

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



Ecología trófica del “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena*  
(Linnaeus, 1758) (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), en el  
norte del Perú

Tesis para optar el Título Profesional de  
Licenciado en Biología

Nicolas Acuña Perales

Asesor: David Montes Iturrizaga

Lima, Perú  
2021



**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



Ecología trófica del “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena*  
(Linnaeus, 1758) (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), en el  
norte del Perú

Tesis para optar el Título Profesional de  
Licenciado en Biología

Nicolas Acuña Perales

Asesor: David Montes Iturrizaga

Lima, Perú  
2021

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a las personas más importantes en mi vida: Mi madre Elvira, mi padre Nicolas, mis hermanos Rodrigo y Nick, y sobre todo a Ariana, mi esposa, quienes confían en mis decisiones, motivándome constantemente a perseguir mis sueños y metas.

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Joanna Alfaro-Shigueto y la ONG ProDelphinus por permitirme formar parte de su equipo de investigación y poder realizar esta tesis como parte del proyecto “Evaluación de la variabilidad temporal y espacial de la ecología trófica por talla y sexo de las principales especies de elasmobranquios en cuatro regiones del norte del Perú”, financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú), a través del contrato FINCyT 369-PNICP-PIBA-214.

A mi asesor, el Mg. Sc. David Montes por su orientación durante el desarrollo de la presente investigación.

A la Mg. Sc. Adriana González-Pestana por brindarme su apoyo y conocimientos en la realización de esta investigación.

A la Blga. Patricia Ayón, parte del jurado de esta tesis, por sus acertados consejos y correcciones.

A los amigos pescadores y personal de playa de Salaverry, San José, Máncora y Zorritos que sin su invaluable ayuda y disposición no hubiera sido posible realizar esta investigación.

Finalmente, pero no menos importante, agradecer a mi familia, colegas y amistades que de alguna forma me apoyaron en durante el transcurso de esta tesis.



# I. ÍNDICE GENERAL

<b>I</b>	<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>i</b>
	<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>v</b>
	<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>vii</b>
	<b>ÍNDICE DE ANEXOS.....</b>	<b>x</b>
<b>II</b>	<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
	<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>III</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>IV</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>4</b>
<b>V</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
5.1	<b>OBJETIVO PRINCIPAL.....</b>	<b>8</b>
5.2	<b>OBJETIVOS SECUNDARIOS.....</b>	<b>8</b>
<b>VI</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
6.1	<b>FASE DE CAMPO.....</b>	<b>9</b>
6.1.1	<b>Lugar de recolecta.....</b>	<b>9</b>
6.1.2	<b>Obtención de las muestras.....</b>	<b>10</b>
6.1.3	<b>Número de estómagos.....</b>	<b>12</b>

6.2	FASE DE LABORATORIO.....	12
6.2.1	Procesamiento de los contenidos estomacales.....	12
6.2.2	Determinación de los ítems presa.....	12
6.3	FASE DE ANÁLISIS DE DATOS.....	13
6.3.1	Curva acumulativa de especies presa.....	13
6.3.2	Rango de tallas.....	14
6.3.3	Métodos de análisis cuantitativos.....	15
6.3.3.1	Peso total de especies presa (P).....	15
6.3.3.2	Número total de especies presa (N).....	15
6.3.3.3	Frecuencia de aparición de las especies presa (F).....	16
6.3.3.4	Índice de importancia relativa (IIR).....	17
6.3.4	Índices ecológicos.....	18
6.3.4.1	Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ).....	18
6.3.4.2	Índice de Levin ( $B_i$ ).....	18
6.3.4.3	Índice de Bray-Curtis.....	19
6.3.4.4	Nivel trófico.....	19
6.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.....	20
<b>VII RESULTADOS.....</b>		<b>22</b>
7.1	NÚMERO TAMAÑO DE MUESTRAS.....	22
7.2	INCIDENCIA DE ESTÓMAGOS VACIOS.....	23

7.3	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO.....	23
7.4	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LAS TALLAS.....	26
7.5	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL SEXO.....	33
7.5.1	Espectro trófico de las hembras.....	33
7.5.2	Espectro trófico de los machos.....	35
7.5.3	Comparando valor- <i>p</i> e <i>IIR</i> (%) de machos y hembras.....	37
7.6	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LA ÉPOCA.....	38
7.6.1	Espectro trófico en la época cálida.....	38
7.6.2	Espectro trófico en la época fría.....	40
7.6.3	Comparando valor- <i>p</i> e <i>IIR</i> (%) de las épocas cálida y fría.....	42
7.7	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL ÁREA.....	43
7.7.1	Espectro trófico en el área norte.....	43
7.7.2	Espectro trófico en el área sur.....	45
7.7.3	Comparando valor- <i>p</i> e <i>IIR</i> (%) de las áreas norte y sur.....	47
7.8	ÍNDICES ECOLÓGICOS.....	48
7.8.1	Diversidad de especies presas.....	48
7.8.2	Amplitud del nicho trófico.....	49
7.8.3	Traslapamiento trófico.....	50
7.8.4	Nivel trófico.....	51
<b>VIII DISCUSIÓN.....</b>		<b>53</b>

8.1	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO.....	51
8.2	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SÉGUN LAS TALLAS.....	56
8.3	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SÉGUN EL SEXO.....	58
8.4	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SÉGUN LA ÉPOCA.....	59
8.5	ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SÉGUN EL ÁREA.....	60
<b>IX</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>X</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>XI</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>XII</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

<b>Tabla 1.</b> Especies presa de <i>Sphyrna zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015, expresados en valores porcentuales de los métodos gravimétrico (P (%)), numérico (N (%)), ocurrencia (FO (%)) e Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)).....	24
<b>Tabla 2.</b> Rango de tallas de ejemplares de <i>S. zygaena</i> capturadas en el norte del Perú durante el año 2015.....	26
<b>Tabla 3.</b> R-Estadístico y Valor- <i>p</i> según la disimilaridad de los grupos de rangos de tallas (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) de <i>S. zygaena</i> durante el 2015 en el norte del Perú.....	28
<b>Tabla 4.</b> R-Estadístico y Valor- <i>p</i> según la disimilaridad de las hembras y los machos de <i>S. zygaena</i> durante el 2015 en el norte del Perú.....	37
<b>Tabla 5.</b> R-Estadístico y Valor- <i>p</i> según la disimilaridad de las épocas cálida y fría en <i>S. zygaena</i> durante el 2015 en el norte del Perú.....	42
<b>Tabla 6.</b> R-Estadístico y Valor- <i>p</i> según la disimilaridad de las áreas norte y sur en de <i>S. zygaena</i> durante el 2015 en el norte del Perú.....	47
<b>Tabla 7.</b> Amplitud del nicho trófico de <i>S. zygaena</i> , según los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Levin ( $B_i$ ), con relación a los rangos de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.....	49
<b>Tabla 8.</b> Amplitud del nicho trófico de <i>S. zygaena</i> , según los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Levin ( $B_i$ ), con relación al sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.....	50

**Tabla 9.** Traslapamiento trófico de *S. zygaena*, según el índice de Similaridad Bray-Curtis, con relación a los rangos de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.....50

**Tabla 10.** Traslapamiento trófico de *S. zygaena*, según el índice de Similaridad Bray-Curtis, con relación al sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.....51

**Tabla 11.** Nivel trófico de *S. zygaena* según en rango de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.....52

**Tabla 12.** Nivel trófico de *S. zygaena* según las variables de sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.....52

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Mapa del norte del Perú con las localidades donde se realizó la recolecta de muestras para evaluar la ecología trófica de <i>S. zygaena</i> en el 2015.....	10
<b>Figura 2.</b> Curva acumulativa de especies presas de <i>S. zygaena</i> durante el 2015 en el norte del Perú.....	22
<b>Figura 3.</b> Escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS) en 3D según los rangos de tallas (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) que comprenden la dieta de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015, (Estrés= 0,09).....	27
<b>Figura 4.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla I (55,2-82 cm) de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	29
<b>Figura 5.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla II (82,5-117 cm) de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	30
<b>Figura 6.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla III (117,6-190cm) de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	31

<b>Figura 7.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla IV (230-294 cm) de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	32
<b>Figura 8.</b> Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de <i>S. zygaena</i> , según su rango de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) durante el 2015 en el norte del Perú.....	33
<b>Figura 9.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos hembras de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	35
<b>Figura 10.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos machos de <i>S. zygaena</i> en el norte del Perú durante el 2015.....	37
<b>Figura 11.</b> Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de <i>S. zygaena</i> , según el sexo durante el 2015 en el norte del Perú.....	38
<b>Figura 12.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por <i>S. zygaena</i> la época cálida en el norte del Perú durante el 2015.....	40
<b>Figura 13.</b> Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por <i>S. zygaena</i> la época fría en el norte del Perú durante el 2015.....	41

**Figura 14.** Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según su la época (Cálida o Fría) durante el 2015 en el norte del Perú.....43

**Figura 15.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* en el área norte del norte del Perú durante el 2015.....45

**Figura 16.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* en el área sur del norte del Perú durante el 2015.....46

**Figura 17.** Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según el área de captura (Norte o Sur) durante el 2015 en el norte del Perú.....48

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo 1.</b> Ficha de campo entregada a los pescadores donde tomaron datos de los <i>S. zygaena</i> capturados, así como información sobre las medidas morfométricas y madurez sexual de los individuos (Elaboración: ProDelphinus).....	73

## II. RESUMEN

En el Perú, el “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena* es una de las especies de tiburón con mayor valor comercial en la actualidad, aun así, los datos sobre su captura y comercialización, así como estudios sobre su biología básica son escasos. El objetivo principal del estudio fue describir la ecología trófica de *S. zygaena* capturados por embarcaciones artesanales en el norte del Perú, mediante el análisis de contenido estomacal. Las muestras de estómagos fueron recolectadas de febrero a diciembre del 2015 en Salaverry, en La Libertad; San José, en Lambayeque; Máncora, en Piura; y Zorritos, en Tumbes. Se analizaron 296 estómagos provenientes de tiburones que presentaron tallas entre 50,5 y 294 cm LT. Se identificaron cefalópodos de 1 orden, 2 géneros y 8 especies, así como también 6 especies de peces y restos. Para el análisis del contenido estomacal se utilizó el Índice de importancia relativa porcentual (IIR (%)), diversidad de especies presa (Índice de Shannon-Wiener), amplitud de nicho trófico (Índice de Levin), traslapamiento trófico (Índice de Bray-Curtis) y nivel trófico. Según el IIR (%), las especies más importantes fueron: *Dosidicus gigas* (62,25%) y *Doriteuthis gahi* (25,28%). El tiburón martillo fue considerado un depredador especialista debido a que se alimentó principalmente de los cefalópodos *D. gigas* y *D. gahi*. También tuvo un nivel trófico de 4,7; catalogándolo como un depredador tope. La dieta fue comparada mediante variables como la talla, sexo, época y área de recolecta. Se pudo evidenciar que los juveniles se alimentaban primordialmente de especies costeras, y mientras incrementan su tamaño, sus hábitos alimenticios cambian a consumir especies oceánicas. Según el sexo, se registró un traslapamiento de 76,14% entre las dietas; el cual no presentó diferencias significativas debido a que las principales presas fueron *D. gigas* y *D. gahi*. De forma similar, las áreas norte y sur tuvieron un traslapamiento de 48,73%; pero no mostraron diferencias significativas, a pesar de que el área norte presentó una mayor diversidad de especies. Sin embargo, El traslapamiento entre las épocas cálida y fría, que fue de 64,97%, presentó variaciones significativas,

debido a que en la época cálida *S. zygaena* consumió una mayor variedad de presas.

