categoría MANI tuvo un 20%, seguida del grupo Bregmacerotidae con 6% (Figura 7). El grupo Otros estuvo conformados por Otros crustácea, Materia orgánica no identificada (MONI), Decapoda, Detritus, Polychaeta, Foraminifera, Materia vegetal y Mollusca.

Tabla 1. Contribución de las presas que conforman la dieta de *Prionotus stearnsi*. Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.

Grupo	%A	%P	%FO	%IIR	Grupo	%A	%P	%FO	%IIR
Foraminifera					14. Crustácea no ident.	3.20	1.10	10.55	0.71
1. <i>Globigerina</i> sp.	0.01	0.00	0.50	0.00	Subtotal	4.82	2.49	13.57	1.54
2. Foraminifera no ident.	0.01	0.00	1.01	0.00	Decapoda				
Subtotal	0.02	0.00	1.51	0.00	15. Sergestidae	0.20	0.23	0.50	0.00
Materia vegetal					16. Larva	0.12	0.21	0.50	0.00
3. Alga	0.01	0.00	0.50	0.00	17. Decapoda no ident.	0.76	0.55	1.51	0.03
Subtotal	0.01	0.00	0.50	0.00	Subtotal	1.08	0.99	2.51	0.08
Mollusca					Otros Osteichthyes				
4. Cephalopoda	0.01	0.00	0.50	0.00	18. Peces no ident.	57.25	52.60	42.21	72.56
Subtotal	0.01	0.00	0.50	0.00	Subtotal	57.25	52.60	42.21	71.94
Polychaeta					Bregmacerotidae				
5. <i>Exogene</i> sp.	0.06	0.02	0.50	0.00	19. <i>Bregmaceros</i> sp.	17.08	34.17	8.04	6.45
6. Polychaeta no ident.	0.09	0.01	0.50	0.00	Subtotal	17.08	34.17	8.04	6.39
Subtotal	0.16	0.04	1.01	0.00	MANI				
Otros Crustácea					20. MANI	17.64	8.70	48.24	19.89
7. Ostracoda	0.02	0.00	1.01	0.00	Subtotal	17.64	8.70	48.24	19.72
8. Copepoda	0.08	0.01	0.50	0.00	MONI				
9. Isopoda	0.04	0.02	0.50	0.00	21. MONI	1.37	0.79	8.54	0.29
10. Amphipoda	0.02	0.01	0.50	0.00	Subtotal	1.37	0.79	8.54	0.29
11. Stomatopoda	0.68	1.13	0.50	0.01	Detritus				
12. Mysidacea	0.21	0.05	0.50	0.00	22. Detritus	0.55	0.23	2.51	0.03
13. Brachyura	0.56	0.16	1.01	0.01	Subtotal	0.55	0.23	2.51	0.03

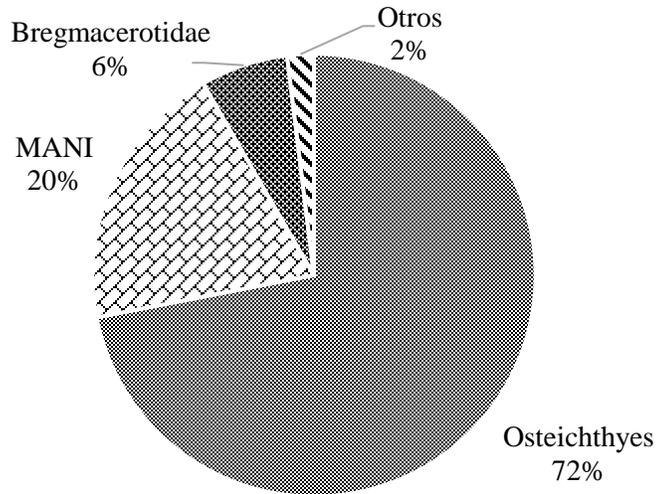


Figura 7. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de *P. stearnsi* con base a los valores del Índice de importancia relativa. Materia animal no identificada: MANI.

8.1.2 Espectro trófico de *Prionotus paralatus*

Se revisaron 195 ejemplares que presentaron una distribución de tallas entre 7.8 y 17.5 cm de LE. De acuerdo con el coeficiente de vacuidad, únicamente se descartaron el 3% de los estómagos analizados, utilizando 189 tractos digestivos que presentaron algún tipo de alimento. Mediante el análisis de contenido estomacal se identificaron 33 recursos alimenticios que, finalmente, integraron 16 grupos tróficos (Tabla 2).

El grupo Osteichthyes y MANI fueron los alimentos de tipo preferencial y presentaron 55.56% y 51.32% de FO, respectivamente. La categoría Crustácea presentó 15.34%, mientras que el grupo Bregmacerotidae 13.23%. Ambos grupos constituyeron presas de tipo secundario.

De acuerdo con los valores área y peso registrados, el grupo Osteichthyes muestra los valores más altos, 31.31% y 23.51%, respectivamente. El género *Bregmaceros* sp. es el género de los Osteichthyes que aporta el 19.81% de área y 28.25% de peso total de las presas. Por otra parte, MANI aportó 22.03% de área y 15.16% peso.

Los valores porcentuales del IIR indican que el grupo Osteichthyes representan el 50% de la dieta general de *P. paralatus*. El pez *Bregmaceros* sp. conforma el 11% de la dieta. Por otra parte, la categoría MANI exhibe el 31%, mientras que los crustáceos determinan el 8% restante (Figura 8).

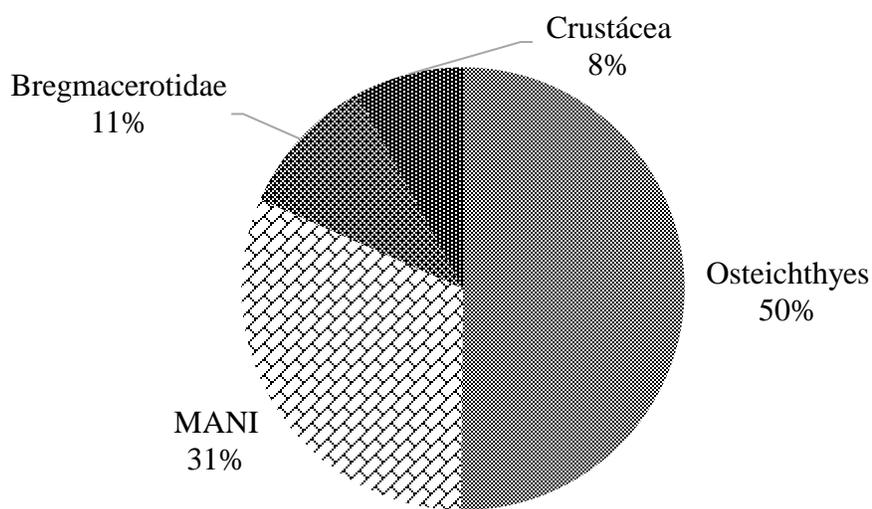


Figura 8. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de *P. paralatus* con base a los valores del Índice de importancia relativa. Materia animal no identificada: MANI.

Tabla 2. Contribución de las presas que conforman la dieta de *Prionotus paralatus*. Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.

Grupos	%A	%P	%FO	%IIR	Grupos	%A	%P	%FO	%IIR
Foraminifera					Decapoda				
1. <i>Globorotalia</i> sp.	0.00	0.00	0.53	0.00	14. Caridea	0.10	0.08	0.53	0.00
Subtotal	0.00	0.00	0.53	0.00	15. <i>Leptochela</i> sp.	0.28	0.32	2.12	0.02
Bryozoa					16. Paguroidea	0.32	0.27	0.53	0.01
2. Bryozoa	0.01	0.04	0.53	0.00	17. <i>Pagurus</i> sp.	0.28	0.61	0.53	0.01
Subtotal	0.01	0.04	0.53	0.00	18. Xanthidae	0.93	1.71	0.53	0.02
Polychaeta					19. Decapoda no ident.	4.28	5.53	6.35	1.06
3. Syllidae	0.01	0.01	0.53	0.00	Subtotal	6.19	8.53	10.05	2.43
4. Polychaeta no ident.	1.01	0.48	2.65	0.07	Crangonidae				
Subtotal	1.02	0.49	3.17	0.08	20. <i>Argis</i> sp.	0.34	0.76	1.06	0.02
Echinodermata					Subtotal	0.34	0.76	1.06	0.02
5. Echinoidea	0.32	0.11	1.06	0.01	Dendrobranchiata				
Subtotal	0.32	0.11	1.06	0.01	21. Penaeidae	0.71	0.86	3.17	0.09
Otros Crustácea					22. Sergestidae	0.98	0.98	1.59	0.05
6. Ostracoda	0.01	0.00	0.53	0.00	23. Sicyoniidae	1.25	3.11	1.06	0.08
7. Crustácea no ident.	6.04	4.57	14.81	2.68	24. Dendrobranchiata no ident.	1.18	1.30	3.70	0.16
Subtotal	6.05	4.58	15.34	2.68	Subtotal	4.12	6.25	8.47	1.44
Brachyura					Alpheidae				
8. Leucosiidae	0.29	0.35	0.53	0.01	25. Alpheidae	3.36	4.88	4.23	0.60
9. <i>Persephona</i> sp.	0.07	0.10	0.53	0.00	26. <i>Alpheus</i> sp.	1.22	2.73	1.06	0.07
10. <i>Raninoides</i> sp.	0.10	0.20	0.53	0.00	Subtotal	4.59	7.61	4.76	0.96
11. <i>Panoplax</i> sp.	0.59	0.67	0.53	0.01	Stomatopoda				
12. <i>Tetraxanthus</i> sp.	0.36	0.29	0.53	0.01	27. <i>Squilla</i> sp.	0.42	0.63	0.53	0.01
13. Brachyura no ident.	1.27	1.63	1.06	0.05	Subtotal	0.42	0.63	0.53	0.01
Subtotal	2.70	3.25	3.70	0.36					

Continuación Tabla 2				
Grupos	%A	%P	%FO	%IIR
Euphausiacea				
28. Euphausiidae	0.36	0.22	1.59	0.02
Subtotal	0.36	0.22	1.59	0.02
Otros Osteichthyes				
29. Ophidiidae	0.21	0.31	0.53	0.00
30. Osteichthyes no ident.	31.10	23.20	55.56	51.48
Subtotal	31.31	23.51	55.56	50.09
Bregmacerotidae				
31. <i>Bregmaceros</i> sp.	19.81	28.25	13.23	10.85
Subtotal	19.81	28.25	13.23	10.45
MANI				
32. MANI	22.03	15.16	51.32	32.57
Subtotal	22.03	15.16	51.32	31.39
MONI				
33. MONI	0.75	0.62	2.65	0.06
Subtotal	0.75	0.62	2.65	0.06

8.1.3 Espectro trófico de *Prionotus longispinosus*

Se obtuvieron en total 188 ejemplares de *P. longispinosus* con una distribución de tallas que oscilaron entre 9.2-24.7 cm de LE. Un total de 179 ejemplares presentaron algún tipo de alimento (CV 7%). A través del análisis de contenido estomacal se lograron identificar 46 recursos alimenticios que integran un total de 15 grupos tróficos (Tabla 3).

