



FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS Y
BIOLÓGICAS

CARRERA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA MARINA

“ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN DE SIETE AGALLAS
Notorynchus cepedianus EN EL NORTE DEL PERÚ”

Tesis para obtener el Título profesional de Biólogo Marino

PRESENTADO POR: SILVIA NAOMI KOHATSU ASATO

Bachiller en Biología Marina

ORCID ID: 0000-0001-8640-9808

Asesor: Dr. Pepe Antonio Espinoza Silvera

ORCID ID: 0000-0001-5149-8310

Lima-Perú 2020

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 21 de agosto de 2020.

Los integrantes del Jurado de tesis:

Presidente: Dra. BÁSLAVI MARISBEL CÓNDOR LUJÁN
Miembro: Blgo. PAUL MARTIN BALTAZAR GUERRERO
Miembro: Blga. KENY KANAGUSUKU GONDO

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

“ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN DE SIETE AGALLAS *Notorynchus cepedianus* EN EL NORTE DEL PERÚ”

Presentada por la/el estudiante/bachiller:

▣ **SILVIA NAOMI KOHATSU ASATO**

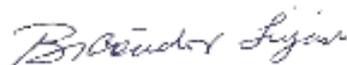
Para optar el Título Profesional de Bióloga Marina

Asesorada por: Dr. PEPE ANTONIO ESPINOZA SILVERA

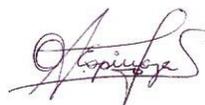
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de la estudiante de la carrera de Biología Marina en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

Tesista: SILVIA NAOMI KOHATSU ASATO	Nota (en letras): 17 (diecisiete)		
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.



Dra. BÁSLAVI MARISBEL CÓNDOR LUJÁN
Presidente



Dr. PEPE ANTONIO ESPINOZA SILVERA
Asesor



Blgo. PAUL MARTIN BALTAZAR GUERRERO
Miembro 1



Blga. KENY KANAGUSUKU GONDO
Miembro 2

T // (51) 610 6738
informes@cientifica.edu.pe
cientifica.edu.pe

DEDICATORIA

*A mis padres,
Con mucho cariño y amor.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos aquellos maestros de la carrera que me brindaron sus conocimientos y admiración por la biología.

A la ONG ProDelphinus por darme esta oportunidad y confiar en mí. A los pescadores de la caleta San José. A Rusber y David por su gran apoyo brindado. A Adriana Gonzales, quien es una gran fuente de inspiración por su gran dedicación a la investigación y amor por la conservación.

Al equipo del laboratorio de Biología Molecular y Genética de IMARPE por el apoyo brindado y a todos los biólogos que contribuyeron con su ayuda para esta investigación.

Agradezco especialmente a mi gran maestro y asesor de tesis, Pepe Espinoza, por su incondicional apoyo, dedicación y paciencia para poder sacar esta investigación adelante.

ÍNDICE

RESUMEN.....	IX
ABSTRACT	X
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TERÓRICO	4
2.1 Generalidades	4
2.2 Aspectos reproductivos.....	7
2.3 Ecología trófica.....	8
III. OBJETIVO	9
3.1 Objetivo general.....	9
3.2 Objetivos específicos.....	9
IV. HIPÓTESIS.....	9
V. METODOLOGÍA.....	10
5.1 Zona de muestreo	10
5.2 Metodología de toma de muestra.....	11
5.3 Procesamiento de la muestra e identificación de los ítems presa.....	12
5.4 Análisis de datos.....	13
5.4.1. Determinación del tamaño de la muestra.....	13
5.4.2 Criterio de agrupación de datos.....	14
5.4.3. Métodos de análisis cuantitativos.....	15
5.4.3.1. Índice de Número en Porcentaje (N%).....	15
5.4.3.2 Índice de peso en porcentaje (%P).....	16
5.4.3.3 Índice de frecuencia de ocurrencia en porcentaje (%FO).....	16

5.4.3.4 Índice de importancia relativa (%IIR)	16
5.4.3.5 Índice Presa Específico (%PSIRI)	17
5.4.4. Análisis de la variabilidad de la dieta.....	17
5.4.5. Estrategia de alimentación.....	18
5.4.6. Nivel trófico.....	19
VI. RESULTADOS	20
6.1 Descripción general del muestreo.....	20
6.2 Determinación del tamaño de muestra.....	20
6.3 Composición de la dieta.....	22
6.3.1 Composición de la dieta según rango de talla.....	24
6.3.2 Composición de la dieta según sexo.....	25
6.3.3 Composición de la dieta según sexo por intervalo de talla.....	26
6.4 Análisis de variabilidad en la dieta	27
6.5 Análisis gráfico de la estrategia de alimentación.....	28
6.6 Nivel trófico	31
VII. DISCUSIÓN	32
7.1 Espectro trófico	32
7.2 Estrategias de alimentación del tiburón de siete agallas.....	34
7.3 Espectro trófico del tiburón de siete agallas en el norte del Perú en comparación con otros estudios.....	35
7.4 Nivel trófico	40
7.5 Importancia del tiburón de siete agallas como depredador tope en el ecosistema marino.....	42
VIII. CONCLUSIONES.....	45

IX.	RECOMENDACIONES.....	46
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
XI.	ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus*. (Andy Murch, ElasmDiver)

Figura 2. Mapa de distribución del tiburón de siete agallas (zonas en amarillo). (Lista Roja de la IUCN).

Figura 3. Ubicación de la Caleta de San José en la provincia de Chiclayo donde se obtuvieron las muestras del tiburón de siete agallas.

Figura 4. Medición de la LT (Longitud Total) en los individuos del tiburón de siete agallas, la cual corresponde entre la distancia de la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal.

Figura 5. Diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) que analiza la estrategia de alimentación e importancia de las presas en la dieta.

Figura 6. Curva de taxa presa acumulada del tiburón de siete agallas luego de 1000 permutaciones. Donde el área sombreada representa la desviación estándar.

Figura 7. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI para las principales categorías presa del tiburón de siete agallas.

Figura 8. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI por rangos de talla.

Figura 9. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI por sexo.

Figura 10. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI según sexo por rango de talla.

Figura 11. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del tiburón de siete agallas.

Figura 12. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del intervalo de talla I (≤ 90 cm) en el tiburón de siete agallas.

Figura 14. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del intervalo III (>171 cm) en el tiburón de siete agallas.

Figura 15. Restos de teleósteos hallados en los contenidos estomacales del

tiburón de siete agallas (a,b y c en Estado 3 y d en Estado 4).

Figura 16. Restos de la raya águila *Myliobatis chilensis*.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles tróficos estandarizados para los diferentes grupos taxonómicos tomado de Cortés (1999).

Tabla 2. Número de estómagos con contenido estomacal del tiburón de siete agallas según rangos de talla y sexo.

Tabla 3. Número de taxa observada y estimada en la dieta de tiburón siete agallas *Notorynchus cepedianus* en el norte del Perú.

Tabla 4. Composición de la dieta del tiburón de siete agallas según rangos de talla expresado en %FO = Índice de frecuencia de ocurrencia en porcentaje, %PN= Índice de número presa específico en porcentaje , %PW =Índice de peso presa específico en porcentaje, %IIR= Índice de Importancia Relativa en porcentaje y %PSIRI= Importancia Relativa Presa Específica.

Tabla 5. Valores de significancia obtenidos mediante el análisis multivariado de varianza permutacional entre intervalos de talla y sexo para *Notorynchus cepedianus* en el norte del Perú.

Tabla 6. Nivel trófico (NT) estimado para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú y según rangos de talla.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha de campo para el tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus*.

RESUMEN

El tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* es una especie de hábitos costeros, que cae incidentalmente en la pesquería artesanal peruana. Ante la disminución en la abundancia de grandes tiburones y teniendo en cuenta el potencial de esta especie de ocupar el nicho ecológico de grandes depredadores, tal como se está observando en otros ecosistemas marinos, se propuso analizar su dieta con el fin de conocer su interacción con otros componentes de la comunidad marina costera. Entre 2015 y 2019, se colectaron 72 estómagos de ejemplares entre 52 y 214 cm de longitud total provenientes de la caleta San José en Lambayeque con el apoyo de pescadores artesanales. La dieta fue analizada en función de intervalos de tallas y el sexo. No se detectaron cambios estadísticamente significativos en la dieta según el sexo. En cambio, se revelaron cambios estadísticamente significativos según intervalos de talla. Así tenemos que los individuos de la Talla I desplegaron estrategia de alimentación especializada sobre los teleósteos, los que presentaron un %PSIRI=75; la tendencia de los individuos más grandes es a desplegar estrategia especializada sobre los mamíferos marinos, los cuales representaron %PSIRI= 43 y 61 para las Tallas II y III, respectivamente. Los cambios ontogénicos en la dieta concuerdan con los descrito en otros ecosistemas marinos y representan evidencia de su gran asociación con el medio en el cual se encuentran según su estadio de vida. Los individuos más pequeños presentan hábitos costeros de aguas someras, mientras que los individuos más grandes, incursionan en aguas un poco más alejadas de la costa, accediendo a una mayor oferta de alimento. El nivel trófico medio estimado fue de 4.5, por lo tanto se le clasifica como depredador apical selectivo en el ecosistema del norte del Perú.

Palabras clave: depredador apical, espectro trófico, nivel trófico.

ABSTRACT

The Sevengill Shark *Notorynchus cepedianus* is a species of coastal habitats, vulnerable to bycatch in Peru. Given the decrease in the abundance of large sharks and taking into account the potential to occupy the ecological niche of these large predators, as observed in other marine ecosystems, it was proposed to analyze the diet to identify the interaction with other components of the community coastal marine. Between 2015 and 2019, 72 stomachs of specimens with total length ranging between 52 and 214 cm in were collected from San José in Lambayeque with the aid from artisanal fishermen. The diet was analyzed based on size intervals and sex. No significant differences in diet according to sex were detected. Instead, statistically significant differences were revealed according to length intervals. Thus, small individuals deployed specialized feeding strategy on teleosts with a % PSIRI = 75; the trend of the largest individuals is to deploy a specialized strategy on marine mammals, which represent % PSIRI = 43 and 61 for Sizes II and III, respectively. The ontogenic changes in the diet agree with those described in other marine ecosystems and represent evidence of their great association with the environment in which they are found according to their stage of life. Small individuals show coastal habits of shallow waters, while larger individuals venture into waters a little further from the coast, accessing a greater supply of food. The average trophic level estimated is 4.5, therefore, is classified as a selective apical predator in the northern ecosystem of Peru.

Key words: apical predator, trophic spectrum, trophic level.

I. INTRODUCCIÓN

Los tiburones son considerados depredadores superiores, los cuales desempeñan un rol crucial en la preservación de la salud, diversidad y estabilidad de los ecosistemas marinos donde habitan (Stevens et al., 2000; Heithaus et al., 2008; Barnett et al., 2012), en los cuales son vulnerables a la sobrepesca con la consecuente declinación de los individuos de gran tamaño (>2 m) (Worm et al., 2013). Los tiburones generalmente presentan un crecimiento lento, madurez sexual tardía y baja fecundidad, lo que agrava su vulnerabilidad a la sobrepesca (Stevens et al., 2000; Klimley, 2013).

La remoción de los tiburones de gran tamaño puede generar cascadas tróficas en las redes alimenticias con la consecuente alteración de la estructura y funcionamiento de varios ecosistemas marinos (Baum et al., 2003; Williams et al., 2004; Baum & Worm, 2009; Ferretti et al., 2010; Grubbs et al., 2016). Las consecuencias ecológicas de esta alteración se traducen en la degradación trófica (Estes et al., 2011) que viene causando gran preocupación por la pérdida de la salud de los ecosistemas afectados (Stevens et al., 2000; Baum & Myers, 2004).

En términos tróficos, los grandes tiburones depredan sobre mamíferos marinos, grandes teleósteos y otros elasmobranquios (Ferretti et al., 2010) y por lo tanto, ocupan la más alta posición trófica en las redes alimenticias marinas (Heithaus et al., 2008). Sin embargo, a pesar de todo lo descrito, esta función aun no es comprendida debido a la carencia de conocimientos ecológicos y demográficos (Cortés, 1999; Myers et al., 2007; Braccini, 2008). Esta limitación es consecuencia de algunas dificultades asociadas con el estudio de estos grandes depredadores, entre los cuales se considera a que en la mayoría de los casos

son altamente móviles y elusivos, tienen amplios rangos de movimientos y baja densidad en sus poblaciones, dificultando su evaluación directa (Williams et al. 2004; Matich & Heithaus, 2014). Es por ello que, en muchos casos, la comprensión de la función ecológica de los depredadores tope en ambientes marinos y las posibles consecuencias de su remoción se ve obstaculizada por la falta de datos sobre su dinámica trófica (Matich et al., 2011; Barnett et al., 2017; Dicken et al., 2017). Por lo tanto, se vuelve necesario comprender las interacciones tróficas y el efecto regulatorio que podrían ejercer los tiburones sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas marinos mediante estudios que cuantifiquen la dinámica trófica en el espacio y el tiempo (Braccini, 2008; Barnett et al., 2011; Brown et al., 2012; Hussey et al., 2012; Bond et al., 2018). Esta información puede contribuir a obtener estrategias efectivas en el manejo pesquero y conservación de estos grandes depredadores y sus hábitats (Bonfil, 1997; Ferretti et al., 2010; Milessi et al., 2019), lo que representa el componente más importante de los planes de manejo ecosistémico (Levin et al., 2009; Speed et al., 2012; Long et al., 2015; Dicken et al., 2017).

