INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RAYA GUITARRA *Pseudobatos productus* (Ayres, 1854), EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS

EN

MANEJO DE RECURSOS MARINOS

PRESENTA

PABLO CURIEL GODOY

LA PAZ, B.C.S., DICIEMBRE DEL 2017

SIP-14 BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.,** siendo las **12:00** horas del día **24** del mes de **Noviembre** del **2017** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de **CICIMAR** para examinar la tesis titulada:

"ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RAYA GUITARRA *Pseudobatos productus* (Ayres: 1854), EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO"

Presentada por el alumno:

CURIEL	**GODOY**	**PABLO**
Apellido paterno	materno	nombre(s)

Con registro:

A	1	6	0	9	6	8

Aspirante de:

MAESTRIA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

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

LA COMISION REVISORA

Directores de Tesis

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA
Director de Tesis

DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN
2º. Director de Tesis

DR. ALBERTO SÁNCHEZ GONZÁLEZ

DR. ROGELIO GONZÁLEZ ARMAS

DR. ARTURO TRIPP VALDEZ

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO

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

I.P.N.
CICIMAR
DIRECCIÓN

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., **el día** 29 **del mes de** Noviembre **del año** 2017

El (la) que suscribe BIÓL. PABLO CURIEL GODOY **Alumno (a) del Programa**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS MARINOS

con número de registro A160968 **adscrito al** CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

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

DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA y DR. FERNANDO RICARDO ELORRIAGA VERPLANCKEN

y cede los derechos del trabajo titulado:

"ECOLOGÍA TRÓFICA DE LA RAYA GUITARRA *Pseudobatos productus*

(Ayres: 1854), EN BAHÍA TORTUGAS, BAJA CALIFORHNIA SUR, MÉXICO"

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

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: pow0731@gmail.com. - felipe.galvan@gmail.mx - felorriaga@ipn.mx

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

BIÓL. PABLO CURIEL GODOY

Nombre y firma del alumno

DEDICATORIA

A mis padres Jorge Curiel M. y Graciela Godoy P. que aunque al principio dudaron, nunca dejaron de apoyarme y me dieron el impulso para emprender el vuelo y conseguir lo que siempre eh soñado. Sin ustedes no sería lo que soy.

A mis hermanos Jorge y Cinthia, por siempre cuidar y soportar al hermano pequeño. Por las horas de pláticas, historias y aventuras, pero más por la motivación para hacer todo lo que me proponía.

Al abuelo Mariano, por ser el único en emocionarse con mis historias de biólogo, verlo así me hacía creer que esto vale la pena. A las Abuelas Carmen y Angelina por preocuparse y cuidarme desde lejos, sé que con ellas no estoy solo.

A Lis, Aldo, Axel y Mariano, mis vacaciones en Morelia siempre valían la pena con ustedes, lo que me hacía regresar recargado a La Paz.

AGRADECIMIENTOS

Al Doc. Felipe y Cristy, por dejarme ser parte de esta gran familia, hacen que todos se sientan parte de ese gran hogar, lo que nos vuelve a todos como hermanos, sin importar de dónde venimos.

A todo el Galván Team por los buenos momentos vividos y por vivir, las aventuras y la ayuda que me brindaron para poder realizar este proyecto.

Al Doc. Antonio y Arsenio por el apoyo en el análisis de muestras y enseñarme un poco más sobre el mundo isotopero, su laboratorio es el más vivo y divertido de todo el IACT.

A CICIMAR-IPN por aceptarme dentro de la elite de investigación marina de este maravilloso país y formarme como profesional.

Al proyecto Tiburones y Rayas por darme toda la experiencia para trabajar con estos hermosos animales, facilitarme las muestras y presentarme el mundo real de la investigación.

A mi comité: Dr. Felipe Galván, Dr. Fernando Elorriaga, Dr. Alberto Sánchez, Dr. Rogelio González y Dr. Arturo Tripp por las asesorías brindadas durante este proyecto y por toda la información que aportaron para la redacción de este escrito.

A CONACyT por la beca otorgada, gracias a lo que puede enfocarme 100% en este proyecto y contribuir un poco al desarrollo de México.

CONTENIDO

Lista de Figuras iii
Lista de Tablas iii
RESUMEN vi
ABSTRACT vii
1. INTRODUCCIÓN 1
2. ANTECEDENTES 6
3. JUSTIFICACIÓN 13
4. OBJETIVOS 14
4.1. Objetivo general 14
4.2. Objetivos particulares 14
5. ÁREA DE ESTUDIO 15
6. MATERIALES Y MÉTODOS 17
6.1. Muestreos en campo 17
6.2. Análisis de contenido estomacal 17
6.2.1. *Fase de laboratorio* 17
6.2.2 *Fase de Gabinete* 18
6.2.3 *Composición cuantitativa de la dieta* 19
6.2.4 *Índices Ecológicos* 19
6.3. Análisis de isótopos estables 22
6.3.1. *Fase de laboratorio* 22
6.3.2 *Fase de gabinete* 23
7. RESULTADOS 26
7.1. Análisis de contenido estomacal 26
7.2. Análisis cuantitativo de la dieta 27
7.3. Índices ecológicos 41
7.3.1 *Amplitud trófica* 41
7.3.2 *Diversidad de presas* 42
7.3.3 *Traslapo trófico* 44
7.3.4 *Nivel trófico* 47

7.4 Isótopos estables 48
7.4.1 *Amplitud de la dieta* 54
7.4.2 *Contribución a la dieta* 54
7.4.3 *Posición trófica* 60
7.4.4 Ontogenia alimentaria 61
8. DISCUSIÓN 65
8.1. Contenido estomacal 65
8.1.1. *Análisis cuantitativo* 65
8.1.2. *Dieta entre Sexos* 66
8.1.3. *Dieta por Estadio de Madurez* 67
8.1.4. *Índices ecológicos* 68
8.2 Isótopos estables 73
8.2.1 *Amplitud de la dieta* 75
8.2.2 *Contribución a la dieta* 75
8.2.3 *Posición trófica* 76
8.3 Ontogenia alimentaria 77
9. CONCLUSIONES 79
10. RECOMENDACIONES 80
BIBLIOGRAFIA 81
ANEXOS 91

Lista de Figuras

Figura 1. Vista dorsal y ventral de la familia Rhinobatidae (Tomado de FAO, 1995) 7
Figura 2. Vista dorsal y ventral de la cabeza; y distribución de *Pseudobatos productus.* (Tomado de FAO, 1995) 8
Figura 3. Guitarra común, *Pseudobatos productus* (Tomado de Márquez-Farías, 2007) ... 9
Figura 4. Área de muestreo, Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. 16
Figura 5. Histograma de distribución de tallas para las muestras de contenido estomacal de *Pseudobatos productus.* Donde la línea roja marca la talla de primera madurez para hembras y la línea azul marca la talla de primera madurez para machos. 26
Figura 6. Curva de acumulación general de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV). 27
Figura 7. Curva de acumulación de hembras de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 28
Figura 8. Curva de acumulación de hembras adultas de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 29
Figura 9. Curva de acumulación de hembras juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 29
Figura 10. Curva de acumulación de machos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 30
Figura 11. Curva de acumulación de machos adultos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 31
Figura 12. Curva de acumulación de machos juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 31
Figura 13. Curva de acumulación de adultos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 32
Figura 14. Curva de acumulación de juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV) 33
Figura 15. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para las 10 presas más importantes dentro de la dieta de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur. 34
Figura 16. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de hembras y machos de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur. 37
Figura 17. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de adultos y juveniles de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur. 38

Figura 18. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de *Pseudobatos productus* por grupos (hembras juveniles, hembras adultas, machos juveniles y machos adultos, en Bahía Tortugas, Baja California Sur..... 41
Figura 19. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de hembras y machos de *Pseudobatos productus.* 44
Figura 20. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de adultos y juveniles de *Pseudobatos productus.* 45
Figura 21. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de hembras adultas y hembras juveniles de *Pseudobatos productus.* 46
Figura 22. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de machos adultos y machos juveniles de *Pseudobatos productus.* 47
Figura 23. Histograma de distribución de tallas para las muestras de músculo de *Pseudobatos productus.* Donde la línea roja marca la talla de primera madurez para hembras y la línea azul marca la talla de primera madurez para machos. 48
Figura 24. Traslapo isotópico entre sexos. La línea sólida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana. 51
Figura 25. Traslapo isotópico entre estadios de madurez. La línea solida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana. 52
Figura 26. Traslapo isotópico entre sexos. La línea solida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana. 53
Figura 27. Gráfica del isoespacio de los valores isotópicos de manera general para *Pseudobatos productus* así como de sus presas. 56
Figura 28. Proporción de aporte a la dieta general a través del modelo de mezcla..... 57
Figura 29. Gráfica del isoespacio de los valores isotópicos por año para *Pseudobatos productus* así como de sus presas..... 58
Figura 30. Proporción de aporte a la dieta por años a través del modelo de mezcla..... 59
Figura 31. Enriquecimiento de ^{15}N y ^{13}C de *P. productus* a lo largo de su crecimiento..... 62
Figura 32. Variación de $\delta^{13}C$ a lo largo del crecimiento vertebral de hembras de *P. productus.* 63
Figura 33. Variación de $\delta^{13}C$ a lo largo del crecimiento vertebral de machos de *P. productus.* 63
Figura 34. Variación de $\delta^{15}N$ a lo largo del crecimiento vertebral de hembras de *P. productus.* 64
Figura 35. Variación de $\delta^{15}N$ a lo largo del crecimiento vertebral de machos de *P. productus.* 64

Lista de Tablas

Tabla 1. Categorías de presas usadas para calcular las composiciones de las dietas y niveles tróficos en los elasmobranquios. Tomado de Cortés (1999). 22
Tabla 2. Talla de primera madurez utilizada para separar adultos y juveniles..... 23
Tabla 3. Espectro trófico de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase..... 34
Tabla 4. Valores del Índice de Levin indicando la amplitud del espectro trófico de *Pseudobatos productus,* en Bahía Tortugas, Baja California Sur..... 42
Tabla 5. Valores de la diversidad de presas de *Pseudobatos productus* obtenidos mediante el índice de Shannon (logaritmo natural)..... 43
Tabla 6. Valores promedio y desviación estándar de los valores de $\delta^{15}N$ ‰ y $\delta^{13}C$ ‰ para cada grupo de *Pseudobatos productus.*..... 49
Tabla 7. Número de muestras analizadas de músculo para cada grupo..... 49
Tabla 8. Comparación entre $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de músculo de *P. productus* entre grupos..... 50
Tabla 9. Traslapo trófico entre sexos. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías..... 51
Tabla 10. Traslapo trófico entre estadios de madurez. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías..... 52
Tabla 11. Traslapo trófico entre estadios de madurez. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías..... 53
Tabla 12. Amplitud trófica. Varianza de $\delta^{15}N$ obtenidos en músculo para *Pseudobatos productus.* Valores < 1 indican hábitos especialistas, valores > 1 indican hábitos generalistas..... 54
Tabla 13. Valores $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de las presas de *Pseudobatos productus*. Los valores están representados en promedios (± desviación estándar)..... 55
Tabla 14. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* de manera general según el modelo de mezcla..... 57
Tabla 15. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* en los años de muestreo según el modelo de mezcla..... 59
Tabla 16. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* por años según el modelo de mezcla..... 60
Tabla 17. Posición trófica de los diferentes grupos analizados. PT..... 60

RESUMEN

La raya guitarra, *Pseudobatos productus,* es la especie principal de raya que se explota comercialmente en la costa occidental del Pacífico mexicano con un 28.6 % de producción nacional; sin embargo no hay estudios biológicos relacionados con su ecología trófica en la zona de Bahía Tortugas, B.C.S. En el presente estudio se analizaron 169 estómagos, de los cuales 126 presentaron contenido. Las tallas de las rayas oscilaron entre 19.4 y 162 cm de longitud total. Se utilizó el análisis de importancia relativa (PSIRI), para conocer las presas más importantes que consume esta raya, las cuales fueron: el cangrejo topo, *Blepharipoda occidentalis* con 13% y la langostilla *Pleuroncodes planipes* con 12%. El índice de Levin (amplitud trófica) presentó un valor de 0.21, indicando un hábito especialista para la zona. De acuerdo al índice de similitud ANOSIM, se presentó traslapo entre sexos (R= 0.009, p= 0.17) y por estadios de madurez (R= -0.002, p= 0.54), mostrando que no hay segregación alimentaria en esta raya. Además se procesaron 208 muestras de músculo para el análisis de isótopos estables. Los valores promedio de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ fueron: -16.50±0.86‰ $\delta^{13}C$, 17.03±0.99‰ $\delta^{15}N$ para hembras y -16.38±0.86‰ $\delta^{13}C$, 16.96±1.03‰ $\delta^{15}N$ para machos. No se presentaron diferencias significativas (ANOVA, p = >0.05) entre adultos y juveniles para $\delta^{15}N$; sin embargo para $\delta^{13}C$ sí hubo diferencias, encontrando valores menos negativos para los adultos. Los análisis de nicho isotópico SIBER mostraron un traslapo alto entre sexos, así como entre estadios de madurez; mientras que entre años se encontraron traslapos bajos, observando un aumento de la importancia de la langostilla *P. planipes* dentro de la dieta. Las variaciones ontogénicas de *P. productus* se obtuvieron analizando 53 vértebras. Se encontró un pequeño enriquecimiento isotópico en los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ conforme crece la especie; este enriquecimiento no es significativo para el caso de $\delta^{15}N$; sin embargo, para $\delta^{13}C$ se encontró que la diferencia es significativa, por lo que el ^{13}C se enriquece conforme la raya madura.

ABSTRACT

The sholvelnose guitar fish, *Pseudobatos productus* is the main commercially exploited ray in the west coast of the Mexican Pacific with a 28.6% of national production. Never less, there are not biologic studies related to trophic ecology on the area of Bahia Tortugas. In this study 169 stomachs were analyzed, of which only 126 contained food. Rays length oscillated between 19.4 and 162.0 cm of total length. Prey Specific IRI (PSIRI) were used to identify the main species that this ray consume, showed that mole crab, *Blepharipoda occidentalis,* is the main pray specie with 13%, followed by the red crab, *Pleuroncodes planipes,* with 12%. Levin index (trophic amplitude) exhibit a value of 0.21, indicating specialist habits in the area. According to the similitude index ANOSIM, an overlap exist between sex (R= 0.009 p= 0.17) and by maturity stage (R= -0.002 p= 0.54), showing that there are not feeding segregation in these groups. 208 muscle samples were analyzed for stables isotopes. Mean values of $\delta^{13}C$ and $\delta^{15}N$ for females and males were -16.50±0.86‰ $\delta^{13}C$, 17.03±0.99‰ $\delta^{15}N$ and -16.38±0.86‰ $\delta^{13}C$, 16.96±1.03‰ $\delta^{15}N$ respectively. They did not presented intersexual differences (ANOVA, p = >0.05). No differences were found between adults and juveniles for $\delta^{15}N$; nevertheless in the case of $\delta^{13}C$ differences were found, finding less negatives values for adults. The isotopic niche analysis (SIBER) showed a high overlap between sex, as same as, maturity stages, meanwhile, a low overlap were found between years, finding an important increase of *P. planipes* in the diet. Ontogenic variations of *P. productus* were obtained analyzing 53 vertebrae. The results showed a subtle isotopic enrichment in $\delta^{15}N$ and $\delta^{13}C$ values. However, there are no meaningful differences along the life cycle of *P. productus* as for $\delta^{15}N$. In the other hand, significance differences were observed for $\delta^{13}C$ when *P. productus* reaches maturity.

1. INTRODUCCIÓN

Los condrictios son organismos que se caracterizan por presentar un esqueleto cartilaginoso y en general exhiben una gran diversidad en formas, tamaños, biología, conducta y ecología. estos están representados por dos grandes grupos: 1) Holocephalii, en el cual se encuentran las quimeras, y 2) Elasmobranchii, en donde se incluyen a los tiburones y rayas, (García-Núñez 2008). Los peces condrictios se encuentran distribuidos en todos los océanos del mundo, habitando un amplio intervalo de profundidades: desde la zona eufótica hasta la zona batial (Compagno, 1990), dependiendo de las adaptaciones y comportamiento propio de cada una de las especies.

En México se encuentran un total de 211 especies de condrictios, siete especies de quimeras, 109 especies de tiburones y 95 especies de rayas y mantas, comprendidas en 13 órdenes (Del Moral-Flores y Pérez-Ponce de Léon, 2013), de los cuales, algunas especies están bajo explotación pesquera, lo cual agrega una presión extra a las poblaciones y poner en riesgo la conservación de las especies (Ramírez-Amaro, 2011).

Una problemática de las pesquerías de elasmobranquios a nivel mundial es la carencia de datos sobre esfuerzo de pesca y registros históricos de producción que permitan evaluar el estado de las poblaciones (Simpfendorfer, 2004).

A diferencia de otros recursos pesqueros que soportan una intensa explotación comercial, como la sardina y el camarón, las poblaciones de elasmobranquios pueden ser disminuidas más fácilmente, inclusive con poco nivel de mortalidad por pesca, ya que presentan una madurez tardía, baja fecundidad y periodos de gestación largos(Musick, 1999).

La mayor presencia de elasmobranquios en México se presenta en el Océano Pacífico con 68.9% de las capturas durante el periodo 1996 – 2003 (CONAPESCA, 2004). En 2009 México representó el 1.88% del total de la captura mundial, registrándose una captura de 29,952 toneladas (Ramírez-Amaro, 2011). El litoral del

Pacífico Mexicano contribuyó con el 78.63% de la captura total de elasmobranquios ese mismo año (23,500 toneladas) (SAGARPA, 2009). Baja California Sur es uno de los estados con mayor captura de elasmobranquios en el Pacifico Mexicano, con valores (p.e. 2009) del 17% de la captura total en toda la región (4,044 toneladas) (SAGARPA, 2009).

Durante las últimas décadas ha existido un incremento en la captura de elasmobranquios debido a la alta demanda de algunos productos derivados de tiburones y rayas (carne, aceite, aletas, cartílago, etc.), lo que genera una presión intensa y constante a las poblaciones, haciéndolas más vulnerables a la sobreexplotación y representa un impacto a nivel mundial (CONAPESCA, 2004).

Los elasmobranquios se dividen en dos grupos: los Selachimorpha (tiburones) y los batoideos (mantas y rayas), de los cuales su pesca se ha incrementado, siendo de gran importancia para la región occidental de la Península de Baja California y el Golfo de California. Los batoideos representan el 39% de las capturas totales en el estado de Baja California Sur (Ramírez-Amaro, 2011). Las especies más representativas en la producción regional de Baja California Sur, pertenecen a las familias Rhinobatidae (72%), Myliobatidae (22%) y Gymnuridae (3%) (Ramírez-Amaro 2011). Dentro de la familia Rhinobatidae se encuentra el pez guitarra, *Pseudobatos productus;* considerada de gran importancia pesquera, debido a que representa la especie más capturada en redes con un 28.6% de la captura total (Ramírez-Amaro, 2011) .

El pez guitarra, *Pseudobatos productus,* es una raya que se registra desde la Bahía de San Francisco, California (EUA), hasta el Golfo de California, México (Castro-Aguirre, 1965; Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar, 1999). Esta especie es un recurso pesquero que se explota comercialmente en la costa del Océano Pacifico, desde Bahía de Monterey, California, hasta la Península de Baja California y dentro del Golfo de California, siendo la única raya que se comercializa como tiburón, con lo cual los pescadores obtienen un ingreso económico mayor (Downton-Hoffmann, 2007).

La mayoría de los individuos capturados son hembras adultas (Ramírez-Amaro, 2011; Curiel-Godoy *et al.,* 2016). La captura de estos organismos se hace con redes de fondo de 120 a 180 brazas, con luz de malla de 4 y 6 pulgadas, variando la profundidad desde 0.5 m hasta los 25m. Estas redes son utilizadas de manera semipermanente, sacándolas del agua solo para retirar los organismos capturados o para ser reparadas. La mayoría del producto es utilizado para consumo humano, comercializado en fresco. En su mayoría son individuos maduros de tallas mayores a 100 cm (Downton-Hoffmann, 1996; Márquez-Farias, 2007).

En general, los estudios en elasmobranquios se han incrementado en años recientes, debido a su importancia ecológica (Pratt y Casey, 1990), por lo cual desarrollar nuevos estudios (edad y crecimiento, reproducción y hábitos alimenticios, así como modelos demográficos) ayudará a conocer de manera más clara la importancia y el papel de estos organismos dentro de su ecosistema para realizar recomendaciones en cuanto a medidas de manejo pesquero o conservación que permitan realizar un mejor uso del recurso.

Los trabajos de ecología trófica están enfocados a conocer como la energía fluye desde productores o bajos consumidores, hasta los depredadores tope, pasando previamente por mesodepredadores, como el caso de la raya guitarra*;* además que esta información ayuda a entender el papel del depredador dentro del ecosistema. Al conocer el comportamiento alimenticio de un organismo se pueden inferir sus movimientos y conductas, así como adaptaciones específicas al tipo de alimento (Polo-Silva y Grijalba-Bendeck, 2008; Simental-Anguiano, 2011).

Un complemento en los estudios de ecología trófica son los análisis de isótopos estables, técnica utilizada frecuentemente para inferir la ecología trófica de los consumidores y se basa en que los tejidos de un organismo se forman principalmente a partir de los átomos del alimento asimilado, y por lo tanto, la composición isotópica del consumidor es reflejo del alimento (DeNiro y Epstein, 1978). Los isótopos de carbono (C) y nitrógeno (N) son los más utilizados en estos estudios y han permitido estimar el flujo de energía a través de las cadenas alimenticias marinas (Rau *et al.,* 1990; Clementz y Koch, 2001).

Los valores del δ ^{13}C permiten hacer un seguimiento de la productividad de las áreas de alimentación, con valores más altos en zonas cercanas a la costa, en comparación con las regiones menos productivas en alta mar, debido a que la zona costera está dominada por macroalgas y pastos marinos (Clementz y Koch, 2001); además del carbono disuelto reciclado y otros aportes como las aguas residuales que presentan valores elevados del ^{13}C (Walker *et al*., 1999).

La relación de los isótopos $^{15}N/^{14}N$, expresada como δ ^{15}N, es una herramienta para estimar la posición y amplitud trófica de los organismos (Layman *et al*., 2007) y determinar las relaciones entre consumidores y presas, así como para conocer la tendencia en profundidad de las presas (Rau *et al*., 1990; Créach *et al*., 1997).

Las proporciones de isótopos estables en los tejidos de los peces (i.e. músculo), reflejan los efectos combinados del metabolismo (tasa de recambio), el crecimiento (la adición de tejido nuevo), enrutamiento isotópico (ruta de los componentes de la dieta hacia tejidos individuales o específicos), composición de proteína de tejido (asociación de determinadas relaciones de isótopos estables con aminoácidos específicos) y la dieta (MacNeil *et al*., 2005).

Al contrario del músculo, la vértebra de los elasmobranquios puede ser considerado como un tejido único, ya que no es susceptible al desgaste y refleja la historia de vida completa de los individuos en términos tróficos (Cailliet *et al*., 1986; Campana *et al*., 2002; Estrada *et al.,* 2006), son metabólicamente inertes y tienen una alta composición orgánica (Campana *et al*., 2002), permitiendo identificar variables ecológicas como los cambios ontogénicos alimentarios y la especialización individual (Kim *et al*., 2012a; Polo-Silva *et al*., 2013). Este trabajo plantea corroborar la relación entre las señales isotópicas de tejido (músculo y vértebra) y los hábitos alimentarios de *P. productus* en la zona de Bahía Tortugas, BCS.

En efecto, los estudios sobre la variabilidad de las señales isotópicas dentro de las poblaciones de peces indican una relación positiva entre los valores y la talla, relación que ha sido atribuida a cambios ontogénicos en la dieta (Overman y Parrish, 2001). Dependiendo del conocimiento sobre los movimientos de la especie en

estudio, los valores isotópicos deben ser interpretados, ya que se pueden encontrar tendencias ontogénicas que pudieran considerarse como poco comunes (Loor, 2013).

En el presente estudio se describe los hábitos alimenticios basados en contenidos estomacales e isótopos estables de N y C, considerando que los isótopos son trazadores químicos naturales presentes en los tejidos, las cuales dependen de la dieta consumida, así como de la tasa de ingestión, de cada especie (MacNeil *et al.*, 2005).

2. ANTECEDENTES

La raya guitarra es una de las especies de mayor importancia pesquera y comercial en el estado de Baja California Sur, (CONAPESCA-IPN, 2004). De modo particular, no se ha descrito su ecología trófica de esta raya para la zona de Bahía Tortugas en la costa occidental de Baja California Sur.

La gran mayoría de los trabajos realizados sobre la especie aportan información sobre su pesquería (Márquez-Farias, 2005; Márquez-Farias, 2011), descripción como especie y abundancia (Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar, 1999; Farrugia *et al.,* 2011), distribución (Farrugia, 2010), alimentación (Downton-Hoffmann, 2007) y reproducción (Downton-Hoffmann, 1996; González-García, 1998; Sandoval-Castillo *et al.,* 2004; Downton-Hoffmann, 2007 y Juaristi-Videgaray, 2016).

La familia Rhinobatidae tiene tres géneros: *Acroteriobatus, Pseudobatos* y *Rhinobatos* (Fig. 1), (Fischer, 1995; Last *et al.,* 2016) presenta un tamaño máximo 1.70 m de longitud total (LT), tiene una forma plana, en forma de cuña o pala, disco con un tronco fuertemente deprimido. El hocico alargado y de punta estrechamente puntiaguda. Sus ojos y espiráculos son de medianos a grandes, los espiráculos presentan uno a dos pliegues desarrollados de forma variable.

El perfil de la boca es recto a la mandíbula inferior que es débilmente convexa. La piel generalmente está cubierta de dentículos finos, posee pequeñas espinas desarrolladas de forma variable a lo largo de la línea media dorsal del cuerpo. Las aletas pélvicas tienen base larga y están colocadas lateralmente y posteriormente al disco. La aleta caudal, deprimida, con pliegues laterales bien desarrollados que se extienden a lo largo de su margen ventrolateral.

Presenta aletas dorsales bien separadas, colocadas ligeramente detrás de las puntas traseras de las aletas pélvicas. La aleta caudal es pequeña, carente de

un obvio lóbulo ventral. La coloración dorsal es lisa (generalmente grisácea o marrón) o con un fuerte patrón de líneas, barras, puntos y/o manchas.

Los bordes del cráneo y del cartílago rostral no se demarcan normalmente con el hocico, superficie ventral generalmente blanca, mancha negra a menudo presente en el hocico.

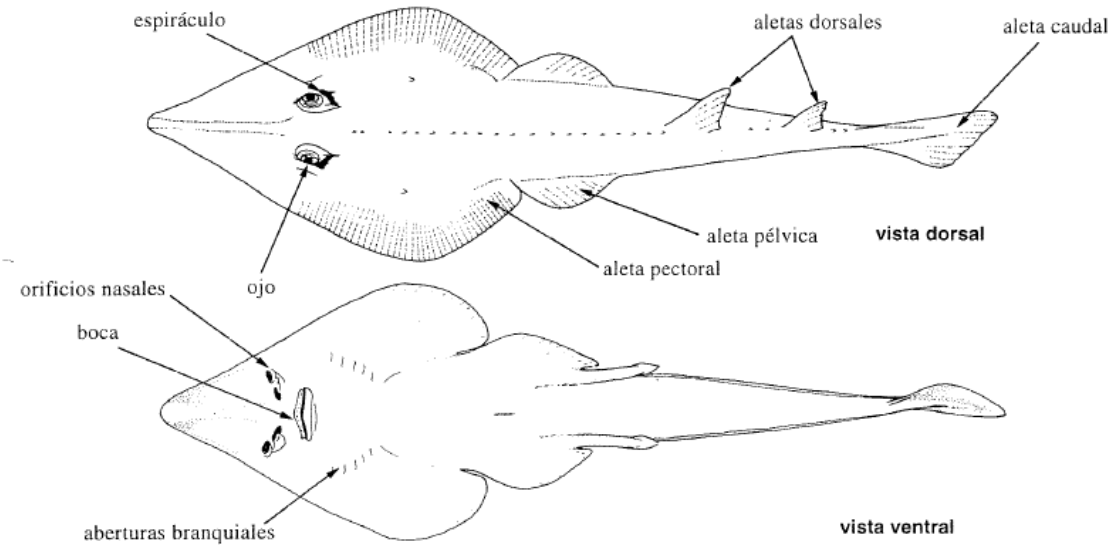


Figura 1. Vista dorsal y ventral de la familia Rhinobatidae (Tomado de FAO, 1995)

El género *Pseudobatos* se caracteriza por tener el nostrilo más largo que la distancia internasal. Presenta abertura posterior estrecha, muy alargada y aletas nasales anteriores bilobadas, no fusionadas para formar una cortina nasal, de base corta, abertura anterior de tamaño medio, alargada, ovalada, borde medial formada por la prolongación del lóbulo largo del pliegue nasal anterior, lóbulo posterior del pliegue nasal anterior muy corto y estrecho con un borde oblicuo, casi recto, margen lateral y posterior de la abertura anterior bordeado por la cola nasal muy ancha como la solapa libre pero la extremidad apenas que alcanza más allá de la mitad de la abertura posterior de la fosa nasal, nostrilo posterior, bien desarrollado, ligeramente más ancha que el pliegue nasal, base de aproximadamente la mitad o menos de la longitud del nostrilo y muy corto de la esquina más interna de la fosa nasal.

Mandíbula inferior a menudo convexa cerca de la sínfisis; margen de la piel que forma labio superior ligeramente cóncavo, ranuras laterales superior e inferior en su ángulo, ranura oral moderada, que se extiende desde el lado de la mandíbula alrededor de la barbilla (Last *et al.,* 2016).

Pseudobatos productus, se distribuye en el Pacifico oriental, desde California, específicamente Bahía de San Francisco, entrando al Golfo de California y hasta el estado de Guerrero, México (Fig. 2), (Fischer, 1995). Es una raya poco activa bentónica de aguas someras que habita en bahías y estuarios, hasta una profundidad de 25 m y de fondos arenosos.

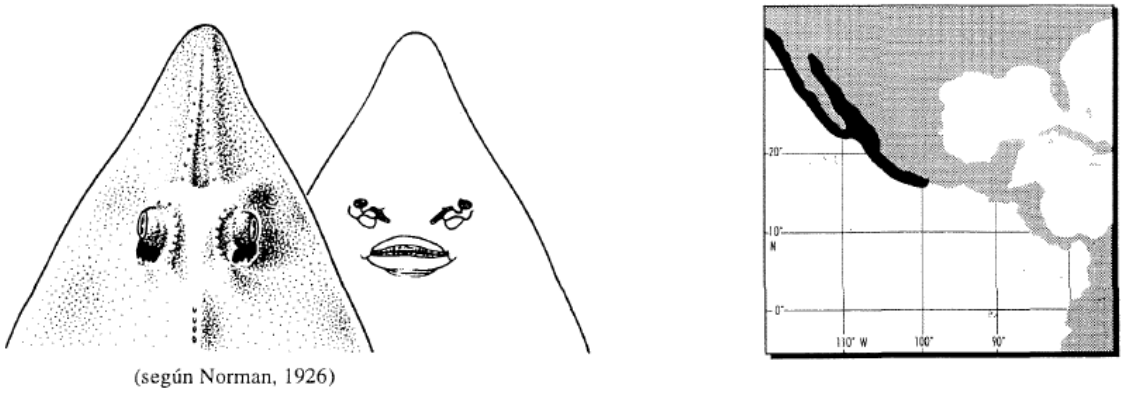


Figura 2. Vista dorsal y ventral de la cabeza; y distribución de *Pseudobatos productus.* (Tomado de FAO, 1995)

La raya guitarra es de color café olivo sin manchas (Fig. 3). Tiene la cabeza en forma de rombo, esta se une a la parte posterior de las aletas pectorales y forma el disco. Presenta dos áreas traslúcidas laterales en el cartílago rostral. Los márgenes de las aletas pectorales son semitraslucidas. La parte ventral es blanca, en ocasiones con manchas oscuras. Presenta los espiráculos inmediatamente detrás de los ojos (Márquez-Farías, 2007).