**Palabras clave:** *Sphyrna zygaena*, Ecología trófica, Norte del Perú, Depredador especialista.

## ABSTRACT

In Peru, the “smooth hammerhead shark” *Sphyrna zygaena* is one of the shark species with high commercial value nowadays, yet their capture and commercialization data, as well as their basic biology studies are limited.

The main objective of the study was to describe the trophic ecology of *S. zygaena* captured by artisanal vessels in northern Peru, by analyzing the stomach contents. The stomachs samples were collected from February to December 2015 in Salaverry (La Libertad), San Jose (Lambayeque), Máncora (Piura) and Zorritos (Tumbes). A total of 296 stomachs were analyzed from sharks that had sizes between 50,5 and 294 cm TL. Cephalopods of 1 order, 2 genera and 8 species, as well as fishes of 6 species were identified. Fish remains were also found. For the analysis of stomach contents, Percentual Index of Relative Importance (%IRI), Prey species diversity (Index of Shannon-Wiener), trophic niche breadth (Index of Levin), dietary overlap (Index of Bray-Curtis) and trophic level was applied. According to the IRI (%), the most important species were: *D. gigas* (62,25%) and *D. gahi* (25,28%). The smooth hammerhead shark was considered a specialist predator because they mainly fed of the cephalopods *D. gigas* and *D. gahi*. Also, it had a trophic level of 4,7, which categorizes as a top predator. The diet was compared by variables such as size, sex, seasons and collection areas. Evidence was found that juvenile fed primarily coastal preys, and as they increase their size, their dietary habits were changing towards oceanic preys. An overlap of 76,14% was recorded between the diets of the sexes with no significant differences due to the two main preys were *D. gigas* and *D. gahi*. Similarly, the northern and southern areas had an overlap of 48,73%; without showing significant differences, even though the northern area presented a greater diversity of species. However, the overlap between the warm and cold periods, which was of 64,97%, showed significant variations, because in the warm season *S. zygaena* consumed a greater variety of preys.

**Key words:** *Sphyrna zygaena*, trophic ecology, northern Peru, specialist predator.

### III. INTRODUCCIÓN

Se han reportado más de 500 especies de tiburones en el mundo (Compagno 2005), y de las cuales 66 de ellas se presentan en el Perú (Chirichigno 2001, Cornejo *et al.* 2015). Los tiburones, que son en su mayoría depredadores tope, cumplen la función reguladora de especies meso depredadoras, contribuyendo con la estabilidad en el funcionamiento de los ecosistemas marinos. Esta regulación hace que ciertas especies no aumenten sus poblaciones exponencialmente dominando un hábitat y depredando especies primarias generando un desbalance en la cadena trófica (Griffin *et al.* 2008). Los tiburones también presentan una estrategia de vida tipo “k”, significando que entre sus características presentan crecimiento lento, madurez sexual tardía, fecundidad baja y periodos largos de gestación (Hutchings *et al.* 2012). Se considera que estas características biológicas, en conjunto con la pesca incidental y dirigida no regulada, son las principales causas de la disminución en los niveles poblacionales de los tiburones en el mundo (Holden 1974, Cailliet y Bedford 1983, Bonfil 1994).

En la actualidad, los tiburones están siendo globalmente sobreexplotados, pasando de ser capturas principalmente incidentales, a ser objeto de pesca dirigida a gran escala (Navia 2013), debido a una mayor demanda de productos derivados de los tiburones, como, por ejemplo, las aletas. Debido a esta demanda, en 1994 la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES, por sus siglas en inglés) solicitó a la FAO decretar un plan de acción para regular de manera sostenible la pesquería de tiburones, creándose así el Plan de Acción Internacional para la Conservación y Manejo de Tiburones (PAI-tiburones) en el año 1999. En el Perú, en marzo del año 2014, se aprobó el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones (PAN-tiburones), siendo el primer gran paso para implementar medidas de manejo a nivel nacional (Diario El Peruano 2016).

Entre las principales especies de tiburones capturados en el Perú, el “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena*, que en el Océano Pacífico Oriental habita desde las costas de Estados Unidos (incluyendo el Golfo de California en México) hasta Chile, (Castro 1983), está catalogado como especie “vulnerable” por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Debido al comercio incontrolado de productos derivados de esta especie, en el 2013 fue incluida en el Apéndice II de la CITES. Así mismo, la familia Sphyrnidae esta enlistada en el apéndice I de Especies Altamente Migratorias en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR).

Al igual que el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, muchas otras especies se encuentran en situación similar debido a que los planes manejo y regulaciones pesqueras hacia los tiburones son escasos. Por ello, es necesario que en el Perú se adopte un manejo ecosistémico pesquero (MEP), pero existen varias restricciones, como la insuficiente información científica, lo que genera la falta de recomendaciones para el buen manejo de los recursos lo cual hace que la implementación de un MEP tenga dificultades en elaborarse (Defeo *et al.* 2009).

Como un primer gran paso, y a pesar de las limitaciones que se tienen, en el Perú se promulgó la Resolución Ministerial N° 008-2016-PRODUCE, estableciendo un periodo de veda del *Sphyrna zygaena* entre el primero de enero hasta el diez de marzo de cada año.

Debido a la escasa información científica, es necesario la realización de estudios sobre biología básica de los tiburones martillo debido a que no se conoce a pleno su importancia en los hábitats marinos, por lo que estudiar la ecología trófica de *S. zygaena* generará conocimientos sobre su dieta en distintas áreas y determinará cuáles son las principales especies que integran su dieta y cuáles son sus hábitats, y servirán de base para mejorar los planes de manejo.

En tal sentido, el presente estudio busca ampliar los conocimientos sobre la ecología trófica del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* capturado por embarcaciones artesanales provenientes del norte del Perú, mediante el análisis de contenido estomacal. La presente investigación formó parte del Proyecto “Evaluación de la variabilidad temporal y espacial de la ecología trófica por talla y sexo de las principales especies de elasmobranquios en cuatro regiones del norte del Perú”, del convenio “369-PNICP-PIBA 2014”, desarrollado con el apoyo del “Programa Nacional de Innovación Para la Competitividad y Productividad” (Innovate Perú).

#### IV. ANTECEDENTES

Según la FAO (2014), las capturas mundiales de tiburones se triplicaron a partir de 1950, alcanzando un máximo histórico de 893 000 toneladas en el año 2000. A pesar de eso, se puede observar desde entonces una tendencia descendente, habiendo disminuido las capturas alrededor del 15 % (766 000 toneladas) en el 2011. El valor del comercio mundial de productos de tiburón, especialmente las aletas, se estima en un promedio de mil millones de dólares anuales, sin contar los productos no declarados (FAO 2014).

Los datos que se tienen sobre la captura y comercio del tiburón martillo son reducidos, siendo estos de suma importancia para poder elaborar planes de manejo. Además, al no ser controlada la pesca de *S. zygaena* en distintas regiones, se puede originar un desbalance en cadena trófica generando una posible proliferación de diversas especies las cuales pueden depredar especies con valor comercial u otras especies importantes para la regulación del ecosistema marino.

En la región del Pacífico Sudeste los estudios publicados acerca del tiburón martillo son escasos, siendo las investigaciones sobre la ecología trófica las más desarrolladas. Si bien la alimentación entre diversas especies de tiburones es similar, estas tienden a tener algunas variaciones dependiendo de los lugares en donde se han desarrollado las investigaciones (Smale 1998; Castañeda 2001; Estupiñán-Montaño 2005; Bolaño 2009; Ochoa-Díaz 2009; Gonzalez-Pestana 2014).

Uno de los países con mayor cantidad de estudios relacionados a la dieta de *S. zygaena* es México, las cuales fueron realizadas en distintas zonas del Pacífico. Galván-Magaña *et al.* (1989), analizaron la abundancia estacional y los hábitos alimenticios de algunas especies de tiburones, entre ellos *S. zygaena*, en el Golfo de California, concluyendo que esta especie principalmente se alimenta de peces neríticos y cefalópodos meso pelágicos. Del mismo modo, Aguilar (2003) también realizó su investigación en el

Golfo de California, en donde estudió los hábitos alimenticios de juveniles de *S. zygaena*. Analizó un total de 139 estómagos, donde identificó 41 especies presa, de las cuales 2 fueron crustáceos, 7 cefalópodos, 32 peces y 2 crustáceos no identificados, siendo las principales presas peces demersales y epipelágicos. Además, Ochoa-Díaz (2009) determinó que, en baja California Sur, el tiburón martillo se alimenta principalmente de los cefalópodos *Dosidicus gigas*, *Onychoteuthis banksii*, *Stenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*, siendo éste un depredador especialista con segregación por estadio de madurez.