Ante esta situación, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), elaboró el Plan de Acción Internacional para la Conservación y Ordenamiento de Tiburones (PAI – Tiburones), dentro del marco del Código de Conducta para la Pesca Responsable, alentando a los países a desarrollar sus propios Planes de Acción Nacionales (FAO, 2001). En nuestro país, no estamos ajenos a esta situación y mediante Decreto Supremo N° 002-2014-PRODUCE, se aprobó Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenamiento de Tiburones, Rayas y Especies afines en el Perú (PAN- Tiburón), el cual orienta al uso sostenible de los tiburones como fuente importante de

alimento, empleo e ingreso. Sin embargo, existe un gran vacío en cuanto a estudios sobre su biología, ecología y pesquería (Gonzalez-Pestana et al., 2014). Estas brechas de información dificultan la implementación de acciones de conservación y manejo para muchas especies (Cornejo et al., 2015).

Una de las especies de tiburón, cuya biología y ecología es desconocida en nuestro medio, es el tiburón de siete agallas o gatita *Notorynchus cepedianus* (Péron, 1807), que potencialmente puede desempeñar el nicho ecológico de depredador tope ante la ausencia de otras especies de tiburón de gran tamaño (Hammerschlag et al., 2019). Asimismo, según la Lista Roja de la International Union for Conservation of Nature (IUCN), se encuentra en la categoría de especie con Datos Deficientes, lo que dificulta la evaluación de las poblaciones de esta especie. Si bien en el Perú no existe una pesquería dirigida para el tiburón de siete agallas, este interactúa de con ella de manera incidental (Cespedes, 2013). Es por ello que, con la finalidad de ir llenando el vacío de conocimientos sobre esta especie, esta investigación se orienta a conocer su espectro trófico con la finalidad de identificar con cuáles organismos interactúa en nuestro medio y así, contribuir al conocimiento de la dinámica trófica de los recursos pesqueros, permitiendo mejores gestiones futuras de manejo de pesquerías y de conservación.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades sobre *Notorynchus cepedianus*

Clasificación taxonómica del tiburón de siete agallas (Compagno, 2005)

Phylum: Chordata

Clase: Elasmobranchii

Orden: Hexanchiformes

Familia: Hexanchidae

Género: *Notorynchus*

Especie: *Notorynchus cepedianus* (Péron, 1807)



Figura 1. Tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus*. (Andy Murch, ElasmDiver)

Las especies del orden Hexanchiformes son consideradas como uno de los grupos más primitivos de tiburones, cuyas características más distintivas son la presencia de seis o siete aberturas branquiales y una sola aleta dorsal (Ebert & Winton, 2010, Ebert et al., 2017). Poseen un rol ecológico importante como depredadores tope en ecosistemas costeros y de aguas profundas donde

habitan, exhiben altos niveles tróficos y amplia distribución, sin embargo, la información disponible para este orden es limitada (Cortés, 1999; Barnett et al., 2012). Este orden tiene una amplia distribución a nivel global, pudiéndose encontrar en la zona costera y la plataforma continental de ambos hemisferios (Compagno, 1984; Ebert, 1989; Crespi-Abril et al., 2003). Asimismo, son consideradas demersales y se encuentran en una amplia gama de hábitats marinos, desde la zona costera como bahías y estuarios poco profundos, hasta plataformas continentales, pudiendo alcanzar profundidades de 2500 m (Barnett et al., 2012).

Los Hexanchiformes consumen predominantemente especies meso-depredadoras, las cuales son depredadores que ocupan posiciones tróficas directamente debajo de los predadores tope, tales como pequeños elasmobranquios, batoideos, grandes teleósteos y mamíferos marinos (Barnett et al., 2012). Este orden comprende dos familias: Chlamydoselachidae y Hexanchidae, las cuales incluyen seis especies, que se caracterizan por tener amplia distribución global y encontrarse normalmente en aguas costeras o profundas (Ebert, 2003; Barnett et al., 2012).

El tiburón de siete agallas o gatita, *Notorynchus cepedianus* (Péron, 1807) (Figura 1), pertenece a la familia Hexanchidae, la cual incluye los géneros *Hexanchus*, *Heptranchias* y *Notorynchus*. Esta especie es la única de los hexanchiformes que habita en las aguas costeras y la plataforma continental en aguas templadas en ambos hemisferios (Figura 2), en el Pacífico Oriental se encuentra en Canadá, Estados Unidos, al norte del Golfo de California, México, frente a Perú y el centro de Chile (Ebert, 1991b; Compagno et al., 2005).



Figura 2. Mapa de distribución del tiburón de siete agallas (zonas en amarillo).
(Lista Roja de la IUCN).

Su presencia ha sido registrada cerca de la costa, bahías y estuarios, llegando a profundidades de 200 m de la plataforma continental (Ebert, 2003; Williams et al., 2012), la máxima profundidad registrada para esta especie es de 570 m (Cox & Francis, 1997). Es común en aguas cercanas a la costa con profundidad menor de 50 m, además se los asocian con áreas de alta productividad (Ebert, 1989). Sus características morfológicas consisten en la presencia de siete pares de aberturas branquiales, cabeza ancha, una aleta caudal grande, manchas que cubren la superficie dorsal del cuerpo y una mandíbula inferior con seis filas de grandes dientes (Barnett et al., 2012). Es una especie de gran tamaño pudiendo llegar a alcanzar los 296 cm de longitud total (LT) y pesar más de 182 kg (Ebert, 1989).

2.2. Aspectos reproductivos

El conocimiento sobre la biología reproductiva del orden de los hexanchiformes es limitado, debido a la información incompleta para todas las etapas del ciclo reproductivo (Barnett et al., 2012).

Se ha observado que para el tiburón de siete agallas los machos alcanzan la madurez sexual a tallas más pequeñas que las hembras (Ebert, 1986; Lucifora et al., 2005).

Estudios previos realizados en Sudáfrica, California y Argentina (Ebert, 1986, 1996; Lucifora et al., 2005), señalan que los machos del tiburón de siete agallas alcanzan la madurez sexual alrededor de los 140- 170 cm de LT, presentan espermatozoides viables durante todo el año, lo cual podría dar indicio de que son capaces de reproducirse en todo momento. Por el contrario, las hembras poseen un periodo de maduración más complejo y prolongado, observándose que su primera reproducción ocurre a longitudes mayores a comparación de los machos, entre 218 y 244 cm de LT, presentan un ciclo reproductivo bienal, y presentan una mayor fecundidad que otros elasmobranquios, habiéndose registrado hasta 82 embriones en una hembra.

La talla de los individuos recién nacidos oscila entre 40 y 45 cm de LT (Van Dykhuizen y Mollet, 1992). Asimismo, estos últimos autores señalan que los machos alcanzan la madurez sexual entre los 4 y 5 años (150 cm) y las hembras entre los 11 y 21 años (220 cm).

La limitada información sobre su biología reproductiva sugiere que podría ser una especie vulnerable a la sobreexplotación debido a que posee pequeñas camadas y largos periodos de gestación (Barnett et al., 2012).

2.3. Ecología trófica

Los estudios realizados a lo largo de la distribución global del tiburón de siete agallas indican que es un depredador versátil capaz de consumir una amplia gama de presas desde teleósteos, crustáceos, cefalópodos, mamíferos marinos como cetáceos y lobos marinos e inclusive elasmobranquios (Ebert, 1986; 1989; 1991b; 2002; Crespi-Abril et al., 2003; Lucifora et al., 2005; Braccini et al., 2008, Barnett et al., 2010a, Barnett et al., 2012).

Dada la diversidad de su dieta, diversos autores identifican al tiburón de siete agallas como una de las especies más importantes en aguas temperadas costeras, asimismo, se ha observado que muestran cambios ontogénicos en su dieta (Ebert, 2002; Lucifora et al., 2005). Los juveniles se alimentan principalmente de teleósteos y, a medida que crecen, consumen una mayor cantidad de condriictios y mamíferos marinos, disminuyendo el consumo de teleósteos (Ebert, 2002).

En opinión de Milessi et al. (2019), el tiburón de siete agallas es un depredador muy activo debido a que desde estadio juvenil ya ejerce presión sobre sus presas, mientras que los adultos incluyen una gama más amplia de presas por lo que le catalogan como consumidor generalista con una gran capacidad de depredar sobre las presas disponibles (Braccini et al., 2008).

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Caracterizar la ecología trófica del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* en la zona norte del Perú.

3.2 Objetivos específicos

- Evaluar si existe variabilidad en la dieta del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* según la talla y el sexo en la zona norte del Perú.
- Determinar la amplitud del nicho trófico del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus*.
- Estimar el nivel trófico del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* en la zona norte del Perú.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis

H₀: La composición de la dieta del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* no presenta variación según la talla y el sexo de los individuos en el Norte del Perú.

H_a: La composición de la dieta del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* presenta variación según la talla y el sexo de los individuos en el norte del Perú.

V. METODOLOGÍA

5.1. Zona de muestreo

La colecta de las muestras biológicas del tiburón de siete agallas se llevaron a cabo en el punto de desembarque de la caleta de pescadores San José, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque (Fig. 3) en el periodo 2015-2019. Parte de este muestreo se llevó a cabo en el marco del Proyecto de Pro-Delphinus de Elasmobranquios 369-2014 FINCyT.

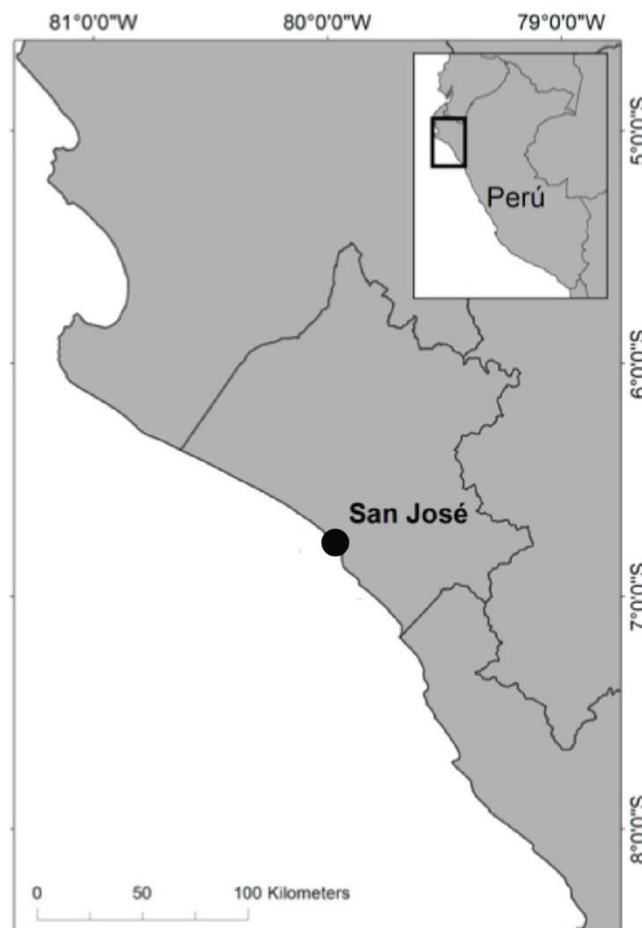


Figura 3. Ubicación de la Caleta de San José en la provincia de Chiclayo donde se obtuvieron las muestras del tiburón de siete agallas.

5.2. Metodología de toma de muestra

Las muestras del sistema digestivo del tiburón de siete agallas fueron obtenidas de los desembarques en la caleta de San José con ayuda de los pescadores artesanales capacitados por la ONG Pro Delphinus para la identificación y toma de muestra del aparato digestivo adecuadamente. En cada individuo se determinó las medidas de la longitud total (LT), lo que corresponde a la distancia entre la punta del hocico del tiburón hasta el extremo distal de la aleta caudal (Figura 4) mediante el uso de una cinta métrica, y el sexo (presencia o ausencia de cláspers). Además, por cada individuo se anotó la fecha y coordenadas o referencias de la zona de pesca (Anexo 1).

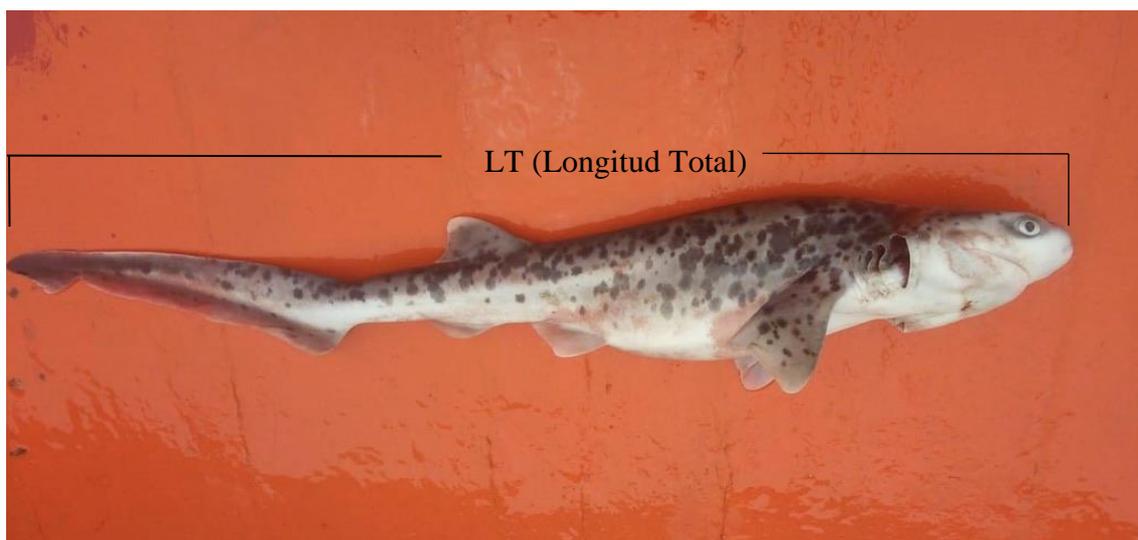


Figura 4. Medición de la LT (Longitud Total) en cm de los individuos del tiburón de siete agallas, la cual corresponde entre la distancia de la punta del hocico hasta la punta de la aleta caudal.