Figura 3. Guitarra común, *Pseudobatos productus* (Tomado de Márquez-Farías, 2007)

La talla máxima reportada de la raya guitarra, en la costa oeste de Baja California es de 115 cm de longitud total (LT) para machos y 162 cm. LT en hembras (Curiel-Godoy *et al.,* 2016). Mientras en la costa de Sonora, los machos son hasta 66 cm. LT y 101 cm. LT en las hembras (Márquez-Farías, 2007).

Esta especie presenta un tipo de reproducción vivípara aplacentada. Las tallas de primera madurez reportadas para la zona son: en el caso de los machos de 95.1 cm, talla a la cual el grado de calcificación es suficiente para la reproducción; en el caso de las hembras la talla de primera madurez es a los 111.8 cm, en la cual los ovarios y oviductos están bien desarrollados y los ovocitos presentan un diámetro mayor a los 21 mm (Juaristi-Videgaray, 2016).

En el caso de los trabajos realizados sobre hábitos alimenticios para esta familia se tienen pocos a nivel internacional; sin embargo en el caso del continente americano se pueden llegar a encontrar algunos, siendo su mayoría realizados en México.

Talent (1982) realizó un estudio en Elkhorn Slough, California entre octubre de 1971 y diciembre de 1972, donde analizo la dieta de *Mustelus californicus, Mustelus henlei, Pseudobatos productus y Myliobatis californica,* por medio del contenido estomacal. Se analizó un total de 82 individuos de *Pseudobatos productus,* en un intervalo de 60 a 150 cm. LT, en los cuales la presa, *Hemigrapsus oregonensis,* un cangrejo, fue el alimento más importante en la dieta con un 84.86% de Frecuencia de Aparición (FA). Este estudio evidenció una

diferencia de los hábitos alimenticios en los individuos entre 90 y 120 cm, ya que se alimentan más de peces que de crustáceos.

Downton-Hoffman (2007) analizó 452 estómagos de *Pseudobatos productus,* recolectados en 2002, 2004 y 2005, en Bahía Almejas y Laguna de San Ignacio; mediante el análisis del contenido estomacal concluyó que en Bahía Almejas el pez guitarra se alimenta de nueve tipos de presas, de las cuales ocho son crustáceos y un sipúnculido, correspondientes a cuatro familias, cuatro géneros y tres especies. Los crustáceos fueron los más frecuentes con 99%FA, siendo *Callinectes bellicosus* el más común con 37.5%FA. Para los organismos de Laguna de San Ignacio, su dieta se constituyó de 40 tipos de presas, de los cuales 31 fueron crustáceos, 5 peces, 1 molusco, 1 poliqueto, 1 alga y 1 sipúnculido, correspondientes a 24 familias, 20 géneros y 16 especies; los crustáceos fueron las presas más frecuentes en los estómagos con 88%FA, seguida por los peces con un 9%FA, siendo la especie de *Hemisquilla californiensis* la especie presa más común con un 71.4%FA.

Valenzuela-Quiñonez (2009) realizó muestreos de marzo a agosto de 2008 para analizar la dieta y los hábitos alimenticios de 160 individuos de pez guitarra *Pseudobatos productus* en el alto Golfo de California por medio del análisis de contenido estomacal e isótopos estables de carbono (^{13}C) y nitrógeno (^{15}N). El Índice de Importancia Relativa (IIR) indica que los camarones (Penaoidea y Caridea) fueron el alimento principal con un 51.7%IIR, seguidos por los peces (9.94%IIR) y cangrejos (Brachyura) (7.2%IIR). No se encontró diferencia significativa en la composición de la dieta entre hembras y machos.

En cuanto a trabajos realizados con la familia Rhinobatidae, Navia, *et al.* (2007), analizaron 131 estómagos de diferentes especies de elasmobranquios (*Mustelus lunulatus, Dasyatis longa, Pseudobatos leucorhynchus, Raja velezi* y *Zapteryx xyster*) en la zona central del océano Pacifico Colombiano; obteniendo que para el caso de *P. leucorhynchus* las presas más frecuentes (66.6%), que aportaron más en peso (41.7%) y más abundantes (85.6%), fueron los decápodos, seguidos de los peces. Para el caso de *Z. xyster,* los peces y camarones tuvieron

mayor frecuencia, y fueron los más abundantes en número (27.3%), los camarones fueron los que más aportaron en peso (31.4%), sin embargo las presas más importantes según el índice de importancia relativa (%IIR) fueron los decápodos con 43.2%.

Polo-Silva y Grijalba-Bendeck (2008), realizaron un estudio en Santa Marta, Colombia durante 2006, donde analizaron el contenido estomacal de 172 individuos de *Pseudobatos percellens.* Los resultados que obtuvieron indican que esta especie se alimenta de nueve diferentes familias principalmente de crustáceos (60.2%FA), siendo los de la familia Callianiassidae los más comunes (24.4%FA).

Bornatowski, *et al.* (2010) analizaron un total de 84 estómagos de *P. percellens* en Paraná y Santa Catarina, Brasil durante julio de 2001 y marzo de 2003, las presas más importantes en su dieta fueron los crustáceos (subórdenes Dendrobranchiata, Pleocyemata e infraorden Brachyura) representando 69% de la dieta, seguido de peces con 22%. Los resultados posicionaron a *P. percellens* en un nivel trófico de 3.7.

En el Pacífico Mexicano, Blanco-Parra *et al.* (2011) realizaron un estudio en el Golfo de California, analizando el contenido estomacal e isótopos estables, encontraron que *Zapterix exasperata,* se alimenta de 17 especies diferentes de animales marinos, desde camarones, cangrejos y jaibas, peces demersales y pelágicos, hasta cefalópodos, siendo sus presas principales los peces demersales como *Porichthys margaritatus* (54.05%FA)*;* peces pelágicos (27.02%FA); y jaibas (Callianiassidae, Portunidae) (17.12%FA).

Como se puede apreciar, los contenidos estomacales han sido ampliamente utilizados para conocer la dieta y asignar el nivel trófico de algunas especies de elasmobranquios (Cortés, 1999; Ebert y Bizzarro, 2007). Sin embargo, en la mayoría de los casos este método puede dar apreciaciones erróneas de la dieta y proveer solo una imagen puntual del alimento ingerido recientemente por los organismos. Debido a estas dificultades el análisis de isótopos estables es una

herramienta alternativa y actualmente muy utilizada para determinar los aspectos sobre la ecología trófica de diferentes especies (Jennings *et al.,* 2002).

Valenzuela-Quiñonez (2009) realizó un estudio en el cual analizó la dieta y los hábitos alimenticios de 160 individuos de la raya guitarra *Pseudobatos productus* en el alto Golfo de California, por medio del análisis de contenido estomacal e isótopos estables de carbono (^{13}C) y nitrógeno (^{15}N), obteniendo valores consistentes en la relación C/N en el músculo de *Pseudobatos productus,* lo que concuerda con los valores de $\delta\ ^{13}C$, que muestran que *P. productus* se alimenta en la zona costero-bentónica, ya que se presentaron valores enriquecidos δ13C -15.13 ± 0.47%. En cuanto a los valores de $\delta\ ^{15}N$, estos se encontraron enriquecidos en comparación a su dieta (3 – 4%) debido a que el Golfo de California se encuentra generalmente enriquecido en 15N en comparación con otras regiones, como resultado de la desnitrificación de agua subóxica superficial (Altabet*,* 2001).

El análisis de isótopos estables en vértebras ha sido poco utilizado para conocer los cambios ontogénicos en rayas, sin embargo, esta es una metodología que ha sido utilizada en tiburones con pesca dirigida y con especies protegidas, esto debido a que solo una vértebra, se pueden conseguir varias submuestras, en las cuales se reflejaran los cambios alimentarios a medida que se vayan analizando las capas de crecimiento desde el centro de la vértebra a la periferia, debido a la forma de crecimiento y mineralización de la vértebra durante el desarrollo de cada individuo (Estrada *et al*., 2006).

3. JUSTIFICACIÓN

La raya guitarra es de las especies más capturada en la península de Baja California, debido a que es la única raya que se vende como tiburón, por lo que existe una mayor presión sobre la especie. Sin embargo, existe poca información de su biología básica, por lo que este trabajo aporta información biológica y ecológica, la cual puede ser usada con fines de manejo y conservación en una zona importante de pesca.

Para este estudio, se determinaron los hábitos alimenticios de *P. productus* utilizando las técnicas de contenido estomacal, y el análisis isotópico en músculo con una tasa de recambio de 6 meses a 1 año y análisis de isótopos estables en las vértebras, que aportan información de los hábitos de la especie a lo largo de toda su vida.

De esta forma se pretende conocer la ecología trófica de *Pseudobatos productus,* para esta zona del Pacífico Mexicano, ampliando así su conocimiento biológico.

4. OBJETIVO

4.1. Objetivo general

Determinar la ecología trófica de la raya guitarra *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, mediante el análisis del contenido estomacal y los isotopos de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ en músculo y vértebras.

4.2. Objetivos particulares

- Identificar la composición y amplitud de la dieta de la raya guitarra mediante el análisis de contenido estomacal.
- Determinar las variaciones alimentarias en la raya guitarra con base en firmas isotópicas en el músculo por sexo y talla.
- Identificar cambios ontogénicos en la raya guitarra, utilizando los valores de $\delta\ ^{13}C$ y $\delta\ ^{15}N$ en vértebras.

5. ÁREA DE ESTUDIO

Los muestreos se realizaron en el campo pesquero de Bahía Tortugas (27º41'30" N; y 114º53'45" O).

El clima es de tipo BWhs(e), que se define como muy seco, semicálido con temperatura media anual entre 18°C y 22°C (llegando hasta los 30°C), con régimen de lluvias intermedio, precipitación de 100 mm anuales, porcentaje de lluvia invernal mayor a los 36 mm, con oscilación térmica extremosa, (INEGI 1984). Esta área es influenciada en primavera y verano por la Corriente de California, que lleva agua fría hacia el ecuador, y en otoño e invierno por la Contracorriente costera de California (Guzmán-Del Próo *et al.,* 2000).

El área de estudio es azotada por aguas frías y baja salinidad durante las temporadas de invierno y primavera provenientes de la Corriente de California influenciada por aguas subàrticas; mientras que durante la temporada de verano y otoño, la zona es azotada por agua tropical superficial proveniente de la corriente ecuatorial (Durazo, 2015).

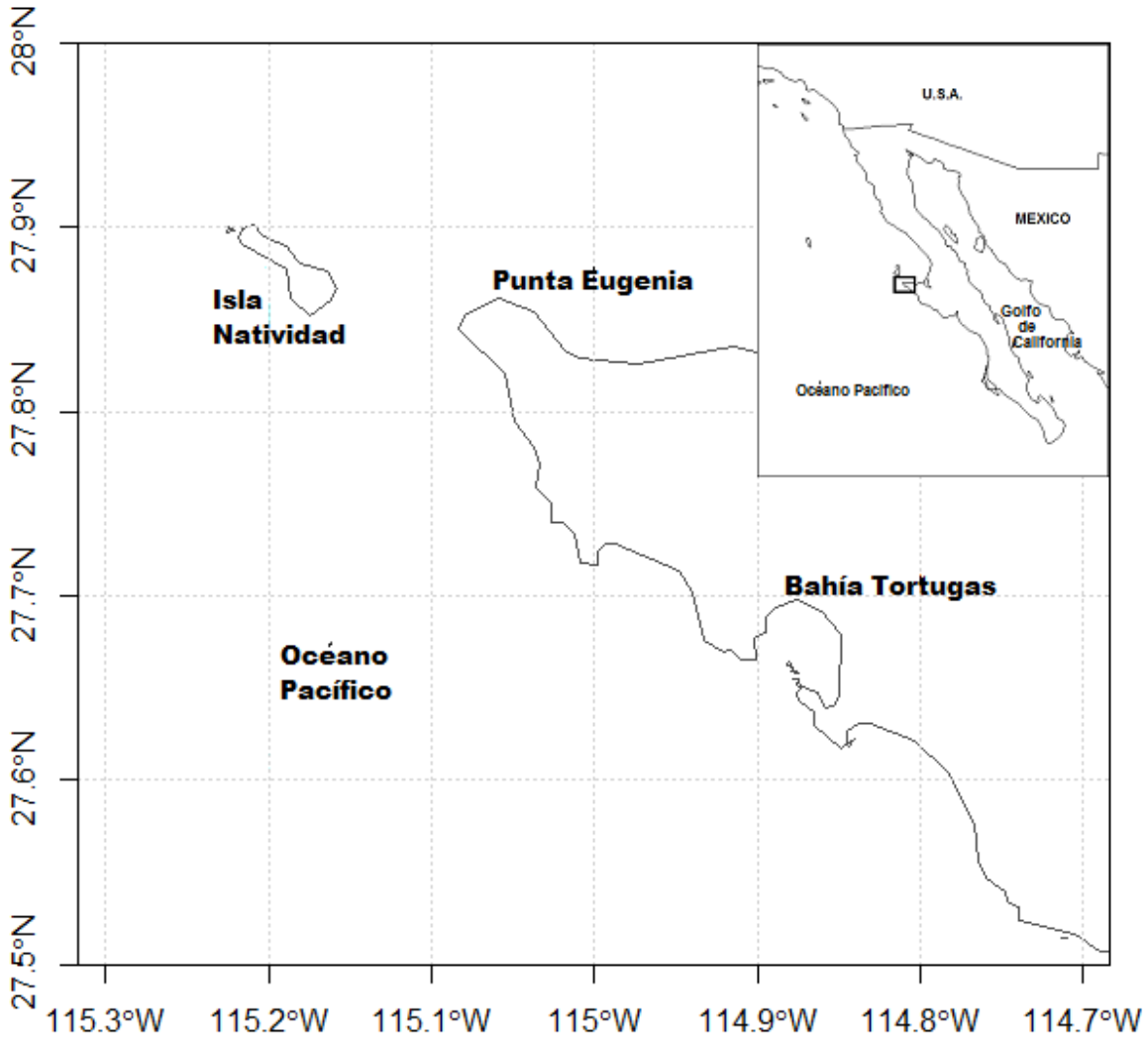


Figura 4. Área de muestreo, Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

La principal activad económica de la zona es la pesca, siendo importante la pesca de: abulón, caracol, langosta, escama tiburones y rayas.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Muestreos en campo

Para determinar la ecología trófica del pez guitarra, se realizaron salidas durante los meses de marzo, agosto, septiembre y noviembre de los años 2013 a 2016 para obtener las muestras de estómagos, músculo y vértebras de *Pseudobatos productus*. Una vez determinado el sexo, largo y ancho del disco de los individuos, se proseguía a realizar una incisión en la cavidad abdominal, para extracción del estómago. El músculo y las vértebras eran obtenidos realizando un corte en la región dorsal y cerca de la cabeza, retirando un pequeño grupo de vértebras y todo el músculo adherido a ellas. Las muestras se almacenaron en una bolsa de plástico y colocadas en hielo molido hasta su traslado a los congeladores en el Laboratorio de Ecología de Peces, del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN).

6.2. Análisis de contenido estomacal

6.2.1. *Fase de laboratorio*

Para el análisis de contenido estomacal se revisaba el porcentaje de llenado de cada estómago, posteriormente se abrieron completamente con un bisturí para ver todo el contenido y revisar cada pliegue del tejido. Cada presa era pesada y etiquetada, asignándole un grado de digestión (Galván-Magaña, 1999), grado 1 a las presas que se consideraban aun frescas, con piel y/o escamas. El grado 2, a las presas que presentaban perdida de alguna parte corporal o donde solo se puede apreciar el músculo. El grado 3 fue asignado a las presas en las que solo se podían observar restos óseos, (esqueletos o exoesqueletos) y algunas quelas muy duras en crustáceos. Para el grado 4 se consideraba a la presencia de estructuras duras como: otolitos en peces, picos en cefalópodos, en este estado también se consideró a la materia orgánica no identificada (MONI).

Cada presa era separada de acuerdo al grupo taxonómico, identificándolas hasta el menor taxón posible, dependiendo de su estado de digestión.

La identificación de los peces se realizó mediante los restos de esqueleto encontrados dentro de los estómagos. Se utilizaron como guía para la identificación los catálogos de peces de Sánchez-Cota (2013) y Soto-Segoviano (2014), así como algunas guías prácticas y de campo como las de Fischer (1995), Clothier (1950), así como la colección de esqueletos del Laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR-IPN.

La identificación de crustáceos se realizó por medio de los exoesqueletos o por restos duros como quelas y telson, para su identificación se siguió la Guía FAO para la identificación (Fischer, 1995) y el trabajo de Boyko (2002).

Para la identificación de cefalópodos se utilizaron los restos de picos encontrados en los estómagos analizados, utilizando las claves para la identificación de cefalópodos (Pinkas *et al.,* 1971) y la colección de picos del laboratorio de Ecología de Peces (CICIMAR-IPN).

6.2.2 *Fase de Gabinete*

Se realizaron curvas de acumulación de especies (Pielou, 1975) para conocer si el número de muestra era suficiente para representar la mayoría de las especies presa dentro de la dieta del pez guitarra. Se utilizó el programa Estimate´S v8.2.0 (Colwell, 2006) para calcular el índice de diversidad de Shanon, graficando la media, los máximos y mínimos, comparados con el número de estómagos analizados para calcular el Coeficiente de Variación (CV), la cual es una medida de dispersión que sirve para comparar variables que están a distintas escalas pero están relacionadas estadísticamente. El valor CV < 0.05 fue considerado como una homogeneidad considerable en los valores de diversidad, logrando así la asíntota requerida, lo que indica que el número de muestra obtenido es suficiente para describir completamente la dieta de *P. productus*. Esta curva de acumulación se realizó también para todas las categorías a analizar.

6.2.3 *Composición cuantitativa de la dieta*

Una vez obtenido el número de presas y las categorías taxonómicas, se realizó el análisis cuantitativo de los contenidos estomacales mediante el análisis del Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI), por sus siglas en inglés (Brown, 2012).

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

Donde $\%FO_i$ es el número de estómagos que presentan la presa i, dividido entre el número total de estómagos.

La abundancia específica por presa ($\%PN_i$) y por peso ($\%PW_i$) se calcularon de la siguiente manera:

$$\%PA_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} \%A_{ij}}{n_i}$$

Donde $\%PA_i$ es la abundancia o biomasa de cada presa i en el estómago j y n_i es el número de estómagos que presentan la presa i ya sea en abundancia o peso.

6.2.4 *Índices Ecológicos*

La amplitud de la dieta se calculó mediante el índice de Levin (1968):

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

Donde:

Bi = índice de Levin para depredador *i*

Pij = Proporción de la dieta del depredador *i* que utiliza la presa *j*

n = número de categorías presa.

Los valores resultantes de este índice varían entre 0 y 1, los valores menores a 0.6 indican que la dieta está basada en pocas presas, lo que indica de un depredador especialista; mientras que valores mayores a 0.6 indican que es un depredador generalista.

Este índice será utilizado también específicamente en las muestras de machos, hembras, adultos y juveniles, para conocer si existe algún tipo de especialización en la alimentación para algún tipo de madurez o entre géneros.

Se utilizó el Índice de diversidad de Shannon (H') logaritmo natural, para conocer la variación en la diversidad de presas dentro de los estómagos del depredador por cada una de las categorías analizadas (Pielou, 1975).

$$H' = -\sum_{i=1}^{s}(Pi)\ln(Pi)$$

Donde:

H'= Índice de Shannon

Pi = Proporción de individuos hallados en la especie i-esima

Además se utilizó el índice de similitud (ANOSIM) de Clarke y Warwick (2001) presente en el programa PRIMER 6 v6.1.6 (PRIMER-E, 2006), el cual permitió determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la composición de la dieta a nivel intraespecífico. Se calcula mediante la ecuación:

$$R = \frac{(r_B - r_W)}{{}^{1}/_{2}\,M}$$

Donde:

R = Similitud.

r_w = Promedio de todos los intervalos de similitud dentro de los sectores.

r_B = Promedio de los intervalos de similitud de todos los pares de réplicas entre los diferentes sectores.

$M = \frac{n(n-1)}{2}$, donde *n* es el número total de muestras en consideración.

Cuando se observaron diferencias a nivel intraespecífico, se realizó el Índice de similitud porcentual (SIMPER) de Bray-Curtis (Ludwig y Raynolds,1988), con el programa PRIMER 6 v6.1.6 (PRIMER-E, 2006), dado que es un índice que representa las principales especies presas de cada categoría (entre sexo y madurez) y realiza una comparación de las presas de mayor importancia.

Este índice fue calculado para obtener el 95% de la dieta, mediante la siguiente ecuación:

$$sij = \frac{\sum k \min(Yki, Xkj)}{\sum k\,(Yki + Ykj)}$$

Donde:

Yki y Ykj = Las abundancias de la especie presa *k* en las muestras *i* y *j.*

El nivel trófico se determinó usando la información obtenida del contenido estomacal mediante la ecuación establecida por Christensen y Pauly (1992).

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

Donde:

PT = Posición trófica

CD_{ij} = Composición de la dieta, siendo la proporción de la presa (j) en la dieta del depredador (i)

n = Número de categorías presa en el sistema

PT_j = Posición trófica asignada a cada presa

Los niveles tróficos de cada categoría presa se obtuvieron de Cortés (1999) (Tabla. 1) y FishBase en el caso de los peces.

Tabla 1. Categorías de presas usadas para calcular las composiciones de las dietas y niveles tróficos en los elasmobranquios. Tomado de Cortés (1999)**.**

Código	Especies Presa	Nivel Trófico
FISH	Peces teleósteos	3.24
CEPH	Cefalópodos (calamares, pulpos)	3.2
MOL	Moluscos (excluyendo cefalópodos)	2.1
CR	Crustáceos Decápodos (camarones, cangrejos, langostas, gambas)	2.52
INV	Otros invertebrados (todos los invertebrados excepto moluscos, crustáceos y zooplancton)	2.5
ZOO	Zooplancton (mayormente Eufáusidos "Krill")	2.2
BIR	Aves marinas	3.87
REP	Reptiles marinos	2.4
MAM	Mamíferos marinos	4.02
CHON	Peces cartilaginosos (tiburones, rayas, guitarras y quimeras)	3.65
PL	Plantas (plantas marinas y algas)	1

6.3. Análisis de isótopos estables

6.3.1. *Fase de laboratorio*

Para el caso del procesamiento de músculo, una vez este era descongelado, se cortaba una pequeña parte de tejido y este era depositado en un tubo Eppendorf de 2 ml y etiquetado con la información pertinente. Posteriormente se prosiguió con la liofilización de los tejidos para extraer toda la humedad, posteriormente se homogeniza la muestra de tejido en un mortero de Ágata hasta reducir el músculo a polvo, después se pesó una cantidad entre 0.5 y 0.9 mg de polvo de músculo dentro de una cápsula de estaño de 3.2 x 4 mm, para introducirlo en un espectrómetro de masas DELTA plus XL de razones isotópicas con error menor a 0.1 ‰ en el Instituto Andaluz de ciencias de la Tierra en Granada, España.

Para el procesamiento de las vértebras, una vez descongeladas, se realizó la limpieza total de cada una de las vértebras con cuchillo y bisturí hasta que se

eliminó por completo el músculo y tejido conjuntivo unido a la superficie, posteriormente se midió el diámetro total de cada vértebra y se marcó el foco, así a partir del foco se marcó a cada 1 mm un punto hasta el borde de la vértebra, para estandarizar la toma de submuestras en cada vértebra; los puntos fueron perforados con un micro taladro modelo Proxxon Micromet 50/E y una broca de 0.8 mm de diámetro, para recolectar muestras de colágeno cartilaginoso a la largo del crecimiento de cada organismo.

El polvo obtenido por la perforación fue recolectado en tubos eppendorf de 2 ml, posteriormente, se pesó una cantidad de 1 mg de polvo de vértebra en una balanza analítica modelo ABT 220-5D con una precisión de 0.01 mg, y se colocó dentro de una cápsula de plata de 3.2 x 4 mm, para someterlas a un baño de vapor ácido, el cual consiste en exponer el polvo de vértebra a vapor de HCl ultrex en un contenedor cerrado durante 24 horas, en el cual el HCl vaporizado circula dentro del contenedor y entra en contacto con el polvo dentro de cada cápsula de plata, el cual degrada los carbonatos inorgánicos de la muestra, lo que permite conservar el carbono orgánico dentro de la cápsula, para una correcta lectura en el espectrómetro de masas de razones isotópicas.

6.3.2 *Fase de gabinete*

Para conocer los diferentes estadios de madurez para *P. productus,* se consideró el trabajo realizado por Juaristi-Videgaray (2016) (Tabla 2).

Tabla 2. Talla de primera madurez utilizada para separar adultos y juveniles.

	Talla de primera madurez (cm)
Hembras	111.8
Machos	95.1

La normalidad de los datos fue determinada mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov; mientras que para la homocedasticidad de la varianza de utilizó la prueba de Levene. Para las comparaciones no paramétricas entre grupos, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis; mientras que para las

comparaciones paramétricas se realizó la prueba de T-student y ANOVA con la prueba posterior de Tukey, para determinar las diferencias entre grupos, con un valor de significancia de α = 0.05.

Para el caso de músculo se determinó el traslapo de nicho isotópico por sexo y madurez, se utilizó el método de modelos bayesianos del paquete SIBER (Stable isotope Bayesian Ellipses in R), el cual determina el nicho por medio del área de un polígono que utiliza medidas basadas en elipses, que no son influenciados por el tamaño de la muestra (Jackson *et al.,* 2011). Con este método también se obtiene el área de la elipse corregida, que no subestima el área en caso de muestras pequeñas, así como la estimación bayesiana del área y el traslapo entre elipses, considerando que valores cercanos a uno indican un traslape alto.

Para la amplitud de nicho se consideraron los criterios de Newsome *et al.* (2007), quienes mencionan que la amplitud del nicho puede ser medida con el tamaño de la varianza de los datos de δ ^{15}N, considerando valores inferiores a uno, como hábitos especialistas; mientras que valores superiores a uno, caracterizan hábitos generalistas.

La contribución de las presas a la dieta de *P. productus* se estimó con los modelos de mezcla Bayesianos del paquete MixSiar, del software R con los valores isotópicos del depredador, así como de presas obtenidas dentro de los contenidos estomacales. Este modelo utiliza probabilidad bayesiana para explicar la variación dentro del depredador a partir de diferentes fuentes (presas) con las señales isotópicas de ^{15}N y ^{13}C. La información que proporciona es la presa asimilada que se encuentra en mayor proporción en el músculo del depredador (Stock y Semmens, 2016).

Para establecer la posición trófica y las posibles diferencias de posición por cada categoría, se utilizó lo propuesto por Post (2002):

$$Pt = \lambda + \frac{(\delta^{15}N_{depredador} - \delta^{15}N_{linea\ base})}{\Delta_n}$$

Donde:

λ = 2 (posición trófica del zooplancton)

$\delta^{15}N$ depredador = valor de la señal isotópica del depredador

$\delta^{15}N$ línea base = valor de $\delta^{15}N$ del zooplancton de la zona de estudio

Δn = valor de factor de enriquecimiento de 3.7, tomado de Kim (2012b).

Para la obtención de los valores de zooplancton, se realizaron 5 arrastres de zooplancton en el área de Bahía Tortugas durante el mes de noviembre de 2014, los cuales fueron utilizados para obtener el valor de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ promedio de la zona.

Para reconstruir los patrones de enriquecimiento ontogénico en vértebras, se definió un punto inicial de muestreo en cada una de las vértebras, el cual fue 1 mm de distancia respecto al centro de la vértebra. El enriquecimiento relativo de $\delta^{13}C$ y $\delta^{15}N$ con respecto al valor del primer punto de muestreo se obtuvo mediante la fórmula propuesta por Estrada *et al.* (2006):

$$Enriquecimiento\ de\ Y = \left(\frac{\delta^{z}Y_{x\ mm} - \delta^{z}Y_{3\ mm}}{\delta^{z}Y_{3\ mm}}\right)$$

Donde:

Y **=** elemento de interés (^{13}C y ^{15}N).

z = masa atómica del elemento.

x = localización en milímetros de las muestra tomadas de cada vértebra con respecto al primer punto de muestreo.

Para determinar la existencia de cambios ontogénicos en la alimentación, se aplicaron análisis paramétricos de varianza (ANOVA) y su prueba *post hoc* para conocer las diferencias entre los isótopos.

7. RESULTADOS

7.1. Análisis de contenido estomacal

Se analizó un total de 194 organismos de *Pseudobatos productus,* con un intervalo de tallas desde 19.4 cm hasta los 162 cm de longitud total (LT), con un promedio de talla de 89 cm LT (± 29.6 DE), las hembras representaron el 63.91% de los individuos, con un promedio de 93.08 cm LT (±29.26 DE) y los machos solo el 36.08 %, con un promedio de talla de 83.52 cm LT (±28.60 DE) (Fig. 5). Así mismo los adultos representaron el 46.90% de los individuos muestreados con un promedio de talla de 109.44 cm LT (±16.16 DE) y los juveniles fueron el 53.09% con un promedio de 72.04 cm LT (±27.07 DE) (Fig. 5).

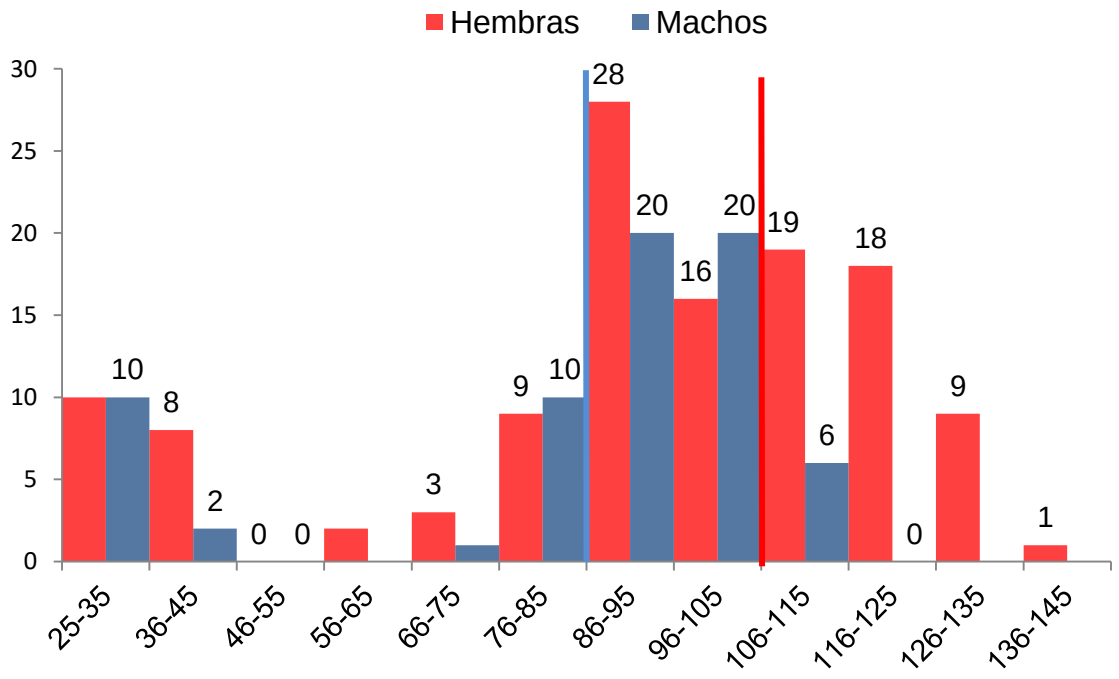


Figura 5. Histograma de distribución de tallas para las muestras de contenido estomacal de *Pseudobatos productus.* Donde la línea roja marca la talla de primera madurez para hembras y la línea azul marca la talla de primera madurez para machos.