Por otro lado, Anislado-Tolentino (2000) realizó un estudio de la especie *Sphyrna lewini* en Michoacán, México; donde menciona que los tiburones en esta zona de alimentan principalmente de peces, con preferencia de batoideos. Además, las hembras incluyen en su dieta al delfín manchado *Stenella attenuata*. Por su parte, Torres- Rojas (2003) también investigó el contenido estomacal de la especie *S. lewini* en la costa de Mazatlán, México, donde concluye que la alimentación varió de acuerdo a la talla del individuo, siendo los juveniles que median de 48 a 79 cm de longitud total consumidores preferentes de peces de la familia Bothidae y Carangidae, en cambio, los que median de 80 a 100 cm de longitud total consumían el crustáceo *Pleuroncodes planipes*, y los que midieron de 101 a 160 cm de longitud total se alimentaron de peces Carángidos y *Synodus scituliceps*. De igual forma, Torres (2004) analizó en Sinaloa, México, la distribución y abundancia de *S. lewini* para comparar el efecto del evento El Niño 1997-98, con relación a un año normal (1996). También analizó el comportamiento alimenticio observado durante un año en donde no se haya presentado efectos de El Niño, e identificó que las especies más consumida fueron *Notophtophis brunneus* y *Abrialiopsis affinis*.

En Ecuador también se han realizado diversos estudios sobre la ecología trófica de tiburones martillo, como el realizado por Castañeda y Sandoval (2004), quienes investigaron los hábitos alimentarios de *S. lewini* y *S. zygaena* en el puerto de Manta, Ecuador, señalando que *S. zygaena* consumió principalmente los cefalópodos *D. gigas*,

*S. oualaniensis*, y *A. lesueurii*. Así mismo, Estupiñán-Montaña (2005), estudio los hábitos alimentarios de *S. zygaena* desembarcados también en Manta, registrando a los cefalópodos *D. gigas* y *S. oualaniensis* como presas principales. Bolaño (2009) investigó la ecología trófica del *S. zygaena* en las costas de Ecuador, donde colectó 445 estómagos de tiburones con tallas entre 56 y 297 cm de longitud total. Se identificó 55 presas a nivel de especie y 9 a nivel de familia, siendo las más consumidas el calamar gigante *D. gigas* y calamar dardo *L. diomedea*.

En Perú, los trabajos sobre *S. zygaena* son muy escasos, siendo el realizado por Castañeda (2001) el primero de su tipo, en el cual midió, entre 1991 y 2000, un total de 2958 individuos, que fueron capturados por la pesca artesanal en Lambayeque. Los ejemplares midieron un promedio de 115,5 cm de longitud total determinando que el 96.99% de todos los individuos no alcanzaban la madurez sexual. Además, se determinó que las hembras eran más abundantes que los machos y también presentaban medidas mayores a comparación con los machos.

González-Pestana (2014) también realizó una investigación similar al presente estudio, evaluando la ecología trófica de *S. zygaena* mediante el estudio de contenido estomacal en las localidades de San José, región de Lambayeque, y en Acapulco y Cancas, en la región de Tumbes. En total llegó a muestrear 103 individuos entre neonatos y juveniles durante los meses de enero y mayo, y diciembre del 2013. Las tallas de los tiburones fluctuaron entre 56 y 139 cm de longitud total, por lo cual todos fueron juveniles. También identificó 15 especies presa, siendo las más importantes los cefalópodos: *Doryteuthis gahi*, *Mastigoteuthis dentata* y *D. gigas*; siendo dos de estas especies de importancia comercial. Asimismo, determinó que el tiburón martillo es un depredador especialista debido a que se alimentó principalmente de cefalópodos y que su dieta varía dependiendo de la talla, el sexo y la zona. Finalmente, concluyó que en Tumbes y en Lambayeque existen dos importantes áreas de reclutamiento y crecimiento, las cuales presentan abundante alimento para el desarrollo de esta especie.

A diferencia del estudio realizado por González-Pestana (2014), la presente investigación difiere en diversos puntos, pudiendo considerarle como una ampliación de dicho estudio. Como principales diferencias se puede considerar que en la presente investigación se recolectaron una mayor cantidad de muestras, en un mayor número de localidades, las cuales son de importancia pesquera en el norte del Perú. Asimismo, la recolecta de muestras fue realizada de febrero a diciembre del 2015, cubriendo un mayor periodo de estudio. Por último, se pudo obtener muestras de individuos adultos, lo cual es complicado debido a su hábitat oceánico en la mayor parte de año.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

- Describir la ecología trófica del “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena* en el norte del Perú, mediante el análisis de contenido estomacal.

### **5.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS**

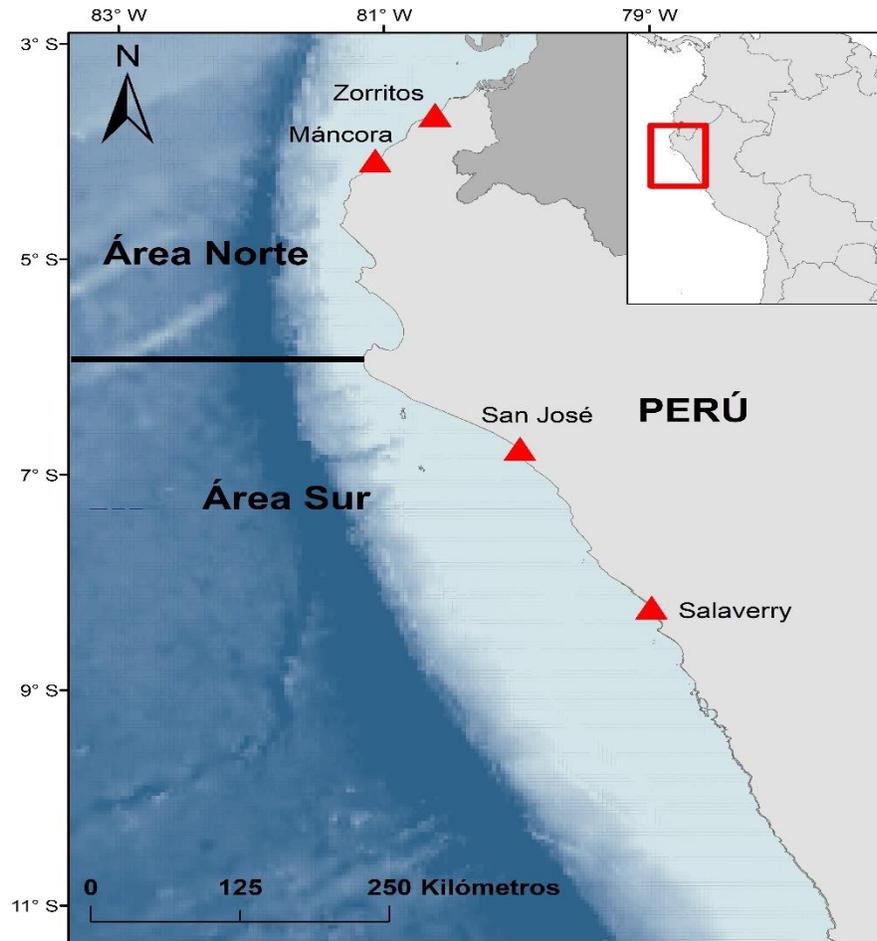
- Determinar los grupos taxonómicos que comprenden la dieta del tiburón martillo y cuáles son las especies presas más importantes.
- Caracterizar la dieta del tiburón martillo según las tallas, sexos, época y área.
- Determinar la amplitud trófica del tiburón martillo según la talla, sexo, época y área.
- Determinar el traslapamiento trófico según talla, sexo, época y área.
- Determinar el nivel trófico del tiburón martillo en el norte del Perú.

## **VI. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 FASE DE CAMPO**

#### **6.1.1 Lugar de recolecta**

La recolecta de muestras se realizó en la zona norte del Perú, entre los meses de febrero y diciembre del 2015, en cuatro puertos o caletas, las cuales presentan características oceanográficas distintas, por tal motivo, se decidió dividir la zona de investigación en dos áreas: área norte y área sur. Salaverry, en La Libertad; y San José, en Lambayeque; se ubican en la zona de transición donde convergen dos corrientes marinas: la corriente de Humboldt (o Perú) y la corriente marina ecuatorial, por tal motivo fue catalogada como área sur (Figura 1). Por otro lado, Máncora, en Piura; y Zorritos, en Tumbes; se ubican en la provincia marina del Pacífico Este Tropical en donde se encuentra la corriente marina Ecuatorial (Spalding 2007), y por ende fue catalogada como área norte (Figura 1). Así mismo, para fines de comparación, los datos fueron agrupados en dos épocas distintas: época cálida (diciembre-mayo) y época fría (junio-noviembre).



**Figura 1.** Mapa del norte del Perú con las localidades donde se realizó la recolecta de muestras para evaluar la ecología trófica de *S. zygaena* en el 2015.

### 6.1.2 Obtención de las muestras

Debido a que la recolección de muestras en varias localidades es una labor complicada para un solo investigador, el apoyo de pescadores artesanales fue fundamental para el desarrollo de esta investigación.

Los pescadores se encargaron de registrar los datos de medidas morfométricas en fichas que se les fueron entregadas (Anexo 1). La medida que se utilizó para el presente

estudio fue la longitud total hasta la aleta caudal (LT). Además, se tomaron datos sobre las características de madurez sexual de cada tiburón. Luego de registrar los datos morfométricos, utilizando un cuchillo, se realizó un corte longitudinal en la parte ventral del tiburón, precisamente entre la cloaca y las aletas pélvicas, para poder extraer los estómagos. Estos fueron amarrados con pabilo en cada extremo para que el contenido no se derrame. Por último, cada estómago fue debidamente rotulado (colector, código de la muestra, lugar y fecha de recolecta) en papel Canson, y colocados independientemente en bolsas Ziploc para ser guardados en la bodega de la embarcación donde se mantuvieron bajo refrigeración para ayudar a que se preserven hasta la llegada a tierra.

Los pescadores que realizaron esta labor fueron previamente capacitados mediante charlas, y además se les entregó una guía sobre la metodología de muestreo e identificación de especies. Del mismo modo, se realizó al menos una salida de pesca en cada área de muestreo junto con los pescadores en donde se les explicó *in situ* la metodología a aplicar. Esto se llevó a cabo antes que ellos empiecen a recolectar datos. Posteriormente se continuó realizando viajes conjuntos para despejar dudas y verificar que la metodología enseñada se haya estado aplicando correctamente.