Para la obtención del sistema digestivo, se realizó un corte longitudinal en la zona ventral del tiburón, desde la cloaca hasta las aletas pélvicas para la extracción. La muestra del sistema digestivo fue atada con un pabilo en la parte

del esófago y al final del intestino para evitar que las presas se esparzan, se inyectó alcohol al 70% en el sistema digestivo y posteriormente se almacenó en frascos de plástico los cuales también contenían alcohol al 70% para su conservación y se colocaron etiquetas con el código de muestra y la fecha. Posteriormente se procedió a analizar las muestras en el laboratorio de investigación ubicado en el Pabellón “N” en la sede de Villa de la Universidad Científica del Sur.

5.3. Procesamiento de la muestra e identificación de los ítems presa

El procesamiento de las muestras se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación ubicado en el Pabellón “N” de la sede de Villa de la Universidad Científica del Sur. Cada muestra fue procesada mediante un lavado con agua de caño en un tamiz de 500 micras. Las presas encontradas fueron contadas y pesadas con una balanza electrónica (precisión de 0.01 gr). Posteriormente, se procedió a la identificación de las distintas presas hasta el mínimo taxón posible. Según el estado de las presas se utilizó la siguiente escala (Bolaño-Martinez, 2009):

- Estado n°1 (fresco): individuos que presentan piel y todas las características morfológicas completas haciéndolo fácilmente identificable.
- Estado n°2 (digestión intermedia): individuos sin piel, sin ojos, músculos al descubierto y esqueleto completo.
- Estado n°3 (digestión avanzada): individuos con poco músculo cubriendo al esqueleto axial, picos de cefalópodos con restos del manto.

- Estado n°4 (totalmente digerido): presencia únicamente de partes aisladas tales como otolitos, vértebras y picos de cefalópodos.

Para la determinar la taxonomía de los peces en estado de digestión 1 y 2, se empleó la clave taxonómica de Chirichigno & Vélez (1998). En el caso de las presas que se encontraban en los estados de digestión 3 y 4, la determinación taxonómica se realizó empleando partes identificables del esqueleto craneal y axial, otolitos o picos de cefalópodos. (García-Godos, 2001; Xavier y Cherel, 2009).

5.4. Análisis de datos

5.4.1. Determinación del tamaño de la muestra

La información de la dieta obtenida en los estudios de ecología trófica necesita ser puesta a prueba para comprobar si el tamaño de muestra utilizado es el adecuado y poder deducir si se ha obtenido el mayor registro de presas posible (Reis & Figueira, 2020). Para ello, se grafica el número de especies observadas como función de alguna medida de esfuerzo que se ha requerido para observarlas (Colwell et al., 2004). En el presente caso, se consideró la acumulación de taxa-presa en función de los estómagos analizados (Reis & Figueira, 2020) y se modelaron mediante métodos no paramétricos para la determinación de la completitud de los registros obtenidos (Soberon & Llorente, 1993). Los métodos no paramétricos empleados fueron Chao1, Bootstrap y el índice de Ugland-Gray-Ellingsen (UGE). Chao 1 se basa en la incidencia de las presas (Chao 1984), Bootstrap en el remuestreo (Palmer, 1990) y UGE es una aproximación logarítmica (Ugland et al., 2003). Luego, se comparó el número de

taxa registrados con las predicciones obtenidas de los modelos no paramétricos, este cálculo es denominado índice de completitud, el cual se acepta como buen registro cuando se obtienen valores mayores de 90% (López-Mejía et al., 2017).

5.4.2 Criterio de agrupación de datos

En razón de la imposibilidad de reconocer las presas al mínimo nivel taxonómico (especie) en la mayoría de los casos durante este estudio, se siguieron las recomendaciones de Reís & Figueira (2020), las cuales consisten en agrupar las presas en amplios niveles taxonómicos para poder analizar la suficiencia del esfuerzo de muestreo y la estrategia de alimentación que ha empleado el tiburón de siete agallas.

Asimismo, es necesario mencionar que la identificación de la categoría de condrictios se realizó mediante la técnica de PCR con la extracción de ADN del tejido de dicha presa, la cual se llevó a cabo gracias al departamento de Biología Molecular y Genética del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Del mismo modo, señalar que el objetivo de la presente investigación era identificar la dieta del tiburón de siete agallas mediante el análisis de características morfológicas de las presas consumidas por este depredador.

Así, se agrupó las presas en las siguientes 5 categorías las cuales son:

- **Teleósteos:** Teleósteos indeterminados, lisa *Mugil cephalus*, barrilete negro *Auxis thazard*, Stromateidae.
- **Condrictios:** raya águila *Myliobatis chilensis*.
- **Cetáceos:** Cetaceos indeterminados.

- **Otaridos:** Otaridos indeterminados.
- **Cefalópodos:** cefalópodos indeterminados y calamar común *Doryteuthis gahi*.

Para la definición de los intervalos de tallas se empleó los rangos propuestos de manera arbitraria en un estudio previo sobre la ecología trófica del tiburón de siete agallas realizado por Braccini (2008) donde señala:

- **Talla I:** individuos menores a 90 cm de LT.
- **Talla II:** individuos entre 91 – 170 cm de LT.
- **Talla III:** individuos mayores a 171 cm de LT.

5.4.3. Métodos de análisis cuantitativos

Para cuantificar la relevancia de las diferentes categorías de presas, se utilizaron los siguientes índices: Índice de número en porcentaje (%N), el cual relaciona el número de organismos de una presa, con el número total de presas; Índice de peso en porcentaje (%P), que relaciona el peso de un tipo de presa con el peso total de todas las presas y el Índice de frecuencia de ocurrencia en porcentaje (%FO) que relaciona el número de organismos de un tipo de presa y el número de estómagos analizados (Chipps & Garvey, 2007).

5.4.3.1. Índice de Número en Porcentaje (N%)

$$\%N = (n / NT) * 100$$

Donde:

n= número total de individuos de cada presa identificada.

NT= número total de individuos de todas las especies presa.

5.4.3.2. Índice de peso en porcentaje (%P)

$$\%P = (P / PT) * 100$$

Donde:

P= peso en gramos de una especie presa.

PT= peso total en gramos de todas las especies presa.

5.4.3.3. Índice de frecuencia de ocurrencia en porcentaje (%FO)

$$\%FO = (N / NT) * 100$$

Donde:

N= número de muestras de los contenidos estomacales en los cuales apareció una determinada especie presa.

NT= número total de contenidos estomacales con alimento.

5.4.3.4. Índice de importancia relativa (%IIR)

Los tres métodos previamente mencionados fueron integrados en un solo índice, el Índice de Importancia Relativa (IIR), el cual permite valorar de manera integral la importancia de cada presa que constituye la dieta (Cortés, 1997), bajo la siguiente forma:

$$IIR = (\%P + \%N) * \%FO$$

Este índice a su vez, fue transformado a porcentaje (%IIR) para una mejor comparación con otros estudios.

$$\%IIR = 100 * IIR / \sum IIR$$

5.4.3.5. Índice Presa Específico (%PSIRI)

Este índice es independiente del nivel taxonómico de las presas y permite realizar comparaciones más fidedignas entre estudios (Brown et al., 2012):

$$\%PSIRI = \frac{\%FO * (\%PN + \%PP)}{2}$$

Donde:

%PN = porcentaje del índice de número presa específico de la presa i

%PP = porcentaje del índice de peso presa específico de la presa i

Los valores de número o peso específicos de la de las presas, fueron estimados teniendo en cuenta aquellos estómagos donde se registraron cada una de las presas. Este índice es una modificación del IIR y balancea los resultados sobre la importancia de las presas y se ha aplicado en algunos otros depredadores (Moreno-Sánchez et al., 2012; Espinoza et al., 2013, 2015; Restrepo-Gómez, 2017; Zhang et al., 2018).

5.4.4. Análisis de la variabilidad de la dieta

Se utilizó el Análisis de Varianza Permutacional PERMANOVA (Anderson, 2001; 2005), basado en mil permutaciones sobre la matriz de semejanza para probar la hipótesis nula que no hay diferencias relacionadas con los intervalos de talla y sexo en la dieta. Este método es no paramétrico y no tiene restricciones en cuanto al tipo de distribución de la información, desempeñándose como el análisis de varianza paramétrico proporcionando un estadístico denominado pseudo-F con su respectivo *p-value* (Anderson & Walsh, 2013).

Posteriormente, se aplicó el análisis de dispersión multivariada permutacional (PERMDISP) con la finalidad de confirmar o rechazar los cambios significativos revelados mediante PERMANOVA (Anderson, 2006).

5.4.5. Estrategia de alimentación

Se aplicó el método gráfico de análisis de la estrategia de alimentación mediante la construcción del diagrama de dispersión de los datos de la frecuencia de ocurrencia y la abundancia específica de los taxa presa propuesta por Costello (1990) y modificada por Amundsen et al. (1996). Este es un método que permite determinar la amplitud de nicho trófico a nivel total e individual.

Amundsen et al. (1996), distinguieron 4 estrategias mediante el diagrama: i) especialista con diferentes tipos de presas, ii) especialistas con un tipo de presa y que puede ingerir otras presas, iii) generalista con variación individual en la amplitud de nicho trófico, iv) alimentación mixta en la que algunos individuos son especialistas y otros son generalistas.

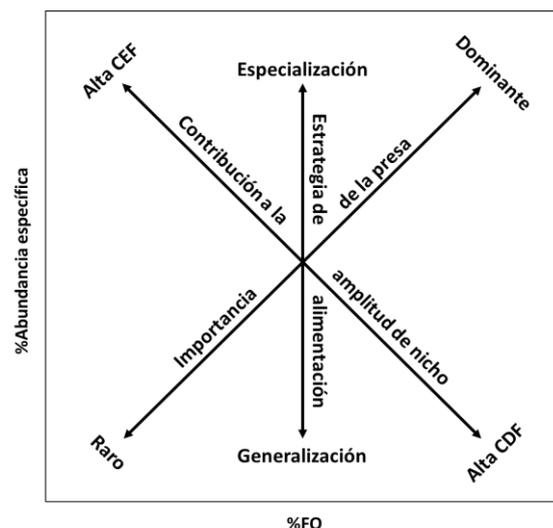


Figura 5. Diagrama de Costello (1990) modificado por Amundsen et al., (1996) que analiza la estrategia de alimentación e importancia de las presas en la dieta.

5.4.6. Nivel trófico

El nivel trófico es definido como la posición de un organismo en la cadena trófica y el rango en el cual oscila es entre 1 para productores primarios y 5 para los mamíferos marinos. Este índice fue calculado mediante la ecuación propuesta por Christensen & Pauly (1992), el cual se basa en el efecto aditivo de la contribución de las presas en la dieta del depredador, al cual se adiciona 1 para compensar la contribución de los productores primarios:

$$TL = 1 + (\sum DC_{ij}) * (TL_j)$$

Donde:

DC_{ij} = composición de la dieta como la proporción de presas (*j*) en la dieta del depredador (*i*).

TL = nivel trófico de las presas (*j*).

n = número de grupos en el sistema.

Se calculó el nivel trófico medio para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú y para los diferentes intervalos de tallas de los individuos para comprobar el efecto de los cambios en la dieta. Asimismo, para determinar los niveles tróficos de los grupos de presas halladas en la dieta del tiburón de siete agallas, se utilizaron los niveles tróficos de los grupos taxonómicos empleados por Cortés (1999).

Tabla 1. Niveles tróficos estandarizados para los diferentes grupos taxonómicos tomado de Cortés (1999).

CÓDIGO (Cortés, 1999)	ÍTEMS PRESA	NIVEL TRÓFICO (NT)
FISH	Peces óseos	3.24
CEPH	Calamares, pulpos	3.2
MAM	Cetáceos, pinnípedos	4.02
CHON	Rayas, tiburones, quimeras	3.65

VI. RESULTADOS

6.1. Descripción general del muestreo

En total se lograron coleccionar 79 estómagos del tiburón de siete agallas, de los cuales 66 (83.5%) presentaron contenido estomacal y sólo 13 (16.6%) se encontraban vacíos. De los estómagos coleccionados que presentaron contenido estomacal, 24 (36.4%) pertenecían a machos y 42 (63.6%) a hembras (Tabla 2).

Tabla 2. Número de estómagos con contenido estomacal del tiburón de siete agallas según rangos de talla y sexo.

RANGOS TALLAS	MACHOS	HEMBRAS	TOTAL
Talla 1 (<90 cm LT)	10	17	27
Talla 2 (91 - 170 cm LT)	7	19	26
Talla 3 (>171 cm LT)	7	6	13
TOTAL	24	42	66

6.2. Determinación del tamaño de muestra

La curva de taxa acumulada indica que el esfuerzo de muestreo desplegado para este estudio ha sido adecuado (Figura 6), en virtud de la representatividad estimada en mayor del 90% (Tabla 3).