De los 194 estómagos analizados de *P. productus,* 138 presentaban alimento (71.13%) y 56 estaban vacíos (28.86%). Al analizar el porcentaje de llenado de los estómagos con contenido, se encontraron 106 estómagos en categoría 1 (76.81%), 22 en categoría 2 (15.94%), cinco en categoría 3 (3.62%) y cinco en categoría 4 (3.62%).

7.2. Análisis cuantitativo de la dieta

De acuerdo a la curva de acumulación de especies (Pielou 1975), el número de estómagos con alimento analizados fue suficiente para caracterizar el espectro trófico general de *P. productus,* ya que se alcanzó un coeficiente de variación (CV) menor a 0.05 (0.0498) al analizar 33 estómagos (Fig. 6).

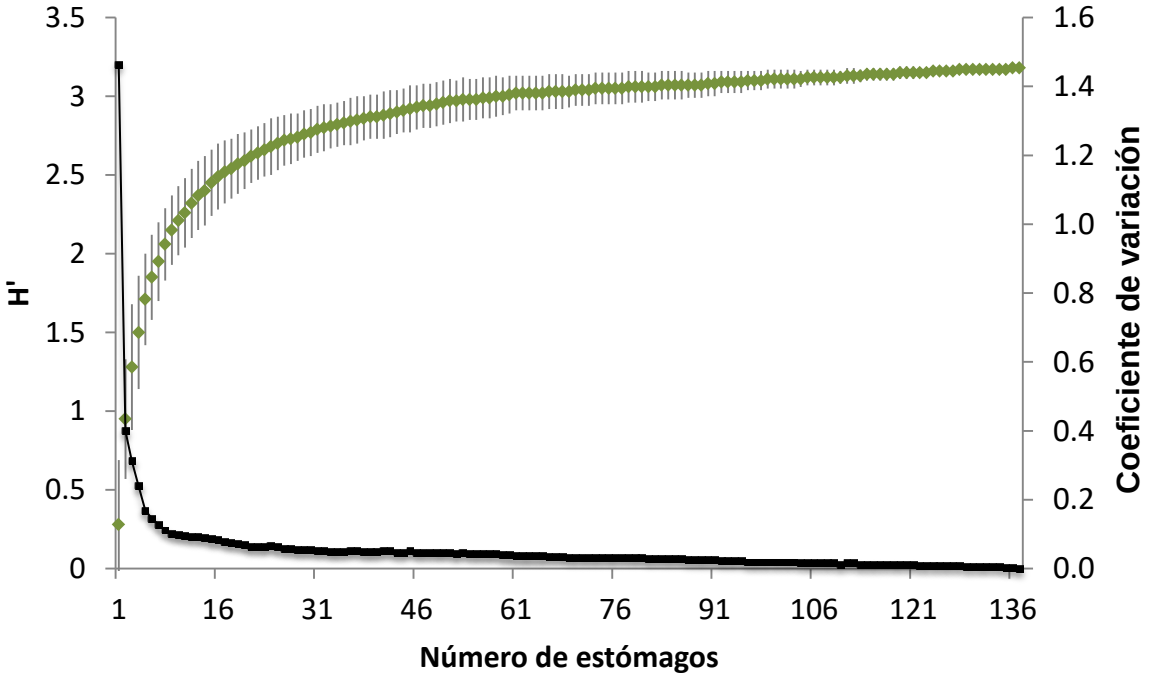


Figura 6. Curva de acumulación general de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV).

Para el caso de las hembras, se realizaron las curvas de acumulación en tres categorías: hembras, hembras adultas y hembras juveniles, donde se estimó que el número de estómagos con alimento fue suficiente para caracterizar el espectro trófico de las hembras de *P. productus,* al alcanzar un CV = 0.047 en el

estómago 36 (Fig 7.), las categorías de hembras adultas y hembras juveniles, de igual manera están bien representados sus espectros tróficos al presentar un CV menor a 0.05 (CV = 0.043 y CV = 0.041, respectivamente) en los estómagos 26 (Fig. 8), para las hembras adultas y 22 para las hembras juveniles (Fig. 9).

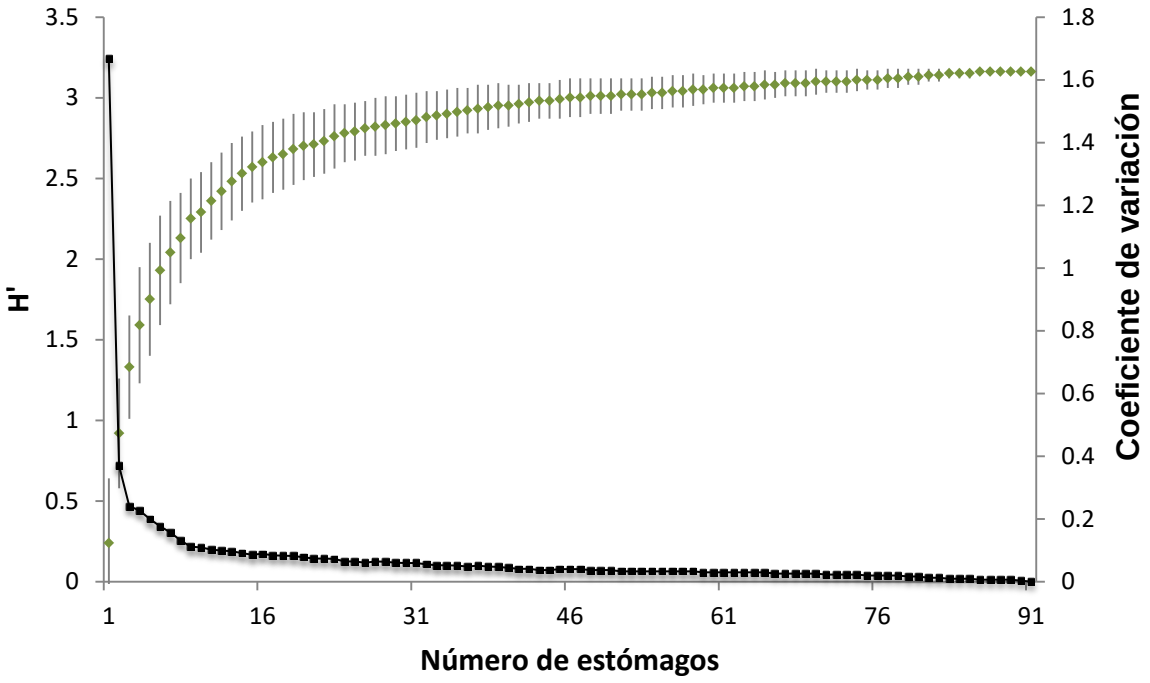


Figura 7. Curva de acumulación de hembras de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

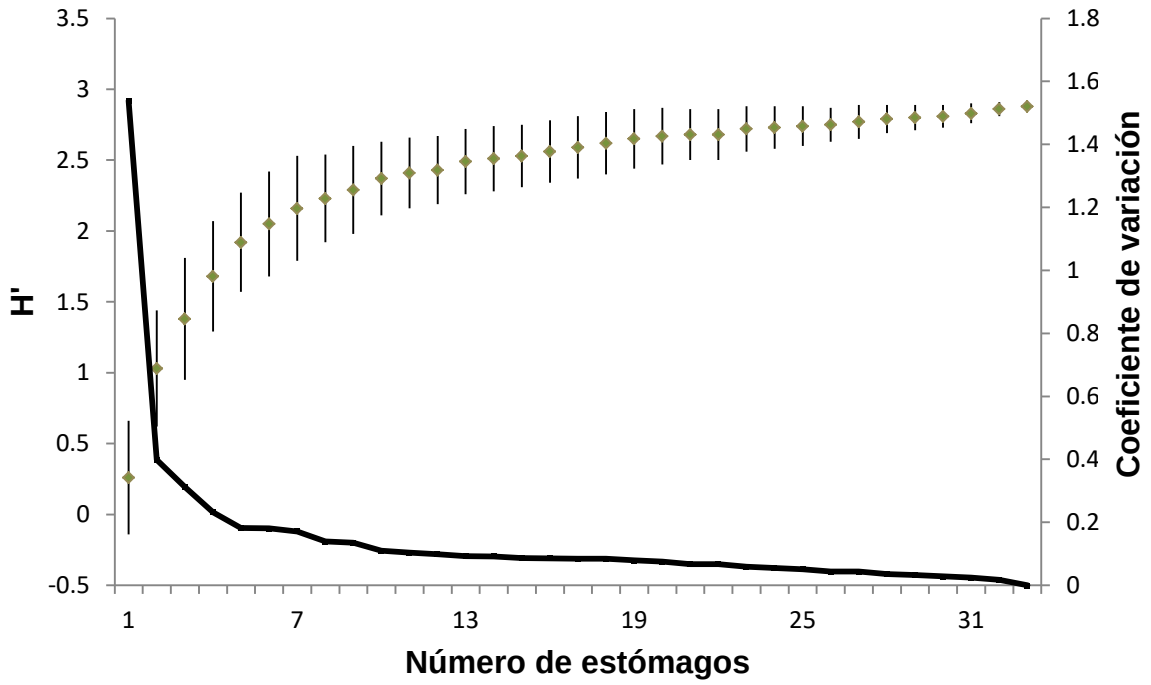


Figura 8. Curva de acumulación de hembras adultas de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

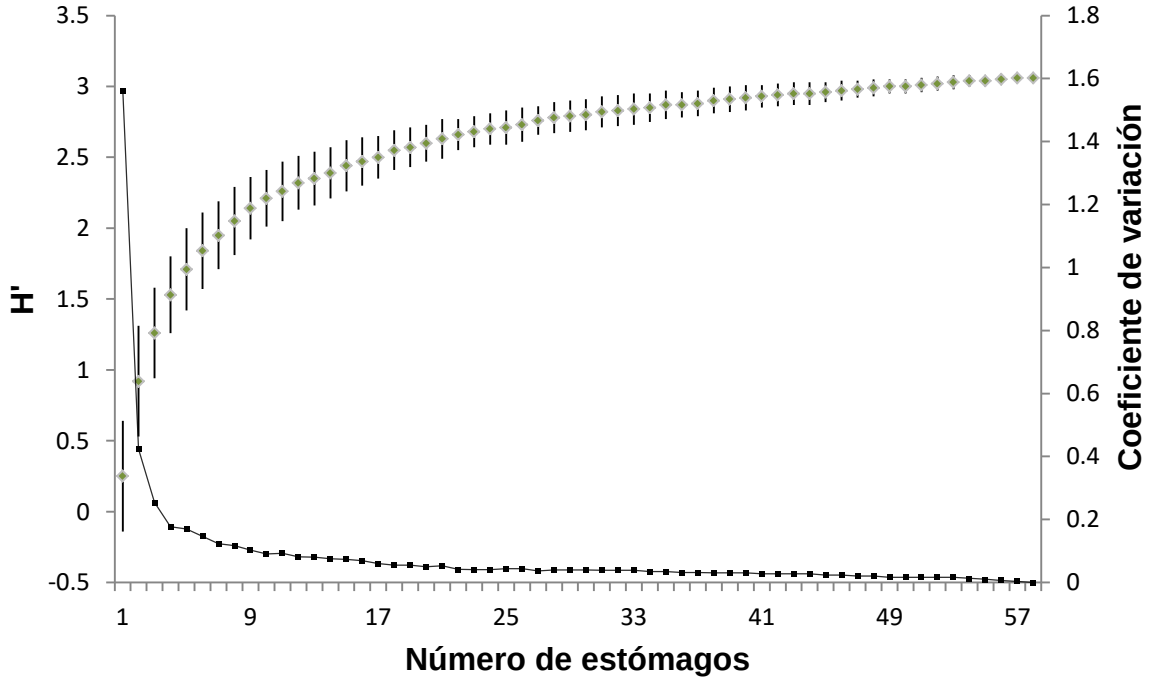


Figura 9. Curva de acumulación de hembras juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

Al realizar las curvas de acumulación de machos, en las tres categorías (machos, machos adultos y machos juveniles), se observó que se tiene bien representado el espectro trófico de los machos, ya que se estimó que con 18 estómagos el CV era menor a 0.05 (CV = 0.047), alcanzando la asíntota. (Fig. 10), las dos categorías de machos por estadio de madurez mostraron de igual manera un CV menor a 0.05 (CV = 0.047 y CV = 0.042), por lo que el espectro trófico de machos adultos está bien representado a los 14 estómagos (Fig.11); mientras que para machos juveniles, con 18 estómagos se alcanzó la asíntota dentro de la curva (Fig. 12).

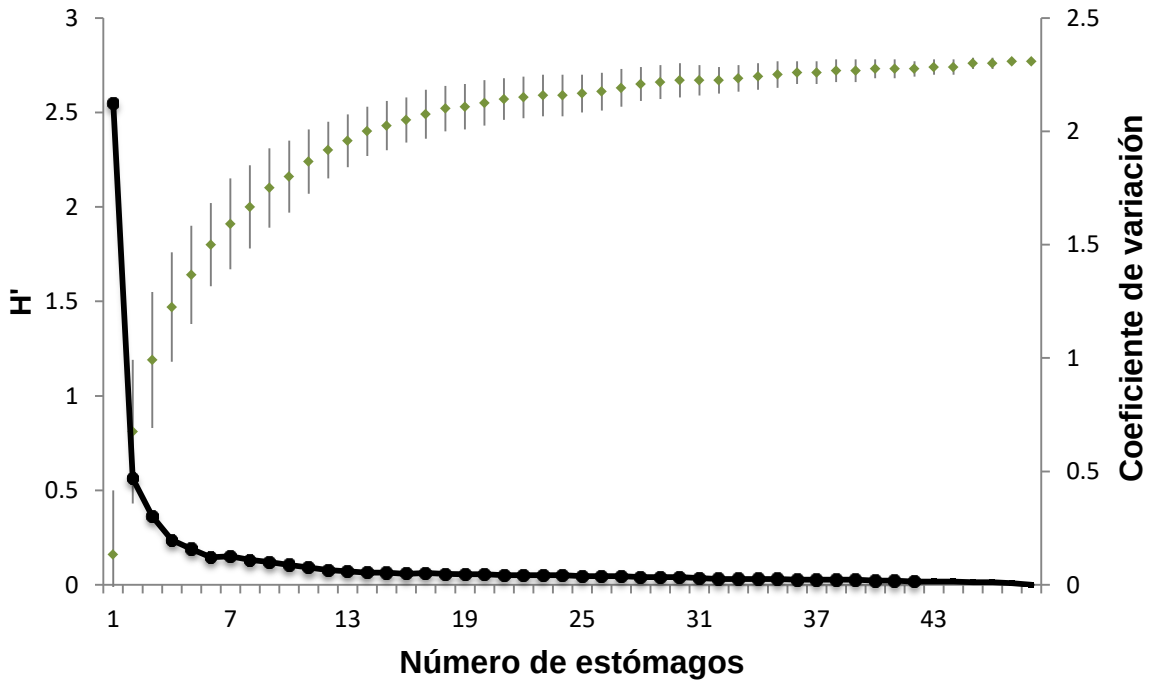


Figura 10. Curva de acumulación de machos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

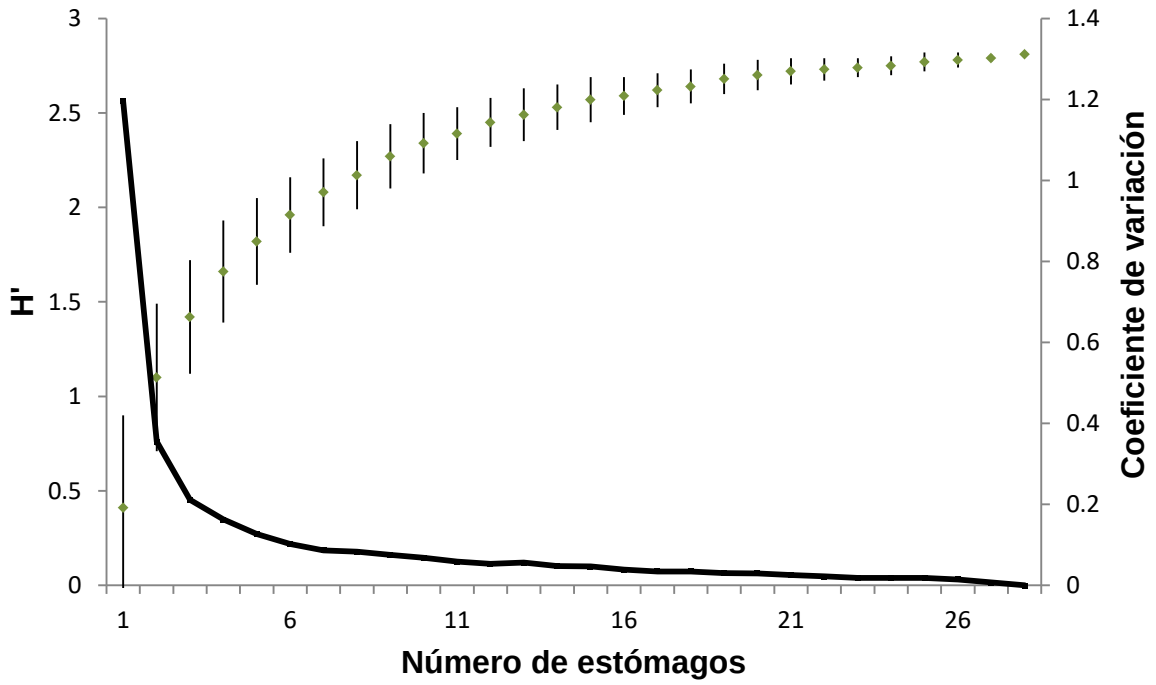


Figura 11. Curva de acumulación de machos adultos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

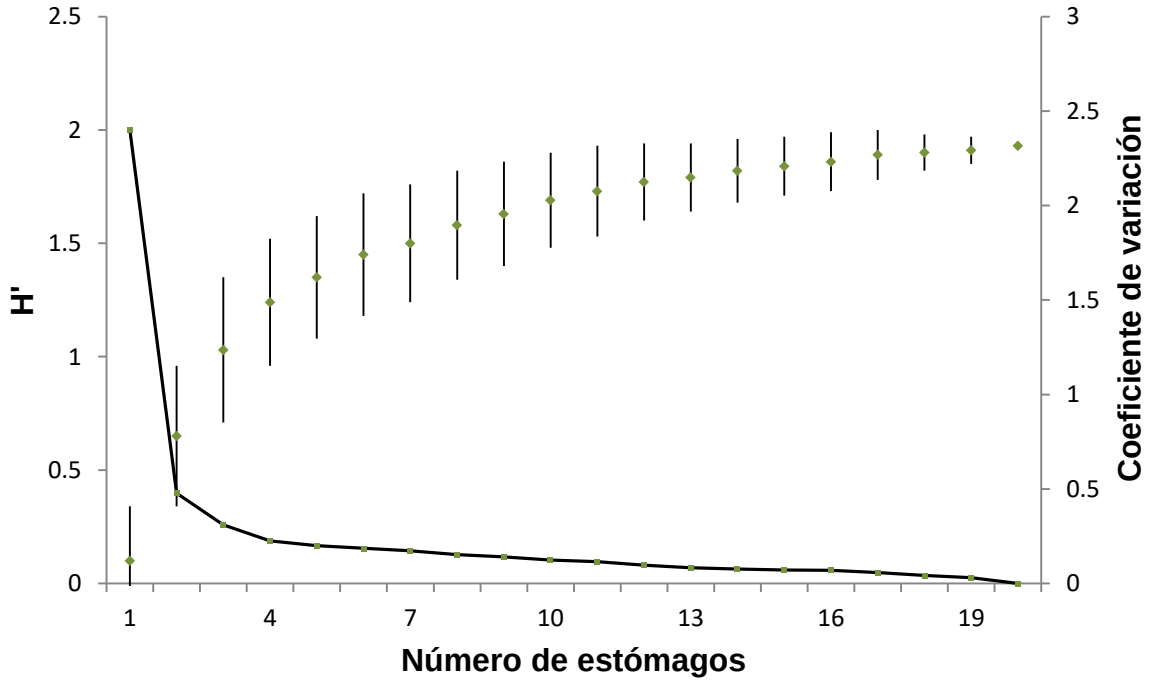


Figura 12. Curva de acumulación de machos juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

Al analizar las curvas de acumulación para el caso de los adultos, se observó que al alcanzar los 27 estómagos, la gráfica alcanzaba la asíntota y un CV = 0.049, por lo que se tiene bien representado el espectro trófico de *P. productus* (Fig. 13); mientras que para el caso de los juveniles la asíntota se alcanzó a los 29 estómagos con un CV = 0.048, lo que indicó que el número de estómagos con alimento fue suficiente para caracterizar el espectro trófico de los juveniles de *P. productus* (Fig. 14).

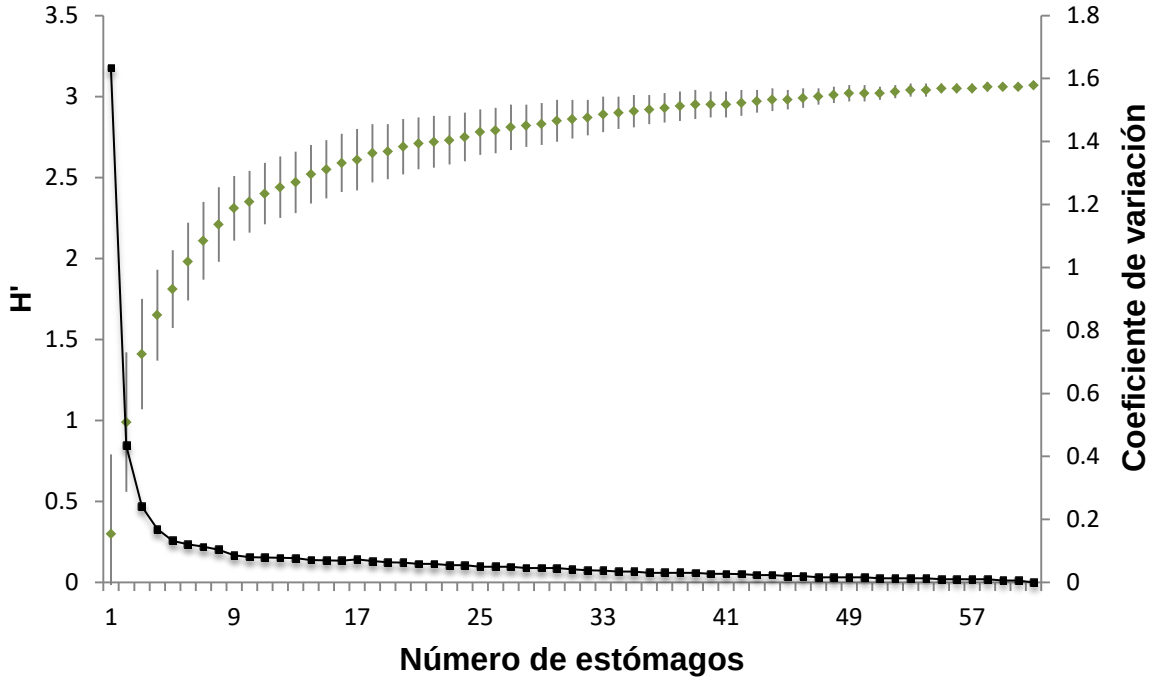


Figura 13. Curva de acumulación de adultos de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

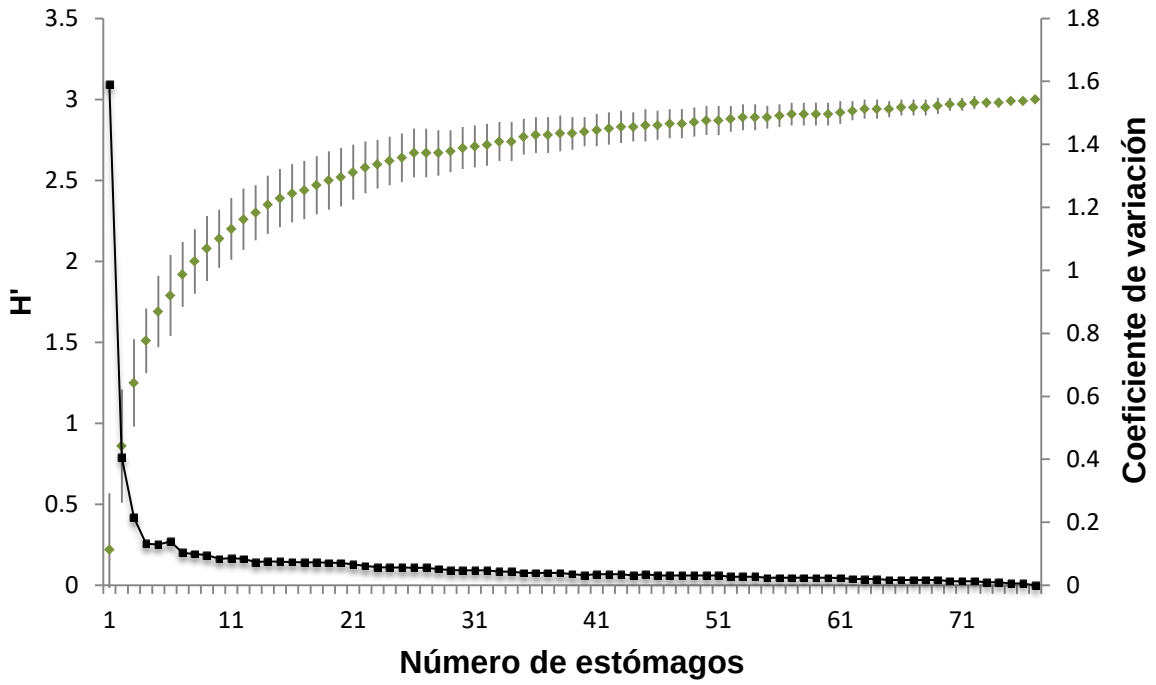


Figura 14. Curva de acumulación de juveniles de *Pseudobatos productus.* Los rombos son la diversidad acumulada y la línea negra es el Coeficiente de Variación (CV)

La dieta de *P. productus* estuvo compuesta por 44 categorías presa, dentro de las cuales se encontraron 19 familias, 19 géneros y 14 especies; 32 categorías fueron crustáceos (72.72%), 7 fueron peces (18.18%), 2 fueron sipuncúlidos (4.54%), un cefalópodo (2.27%) y en el último grupo se anexó a la materia orgánica no identificada (MONI) (2.27%).

A partir del Índice de Importancia Presa-Especifica (PSIRI) (Fig. 15), se obtuvo que la especie más importante dentro de la dieta de *P. productus* fue el cangrejo topo *Blepharipoda occidentalis* con un 12.99%, seguido de la langostilla *Pleuroncodes planipes* (12.65%), los crustáceos que no se pudieron identificar debido al estado de digestión ocuparon el tercer lugar en importancia con un 11.25%, las jaibas *Portunus xantusii y Callinectes arcuatus* siguen en importancia con 9.81% y 6.11% respectivamente, mientras que el resto de las categorías aportaron menos del 4% sumando un total de 43% (Tabla 3).

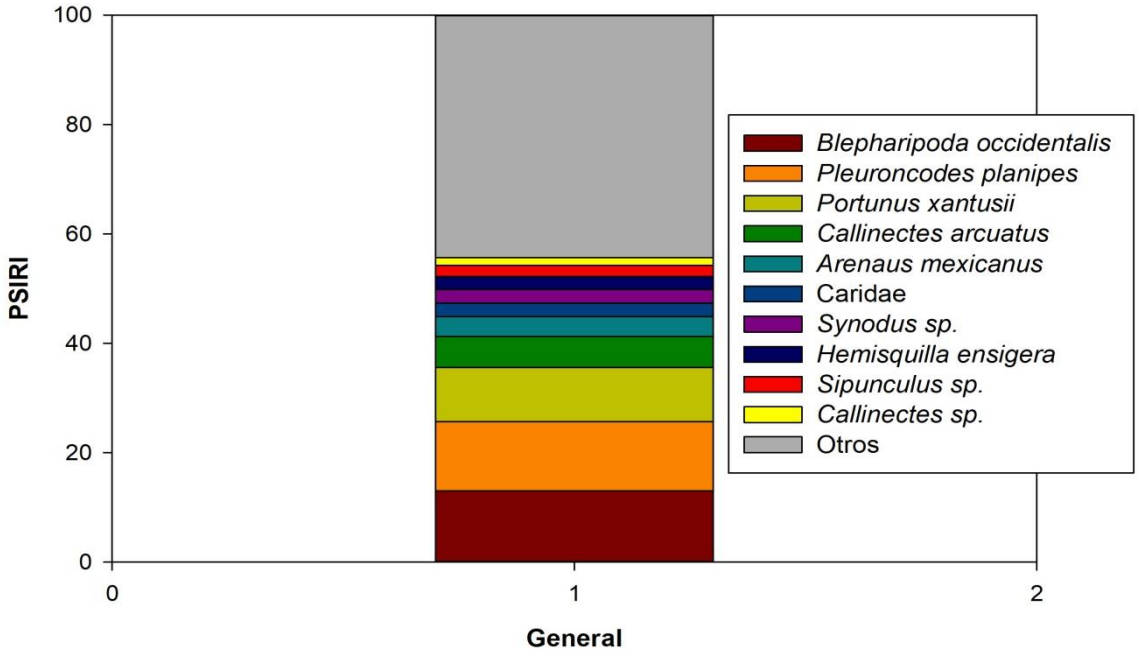


Figura 15. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para las 10 presas más importantes dentro de la dieta de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur.