Una vez los pescadores llegaron a tierra, se recolectaron las fichas y todos los estómagos, verificando que las muestras se encuentren en buen estado. Luego, usando una jeringa, se inyectó formaldehído al 10% en cada estómago para luego ser colocados en frascos de plástico herméticos de 250 ml, 500 ml o 1 litro, dependiendo del tamaño del estómago. Este proceso ayudó a que los estómagos se conserven en buen estado al momento de transportarlos hacia el laboratorio en Lima para poder ser analizados.

La información obtenida en cada ficha se trabajó en una base de datos Access® (Microsoft).

### **6.1.3 Número de estómagos**

Un total de 296 estómagos de *Sphyrna zygaena* fueron recolectados en el presente estudio, provenientes de la pesca dirigida a esta especie en el norte del Perú. El tipo de arte de pesca utilizado para capturar los tiburones fue de cortina de flote, la cual es muy utilizada por la flota artesanal.

## **6.2 FASE LABORATORIO**

### **6.2.1 Procesamiento de los contenidos estomacales**

Una vez en el laboratorio de Biología Marina de la Universidad Científica del Sur, se retiraron los estómagos de los frascos de plástico para ser enjuagados con abundante agua, removiendo así rastros del formaldehído, y posteriormente poder ser abiertos utilizando tijeras quirúrgicas. El contenido estomacal se lavó en tamices con mallas de 300 a 710 micras de apertura, con la finalidad de obtener únicamente las partes duras. Estas partes se pesaron en una balanza semi analítica SORES® de 1000 gramos x 0,001 gramos de precisión, para obtener el peso total del contenido estomacal. Por último, todos los restos se almacenaron en frascos de plástico con alcohol al 70% (Hernández-García, 1995) debidamente rotulados con sus respectivos códigos, hasta que los ítems presa sean determinados.

### **6.2.2 Determinación de los ítems presa**

Cada ítem presa fue determinado y separado según el grupo taxonómico al que pertenecen. Para determinar las presas, se utilizaron diversos equipos y materiales como un microscopio estereoscópico binocular Nikon® SMZ800, placas Petri

normales y segmentadas, pinzas finas de relojero (rectas y curvas), Vernier y claves taxonómicas.

Luego, dependiendo del grupo taxonómico y del grado de digestión, se utilizó guías taxonómicas para determinar las presas, tratando de llegar a la menor categoría taxonómica posible. Para los restos de peces que no presentaban estado de digestión avanzado, se utilizó las claves para peces marinos del Perú (Chirichigno 1998), pero cuando el grado de digestión era avanzado, se utilizó la claves para la identificación de otolitos de peces óseos del Perú (García-Godos 2001).

Para la determinación de cefalópodos se utilizaron los “picos”, debido a que la digestión del tejido muscular de los cefalópodos es rápida dentro del estómago de los tiburones (Dunning et al. 1993) y en la mayoría de los casos se encuentran pequeños restos de tejidos los cuales no pueden ser identificados. Para la identificación de los picos, se tomó como referencia las claves de Wolff (1982, 1984), Clarke (1986) y Xavier & Cherel (2009). Posteriormente, para hallar el peso promedio de cada cefalópodo identificado, se utilizaron ecuaciones de retro cálculo usando medidas obtenidas de los rostros y capuchones de los picos inferiores (LRL y LHL) (Wolff 1984, Clarke 1986, Xavier & Cherel 2009).

## **6.3 FASE DE ANÁLISIS DE DATOS**

### **6.3.1 Curva Acumulativa de Especies Presas**

Con el objetivo de poder determinar si la cantidad de estómagos analizados fue representativa para caracterizar el espectro trófico, se utilizó la curva acumulada de especies presas, la cual fue propuesta por Hoffman (1979), y que consiste en graficar en el eje horizontal el número de estómagos estudiados y en el eje vertical el número de especies presas acumuladas.

Previo a la elaboración de la curva acumulada de especies presas, los datos fueron ordenados en el programa EstimateS® 9.1.0 (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples) (Polo-Silva 2008).

Usando el Modelo de Clench, la asíntota resultante de la curva determina el tamaño mínimo de muestra que es requerido para poder describir los hábitos alimenticios de la especie. Esto ocurre cuando la pendiente de la curva es menor a 0.1 (Soberón & Llorente 1993).

### **6.3.2 Rango de tallas**

Los ejemplares evaluados presentaron tallas que oscilaban entre 50,5 y 294 cm de longitud total (LT). Para un adecuado análisis de los datos, los tiburones fueron agrupados en cuatro grupos de tallas según la similitud de su dieta.

Para corroborar esa similitud, se desarrolló una gráfica en Escalamiento Multidimensional no Métrico (nMDS) (Clarke 1993) en 3D, donde el Stress es el indicador que muestra que la gráfica tuvo un buen ordenamiento espacial. El Stress presenta los siguientes criterios para categorizar la representación de la gráfica:

- < 0,05: Representación espacial ideal.
- < 0,1: Ordenamiento espacial acertado.
- < 0,2: Posiblemente una buena representación.
- > 0,2: Representaciones cuya interpretación puede ser errónea.
- 0,35 < Stress < 0.4: La representación es errónea.

### **6.3.3 Métodos de análisis cuantitativos:**

Para cada grupo taxonómico identificado como presa se aplicó los siguientes procedimientos:

#### **6.3.3.1 Peso Total de Especies Presa (P)**

Para determinar el peso total de las especies presas, se utilizó el Método Gravimétrico (P), que consistió en pesar la biomasa de cada especie presa de cada tiburón en una balanza semi analítica SORES® de 1 000 gramos x 0,001 gramos de precisión. Después, para cada especie presa, se sumó el total de los pesos en conjunto. Finalmente, el peso obtenido fue expresado en valores porcentuales (Hyslop 1980).

$$P (\%) = \frac{p}{PT} \times 100$$

Donde:

P (%) = Peso total de especies presa expresado en valor porcentual.

p= Peso total en gramos de una determinada especie presa.

PT= Peso total en gramos de todas las especies presas encontradas.

#### **6.3.3.2 Número Total de Especies Presa (N)**

Para determinar el número total individuos de cada especie presa, se utilizó el Método Numérico (N), consistiendo en contar el número de individuos presa consumidos por cada tiburón y la cantidad total de las presas halladas en todos los estómagos. Finalmente, el número obtenido se expresó en valores porcentuales mediante la siguiente fórmula (Hyslop 1980):

$$N(\%) = \frac{n}{NT} \times 100$$

Donde:

N (%) = Número total de especies presa expresado en valor porcentual.

n = Número total de cada presa identificada.

NT= Número total de presas de toda la especie.

### **6.3.3.3 Frecuencia de aparición de las especies presas (F)**

Para determinar la frecuencia de aparición de un determinado tipo de presa con respecto a todos los estómagos analizados, se empleó el Método de Frecuencia de Aparición u Ocurrencia (F), que consiste en contabilizar el número de estómagos en los cuales se manifiesta un tipo de presa específica. Los resultados se expresan en porcentaje de una especie, con respecto al número total de estómagos que presentan alimento, utilizando la siguiente fórmula (Hyslop 1980):

$$F(\%) = \frac{e}{NE} \times 100$$

Donde:

F (%) = Frecuencia de aparición u ocurrencia de especies presas en valor porcentual

e = Número de estómagos en el cual apareció un determinado tipo de especie presa.

NE= Número total de estómagos con alimento.

#### 6.3.3.4 Índice de importancia relativa: (IIR)

Para hallar el Índice de Importancia Relativa (IIR) de cada ítem presa, se emplearon los tres métodos descritos previamente (P, N y FO) (Pinkas *et al.* 1971). Este índice se usó con la finalidad de valorar de manera integral la importancia de cada ítem presa que constituye la dieta del tiburón martillo (Cortés 1997, 1999).

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

Donde:

IIR= Índice de Importancia Relativa.

P (%) = Peso total de especies presa expresado en valor porcentual.

N (%) = Número total de especies presa expresado en valor porcentual.

FO (%) = Frecuencia de aparición u ocurrencia de especies presas en valor porcentual.

Posteriormente, el Índice de Importancia Relativa (IIR) fue transformado a porcentaje (IIR (%)) (Cortés 1997, 1999), para una mejorar la interpretación de los resultados y hacerla más sencilla al ser comparada con otros estudios.

$$\text{IIR} (\%) = \frac{\text{IIR}}{\sum \text{IIR}} * 100$$

Donde:

IIR (%) = Índice de Importancia Relativa expresado en porcentaje.

IIR= Índice de Importancia Relativa de un determinado tipo de presa.

$\sum$ IIR = Sumatoria de todas las importancias relativas de todos los tipos de presas.

### 6.3.4 Índices Ecológicos

#### 6.3.4.1 Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ )

Este índice establece que la diversidad de las presas es mayor cuando los valores son mayores a tres, mientras que la diversidad es menor si los valores son menores a dos. Este índice utiliza todos los ítems de las presas encontrados en los estómagos de los tiburones y presenta un valor único fácil de comparar (Margalef 1969). En el caso de la presente investigación, este índice se utilizó para comparar la diversidad de especies presas según la talla, el sexo, la época y el área.

$$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde:

$H'$  = índice de Shannon-Wiener.

S = Número de especies presas identificadas.

$p_i$  = Número de  $i$  especies expresadas como una porción de la suma de  $p_i$  por todas las especies presa.

#### 6.3.4.2 Índice de Levin ( $B_i$ )

Este índice permite inferir que tan amplia es la dieta del tiburón martillo tomando en cuenta la proporción de cada presa y como se distribuyen para el total. Los valores están comprendidos entre 0 a 1. Si son menores a 0,6 indican que el depredador es especialista ya que utiliza un número bajo de recursos presentando una preferencia por ciertas presas; y los valores son cercanos a 1 indican que el depredador es generalista ya que consume un mayor número de recursos sin ninguna selección en especial (Labropoulou y Eleftheriou 1997). La ventaja de este índice es que utiliza todos los ítems de las presas, además dándole un mayor peso a los ítems más abundantes.

$$B_i = \frac{1}{n-1} \times \left[ \left( \frac{1}{\sum P_{ij}^2} \right) - 1 \right]$$

Donde:

$B_i$  = índice de Levin para depredador  $i$ .