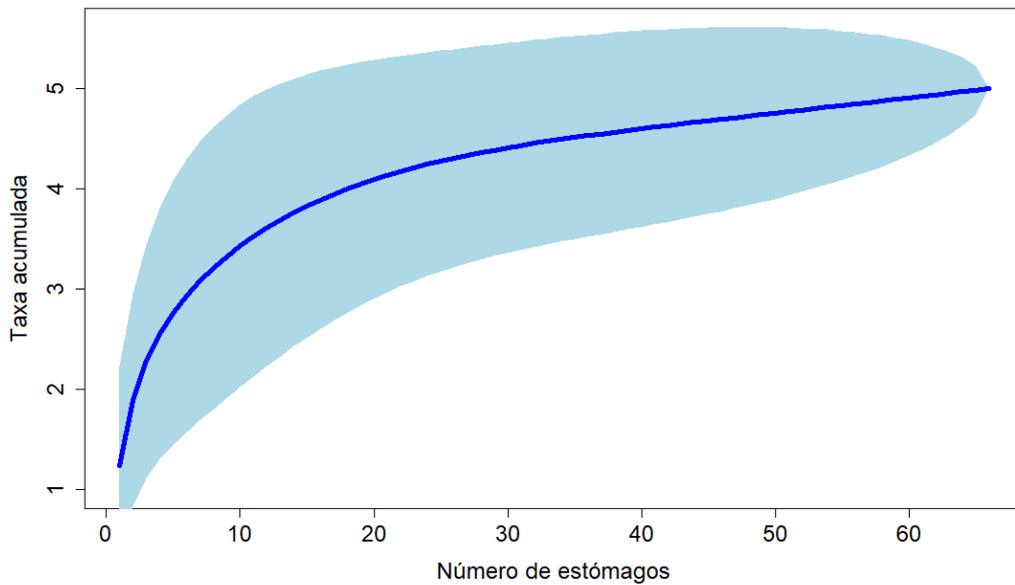


Figura 6. Curva de taxa presa acumulada del tiburón de siete agallas luego de 1000 permutaciones. Donde el área sombreada representa la desviación estándar.

Los métodos empleados para estimar la completitud fueron Chao 1, Bootstrap e índice UGE, los cuales emplearon el procedimiento de remuestreo.

Tabla 3. Número de taxa observada y estimada en la dieta de tiburón siete agallas en el norte del Perú.

	NÚMERO DE TAXA ESTIMADA	REPRESENTATIVIDAD
NÚMERO DE TAXA OBSERVADA	5	
Chao 1	5	100
Bootstrap	5.37	93.1
Indice UGE	5	100

Este remuestreo consiste en recalcular mil veces mediante permutación de los valores de entrada con la finalidad de reducir el error estadístico (Canning-Clode et al., 2008).

6.3. Composición de la dieta

La dieta del tiburón de siete agallas presentó un espectro trófico conformado por 9 ítems presas las cuales fueron agrupadas en 5 grandes grupos: teleósteos, cetáceos, otáridos, cefalópodos y condriactos los cuales se detallan en la Tabla 2. Debido a la dificultad de obtener el mismo nivel de identificación taxonómica de todas las presas halladas en los estómagos muestreados del tiburón de siete agallas, fue necesario estandarizar los ítems de presa en categorías alimentarias amplias que permitieran hacer comparaciones intraespecíficas de las dietas en los rangos de talla y sexo.

Según el Índice de importancia presa específico %PSIRI, se observó que tiburón de siete agallas en el norte del Perú presenta un alto consumo de teleósteos (%PSIRI=54), seguido del consumo de mamíferos marinos (%PSIRI=37) entre cetáceos y otáridos (%PSIRI=30 y 7, respectivamente) y en menor proporción cefalópodos (%PSIRI=7) y condriactos (%PSIRI=1) (Figura 7).

Tabla 4. Composición de la dieta del tiburón de siete agallas según rangos de talla expresado en %FO = Índice de frecuencia de ocurrencia en porcentaje, %PN= Índice de número presa específico en porcentaje , %PW =Índice de peso presa específico en porcentaje, %IIR= Índice de Importancia Relativa en porcentaje y %PSIRI= Importancia Relativa Presa Específica.

	TAXA	%FO	%PN	%PW	%IIR	%PSIRI
TALLA I	Teleostei	85.19	75.93	74.16	92.37	75.04
	Teleósteos n/i	77.78	70.37	67.20	90.66	68.78
	Fam. Mugilidae					
	Lisa (<i>Mugil cephalus</i>)	3.70	3.70	3.70	0.23	3.70
	Fam. Stromateidae					
	Stromateido n/i	3.70	1.85	3.25	0.16	2.55
	Mammalia	25.93	18.52	18.54	6.94	18.53
	Cetáceos n/i	25.93	18.52	18.54	8.14	18.53
	Cephalopoda	7.41	5.56	7.30	0.69	6.43
Cefalópodos n/i	7.41	5.56	7.30	0.81	6.43	
Chondrichthyes	-	-	-	-	-	
TALLA II	Teleostei	46.15	49.36	47.74	55.47	48.55
	Teleósteos n/i	46.15	49.36	47.74	59.92	48.55
	Mammalia	50.00	41.67	44.40	42.61	43.03
	Cetáceos n/i	46.15	37.82	40.55	38.69	39.19
	Fam. Otariidae					
	Otaridos n/i	3.85	3.85	3.85	0.32	3.85
	Cephalopoda	11.54	8.97	7.86	1.92	8.42
	Cefalópodos n/i	7.69	5.13	4.01	0.75	4.57
	Fam. Loliginidae					
<i>Calamar común (Dorytheutis gahi)</i>	3.85	3.85	3.85	0.32	3.85	
Chondrichthyes	-	-	-	-	-	
TALLA III	Teleostei	46.15	23.08	17.68	16.97	20.38
	Teleósteos n/i	46.15	21.16	13.04	18.55	17.10
	Fam. Scombridae					
	Barrilete negro (<i>Auxis thazard</i>)	7.69	1.92	4.64	0.94	3.28
	Mammalia	90.91	57.69	63.73	79.45	60.71
	Cetáceos n/i	46.15	32.69	37.83	39.56	35.26
	Fam. Otariidae					
	Otaridos n/i	38.46	25.00	25.90	36.52	25.45
	Cephalopoda	15.38	11.54	10.90	2.67	11.22
Cefalópodos n/i	15.38	11.54	10.90	2.21	11.22	
Chondrichthyes	7.69	7.69	7.69	0.92	7.69	
Fam. Myliobatidae						
Raya águila (<i>Myliobatis chilensis</i>)	7.69	7.69	7.69	2.21	7.69	

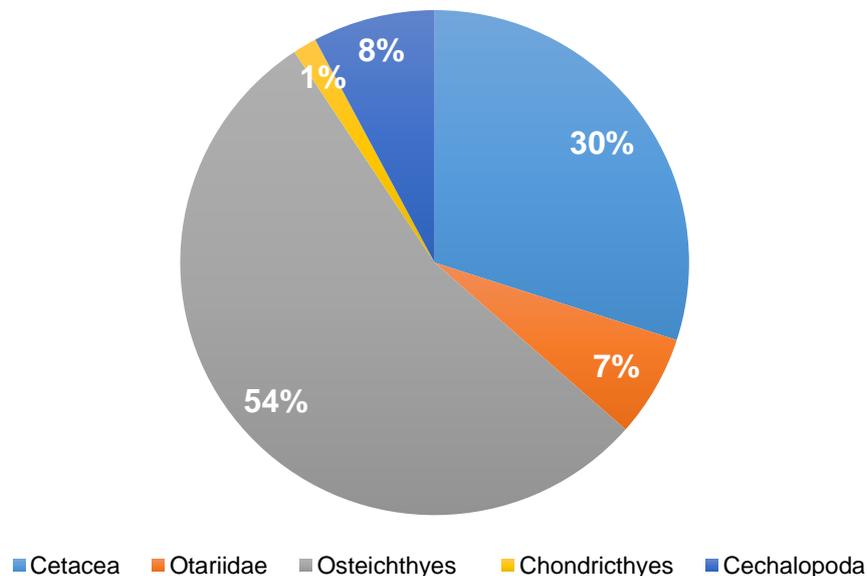


Figura 7. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI para las principales categorías presa del tiburón de siete agallas.

6.3.1 Composición de la dieta según rango de talla

Se calculó el %PSIRI para las distintas categorías presa identificados en cada rango de talla los cuales se detallan en la Tabla 4. El espectro trófico de los individuos del Intervalo de Talla I indicaron que existe un alto consumo de teleósteos (%PSIRI=75), seguido del consumo de cetáceos (%PSIRI=18) y un consumo mínimo de cefalópodos (%PSIRI=6.4) (Figura 8). Asimismo, se observó que los individuos del Intervalo de talla II exhiben un alto consumo de teleósteos (%PSIRI=49) seguido de mamíferos marinos (%PSIRI=43) como cetáceos y otáridos (%PSIRI=39 y 8, respectivamente) y finalmente cefalópodos (%PSIRI=8). Por otro lado, para el rango de la Talla III, se obtuvo un alto consumo de mamíferos marinos (%PSIRI=61) entre cetáceos y otáridos

(%PSIRI=35 y 26, respectivamente), seguido por teleósteos (%PSIRI=20), cefalópodos (%PSIRI=11) y un consumo mínimo de condriictios (%PSIRI=8).

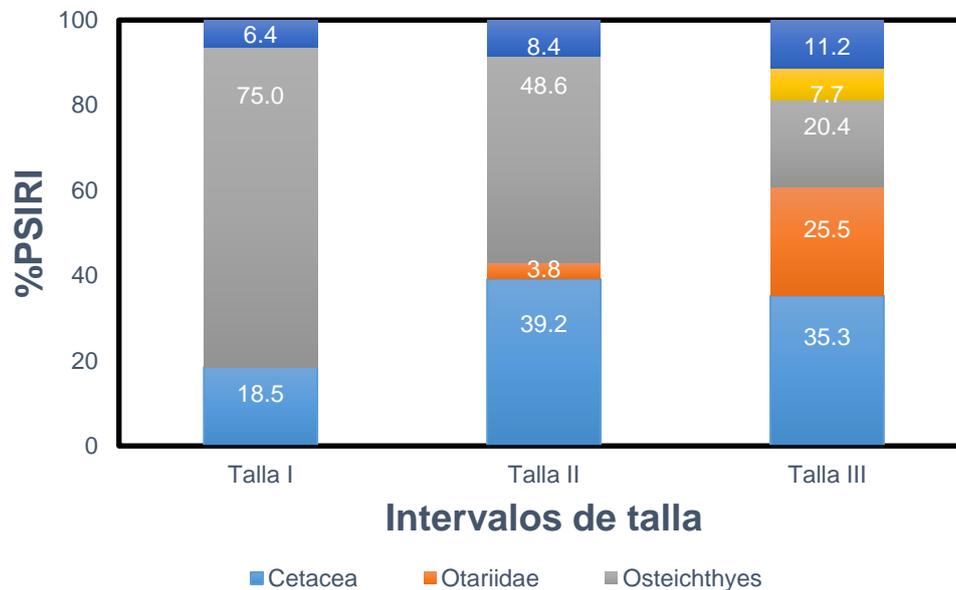


Figura 8. Índice de importancia presa específico %PSIRI por rangos de talla.

Los cambios en la dieta según intervalos de talla fueron analizados mediante PERMANOVA y se reveló que fueron estadísticamente significativos, Pseudo-F=4.174, $p=0.005$ (Tabla 5). Sin embargo, al aplicar la prueba de comprobación del efecto de la dispersión de los datos mediante PERMDISP, no se revelaron diferencias estadísticamente significativas ($F=2.169$; $p=0.124$), lo cual sugiere que la variabilidad interna de los datos dentro de cada uno de los intervalos de tallas es similar.

6.3.2 Composición de la dieta según sexo

Se calculó el %PSIRI según el sexo de los individuos muestreados del tiburón

de siete agallas (Figura 9). Se observó que machos y hembras exhiben un alto consumo de teleósteos siendo %PSIRI=51.9 y 55.56 respectivamente, seguido por el consumo de cetáceos %PSIRI =34.6 y 27.3, cefalópodos con %PSIRI =8.1 y 7.6, otáridos con %PSIRI =5.5 y 7.1, finalmente se observó un bajo consumo de condricios para las hembras con %PSIRI=2.38

No se han revelado variaciones estadísticamente significativas, Pseudo-F=0.020, $p=0.953$ (Tabla 6) en función del sexo.

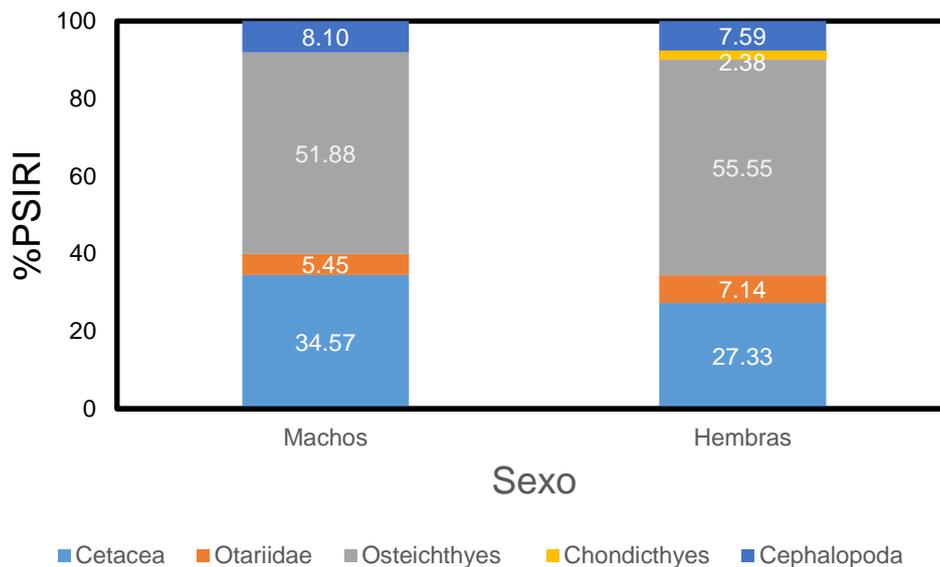


Figura 9. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI por sexo.