Tabla 3. Espectro trófico de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%P	%PP	PSIRI
CRUSTACEA**	4.41	3.68	83.33	3.27	74.05	3.47
Amphipoda**	0.74	0.25	33.33	0.00	0.01	0.12
Decapoda**	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Blepharipodidae*	1.47	0.82	55.56	0.86	58.57	0.84
Blepharipoda occidentalis	18.38	12.80	69.64	13.19	71.74	12.99
Lophomastix diomedeae	0.74	0.05	7.14	0.02	2.74	0.04
Paraleucolepidopa myops	1.47	0.43	29.17	0.43	29.30	0.43
Cancridae*	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Caridae*	3.68	1.93	52.50	3.11	84.68	2.52
Hippidae*	0.74	0.37	50.00	0.30	40.88	0.33
Emerita analoga	0.74	0.68	92.31	0.69	94.12	0.69
Munididae						

Pleuroncodes planipes	15.44	12.85	83.20	12.47	80.76	12.66
Penaeoidea						
Penaeus sp.	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Restos de camarón	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Portunidae*	2.94	1.58	53.57	2.00	68.10	1.79
Arenaus mexicanus	5.15	3.57	69.44	3.74	72.72	3.66
Callinectes arcuatus	7.35	6.14	83.57	6.08	82.65	6.11
Callinectes bellicosus	1.47	0.76	51.43	0.76	51.46	0.76
Callinectes sp.	1.47	1.47	100.00	1.47	100.00	1.47
Portunus xantusii	13.24	10.16	76.79	9.62	72.68	9.89
Portunus sp.	2.94	1.47	50.00	1.35	45.76	1.41
Ostracoda**	0.74	0.64	87.50	0.01	1.96	0.33
Stomatopoda**	0.74	0.25	33.33	0.73	99.70	0.49
Hemisquillidae						
Hemisquilla californiensis	5.15	2.56	49.83	2.25	43.75	2.41
Squillidae						
Squilla biformis	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Squilla hancocki	0.74	0.09	12.50	0.26	34.77	0.17
Squilla sp.	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Raninidae*	2.21	1.17	53.17	1.40	63.68	1.29
Sicyoniidae*	0.74	0.06	7.69	0.16	21.82	0.11
Upogebiidae*	0.74	0.49	66.67	0.32	43.53	0.41
Restos de crustáceos	13.97	11.64	83.33	10.86	77.75	11.25
CEPHALOPODA						
Loliginidae						
Doryteuthis opalescens	1.47	0.19	12.70	0.41	27.90	0.30
Lephidophora*	0.74	0.37	50.00	0.27	36.30	0.32
ACTINOPTERI						
Batrachoididae						
Porichthys sp.	0.74	0.05	7.14	0.04	5.89	0.05
Clupeidae*	1.47	0.47	32.14	0.75	51.09	0.61
Sardinops caeruleus	0.74	0.16	22.22	0.08	10.25	0.12

Cynoglossidae						
Symphurus sp.	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Labrisomidae						
Labrisomus sp.	0.74	0.74	100.00	0.74	100.00	0.74
Serranidae*	0.74	0.37	50.00	0.38	52.17	0.38
Synodontinae						
Synodus sp.	3.68	2.25	61.11	2.57	69.97	2.41
Restos de peces	7.35	3.60	48.94	4.14	56.26	3.87
ECHIURA*	0.74	0.37	50.00	0.45	60.81	0.41
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	2.94	2.22	75.36	1.79	60.74	2.00
MONI	11.76	8.17	69.44	7.88	67.01	8.03
Total						100

La dieta de las hembras de *P. productus* estuvo compuesta por 39 categorías presa, dentro de las cuales se encontraron 17 familias, 15 géneros y 13 especies identificadas; de las cuales 28 pertenecieron al grupo de los crustáceos (71.79%), 7 fueron peces (17.94%), 2 fueron gusanos cacahuate (5.12%), un cefalópodo (2.56%) y el grupo MONI (2.56%).

Al realizar el PSIRI para el caso de las hembras (Fig. 16), se obtuvo que la presa identificada más importante dentro de la dieta de *P. productus* fue *B. occidentalis* (12.56%), seguido de la jaiba *P. xantusii* (11.24%), la langostilla ocupa el tercer lugar con 8.10%, el resto de peces sigue con 4.83% y la jaiba *C. arcuatus*; mientras que el resto de las categorías sumadas aportaron el 58.46%, esto debido a que los restos de crustáceos no identificados mostraron el mayor porcentaje de PSIRI en la dieta de las hembras con 14.02% (Anexo 1).

Para el caso de los machos, la dieta estuvo compuesta por 21 categorías presa, encontrando 12 familias, 10 géneros y 9 especies bien identificadas; el 76.19% de las presas fueron crustáceos, 3 categorías fueron peces (14.28%), un gusano cacahuate *Sipunculus* sp. (4.76%) y la MONI (4.76%).

Al realizar el PSIRI de machos (Fig. 16), se obtuvo que la langostilla *P. planipes* es la presa principal en la dieta de *P. productus* con 20.76%, seguida del albunido *B. occidentalis* que aportó un 13.28% a la dieta, las jaibas *P. xantusii* y *C.*

arcuatus (8.94% y 8.33%, respectivamente), siguieron en importancia, mientras que el resto de las categorías aportaron el 48.76% a la dieta (Anexo 2).

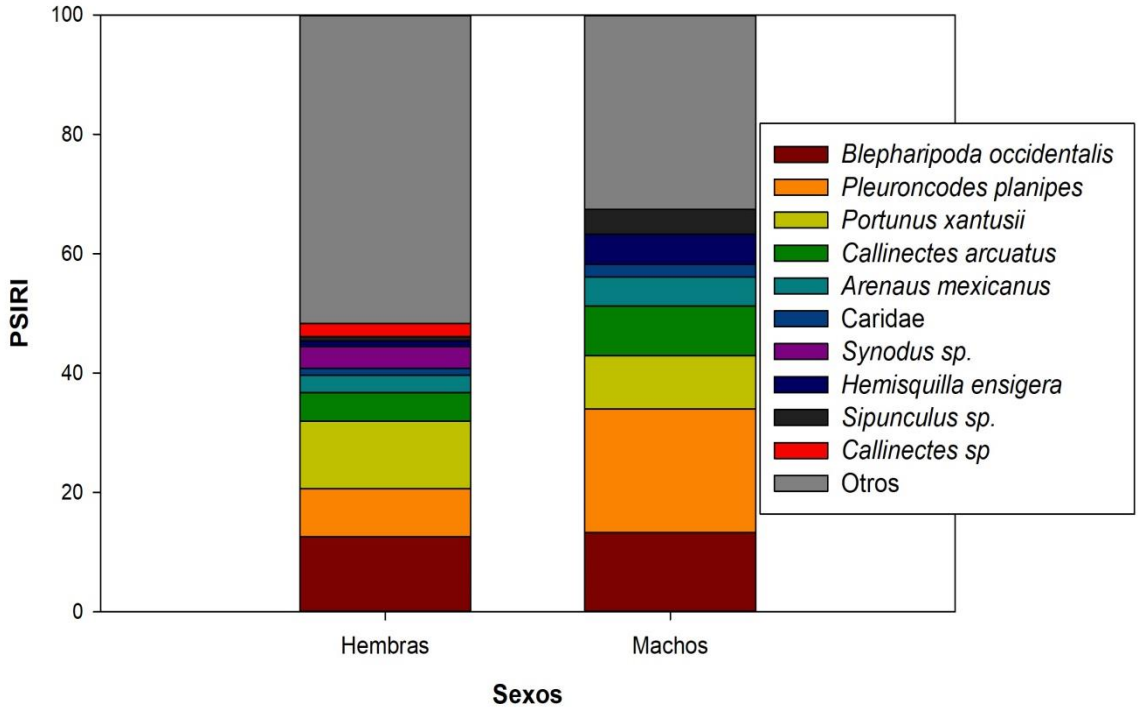


Figura 16. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de hembras y machos de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur.

La dieta de los adultos de *P. productus,* estuvo compuesta por 30 categorías presa, dentro de las cuales se encontraron 14 familias, 16 géneros y 11 especies, los crustáceos fueron las categoría mayor representada con 20 (66.66%), seguido de los peces con seis categorías (20%), dos gusanos que aportaron 6.66% a la dieta, un cefalópodo y MONI con 3.33%.

El Índice de Importancia Presa-Especifica para el caso de los adultos (Fig. 17), indicó que la presa identificada de mayor importancia en la dieta fue la langostilla *P. planipes* (10.06%), seguido del albunido *B. occidentalis* (9.33%), mientras que las jaibas *P. xantusii* y *C. arcuatus* aportan 7.76% y 6.84% respectivamente a la dieta; la categoría presa de resto de crustáceos obtuvo el mayor aporte a la dieta de los adultos con 13%, al igual que la materia orgánica no identificada que tomó gran valor al aportar con 9.72% a la dieta de *P. productus* (Anexo 3).

La dieta de los juveniles se compuso de 32 categorías presa, donde los crustáceos comprendieron la mayoría de categorías con 24 (75%), seguido de los peces con 6 categorías (18.75%), un gusano cacahuate (3.12%) y MONI (3.12%).

El PSIRI para el caso de los juveniles (Fig. 17), mostró que la presa principal de *P. productus* es el albunido *B. occidentalis* con un aporte a la dieta de 15.76%, la langostilla *P. planipes* siguió en importancia con 14.57% y de igual manera las jaibas *P. xantusii* y *C. arcuatus* siguieron en cuanto a importancia con 11.46% y 5.44% respectivamente; la categoría de resto de crustáceos se mostró con importancia al aportar 10.52% a la dieta de los juveniles de *P. productus*, por lo que el resto de categorías aportaron el resto de la dieta (42.22%) (Anexo 4).

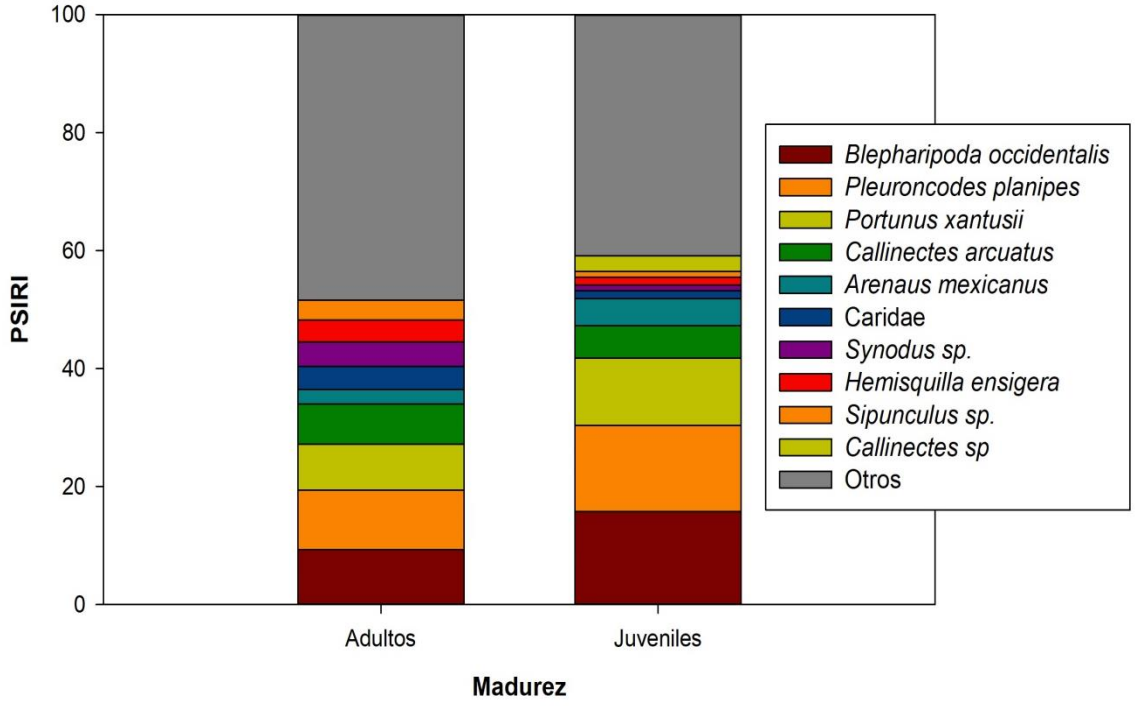


Figura 17. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de adultos y juveniles de *Pseudobatos productus*, en Bahía Tortugas, Baja California Sur.

Para conocer de mejor manera las características de *P. productus*, se realizaron Índices de Importancia Presa-Especifica para las categorías de hembras adultas, hembras juveniles, machos adultos y machos juveniles, con la finalidad de comparar y conocer a mejor detalle las similitudes o diferencias entre sexos y estadios de madurez.

Las hembras adultas de *P. productus* presentaron una dieta compuesta por 23 categorías presa, donde los crustáceos representan la mayoría de estas con 16 (69.56%), cuatro categorías de peces (17.39%), un gusano (4.34%), un cefalópodo (4.34%) y MONI (4.34%).

El PSIRI para esta categoría (Fig. 18), mostró que la langostilla fue la presa principal de *P. productus,* ya que aportó 11.79% a la dieta, la jaiba *P. xantusii* fue la segunda en importancia con 11.32%, dejando al albunido *B. occidentalis* en tercer lugar en aporte a la dieta con 10.04%, ahora, el pez *Synodus* sp. aportó 7.65% a la dieta de hembras maduras; la categoría presa de resto de crustáceo aportó 17.04%, por lo que los crustáceos fueron de gran importancia para las hembras en etapas reproductivas (Anexo 5).

En cuanto a las hembras juveniles, estas presentaron una dieta más diversa al presentar un total de 30 categorías presa, donde los crustáceos representaron la mayoría de estas categorías con 73.33%, los peses representaron el 20% de la dieta y el gusano cacahuate *Sipunculus* sp. con 3.33% de igual manera que la MONI.

La presa de mayor importancia para las hembras juveniles según el PSIRI (Fig. 18), fue el albunido *B. occidentalis* con un 14.02% de aporte a la dieta, seguido de la jaiba *P. xantusii* (11.19%), la langostilla *P. planipes* contribuyó tercero en importancia con 11.19%, las jaibas *C. arcuatus* y *Arenaus mexicanus* aportaron 5.50% y 4.38% respectivamente, por lo que estas especies de crustáceo contribuyeron en un 42% a la dieta de las hembras juveniles de *P. productus* (Anexo 6).

Para el caso de machos adultos de *P. productus,* se registró una dieta de menor diversidad compuesta por 19 categorías presa, donde solo se registró la presencia de un gusano cacahuate (5.26%) y tres categorías de peces que aportaron 15.78%, por lo que de igual manera, los crustáceos aportaron la gran mayoría a la dieta de los machos adultos con 73.68% (14 categorías).

El Índice de Importancia Presa-especifica (Fig.18), mostró que la presa principal de los machos adultos de *P. productus* fue la jaiba *C. arcuatus* la cual aportó 10.71% a la dieta, seguida del albunido *B. occidentalis* con 8.49%, dejando a la langostilla *P. planipes* en tercer lugar en cuanto a importancia aportando solo 8.01% y el gusano cáchuate *Sipunculus* sp.con 7.24%, por lo que el resto de categorías presa aportaron el 65.53% de la dieta de los machos adultos (Anexo 7).

El último grupo conformado por los machos juveniles, fue el que presentó una menor diversidad de categorías presa dentro de la dieta de *P. productus* con solo 9 categorías, conformadas únicamente por crustáceos, por lo que estos fueron de gran importancia para la dieta y desarrollo de los machos juveniles de esta especie.

La categoría presa más importante dentro de la dieta de machos juveniles de *P. productus* según los resultados obtenidos por el PSIRI (Fig. 18), fue la langostilla *P. planipes, con* 38.39% de aporte, seguida del albunido *B. occidentalis* con 20% y con un poco de menor importancia la jaiba *P. xantusii* con 16.45%, por lo que tan solo estas tres especies aportaron casi el 75% de la dieta de los machos en desarrollo de *P. productus* (Anexo 8).

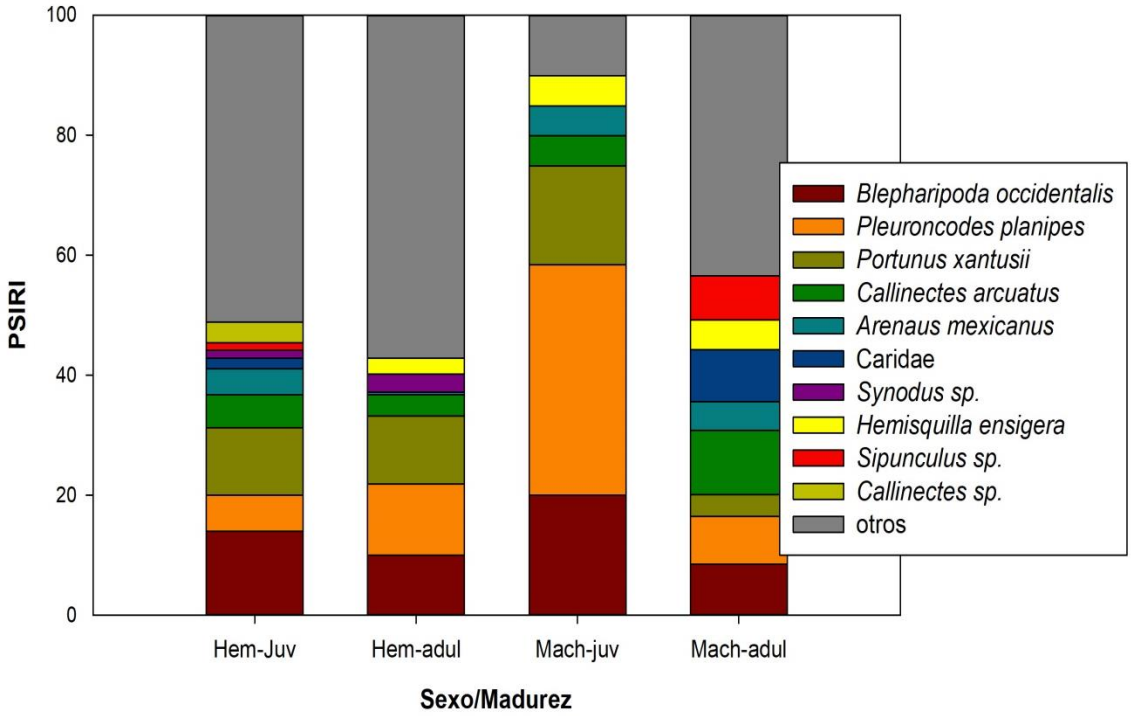


Figura 18. Índice de Importancia Relativa Presa-Especifica (PSIRI) para cada especie presa de *Pseudobatos productus* por grupos (hembras juveniles, hembras adultas, machos juveniles y machos adultos, en Bahía Tortugas, Baja California Sur.

7.3. Índices ecológicos

7.3.1 *Amplitud trófica*

Se aplicó el índice de Levin para conocer la amplitud de la dieta de *Pseudobatos productus,* de manera general esta especie de raya tiene una amplitud *Bi* = 0.21, lo que indicó que esta especie es un depredador especialista, ya que se pudo observar la importancia del grupo de crustáceos registrada en el contenido estomacal; mientras que la amplitud de la dieta para el caso de las hembras resultó de *Bi* = 0.25, lo que se pudo interpretar de la misma manera que la dieta general, esto debido a la gran cantidad de categorías presa de las hembras; la amplitud de la dieta para el caso de los machos según el índice de Levin fue *Bi* = 0.13, lo que indicó especialización en el grupo de crustáceos; para el caso de los adultos la amplitud de la dieta fue *Bi* = 0.42, lo que debido a la gran variedad de categorías presa encontradas para *P. productus* se consideró el oportunismo como estrategia de alimentación para los adultos de ambos sexos; mientras que

para el caso de los juveniles la amplitud de la dieta fue *Bi* = 0.17, lo que concuerda con las demás categorías debido a la cantidad de crustáceos en su dieta.

De igual manera, la amplitud de la dieta fue caracterizada según el índice de Levin, para el caso de las hembras adultas la amplitud resultó ser de *Bi* = 0.35, por lo que las hembras adultas utilizaron una estrategia oportunista, por lo que su dieta es más variada, sin embargo, para el caso de las hembras juveniles, el cual resultó ser *Bi* = 0.28, lo que se interpretó como especialización en crustáceos; de igual manera que las hembras adultas, los machos en etapas maduras, utilizaron una estrategia de alimentación oportunista (*Bi* = 0.48), por lo que sus categorías presa fueron mucho más variadas que en etapas de desarrollo; de igual manera para el caso de los machos juveniles la amplitud fue *Bi* = 0.14, una dieta especialista, ya que todas sus categorías presa fueron crustáceos, (Tabla 4).

Tabla 4. Valores del Índice de Levin indicando la amplitud del espectro trófico de *Pseudobatos productus,* en Bahía Tortugas, Baja California Sur.

	Índice de Levin
Espectro general	**0.21**
Hembras	**0.25**
Machos	**0.13**
Adultos	**0.42**
Juveniles	**0.17**
Hembras adultas	**0.35**
Hembras juveniles	**0.28**
Machos adultos	**0.48**
Machos juveniles	**0.14**

7.3.2 *Diversidad de presas*

Para conocer la diversidad de presas dentro de los estómagos de *P. productus,* se calculó el índice de diversidad de Shannon, donde se obtuvo que la diversidad dentro de los estómagos de manera general fue H’ = 2.89, lo cual indicó una alta

diversidad de especies presa comparado con lo reportado por Valenzuela-Quiñonez (2009) (H'= 1.77). Para el caso de las hembras el índice de diversidad de Shannon indicó H' = 2.88, una alta diversidad al igual que la dieta general; mientras que para los machos el índice fue H' = 2.40, lo que indicó una diversidad menor dentro de los estómagos; al analizar la diversidad dentro de los estómagos de los adultos, resultó una diversidad de H' = 2.91, indicando una alta diversidad en la dieta; en el caso aplicado a los juveniles, la diversidad fue H' = 2.52, lo que indicó una baja en la diversidad dentro de los estómagos mientras los organismos se encuentran en desarrollo.

La diversidad dentro de los estómagos del grupo de las hembras adultas fue H' = 2.49, lo que nos indicó una diversidad menor que en el grupo de hembras; mientras que para las hembras juveniles la diversidad resultó de H' = 2.71, una diversidad mayor dentro de los estómagos que en el caso de las hembras adultas; para el caso de machos adultos la diversidad fue de H' = 2.50, una diversidad similar a la de las hembras adultas, sin embargo en el caso de los machos juveniles la diversidad resultó ser la menor de todas (H' = 1.17), esto debido a la poca cantidad de categorías presa encontradas para este grupo (tabla 5).

Tabla 5. Valores de la diversidad de presas de *Pseudobatos productus* obtenidos mediante el índice de Shannon (logaritmo natural).

	Índice de Shannon H'
Espectro general	**2.89**
Hembras	**2.88**
Machos	**2.40**
Adultos	**2.91**
Juveniles	**2.52**
Hembras adultas	**2.49**
Hembras juveniles	**2.71**
Machos adultos	**2.50**
Machos juveniles	**1.17**

7.3.3 *Traslapo trófico*

Se aplicó el índice de similitud (ANOSIM) para conocer el traslapo de la dieta entre grupos; al aplicar ANOSIM para el grupo de sexos se obtuvo un valor *R* = 0.009 con un valor de *p* = 0.17, por lo que no existió diferencia significativa entre dietas, lo que nos indicó que no hay segregación sexual entre hembras y machos de *P. productus* (Fig. 19).

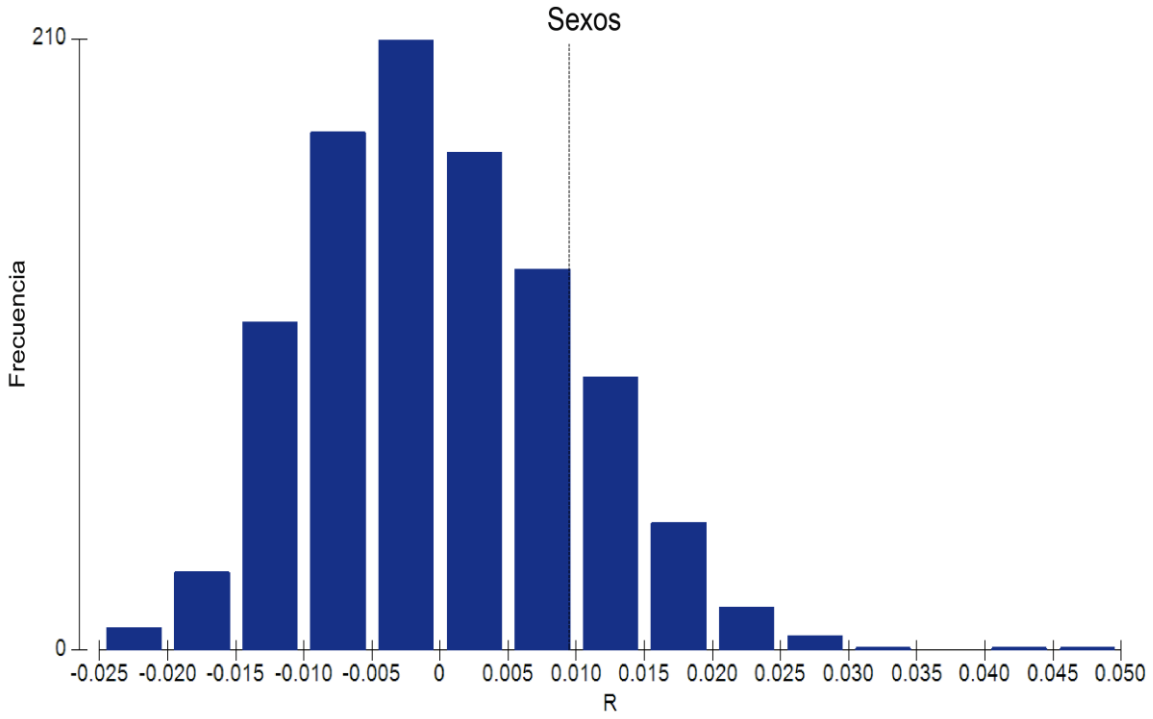


Figura 19. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de hembras y machos de *Pseudobatos productus.*

Para el caso de madurez, al aplicar el índice de similitud (ANOSIM) entre adultos y juveniles de *P. productus,* se obtuvo un valor de *R* = -0.002 con una probabilidad *p* = 0.54, por lo que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre adultos y juveniles, por lo que no existió segregación por estadio de madurez en los individuos de *P. productus* (Fig. 20).

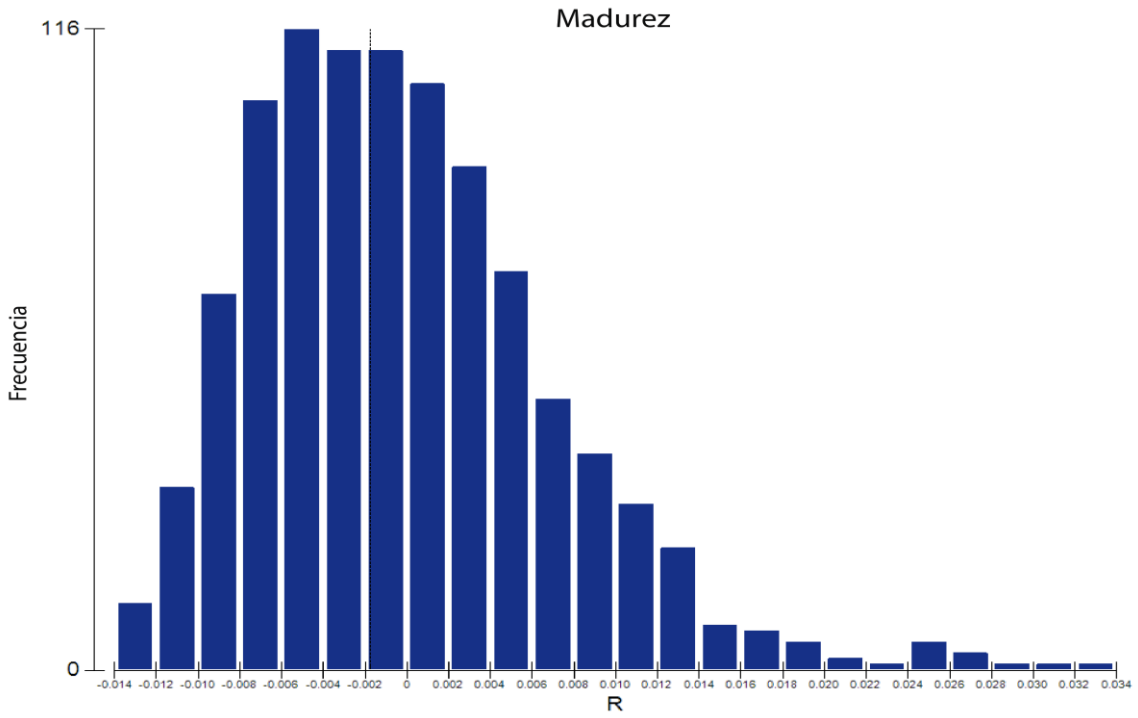


Figura 20. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de adultos y juveniles de *Pseudobatos productus.*

Para conocer de una mejor manera las diferencias o similitudes entre las hembras de *P. productus,* se realizó el índice de similitud (ANOSIM) entre los grupos de hembras adultas y hembras juveniles, obteniendo un valor de R = -0.02 con una probabilidad p = 0.94, lo que indicó que no existen diferencias significativas entre las hembras que alcanzaron su madurez sexual y aquellas que no, por lo que no se registró segregación alimentaria en las hembras de *P. productus* (Fig. 21).

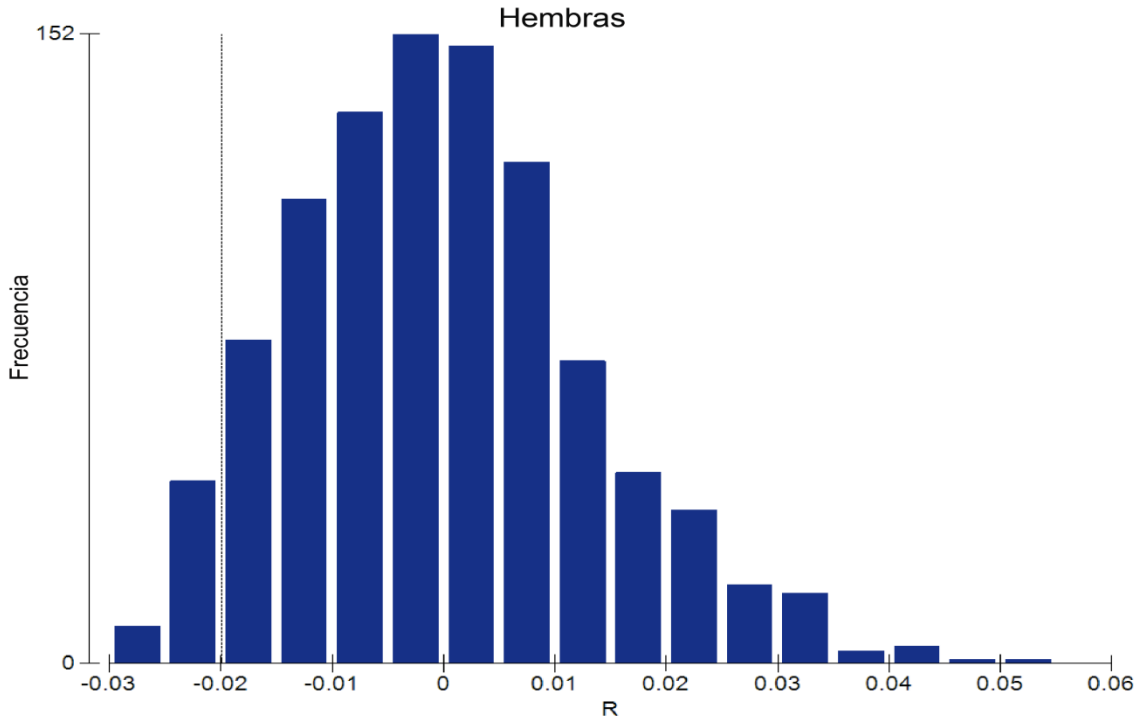


Figura 21. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de hembras adultas y hembras juveniles de *Pseudobatos productus.*

De igual manera, se realizó el índice de similitud (ANOSIM), para conocer las diferencias entre la dieta de los machos maduros y los inmaduros, donde se obtuvo una R = 0.028 con un valor de p = 0.1, lo que indicó, de igual manera que en el caso de las hembras, no existieron diferencias significativas entre machos maduros e inmaduros, por lo que no hubo segregación entre machos de *P. productus* (Fig. 22).