El grupo Osteichthyes representa el componente preferencial de la dieta con un valor de FO de 55.75%. Los grupos Crustácea, Dendrobranchiata, MANI y Brachyura forman parte del alimento de tipo secundario al presentar FO 10-50%. Los grupos restantes forman parte del alimento de tipo accidental al registrar FO <10% (Tabla 3).

La categoría Osteichthyes presentó el mayor valor de área con 35.30%, el cual contribuyó con un peso porcentual de 22.91%. No obstante, el grupo Dendrobranchiata aportó el mayor peso a la dieta con 44.72%, siendo el género *Parapenaeus* sp. quien contribuye con 11.11%. Finalmente, la categoría Crustácea aporta 18.85% de área y 14.80% del peso de la dieta general.

De acuerdo con los valores porcentuales del IIR, el grupo Osteichthyes representa el 47% de la dieta general, siendo esta categoría la más importante en la alimentación de *P. longispinosus*, seguida por los grupos Dendrobranchiata y Crustácea quienes aportan el 31% y 16% de la dieta. Por otra parte, el grupo Otros quien representa únicamente el 6% de la dieta general, estuvo conformado por la Materia vegetal, Alpheidae, Brachyura, Bryozoa, Decapoda, Euphaciacea, Foraminifera, MANI, Mollusca, MONI, Polychaeta y Stomatopoda, (Figura 9).

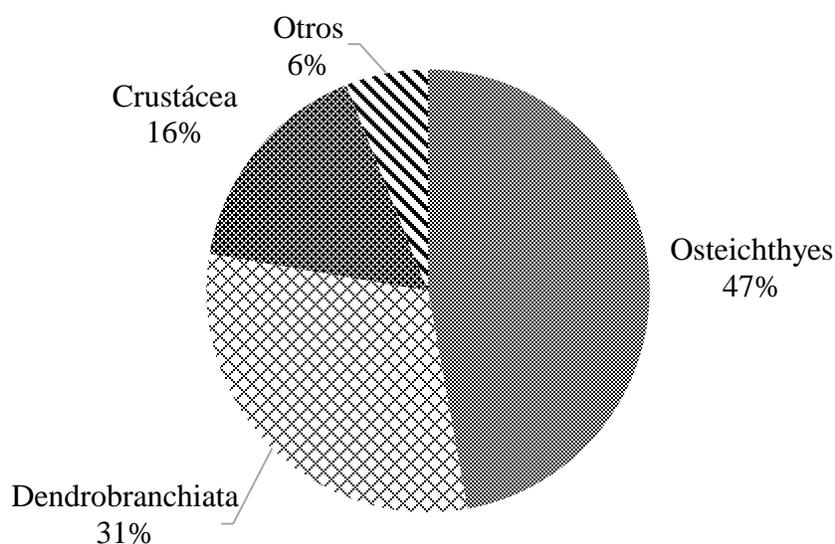


Figura 9. Representación gráfica de los grupos tróficos de la dieta de *P. longispinosus* con base a los valores del Índice de importancia relativa.

Tabla 3. Contribución de las presas que conforman la dieta de *Prionotus longispinosus*. Se presentan los valores porcentuales de área (%A), peso (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e Índice de importancia relativa (%IIR). Donde 0.00 representa valores muy bajos. Materia animal no identificada: MANI. Materia orgánica no identificada: MONI.

Grupo	%A	%P	%FO	%IIR	Grupo	%A	%P	%FO	%IIR
Foraminifera					13. Leucosiidae	0.05	0.10	0.57	0.00
1. <i>Rotalina sp.</i>	0.00	0.00	0.57	0.00	14. Leucosiinae	0.03	0.01	0.57	0.00
Subtotal	0.00	0.00	0.57	0.00	15. Parthenopidae	0.04	0.02	0.57	0.00
Bryozoa					16. <i>Leilolambrus sp.</i>	0.01	0.01	0.57	0.00
2. Bryozoa	0.41	0.26	0.57	0.01	17. <i>Solenolambrus sp.</i>	0.08	0.03	1.15	0.00
Subtotal	0.41	0.26	0.57	0.01	18. Portunidae	0.16	0.13	1.72	0.01
Material vegetal					19. <i>Callinectes sp.</i>	0.03	0.03	0.57	0.00
3. Alga	0.07	0.10	1.15	0.00	20. <i>Portunus sp.</i>	0.14	0.06	1.15	0.00
Subtotal	0.07	0.10	1.15	0.00	21. Goneplacidae	0.29	0.70	0.57	0.01
Mollusca					22. <i>Frevillea sp.</i>	0.01	0.01	0.57	0.00
4. <i>Nassarina sp.</i>	0.01	0.02	0.57	0.00	23. <i>Speocarcinus sp.</i>	0.26	0.45	0.57	0.01
5. Cerithiidae	0.01	0.01	0.57	0.00	24. Brachyura no ident.	1.43	1.26	8.05	0.44
Subtotal	0.02	0.03	1.15	0.00	Subtotal	3.28	2.94	16.092	1.45
Polychaeta					Decapoda				
6. <i>Exogene sp.</i>	0.55	0.17	1.15	0.02	25. Caridea	0.01	0.01	0.57	0.00
7. Polychaeta no ident.	1.78	0.64	1.72	0.08	26. <i>Leptocheila sp.</i>	0.01	0.00	0.57	0.00
Subtotal	2.33	0.82	2.87	0.13	27. <i>Pasiphaea sp.</i>	0.07	0.01	0.57	0.00
Otros Crustácea					28. Munidopsidae	0.01	0.00	0.57	0.00
8. Amphipoda	0.01	0.00	0.57	0.00	29. Larva zoea	0.01	0.01	0.57	0.00
9. Isopoda	0.02	0.00	0.57	0.00	30. Decapoda no ident.	3.36	3.60	8.62	1.21
10. Crustacea no ident.	18.82	14.80	33.91	23.21	Subtotal	3.47	3.64	9.20	0.95
Subtotal	18.85	14.80	33.33	16.44	Dendrobranchiata				
Brachyura					31. Penaeidae	2.24	2.61	6.90	0.67
11. Inachidae	0.01	0.00	0.57	0.00	32. <i>Farfantepenaeus sp.</i>	1.86	5.62	1.72	0.26
12. Inachinae	0.76	0.13	0.57	0.01	33. <i>Parapenaeus sp.</i>	3.98	11.11	1.15	0.35

Continuación Tabla 3

Grupo	%A	%P	%FO	%IIR
34. <i>Sicyonia sp.</i>	2.68	6.20	2.87	0.51
35. Sergestidae	6.03	8.22	5.75	1.65
36. Dendrobranchiata no ident.	8.81	10.95	14.37	5.72
Subtotal	25.60	44.72	29.89	30.47
Alpheidae				
37. <i>Alpheus formosus</i>	0.51	0.54	0.57	0.01
Subtotal	0.51	0.54	0.57	0.01
Stomatopoda				
38. <i>Squilla mantis</i>	0.22	0.15	0.57	0.00
39. Stomatopoda no ident.	1.66	2.28	1.72	0.14
Subtotal	1.88	2.43	2.30	0.14
Euphausiacea				
40. Euphausiidae	0.07	0.02	1.15	0.00
Subtotal	0.07	0.02	1.15	0.00
Osteichthyes				
41. Triglidae	0.04	0.04	0.57	0.00
42. <i>Bregmaceros sp.</i>	0.53	0.34	1.15	0.02
43. <i>Synodus sp.</i>	0.36	0.89	0.57	0.01
44. Osteichthyes no ident.	34.37	21.64	54.02	61.01
Subtotal	35.30	22.91	55.75	47.09
MANI				
45. MANI	5.72	4.87	17.24	3.68
Subtotal	5.72	4.87	17.24	2.65
MONI				
46. MONI	2.49	1.93	10.34	0.92
Subtotal	2.49	1.93	10.34	0.66

8.2 Amplitud de nicho

La amplitud de nicho trófico cuantifica el grado de especialización trófica de las especies. Con respecto a las tres especies de *Prionotus* registradas en el Cinturón Plegado Perdido, se determinaron valores cercanos a cero del Índice estandarizado de Levins (Tabla 4). Esto indica que las tres especies presentan una mínima amplitud de nicho, es decir, la alimentación de las tres especies se basa en pocos grupos tróficos y se deben considerar como predadores especialistas.

Tabla 4. Valores de amplitud de dieta calculados con el Índice estandarizado de Levins (B_A) para las especies de *Prionotus* registradas en la región del Cinturón Plegado Perdido. Donde B es el Índice de Levins y B_A el Índice estandarizado.

Espece	B	B_A
<i>Prionotus stearnsi</i>	1.79	0.04
<i>Prionotus paralatus</i>	2.77	0.06
<i>Prionotus longispinosus</i>	3.46	0.05

8.3 Superposición trófica

La dieta de las tres especies del género *Prionotus* registradas en el Cinturón Plegado Perdido consta de 69 recursos alimenticios, de los cuales ocho (*Bregmaceros* sp., Sergestidae, Brachyura no identificado, Crustácea no identificado, Decápoda no identificado, MANI, MONI y Osteichthyes no identificado) son consumidos por las tres especies. *Prionotus stearnsi* presenta siete recursos alimenticios propios para la especie, mientras que comparte nueve con *P. paralatus* y 14 con *P. longispinosus*. En total son 16 los recursos alimenticios propios para *P. paralatus* y comparte 16 con *P. longispinosus*. Por su parte, *P. longispinosus* presenta 24 recursos alimenticios únicamente consumidos por esta especie (Figura 10).

El análisis de superposición trófica de la dieta entre *P. stearnsi* y *P. paralatus* es de 0.93, por otra parte, *P. stearnsi* y *P. longispinosus* presentan un traslape de 0.77, mientras que en *P. longispinosus* y *P. paralatus* existe un traslape de 0.73 (Figura 11). El análisis integral muestra un alto traslape de nicho trófico entre las tres especies.