$P_{ij}$  = porción de la dieta del depredador  $i$  sobre la presa  $j$ .

$n$  = número de categorías de presas.

### 6.3.4.3 Índice de Bray-Curtis

Este índice permite calcular el traslapamiento trófico para los componentes de las variables talla, sexo, época y área, con la finalidad de determinar probables similitudes en la dieta. Los valores de este índice están comprendidos entre 0 a 100%, considerando un traslape nulo cuando los valores son de 0%, y un traslape total cuando los valores son de 100% (Bloom 1981).

$$BC\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(P_{xi}, P_{yi})}{\sum_{i=1}^n (P_{xi} + P_{yi})}$$

Donde:

$BC\lambda$  = Índice de Bray-Curtis de traslape trófico entre el “depredador x” y “depredador y”

$P_{xi}$  = Proporción de la presa  $i$  del total de presas consumidas por el “depredador x”

$P_{yi}$  = Proporción de la presa  $i$  del total de presas consumidas por el “depredador y”

$n$  = Número total de presas

### 6.3.4.4 Nivel Trófico

Para hallar el nivel trófico del tiburón martillo se utilizaron los niveles tróficos establecidos para los grupos taxonómicos que conforman su dieta. Para hallar el nivel

trófico de los peces se usó el programa web Fishbase (Fishbase 2015), mientras que para los cefalópodos se usó bibliografía especializada (Cortez 1999, Espinoza 2014). Posteriormente se aplicó la siguiente fórmula propuesta por Christensen y Pauly (1992):

$$TL = 1 + \left( \sum_{j=1}^n DC_{ij} \times TL_j \right)$$

Donde:

TL= Nivel trófico del tiburón.

DC<sub>ij</sub> = Composición de la dieta según la proporción de presas (*j*) en la dieta del depredador (*i*).

TL<sub>j</sub>= Nivel trófico de las presas (*j*).

n = Número de ítems presa en la dieta del depredador (*i*).

#### 6.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Para los análisis de comparación entre los componentes de cada variable, se aplicó la prueba estadística de “Análisis de Similitud” (ANOSIM por sus siglas en inglés), el cual es un método para variables no paramétricas. Así mismo, para poder correr la prueba estadística se utilizó el programa R versión 3.2.5. Luego, para graficar los resultados obtenidos de las variables, se utilizó el programa Microsoft Excel versión 2013.

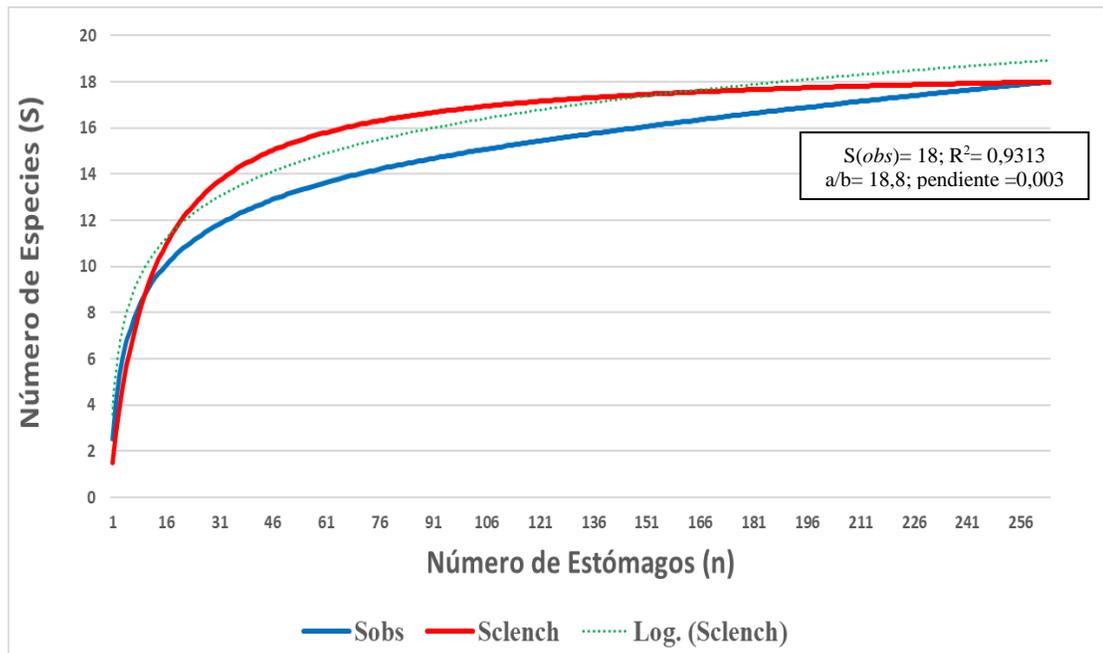
Para poder determinar el grado de similitud entre los componentes de las variables se utilizaron los valores del estadístico *R* y el Valor-p (Clarke 1993). Según el Estadístico *R*, los valores cercanos a uno (1) indican que las variables comparadas presentan diferencias, y los valores cercanos a cero indican que existe similitud entre los

componentes comparados. Además, se usó un nivel de significancia de 95% (0,05) para evaluar si existen diferencias significativas o no entre los componentes de las variables estudiadas.

## VII. RESULTADOS

### 7.1 NÚMERO Y TAMAÑO DE MUESTRA

Basándose en el Modelo de Clench (Soberón & Llorente 1993), se determinó que el número de estómagos con contenido estomacal analizados en el presente estudio (296) fue apto para describir la dieta del tiburón martillo. Este resultado fue corroborado por el valor que obtuvo la pendiente (0,03), la cual indica que el número de estómagos analizados es adecuado, debido a que este valor es menor a 0,1. Finalmente, se pudo describir el 95,7% de especies presa que conforman la dieta del tiburón martillo (Figura 2).



**Figura 2.** Curva acumulativa de especies presas de *S. zygaena* durante el 2015 en el norte del Perú.

## 7.2 INCIDENCIA DE ESTÓMAGOS VACÍOS

Del total de muestras recolectadas (296 estómagos), 264 estómagos (89,2%) tuvieron contenido estomacal y 32 estómagos (10,8%) estuvieron vacíos.

## 7.3 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO

Se determinaron cefalópodos de 1 orden, 2 géneros y 8 especies presas. Del mismo modo, con respecto a los peces, se pudo identificar 6 especies presas y restos de peces, los cuales no pudieron ser identificados (Tabla 1).

El peso total de las presas fue 682 274,8 gramos, siendo los cefalópodos los que más masa aportaron (99,47%) a comparación de los peces (0,53%). Las especies de cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (80,99%), *Gonatus antarcticus* (9,33%) y *Ancistrocheirus lesueurii* (3,35%); mientras que *Merluccius gayi peruanus* fue la especie de pez que más masa aportó, con un 0,15% del peso total (Tabla 1).

El número total de presas fue de 2081, siendo los cefalópodos los que más individuos presa aportaron (88,42%) a comparación de los peces (11,58%). Las especies de cefalópodos con mayor valor porcentual de individuos presa fueron: *D. gahi* (34,60%), *D. gigas* (28,78%) y *A. lesueurii* (6,97%); mientras que *Engraulis ringens* fue la especie de pez con mayor aporte porcentual (1,97%). Cabe precisar que los restos de peces no identificados presentaron un porcentaje equivalente al 8,65% del total de presas (Tabla 1).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (80,15%) a comparación de los peces (19,85%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (22,84%), *D.*

*gigas* (18,81%) y *G. antarcticus* (9,40%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie la especie de pez con mayor ocurrencia con 1,34%. Asimismo, los restos de peces no identificados presentaron una ocurrencia del 16,87% (Tabla 1).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 95,42%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 4,58%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (61,22%), *D. gahi* (25,44%) y *G. antarcticus* (3,96%), mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *E. ringens* con 0,06% (Tabla 1).

**Tabla 1.** Especies presa de *Sphyrna zygaena* en el norte del Perú durante el 2015, expresados en valores porcentuales de los métodos gravimétrico (P (%)), numérico (N (%)), ocurrencia (FO (%)) e Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)).

Categoría de Presa	P (%)	N (%)	FO (%)	IRI (%)
<b>MOLLUSCA</b>				
<b>Orden Teuthoidea</b>				
<b>Suborden Oegopsina</b>	0,03	0,14	0,30	0,00
Fam. Octopoteuthidae				
<i>Octopoteuthis sicula</i>	0,29	0,77	1,64	0,05
Fam. Mastigoteuthidae				
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0,45	4,47	7,46	1,09
Fam. Histioteuthidae				
<i>Stigmatoteuthis hoylei</i>	1,57	1,73	3,73	0,37
Fam. Ommastrephidae				
<i>Ommastrephes bartramii</i>	0,15	0,58	0,60	0,01
<i>Dosidicus gigas</i>	80,99	28,78	18,81	61,22
Fam. Gonatidae				
<i>Gonatus antarcticus</i>	9,33	4,85	9,40	3,96

<b>Fam. Ancistrocheiridae</b>				
<i>Ancistrocheirus lesueuri</i>	3,35	6,97	8,36	2,56
<b>Fam. Thysanoteuthidae</b>				
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0,33	1,44	1,79	0,09
<b>Suborden Myopsina</b>				
<b>Fam. Loliginidae</b>				
<i>Doriteuthis gahi</i>	2,97	34,60	22,84	25,44
<b>Orden Octopoda</b>				
<b>Fam. Argonautidae</b>				
<i>Argonauta spp.</i>	0,01	4,08	5,22	0,63
<b>CHORDATA</b>				
<b>Teleostei</b>				
<b>Fam. Atherinopsidae</b>				
<i>Odontesthes regia regia</i>	0,00	0,05	0,15	0,00
<b>Fam. Clupeidae</b>				
<i>Sardinops sagax</i>	0,01	0,24	0,15	0,00
<b>Fam. Merluccidae</b>				
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	0,15	0,48	1,34	0,03
<b>Fam. Engraulidae</b>				
<i>Engraulis ringens</i>	0,03	1,97	1,04	0,06
<i>Anchoa nasus</i>	0,00	0,05	0,15	0,00
<b>Fam. Fistulariidae</b>				
<i>Fistularia corneta</i>	0,00	0,14	0,15	0,00
Restos peces	0,34	8,65	16,87	4,50

Cabe mencionar que la identificación de todos los cefalópodos del presente estudio se determinó mediante sus picos. Sin embargo, en el caso de los peces, del total de presas halladas (241), solo un 17.4% fue identificado mediante las claves para peces marinos

del Perú (Chirichigno 1998), mientras que un 7.9% fue identificado utilizando claves para la identificación de otolitos de peces óseos del Perú (García-Godos 2001).