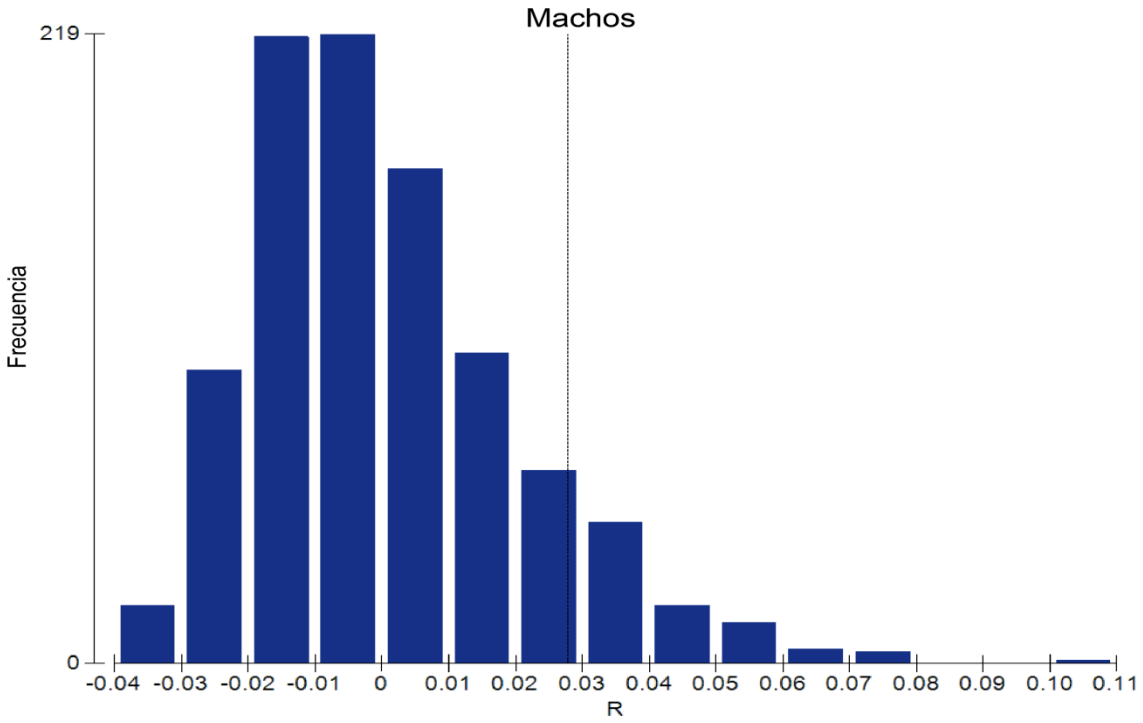


Figura 22. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R, línea negra) de machos adultos y machos juveniles de *Pseudobatos productus.*

7.3.4 *Nivel trófico*

Para el caso de nivel trófico se obtuvo que *Pseudobatos productus* presentó un valor de posición trófica de *PT* = 3.73, lo cual indicó que la dieta de este depredador lo posiciona en un tercer nivel dentro de la cadena trófica dentro de su ecosistema, lo que significó que *P. productus* es un depredador secundario que se alimentó de pequeños crustáceos y peces herbívoros. En cuanto al nivel trófico de las hembras fue de *PT* = 3.78; los machos presentaron un nivel similar al de las hembras con un *PT* = 3.64; para el caso de los adultos, estos presentaron un nivel trófico *PT* = 3.84; similar fue el caso de los juveniles que presentaron un *PT* = 3.60.

En el caso del grupo de las hembras adultas de *P. productus*, estas presentaron un nivel trófico de *PT* = 3.93, el mayor de los niveles tróficos registrados en todos los grupos; a diferencia de las hembras juveniles que presentaron un nivel similar a los demás grupos (*PT* = 3.63); en el grupo de los

machos adultos se registró un nivel trófico *PT* = 3.68; los machos juveniles fueron el grupo con el nivel trófico menor registrado con un *PT* = 3.52.

7.4 Isótopos estables

Se obtuvieron un total de 208 muestras de músculo de *P. productus* para realizar los análisis de isótopos estables y conocer que especies presa aportaron directamente a la ecología trófica y crecimiento de esta especie en Bahía Tortugas (Fig. 23).

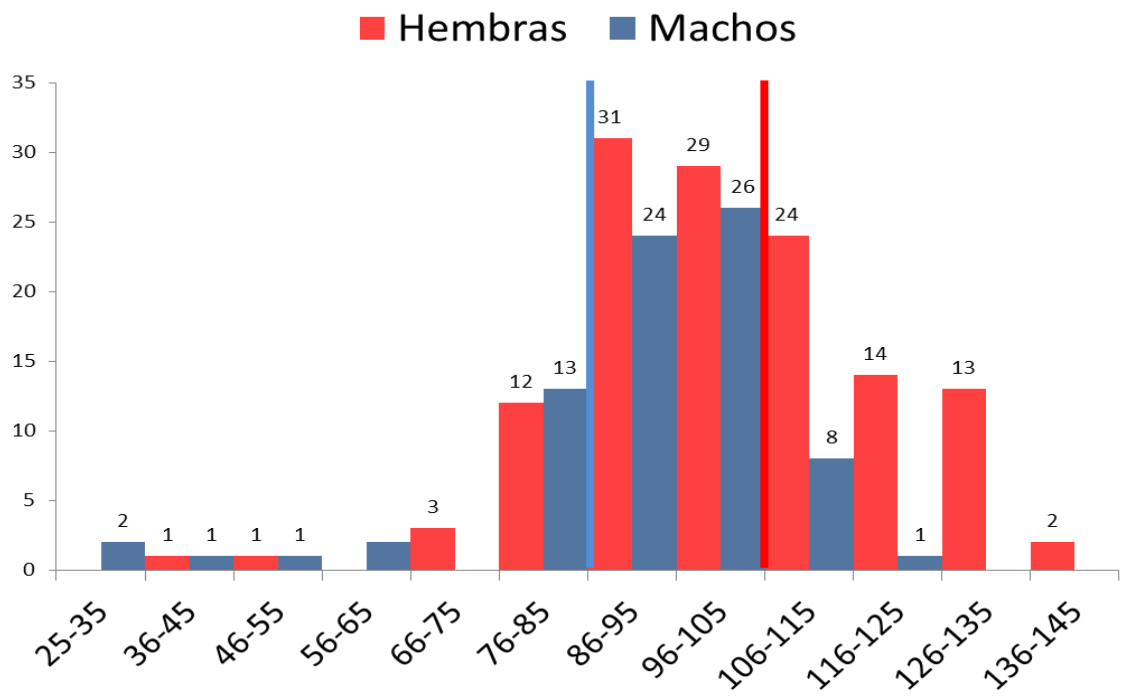


Figura 23. Histograma de distribución de tallas para las muestras de músculo de *Pseudobatos productus.* Donde la línea roja marca la talla de primera madurez para hembras y la línea azul marca la talla de primera madurez para machos.

Se obtuvieron valores isotópicos promedio de ^{15}N y ^{13}C del tejido muscular (Tabla 6), para las categorías de sexos (hembras y machos), estadios de madurez (adultos y juveniles) y años (2013, 2014, 2015, 2016) (Tabla 7).

Tabla 6. Valores promedio y desviación estándar de los valores de δ^{15}N ‰ y δ^{13}C ‰ para cada grupo de *Pseudobatos productus.*

Categoría		δ^{15}N ‰	δ^{13}C ‰
Sexo	Hembras	17.03 (± 0.99)	-16.50 (± 0.86)
	Machos	16.96 (± 1.03)	-16.38 (± 0.81)
Madurez	Juveniles	17.03 (± 0.99)	-16.48 (± 0.86)
	Adultos	17.00 (± 0.99)	-16.42 (± 0.80)
Año	2013	16.80 (± 0.96)	-16.48 (± 0.64)
	2014	17.37 (± 0.95)	-16.48 (± 1.07)
	2015	16.68 (± 1.07)	-16.43 (± 0.71)
	2016	16.37 (± 0.66)	-16.89 (± 0.40)
General		17.03 (±0.99)	-16.48 (±0.86)

Tabla 7. Número de muestras analizadas de músculo para cada grupo.

Sexo	Estadio de madurez	2013	2014	2015	2016	Total
Hembras	Juveniles	15	36	13	12	**76**
	Adultas	17	21	9	7	**54**
Machos	Juveniles	7	3	15	5	**30**
	Adultos	9	34	3	2	**48**
Total		**48**	**94**	**40**	**26**	**208**

Una vez obtenidos los valores isotópicos de δ^{15}N y δ^{13}C del músculo para cada categoría analizada, se evaluó si existían diferencias significativas entre sexo y estadio de madurez con pruebas paramétricas (ANOVA); mientras que para el caso del año se utilizaron pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis). No se encontraron diferencias significativas entre las dietas de *P. productus* entre los grupos de sexo, tanto para δ^{15}N como para δ^{13}C; mientras que para el caso de madurez, no se encontraron diferencias significativas en δ^{15}N; sin embargo, para el caso de δ^{13}C si se encontraron diferencias significativas, ya que los adultos tuvieron valores ligeramente menos negativos, lo que indicó que se desplazan más que los juveniles. Para el caso de los años, se encontraron diferencias significativas para ambos isótopos, las pruebas a posteriori indican que los años 2013 y 2014 fueron diferentes a los años 2015 y 2016 para el caso de δ^{15}N;

mientras que para el $\delta^{13}C$, indicó que los años 2013, 2014 y 2015 fueron diferentes al año 2016, en el cual los valores de $\delta^{13}C$ se volvieron más negativos (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación entre $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de músculo de *P. productus* entre grupos.

Categoría	δ	p-valor
Sexo	$\delta^{15}N$	0.25
	$\delta^{13}C$	0.05
Madurez	$\delta^{15}N$	0.05
	$\delta^{13}C$	< 0.05
Año	$\delta^{15}N$	< 0.001
	$\delta^{13}C$	0.001

Para complementar la información obtenida en la comparación entre grupos, se realizaron pruebas de traslapo isotópico para conocer el grado de superposición de la dieta de los sexos, donde el traslapo entre hembras y machos resultó ser del 61% (Fig. 24) (Tabla 9).

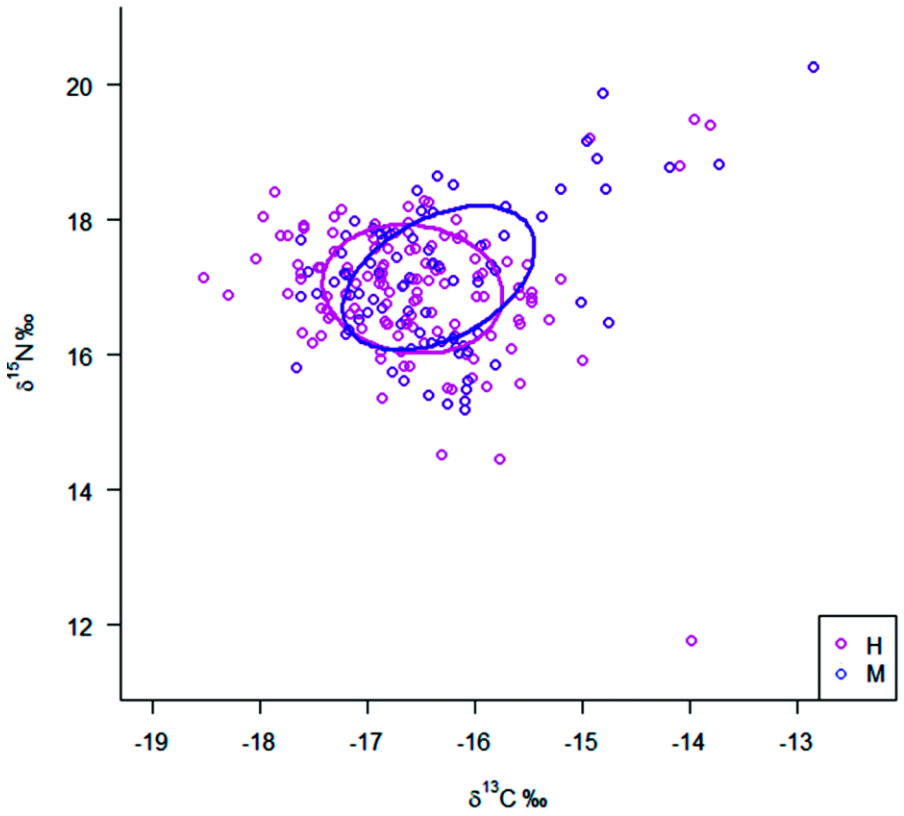


Figura 24. Traslapo isotópico entre sexos. La línea sólida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana.

Tabla 9. Traslapo trófico entre sexos. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías.

Sexo	SEA(‰^{2})	SEAc(‰^{2})	Traslapo
Hembras	2.49	2.51	0.68
Machos	2.71	2.75	

Al realizar la prueba de traslapo isotópico para el grupo de estadio de madurez, donde se registró un traslapo del 54% (Fig. 25) (Tabla 10).

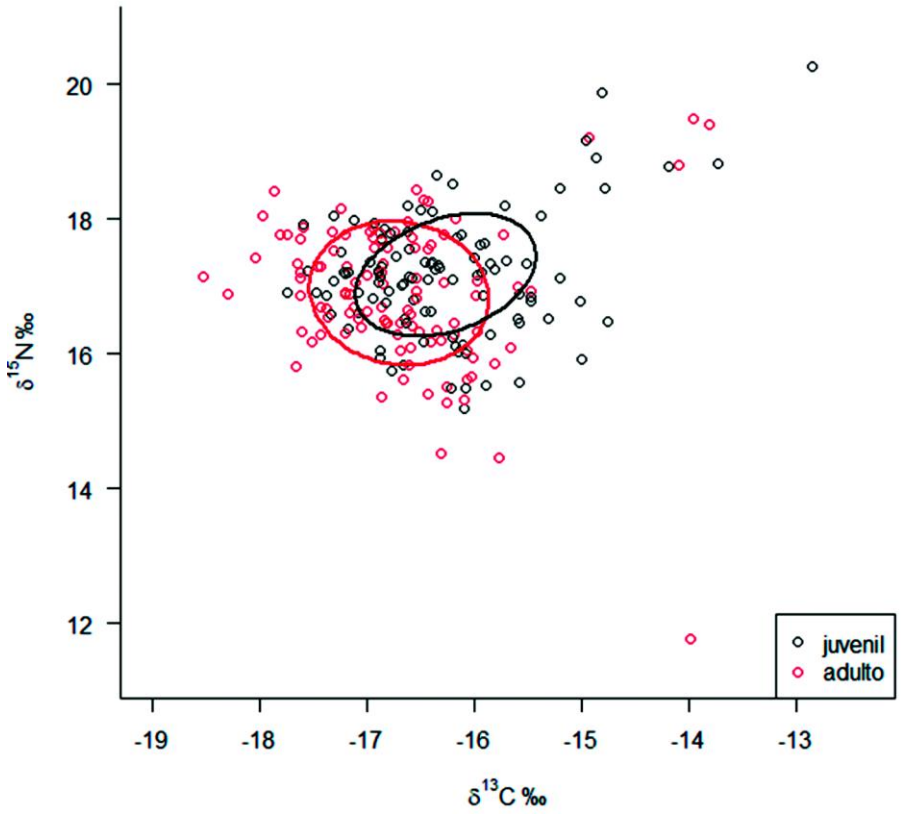


Figura 25. Traslapo isotópico entre estadios de madurez. La línea solida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana.

Tabla 10. Traslapo trófico entre estadios de madurez. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías.

Estadio de madurez	SEA(‰^{2})	SEAc(‰^{2})	Traslapo
Juveniles	2.79	2.81	
Adultos	2.27	2.29	0.63

Para profundizar en el análisis isotópico de *P. productus,* se analizó el traslapo entre los años de muestreo donde los valores de los años 2014 y 2015 presentaron una mayor amplitud de nicho isotópico, por lo que los valores de sobreposición cambian dependiendo que se compare (Fig. 26) (Tabla 11). Cada

año tuvo un área de la elipse diferente, por lo que el porcentaje de sobreposición isotópico fue diferente dependiendo entre que años se estaban comparando, el porcentaje de traslapo fue bajo entre cada uno de los años analizados.

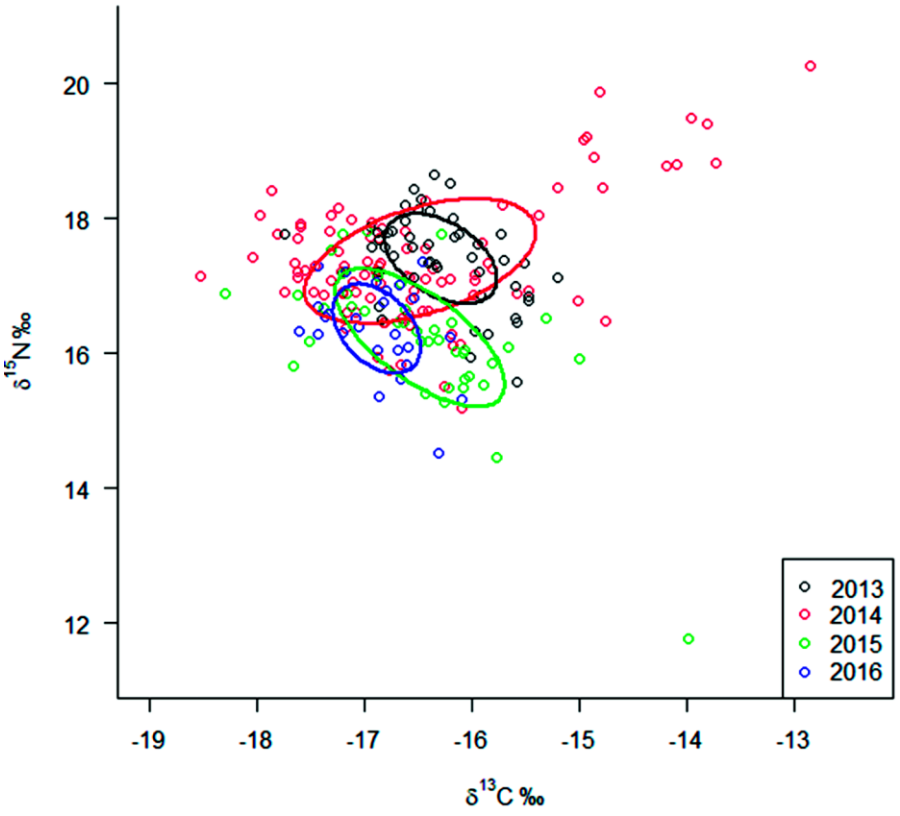


Figura 26. Traslapo isotópico entre sexos. La línea solida corresponde a la elipse calculada mediante estadística bayesiana.

Tabla 11. Traslapo trófico entre estadios de madurez. SEA; tamaño de la elipse sin el ajuste. SEAc; tamaño de la elipse ajustada. Traslapo; valor de superposición de las elipses entre categorías.

Año	SEA(‰^{2})	SEAc(‰^{2})	Traslapo
2013/	0.97	1.00	0.35
2014	2.75	2.78	
2013/	0.97	1.00	0.29
2015	1.83	1.91	
2013/	0.97	1.00	0.21
2016	0.77	0.80	
2014/	2.75	2.78	0.35

2015	1.86	1.91	
2014/ 2016	2.75 0.77	2.78 0.80	0.24
2015/ 2016	1.86 0.77	1.91 0.80	0.42

7.4.1 *Amplitud de la dieta*

Para conocer la amplitud de la dieta se obtuvieron las varianzas de los valores isotópicos de $\delta\ ^{15}N$ de los distintos grupos analizados, en donde se obtuvieron estrategias generalistas para las categorías de hembras y machos, así como en el año 2015; el resto de las categorías presentaron valores menores a uno, pero cercanos, por lo que se podrían considerar como oportunistas a excepción de la varianza del año 2016 por lo que se consideró como especialista (Tabla 12).

Tabla 12. Amplitud trófica. Varianza de $\delta\ ^{15}N$ obtenidos en músculo para *Pseudobatos productus.* Valores < 1 indican hábitos especialistas, valores > 1 indican hábitos generalistas.

Categoría		Varianza $\delta\ ^{15}N$
General		0.99
Sexo	Hembras	1.00
	Machos	1.07
Estadio de madurez	Juveniles	0.99
	Adultos	0.98
Año	2013	0.92
	2014	0.86
	2015	1.17
	2016	0.44

7.4.2 *Contribución a la dieta*

Se realizaron modelos de mezcla para conocer las proporciones de valores isotópicos en *P. productus* provenientes de cuatro especies presa, tomadas de los contenidos estomacales y que formaron parte de las especies más importantes dentro de la dieta obtenida mediante contenido estomacal. Los modelos de mezcla

se realizaron con los valores de ^{15}N obtenidos de presas identificadas dentro de los estómagos y para cada grupo analizado (Tabla 13).

Tabla 13. Valores $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de las presas de *Pseudobatos productus*. Los valores están representados en promedios (± desviación estándar).

Presa	$\delta^{15}N$ ‰	$\delta^{13}C$ ‰
Blepharipoda occidentalis	15.005 (±1.16)	-16.38 (±0.15)
Pleuroncodes planipes	13.33 (±1.16)	-19.31 (±1.05)
Portunidae	11.33 (±5.66)	-16.0425 (±7.41)
Stomatopoda	14.65 (±1.06)	-17.065 (±1.97)

Para generar los modelos de mezcla en el paquete MixSiar en el programa R, se incorporaron todos los valores de ^{15}N y ^{13}C obtenidos para *P. productus,* así como los promedios y desviaciones estándar de las presas y utilizando un factor trófico de discriminación de 3.7 (Kim, 2012b). Debido a que no se observaron diferencias entre los sexos y estadios de madurez, ya que estas dos no aportaron información distinta una de otra, se optó por solo incluir el modelo de mezcla de manera general (Fig. 27), así como el modelos de mezcla para el grupo de año, esto debido a la información que aportó cada año respecto al otro.

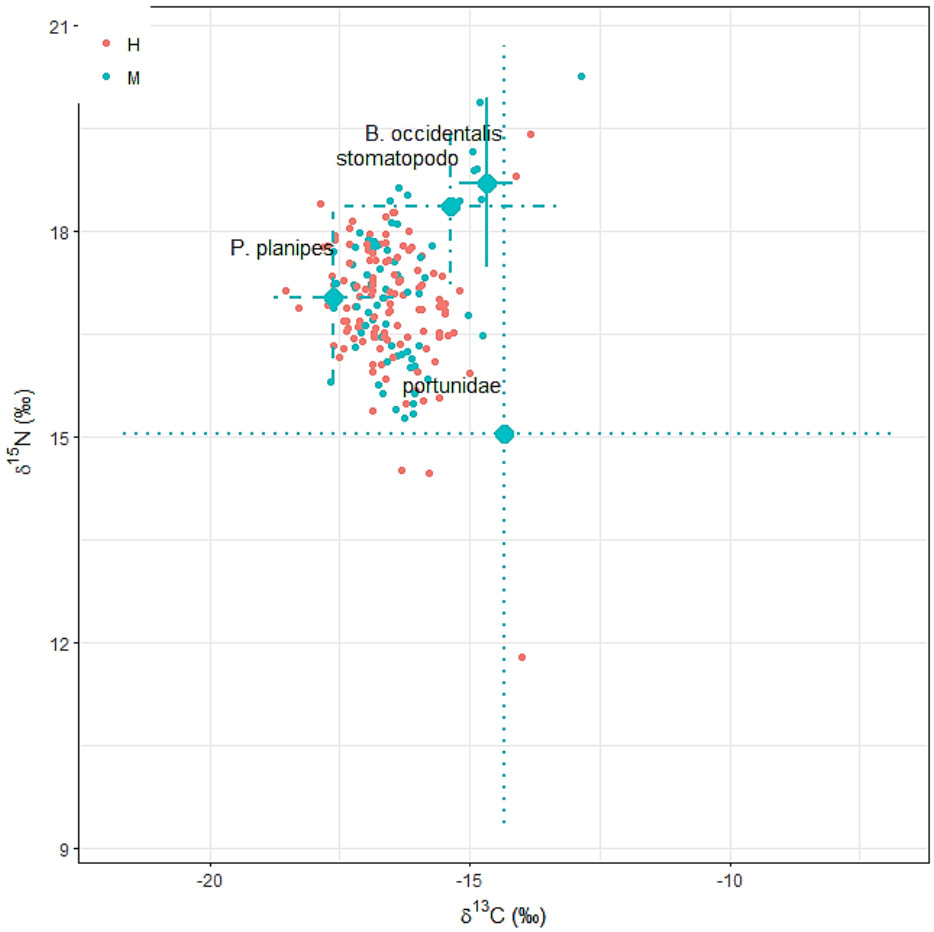


Figura 27. Gráfica del isoespacio de los valores isotópicos de manera general para *Pseudobatos productus* así como de sus presas.

El modelo mostró que *P. planipes* aportó un 42% a la dieta, seguido de *B. occidentalis* con 22%, los estomatópodos en tercera posición con 21% y por ultimo los cangrejos (Portunidae) con 13.5% (Fig. 28; Tabla 14)

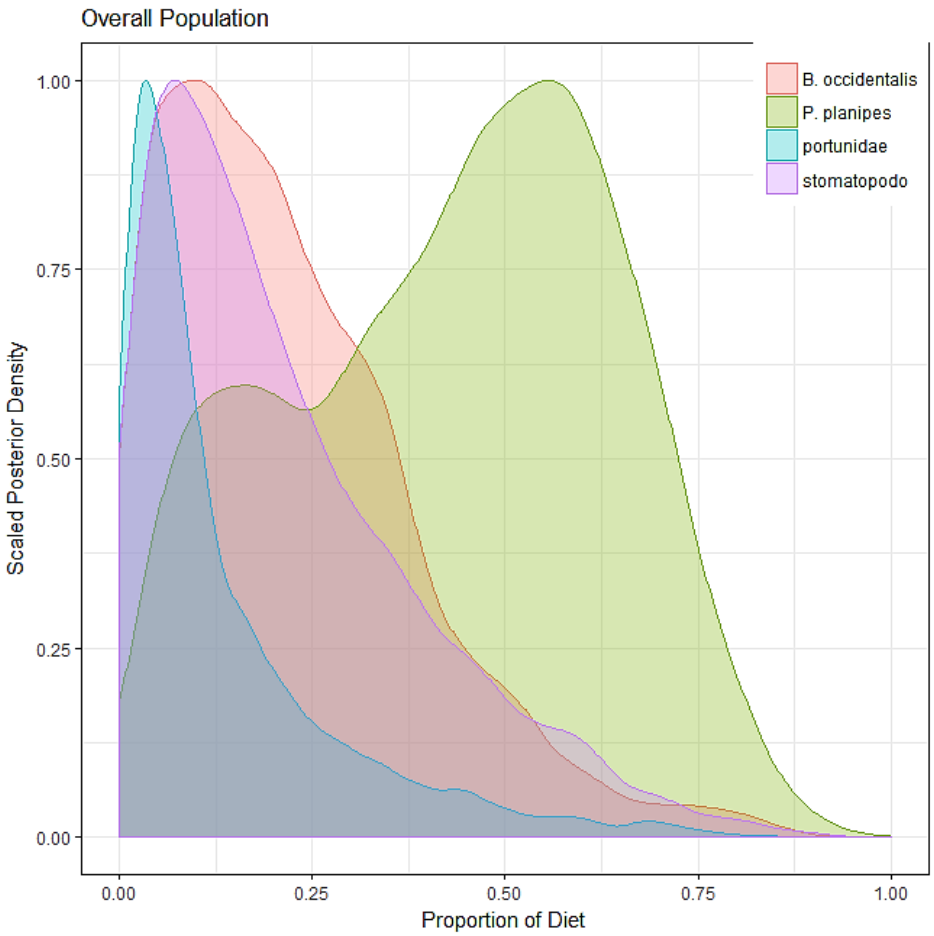


Figura 28. Proporción de aporte a la dieta general a través del modelo de mezcla.

Tabla 14. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* de manera general según el modelo de mezcla.

Presa	Media (±SD)	25%	50%	75%	95%
B. occidentalis	0.22(± 0.16)	0.09	0.19	0.31	0.62
P. planipes	0.42(± 0.21)	0.26	0.45	0.59	0.78
Portunidae	0.13(± 0.14)	0.03	0.08	0.18	0.56
Stomatopodo	0.21(± 0.17)	0.08	0.17	0.31	0.63

Al realizar el modelo de mezcla para el grupo de años, se logró observar una pequeña separación en los datos por cada año analizado, y aun así respetar la geometría del modelo (Fig. 29).

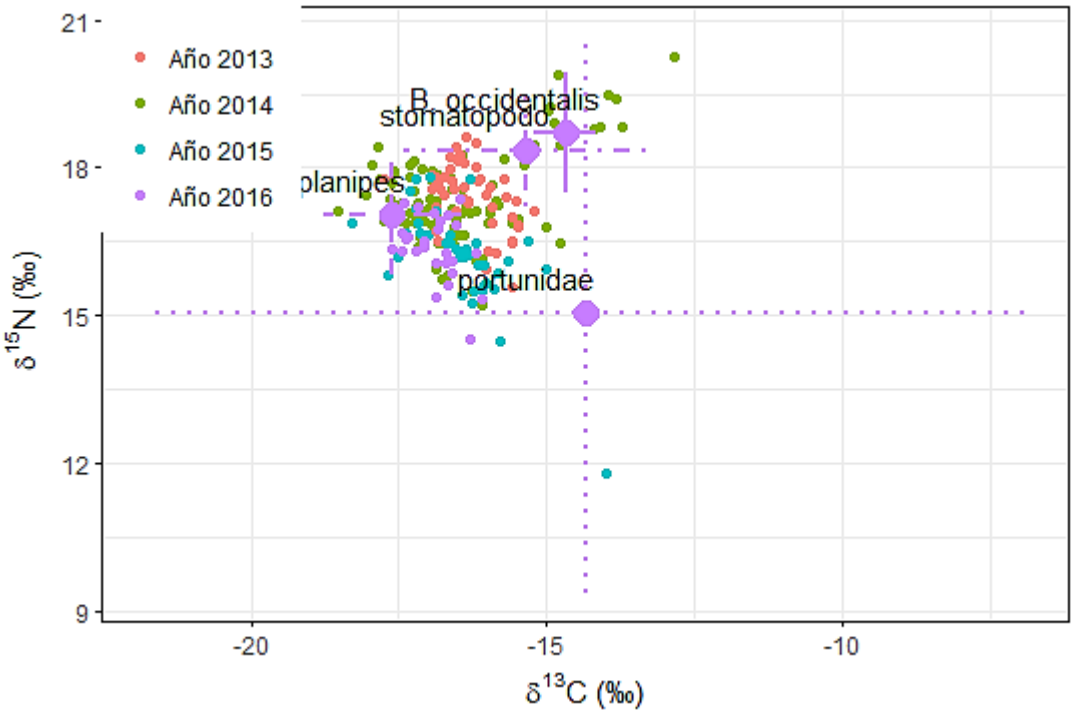


Figura 29. Gráfica del isoespacio de los valores isotópicos por año para *Pseudobatos productus* así como de sus presas.

El modelo mostró que para todos los años, la presa que más aportó a la dieta de *P. productus* fue la langostilla con 57.9%, seguido de *B. occidentalis* con 15%, en tercer lugar los estomatópodos con 14% y por último los portúnidos con 12% (Fig. 30; Tabla 15), además de un incremento en la importancia de *P. planipes* al avanzar los años (Tabla 16).