6.3.3 Composición de la dieta según sexo por intervalo de talla

Se calculó el %PSIRI de las categorías presas según el sexo por los intervalos de talla (Figura 10). Se observó que para los machos y hembras de la Talla I el consumo de teleósteos fue similar (%PSIRI =72.6 y 74.9 respectivamente), seguido de cetáceos (20 y 18.8 %PSIRI), y finalmente cefalópodos (%PSIRI=7.4 y 6.3). Para el consumo de teleósteos en la Talla II, los machos exhibieron un menor consumo de estos (%PSIRI=32.7) a comparación de las hembras

(%PSIRI=54.4), en el caso de los cetáceos, los machos mostraron un valor más alto (%PSIRI=67.3) a comparación con las hembras (%PSIRI=28.8), por otro lado, sólo las hembras consumieron otáridos (%PSIRI=5.26). Para los individuos de la Talla III, sólo los machos consumieron teleósteos (%PSIRI=37.9), en cuanto a los mamíferos marinos, los machos presentaron valores más bajos para cetáceos y otáridos (%PSIRI=22.6 y 19, respectivamente), en contraste con las hembras (%PSIRI=50 y 33.3 cetáceos y otáridos, respectivamente), además, sólo los machos consumieron cefalópodos (%PSIRI=20.8), de igual manera, sólo las hembras presentaron el consumo de condriictios (%PSIRI=16.7).

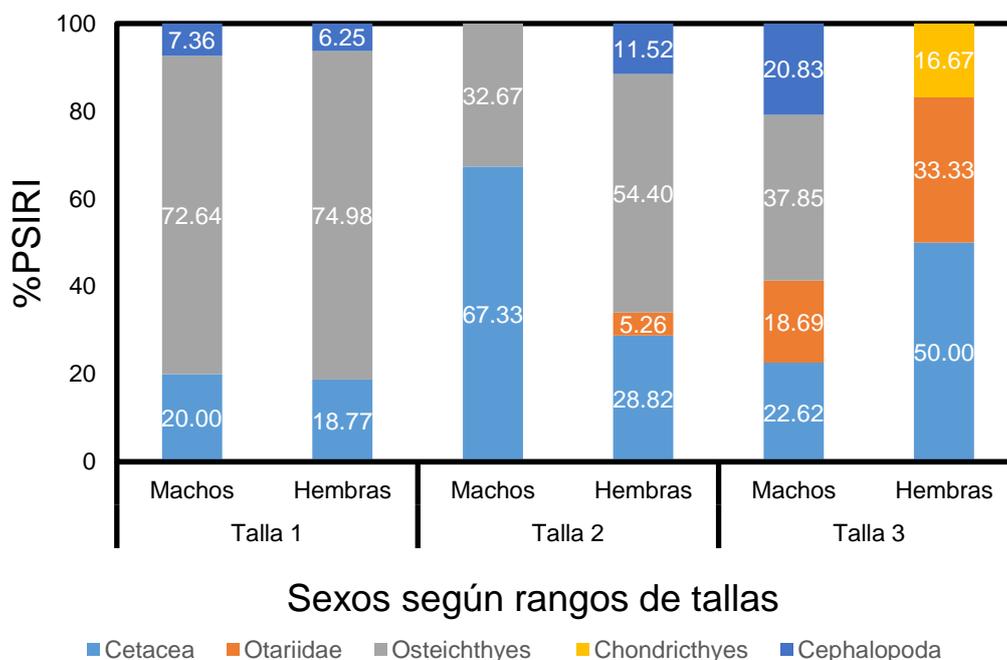


Figura 10. Índice de importancia relativa presa específico %PSIRI según sexo por rango de talla.

6.4 Análisis de variabilidad en la dieta

Al aplicar PERMANOVA se revelaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la composición de la dieta del tiburón siete agallas según intervalos de talla, pero no se revelaron diferencias estadísticamente significativas en función del sexo

($p > 0.05$). Sin embargo, la interacción entre intervalos de tallas y sexo si reveló diferencias estadísticamente significativas (Pseudo-F=0.041; $p = 0.041$) ($p < 0.05$) (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de significancia obtenidos mediante el análisis multivariado de varianza permutacional entre intervalos de talla y sexo para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú.

	g.l.	PSEUDO-F	P	SIGNIFICATIVO
INTERVALO	2	4.174	0.005	Si
SEXO	1	-0.02	0.953	No
INTERVALO:SEXO	2	2.646	0.041	Si

De acuerdo a la prueba PERMDISP, las diferencias en la dispersión multivariada entre los intervalos de talla no fueron significativos ($F = 2.169$; $p = 0.116$). Lo que significa que la dispersión de los datos en cada intervalo de talla es aproximadamente homogénea.

6.5 Análisis gráfico de la estrategia de alimentación

Según el análisis gráfico de la estrategia de alimentación del tiburón de siete agallas en el norte del Perú (Figura 11), se observó que los teleósteos se ubican en la parte superior central, exhibiendo gran importancia en la dieta, los cetáceos se ubican en la parte izquierda central, indicando que esta especie está capacitada para depredar sobre este tipo de presas, finalmente los otáridos, cefalópodos y condrictios se ubican en la parte inferior izquierda, donde la importancia específica de estas presas es menor siendo consumidas ocasionalmente, además, esto revela que el tiburón de siete agallas depreda

sobre ellas utilizando una estrategia generalista.

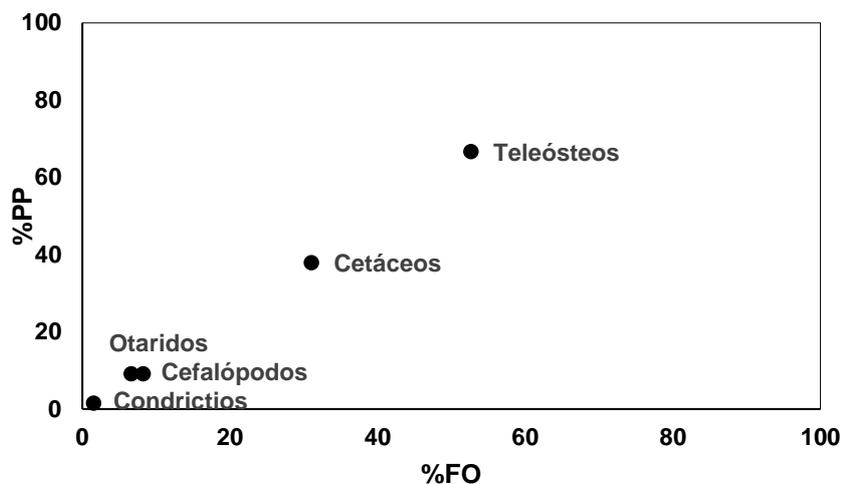


Figura 11. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del tiburón de siete agallas.

Por otro lado, según el análisis gráfico de la estrategia de alimentación de los individuos del Intervalo de Talla I (Figura 12), los teleósteos se ubican cerca de la sección superior derecha en la región que identifica a las presas dominantes y despliegue de especialización en la actividad de forrajeo, mientras que los cetáceos y cefalópodos se ubican cerca de la sección inferior izquierda donde la importancia específica de estas presas es menor y revela que se alimenta de ellas desplegando estrategia generalista.

El análisis gráfico para los individuos del intervalo de Talla II (Figura 13), ubica a los teleósteos y cetáceos en la zona central del diagrama, lo que revela que ya no despliegan estrategia de alimentación especializada sobre los teleósteos y están capacitados para depredar sobre cetáceos, mientras que la ubicación de los cefalópodos y otáridos en la sección inferior izquierda del diagrama, revela que estas presas son ocasionales.

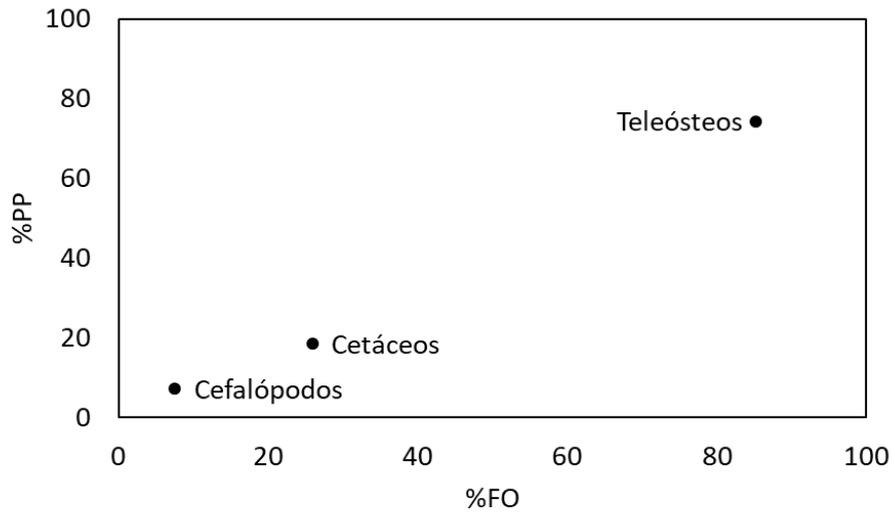


Figura 12. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del intervalo de talla I (≤ 90 cm) en el tiburón de siete agallas.

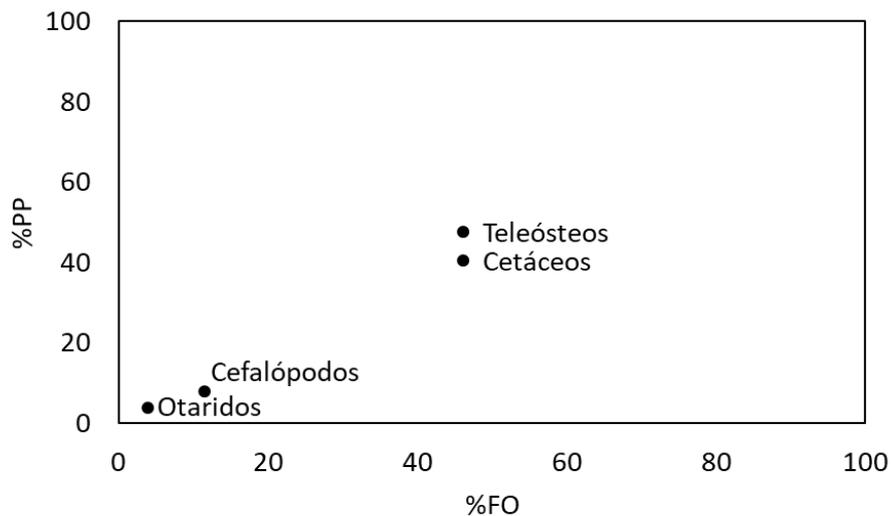


Figura 13. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del intervalo II (91-170 cm) en el tiburón de siete agallas.

En el caso del análisis gráfico de la estrategia de alimentación empleada por los individuos del Intervalo de Talla III (Figura 14), los cetáceos, otaridos y teleósteos, se ubican en la sección inferior central del panel que revela han sido

ingeridos mediante despliegue de estrategia generalista, mientras que la ubicación de los cefalópodos y condriictios en la sección inferior izquierda del diagrama, revela que estas presas son ocasionales.

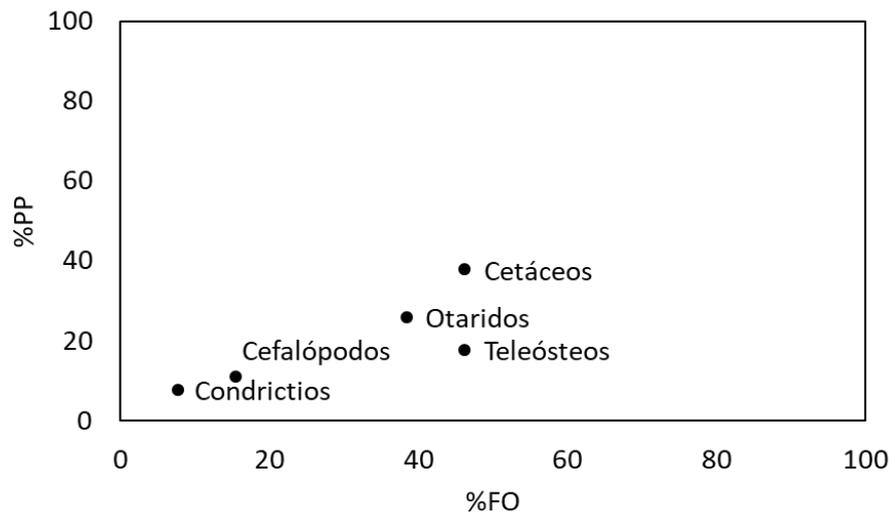


Figura 14. Diagrama modificado del análisis gráfico para interpretar la estrategia de alimentación del intervalo III (>171 cm) en el tiburón de siete agallas.

6.6 Nivel trófico

Se estimó el nivel trófico medio y por intervalos de talla para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú, observándose un valor de 4.5 como nivel trófico medio para esta especie (Tabla 6).

Tabla 6. Nivel trófico (NT) estimado para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú y según rangos de talla.

NIVEL TRÓFICO	TOTAL	RANGOS DE TALLA		
	4.5	Talla I	Talla II	Talla III
	4.4	4.6	4.8	

VII. DISCUSIÓN

7.1. Espectro trófico

Aun cuando el tiburón de siete agallas es ampliamente reconocido como un depredador tope en los ecosistemas costeros a lo largo de su distribución global (Ebert, 1989,1991,2002; Crepi-Abril et al., 2003; Lucifora et al., 2005; Braccini, 2008; Abrantes & Barnett, 2011; Barnett et al., 2012), no existe ninguna investigación sobre esta especie en el Perú. El presente estudio sobre la composición de su dieta es el primero que se realiza en nuestro medio con la finalidad de llenar el vacío de conocimientos que se tiene de esta especie.