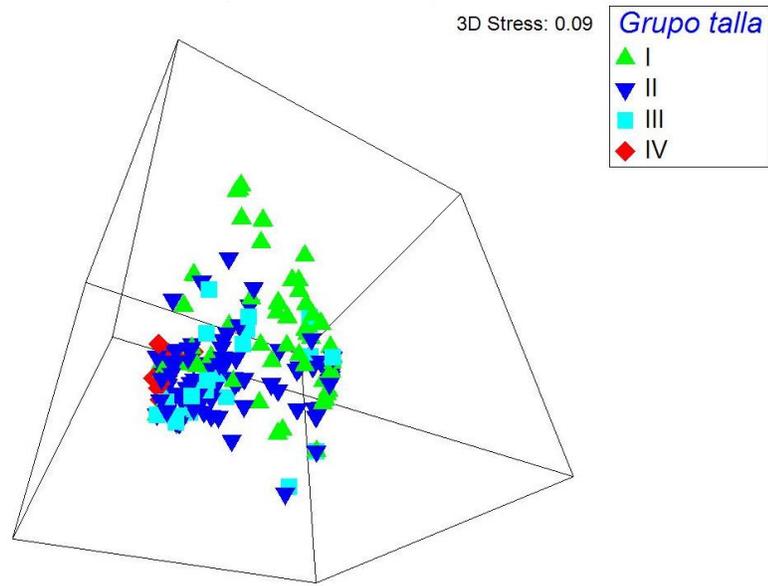
#### **7.4 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LAS TALLAS**

Los ejemplares fueron agrupados en cuatro rangos de tallas según su longitud total (LT) (Tabla 2), para posteriormente ser ploteados en una gráfica nMDS.

**Tabla 2.** Rango de tallas de ejemplares de *S. zygaena* capturadas en el norte del Perú durante el año 2015.

Talla	Rango (cm)
I	55,2 - 82
II	82,5 - 117
III	117,6 - 190
IV	230 - 294

El Stress que presentó la gráfica fue de 0,09, indicando que tiene un buen ordenamiento espacial (Figura 3).



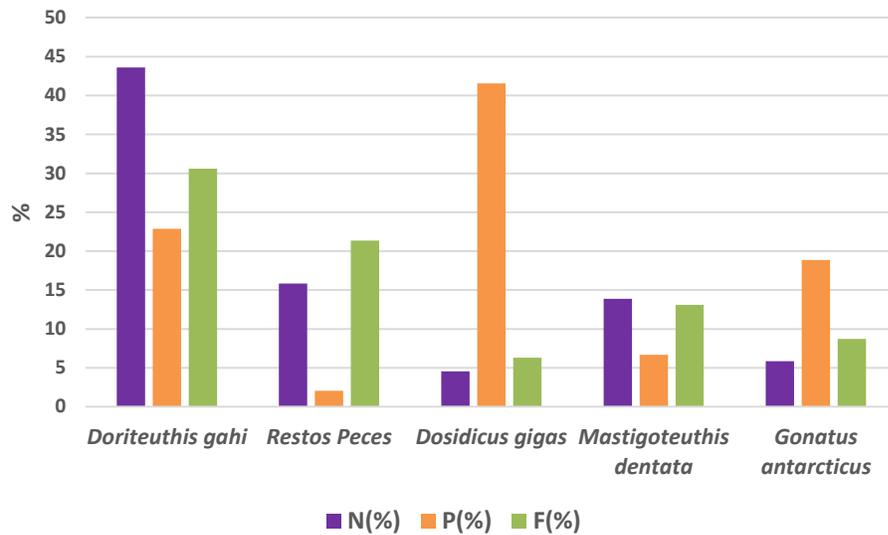
**Figura 3.** Escalamiento multidimensional no paramétrico (nMDS) en 3D según los rangos de tallas (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) que comprenden la dieta de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015, (Estrés= 0,09).

Según los rangos de tallas, se halló el Valor-p resultante entre las disimilaridades de los 4 rangos, siendo significativos las disimilaridades entre los grupos I –II, I – III y I – IV; debido a que el Valor-p de estos 3 grupos es menor a 0,05 (Tabla 2). Los grupos II – III, II – IV y III – IV no presentaron disimilaridades significativas. (Tabla 3).

**Tabla 3.** R-Estadístico y Valor-*p* según la disimilaridad de los grupos de rangos de tallas (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) de *S. zygaena* durante el 2015 en el norte del Perú.

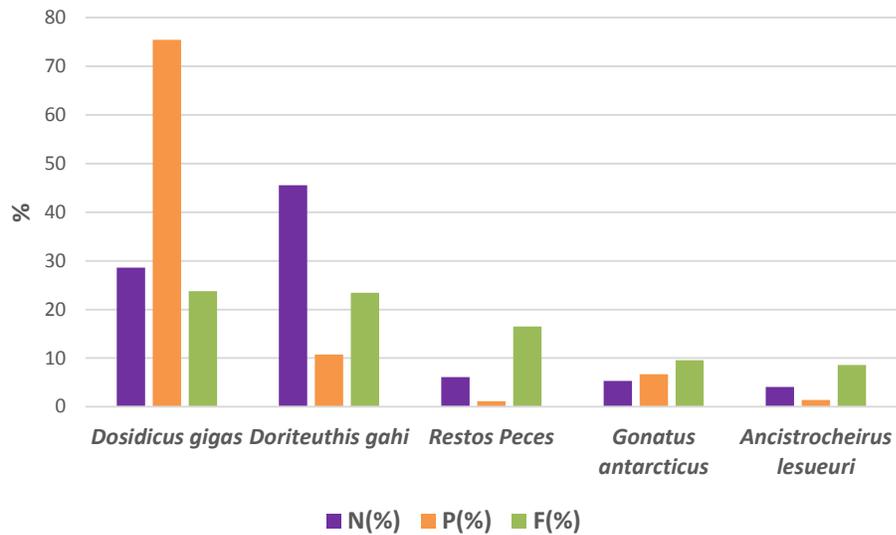
Tallas	R-Estadístico	Valor- <i>p</i>
I - II	0,157	<b>0,001</b>
I - III	0,227	<b>0,001</b>
I - IV	0,341	<b>0,001</b>
II - III	0,05	<b>0,099</b>
II - IV	-0,055	<b>0,734</b>
III - IV	-0,092	<b>0,848</b>

El grupo de la talla I estuvo conformado por un total de 90 ejemplares que median entre 55,2 cm y 82,2 cm LT. Según el índice de importancia relativa porcentual (IIR (%)), *D. gahi* (61,40%) fue la especie de cefalópodo más importante del grupo I, seguido por *D. gigas* (8,79%), *M. dentata* (8,13%) y *G. antarcticus* (6,52%). Cabe resaltar que los restos de peces fueron obtuvieron una importancia equivalente al 11,54%. Estos resultados se obtuvieron por medio de los valores P (%), N (%) y FO (%) presentados en la Figura 4.



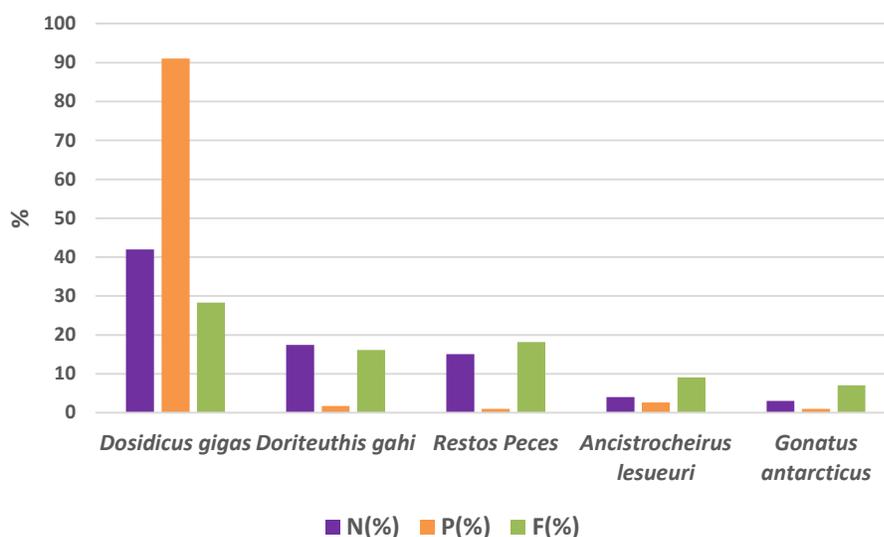
**Figura 4.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla I (55,2-82 cm) de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

El grupo de la talla II estuvo conformado por un total de 103 ejemplares. Según el índice de importancia relativa porcentual (IIR (%)), *D. gigas* (59,94%) y *D. gahi* (32%) fueron las especies de cefalópodos más importantes, seguidos por *G. antarcticus* (2,79%). Asimismo, la importancia de los restos de peces fue equivalente a un 2,89%. Estos resultados se obtuvieron por medio de los valores P (%), N (%) y FO (%) presentados en la Figura 5.