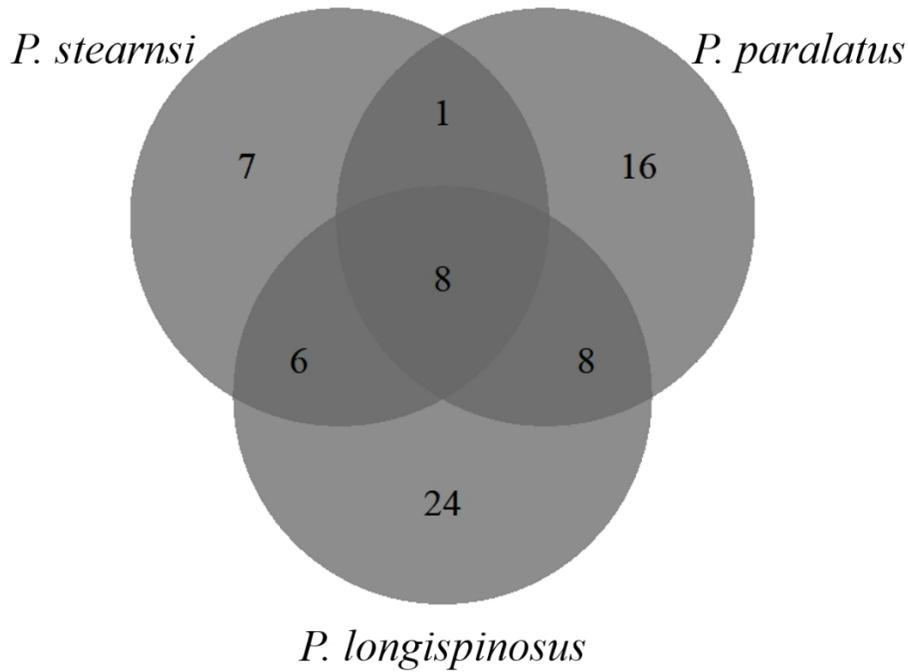


Figura 10. Diagrama de Venn representando los elementos tróficos compartidos entre las tres especies del género *Prionotus* registradas en el Cinturón Plegado Perdido. Se especifica el número de recursos alimenticios propios de cada especie, así como los compartidos entre ellas.

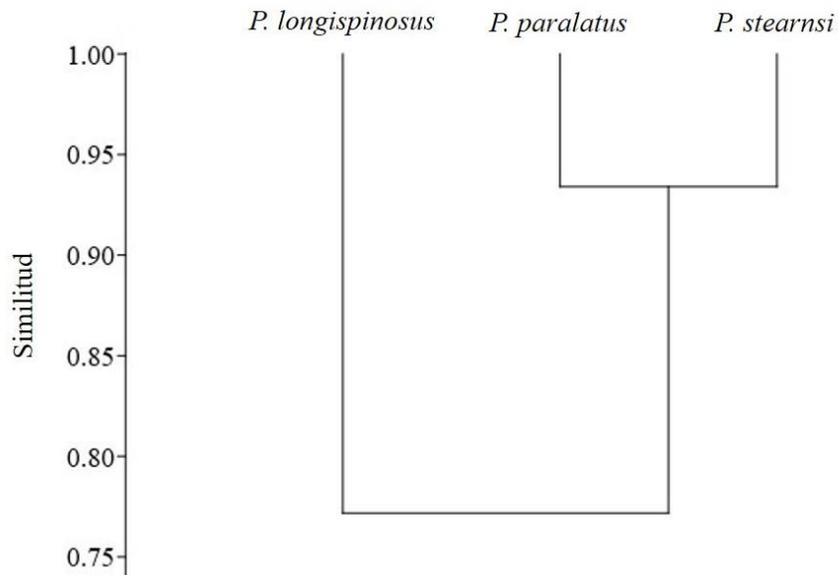


Figura 11. Dendrograma de similitud trófica a través del Índice de Morisita (1966) entre las especies del género *Prionotus* en el Cinturón Plegado Perdido.

8.4 Similitud trófica entre las tres especies del género *Prionotus*

Los resultados obtenidos del análisis ANOSIM indican que existen diferencias tróficas entre las tres especies de *Prionotus* en el Cinturón Plegado Perdido ($R=0.062$, $p=0.001$). Por otra parte, el análisis SIMPER muestra que *P. stearnsi* presenta 12.05% del porcentaje de similitud promedio de Bray-Curtis (PSP), el cual es el promedio de contribución entre todos los pares de recursos alimenticios que conforman su dieta (similitud total), siendo los recursos alimenticios Osteichthyes y MANI quienes aportan 50.22 y 43.09% a dicha similitud. De manera similar los Osteichthyes (59.15%) y MANI (36.31%) son los recursos que mayor contribuyen al PSP (18.08%) de la dieta de *P. longispinosus*. Finalmente, *P. longispinosus* presenta 14.31% PSP en donde los Osteichthyes aportan 66.04%, mientras que los crustáceos únicamente contribuyen con 13.93% (Tabla 5).

Tabla 5. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican la dieta de las tres especies del género *Prionotus* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada especie.

Espece	<i>P. stearnsi</i>	<i>P. paralatus</i>	<i>P. longispinosus</i>
PSP	12.05	18.08	14.31
MANI	50.22	36.31	
Osteichthyes	43.09	59.15	66.04
Crustácea			13.93

8.5 Ontogenia trófica

8.5.1 *Prionotus stearnsi*

Utilizando la regla de Sturges (1926) se obtuvieron nueve clases de tallas con un intervalo de 1.04 cm entre cada clase, cuyos números de individuos por clase varían entre 3 y 53. La clase modal estuvo representada por ejemplares de tallas entre 9.3 cm y 10.17 cm. Con respecto a la amplitud trófica, las clases A, H e I muestran una alimentación generalista, mientras que las demás clases exhiben una alimentación con tendencia a la especialización (Tabla 6).

Los componentes alimenticios Osteichthyes y MANI estuvieron presentes en todas las clases de tallas. Por otra parte, el componente principal de la clase A fue MANI, con el 65% del IIR total de su dieta. Asimismo, las clases B y C se alimentaron principalmente de Osteichthyes,

81.29 y 65.66% respectivamente. En cuanto a las clases D, E, F, G, H e I, éstos incorporan a su dieta el pez *Bregmaceros* sp., siendo la clase I, la de mayor tamaño, quien tiene el mayor consumo de este género de pez con un valor del IIR de 37.92% (Figura 12).

Los resultados obtenidos del análisis ANOSIM indican que no existen diferencias en la alimentación entre clases de tallas ($R=0.014$, $p=0.218$). Adicionalmente, el gráfico NMDS (Figura 13) muestra a las tallas más cercanas entre sí, por lo tanto, presentan una composición y frecuencia similar de los alimentos (Clarke y Gorley, 2015). Por otra parte, el análisis SIMPER muestra que el componente MANI presenta una contribución cercana al 100% al PSP en las clases A, C, D, H e I. Asimismo, el grupo Osteichthyes contribuye del 25.81 al 72.52% al PSP de las dietas entre las clases B, E, F y G (Tabla 7).

Tabla 6. Clases de talla registradas en *Prionotus stearnsi* en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del Índice estandarizado de Levins (B_A).

Clases	n	LE (cm)	B_A
A	5	4.9-5.77	0.53
B	11	5.78-6.65	0.12
C	17	6.66-7.53	0.33
D	27	7.54-8.41	0.30
E	29	8.42-9.29	0.17
F	53	9.3-10.17	0.10
G	44	10.18-11.05	0.05
H	9	11.06-11.93	0.65
I	3	11.94-12.40	0.59

Tabla 7. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de *Prionotus stearnsi* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase.

Clases de tallas	A	B	C	D	E	F	G	H	I
PSP	18.26	10.29	21.80	16.18	10.92	14.33	13.62	18.05	16.14
MANI	100	66.03	70.56	77.64	44.66	46.72		73.54	100
Osteichthyes		25.81			46.16	48.43	72.52		

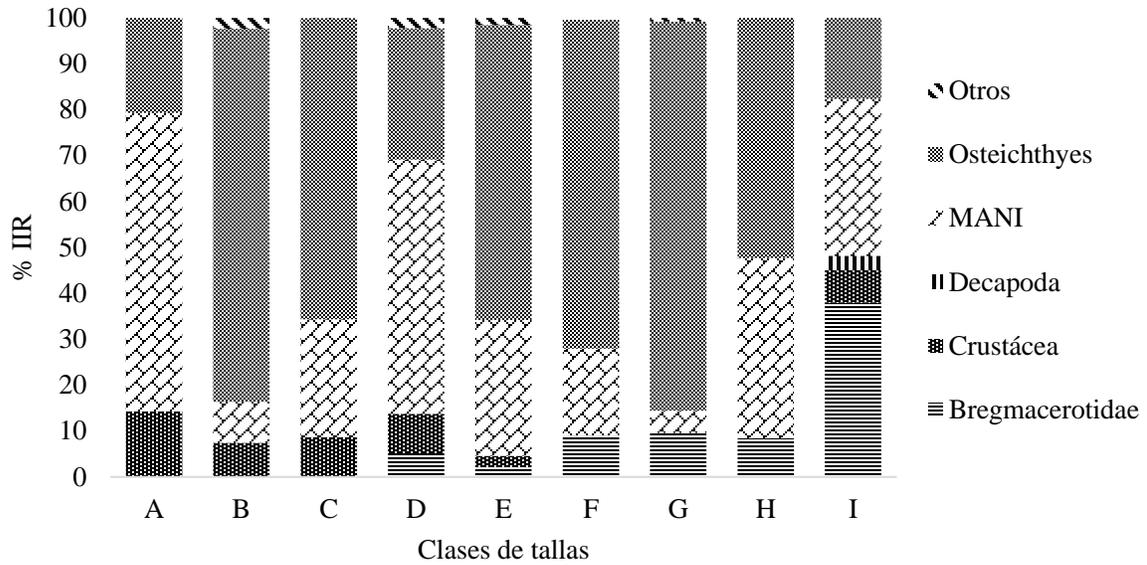


Figura 12. Preferencias tróficas de *Prionotus stearnsi* en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla de Sturges definidos en la tabla 6.