Un hecho destacado en este estudio es la gran similitud con los antecedentes en ecología trófica de esta especie en otros ecosistemas marinos donde habita como California, Sudáfrica, Tasmania y Argentina. Esta consistencia se basa en la versatilidad del tiburón de siete agallas para depredar sobre mamíferos marinos, teleósteos, cefalópodos y condriactos (Ebert, 1989; 1991b,2002; Crespi-Abril et al., 2003; Lucifora et al., 2005; Braccini, 2008; Barnett et al., 2012). Por otro lado, estos estudios indican que el tiburón de siete agallas especie exhibe cambios ontogénicos en la dieta, los individuos más pequeños muestran una gran preferencia por teleósteos y bajo consumo de pequeños condriactos, cefalópodos y crustáceos (Ebert, 2002; Braccini, 2008) lo que en opinión de Milessi et al. (2019) es una señal de gran actividad depredadora a temprana edad. Asimismo, en los primeros años de vida, la tasa de crecimiento es alta y necesita alimentarse activamente para asegurar dicho crecimiento (Van Dykhuizen & Mollet, 1992). En términos energéticos, necesitan de lugares donde

encuentren una alta productividad en teleósteos que le asegure la fuente de alimentación durante los primeros años de vida (Ebert, 1989; 1996; 2002).

Conforme crece, incluye presas de mayor tamaño en su dieta, tales como cetáceos y pinnípedos (Braccini, 2008). Entonces, surge una interrogante de si el tamaño no es una limitación para esta manifestación o si estos individuos de tamaños intermedios hurgan en los restos que van dejando los individuos adultos que son depredadores que tienen una mejor estrategia de caza (Braccini, 2008). Otras consideraciones respecto del incremento en tamaño es que no solo crecen en longitud y peso individual, sino que sus mandíbulas también se incrementan en tamaño, así como la velocidad de desplazamiento que se traduce en cambios sustanciales en la estrategia de obtención de alimento (Navia, 2013). Según lo manifiestan Lowe et al. (1996), los cambios ontogenéticos en la dieta de diversas especies de tiburones se atribuyen a: i) los individuos más grandes son capaces de capturar y consumir presas de mayor tamaño y altamente móviles, ii) mayor tamaño de la boca, mandíbula y dientes les permiten consumir presas más grandes y de cáscara dura (por ejemplo, tortugas), iii) adquieren habilidades de caza necesarias para capturar a sus presas y iv) cambios en hábitats de alimentación.

En efecto, los cambios de hábitats van asociados con la ontogenie, así tenemos que los individuos más pequeños al alimentarse mayormente de teleósteos, se asocian con aguas poco profundas cerca de la costa, conforme crecen se alimentan de presas más grandes tanto en aguas costeras como oceánicas (Ebert, 1994). Esto se ha comprobado en este estudio, pues algunos teleósteos han podido ser reconocidos, entre ellos tenemos a la lisa *Mugil cephalus* y peces de la familia Stromateidae, los cuales son de aguas costeras (FAO, 2006;

Herrera et al., 2018) y se detectaron en la dieta de los individuos más pequeños. Mientras que en la dieta de los individuos más grandes se logró reconocer al calamar común *Dorytheutis gahi*, la cual es abundante en la zona costera del Perú y habita tanto en el sistema pelágico como bentónico (Cardoso et al., 1998), y barrilete negro *Auxis thazard*, el cual es un escómbrido que es de aguas oceánicas y despliega gran velocidad en sus desplazamientos. Acerca de la capacidad depredadora sobre otros condriictios, por parte de los individuos más grandes, en este estudio, se registró a la raya águila *Myliobatis chilensis*, especie que es de hábitat costero. En otras palabras, los individuos más grandes pueden acceder a diferentes subsistemas ecológicos lo que le asegura tener a su disposición una mayor oferta de alimento.

En términos ecológicos, los cambios ontogénicos en la dieta del tiburón de siete agallas, son una muestra del modo cómo dividen los recursos alimenticios dentro de un área determinada para minimizar la competencia entre individuos de diferentes edades (Ebert, 2002). Sin embargo, se desconoce si tiene algún patrón de movimiento y uso de hábitat para comprender mejor los cambios ontogénicos en la dieta (Braccini, 2008).

Otras especies de tiburones también manifiestan cambios ontogénicos notorios en la dieta, así tenemos los casos del tiburón seis agallas *Hexanchus griseus* en Sudáfrica (Ebert, 1994) y el tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* en Hawaii (Lowe et al., 1996), cuyo comportamiento se asemeja al del tiburón de siete agallas.

7.2. Estrategias de alimentación del tiburón de siete agallas

La ingesta de presas de gran tamaño tales como los mamíferos marinos y elasmobranquios es una respuesta de su gran capacidad de desplegar

diferentes estrategias de alimentación o una mezcla de ellas, entre las cuales se tienen ataques acelerados, sigiloso, emboscada, facilitación social y hurgar comida (Ebert 1991a). Este último autor analizó el comportamiento predatorio del tiburón de siete agallas, sugiriendo que el éxito de esta especie como depredador tope en los ecosistemas marinos se puede atribuir en las estrategias de alimentación que emplea. Además, la estrategia de alimentación mediante la caza grupal tiene varias ventajas que afectan directa o indirectamente el éxito de la especie en la búsqueda de alimento, esta estrategia de facilitación social permitiría a individuos más pequeños aprovecharse de organismos a los que de otra manera no tendrían acceso como grandes mamíferos marinos y elasmobranquios (Ebert, 1991 a,b). Sin embargo, hace falta comprobar la efectividad de tal comportamiento social que involucra gran coordinación y de ese modo definir con precisión el rol trófico que desempeñan en los ecosistemas marinos (Ebert et al., 2002).

7.3. Espectro trófico del tiburón de siete agallas en el norte del Perú en comparación con otros estudios

Diversos estudios realizados a lo largo de la distribución del tiburón de siete agallas revelan que esta especie muestra un patrón similar en su espectro trófico, depredando sobre un amplio rango de presas como condriictios, teleósteos, mamíferos marinos, cefalópodos y crustáceos (Ebert, 1989, 1991b,2002; Crespi-Abril et al.,2003; Lucifora et al., 2005; Braccini, 2008; Barnett et al., 2012). En el presente estudio se logró identificar que el tiburón de siete agallas depreda sobre dichos grupos, de los cuales se logró identificar a la lisa *Mugil cephalus*, el

barrilete negro *Auxis thazard*, el calamar común *Dorytheutis gahi*, la raya águila *Myliobatis chilensis*, familia Stromateidae, familia Otariidae y el orden Cetacea.

La depredación sobre mamíferos marinos, es común para esta especie (Heithaus, 2001). En opinión de Ebert (1991a), el tiburón de siete agallas persigue o embosca activamente a los grandes mamíferos marinos. Existen registros de ataques muy agresivos sobre delfines enfermos o muy parasitados (Ross & Bass, 1971), y de ataques a focas jóvenes, débiles o enfermas (Ebert, 1986). En el presente estudio se recolectaron individuos provenientes de la caleta de pescadores de San José, la cual está próxima a la Isla Lobos de Afuera ubicada a 93 Km de la costa, donde hay un área reproductiva del lobo marino de pelo chusco *Otaria flavescens* (Figueroa & Stucchi, 2008), desconociéndose el mecanismo de depredación. Existen ejemplos similares de ataques sobre mamíferos marinos por parte del tiburón de siete agallas en los ecosistemas de California y Benguela (Ebert, 1991a, b; 2002), en Argentina (Crespi-Abril et al., 2003; Lucifora et al., 2005) y en Australia (Braccini, 2008). Por ejemplo, Ebert (1991b) reportó el consumo de *Arctocephalus pusillus*, *Lagenorhynchus obscurus*, Crespi-Abril et al (2003) reportaron el consumo de *Otaria flavescens*, *Arctocephalus australis* y *Mirounga leonina*, Lucifora et al. (2005) hallaron trozos de *O. flavescens* y *Pontoporia blainvillei*, Braccini (2008) reportó el consumo de individuos del género *Arctocephalus*, Irigoyen et al. (2019) reportan el consumo de *O. flavescens*.

La interacción entre tiburones y mamíferos marinos puede darse porque ambos grupos se alimentan en gran medida de teleósteos y cefalópodos, por tanto, existiría la posibilidad de interacciones competitivas y por ende el éxito depredador del tiburón siete agallas (Heitahus, 2001). Esta situación se puede

explicar de dos maneras: i) el tiburón ejerce control trófico top-down sobre los mamíferos marinos (Lucas & Stobo, 2000; Bowen et al., 2003), ii) el tiburón es un denso-regulador de la población de mamíferos marinos (García-Gómez, 2000). Lucas & Stobo (2000) y Bowen et al. (2003) sugieren que los tiburones han jugado un papel importante en la disminución de la población de leones marinos en la isla Sable y McCosker (1985) propuso el control top-down de tiburones sobre pinnípedos. García-Gómez (2000) sugiere que las especies de tiburones tope son importantes denso-reguladores pues al disminuir la biomasa de estos, se incrementa significativamente la de algunas presas.

Con respecto al consumo de condrictios, aunque las especies difieren en cada región, se ha observado que el tiburón de siete agallas exhibe un alto consumo de pequeños elasmobranquios considerados como mesodepredadores, destacando los géneros *Mustelus*, *Squalus* y *Milyobatis* (Ebert, 1986; 1989; 1991b; Lucifora et al., 2005; Braccini, 2008; Barnett et al., 2010a; 2012).

Ebert (1986) reportó para California el consumo de 5 especies de elasmobranquios como *Myliobatis californica*, *Mustelus henlei* y *Squalus acanthias*. Este mismo autor reportó en Sudáfrica el consumo de al menos 14 especies de condrictios como, por ejemplo: *Myliobatis aquila*, *Mustelus mustelus*, *Squalus megalops*, *Triakis megalopterus* (Ebert, 1991b). Lucifora et al. (2005) reportaron un alto consumo de *Mustelus schmitti* y *Myliobatis spp.* en Argentina. Braccini (2008) señala un alto consumo de *Mustelus antarticus*, *Myliobatis australis* y *Callorhinchus milii* en Australia.

En el presente estudio, se identificó el consumo de *Myliobatis chilensis*, lo cual coincide con el espectro trófico identificado para el tiburón de siete agallas en otras partes del mundo donde habita.

La mayoría de las presas registradas en el presente estudio se encontraban en avanzado estado de digestión, dificultando la identificación taxonómica de los ítems presa (Figura 15) (Barnett et al., 2012; Reis & Figueira, 2020). Esta situación es bastante común en los estudios de contenido estomacal en elasmobranquios (Hernández-Aguilar et al., 2016). Asimismo, la presencia de presas cercenadas es bastante común en los contenidos estomacales del tiburón de siete agallas (Ebert, 1991a; Lucifora et al., 2005; Braccini, 2008), representando otro factor que dificulta el reconocimiento de las presas.

Crespi-Abril et al. (2003) hallaron pequeños trozos de cetáceos en el contenido estomacal, los cuales presentaban un oscurecimiento en la capa de piel, este oscurecimiento post-mortem es común en la mayoría de las especies de cetáceos dificultando su identificación. El tiburón de siete agallas generalmente corta a su presa en varias piezas, además se ha observado que diversos individuos pueden alimentarse de una misma presa, por lo tanto, durante el ataque un tiburón puede ingerir solo una porción de esta (Ebert, 2002).

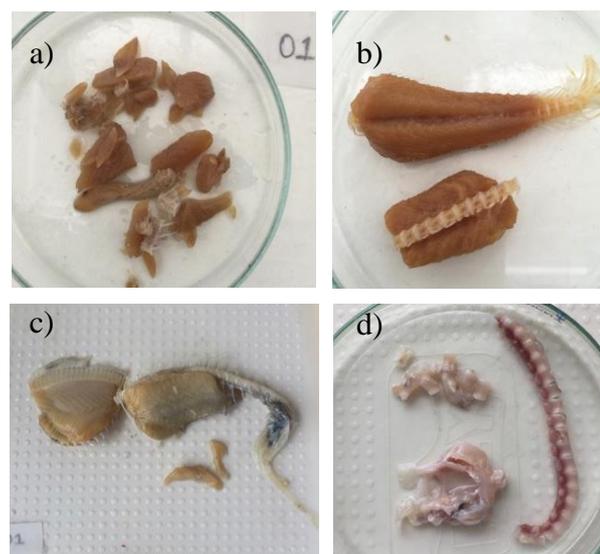


Figura 15. Restos de teleósteos en avanzado estado de digestión hallados en los contenidos estomacales del tiburón de siete agallas.

En el caso de los ataques del tiburón de siete agallas contra los batoideos, generalmente se encuentran restos de las aletas pectorales, incluso en el caso de batoideos de tallas pequeñas, se han hallado restos cercenados en dos piezas, lo cual puede ser debido a la forma aplanada dorsoventralmente que presentan (Ebert, 1991a). Esta manipulación de las presas coincide con los restos encontrados de la raya águila chilena *Myliobatis chilensis* en el presente estudio, en la cual se halló una sección de la aleta pectoral (Figura 16).

Si bien el análisis de contenido estomacal es una técnica ampliamente utilizada en los estudios de ecología trófica (Hyslop, 1980), puede presentar algunas limitaciones para la correcta descripción de la dieta (Madigan et al., 2012), como se mencionó anteriormente.



Figura 16. Restos de la raya águila *Myliobatis chilensis*.

Barnett et al. (2010b) realizaron un estudio sobre la dieta del tiburón de siete agallas mediante el lavado gástrico para la obtención del contenido estomacal, posteriormente, utilizaron la técnica de reconocimiento mediante la extracción de ADN de los tejidos de las presas, logrando identificar con éxito el 85% de estas.

Estos autores señalan que debido a que muchas de las presas carecían de características de identificación morfológica clave debido al avanzado estado de digestión que presentaban, sin el uso de técnicas moleculares, más del 50% de las muestras solo se habrían identificado en agrupaciones a gran escala, como familia o clase. Es importante mencionar que en el presente estudio sólo se procesó los restos de 1 muestra y se llegó a reconocer a la raya águila con ayuda del laboratorio de Biología Molecular y Genética de IMARPE, la cual fue agrupada en la categoría de condriictios. No se destinaron más muestras para este tipo de análisis, ya que se utilizó en la fase final del periodo de estudio.