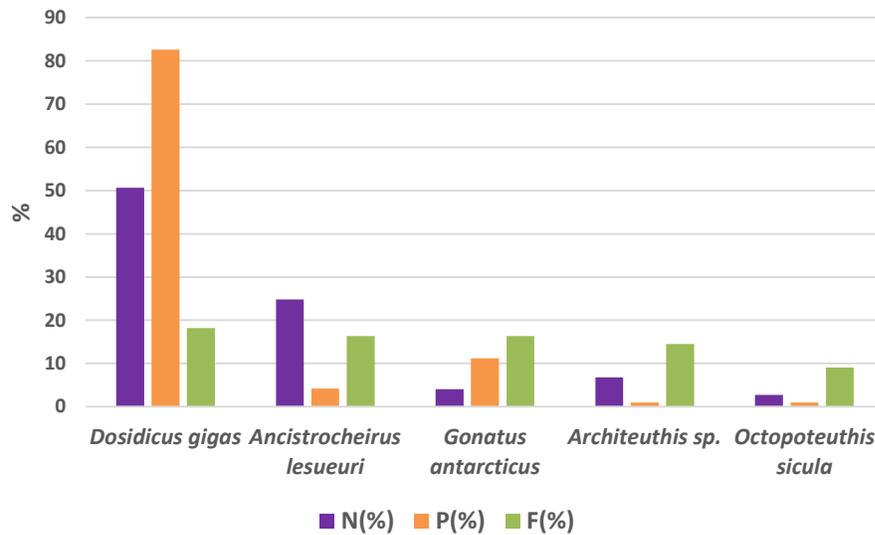
**Figura 5.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla II (82,5-117 cm) de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

El grupo de talla III estuvo conformado por un total de 38 ejemplares. Según el porcentaje del índice de importancia relativa porcentual (IIR (%)), *D. gigas* (83,52%) fue la especie de cefalópodo más importante, seguido por *D. gahi* (6,89%) y *A. lesueurii* (1,35%). Además, los restos de peces obtuvieron una importancia equivalente al 6,32%. Estos resultados se obtuvieron por medio de los valores P (%), N (%) y FO (%) presentados en la Figura 6.



**Figura 6.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla III (117,6-190cm) de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

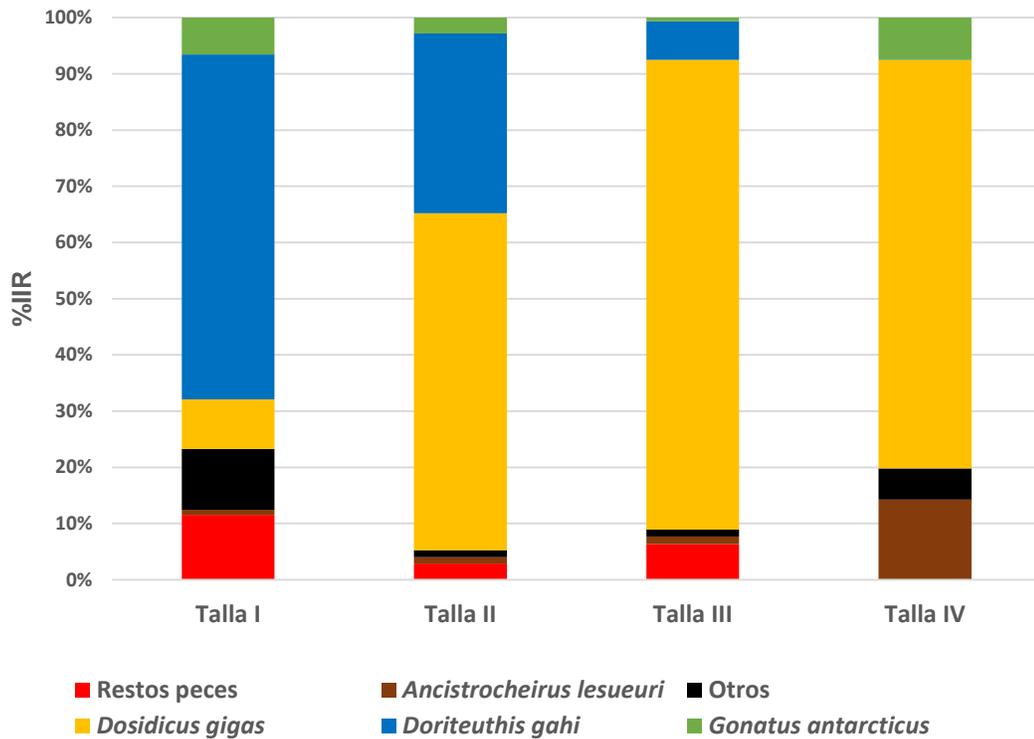
El grupo de talla IV estuvo conformado por un total de solo 10 ejemplares. Según el porcentaje del índice de importancia relativa porcentual (IIR (%)), *D. gigas* (72,60%) fue la especie de cefalópodo más importante, por delante de *A. lesueurii* (14,24%) y *Thysanoteuthis rhombus*. (3,18%). Es importante resaltar que la importancia de los peces en este grupo de talla fue prácticamente nula (0,02%). Estos resultados se obtuvieron por medio de los valores P (%), N (%) y FO (%) presentados en la Figura 7.



**Figura 7.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos de la talla IV (230-294 cm) de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

Luego, según lo consumido por todos los rangos de tallas, se pudo evidenciar en la talla I una notoria preferencia alimenticia por parte del tiburón martillo hacia *D. gahi*, la cual es una especie costera. También se evidenció que se alimentó de una mayor variedad de peces a comparación de las otras tallas. A partir de la talla II hasta la talla IV, el consumo de *D. gigas*, el cual es una especie de hábitos costeros y oceánicos, se hace predominante frente a las otras especies presa (Figura 8).

Finalmente, cabe mencionar que los juveniles de *S. zygaena* representaron casi la totalidad de individuos muestreados (96,62%), mientras que los adultos tuvieron una presencia muy reducida (3,38%).



**Figura 8.** Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según su rango de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm) durante el 2015 en el norte del Perú.

## 7.5 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL SEXO

### 7.5.1 Espectro trófico de las hembras

Se trabajó con 157 estómagos provenientes de *S. zygaena* hembras, los cuales presentaron 16 distintos tipos de ítem presa.

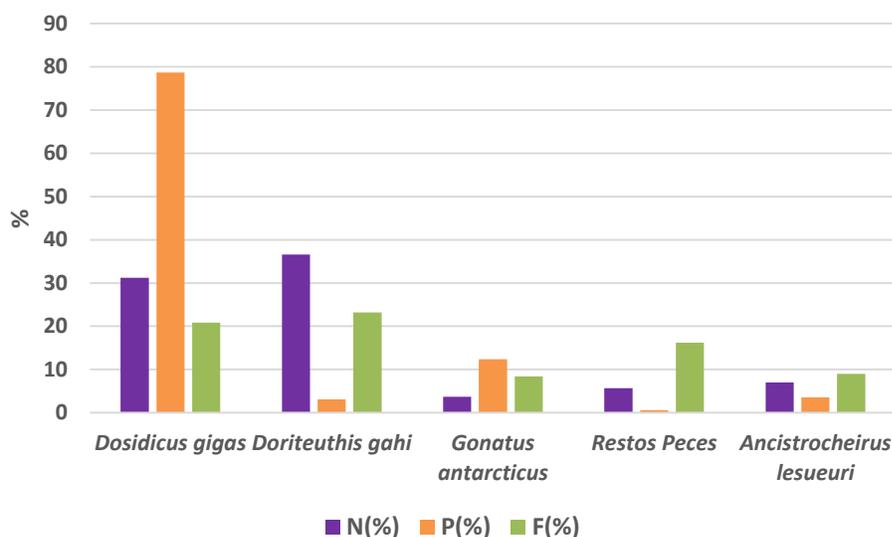
El peso total de las presas fue 449 216,2 g., siendo los cefalópodos los que más masa aportaron (99,68%) a comparación de los peces (0,32%). Las especies de cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (78,67%), *G. antarcticus* (12,41%) y *A.*

*lesueurii* (3,58%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que peso más aportó, con un 0,06% (Figura 9).

El número total de presas fue de 1208, siendo los cefalópodos los que aportaron mayor cantidad de individuos (91,89%) a comparación de los peces (8,11%). Las especies de cefalópodos con mayor valor porcentual de individuos fueron: *D. gahi* (36,59%), *D. gigas* (31,21%) y *A. lesueurii* (7,04%); mientras que *E. ringens* fue la especie de pez con mayor valor porcentual (1,49%), siendo importante precisar que los restos de peces fueron equivalentes al 5,71% del total (Figura 9).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (81,45%) frente los peces (18,55%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (23,19%), *D. gigas* (20,87%) y *A. lesueurii* (8,9 9%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie la especie de pez con mayor ocurrencia con 1,16%. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 16,23% (Figura 9).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 97,3%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 2,7%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (63,55%), *D. gahi* (25,51%) y *G. antarcticus* (3,76%), mientras que las especies de peces con mayor importancia fue *M. gayi peruanus* y *E. ringens*, con 0,01% cada uno.



**Figura 9.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos hembras de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

### 7.5.2 Espectro trófico de los machos

Se recolectaron un total de 135 estómagos provenientes de *S. zygaena* machos, los cuales presentaron 15 distintos tipos de ítem presa.

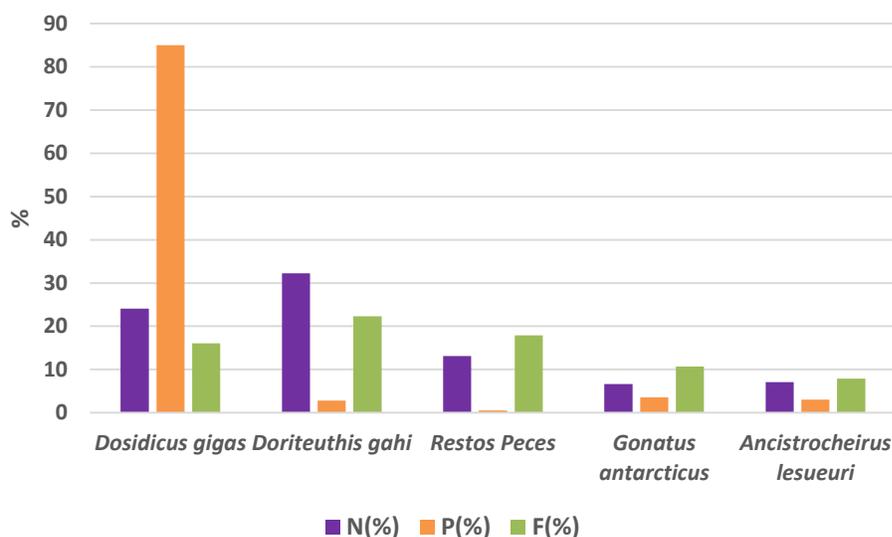
El peso total de las presas fue 225 532,1 g., siendo los cefalópodos los que aportaron casi la totalidad de masa (99,07%) a comparación de los peces (0,93%). Las especies de cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (85,03%), *G. antarcticus* (3,52%) y *A. lesueurii* (3,01%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que más aportó, con un 0,34% de peso (Figura 10).