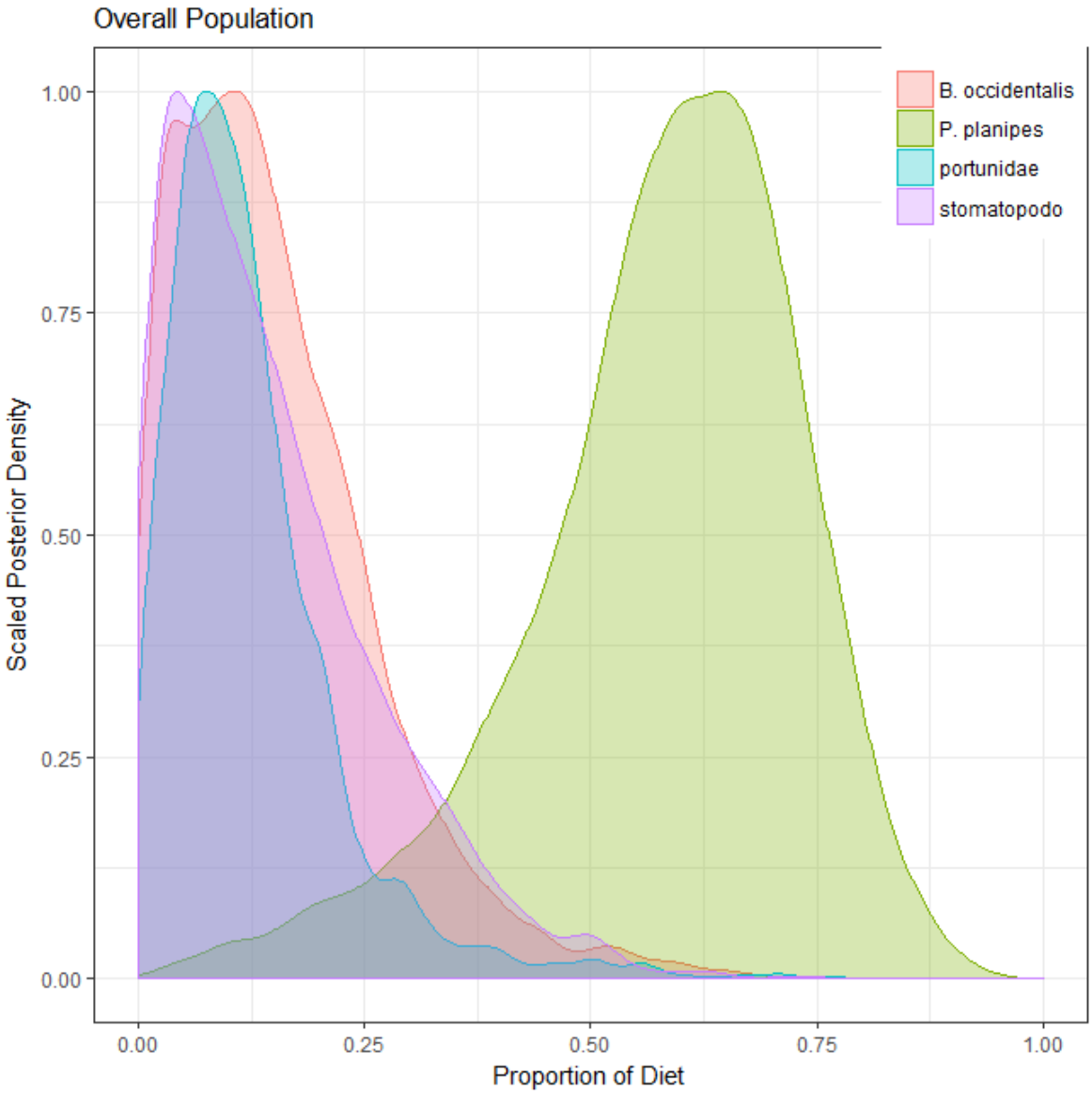


Figura 30. Proporción de aporte a la dieta por años a través del modelo de mezcla.

Tabla 15. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* en los años de muestreo según el modelo de mezcla.

Presa	Media (±SD)	25%	50%	75%	95%
B. occidentalis	0.15(± 0.11)	0.06	0.12	0.21	0.36
P. planipes	0.57(± 0.15)	0.50	0.59	0.68	0.79
Portunidae	0.12(± 0.09)	0.05	0.10	0.16	0.30
Stomatopodo	0.14(± 0.11)	0.01	0.12	0.21	0.37

Tabla 16. Proporción de aporte a la dieta de *P. productus* por años según el modelo de mezcla.

Año	Presa	Media (±SD)	25%	50%	75%	95%
2013	*B. occidentalis*	0.16(±0.13)	0.05	0.14	0.25	0.41
	P. planipes	0.60(±0.16)	0.51	0.61	0.70	0.84
	Portunidae	0.07(±0.05)	0.03	0.06	0.10	0.17
	Stomatopodo	0.16(±0.17)	0.03	0.11	0.22	0.48
2014	*B. occidentalis*	0.13(±0.10)	0.04	0.11	0.19	0.34
	P. planipes	0.58(±0.19)	0.48	0.60	0.70	0.86
	Portunidae	0.11(±0.08)	0.04	0.10	0.16	0.26
	Stomatopodo	0.17(±0.18)	0.4	0.11	0.23	0.57
2015	*B. occidentalis*	0.11(±0.09)	0.03	0.09	0.16	0.29
	P. planipes	0.65(±0.16)	0.55	0.66	0.76	0.93
	Portunidae	0.12(±0.08)	0.05	0.11	0.17	0.27
	Stomatopodo	0.11(±0.11)	0.02	0.07	0.16	0.33
2016	*B. occidentalis*	0.12(±0.09)	0.03	0.09	0.17	0.29
	P. planipes	0.72(±0.14)	0.63	0.72	0.81	0.97
	Portunidae	0.06(±0.05)	0.02	0.05	0.09	0.16
	Stomatopodo	0.10(±0.10)	0.02	0.07	0.14	0.29

7.4.3 *Posición trófica*

La posición trófica de *P. productus* de manera general y para todos los grupos se obtuvo utilizando los valores de zooplancton promediando un valor de ^{15}N 10.54 ‰ y un factor trófico de discriminación de 3.7 (Kim, 2012b) (Tabla 17).

Tabla 17. Posición trófica de los diferentes grupos analizados. PT.

Categoría		PT
General		3.76
Sexo	Hembras	3.76
	Machos	3.74

Estadio de madurez	Juveniles	3.76
	Adultos	3.75
Año	2013	3.69
	2014	3.85
	2015	3.66
	2016	3.57

7.4.4 Ontogenia alimentaria de *P. productus*

El análisis de enriquecimiento de ^{15}N en las vértebras de *P. productus,* no mostró un incremento significativo en este isótopo conforme crecen los organismos (F = 6.19, p = 0.08); la prueba *post hoc* de Tukey, no mostró diferencias significativas entre ninguno de los milímetros muestreados (Anexo 9).

En el caso de los valores de enriquecimiento de ^{13}C, se encontró un incremento en el isótopo conforme crecen los individuos (F = 6.19 p < 0.01); encontrando diferencias significativas entre los milímetros 1 y 2 con respecto al resto de los milímetros (3, 4, 5 y 6) (Fig. 31) (Anexo 10).

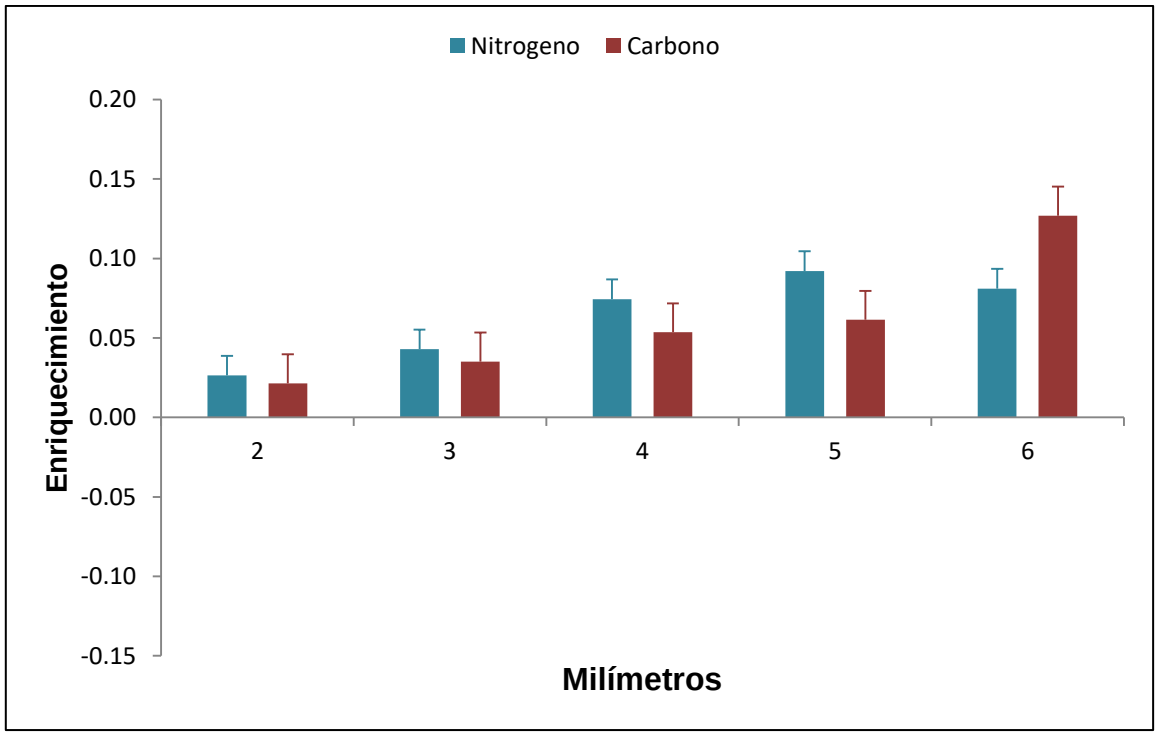


Figura 31. Enriquecimiento de ^{15}N y ^{13}C de *P. productus* a lo largo de su crecimiento.

La prueba t de student para los diferentes sexos mostró que no hay diferencias significativas para los valores de ^{13}C (t = 1.27, p = 0.20); (Fig. 32 y Fig. 33) (Anexo 11), mientras que para el caso de ^{15}N, si se encontraron diferencias significativas entre hembras y machos (t = 8.86, p <0.001); (Fig. 34 y Fig. 35) (Anexo 12).

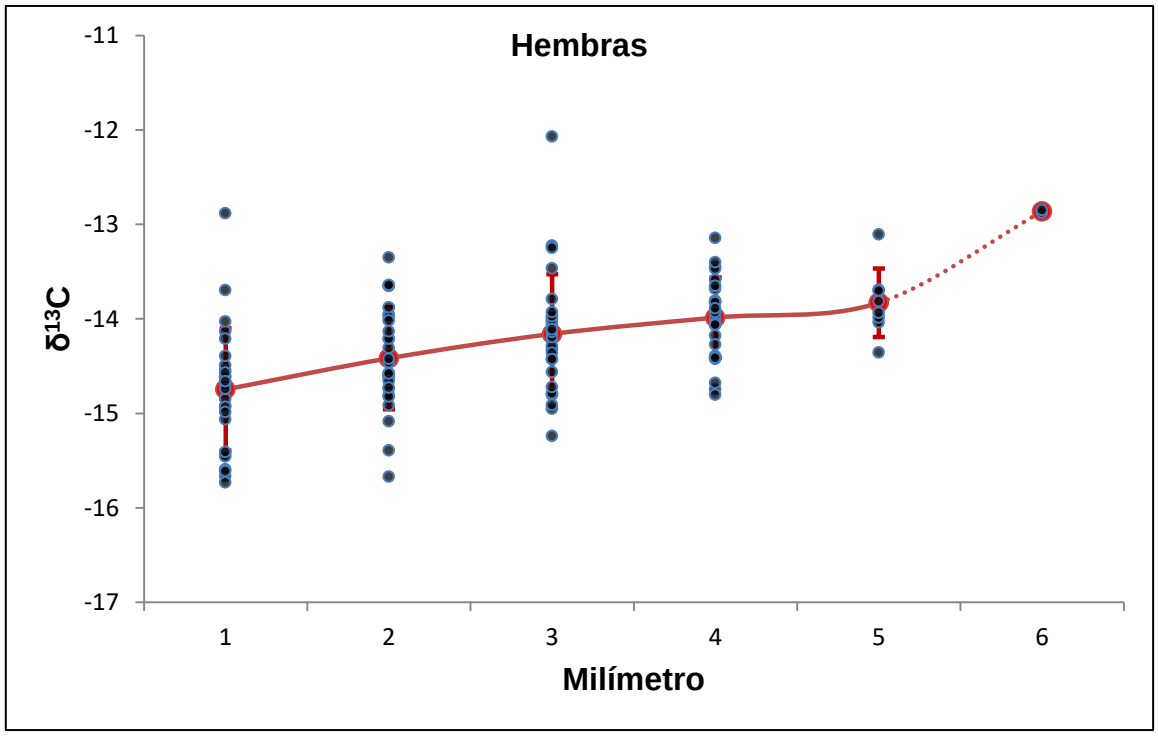


Figura 32. Variación de $\delta^{13}C$ a lo largo del crecimiento vertebral de hembras de *P. productus*.

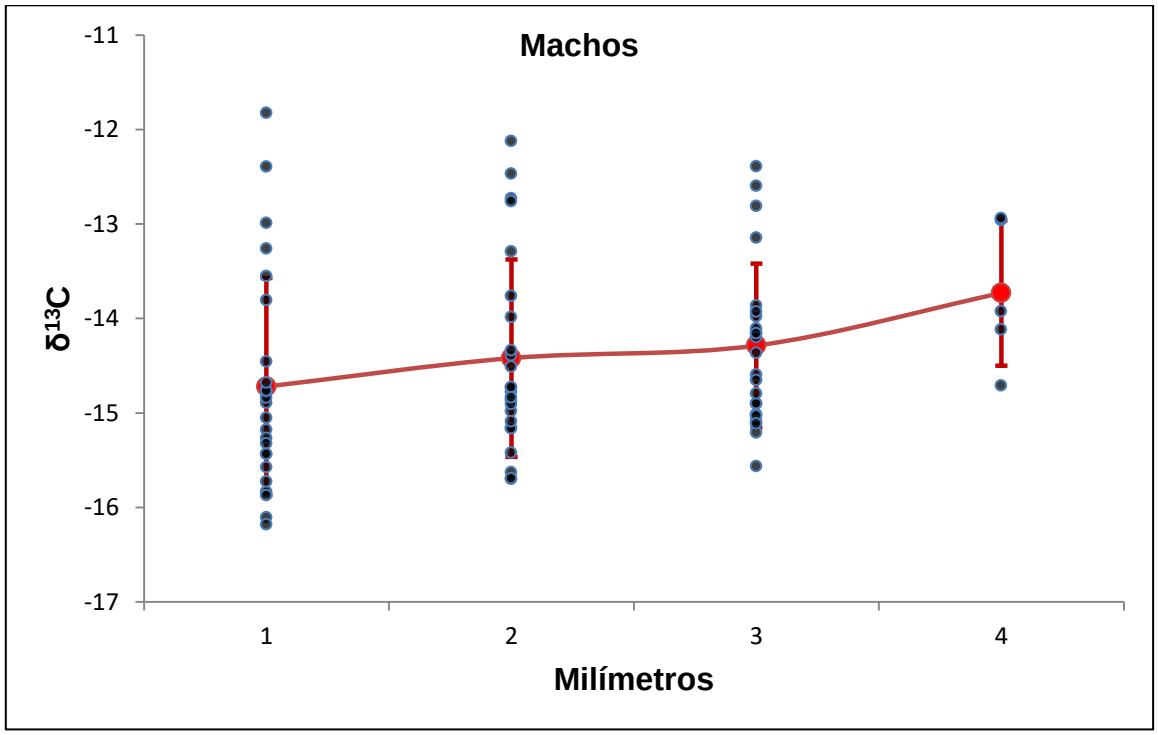


Figura 33. Variación de $\delta^{13}C$ a lo largo del crecimiento vertebral de machos de *P. productus*.

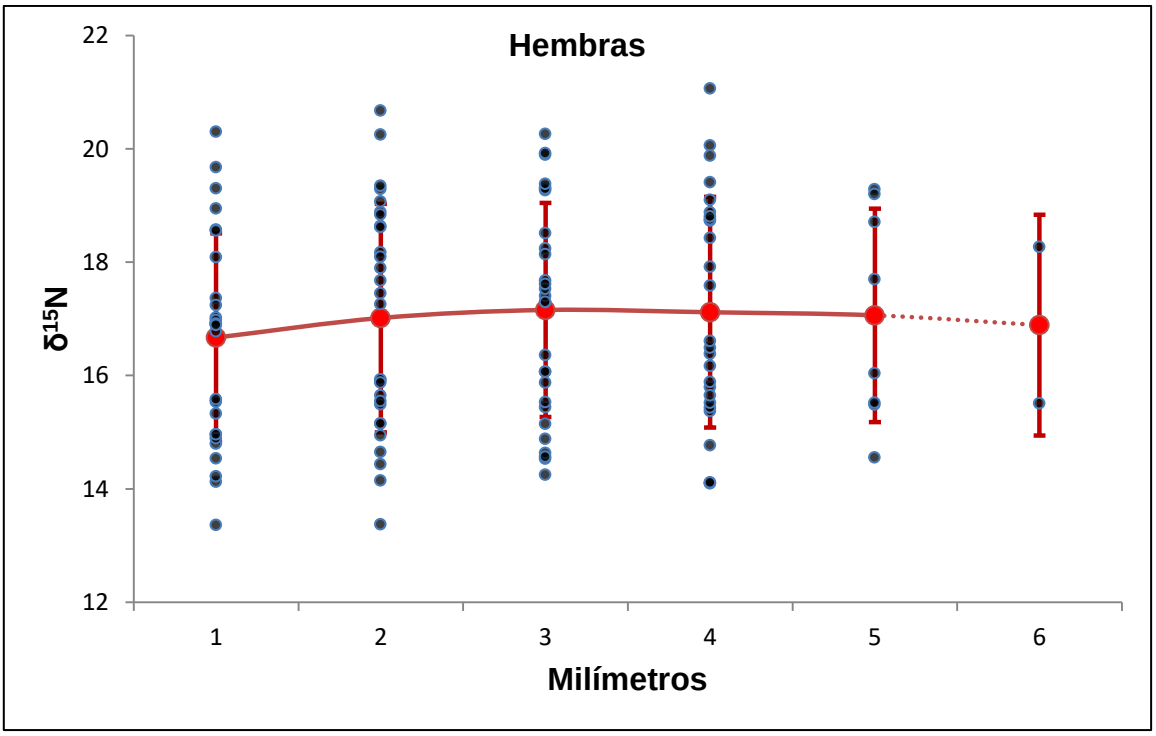


Figura 34. Variación de $\delta^{15}N$ a lo largo del crecimiento vertebral de hembras de *P. productus.*

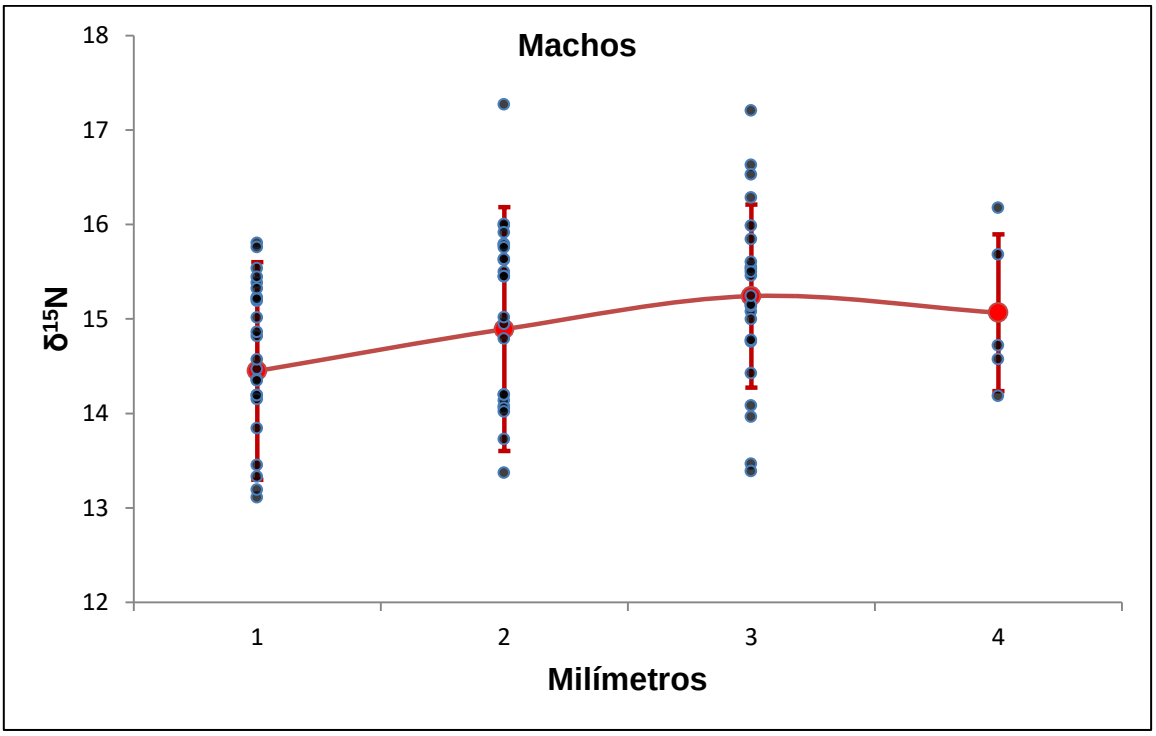


Figura 35. Variación de $\delta^{15}N$ a lo largo del crecimiento vertebral de machos de *P. productus.*

DISCUSIÓN

El interés de ecólogos y científicos pesqueros en diseñar modelos tróficos de cada ecosistema se ha ido incrementando, debido a la importancia de los diferentes recursos (Pérez-España, 1994). Los estudios de alimentación permiten conocer los aspectos de la conducta de las especies, así como su papel en el ecosistema y su impacto en la depredación (Carrier *et al.,* 2012).

Los elasmobranquios son tipificados como organismos depredadores oportunistas con un amplio espectro trófico, que incluye desde plancton hasta mamíferos marinos (Navia *et al.,* 2007). La raya *P. productus* es un depredador carnívoro adaptado al fondo, por lo que presenta una alimentación compuesta de organismos de hábitos bentónicos como peces, crustáceos, cefalópodos y otros invertebrados (Valenzuela-Quiñonez, 2009).

7.4. Contenido estomacal

El 75 % de los estómagos presentaron un porcentaje de llenado bajo (categoría 1). Existen varios estudios que indican que el porcentaje de llenado depende de los métodos de captura utilizados (Navarro-González, 2012), lo que demuestra que los estómagos obtenidos en la pesca comercial presentan con frecuencia un porcentaje de llenado menor debido a que el esfuerzo de pesca es mayor, por lo que los organismos no solo son capturados mientras se alimentan.

7.4.1. *Análisis cuantitativo*

El espectro trófico pudo ser caracterizado con alta confiabilidad, debido a los 138 estómagos que presentaron alimento, obteniendo la asíntota requerida. Este número de estómagos con contenido, también fue suficiente para caracterizar los espectros tróficos de hembras con 91 estómagos, machos con 48 estómagos, adultos con 61 estómagos y juveniles con 77 estómagos.

De acuerdo al Índice de Importancia Presa-Especifica, las presas más importantes dentro de la dieta de *P. productus* fueron los crustáceos, ya que de manera general el cangrejo topo *B. occidentalis* fue la presa más representativa,

de igual manera que lo antes reportado en estudios de hábitos alimentarios para esta especie, tal es el caso de Talent (1982) quien reportó que *P. productus* se alimenta principalmente de crustáceos, siendo el cangrejo *Hemigrapsus orogenensis* la presa de mayor importancia. Asimismo Downton-Hoffman (2007) encontró que se alimenta principalmente de crustáceos, para la zona de Bahía Almejas, donde las presas principales fueron el camarón *Farfantepenaeus californiensis,* y las jaibas *Callinectes bellicosus* y *C. arcuatus;* mientras que para la zona de Laguna de San Ignacio las presas principales fueron estomatópodos *Hemisquilla ensigera,* camarón *Farfantepenaeus californiensis* y la langostilla *Pleuroncodes planipes.* Valenzuela-Quiñonez (2009), estudió también la dieta de *P. productus*, donde encontró que *P. productus* se alimenta principalmente de crustáceos, siendo los camarones (Panoidea y Caridea) las presas más importantes en la dieta según el índice de importancia relativa (%IIR).

De acuerdo con trabajos realizados con hábitos alimentarios del género *Pseudobatos* en las costas Colombianas, también se presenta un patrón de alimentación similar con crustáceos bentónicos como presas principales. Navia *et. al*. (2007) estudio la dieta de *Pseudobatos leucorhynchus,* la cual se alimenta principalmente de crustáceos decápodos (*Trachypenaeus* sp.), seguido de los peces y estomatópodos.

La preferencia de *P. productus* hacia crustáceos y algunos peces demersales con hábitos de enterrarse, podría deberse a la facilidad de esta raya para consumirlos, ya que habita en el fondo y la posición de la boca es ventral completamente, por lo que utiliza su morro para desenterrarlas una vez detectadas para así ingerirlas.

7.4.2. *Dieta entre Sexos*

La segregación por sexos es común en los elasmobranquios, ya que existe una tendencia a separarse cuando se alcanza la madurez sexual, excepto en la época reproductiva (Downton-Hoffmann, 2007). En *P. productus* se presenta una segregación marcada, observando que las hembras llegan a las distintas áreas de

reproducción aproximadamente dos meses antes que los machos (Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar, 1999; Downton-Hoffmann, 2007). El área de Bahía Tortugas no es reportada como un área de reproducción, por lo que la segregación sexual no es común entre hembras y machos para esta zona, por lo que la mayor abundancia de hembras puede ser explicada por su tipo de forrajeo.

Los resultados de la dieta entre hembras y machos mostró un patrón similar, sin embargo, las especies principales se comparten por lo que solo existió una diferencia en cuanto a las proporciones de las presas. El espectro trófico de hembras fue mayor que en machos, observando una diferencia en la riqueza dentro de las dietas y en el tamaño de algunas presas consumidas, ya que las hembras consumen presas de mayor tamaño, lo cual podría explicarse con los estudios donde se mencionan que las hembras alcanzan un mayor tamaño que los machos (Downton-Hoffmann, 2001; Márquez-Farías, 2007), por lo que necesitan presas de mayor contenido energético y de niveles tróficos superiores. En los contenidos estomacales de las hembras se encontraron cefalópodos (Loliginidae) y mayor abundancia de peces (*Synodus* sp); mientras que los machos consumen presas más pequeñas en tamaño y de menor movilidad, como es el caso de los sipúnculidos y gran cantidad de langostilla, la cual es un recurso altamente abundante en la zona, lo que facilita su captura.

7.4.3. *Dieta por Estadio de Madurez*

En varias especies de depredadores se ha determinado que el patrón de alimentación cambia dependiendo de la talla. La variación en tipos de presas puede ser debido a que el depredador aumenta su tamaño y tiene acceso a otras áreas de alimentación así como a presas más rápidas y más grandes (Cortés y Gruber, 1990; Navia et al., 2007).

La raya *P. productus* no registró gran variación en la dieta en cuanto a estadios de madurez, ya que aunque la especie presa principal cambió, como sucede con la langostilla para adultos y cangrejos topo para juveniles, el espectro trófico fue similar entre ambos, con 30 especies presa para adultos y 32 para

juveniles, manteniéndose las mismas especies principales, solo variando poco su proporción.

Lo cual no es consistente con Talent (1982), que encontró diferencias en la alimentación de *P. productus* entre clases de talla, lo cual fue debido a la presencia de peces en tallas mayores (de 90 a 120 cm); mientras que a tallas menores (< 90 cm), se alimentan principalmente de almejas. Sin embargo Downton-Hoffmann (2007) no encontró diferencias significativas entre las dietas de juveniles y adultos, ya que los crustáceos permanecieron como presas principales en ambos casos. De igual manera Valenzuela-Quiñonez (2009) encontró una marcada variación en las dietas entre juveniles y adultos, ya que los juveniles se alimentan principalmente de camarones (Penaoidea y Caridea), mientras que los adultos cambian a una dieta más diversa, principalmente de cangrejos Brachyura, peces y calamares Loliginidae.

La diferencia entre las dietas puede deberse principalmente a la talla de los individuos, ya que organismos de mayor tamaño pueden incursionar a diferentes zonas de alimentación y consumir presas de mayor tamaño. Los depredadores más grandes podrían tener una mayor competencia al alimentarse de presas pequeñas; mientras que también son capaces de alimentarse de presas grandes, las cuales no están disponibles para los depredadores pequeños (Scharf et al., 2000).

Se observó que la dieta entre juveniles y adultos de *P. productus* se basó en las mismas categorías presa pero en diferente proporción, lo que indicó una repartición de recursos alimenticios y un decremento en la competencia entre los diferentes estadios de madurez (Valenzuela-Quiñonez, 2009).

7.4.4. *Índices ecológicos*

7.4.4.1. Amplitud y diversidad trófica

El espectro trófico de *P. productus* comprendió 44 categorías presa, con una preferencia a crustáceos como *B. occidentalis y P. planipes,* lo que evidenció

incidencia sobre fauna bentónica, donde podría realizar una selección de presas de acuerdo a su estrategia de alimentación y requerimientos (Curiel-Godoy *et. al.,* 2016).

De acuerdo a los valores obtenidos por con los índices de Levin y Shannon, la amplitud y diversidad de *P. productus* a manera general fueron de *Bi=0.21 y H´=2.89,* por lo que esta especie de raya se catalogó como un depredador especialista, que consume con mayor preferencia a crustáceos. Esto coincide con Downton-Hoffmann (2007) ya que en la costa occidental de Baja California Sur, determinó que *P. productus* es un depredador especialista (*Bi=0.0039*), al igual que Valenzuela-Quiñonez (2009), quien reporta que para el alto Golfo de California presenta una estrategia especialista (*Bi=0.07*; Así como Navia et al. (2007) para el caso de *R. leuchorhynchus,* quien reporta una estrategia especialista (*Bi=0.51*), en aguas colombianas.

Para el caso de amplitud y diversidad en hembras, se mantuvo la tendencia de especialista como estrategia de alimentación tanto en las hembras como en hembras adultas y juveniles (*Bi=0.25, H'=2.88, Bi=0.35, H'=2.49* y *Bi=0.28, H'=2.71,* respectivamente), aunque se alimentan de una gran variedad de categorías presa, las principales se mantuvieron, siendo los crustáceos los de mayor importancia en los tres grupos, lo que nos indica que las hembras conforme van creciendo no cambian las presas de las cuales se alimentan.

De la misma manera, los machos de *P. productus* presentaron una estrategia especialista ya que machos (*Bi=0.13, H'=2.89*), machos adultos (*Bi=0.48, H'=2.50*) y machos juveniles (*Bi=0.14, H'=1.17*), presentaron un índice de Levin menor a 0.06, sin embargo, la diversidad dentro de los machos varió, ya que los machos juveniles presentaron muy pocas categorías presa (nueve); por lo que, de igual manera que las hembras, los machos de esta especie no cambian de dieta conforme crece, por lo que sigue alimentándose de las mismas especies presa.

Mientras que para el caso de adultos y juveniles se obtuvo que *Bi=0.42, H'=2.91* y *Bi=0.17, H'=2.52,* respectivamente, ambos grupos fueron considerados especialista; a pesar de tener una diversidad similar, los juveniles de *P. productus* tuvieron un valor menor de Levin, ya que solo tres categorías presa (*B. occidentalis, P. planipes P. xantusii*), representan casi el 50% de su dieta, lo que indica que priorizan consumir estas especies; mientras que los machos variaron más en su alimentación.