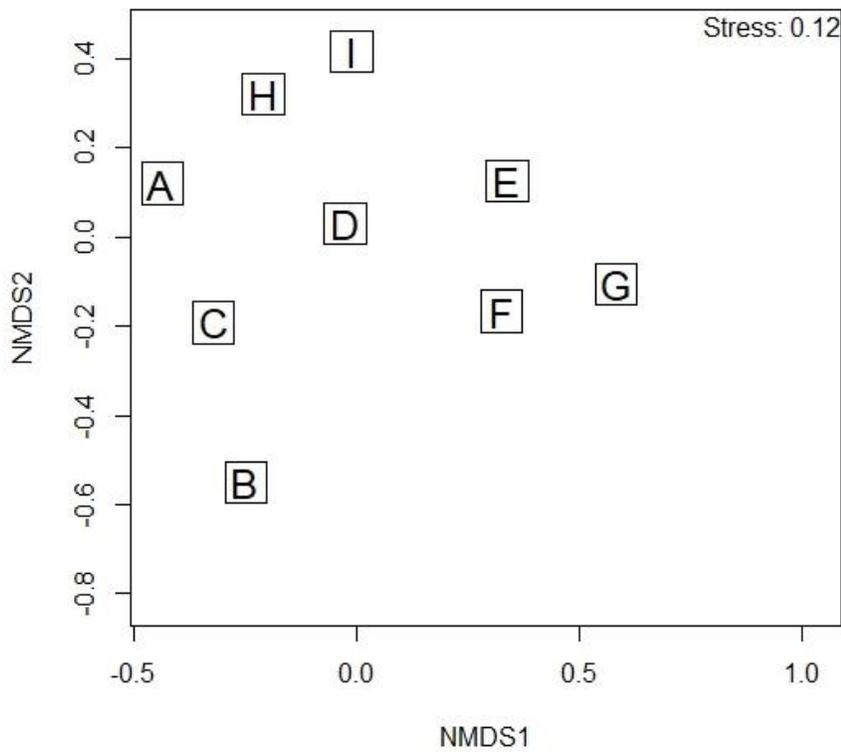


Figura 13. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de *Prionotus stearnsi* registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México.

8.5.2 *Prionotus paralatus*

Esta especie presenta ocho clases de tallas con un intervalo de 1.14 cm entre cada clase. El número de individuos por clase varían entre 3 y 54 ejemplares, presentándose la clase modal en individuos entre 14.70 y 15.94 cm de LE. En cuanto a la amplitud trófica, en todas las clases de tallas, a excepción de la clase B, se presentaron valores bajos del Índice estandarizado de Levins (Tabla 8).

Los recursos alimenticios Osteichthyes y MANI aparecen en todas las clases de tallas. El componente Osteichthyes presentó el mayor consumo en ejemplares de mayor tamaño (clases E, F, G, H), siendo la clase E quien más consume este recurso (78%). Por otro lado, el componente principal en la dieta de la clase A fue el grupo Dendrobranchiata, representando 80% de su dieta. En cuanto a los peces de la clase B, estos incluyen en su dieta el componente alimenticio Stomatopoda, constituyendo el 25% de su dieta. Por otra parte, a partir de ejemplares de la clase C, se incorpora en la dieta el género *Bregmaceros* sp. que representa el 45% de la dieta en ejemplares de la clase D (Figura 14).

La prueba ANOSIM indica que existen diferencias entre las clases de tallas ($R=0.1359$, $p=0.001$). A su vez, el análisis NMDS expresa variaciones en la composición y frecuencia en los alimentos, fundamentalmente en la clase A (Figura 15). De manera complementaria, el análisis SIMPER muestra que el recurso alimenticio Dendrobranchita contribuye el 100% al porcentaje de similitud promedio (PSP 14.02%) de la dieta en peces de las clases A. Por otra parte, la categoría MANI presenta un aporte entre el 29.67 y 84.42% al PSP en las clases B, C, E, F, G y H. Asimismo, en las clases D (PSP 14.16%), E (21.08%) y H (PSP 19.99%), los Osteichthyes proporcionan entre el 62.08 y 77.53% (Tabla 9).

Tabla 8. Clases de talla registradas en *Prionotus paralatus* en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del Índice estandarizado de Levins (B_A).

Clases	n	LE (cm)	B_A
A	3	7.80-8.94	0.17
B	3	8.95-10.09	0.45
C	9	10.10-11.24	0.26
D	16	11.25-12.39	0.24
E	45	12.40-13.54	0.05
F	47	13.55-14.69	0.15
G	54	14.70-15.84	0.17
H	12	15.85-16.80	0.21

Tabla 9. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de *Prionotus paralatus* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase.

Clases de tallas	A	B	C	D	E	F	G	H
PSP	14.02	34.5	10.75	14.16	21.08	27.48	26.14	19.99
Dendrobranchiata	100							
MANI		84.42	99.84		29.67	75.65	72.14	32.06
Osteichthyes				77.53	65.91			62.08

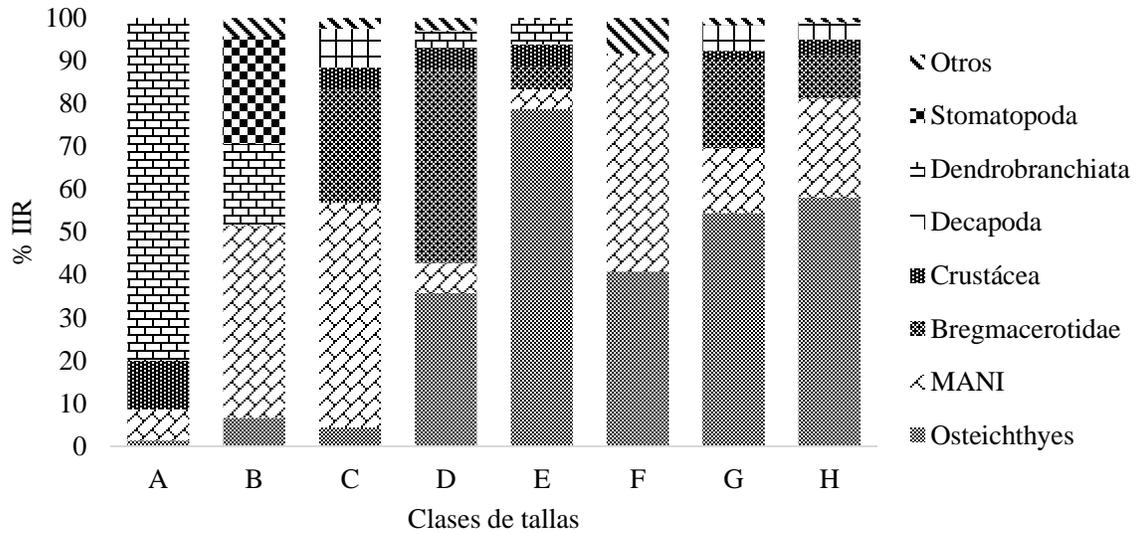


Figura 14. Preferencias tróficas de *Prionotus paralatus* en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla Sturges definidos en la tabla 6.

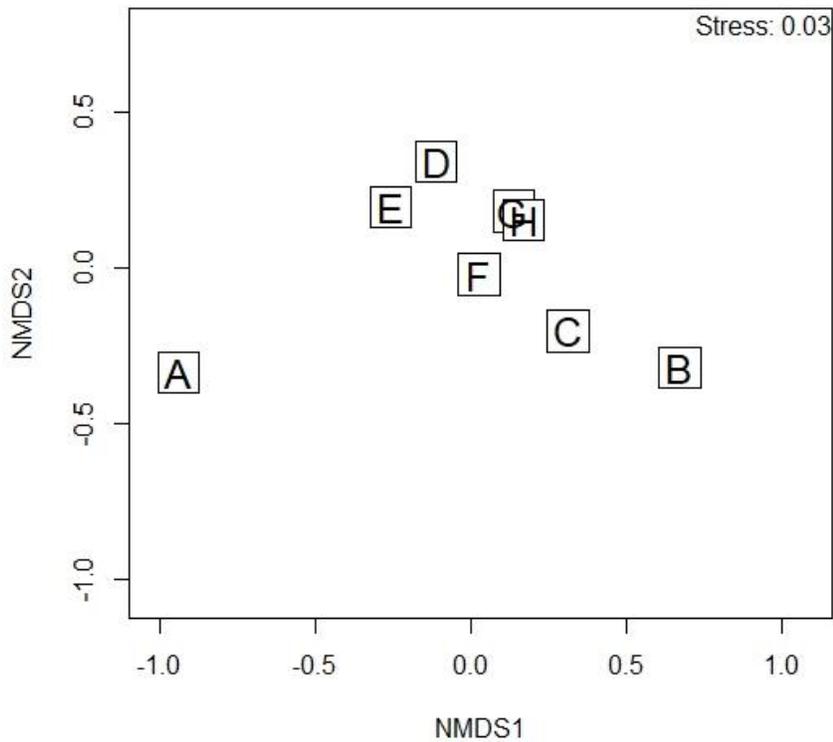


Figura 15. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de *Prionotus paralatus* registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México.

8.5.3 *Prionotus longispinosus*

La regla de Sturges (1926) formó nueve clases de tallas en *P. longispinosus*, presentándose un intervalo de 1.19 cm entre cada talla; por otra parte, el número de individuos por clases de tallas varía entre 3 y 45 ejemplares, encontrándose la clase modal en organismos entre 11.6 y 12.79 cm de LE. En relación a la amplitud trófica, el Índice estandarizado de Levins indica una alimentación especializada en todas las clases de tallas a excepción de la clase G (Tabla 10).

El recurso alimenticio Osteichthyes se presentó en todas las clases de tallas, y sus valores más altos fueron en las clases D y H con el 80 y 74% respectivamente. Por otra parte, el grupo Dendrobranchiata se encontró en casi todas las clases de tallas a excepción de las clases G e I. No obstante, en las clases E y F este recurso representa el 48 y 58% de sus dietas respectivamente. De manera similar, las clases A y B se alimentan en un 44.5 y 30% del componente Crustácea y conforme aumenta el tamaño de los peces, el consumo de este componente disminuye (Figura 16).

La prueba ANOSIM establece que no existen diferencias en la dieta entre las clases de tallas en *P. longispinosus* ($R = -0.03738$, $p = 0.964$). De manera que el gráfico NMDS muestra una cercanía entre las tallas (Figura 17), por lo que presentan una variación y frecuencia del alimento similar (Clarke y Gorley, 2005). A su vez, el análisis SIMPER indica que el componente Osteichthyes presenta mayor contribución al porcentaje de similitud promedio (PSP) en todas las clases de tallas, aportando hasta en un 100% en las tallas G e I. Por su parte el recurso Crustácea proporciona 32.83 y 27.01% al PSP en las tallas A (PSP 12.46%) y B (PSP 10.76%). Finalmente, el grupo Dendrobranchiata provee del 20.71 al 27.53% al PSP en las tallas C (PSP 12.52%), E (PSP 17.84%) y F (PSP 23.75%) en *P. longispinosus* (Tabla 11).

Tabla 10. Clases de talla registradas en *Prionotus longispinosus* en el Cinturón Plegado Perdido al noroeste del Golfo de México. Se especifica el número de ejemplares (n) analizados para cada intervalo de talla en longitud estándar (LE) y el valor estimado del índice estandarizado de Levins (B_A).