7.4 Nivel trófico

El nivel trófico (NT) estimado para el tiburón de siete agallas en el norte de Perú fue de 4.5, asimismo se calculó el NT para los diferentes intervalos de tallas debido a los estudios previos acerca de su dieta en los cuales se lo cataloga como un depredador voraz desde sus primeros años de vida, obteniendo valores de 4.4, 4.6 y 4.8 para los individuos de las Talla 1, Talla 2 y Talla 3, respectivamente, los cuales son concordantes con lo estimado en otros estudios en diferentes ecosistemas (Cortés, 1999; Bizzarro et al., 2017). Se observó que los valores de los niveles tróficos calculados para los diferentes intervalos de tallas fueron similares, indicando que es un depredador muy activo a temprana edad, lo cual concuerda con lo mencionado por Milessi et al. (2019), quien analizó la ecología trófica de los neonatos del tiburón de siete agallas (individuos <60 cm LT), estimando un valor de 3.92, posicionándolo como un depredador tope desde los primeros años de vida, mostrando una alta preferencia por el consumo de teleósteos seguido de moluscos y crustáceos.

El valor estimado de 4.5 para esta especie es similar a los cálculos observados en otros grandes depredadores entre teleósteos tales como pez espada *Xiphias gladius* (4.5), perico *Coryphaena hippurus* (4.3), barracuda diente de sierra *Sphyrna putnamae* (4.5), albacora *Thunnus alalunga* (4.5) (Stergiou & Karpouzi, 2002; Consoli et al., 2008; Tripp-Valdez et al., 2015; Rastgoo & Navarro, 2017) y elasmobranquios, entre los cuales tenemos al tiburón blanco *Carcharodon carcharias* (4.5), tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (4.4), tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (4.3), tiburón azul *Prionace glauca* (4.4) (Cortés, 1999; Cordova-Zavaleta et al., 2017; Gonzalez-Pestana et al., 2017; Páez-Rosas et al., 2018). Este valor nos conduce a catalogarla como depredador tope según lo recomiendan Stergiou & Karpouzi (2002). Esta información es fundamental para la implementación del enfoque ecosistémico, puesto que se considera que es un estimador sencillo y directo del efecto de las pesquerías sobre las especies de interés comercial (Pauly et al., 2000; Stergiou, 2002).

Se ha observado que el tiburón de siete agallas exhibe altos niveles tróficos en los diferentes intervalos de tallas, en efecto, la mayoría de tiburones ocupan alta posición trófica (mayor de 4) y se les considera depredadores apicales en los ecosistemas marinos donde habitan (Cortés 1999). La remoción de los tiburones más grandes, no solo ha originado que sus presas ante la liberación de la depredación incrementen su abundancia (Heithaus et al., 2008), dando lugar a las denominadas cascadas tróficas que inducen cambios en los diferentes procesos ecológicos o en casos extremos puede dar lugar a la degradación de los ecosistemas marinos (Estes et al. 2011). Si bien es de suponer que grandes depredadores como los tiburones ejercen efectos top-down en la cadena trófica,

estos supuestos efectos siguen siendo poco conocidos, no cuantificados y difíciles de predecir (Cortés, 1999; Bizarro et al., 2017).

7.5 Importancia del tiburón de siete agallas como depredador tope en el ecosistema marino

La mayoría de los elasmobranquios ocupan niveles tróficos altos por lo que son considerados como depredadores tope en los ecosistemas marinos, regulando la estructura de las comunidades a través de la depredación (Cortés, 1999). Sin embargo, para la mayoría de estos depredadores la información disponible acerca de su biología, ecología, patrones de movimiento y comportamiento es limitada, lo que dificulta determinar su rol en los ecosistemas (Barnett et al., 2012). La disminución de estos depredadores a lo largo de los océanos puede dar inicio a cascadas tróficas influenciando en la abundancia de mesodepredadores como pequeños elasmobranquios y mamíferos marinos y de las especies que son consumidas por estos (Heithaus et al., 2008, Ferreti et al., 2010), además, este efecto en la cadena trófica puede variar ampliamente a través de las especies y ecosistemas, e inclusive variar considerablemente dentro de las especies a través de su ontogenia (Heithaus et al., 2008; Bizarro et al., 2017). Los cambios en los procesos ecológicos son difíciles de detectar en los ecosistemas marinos, especialmente porque la mayoría de estudios son de corta duración y proporcionan una visión instantánea en el tiempo. Así, según Hammerschlag et al. (2019), al analizar la depredación ejercida por el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* sobre el lobo marino del Cabo *Arctocephalus pusillus pusillus* entre 2000 y 2018, en Bahía Falsa, Sudáfrica, detectaron el declive del tiburón blanco a partir del 2015, coincidiendo con la aparición del

tiburón de siete agallas depredando sobre el lobo marino del Cabo, cuyas consecuencias aún se desconocen pero ha servido para enfatizar la necesidad de analizar datos históricos y el valor del monitoreo a largo plazo que sin duda que ayudarán a comprender las posibles consecuencias ecológicas del declive de depredadores apicales.

Debido a su gran tamaño corporal, el tiburón de siete agallas es considerado como un depredador de gran importancia como el tiburón blanco *Carcharodon carcharias* y el tiburón tigre *Galeocerdo cuvier* en los ecosistemas marinos (Cortés, 1999). Se ha postulado que potencialmente pueden desempeñar el rol de depredador apical, en ausencia del tiburón blanco (Hammerschlag et al., 2019).

Si bien en el Perú no existe una pesquería dirigida para el tiburón de siete agallas, es vulnerable a la pesquería incidental. Céspedes (2013) reportó 6 especies de tiburones capturados de manera incidental en la pesquería de merluza, siendo estas: *Mustelus whitneyi*, *Mustelus sp.*, *Notorynchus cepedianus*, *Echinorhinus cookie*, *Galeorhinus galeus* y *Squatina sp.* Además, la mayoría de especies de tiburones capturadas de manera incidental no son reportadas oficialmente en los desembarques (Gonzales-Pestana et al., 2014).

Se han reportado 32 especies de tiburones que interactúan con la pesquería en el Perú, entre las cuales se encuentra el tiburón de siete agallas, sin embargo, la regulación para la pesca como tallas mínimas sólo se han determinado para algunas especies de las familias Carcharhinidae, Lamnidae, y Triakidae (Gonzales-Pestana et al., 2014). Estos últimos autores señalan que la pesquería de tiburones en el Perú señalan que, si bien existe la Resolución Ministerial N°209-2001-PE la cual regula la pesquería de especies con valor comercial,

entre las cuales están incluidas algunas especies de tiburones, presenta algunas deficiencias debido a que existen grandes vacíos en la información que dificultan la gestión adecuada de esta pesquería, incluida la taxonomía, aspectos biológicos, ecológicos, entre otros, es por ello que abordar investigaciones sobre dichos aspectos tan importantes sobre los tiburones se convertirían en un gran aporte para un manejo adecuado y sostenible de esta pesquería.

VIII . CONCLUSIONES

Según la propuesta del presente estudio al comprobar la hipótesis planteada y haber desarrollado los objetivos planteados, se concluye que:

- No se registraron diferencias de las presas consumidas entre ambos sexos del tiburón de siete agallas en el presente estudio, lo cual sugiere que no hay segregación sexual por el tipo de presas que consumen en la zona norte del Perú.
- Se revelaron cambios ontogénicos en la dieta del tiburón de siete agallas, los individuos más pequeños despliegan estrategia especializada y se manifiestan principalmente como ictiófagos, por otro lado, los individuos más grandes tienden a desplegar estrategia especializada depredando principalmente a los mamíferos marinos (cetáceos y lobos marinos).
- El nivel trófico medio estimado para el tiburón de siete agallas en el norte del Perú fue de 4.5, posicionándolo como un depredador tope en el norte del mar peruano. El tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* es capaz de depredar sobre diversos grupos de presas como teleósteos, cefalópodos, mamíferos marinos (cetáceos y lobos marinos) e inclusive elasmobranquios.

IX. RECOMENDACIONES

Dado al alto nivel trófico estimado para el tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* en el norte del Perú, el cual lo posiciona como depredador tope en el ecosistema costero, es fundamental realizar más investigaciones acerca de su ecología, aspectos biológicos y demográficos para entender el rol que desempeña a lo largo de su distribución en el Perú y sus interacciones con demás componentes que conforman el gran ecosistema peruano.

- Ampliar el estudio de los hábitos alimenticios del tiburón de siete agallas *Notorynchus cepedianus* a lo largo del ecosistema peruano para tener un mejor panorama del rol ecológico de esta especie. [1] [SEP]
- Aplicación de métodos complementarios como técnicas moleculares para el reconocimiento exacto de las presas y asegurar la precisión en los análisis de dieta de este recurso y de cualquier otra especie en general.
- Teniendo en cuenta que el tiburón de siete agallas es un depredador potencial de especies de interés comercial, se recomienda evaluar el impacto que ejercería sobre estas, así como el efecto que tendría la pesquería al remover o disminuir sus presas. [1] [SEP]
- Además de aportar conocimiento acerca de la ecología trófica del tiburón de siete agallas, es necesario generar información sobre la distribución, el comportamiento del movimiento, el uso del hábitat y la abundancia para comprender los roles ecológicos de esta especie en el ecosistema del mar peruano.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrantes, K. G. & Barnett, A. (2011). Intrapopulation variations in diet and habitat use in a marine apex predator, the broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus*. Marine Ecology Progress Series 442: 133–148.

Amundsen, P. A., Glaber, H. M., & Staldvik, R. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach content data. Modification of the Costello (1990) method. Journal of Fish Biology 48(4): 607-614.

Anderson, M. J. (2001). A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral ecology, 26(1), 32-46.

Anderson, M. J. (2005). Permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, Auckland, 26, 32-46..

Anderson, M. J. (2006). Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. Biometrics 62(1): 245–253.

Anderson, M. J., Walsh, D. C. I. (2013). PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions: What null hypothesis are you testing?. Ecological Monographs 83(4): 557-574.

Barnett, A., Abrantes, K., Stevens, J. D., Yick, J. L., Frusher, S. D., & Semmens, J. M. (2010a). Predator–prey relationships and foraging ecology of a marine apex predator with a wide temperate distribution. Marine Ecology Progress Series, 416, 189-200.

Barnett, A., Redd, K. S., Frusher, S. D., Stevens, J. D., & Semmens, J. M. (2010b). Non-lethal method to obtain stomach samples from a large marine

predator and the use of DNA analysis to improve dietary information. *Journal of experimental marine biology and ecology*, 393(1-2), 188-192.

Barnett, A., Abrantes, K. G., Stevens, J. D., & Semmens, J. M. (2011). Site fidelity and sex-specific migration in a mobile apex predator: implications for conservation and ecosystem dynamics. *Animal Behaviour* 81: 1039–1048.

Barnett, A., Braccini, J. M., Awruch, C. A., & Ebert, D. A. (2012). An overview on the role of Hexanchiformes in marine ecosystems: biology, ecology and conservation status of a primitive order of modern sharks. *Journal of Fish Biology* 80(5): 966-990.

Barnett, A., Braccini, M., Dudgeon, C. L., Payne, N. L., Abrantes, K. G., Sheaves, M., & Snelling, E. P. (2017). The utility of bioenergetics modelling in quantifying predation rates of marine apex predators: Ecological and fisheries implications. *Scientific reports*, 7(1), 12982.

Baum, J. K., Myers, R. A., Kehler, D. G., Worm, B., Harley, S. J., Doherty, P. A. (2003). Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. *Science* 299: 389–391.

Baum, J. K., Myers, R. A. (2004). Shifting baselines and the decline of pelagic sharks in the Gulf of Mexico. *Ecology Letters* 7(2):135–145.

Baum, J. K. & Worm, B. (2009). Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology* 78: 699–714.

Bizzarro, J. J., Carlisle, A. B., Smith, W. D., & Cortés, E. (2017). Diet composition and trophic ecology of Northeast Pacific Ocean sharks. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 77, pp. 111-148). Academic Press.

Bolaño-Martínez, N. (2009). Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas ecuatorianas. Tesis

Maestro en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México, 126 pp.

Bond, M. E., Valentin-Albanese, J., Babcock, E. A., Hussey, N. E., Heithaus, M. R., & Chapman, D. D. (2018). The trophic ecology of Caribbean reef sharks (*Carcharhinus perezi*) relative to other large teleost predators on an isolated coral atoll. *Marine Biology* 165: 67.

Bonfil, R. (1997). Status of shark resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean: implications for management. *Fisheries Research* 29: 101–117.

Braccini, J. M. (2008). Feeding ecology of two high-order predators from south-eastern Australia: the coastal broadnose and the deepwater sharpnose sevengill sharks. *Marine Ecology Progress Series* 371: 273-284.

Brown, S. C., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M., & 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.

Canning-Clode, J., Valdivia, N., Molis, M., Thomason, J. C., & Wahl, M. (2008). Estimation of regional richness in marine benthic communities: quantifying the error. *Limnology and Oceanography: Methods* 6: 580-590.

Cardoso, F., Tarazona, J., & Paredes, C. (1998). Aspectos biológicos del calamar patagónico *Loligo gahi* (Cephalopodo: Loliginidae) en Huarmey, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 5(1), 009-014.

Céspedes, C. M. (2013). Captura incidental de fauna marina en la pesquería de *Merluccius gayi peruanus*: Análisis y recomendaciones para su mitigación (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú).

Chao, A., 1984. Non-parametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11: 265–270.

Chirichigno, N., & Vélez, J. (1998). Clave para identificar los peces marinos del Perú, 2ª ed. Instituto del Mar de Perú. Publicación Especial. Callao: 496 pp.

Chipps, S. R., Garvey, J. E. (2007). Quantitative assessment of food habits and feeding patterns. pp. 473–514 In Guy, C., Brown, M. (eds). *Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.