La guitarra *P. productus* se alimenta de las presas más abundantes que se encuentren en su área de alimentación (Talent, 1982; Downton-Hoffmann, 2007; Valenzuela-Quiñonez, 2009). Este puede ser el caso del presente estudio, ya que *B. occidentalis* y *P. planipes* se presentan como presas principales en todos los grupos analizados, pero consume cualquier otra especie mientras forrajea (Curiel-Godoy *et. al.,* 2016), por lo que la diversidad dentro de los estómagos es alta.

La amplitud trófica es menor cuando los individuos de una población están alimentándose de una o de pocas presas, por lo que se considera más especializado (Colwell y Futuyma, 1971). De esta manera tal vez se pueda considerar a *P. productus* como un depredador oportunista, aunque *B. occidentalis* y *P. planipes* aparezcan en gran abundancia, la gran cantidad de categorías presa dentro de su dieta (44 categorías presa), vuelven a *P. productus* una especie poco dependiente de sus presas principales.

8.1.4.2 Traslape trófico

El traslape trófico, está definido como el uso de uno o varios recursos alimenticios por dos o más especies y determinar si podría existir una competencia por un recurso alimenticio, ya sea a nivel intraespecífico o interespecífico. El objetivo principal de cuantificar el traslape trófico, fue observar si existe o no una probable competencia intraespecífica, ya que el recurso podría ser abundante, limitado o hasta irrelevante para ambos, sexos o estadios de madurez (Colwell y Futuyma, 1971; Simental-Anguiano, 2011)

En el caso de la comparación entre dietas de hembras y machos, utilizando el Índice de Similitud Porcentual (ANOSIM), se identificó un traslapo alto entre sexos (R= 0.009, p = 0.17), evidenciando una ausencia de segregación sexual para *P. productus* en la zona de Bahía Tortugas, a pesar de que las hembras tienen un mayor número de categorías presa, sin embargo, las presas principales se mantuvieron en cuanto a abundancia dentro de los estómagos de hembras y machos.

De igual forma, al aplicar ANOSIM para los grupos de adultos y juveniles se observó un traslapo alto en la dieta (R= -0.002, p = 0.54), lo que indicó que adultos y juveniles pueden estar alimentándose en las mismas zonas y de las mismas presas principales, denotando la inexistencia de segregación por estadio de madurez.

Por otro lado, al comparar las dietas entre hembras adultas y juveniles, se observó un traslapo alto (R= -0.02, p = 0.94), lo que indicó una falta de segregación por estadio de madurez, eso quiere decir que tanto hembras adultas como juveniles se alimentan en la misma zona, sin importan los requerimientos extras que implica la reproducción. De igual manera para el caso de los machos, se observó un traslapo alto entre adultos y juveniles (R= 0.028, p = 0.1), por lo que no se presentó segregación entre machos por estadio madurez, por lo que los machos adultos y juveniles de *P. productus* se alimentaron en la misma zona y de las mismas presas principales.

A pesar de que *P. productus* presenta una segregación sexual durante la época de reproducción (Downton-Hoffmann, 1996; 2001), esta segregación no se observa para la zona de Bahía tortugas, por lo que los diferentes sexos y estadios de madurez podrían encontrarse en las mismas zonas, sugiriendo una sobreposición de nicho durante ese tiempo. Colwell y Futuyma (1971), mencionan que al existir una sobreposición alta podría existir una competencia interespecífica; sin embargo, si las especies presa son abundantes esta competencia podría disminuir. La abundancia dentro de los estómagos de *P. productus* podría indicar que tanto *B. occidentalis* como *P. planipes* son especies abundantes en la zona;

(Talent, 1982; Downton-Hoffmann, 2007; Valenzuela-Quiñonez, 2009; Curiel-Godoy *et. al.,* 2016), indicando que *P. productus* se alimenta de las especies más abundantes que se encuentren en su área de alimentación.

8.1.4.3 Nivel trófico

La dieta y la posición trófica son importantes para entender la ecología trófica de las especies y para el manejo de animales de importancia comercial (Fisk *et al.,* 2002). Además la variación de la dieta en diferentes estadios de desarrollo y entre sexos tiene implicaciones en un ligero cambio en el nivel trófico. Los valores de nivel trófico obtenidos con el índice de Christensen y Pauly (1992) para *P. productus* lo posiciona como un consumidor secundario que se alimentan principalmente de especies bentónicas. Esta conducta ha sido observada para otras especies de rayas (Cortés, 1999; Downton-Hoffmann, 2007; Navarro-Gonzales, 2009; Valenzuela-Quiñonez, 2009; Simental-Anguiano, 2011).

Valenzuela-Quiñonez (2009), calculó para *P productus* el nivel trófico utilizando contenido estomacal e isótopos estables, con valores de 3.4 hasta 3.8 dependiendo de su ontogenia, siendo 3.6 el valor general de la dieta. Curiel-Godoy *et. al.* (2016) calcularon el nivel trófico de *P. productus* para la zona de bahía Tortugas donde encontraron un valor general de *PT* = 3.8. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación, presentando un valor similar de *PT* = 3.7 para *P. productus*.

El análisis de contenido estomacal ha sido usado para evaluar la dieta y asignar niveles tróficos en redes alimenticias acuáticas (Cortés, 1997). Sin embargo, el contenido estomacal puede subestimar y solo proveer una pequeña imagen de la dieta de las especies, así como diferentes tasas de digestión de presas, cambios temporales y presas poco comunes, lo cual podría confundir las conclusiones basadas en solo contenido estomacal (Curiel-Godoy *et. al.,* 2016).

8.2 Isótopos estables

El ecosistema oceánico presenta una gran cantidad de fuentes de variación isotópica tanto de Nitrógeno como de Carbono, que van asociados a diversos factores biológicos y oceanográficos (Graham *et al*., 2010). Los análisis de isótopos estables a partir de músculo representan una ventana promedio de 488 días previos a la recolecta (MacNeil, 2005).

Los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ en músculo de *P. productus* encontrados en este estudio fueron similares a los valores isotópicos encontrados en el trabajo de Valenzuela-Quiñonez (2009) ($\delta^{15}N$ = 19.74‰ y $\delta^{13}C$ = -15.13‰), estos valores isotópicos corresponden a especies que se alimentan en zonas costeras, sin embargo, los valores de $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$ de este trabajo son más negativos ($\delta^{15}N$ = 17.03‰ y $\delta^{13}C$ = -16.48‰), lo cual podría deberse a que el Alto Golfo de California cuenta con valores enriquecidos en ^{15}N (Altabet, 2001) y a la zona profunda cerca de Bahía Tortugas como se observa en la batimetría de la zona (Pedrín-Avilés y Padilla-Arredondo, 1999), esto debido a que a mayor profundidad menor productividad primaria, lo que afecta el fraccionamiento de ^{13}C aumentando el enriquecimiento de este isotopo, por lo que el valor se vuelve más negativo (Clementz y Koch, 2001).

Para el caso del grupo de sexos, no se encontraron diferencias significativas entre los valores de ^{15}N y ^{13}C, lo que coincide con lo encontrado en los contenidos estomacales, es decir comparten un nicho isotópico similar, ya que se encontró un valor alto de sobreposición entre los nichos isotópicos de hembras y machos (61%), por lo que hembras y machos se encuentran alimentándose en la misma zona y de las mismas especies presa, lo que se ve reflejado en el alto grado de similitud. Valenzuela-Quiñones (2009), encontró resultados similares, ya que el tampoco encontró diferencias entre sexos y con un alto grado de similitud entre dietas tanto en contenido estomacal, como en ^{15}N y ^{13}C.

Para los valores de ^{15}N y ^{13}C entre el grupo de estadio de madurez, no se encontraron diferencias significativas en el ^{15}N, por lo que posiblemente se

alimentaron de las mismas presa durante toda su vida; sin embargo para el caso de ^{13}C, se encontraron diferencias, en donde los adultos presentaron valores enriquecidos de este isótopo, indicando que los adultos se mantienen cercanos a la costa. Valenzuela-Quiñones (2009), encontró estas mismas diferencias en su trabajo; sin embargo, los juveniles en el Alto Golfo de California, fueron los que presentaron valores enriquecidos, por lo que la tendencia es opuesta a Bahía Tortugas, ya que el tipo de presas y la proporción en que son consumidas no varió entre adultos y juveniles, encontrando una sobreposición de dietas del 54% El enriquecimiento de ^{13}C, podría explicarse en términos espaciales como lo reporta Downton-Hoffmann (2007).

Los resultados obtenidos para los valores de ^{15}N y ^{13}C en cuanto a los años de muestreo, permiten observar una clara variación para ambos isótopos. En el caso de ^{15}N, los años 2013 y 2014, resultaron tener valores más enriquecidos de este isótopo con respecto a los años 2015 y 2016, que tienen valores menores de ^{15}N. Estos cambios registrados en el músculo de *P. productus,* podría deberse a los cambios de temperatura media del mar ocasionados por los fenómenos de El Niño y La Mancha en el Pacifico Norte, los cuales aumentaron la temperatura media del mar por 2°C (FIU, 2015; NOAA, 2017); el ^{15}N se enriquece como respuesta al aumento de la temperatura, debido a que esto estratifica la columna de agua. Lo mismo ocurrió para el caso de ^{13}C, en donde los años 2013, 2014 y 2015, con valores enriquecidos de este isótopo; mientras que el año 2016 tuvo valores más negativos, encontrando diferencias significativas para este año; a mayor temperatura disminuye la solubilidad de los gases como CO_2, el cual esta enriquecido en ^{12}C por lo que el $\delta^{13}C$ se vuelve más negativo. Además estas diferencias pueden ser observadas de manera visual en las elipses del modelo SIBER, en donde los traslapos entre años resultaron ser menores del 35% en todos los casos, excepto entre los años 2014 y 2015 donde el traslapo entre la dieta general resulto de 49%, lo que indica un pequeño cambio en la dieta durante estos años, lo cual pudo deberse a los cambios en la temperatura del océano.

8.2.1 Amplitud de la dieta

La amplitud de nicho poblacional, puede ser medida con los valores de varianza (σ^2) de los datos obtenidos de $\delta^{15}N$ (Bearhop *et al*., 2004; Newsome *et al*., 2007), por lo que *P. productus* puede ser considerada como una especie especialista ya que sus valores de varianza fueron menores a 1 ($\sigma^2 = 0.99$), lo cual se repite para los grupos de juveniles, adultos y los años 2013, 2014 y 2016, sin embargo, los grupos de hembras, machos y el año 2016 tuvieron una varianza mayor a 1, por lo que entrarían en la categoría de generalistas; debido a que los valores de varianza fueron muy cercanos a 1 para todos los grupos evaluados, se consideró a *P. productus* como una especie oportunista, ya que se alimenta de una gran cantidad de especies presa; sin embargo, se encontró una preferencia por ciertos grupos de crustáceos, lo que puede deberse a su gran abundancia y facilidad de capturar estas presas (Talent, 1982; Downton-Hoffmann, 2007; Valenzuela-Quiñonez, 2009).

8.2.2 Contribución a la dieta

El modelo de mezcla mostró que la presa que más aportó al desarrollo de *P. productus* fue la langostilla (*P. planipes*) con casi el 50% (42%) de aporte a la dieta seguido del cangrejo topo (*B. occidentalis*), con solo 22% de aporte, a pesar que esta especie resultó ser la principal dentro de los contenidos estomacales, el aporte energético no es grande, por lo que no influye en el desarrollo del músculo, lo cual puede deberse a su rápida digestión, ya que organismos con mayor aporte al desarrollo de la especie presentan una digestión más lenta dentro de los estómagos. Diversos estudios indican que el estado de digestión de las especies presa está relacionado con el aumento en la cantidad de lípidos en los tejidos; siendo las presas de mayor importancia en la dieta, las que presentan un alto contenido energético así como las que son evacuadas más lentamente que las presas que aportan un menor valor energético (Cabrera-Chávez *et al.,* 2010; Escobar-Sánchez, 2004).

Para el caso de los años analizados, la presa más importante fue la langostilla con un aporte de casi 58%. El resto de las especies presa incluidas en el modelo de mezcla mostraron una alta incertidumbre, debido a que resulta difícil discernir las diferencias entre los valores de las presas, por lo que la facilidad de discriminar los valores de la langostilla, ayuda a observar diferencias entre años en el aporte a la dieta, en donde claramente existe un incremento en importancia y consumo de *P. planipes* dentro de la dieta que va del 60% en 2013 a un 72% de aporte al desarrollo de *P. productus* para 2016 (Tabla 15), este aumento en el consumo pudo deberse al raro incremento en la abundancia de la misma para toda su zona de distribución provocado por las aguas anómalamente cálidas, lo que provoco agregaciones masivas y alta mortalidad en la especie, hasta vararse en las costas de Baja California durante 2015 (Cavole *et al.,* 2016).

Las diferencias significativas encontradas para $\delta^{15}N$ y $\delta^{13}C$, podrían deberse a que las anomalías de temperatura registradas para la zona de muestreo en los años 2014, 2015 y principios de 2016 provocadas por el fenómeno de El Niño, en el cual se registraron anomalías de 2°C a 3°C por encima del promedio (FIU, 2015; NOAA, 2017), lo cual generó una disminución en la posición trófica de *P. productus,* ya que los valores de $\delta^{15}N$ disminuyeron para los años 2015 y 2016 , por lo que estas anomalías pudieron ser suficientes para influir en la abundancia o distribución de las especies presa. Estas anomalías influyeron de igual forma en los valores de $\delta^{13}C$, ya que para 2016 *P. productus* presentó valores más negativos de este isótopo, por lo que la temperatura quizás influyó sobre la disponibilidad de presas, afectando sus desplazamientos, haciendo que tuviera que alejarse de la costa para poder encontrar a sus presas.

8.2.3 Posición trófica

Los valores de nivel trófico obtenidos para *P. productus* con base a los resultados de isótopos estables, posicionan a esta especie como un consumidor secundario, con valores menores (Tabla 16) a los obtenidos por contenido estomacal. Estas diferencias pueden deberse al factor trófico de discriminación utilizado en la fórmula de Post (2002), el cual fue de 3.7‰ obtenido por Kim (2012b), el cual

puede ser un valor alto, debido a que es utilizado para dividir los valores isotópicos obtenidos de la base de la cadena y la señal del depredador. El valor de 3.7 es utilizado debido a que es el valor que mejor se ajusta como factor trófico de discriminación para los modelos de mezcla y fue obtenido para el tiburón leopardo (*Triakis semifasciata*) por Kim (2012b), el cual presenta hábitos y comportamientos similares a los de *P. productus.*

Valenzuela-Quiñonez (2009) obtuvo los mismos resultados, encontrando que el nivel trófico obtenido por isótopos estables era menor al obtenido por contenido estomacal, y variaba según el factor trófico de discriminación utilizado; sin embargo las tendencias se mantienen, al igual que el presente trabajo, en el cual las hembras y los adultos obtuvieron los niveles más altos tanto en contenido estomacal como en isótopos estables.

Los valores de ^{15}N, generalmente se incrementan con la posición trófica (Post, 2002; Vanderklift y Ponsard, 2003; Caut *et al*., 2009), lo cual reduce la incertidumbre del análisis de contenido estomacal.

8.3 Ontogenia alimentaria

El cambio ontogénico en los hábitos alimenticios es un fenómeno común en peces, por lo que con el incremento en talla de tiburones y rayas mejoran su capacidad para capturar diferentes tipos de presas (Carrier *et al*., 2012).

Las vértebras acumulan material calcificado de crecimiento a medida que los individuos incrementan su edad, lo que produce áreas concéntricas que corresponden a la época del año (temporada) en la que este material fue depositado (Cailliet *et al*., 2006). En varias especies de tiburones, la variación ontogénica es común, debido a su tamaño pueden alimentarse de grandes presas, además, ellos tienen acceso a diferentes áreas de alimentación, y pueden segregarse por sexo y tallas (Lowe *et al.,* 1996).

Con el fin de evaluar variaciones ontogénicas a lo largo de la vida de *P. productus,* se evaluó el enriquecimiento isotópico de ^{13}C y ^{15}N en vértebras,

obteniendo seis submuestras en el caso de hembras (1 - 6 mm), mientras que solamente se pudieron obtener cuatro para machos (1 – 4mm), debido a que presentaron tallas menores.

Evaluando el enriquecimiento isotópico se observó un pequeño incremento en los valores de ^{13}C y ^{15}N conforme la especie crece. Al no encontrarse diferencias significativas por contenido estomacal ni por isótopos en músculo, los valores de ^{15}N podrían indicar un cambio de zona de alimentación con un $\delta^{15}N$ basal distinto cuando los organismos alcanzan la madurez sexual. Asimismo, los valores de ^{13}C al volverse menos negativos indican un cambio en la zona de alimentación.

Las diferencias significativas encontradas para el enriquecimiento de los valores isotópicos en ^{13}C, podrían deberse a movimientos de los organismos, más que a cambios en la dieta al crecer, esto debido a que los organismos maduros se acercan a la costa para eventos reproductivos o para refugiarse de depredadores, por lo que permanecen la mayor parte de su tiempo en estas zonas (Downton-Hoffmann, 2007; Salazar-Hermoso y Villavicencio-Garayzar, 1999).

Las hembras presentaron un valor mayor en cuanto al isótopo de ^{15}N, de hasta dos partes por mil, lo que indicaría que las hembras se alimentan de presas de un mayor nivel trófico que los machos, como sería el caso de peces, los cuales se encontraron en mayor proporción en la dieta de las hembras.

Los cambios ontogénicos en la dieta no son siempre una estrategia para disminuir la presión de la competencia y alternativamente podrían derivarse del aumento en los requerimientos metabólicos de un organismo cuando ha alcanzado la madurez o bien podrían relacionarse con las diferencias en las capacidades de capturar a sus presas a medida que los depredadores aumentan de talla (Smale y Cliff, 1998; Platell *et al*., 1998; White *et al*., 2004).

8. CONCLUSIONES

- La raya guitarra, *Pseudobatos productus* se alimenta de un amplio espectro trófico en la zona de Bahía Tortugas; sin embargo, presenta una mayor incidencia sobre los crustáceos de mayor abundancia en la zona.

- Esta especie de raya es un depredador oportunista, a pesar de encontrarse 44 categorías presa dentro de los estómagos.

- *Pseudobatos productus* no presenta segregación por sexo ni por estadio de madurez.

- Las anomalías térmicas ocasionadas por los fenómenos de El Niño y La Mancha, fueron suficientes para identificar diferencias en los valores de $\delta^{15}N$ entre los años 2013 y 2014 con respecto a los años 2015 y 2016. En el $\delta^{13}C$, las diferencias fueron en el año 2016 con respecto a 2013, 2014 y 2015.

- Los adultos de *P. productus* presentan valores de $\delta^{13}C$ enriquecidos, lo que indica que permanecen cerca de la costa, mientras que los valores de $\delta^{13}C$ en juveniles indican que se encuentran alejados de la costa a mayor profundidad.

- Las hembras de *P. productus* presentan mayor enriquecimiento a lo largo del crecimiento vertebral, respecto a los machos.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar con mayor frecuencia y durante todo el periodo de muestreo arrastres de zooplancton, esto para ampliar la información isotópica del zooplancton de la zona, realizando arrastres, mínimo uno por mes, para registrar las variaciones isotópicas desde la base de la cadena, lo que facilitaría la obtención de conclusiones en cuanto a posición trófica y variaciones interanuales.

Complementar la información isotópica obtenida de las vértebras con trabajos de edad y crecimiento para conocer el periodo de formación de las marcas, así como las edades de los organismos, para conocer de manera más precisa las variaciones isotópicas y relacionarlas con el desarrollo ontogénico de la especie.

BIBLIOGRAFIA

Altabet M. A. 2001. Nitrogen isotopic evidence for micronutrient control of fractional NO-3 utilization in the equatorial Pacific. *Limnology and Oceanography*. 46(2): 368–380.

Bearhop S., Adams C. E., Waldron S., Fuller R. A., Macleod H. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology*. 73: 1007–1012.

Blanco-Parra M. P., Galván-Magaña F., Márquez-Farías J. F. y Niño-Torres C. A. 2011. Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, Zapteryx exasperata, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. *Environmental Biology of Fishes 95*(1): 65–77.

Bornatowski H., De Castro R. M., y Costa L. 2010. Feeding of guitarfish Rhinobatos percellens (Walbaum, 1972) (Elasmobranchii, Rhinobatidae), the target of artisanal fishery in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography 58*(1): 6.

Boyko C. B. 2002. A Worldwide Revision of the Recent and Fossil Sand Crabs of the Albuneidae Stimpson and Blepharipodidae, New Family (Crustacea: Decapoda: Anomura: Hippoidea). *Bulletin of the American Museum of Natural History 272*: 1–396.

Brown S.C., Bizzarro J.J., Cailliet G.M. y Ebert D.A. 2012. Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes* 95(1): 3 – 20.

Cabrera-Chávez-Costa A. A., Galván-Magaña, F., y Escobar-Sánchez, O. 2010. Food habits of the silky shark Carcharhinus falciformis (Müller & Henle, 1839) off the western coast of Baja California Sur, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, *26*(4): 499–503.

Cailliet G.M., Radtke R. L., y Welden B. A. 1986. Elasmobranch age determination and verification: a review. Páginas 345–360 en T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi, and K. Matsuura, editors. Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. Ichthyological Society of Japan, Tokyo, Japan.

Cailliet G.M., Smith W.D., Mollet H.F. y Goldman K. J. 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environ. Biol. Fish.*, *77*(3-4), 211–228.

Campana S.E., Natanson L. J. y Myklevoll S. 2002. Bomb dating and age determination of large pelagic sharks. *Can. J. Fish Aquat. Sci*., 59: 450-455.

Carrier J., Musick J. y Heithaus M. 2012. Biology of Sharks and Their Relatives. (T. and F. Grouo, Ed.) 2nd Ed. CRC Press. 650 pp.

Castro Aguirre J. L. 1965. Peces sierras, rayas, mantas y peces afines de México. *Anales del Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras.* 1: 169 – 256.

Caut S., Angulo E. y Courchamp F., 2009. Variation in discrimination factors (Δ15N and Δ13C): the effect of diet isotopic values and applications for diet reconstruction. *Journal of Applied Ecology* 46, 443-453.

Cavole, L.M., A.M. Demko, R.E. Diner, A. Giddings, I. Koester, C.M.L.S. Pagniello, M.-L. Paulsen, A. Ramirez-Valdez, S.M. Schwenck, N.K. Yen, M.E. Zill, y P.J.S. Franks. 2016. Biological impacts of the 2013–2015 warm-water anomaly in the Northeast Pacific: Winners, losers, and the future. Oceanography 29(2):273–285,

Clementz M. T. y Koch P. L. 2001. Differentiating aquatic mammal habitat and foraging ecology with stable isotopes in tooth enamel. *Oecologia*. 129: 641-471.

Clothier C. 1950. A key to some Southern California fishes based on vertebral characters. Department of Natural Resources. Division of Fish and Game. Fish Bulletin 79. 83 pp.

Colwell R. K. y Futuyma, D. J. 1971. On the Measurement of Niche Breadth and Overlap. *Ecology*, *52*, 567–576.

Compagno L. J. V. 1990. Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*. 28 (1-4): 33-75.

CONAPESCA-INP 2004. Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México. *Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca e Instituto Nacional de la Pesca, Secretaría de*

Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Mazatlán, México. 85 p.

Cortés E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 54: 726 - 738.

Cortés E. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal Of Marine Sciences,* 56: 707–717.

Cortés E. y Gruber S. 1990. Diet, Feeding Habits and Estimates of dailyRation of Young Lemon Sharks, Negaprion bevirostris (Poey). *American Society of iIchyologist and Herpetologist*, *1990*(1), 204–218.

Créach V., Schrick M. T., Bertru G. y Mariotti A. 1997. Stable isotopes and gut analyses to determine feeding relationships in saltmarsh macroconsumers. *Est. Coast. Shelf. Sci.* 44: 599-611.

Curiel-Godoy P., Simental-Anguiano M. R. y Galván-Magaña F. 2016. Hábitos alimentarios de la raya guitarra *Pseudobatos productus,* en Bahía Tortugas, Baja California Sur. *Ciencia Pesquera* número especial 24: 55-68.

Del Moral Flores L. F. y Pérez Ponce de Léon, G. 2013. Tiburones, rayas y quimeras de méxico. *BioDiversitas*, (111), 1–6.

DeNiro M. y Epstein S. 1978. Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochim Cosmochim Acta.* 42: 495-506

Downton-Hoffmann C. A. 1996. Estrategia reproductiva de la guitarra Rhinobatos productus (Ayres 1856) en la costa Occidental de Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Baja California Sur. La Paz, Baja california Sur, México. 59 pp.

Downton-Hoffmann C. A. 2001. EDAD Y CRECIMIENTO DEL PEZ GUITARRA Rhinobatos productus (Ayres, 1856), en la costa de Baja California Sur, México. Tesis de Maestria. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México.

Downton-Hoffmann C. A. 2007. Biología Del Pez Guitarra Rhinobatos Productus (Ayres, 1856), En Baja California Sur , México *.* Tesis de Doctorado. CICIMAR - IPN. La Paz, Baja California Sur, México. 194 pp.

Durazo R. 2015. Seasonality of the transitional region of the California Current System off Baja California. *Journal of Geophysical Research*, *C*, *Oceans* 120: 1173–1196.

Ebert J. R. y Bizarro J. J. 2007. Standardized diet compositions and trophic levels of skates (Condrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environmental Biology of Fishes*. (10) 17-24 pp.

Escobar-Sánchez O. 2004. Habitos Alimenticios Del Tiburon Angel Squatina Californica (Ayres, 1859) En El Suroeste Del Golfo De California, México. Tesis de Maestria.Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 99 pp.

Estrada A. J., Rice A. N., Natanson L. J. y Skomal G. B. 2006. Use of isotopic analysis of vertebrate in reconstructing ontogenetic feeding ecology in white shark. *Ecology*, 87(4). 829 – 834

Farrugia T. 2010. Abundance, Habitat Use And Movement Patterns Of The Shovelnose Guitarfish (Rhinobatos Productus) In A Restored Southern California Estuary. Master of Sciences. California State University. Long Beach, California, USA. 83 pp.

Farrugia T. J., Espinoza, M. y Lowe, C. G. 2011. Abundance, habitat use and movement patterns of the shovelnose guitarfish (Rhinobatos productus) in a restored southern California estuary. *Marine and Freshwater Research*. *62*(6), 648.

France R.L. y Peters R. H. 1997. Ecosystem differences in the trophic enrichment of ^{13}C in aquatic food webs. *Can. J. Fish. Aquat. Sci*., 54, 1255.

Fischer W. 1995. Guia FAO Para la Identificacion de Peces Para los Fines de la Pesca. In *II* (p. 1832).

Fisk A. T., Tittlemier S. A., Pranschke J. L., y Norstrom R. J. 2002. Using anthropogenic contaminats and stable isotopes to assess the feeding ecology of greeland sharks. *Ecology*, *83*(8), 2162–2172.

Extreme Events Institute. 2015. El niño oscilacion del sur (ENOS) 2015-16 Region - Latinoamerica y el Caribe. Disaster Risk Reduction Program. Florida International University. FIU-DRR Report no. 2. 12 pp.

Galván-Magaña F. 1999. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Oceano Pacífico Oriental. Tesis de Doctorado. CICESE. Ensenada, Baja California, México. 212 pp.

García-Núñez E. N. 2008. Tiburones : conservación , pesca y comercio internacional (p. 117).

Gonzáles-García M. J. 1998. Desarollo embrionario de Rhinobatos productus (Girald 1854) (Chondricthyes: Rajiformes: Rhinobatidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 91 pp.

Graham B.S., Koch P.L., Newsome S.D., McMahon K.W. y Aurioles D. 2010. Using Isoscapes to trace movements and foraging behavior of top predators in oceanic ecosystems. En: West J., Bowen G., Dawson T. y Tu K. (eds) Isoscapes, Springer, Dordrecht.

Guzmán-Del Próo S. A., Salinas F., Zaytsev O., Belmar-Pérez J. y Carrillo-Laguna J. 2000. Potential dispersion of reproductive products and larval stages of abalone (*Haliotis* spp.) as function of the hydrodynamics of Bahia Tortugas, Mexico. *Journal of Shellfish research.* vol. 19 No. 2, 869-881.

Instituto Nacional de Ecologia (INE). http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/2/vizc.html (Accesada en agosto 2015).

Jackson A.L., Parnell A.C., Inger R. y Bearhop S. 2011. Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology* 80: 595-602.

Jaeger A., Blanchard P., Richard P. y Cherel Y. 2009. Using carbon and nitrogen isotopic values of body feathers to infer inter and intra-individual variations of seabird feeding ecology during moult. *Marine Biology.* 156(6): 1233-1240.

Jennings S., Karema J. W. y Mackinson W. S. 2002. Use of size-based production ans stable isotope analyses to predict trophic tansfer efficiencies and predator-prey bady mass ratios in food webs. *marine ecology progress Series.* 240: 11-20.

Juaristi-Videgaray D. 2016. Biologia reproductiva del pez guitarra *Pseudobatos productus* (Ayres, 1856), en Bahía Tortugas, Baja California Sur, México.

Tesis de maestria. Centro interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 54 pp.

Kim S. L., Tinker M. T., Estes J. A. y Koch P. L. 2012a. Ontogenetic and amongindividual variations in foraging strategies of northeast pacific white sharks based on stable isotope analysis. *PloS ONE*, 7(9):1-11.

Kim S. L., Del Rio C. M., Casper D., y Koch P. L. 2012b. Isotopic incorporation rates for shark tissues from a long-term captive feeding study. *J. Exp. Biol.*, *215*(Pt 14), 2495–500.

Last P. R., Séret B. y Naylor J. P. 2016. A new species of guitarfish, *Rhinobatos borneensis* sp. nov. with a redefinition of the family-level classification in the order Rhinopristiformes (Chondrichthyes: Batoidea). *Zootaxa* 4117 (4): 451-475.

Layman C. A., Arrington D. A., Montan C. G. y Post D. M. 2007. Can stable isotope ratios provide for community wide measures of trophic structure?. *Ecology*. 88(1): 42-48.

Loor-Andrade P. J. 2013. Ecologia trofica de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* y *Sphyrna zygaena* en el Pacifico ecuatoriano badasa en isótopos estables. Tesis de maestria. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 70 pp.

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

MacNeil M. A., Skomal G. B. y Fisk A. T. 2005. Stable isotopes from multiple tissues reveal diet switching in sharks. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 302: 199-206.

Márquez-Farias J. F. 2005. Gillnet Mesh Selectivity for the Shovelnose Guitarfish (Rhinobatos productus) from Fishery-Dependent Data in the Artisanal Ray Fishery of the Gulf of California , Mexico. *J. Northw. Atl. Fish. Sci*, 35: 443–452.

Márquez Farías J. F. 2007. Demografia del pez guitarra Rhinobatos productus (Ayres 1854), del Golfo de California. Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur,México. 147 pp.

Márquez-Farias J. F. 2011. Assessment of the impact of gillnets on the population structure of the shovelnose guitarfish, *J. Northw. Atl. Fish. Sci, 37*, 293–304.

Musick J. A. 1999. Life in the Slow Lane: Ecology and Conservation of Long-Lived Marine Animals. *American Fischery Society*.

Navarro-Gonzáles J. 2009. Espectro alimentario de los peces batoideos de la plataforma continental de nayarit. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 67 pp.

Navarro-González J. 2012. Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, Mexico, *38*, 347–362.

Navia A. F., Mejía-Falla P. A., y Giraldo, A. 2007. Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*. *7*, 8.