Clase	n	LE (cm)	B_A
A	22	9.20-10.39	0.29
B	41	10.40-11.59	0.27
C	45	11.60-12.79	0.21
D	19	12.80-13.99	0.10
E	16	14.0-15.19	0.24
F	14	15.20-16.39	0.21
G	3	16.40-17.59	0.44
H	11	17.60-18.79	0.18
I	3	18.80-19.20	0.44

Tabla 11. Contribución porcentual de los recursos alimenticios que tipifican a las clases de tallas (longitud estándar, cm) de *Prionotus longispinosus* en el Cinturón Plegado Perdido en base al análisis SIMPER. Se especifica el porcentaje de similitud promedio (PSP) de cada clase.

Clases de Tallas	A	B	C	D	E	F	G	H	I
PSP	12.46	10.76	12.52	23.52	17.84	23.75	23.43	32.97	34.65
Osteichthyes	55.74	50.41	49.41	94.36	52.54	58.83	100	83.5	100
Crustácea	32.83	27.01							
Dendrobranchiata			20.71		27.53	23.73			

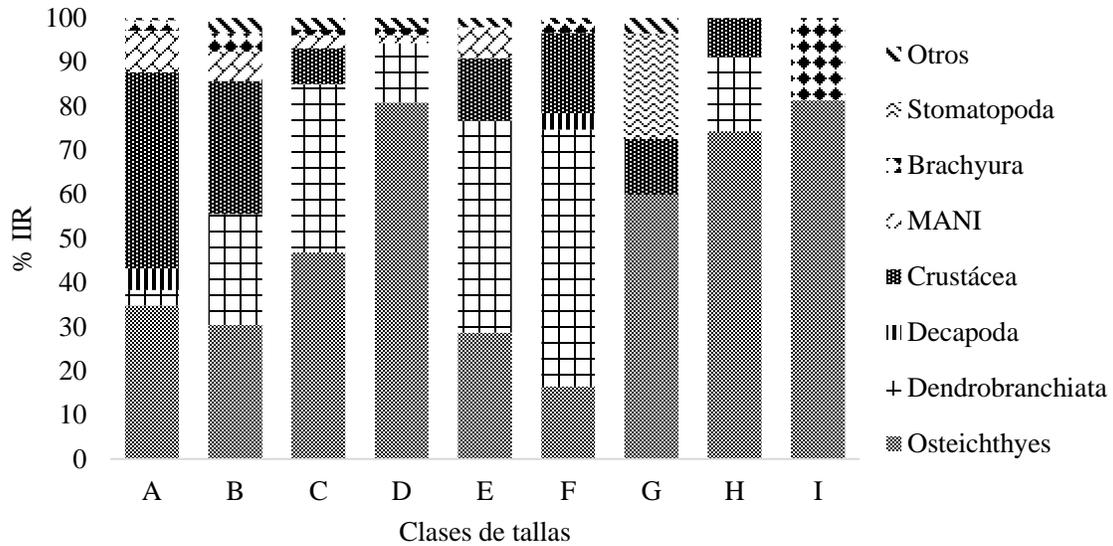


Figura 16. Preferencias tróficas de *Prionotus longispinosus* en función del Índice de importancia relativa (%IIR) entre los intervalos de talla generados por la regla de Sturges definidos en la tabla 6.

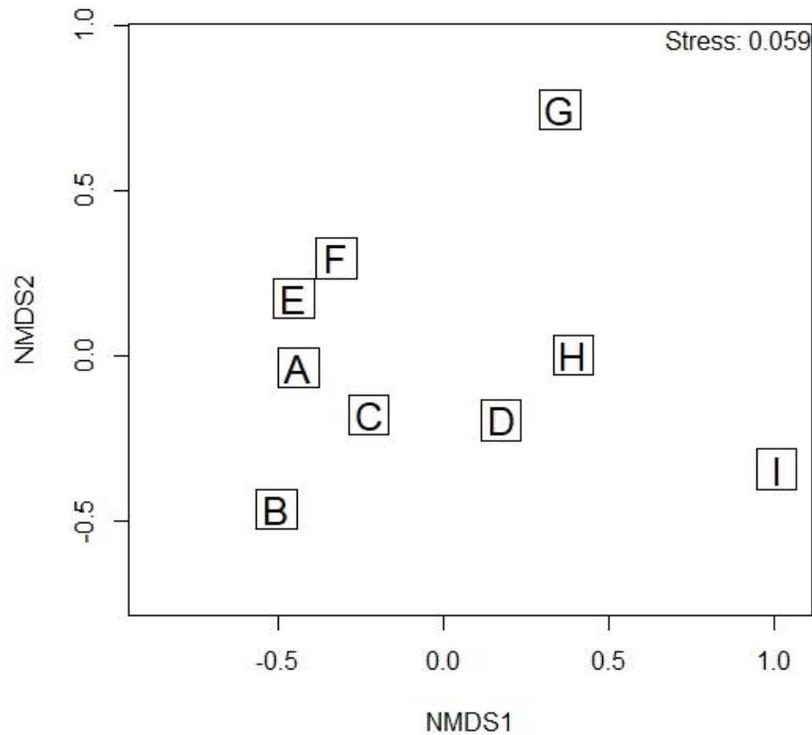


Figura 17. Análisis NMDS con base a la disimilitud de la dieta entre tallas de *Prionotus longispinosus* registrado en el Cinturón Plegado Perdido, al noroeste del Golfo de México.

IX. DISCUSIÓN

9.1 Estructura trófica

9.1.1 Espectro trófico de *Prionotus stearnsi*

En el presente estudio se determinaron un total de 22 tipos de presas que fueron incluidos en 11 grupos tróficos, mismos que coinciden con la descripción general de la dieta de esta especie en el Golfo de México, al describirles como consumidores de camarones, crustáceos y peces con aletas radiadas (McEachran y Fechhelm, 2005). Sin embargo, difiere con tres (Copepoda, Amphipoda e Isopoda) de los ocho recursos tróficos que muestran Lewis y Yarger (1976) en Apalachee Bay, Florida. Por lo tanto, este es el primer estudio en el cual se reportaron los hábitos alimenticios de la especie *Prionotus stearnsi* en el noroeste del Golfo de México.

La mayoría de los trabajos de contenidos estomacales se enfocan en el %FO, Hyslop (1980) indica que esta técnica provee una manera fácil de registrar el número de estómagos que contienen uno o más categorías tróficas, siempre que los elementos sean fácilmente identificables, ya que en los estómagos de peces depredadores se presentan glándulas gástricas que secretan ácido clorhídrico y pepsinógeno, sustancias químicas que en conjunto son efectivas en desdoblar las enormes moléculas proteínicas de los alimentos consumidos (Lagler *et al.*, 1990). En este estudio se observaron tejidos adiposos que no fue posible identificar taxonómicamente, razón por el cual fue denominado como materia animal no identificada (MANI), tal como se reporta en otros trabajos de ecología trófica de peces (Poot-Salazar *et al.*, 2005; Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2007). Este componente trófico fue el más recurrente en los estómagos revisados, con un 48.24% de FO, sin embargo, en esta investigación MANI podría haber formado parte del componente trófico Osteichthyes con un alto grado de digestión, debido a que éste fue el segundo más frecuente (41.21% FO), además presentó 57.25% de área y 52.60% del peso total de la dieta.

Uno de los primeros registros de la dieta de triglidos se muestra en Ross (1977), mencionando que las especies de esta familia forman parte de un gremio de peces marinos demersales que se alimentan principalmente de invertebrados epibentónicos e infaunales. A partir de esto, diversos trabajos en el Golfo de México apoyan esta clasificación (Lewis y Yarger, 1976;

Ross, 1978, 1983; Cruz-Escalona *et al.* 2001; Quijano *et al.* 2020). Sin embargo, los resultados obtenidos del Índice de importancia relativa indicaron a los Osteichthyes como el alimento más importante en la dieta de *P. stearnsi* al representar el 72% de la dieta total. De manera similar Lewis y Yarger (1976) reportan que la dieta de *P. stearnsi* en Florida se basa principalmente en peces de menor tamaño. Los hábitos piscívoros de *Prionotus stearnsi*, podría deberse a que se distingue morfométricamente de otras especies de triglidos al presentar una boca terminal alargada y aletas pectorales cortas con radios libres menos desarrolladas, lo cual podría no ser utilizada ampliamente como herramienta para la detección y la alimentación de organismos bentónicos como en otros triglidos y opten por alimentarse de otros peces (Lewis y Yarger, 1976; Hoff, 1992). Debido a esto, Lewis y Yarger (1976) sugieren que *P. stearnsi* presenta un modo de vida más activa en busca de alimento que en otros triglidos.

9.1.2 Espectro trófico de *Prionotus paralatus*

El rubio mexicano *Prionotus paralatus* es considerada una especie abundante en el noroeste del Golfo de México (Hoff, 1992) y debido a sus características morfológicas (aletas pectorales largas con márgenes distales emarginados) forma parte del complejo de especies de *Prionotus alatus* junto con *P. beanii* y *P. alatus* (Miller y Kent, 1971; McClure y McEachran, 1992). No obstante, son pocas las investigaciones realizadas acerca de esta especie. Por lo tanto, esta investigación aportó por primera vez información referente a los hábitos alimenticios de esta especie en el noroeste del Golfo de México.

En cuanto a la composición de su dieta fue variada, se registraron 33 recursos alimenticios que conformaron 16 grupos tróficos. McEachran y Fechhelm (2005) describen, de forma general, que la dieta de *P. paralatus* se basa principalmente en poliquetos, moluscos bivalvos, cangrejos y camarones. Por su parte, Ross (1983) menciona que los triglidos del Golfo de México presentan mayores frecuencias de ocurrencias hacia el grupo Crustácea. Asimismo, Lewis y Yarger (1976) indican que *P. alatus*, una especie estrechamente relacionada con *P. paralatus*, se alimenta principalmente de crustáceos decápodos. No obstante, esta investigación difirió con los trabajos anteriores, ya que los Osteichthyes conforman el alimento de tipo preferencial para la especie al presentar 55.56% de FO, mientras que MANI (51.32% FO) y los crustáceos (15.34% FO) son parte del alimento secundario de *P. paralatus*

en noroeste del Golfo de México. El alto porcentaje de ocurrencia de Osteichthyes en los estómagos de *P. paralatus* podría ser explicado por la abundancia de este recurso en la zona de estudio (Houde, 2001; McEachran y Fechhelm; 2005; Snyder y Burgess 2016), en vista de que, como lo mencionan Snyder y Burgess (2016), los triglidos consumen una gran cantidad de peces de menor tamaño, siempre que puedan capturarlos.