Christensen, V., & Pauly, D. (1992). ECOPATH II—a software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling* 61(3-4): 169-185.

Colwell, R. K., Mao, C. W., & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85, 2717-2727.

Compagno, L. J. V. (1984). FAO species catalog. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 1. Hexanchiformes to Lamniformes. FAO Fish. Synop. (125) 4 Rome, 249.

Compagno, L. J. V. (2005). *Notorynchus cepedianus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2005: e.T39324A10200310.

Compagno, L. J. V., Dando, M., & Fowler, S. (2005). Field guide sharks of the world. HarperCollins, London.

Consoli, P., Romeo, T., Battaglia, P., Castriota, L., Esposito, V., & Andaloro, F. (2008). Feeding habits of the albacore tuna *Thunnus alalunga*

(Perciformes, Scombridae) from central Mediterranean Sea. *Marine Biology* 155(1): 113-120.

Córdova-Zavaleta, F., Mendo, J., Briones-Hernández, S. A., Acuña-Perales, N., Gonzalez-Pestana, A., Alfaro-Shigueto, J., & Mangel, J. C. (2017). Food habits of the blue shark, *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), in waters off northern Peru. *Fishery Bulletin* 116: 310-322.

Cornejo, R., Vélez-Zuazo, X., González-Pestana, A., Kouri, C., & Mucientes, G. (2015). An updated checklist of Chondrichthyes from the southeast Pacific off Peru. *Check list*, 11(6), 1809.

Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(3): 726-738.

Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of marine science*, 56(5), 707-717.

Costello, M. J. (1990). Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology* 36(2): 261-263.

Cox, G. J., & Francis, M. (1997). *Sharks and rays of New Zealand.* Canterbury University Press.

Crespi-Abril, A. C., Garcia, N. A., Crespo, E. A., & Coscarella, M. A. (2003). Consumption of marine mammals by broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus* in the northern and central Patagonian shelf. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 2(2), 101-107.

Decreto Supremo N°002-2014-PRODUCE, Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenamiento de Tiburones, Rayas y Especies afines en el Perú. *Diario Oficial El Peruano*, Lima, Perú, 9 de Julio de 2014.

Dicken, M. L., Hussey, N. E., Christiansen, H. M., Smale, M. J., Nkabi, N., Cliff, G., & Wintner, S. P. (2017). Diet and trophic ecology of the tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) from South African waters. PloS one, 12(6), e0177897.

Ebert, D. A. (1986). Aspects on the biology of hexanchid sharks along the California coast. In Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes'.(Eds T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura.) pp (pp. 437-449).

Ebert, D. A. (1989). The taxonomy, biogeography, and biology of cow and frilled sharks (Chondrichthyes: Hexanchiformes) (Doctoral dissertation, Rhodes University).

Ebert, D. A. (1991a). Observations on the predatory behaviour of the sevengill shark *Notorynchus cepedianus*. South African Journal of Marine Science 11(1): 455-465.

Ebert, D. A. (1991b). Diet of the seven gill shark *Notorynchus cepedianus* in the temperate coastal waters of southern Africa. South African Journal of Marine Science 11(1): 565-572.

Ebert, D. A. (1994). Diet of the sixgill shark *Hexanchus griseus* off southern Africa. South African Journal of Marine Science, 14(1), 213-218.

Ebert, D. A. (1996). Biology of the sevengill shark *Notorynchus cepedianus* (Peron, 1807) in the temperate coastal waters of southern Africa. South African Journal of Marine Science, 17(1), 93-103.

Ebert, D. A. (2002). Ontogenetic changes in the diet of the sevengill shark (*Notorynchus cepedianus*). Marine and Freshwater Research 53(2): 517-523.

Ebert, D. (2003). Sharks, rays, and chimaeras of California (No. 71). Univ of California Press.

Ebert, D. A., & Winton, M. V. (2010). Chondrichthyans of high latitude seas. *The biology of sharks and their relatives* 2(3): 115-158.

Ebert, D. A., Bigman, J. S., & Lawson, J. M. (2017). Biodiversity, life history, and conservation of northeastern Pacific chondrichthyans. In *Advances in Marine Biology* (Vol. 77, pp. 9-78). Academic Press.

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

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

Estes, J. A., Terborgh, J., Brashares, J.S., Power, M. E., Berger, J., Bond, W. J., et al. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science* 333: 301–306.

FAO (2001). La ordenación pesquera - 1. Conservación y ordenación del tiburón. *Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable*. No. 4, Supl. 1. Roma, FAO. 2001. 66pp.

FAO, 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme *Mugil cephalus*. *Cultured Aquatic Species Fact Sheets*. Texto de Saleh, M.A. In: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO [en línea]. Roma. Actualizado 7 April 2006.

Ferretti, F., Worm, B., Britten, G. L., Heithaus, M. R. & Lotze, H. K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters* 13(8): 1055–1071.

Figueroa, J., & Stucchi, M. (2008). Las aves de las islas Lobos de Afuera (Perú) en la Primavera de 2004. *Ornitología Neotropical* 19: 377-390.

García-Godos, I. (2001). Patrones morfológicos del otolito sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín Instituto Mar Perú* 20(1-2):1-83.

Gonzalez-Pestana, A., Kouri, C., & Velez-Zuazo, X. (2014). Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru. *F1000Research*, 3.

Gonzalez-Pestana, A., Acuña-Perales, N., Coasaca-Céspedes, J., Cordova-Zavaleta, F., Alfaro-Shigueto, J., Mangel, J. C., & Espinoza, P. (2017). Trophic ecology of the smooth hammerhead shark (*Sphyrna zygaena*) off the coast of northern Peru. *Fishery Bulletin* 115: 451-459.

Grubbs, R. D., Carlson, J. K., Romine, J. G., Curtis, T. H., McElroy, W. D., McCandless, C. T., Cotton, C. F., & Musick, J. A. (2016). Critical assessment and ramifications of a purported marine trophic cascade. *Scientific Reports* 6, 20970

Hammerschlag, N., Williams, L., Fallows, M., & Fallows, C. (2019). Disappearance of white sharks leads to the novel emergence of an allopatric apex predator, the sevengill shark. *Scientific reports*, 9(1), 1908.

Heithaus,, M. R. (2001). Predator–prey and competitive interactions between sharks (order Selachii) and dolphins (suborder Odontoceti): a review. *Journal of Zoology* 253(1): 53-68.

Heithaus, M. R., Frid, A., Wirsing, A. J., & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology and Evolution*, 23(4): 202-210.

Hernández-Aguilar, S. B., Escobar-Sánchez, O., Galván-Magaña, F., & Abitía-Cárdenas, L. A. (2016). Trophic ecology of the blue shark (*Prionace glauca*) based on stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) and stomach content. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 96(7): 1403-1410.

Herrera, G. A., Zavala-Muñoz, F., & Landaeta, M. F. (2018). Observations on the ontogeny of butterflyfish *Stromateus stellatus* larvae (Pisces: Stromateidae) off central Chile. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 53: 89-98.

Hussey, N. E., Macneil, M. A., Olin, J. A., Mcmeans, B. C., Kinney, M. J., Chapman, D. D., & Fisk, A. T. (2012). Stable isotopes and elasmobranchs: tissue types, methods, applications and assumptions. *Journal of Fish Biology* 80: 1449-1484.

Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of fish biology*, 17(4), 411-429.

Irigoyen, A. J., Bovcon, N., Trobbiani, G., De Wysiecki, A. M., Argemi, F., & Jaureguizar, A. J. (2019). Habitat use, seasonality and demography of the broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus* in central Patagonia: Another piece of the puzzle. *Austral Ecology*, 44(8), 1463-1470.

Klimley, A. P. (2013). The biology of sharks and rays. The University of Chicago Press, Chicago & London, 528 pp.

Levin, P. S., Fogarty, M. J., Murawski, S. A., Fluharty, D. (2009). Integrated ecosystem assessments: developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *PLoS Biology* 7: e1000014.

Long, R. D., Charles, A., & Stephenson, R. L. (2015). Key principles of marine ecosystem-based management. *Marine Policy* 57: 53-60.

López-Mejía, M., Moreno, C. E., Zuria, I., Sánchez-Rojas, G., & Rojas-Martínez, A. (2017). Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88, 183-191.

Lowe, C. G., Wetherbee, B. M., Crow, G. L., & Tester, A. L. (1996). Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. *Environmental Biology of Fishes* 47(2): 203-211.

Lucifora, L. O., Menni, R. C., & Escalante, A. H. (2005). Reproduction, abundance and feeding habits of the broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus* in north Patagonia, Argentina. *Marine Ecology Progress Series* 289: 237-244.

Madigan, D. J., Carlisle, A. B., Dewar, H., Snodgrass, O. E., Litvin, S. Y., Micheli, F., & Block, B. A. (2012). Stable isotope analysis challenges wasp-waist food web assumptions in an upwelling pelagic ecosystem. *Scientific reports*, 2, 654.

Matich, P., Heithaus, M. R., & Layman, C. A. (2011). Contrasting patterns of individual specialization and trophic coupling in two marine apex predators. *Journal of Animal Ecology* 80(1): 294-305.

Matich, P., Heithaus, M. R. (2014). Multi-tissue stable isotope analysis and acoustic telemetry reveal seasonal variability in the trophic interactions of juvenile bull sharks in a coastal estuary. *Journal of Animal Ecology* 83: 199-213.

Milessi, A. C., De Wysiecki, A. M., & Jaureguizar, A. J. (2019). Trophic ecology of young-of-the-year elasmobranchs in a critical habitat within the Río de la Plata outer estuarine waters. *Austral Ecology* 44(2): 290-299.

Moreno-Sánchez, X. G., Escobar-Sánchez, O., Abitia-Cárdenas, L. A., Cruz-Escalona, V. H. (2012). Diet composition of the sicklefin smooth-hound shark *Mustelus lunulatus* caught off El Pardito Island, Baja California Sur, Mexico. *Marine Biodiversity Records* 5: E67.

Myers, R. A., Baum, J. K., Shepherd, T. D., Powers, S. P., Peterson, C. H. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science* 315: 1846-1850.

Navia, A. F. (2013). Función ecológica de tiburones y rayas en un ecosistema costero tropical del Pacífico colombiano. Tesis doctoral, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Páez-Rosas, D., Insuasti-Zarate, P., Riofrío-Lazo, M., & Galván-Magaña, F. (2018). Feeding behavior and trophic interaction of three shark species in the Galapagos Marine Reserve. *PeerJ*, 6, e4818.

Palmer, M. W., 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71: 1195–1198.

Pauly, D., Christensen, V., Froese, R., Palomares, M. L. (2000). Fishing down aquatic food webs. *American Scientist* 88: 46-51.

Rastgoo, A. R., & Navarro, J. (2017). Trophic levels of teleost and elasmobranch species in the Persian Gulf and Oman Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 33(3): 403-408.

Reis, M., & Figueira, W. F. (2020). Diet and feeding habits of two endemic demersal bycatch elasmobranchs: *Trygonorrhina fasciata* & *Dentiraja australis*. *Ichthyological Research* 67(2):320-329.

Restrepo-Gómez, D. C. (2017). Aspectos tróficos de la raya látigo *Dasyatis dipterura* en la Bahía de La Paz, BCS, México. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Resolución Ministerial N° 209-2001-PE — Tallas mínimas de captura y tolerancia máxima de ejemplares juveniles de principales peces marinos e invertebrados. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 27 de junio de 2001.

Ross, G. J. B., & Bass, A. J. (1971). Shark attack on an ailing dolphin *Stenella coeruleoalba* (Meyen). *South African Journal of Science* 67(8): 413 – 414.

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

Speed, C. W., Meekan, M. G., Field, I. C., McMahon, C. R., Abrantes, K., & Bradshaw, C. J. A. (2012). Trophic ecology of reef sharks determined using stable isotopes and telemetry. *Coral Reefs* 31: 357-367.

Stergiou, K. I. (2002). Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management: Resharpener Ockham's razor. *Fisheries Research* 55: 1–9.

Stergiou, K. I., & Karpouzi, V. S. (2002). Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 11(3): 217-254.

Stevens, J. D., Bonfil, R., Dulvy, N. K., Walker, P. A. (2000). The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57(3):476–494.

Tripp-Valdez, A., Galván-Magaña, F., & Ortega-García, S. (2015). Food sources of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) based on stomach content and stable isotopes analyses. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 95(3): 579–591

Ugland, K. I., Gray, J. S. and Ellingsen, K. E. (2003). The species-accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of Animal Ecology* 72, 888-897.

Van Dykhuizen, G., & Mollet, H. F. (1992). Growth, age estimation and feeding of captive sevengill sharks, *Notorynchus cepedianus*, at the Monterey Bay Aquarium. *Marine and Freshwater Research* 43(1): 297-318.

Williams, T. M., Estes, J. A., Doak, D. F., Springer, A. M. (2004). Killer appetites: assessing the role of predators in ecological communities. *Ecology* 85: 3373–3384.

Williams, G. D., Andrews, K. S., Katz, S. L., Moser, M. L., Tolimieri, N., Farrer, D. A., Levin, P. S. (2012). Scale and pattern of broadnose sevengill shark *Notorynchus cepedianus* movement in estuarine embayments. *Journal of Fish Biology* 80:1380–1400.

Worm, B., Davis, B., Kettner, L., Ward-Paige, C. A., Chapman, D., Heithaus, M. R., Kessel, S. T., Gruber, S. H. (2013). Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. *Marine Policy* 40: 194–204.

Xavier J., y ChereI Y. (2009) Cephalopod beak guide for the southern ocean. British Antarctic Survey, Cambridge, UK. 129 pp.

Zhang, F., Liu, F, Qin Q, Liu H, Cao W, Gao X. (2018). Diet composition and trophic guild structure of fish assemblage in headwaters of the Chishui River, a tributary of the upper Yangtze River, China. *Environmental Biology of Fishes* 101(8): 1235-1248.