Newsome S.D., Martínez del Río C., Bearhop S. y Phillips D. L. 2007. A niche for isotopic ecology. *Front. Ecol. Environ*. 5:429-436.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2017. Cold and Warm Episodes by Season. URL: http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php. Revisada octubre 2017.

Overman N.C. y Parrish D. L. 2001. Stable isotope composition of walleye: ^{15}N accumulation with age and area-specific differences in 13C. *Can. J. Fish Aquatic Sci*., 58:1253–1260.

Perez España H. 1994. Habitos Alimentarios Del Angel Real Holacanthus Passer Valenciennes, 1846 Y Del Angel De Cortés Pomacanthus Zonipectus Gill, 1863 (0steichthyes:Pomacanthidae) En La Costa Sur-Occidental Del Golfo De California. Tesis de Maestria. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 71 pp.

Pedrín-Avilés S. y Padilla-Arredondo G. 1999. Morfología y sedimentología de la plataforma continental del suroeste de la Península de Baja California, México. Revista Mexicana de Ciencias Geologicas. 16(2). p. 132-146.

Pielou E.C. 1975. Ecology diversity. Wiley, New York.

Pinkas, L., Iverson, I. L. K., & Oliphant, M. S. 1971. A Pictorial Guide To Beaks of Certain Eastern Pacific Cephalopods. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters (pp. 83 - 105). California: Department of Fish and Game

Platell M.E., Potter I.C. y Clarke K. R. 1998. Resource partitioning by four species of elasmobranches (Batoidea: Urolophidae) in coastal waters of temperate Australia. *Mar. Biol.*, 131, 719–734.

Polo-silva C. J. y Grijalba-Bendeck M. 2008. Espectro trófico de la raya Guitarra Rhinobatos percellens (Walbaun, 1972) (Elasmobranchii: Rhinobatidae) en Santa Marta, Caribe, Colombia. *Memoria de La Fundacion La Salle de Ciencias Naturales*. 169. 21–33.

Polo-Silva C., Newsome S. D., Galván-Magaña F., Grijalba-Benedeck M. y Sanjuan-Muñoz A. 2013. Trophic shift in the diet of the pelagic thresher shark base on stomach contends and stable isotope analyses. *Marine Biology Research.* 9(10): 958-971.

Post D.M. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position models, methods and assumptions. *Ecology* 83 (3): 703-718.

Pratt L. H. y Casey J. G. 1990. Shark reproductive strategies as a limiting factor in directed fisheries, with a review of Holden's method of estimating growth parameters. 97 – 110.

Ramírez-Amaro S. 2011. Caracterización De La Pesqueria Artesanal De Elasmobranquios En La Costa Occidental De Baja California Sur, Mexico. Tesis de Maestria. Centro Interdiscilinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 82 pp.

Rau G. H., Tetssie J. L., Rassoulzadegan F. y Fowler S. W. 1990. $^{13}C/^{12}C$ and $^{15}N/^{14}N$ variations among size fractionated marine particles: implications for 89 their origin and trophic relationship. *Marine Ecology Progress Series* 59: 33-38 pp.

SAGARPA. 2009. Anuario estadístico de Acuacultura y pesca 2009. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. Sinaloa. México.

Salazar-hermoso F. y Villavicencio-garayzar C. 1999. Abundancia Relativa De La Guitarra Rhinobatos Productus (Ayres , 1856) (Pisces : Rhinobatidae) En

Bahía Almejas , Baja California Sur , De 1991 A 1995. *25*(August 1991), 401–422.

Sánchez-Cota B. J. 2013. Catálogo De Esqueletos De Peces Óseos Marinos De Importancia Comercial En Baja California Sur, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 272 pp.

Sandoval-Castillo J., Rocha-Olivares A., Villavicencio-Garayzar C., y Balart, E. 2004. Cryptic isolation of Gulf of California shovelnose guitarfish evidenced by mitochondrial DNA. *Marine Biology*, *145*(5), 983–988.

Scharf F. S., Juanes F. y Rountree R. A. 2000. Predator size - Prey size relationships of marine fish predators: Interspecific variation and effects of ontogeny and body size on trophic-niche breadth. *Marine Ecology Progress Series*, *208*, 229–248.

Simental-Anguiano M. del R. 2011. Dieta De Rhinoptera steindachneri (Evermann Y Jenkins, 1892) Y Dasyatis brevis (Garman, 1879) En El Alto Golfo De California. Tesis de Maestria. Centro Interdiscilinario de Ciencias Marinas. La Paz, Baja California Sur, México. 110 pp.

Simpfendorfer C. A. 2004. Demographic models, life tables, matrix models and rebound potencial In Elasmobranch Fisheries Manegment Techniques. *APEC*, 187 – 204.

Smale M.J. y Cliff G. 1998. Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran)* from Kwazulu-Natal, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci*. 20: 241-253 pp.

Soto-Segoviano J. 2014. Coleccion Osteológica De Peces Teleosteos Marinos De Baja California Sur. Universidad Autonoma De Baja California Sur. Tesis de Licenciatura. Universidad Autonoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur, México. 319 pp.

Talent L. G. 1982. Food Habits Of Gray Smoothhound, Mustelus Californicus, The Brown Smoothhound, Mustelus Henlei, The Shovelnose Guitarfish, Rhinobatos Productus, And The Bat Ray, Myliobatis Californica, In Elkhorn Slough, California. *California Fish and Game*, *68*(4), 224–234.

Valenzuela-Quiñonez F. 2009. Habitos alimenticios del pez guitarra Rhinobatos productus en el alto Golfo de California. Tesis de Maestria. Centro de

Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, Baja California Sur, México. 82 pp.

Vanderklift M. A. y Ponsard S., 2003. Sources of variation in consumer-diet delta N-15 enrichment: a meta-analysis. *Oecologia* 136, 169-182.

Walker J. L., Potter C. W. y Macko S. A. 1999. The diets of modern and historic bottlenose dolphin populations reflected through stable isotopes. *Mar. Mamm. Sci.* 15(2): 335-350.

White W. T., Platell M.E. y Potter I. C. 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranch in a subtropical embayment. Implications for resource partitioning. *Mar. Biol.*, 144, 439–448.

ANEXOS

Anexo 1. Espectro trófico de hembras de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	3.33	2.22	66.67	1.60	48.11	1.91
Amphipoda**	1.11	0.37	33.33	0.00007	0.01	0.19
Decapoda**	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Blepharipodidae*	2.22	1.23	55.56	1.30	58.57	1.27
Blepharipoda occidentalis	17.78	12.33	69.36	12.80	71.98	12.56
Lophomastix diomedeae	1.11	0.08	7.14	0.03	2.74	0.05
Paraleucolepidopa myops	1.11	0.37	33.33	0.44	40.00	0.41
Caridae*	2.22	0.51	22.92	1.75	78.91	1.13
Munididae						
Pleuroncodes planipes	11.11	8.52	76.67	7.69	69.18	8.10
Penaeoidea						
Penaeus sp.	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Restos de camaron	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Portunidae*	3.33	2.22	66.67	2.82	84.52	2.52
Arenaus mexicanus	4.44	2.90	65.28	2.94	66.25	2.92
Callinectes arcuatus	6.67	4.84	72.62	4.74	71.08	4.79
Callinectes bellicosus	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Callinectes sp.	2.22	2.22	100.00	2.22	100.00	2.22
Portunus xantusii	15.56	11.42	73.43	11.06	71.12	11.24
Portunus sp.	4.44	2.22	50.00	2.03	45.76	2.13
Ostracoda**	1.11	0.97	87.50	0.02	1.96	0.50
Stomatopoda**	1.11	0.37	33.33	1.11	99.70	0.74
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	3.33	1.01	30.16	0.91	27.30	0.96
Squillidae						
Squilla biformis	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Squilla hancocki	1.11	0.14	12.50	0.39	34.77	0.26
Squilla sp.	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11

Raninidae*	3.33	2.33	69.84	2.39	71.59	2.36
Sicyoniidae*	1.11	0.10	9.09	0.28	24.80	0.19
Upogebiidae*	1.11	0.74	66.67	0.48	43.53	0.61
Restos de crustáceos	16.67	14.44	86.67	13.61	81.65	14.03
CEPHALOPODA						
Loliginidae						
Doryteuthis opalescens	2.22	0.28	12.70	0.62	27.90	0.45
ACTINOPTERI						
Batrachoididae						
Porichthys sp.	1.11	0.08	7.14	0.07	5.89	0.07
Clupeidae*	1.11	0.56	50.00	0.53	47.83	0.54
Sardinops caeruleus	1.11	0.25	22.22	0.11	10.25	0.18
Cynoglossidae						
Symphurus sp.	1.11	1.11	100.00	1.11	100.00	1.11
Serranidae*	1.11	0.56	50.00	0.58	52.17	0.57
Synodontinae						
Synodus sp.	5.56	3.40	61.11	3.89	69.97	3.64
Restos de peces	8.89	4.85	54.51	4.83	54.29	4.84
ECHIURA*	1.11	0.56	50.00	0.68	60.81	0.62
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	1.11	0.56	50.00	0.98	88.65	0.77
MONI	14.44	9.58	66.34	9.32	64.54	9.45
Total						100.00

Anexo 2. Espectro trófico de machos de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	6.25	6.25	100.00	6.25	100.00	6.25
Decapoda						
Blepharipodidae						
Blepharipoda occidentalis	18.75	13.18	70.30	13.39	71.42	13.29
Paraleucolepidopa myops	2.08	0.52	25.00	0.39	18.60	0.45
Cancridae*	2.08	2.08	100.00	2.08	100.00	2.08

Caridae*	6.25	4.51	72.22	5.53	88.52	5.02
Hippidae*	2.08	1.04	50.00	0.85	40.88	0.95
Emerita analoga	2.08	1.92	92.31	1.96	94.12	1.94
Munididae						
Pleuroncodes planipes	22.92	20.43	89.13	20.92	91.29	20.67
Portunidae*	2.08	0.30	14.29	0.39	18.84	0.35
Arenaus mexicanus	6.25	4.69	75.00	5.08	81.34	4.89
Callinectes arcuatus	8.33	8.33	100.00	8.33	100.00	8.33
Callinectes bellicosus	2.08	0.06	2.86	0.06	2.93	0.06
Portunus xantusii	10.42	9.38	90.00	8.51	81.68	8.94
Stomatopoda						
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	8.33	5.38	64.58	4.67	56.09	5.03
Restos de crustáceos	8.33	6.94	83.33	6.85	82.17	6.90
Lephidophora*	2.08	1.04	50.00	0.76	36.30	0.90
ACTINOPTERI						
Clupeidae*	2.08	0.30	14.29	1.13	54.35	0.71
Labrisomidae						
Labrisomus sp.	2.08	2.08	100.00	2.08	100.00	2.08
Restos de peces	4.17	1.11	26.67	2.67	64.16	1.89
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	6.25	5.24	83.81	3.21	51.44	4.23
MONI	6.25	5.21	83.33	4.86	77.78	5.03
Total						100

Anexo 3. Espectro trófico de adultos de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	6.56	5.74	87.50	5.44	82.95	5.59
Decapoda**	1.64	1.64	100.00	1.64	100.00	1.64
Blepharipodidae*	1.64	0.18	11.11	0.28	17.14	0.23
Blepharipoda occidentalis	16.39	9.29	56.67	9.37	57.17	9.33
Lophomastix diomedeae	1.64	0.12	7.14	0.04	2.74	0.08
Paraleucolepidopa myops	3.28	0.96	29.17	0.96	29.30	0.96
Caridae*	4.92	3.55	72.22	4.35	88.52	3.95
Hippidae*	1.64	0.82	50.00	0.67	40.88	0.74
Emerita analoga	1.64	1.51	92.31	1.54	94.12	1.53
Munididae						

Pleuroncodes planipes	13.11	10.25	78.13	9.88	75.30	10.06
Portunidae*	3.28	1.05	32.14	1.43	43.51	1.24
Arenaus mexicanus	4.92	2.23	45.37	2.61	53.01	2.42
Callinectes arcuatus	8.20	6.91	84.29	6.78	82.68	6.84
Portunus xantusii	9.84	7.58	77.08	7.96	80.88	7.77
Portunus sp.	1.64	0.55	33.33	1.28	78.26	0.91
Stomatopoda						
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	9.84	4.08	41.47	3.38	34.37	3.73
Squillidae						
Squilla hancocki	1.64	0.20	12.50	0.57	34.77	0.39
Raninidae*	1.64	1.09	66.67	1.08	66.11	1.09
Restos de crustáceos	18.03	13.66	75.76	12.35	68.50	13.01
CEPHALOPODA						
Loliginidae						
Doryteuthis opalescens	3.28	0.42	12.70	0.91	27.90	0.67
Lephidophora*	1.64	0.82	50.00	0.60	36.30	0.71
ACTINOPTERI						
Batrachoididae						
Porichthys sp.	1.64	0.12	7.14	0.10	5.89	0.11
Clupeidae*	1.64	0.23	14.29	0.89	54.35	0.56
Cynoglossidae						
Symphurus sp.	1.64	1.64	100.00	1.64	100.00	1.64
Labrisomidae						
Labrisomus sp.	1.64	1.64	100.00	1.64	100.00	1.64
Synodontinae						
Synodus sp.	6.56	4.19	63.89	4.10	62.50	4.14
Restos de peces	9.84	4.70	47.78	5.42	55.11	5.06
ECHIURA*	1.64	0.82	50.00	1.00	60.81	0.91
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	4.92	4.12	83.81	2.53	51.44	3.33
MONI	14.75	9.89	67.04	9.56	64.82	9.73
Total						100

Anexo 4. Espectro trófico de juveniles de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	2.63	1.97	75.00	1.48	56.25	1.73

Amphipoda**	1.32	0.44	33.33	0.00	0.01	0.22
Decapoda						
Blepharipodidae*	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Blepharipoda occidentalis	19.74	15.45	78.29	16.08	81.45	15.76
Cancridae*	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Caridae*	2.63	0.60	22.92	2.08	78.91	1.34
Munididae						
Pleuroncodes planipes	17.11	14.77	86.32	14.39	84.12	14.58
Penaeoidea						
Penaeus sp.	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Restos de camaron	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Portunidae*	2.63	1.97	75.00	2.44	92.68	2.21
Arenaus mexicanus	5.26	4.61	87.50	4.61	87.50	4.61
Callinectes arcuatus	6.58	5.45	82.86	5.43	82.61	5.44
Callinectes bellicosus	2.63	1.35	51.43	1.35	51.46	1.35
Callinectes sp.	2.63	2.63	100.00	2.63	100.00	2.63
Portunus xantusii	15.79	12.10	76.65	10.83	68.58	11.47
Portunus sp.	3.95	2.19	55.56	1.38	34.93	1.79
Ostracoda**	1.32	1.15	87.50	0.03	1.96	0.59
Stomatopoda**	1.32	0.44	33.33	1.31	99.70	0.88
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Squillidae						
Squilla biformis	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Squilla sp.	1.32	1.32	100.00	1.32	100.00	1.32
Raninidae*	2.63	1.88	71.43	1.96	74.33	1.92
Sicyoniidae*	1.32	0.10	7.69	0.29	21.82	0.19
Upogebiidae*	1.32	0.88	66.67	0.57	43.53	0.72
Restos de crustáceos	10.53	10.53	100.00	10.53	100.00	10.53
ACTINOPTERI						
Clupeidae*	1.32	0.66	50.00	0.63	47.83	0.64
Sardinops caeruleus	1.32	0.29	22.22	0.13	10.25	0.21
Serranidae*	1.32	0.66	50.00	0.69	52.17	0.67
Synodontinae						
Synodus sp.	1.32	0.66	50.00	1.31	99.87	0.99
Restos de peces	5.26	2.67	50.69	3.05	57.99	2.86
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	1.32	0.66	50.00	1.17	88.65	0.91
MONI	9.21	6.68	72.53	6.43	69.83	6.56
Total						100

Anexo 5. Espectro trófico de hembras adultas de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	3.03	1.52	50.00	0.96	31.82	1.24
Decapoda**	3.03	3.03	100.00	3.03	100.00	3.03
Blepharipodidae*	3.03	0.34	11.11	0.52	17.14	0.43
Blepharipoda occidentalis	15.15	10.12	66.79	9.97	65.77	10.04
Lophomastix diomedeae	3.03	0.22	7.14	0.08	2.74	0.15
Paraleucolepidopa myops	3.03	1.01	33.33	1.21	40.00	1.11
Munididae						
Pleuroncodes planipes	15.15	11.87	78.33	11.72	77.38	11.80
Portunidae*	3.03	1.52	50.00	2.07	68.18	1.79
Callinectes arcuatus	6.06	3.68	60.71	3.44	56.71	3.56
Portunus xantusii	15.15	10.98	72.50	11.67	77.05	11.33
Portunus sp.	3.03	1.01	33.33	2.37	78.26	1.69
Stomatopoda						
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	9.09	2.74	30.16	2.48	27.30	2.61
Squillidae						
Squilla hancocki	3.03	0.38	12.50	1.05	34.77	0.72
Raninidae*	3.03	2.02	66.67	2.00	66.11	2.01
Restos de crustáceos	24.24	18.18	75.00	15.90	65.60	17.04
CEPHALOPODA						
Loliginidae						
Doryteuthis opalescens	6.06	0.77	12.70	1.69	27.90	1.23
ACTINOPTERI						
Batrachoididae						
Porichthys sp.	3.03	0.22	7.14	0.18	5.89	0.20
Cynoglossidae						
Symphurus sp.	3.03	3.03	100.00	3.03	100.00	3.03
Synodontinae						
Synodus sp.	12.12	7.74	63.89	7.58	62.50	7.66
Restos de peces	12.12	7.07	58.33	6.13	50.59	6.60
ECHIURA*	3.03	1.52	50.00	1.84	60.81	1.68
MONI	18.18	10.71	58.89	10.61	58.33	10.66
Total						100

Anexo 6. Espectro trófico de hembras juveniles de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	3.51	2.63	75.00	1.97	56.25	2.30
Amphipoda**	1.75	0.58	33.33	0.00	0.01	0.29
Decapoda						
Blepharipodidae*	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Blepharipoda occidentalis	19.30	13.61	70.52	14.44	74.81	14.02
Caridae*	3.51	0.80	22.92	2.77	78.91	1.79
Munididae						
Pleuroncodes planipes	8.77	6.58	75.00	5.35	60.98	5.96
Penaeoidea						
Penaeus sp.	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Restos de camaron	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Portunidae*	3.51	2.63	75.00	3.25	92.68	2.94
Arenaus mexicanus	5.26	4.39	83.33	4.39	83.33	4.39
Callinectes arcuatus	7.02	5.51	78.57	5.49	78.26	5.50
Callinectes bellicosus	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Callinectes sp.	3.51	3.51	100.00	3.51	100.00	3.51
Portunus xantusii	15.79	11.68	73.95	10.71	67.82	11.19
Portunus sp.	5.26	2.92	55.56	1.84	34.93	2.38
Ostracoda**	1.75	1.54	87.50	0.03	1.96	0.78
Stomatopoda**	1.75	0.58	33.33	1.75	99.70	1.17
Squillidae						
Squilla biformis	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Squilla sp.	1.75	1.75	100.00	1.75	100.00	1.75
Raninidae*	3.51	2.51	71.43	2.61	74.33	2.56
Sicyoniidae*	1.75	0.16	9.09	0.44	24.80	0.30
Upogebiidae*	1.75	1.17	66.67	0.76	43.53	0.97
Restos de crustáceos	12.28	12.28	100.00	12.28	100.00	12.28
ACTINOPTERI						
Clupeidae*	1.75	0.88	50.00	0.84	47.83	0.86
Sardinops caeruleus	1.75	0.39	22.22	0.18	10.25	0.28
Serranidae*	1.75	0.88	50.00	0.92	52.17	0.90
Synodontinae						
Synodus sp.	1.75	0.88	50.00	1.75	99.87	1.31
Restos de peces	7.02	3.56	50.69	4.07	57.99	3.81
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	1.75	0.88	50.00	1.56	88.65	1.22

MONI	12.28	8.93	72.73	8.58	69.85	8.76
Total						100

Anexo 7. Espectro trófico de machos adultos de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia y (**) se refiere a organismos identificados hasta Clase.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA**	10.71	10.71	100.00	10.71	100.00	10.71
Decapoda						
Blepharipodidae						
Blepharipoda occidentalis	17.86	8.31	46.54	8.67	48.56	8.49
Paraleucolepidopa myops	3.57	0.89	25.00	0.66	18.60	0.78
Caridae*	10.71	7.74	72.22	9.48	88.52	8.61
Hippidae*	3.57	1.79	50.00	1.46	40.88	1.62
Emerita analoga	3.57	3.30	92.31	3.36	94.12	3.33
Munididae						
Pleuroncodes planipes	10.71	8.33	77.78	7.70	71.83	8.01
Portunidae*	3.57	0.51	14.29	0.67	18.84	0.59
Arenaus mexicanus	7.14	4.46	62.50	5.14	72.01	4.80
Callinectes arcuatus	10.71	10.71	100.00	10.71	100.00	10.71
Portunus xantusii	3.57	3.57	100.00	3.57	100.00	3.57
Stomatopoda						
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	10.71	5.65	52.78	4.44	41.45	5.05
Restos de crustáceos	10.71	8.33	77.78	8.17	76.23	8.25
Lephidophora*	3.57	1.79	50.00	1.30	36.30	1.54
ACTINOPTERI						
Clupeidae*	3.57	0.51	14.29	1.94	54.35	1.23
Labrisomidae						
Labrisomus sp.	3.57	3.57	100.00	3.57	100.00	3.57
Restos de peces	7.14	1.90	26.67	4.58	64.16	3.24
SIPUNCULIDEA						
Sipunculus sp.	10.71	8.98	83.81	5.51	51.44	7.25
MONI	10.71	8.93	83.33	8.33	77.78	8.63
Total						100

Anexo 8. Espectro trófico de machos adultos de *Pseudobatos productus* en Bahía Tortugas, Baja California Sur, expresado en porcentaje de frecuencia de ocurrencia (%FO), (%G), frecuencia de aparición (%FA) e importancia relativa (%IIR). Donde (*) se refiere a individuos identificadas hasta Familia.

Especies Presa	%FO	%N	%PN	%W	%PW	PSIRI
CRUSTACEA						
Decapoda						
Blepharipodidae						
Blepharipoda occidentalis	20	20	100	20	100	20
Cancridae*	5	5	100	5	100	5
Munididae						
Pleuroncodes planipes	40	37.36	93.39	39.43	98.58	38.40
Portunidae						
Arenaus mexicanus	5	5	100	5	100	5
Callinectes arcuatus	5	5	100	5	100	5
Callinectes bellicosus	5	0.14	2.86	0.15	2.93	0.14
Portunus xantusii	20	17.5	87.5	15.42	77.10	16.46
Stomatopoda						
Hemisquillidae						
Hemisquilla ensigera californiensis	5	5	100	5	100	5
Restos de crustáceos	5	5	100	5	100	5
Total						100

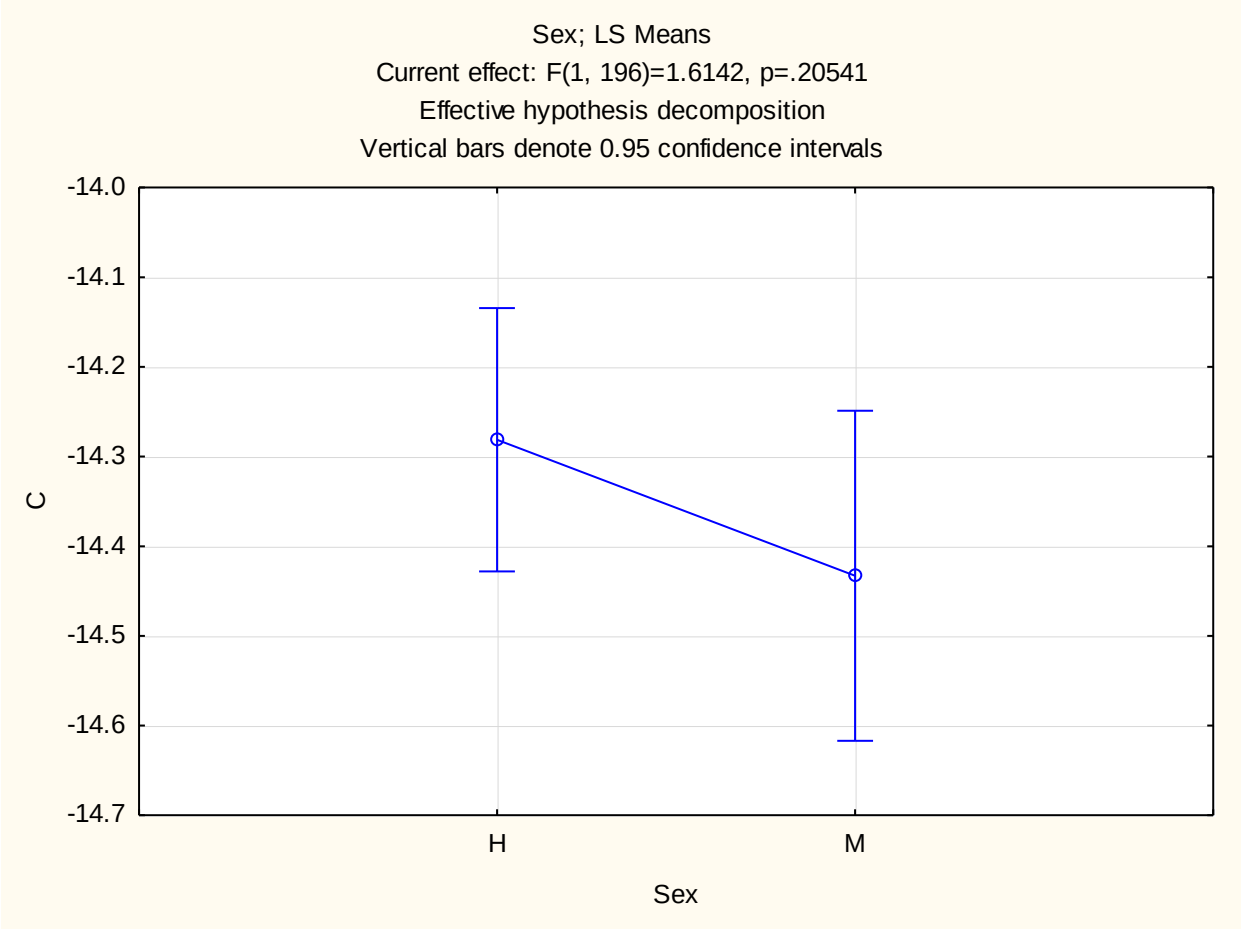
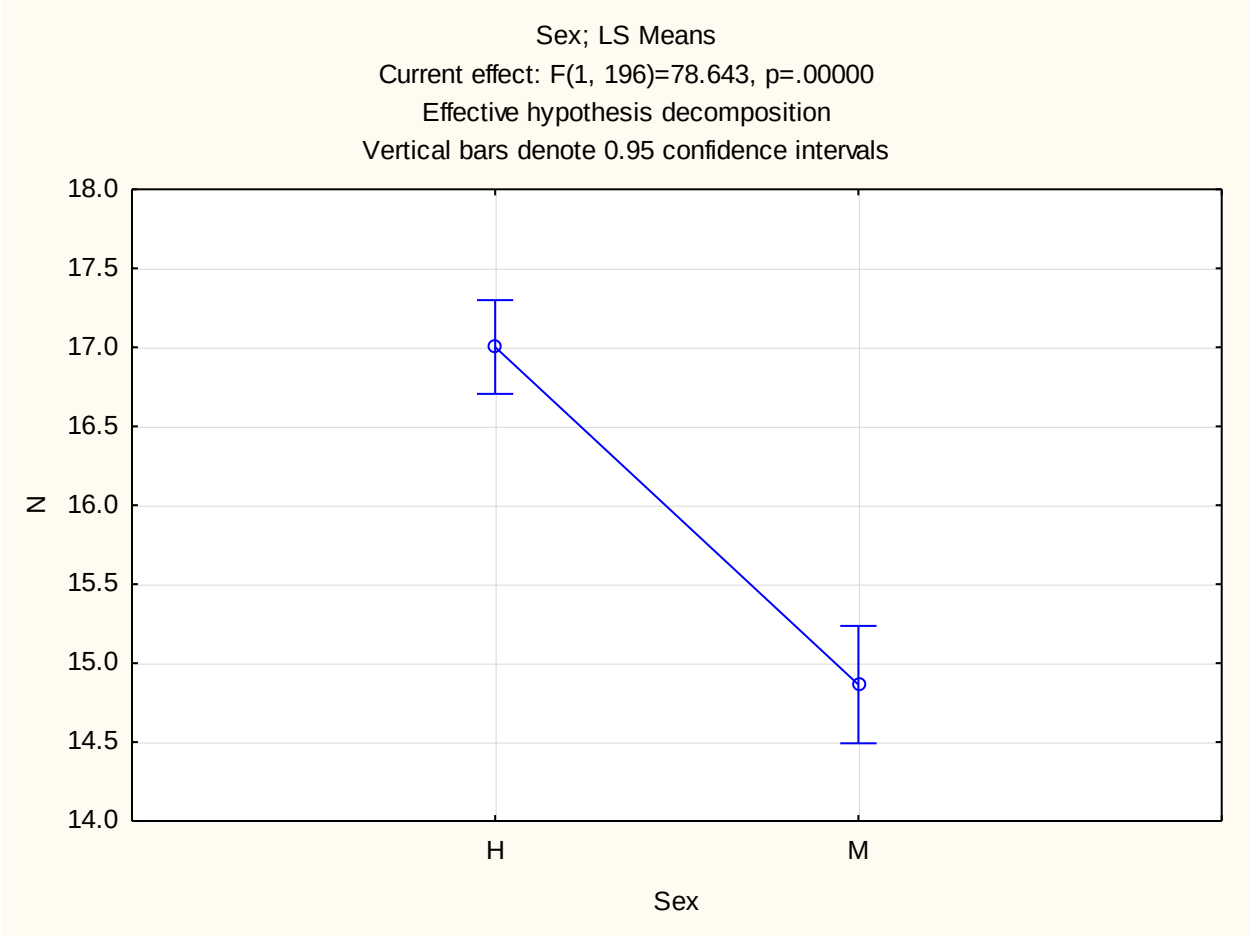
Anexo 9. Prueba *post hoc* de Tukey de ^{15}N por cada milímetro muestreado.

Mm (Prom)	1 (15.62)	2 (16.03)	3 (16.29)	4 (16.78)	5 (17.06)	6 (16.88)
1		0.9292	0.5658	0.1064	0.4344	0.9707
2			0.9937	0.6060	0.8005	0.9995
3				0.9219	0.9424	0.9995
4					0.9998	1.0000
5						1.0000
6						

Anexo. 10. Prueba *post hoc* de Tukey de ^{13}C por cada milímetro muestreado; donde los valores en “negritas” denotan las diferencias significativas entre milímetros.

Mm (Prom)	1 (-1473)	2 (-14.42)	3 (-14.22)	4 (-13.95)	5 (-13.83)	6 (-12.86)
1		0.3404	**0.0098**	**0.0001**	**0.0294**	**0.0119**
2			0.8332	0.9007	0.3944	0.0703
3				0.7073	0.8357	0.1744
4					0.9997	0.4521
5						0.6823
6						

Anexo 11. Gráfica de la media y desviación estándar de los valores ontogénicos de ^{13}C entre hembras y machos de *Pseudobatos productus*.



Anexo 12. Gráfica de la media y desviación estándar de los valores ontogénicos de ^{15}N entre hembras y machos de *Pseudobatos productus*.