En esta investigación el grupo MANI fue constituido principalmente por restos de tejidos adiposo, el cual no fue posible identificar. Sin embargo, podemos suponer que MANI forma parte de los Osteichthyes en un alto grado de digestión, debido a que este grupo fue el más frecuente en los estómagos analizados, además, no se encontraron restos de crustáceos, el tercer grupo con mayor FO. De acuerdo con Sánchez-Hernández (2009) la quitina, un carbohidrato estructural en los exoesqueletos de artrópodos, es difícilmente digerible, sobre todo en peces que ingieren presas sin antes triturarlas (García-Gallego y Sanz, 2009), tal como ocurre con *P. paralatus*; Sin embargo, no se encontraron estructuras de quitina típicas en los crustáceos.

Los resultados del presente trabajo coincidieron con lo reportado a *P. roseus*, *P. alatus* y *P. salmonicolor* en el Golfo de México, quienes presentan un alto consumo de peces, principalmente del pez *Bregmaceros atlanticus* (Ross, 1983). Asimismo, en el presente estudio el género *Bregmaceros* sp. representó el 11% de la dieta total. Sin embargo, los Osteichthyes no identificados podrían formar parte del pez *Bregmaceros* sp. en un alto grado de digestión. A su vez, la alta alimentación hacia este género podría deberse a la abundancia de este recurso en el Golfo de México (Houde, 2001), el cual ha sido reportado por su papel importante como eslabón en la cadena trófica y en el flujo de energía entre especies de mayor tamaño (Zavala-García y Flores-Coto, 1994).

9.1.3 Espectro trófico de *Prionotus longispinosus*

En el presente estudio, *Prionotus longispinosus* mostró una amplia variedad de recursos alimenticios. La dieta consistió en 46 tipos de alimentos que fueron clasificados en 15 grupos tróficos. Lo anterior coincidió, en términos generales, con lo reportado a la alimentación de esta especie, en el cual se describe que los componentes más importantes de su dieta están conformados principalmente por poliquetos, anfípodos, camarones peneidos, cangrejos y peces pequeños (McEachran y Fechhelm, 2005), mismos que son reportados en este trabajo.

Los resultados del índice de importancia relativa muestran al grupo Osteichthyes como uno de los alimentos preferenciales al representar el 47% de la dieta total de la especie. Sin embargo, todos los crustáceos (Dendrobranchiata y restos de Crustacea) también representan otros 47% de la dieta total. De acuerdo con Granado (2002) la plasticidad trófica es la habilidad determinada que presenta una especie por la captura de los recursos de mayor beneficio en un momento determinado. No obstante, la teoría del forrajeo óptimo predice que cuando la presa más rentable disminuye, la siguiente presa con mayor rentabilidad será consumida (Wootton, 1990). Por su parte, Platell y Potter (1999) mencionan que la composición de la dieta de especies de triglidos responden a la variación en la disponibilidad de presas potenciales. Por lo tanto, *P. longispinosus* muestra una dieta que está constituida por la disponibilidad y preferencia del alimento ya que presenta valores de IIR similares tanto para peces como en crustáceos.

Respecto al peso total, Dendrobranchiata aportó 44%, en donde *Parapenaeus* sp. es el recurso que contribuyó con el mayor peso (11.11%). En el Golfo de México las especies de este género habitan en fondos de arena o lodo, a profundidades de 27-330 m (Vázquez-Bader y Gracia, 1994), el cual coincide con el sustrato de arcillas-limo y arenas fangosas de la costa norte de Tamaulipas (Wilkinson *et al.*, 2009) y la profundidad (48 a 546 m) a la que se realizaron los muestreos, por ello es probable que se obtuvo un gran aporte de esta presa a la dieta de esta especie. Asimismo, la alimentación hacia este grupo de organismos se reporta por Hoff (1992), al mencionar que *P. longispinosus* ocupa un rango de profundidad medio que corresponde con la comunidad de camarones peneidos como lo es el camarón blanco, *Litopenaeus setiferus*.

9.2 Amplitud de nicho y superposición trófica

Los resultados de este estudio mostraron que las tres especies de *Prionotus* presentes en el Cinturón Plegado Perdido poseen baja amplitud de nicho trófico y, por tanto, son predadores especialistas. Esto implica que las tres especies presentaron un estrecho rango de recursos alimenticios, en los que generalmente, muestran una alimentación hacia presas que brindan mayor beneficio al menor costo energético (Jaksic y Marone, 2007). Sin embargo, estas especies son más susceptibles a cambios ambientales que especies generalistas quienes

presentan un amplio número de recursos que les permite lidiar con cambios rápidos en el ambiente (Gliessman, 2002).

La especialización en la dieta ha sido reportada para otras especies del género en el país (Cruz-Escalona *et al.*, 2001; Raymundo-Huizar y Saucedo, 2008). Al respecto, Navarro-González *et al.* (2012) mencionan que los altos niveles de especialización de cada especie pueden ser el resultado de una alta abundancia de los recursos. De acuerdo con la teoría del forrajeo óptimo, ésta predice un aumento en la amplitud de nicho con respecto al decremento en la disponibilidad de los recursos (Román-Palacios y Román-Valencia, 2015). Sin embargo, Colinvaux (1982) indica que en los trópicos la diversidad de recursos es mayor y por tanto la amplitud de nicho es menor, lo que permite presentar mayor selectividad de presas (especificidad trófica) con mayor aporte energético (Granado, 2002; Tofoli *et al.*, 2013). Esta condición se observó con los resultados de este trabajo, debido a que las tres especies presentaron menor amplitud de nicho y una gran diversidad de recursos.

Otra posible explicación en la especialización de sus dietas podría estar influenciado por sus rasgos morfológicos, el cual definen sus mecanismos de alimentación (Wainwright y Barton, 1995). Una de estas adaptaciones del género *Prionotus* es la presencia de tres radios libres en las aletas pectorales y boca subterminal, características que les permiten la detección y alimentación de una variedad de organismos bentónicos (Hoff, 1992; McEachran y Fechhelm, 2005; Snyder y Burgess, 2016). Sin embargo, en esta investigación *P. stearnsi* y *P. paralatus* presentaron dietas con tendencia piscívora con una alta alimentación de *Bregmaceros* sp. De acuerdo con Zavala-García y Flores-Soto (1994), las especies adultas y juveniles de este género presentan extensas migraciones verticales, en las que son depredadas por otros peces de mayor tamaño, como lo son los peces del género *Prionotus*. Por otra parte, *P. longispinosus* revela una alimentación tanto piscívora como carcinófaga.

El diagrama de Venn mostró que las tres especies de *Prionotus* compartieron ocho recursos tróficos. No obstante, en esta investigación estos recursos representaron gran parte de su dieta, por lo que los resultados de similitud trófica mostraron una alta superposición entre las tres especies analizadas. Las especies que explotan la misma clase de recursos con estrategias similares son definidos como gremios (Root, 1967) y, debido a que son especies simpátricas con roles o nichos similares, se esperan altos grados de interacción ecológica (Adams, 1985;

Guevara *et al.* 2007). Sin embargo, en los sistemas acuáticos la competencia representa una limitante en la distribución de las especies, sobre todo en aquellas que utilizan el mismo recurso y comparten el mismo hábitat (Román-Palacios y Román-Valencia, 2015). No obstante, valores altos de superposición no representan una evidencia clara de competencia (Vega-Cendejas, 1990), ya que únicamente la escasez de recursos la genera (Pianka, 1981).

Por otra parte, la teoría ecológica establece que la repartición de recursos a nivel espacial, temporal o por niveles tróficos, puede aumentar la tolerancia a la superposición de nichos y también reduce la presión de la competencia entre especies similares (Papastamatiou *et al.*, 2006). Además, la teoría clásica de la competencia y la partición de nichos predicen que la coexistencia entre especies competidoras se logra mediante la diferenciación de nichos que reduce la superposición entre competidores (Pianka 1974). En esta investigación el análisis ANOSIM mostró que existen diferencias estadísticas en la alimentación entre las tres especies de *Prionotus* analizadas ($R=0.062$, $p=0.001$). Por otra parte, en el análisis SIMPER se observó una repartición de recursos en términos de proporción y frecuencia de las presas entre las tres especies analizadas. Estos resultados permitieron corroborar la hipótesis que plantea diferencias interespecíficas en la composición y abundancia de presas consumidas. Por otro lado, las tres especies muestran diferencias espaciales, ya que *P. longispinosus* se encuentra entre los 44 y 50 m de profundidad. Por su parte la mayor abundancia de *P. stearnsi* se encontró a los 92 m de profundidad, mientras que *P. paralatus* a los 108 m. Schoener (1974) menciona que las diferencias de hábitat son a menudo el principal medio de reparto de recursos. Por lo tanto, esto podría indicar que las tres especies ocupan espacios tróficos diferentes de acuerdo con la profundidad y de esta manera reducen la competencia interespecífica por el alimento.

9.3 Ontogenia trófica

Los peces presentan cambios morfológicos, fisiológicos y ecológicos durante todo su desarrollo, estos procesos contribuyen al cambio en su estilo de vida que son reflejados en su dieta (Granado, 2002; Clark y Pessanha, 2014). Particularmente el aumento del tamaño de la boca y la capacidad locomotora, son los principales cambios morfológicos que permiten la alimentación de diversas presas conforme el crecimiento. Estos cambios ontogénicos son fundamentales para comprender la ecología de los peces (Wootton, 1990). Por otra parte, la

variación trofodinámica en el crecimiento permite reducir la competencia intraespecífica (Vega-Cendejas, 1990). Sin embargo, en esta investigación la prueba ANOSIM mostró que *P. stearnsi* ($R=0.014$, $p=0.218$) y *P. longispinosus* ($R=-0.03738$, $p=0.964$) no presentaron diferencias estadísticas en la alimentación por tallas, asimismo, registraron una composición y frecuencia similar de alimentos entre las tallas. Por lo tanto, para ambas especies se encontraron fundamentos para rechazar la hipótesis que plantea una diferencia intraespecífica en la composición y abundancia de presas consumidas.

El análisis ontogénico de *P. stearnsi* mostró un marcado consumo de Osteichthyes y materia orgánica no identificada (MANI) en todas las clases de tallas. Por otra parte, *P. longispinosus* presenta un consumo de Osteichthyes en todas las tallas, sin embargo, en tallas menores los crustáceos aportan entre 27-33% a la similitud total de la dieta. Mientras que en tallas intermedias el grupo Dendrobranchiata aportó entre 20-28%. De manera similar Raymundo-Huizar y Saucedo (2008) reporta a *P. ruscarius* con una alimentación que consiste en camarones peneidos y braquiuros en todas las tallas analizadas, encontrando también diferencias en términos de composición y frecuencia de presas entre tallas. Al respecto Specziár y Erös (2013) mencionan que los pocos estudios realizados en ontogenia trófica en peces marinos muestran una baja a moderada variación dietética. No obstante, se debe señalar que tallas menores (A, B, C, D en *P. stearnsi*; A en *P. longispinosus*) y en las tallas más grandes (H, I en *P. stearnsi*; G, H, I en *P. longispinosus*) el número de ejemplares fueron muy pocas y por ello podría no estar representando de mejor manera a esas clases de tallas, ya que son estas tallas quienes muestran una amplitud de nicho trófico mayor en comparación con las demás tallas.

Por otro lado, los resultados de esta investigación mostraron que *P. paralatus* presentó diferencias estadísticas en la alimentación entre las distintas tallas ($R=0.1359$, $p=0.001$), por lo tanto, para esta especie, no se encontraron suficientes fundamentos para rechazar la hipótesis planteada en el presente estudio. Estas diferencias por tallas son similares a lo reportado para otras especies del género *Prionotus* en el Golfo de México y el Océano Pacífico mexicano (Lewis y Yerger, 1976; Ross, 1978; Schmitter-Soto y Castro-Aguirre, 1996). El análisis ontogénico de *P. paralatus* mostró que ejemplares de todas las tallas se alimentan de los grupos Osteichthyes y materia orgánica no identificada (MANI). Sin

embargo, en tallas menores se alimentaron principalmente del grupo Dendrobranchiata y conforme se incrementa de talla, el consumo de este recurso decrece y se incrementa el consumo de Osteichthyes. De acuerdo con los resultados del análisis SIMPER las tallas menores fueron tipificadas por el grupo Dendrobranchiata, mientras que en tallas mayores los Osteichthyes aportaron un mayor porcentaje a la similitud de la dieta. Clarke (1993) menciona que cuanto más abundante es un recurso dentro de un grupo, mayor será su contribución a la similitud intragrupo. Por lo tanto, esta variación intraespecífica en sus distintos estados ontogénicos, indica una gran flexibilidad de *P. paralatus* en su conducta alimentaria (Vega-Cendejas, 1990).

X. CONCLUSIONES

- *Prionotus stearnsi* es un predador especialista que presentó una alimentación enfocada a los Osteichthyes.
- *Prionotus paralatus* es una especie especialista con un alto consumo del pez *Bregmaceros* sp. en el noroeste del Golfo de México.
- *Prionotus longispinosus* presentó la mayor amplitud de recursos tróficos, sin embargo, presenta una especialización en su dieta hacia los grupos de Osteichthyes y Crustáceos.
- Las tres especies presentaron un alto solapamiento trófico, sin embargo, se encontraron a distintas profundidades, por lo tanto, ocuparon espacios tróficos diferentes y posiblemente este es el mecanismo para reducir la competencia interespecífica.
- Los análisis estadísticos respecto a las diferencias tróficas intraespecie registraron que *Prionotus stearnsi* y *Prionotus longispinosus* no presentaron diferencias tróficas entre tallas.
- *Prionotus paralatus* presentó diferencias tróficas con el crecimiento, en tallas menores exhibieron una alimentación hacia el grupo Dendrobanchiata y conforme el incremento de talla la alimentación de este recurso disminuyó y se incrementó el consumo hacia el grupo Osteichthyes.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, J. 1985. The definition and interpretation of guild structure in ecological communities. *Journal of Animal Ecology*. 54 (1): 43-59.
- Allen, G. R. y D. R. Robertson. 1994. Fishes of the tropical eastern pacific. University of Hawaii Press. 332 p.
- Blanqueto-Manzanero, M. y M. E. Vega-Cendejas. 2018. Variación ontogénica de los hábitos alimentarios de *Trichopsetta ventralis* (Pleuronectiformes: Bothidae) en el sur del Golfo de México. *Hidrobiologica*. 28 (1): 1-10.
- Bussing, W. A. 1995. Triglidae. En: Fisher, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E. y V. Niem (eds.). Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Vol. III. FAO. Roma, Italia. 1643-1648.
- Canto-Maza, W.G. y M. E. Vega-Cendejas. 2007. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*. 56: 1837-1846.
- Carrasón, M. 1994. Relaciones tróficas en las comunidades ícticas bentónicas (de 1000 a 2200 m) del Mar Catalán. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Barcelona. 331 p.
- Chen, H. 2018. VennDiagram: Generate High-Resolution Venn and Euler Plots. R Package version 1.6.20. <https://CRAN.R-project.org/package=VennDiagram>.
- Chen, H. y P. Boutros. 2011. Venndiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R. *BMC Bioinformatics*. 12:35.
- Chi-Espínola A. A. y M. E. Vega-Cendejas. 2013. Hábitos alimenticios de *Sphoeroides testudineus* (Perciformes: Tetraodontidae) en el sistema lagunar de Ría Lagartos, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 61 (2): 849-858.
- Chi-Espínola A. A., M. E. Vega-Cendejas y W. G. Canto-Maza. 2018. Feeding habits of the mojarras (Gerreidae) population in the hyperhaline lagoon system of Ría Lagartos, Yucatán, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 46 (4): 810-819.

- Clark, F. J. K. y A. L. M. Pessanha. 2014. Diet and ontogenic shift in habitat use by *Rhinosardinia bahiensis* in a tropical semi-arid estuary, north-eastern Brazil. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 95 (1): 175-183.
- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*. 18: 117-143.
- Clarke, K. R. y R. N. Gorley. 2015. PRIMER V7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth. 296 p.
- Colinvaux, P. 1982. Introducción a la Ecología. Ed. Limusa. México. 679 p.
- Connaughton, M. A. 2004. Sound generation in the searobin (*Prionotus carolinus*), a fish with alternate sonic muscle contraction. *The Journal of Experimental Biology*. 207: 1643-1654.
- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to Elasmobranch fishes. *Canadian Journal Fish Aquatic Science*. 54 (3): 726-738.
- Cruz-Escalona, V. H., Abitia-Cardenas, L.A., Campos-Dávila, L. y F. Galván-Magaña. 2001. Feeding Ecology of the Blackwing Searobin *Prionotus rubio* (Jordan, 1886) Over the Western Continental Shelf off Alvarado, Veracruz, Mexico. *Gulf of Mexico Science*. 2001 (1): 1-6.
- D´avila, S., Guimarães, V., Salas-Mellado, M. y C. Prentice. 2011. Evaluation of functional properties in protein hydrolysates from Bluewing Searobin (*Prionotus punctatus*) obtained with different microbial enzymes. *Food and Bioprocess Technology*. 4: 1399-1406.
- De Sao Clemente, R., Costa, P. y A. Martins. 2014. Distribution and feeding habits of three sea robin species (*Bellator brachyichir*, *Prionotus nudigula* and *Prionotus punctatus*) in the Campos Basin, southeastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 42 (3): 488-496.
- Elosegi, A. 2009. Conceptos y técnicas de ecología fluvial. Editorial Rubes. España. 448 p.

- Froese, R. y D. Pauly (Eds.). 2019. Fishbase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2019). Consultado 20 de julio, 2019.
- García-Gallego y Sanz-Rus. 2009. Los hidratos de carbono en la alimentación de peces. En: Sanz, F. (Coord.). La nutrición y alimentación en piscicultura. Ed. Paraninfo. 803 p.
- Gause, G. F. 1934. Experimental analysis of Vito Volterra's mathematical theory of the struggle for existence. *Science*. 79 (2036): 16-17.
- Gerking, E. 1994. Feeding ecology of fish. Academic Press, Inc. San Diego, California, U.S.A. 416 pp.
- Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Ed. CATIE. Turrialbe, Costa Rica. 359 p.
- González, M. 2013. Biología trófica del pargo Biajaiba (*Lutjanus synagris*) de la costa norte de Yucatán, México. Tesis Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. 83 pp.
- Granado, C. L. 2002. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. Sevilla, España. 353 pp.
- Guevara, E., Sánchez, A., Rosas, C., Mascaró, M. y R. Brito. 2007. Asociación trófica de peces distribuidos en vegetación acuática sumergida en la Laguna de Términos, sur del Golfo de México. *Universidad y Ciencia*. 23 (2): 151-166.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. y P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm.
- Hoff, J. G. 1992. Comparative biology and population dynamics of searobins (genus *Prionotus*) with emphasis on populations in the northwestern Gulf of Mexico. Ph.D. The College of William and Mary. Virginia, EE. UU. 229 p.
- Houde, E. 1981. Distribution and Abundance of Four Types of Codlet (Pisces: Bregmacerotidae) Larvae from the Eastern Gulf of Mexico. *Biological Oceanography*. 1(1): 81-104.

- Hutchinson, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. 22: 415-427.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*. 17 (4): 411-429.
- Jaksic, F. y L. Marone. 2007. Ecología de comunidades. 2ª ed. Ed. Universidad Católica de Chile. 336 p.
- Jaramillo, L. A. 2009. Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces bentónicos de la costa de Cullera, relaciones con su acumulación de metales pesados. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 389 p.
- Krebs, C. 2013. Ecological methodology. 2nd ed. Ed. Benjamin Cummings. California, EE. UU. 745 p.
- Lagler, K. F., Bardach, J. E., Miller, R. R. y D. May-Passino. 1994. Ictiología. Ed. A. G. T. México. 489 p.
- Lampert, W. y U. Sommer. 2007. Limnoecology: The ecology of Lakes and Streams. 2nd ed. Oxford University Press. 324 p.
- Lewis, C. T. y W. R. Yerger. 1976. Biology of five species of searobin (Pisces: Triglidae) from the Northeastern Gulf of Mexico. *Fishery Bulletin*. 74 (1): 93-103.
- Macal, K. 2016. Hábitos alimenticios de la doncella de pluma *Lachnolaimus maximus* (Perciformes: Labridae) en la Costa de Yucatán, México. Tesis Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. 122 pp.
- Martínez-Magaña, V., Vallarta-Zárate, J., Huidobro-Campos, L., Romero-Fernández, O., López-López, L., Pérez-Flores, E., Del Campo-Hernández, D., Altamirano-López, Izábal-Martínez, J. y D. Hernández-Cruz. 2018. Informe Técnico: Litoral Tamaulipas, Veracruz y Tabasco: Acústica pesquera, Batimetría, Oceanografía y Biología. Campaña Golfo de México y Mar Caribe, 2018. INAPESCA. 96 p.

- Martins, A., Dullius, C., Rodríguez, H. y P. Kinas. 2017. Boletim Estadístico da Pesca Marinha do Sul do Rio Grande do sul 2017. Universidade Federal do Ríó Grande. Estatística Pesqueira. 52 p.
- McClure, M. y J. D. McEachran. 1992. Hybridization between *Prionotus alatus* and *P. paralatus* in the Northern Gulf of Mexico (Pisces: Triglidae). *Copeia*. 1992 (4): 1039-1046.
- McEachran, J. D. y J. D. Fechhelm. 2005. Fishes of the Gulf of Mexico volumen 2: Scorpaeniformes to Tetraodontiformes. University of Texas Press. 1004 p.
- Miller, G. y D. Kent. 1971. Redescription of *Prionotus beani* (Pisces, Triglida). *Quarterly Journal of the Florida Academy of Sciences*. 34 (3/4): 223-242.
- Morales, J. y C. García-Alzate. 2016. Estructura trófica de los peces en arroyos del Corral de San Luis, cuenca del Bajo Magdalena, Caribe, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 64 (2): 715-732.
- Morán-Silva, A., Chávez-López, R., Jiménez-Badillo, M., Cházaro-Olvera, S., Galindo-Cortes, G. y C. Meiners-Mandujano. 2017. Análisis de la comunidad de peces de descarte en la pesca de arrastre de camarón (temporada de lluvias 2013) en la zona centro-sur del litoral veracruzano, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 52 (3): 551-566.
- Morris, A. 1973. A Field Guide to Shells of the Atlantics and Gulf Coasts and the West Indies. 3ª ed. The Peterson Field Guide Series. Boston, EE. UU. 330 pp.
- Navarro-González, J. A., 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.
- Nelson, J., Grande, T. y M. Wilson. 2016. Fishes of the world. 5ta ed. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey. USA. 707 p.
- Oksanen, J., Guillaume, F., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P., O'Hara, R., Simpson, G., Solymos, P., Stevens, M., Szoecs, E. y H. Wagner. 2019. Vegan: Community Ecology Package. R Package version 2.5-6. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Ortiz-Pérez, M. y G. De la Lanza-Espino. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 138 p.

Papastamatiou, Y., Wetherbee, B., Lowe, C. y G. Crow. 2006. Distribution and diet of four species of carcharhinid shark in the Hawaiian Island: evidence for resource partitioning and competitive exclusion. *Marine Ecology Progress Series*. 320: 239-251.

Patiño-Ruiz, J., Rodríguez-Uribe, M. A., Hernández-Flores, E. R., Lara-Rodríguez, J. y A. R. Gómez-González. 2003. El cinturón Plegado Perdido Mexicano. Estructura y Potencial Petrolero. Boletín de la Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros (AMGP).

Pérez, M. 2016. Hábitos alimentarios de la cabrilla sardinera *Mycteroperca rosacea* (Streets, 1877), en Santa Rosalía, Baja California Sur, México. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz Baja California Sur, México. 80 p.

Pianka, E. R. 1974. Niche Overlap and Diffuse competition. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 71 (5): 2141-2145.

Pianka, E. R. 1981. Competition and niche theory. In: May, R. M. (Ed). *Theoretical ecology: principles and applications*. 2nd ed. Ed. Blackwell. pp.167-196.

Pineda-Peralta, A., Ramos-Miranda, J., Castillo-Rivera, M. y F. Arreguín-Sánchez. 2016. Cambios en la dieta de dos especies de mojarra (Gerreidae) en la Laguna de Términos, Campeche, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 51 (2): 385-394.

Pinkas, L., Oliphant, M. y I. Iverson. 1971. Food habits of Albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fishery Bulletin*. 152: 1-105.

Poot-Salazar, A.V., Canto-Maza W. G. y M. E. Vega-Cendejas. 2005. Hábitos alimenticios de *Floridichthys polyinnus* Hubbs, 1936 (Pisces: Cyprinodontidae) en dos sistemas lagunares costeros. *Hidrobiológica*. 15: 183-194.

Quijano, N., Ortiz, M., Martínez, J., De la Cruz-Torres, J., Solís, A., Garduño, J., Franco, J. y Martínez-Hernández, B. 2020. Crustáceos como componentes principales en la dieta de

Prionotus rubio (Scorpaeniformes: Triglidae) en Las Barrancas, Alvarado, en el estado de Veracruz, México. *Novitates Caribaea*. 15: 63-72.

R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramírez-Herrejón, J. P., Castañeda-Sam, L.S., Moncayo-Estrada, R., Caraveo-Patiño, J. y E. F. Balart. 2013. Trophic ecology of the toxic Lerma livebearer *Poeciliopsis infans* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in the Lago Pátzcuaro, Central Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 61 (3): 1289-1300.

Raymundo-Huizar, A. y M. Saucedo. 2008. Hábitos alimentarios del pez triglido *Prionotus ruscarius* (Gilbert & Starks, 1904) durante 1996, en las costas de Jalisco y Colima, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 43 (1): 7-15.

Rehder, H. 1981. The Audubon Society Field Guide to North American Seashells. Alfred A. Knopf Inc. New York, EE. UU. 894 pp.

Richards, W. J. y D. L. Jones. 2002. Preliminary classification of the gurnards (Triglidae: Scorpaeniformes). *Marine and Freshwaters Research*. 53 (2): 274-282.

Rincón, L. 2010. Biología trófica de la rabirrubia (canané) *Ocyurus chrysurus* (Lutjanidae: Lutjaninae) a lo largo de la costa norte de Yucatán, México. Tesis Maestría. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Mérida, Yucatán, México. 70 p.

Robins, C. R., Bailey, R. M., Bond, C. E., Brooker, J. R., Lachner, E. A., Lea, R. N. y W. B. Scott. 1991. Common and Scientific names of fishes from the United States and Canada. 5^a ed. American Fisheries Society Species. 183 p.

Rodríguez, G. 1980. Los crustáceos decápodos de Venezuela. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Caracas, Venezuela. 444 pp.

Rodríguez-Castro, J., Adame-Garza, J. y E. Olmeda-de la Fuente. 2010. La actividad pesquera de Tamaulipas, ejemplo nacional. *CienciaUAT*. 4 (4): 28-35.

- Román-Palacios, C. y C. Román-Valencia. 2015. Hábitos tróficos de dos especies sintópicas de carácidos en una quebrada de alta montaña en los Andes colombianos. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86 (2015): 782-788.
- Ross, S. 1977. Patterns of Resource Partitioning in Searobins (Pisces: Triglidae). *Copeia*. 1977 (3): 561-571.
- Ross, S. 1978. Trophic ontogeny of the leopard searobin, *Prionotus scitulus* (Pisces: Triglidae). *Fishery Bulletin*. 76 (1): 225-234.
- Ross, S. 1983. Searobins (Pisces: Triglidae). *Memoirs of the Hourglass Cruises*. 6 (2): 1-76.
- Rusell, M., Grace, M. y E. Gutherz. 1992. Field Guide to the Searobins (*Prionotus and Bellator*) in the Western North Atlantic. NOAA Technical Report NMFS 107. 26 p.
- Sánchez-Hernández, J. 2009. Biología de la alimentación de la trucha común (*Salmo trutta* Linné, 1758). Universidad de Santiago de Compostela. 581 p.
- Samamé, M. y F. Fernández. 2000. Evaluación biológico pesquera del “Falso volador” *Prionotus stephanophrys* Lockington, componente de la ictiofauna demersal del Perú. Informe Progresivo Instituto del Mar Perú 126. 28 p.
- Schmitter-Soto, J. J. 1992. Aspectos autoecológicos de los Triglidae (Pisces: Scorpaeniformes) en la costa occidental de Baja California Sur, México. Tesis Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. La Paz, Baja California Sur, México. 98 p.
- Schmitter-Soto, J. J. y J. L. Castro-Aguirre. 1996. Trophic comparison among Triglidae (Pisces: Scorpaeniformes) off Baja California Sur, Mexico. *Revista de Biología Tropical*. 44 (2): 803-811.
- Schoener, T. W. 1974. Resource partitioning in ecological communities. *Science*. 185: 27-39.
- Silva, M., Hernández, R. y M. Medina. 2014. Métodos clásicos para el análisis del contenido estomacal en peces. *Biológicas*. 16 (2): 13-16.

Snyder, D. y G. Burgess. 2016. Marine Fishes of Florida. Johns Hopkins University Press. 392 p.

Soares, L. S. H. y R. Apelbaum. 1994. Actividade alimentar diária da cabrinha *Prionotus punctatus* (Teleostei: Triglidae) do litoral de Ubatuba, Brasil. *Boletim do Instituto Oceanográfico*. 42 (1-2): 85-98.

Specziár, A. y T. Erös. 2013. Dietary variability in fishes: the roles of taxonomic, spatial, temporal and ontogenic factors. *Hydrobiologia*. 724 (1):109-125.

Sturges, H. 1926. The choice of a class-interval. *Journal of the American Statistical Association*. 21: 65-66.

Tofoli, R., Alves, G., Higuti, J., Cunico, A. y N. Hahn. 2013. Diet and selectivity of a benthivorous fish in streams: responses to the effects of urbanization. *Journal of Fish Biology*. 83 (1): 39-51.

Tunnell, J. W., Andrews, J., Barrera, N. y F. Moretzsohn. 2010. Encyclopedia of Texas Seashells: identification, ecology, distribution and history. Texas A&M University Press. Texas, EE. UU. 512 pp.

Vázquez-Bader, A. y A. Gracia. 1994. Macroinvertebrados bénticos de la Plataforma del suroeste del Golfo de México. Universidad Nacional Autónoma de México. 113p.

Vega-Cendejas, M. E. 1990. Interacción trófica entre los bagres *Arius melanopus* (Agassiz; 1829) y *Arius felis* (Linnaeus, 1766) en las costas de Celestún, Yucatán, México. *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. UNAM. México. 1 (15): 185-194.

Wainwright, P. y R. Barton. 1995. Predicting patterns of prey use from morphology of fishes. *Environmental Biology of Fishes*. 44: 97-113.

Wilkinson, T. Wiken, E., Bezaury, J., Hourigan, Agardy, T., Herrmann, H., Janishevski, L., Madden, C., Morgan, L. y M. padilla. 2009. Ecorregiones marinas de América del Norte. Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal, Canadá. 200 p.

Williams, A. 1984. Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the Eastern United States, Maine to Florida. Ed. Smithsonian Institution Press. Washington, D.C. EE. UU. 548 pp.

Windell, J. 1971. Food analysis and rate of digestion. In: Ricker, W. E. (ed.). Methods for assessment of fish production in freshwaters. 2a ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, England. pp. 215-226.

Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes. Ed. Chapman and Hill. London. 404 p.

Yañez-Arancibia, A. 1975. Estudio de peces en las lagunas costeras: nota científica. Centro de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 2: 53-60.

Zavala-García, F. y C. Flores-Coto. 1994. Abundancia y distribución de larvas de Bregmacerotidae (Pisces) en la Bahía de Campeche, México.

Zavareze Da R., Moronil, C., Salas-Mellado, M. y C. Prentice-Hernández. 2009. Funcionalidad de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. *Quimica Nova*. 32 (7): 1739-1743.

Zhan, J. 2016. spaa: SPecies Association Analysis. R package version 0.2.2. <https://CRAN.R-project.org/package=spaa>.