El número total de presas fue de 846, siendo los cefalópodos los que más individuos aportaron (83,57%) a comparación de los peces (16,43%). Las especies de cefalópodos con mayor valor porcentual de individuos fueron: *D. gahi* (32,27%), *D. gigas* (24,11%) y *A. lesueurii* (7,09%); mientras que *E. ringens* fue la especie de pez con mayor aporte

porcentual (2,25%). Cabe precisar que los restos de peces presentaron una cantidad equivalente al 13,12% del total (Figura 10).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (78,93%) a comparación de los peces (21,07%), siendo los de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (22,33%), *D. gigas* (16,04%) y *G. antarcticus* (10,69%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie la especie de pez con mayor ocurrencia con 1,57%. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 17,92% (Figura 10).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 91,85%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 8,15%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (58,08%), *D. gahi* (25,52%) y *G. antarcticus* (3,53%), mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *E. ringens*, con 0,09%.



**Figura 10.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por individuos machos de *S. zygaena* en el norte del Perú durante el 2015.

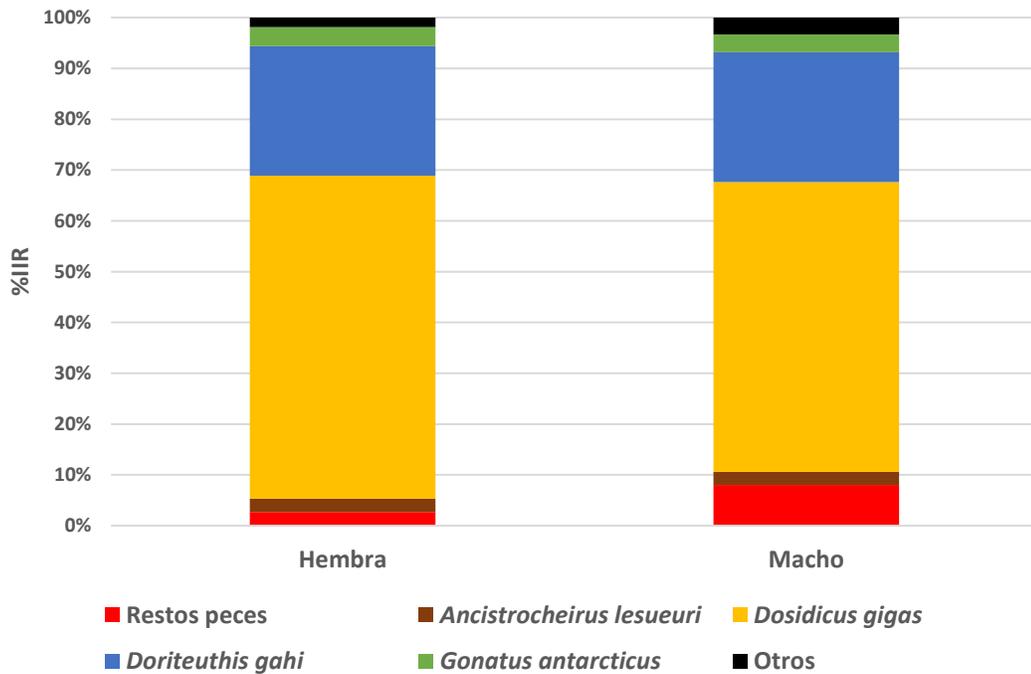
### 7.5.3 Comparando el Valor-*p* e IIR (%) de machos y hembras

El Valor-*p* que se obtuvo fue de 0,059, indicando que no existen diferencias significativas en la dieta entre sexos (Tabla 4).

**Tabla 4.** R-Estadístico y Valor-*p* según la disimilaridad de las hembras y los machos de *S. zygaena* durante el 2015 en el norte del Perú.

Sexo	R-Estadístico	Valor- <i>p</i>
Hembra - Macho	-0,001	0,509

Según el IIR (%) se determinó que las dieta de las hembras y machos de *S. zygaena* no presentaron diferencias significativas entre ellos (Figura 11).



**Figura 11.** Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según el sexo durante el 2015 en el norte del Perú.

## 7.6 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LA ÉPOCA

### 7.6.1 Espectro trófico en la época cálida

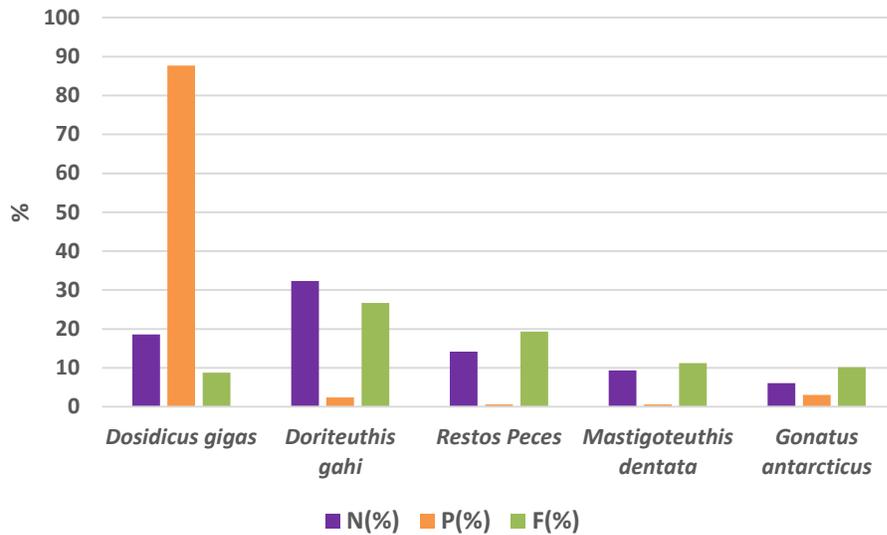
Se recolectaron 207 estómagos de *S. zygaena* durante la época cálida, los cuales presentaron 13 distintos tipos de ítem presa.

El peso total de las presas fue 274 073,3 g., siendo los cefalópodos los que más masa aportaron (99,54%) a comparación de los peces (0,46%). Las especies de cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (87,70%), *A. lesueurii* (3,66%) y *G. antarcticus* (3,01%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que más aportó, con un 0,22% de peso (figura 12).

El número total de presas fue de 771, siendo los cefalópodos los que más individuos aportaron (84,44%) a comparación de los peces (15,56%). Las especies de cefalópodos con mayor valor porcentual de individuos fueron: *D. gahi* (32,30%), *D. gigas* (18,55%) y *M. dentata* (9,34%); mientras que *E. ringens* fue la especie de pez con mayor aporte porcentual (0,78%). Cabe precisar que los restos de peces presentaron una cantidad equivalente al 14,14% del total (Figura 12).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (78,6%) a comparación de los peces (21,4%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (26,67%), *M. dentata* (11,23%) y *G. antarcticus* (10,18%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie la especie de pez con mayor ocurrencia con 1,4%. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 19,3% (Figura 12).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 88,75%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 11,25%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (37,58%), *D. gahi* (37,27%) y *M. dentata* (4,5%), mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *M. gayi peruanus*, con 0,05%.



**Figura 12.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* la época cálida en el norte del Perú durante el 2015.

### 7.6.2 Espectro trófico en la época fría

Se recolectaron 89 estómagos de *S. zygaena* durante la época fría, los cuales presentaron 18 distintos tipos de ítem presa.

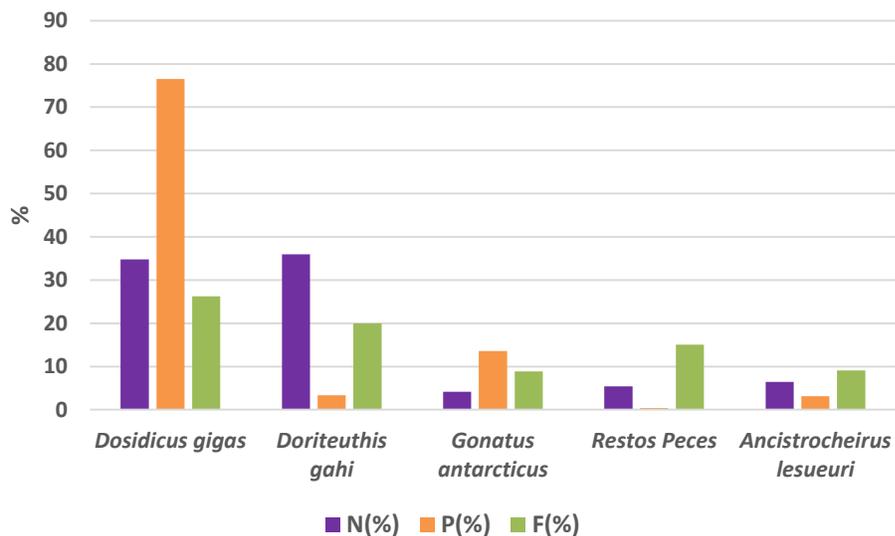
El peso total de las presas fue 408 201,3 g., siendo los cefalópodos los que más masa aportaron (99,42%) a comparación de los peces (0,58%). Las especies de cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (76,48%), *G. antarcticus* (13,57%) y *D. gahi* (3,37%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que más aportó, con un 0,1% de peso (figura 13).

El número total de presas fue de 1310, siendo los cefalópodos los que más individuos aportaron (90,76%) a comparación de los peces (9,24%). Las especies de cefalópodos con mayor valor porcentual de individuos fueron: *D. gahi* (35,95%), *D. gigas* (34,81%) y *A. lesueurii* (6,41%); mientras que *E. ringens* fue la especie de pez con mayor aporte

porcentual (2,67%). Cabe precisar que los restos de peces presentaron una cantidad equivalente al 5,42% del total (Figura 13).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (81,3%) a comparación de los peces (18,7%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gigas* (26,23%), *D. gahi* (20%) y *A. lesueurii* (9,09%); mientras que *M. gayi peruanus* y *E. ringens* fueron las especies de peces con mayor ocurrencia, con 1,3% cada una. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 15,06% (Figura 13).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 97,74%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 2,26%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (71,53%), *D. gahi* (19,27%) y *G. antarcticus* (3,83%), mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *E. ringens*, con 0,09%.



**Figura 13.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* la época fría en el norte del Perú durante el 2015.

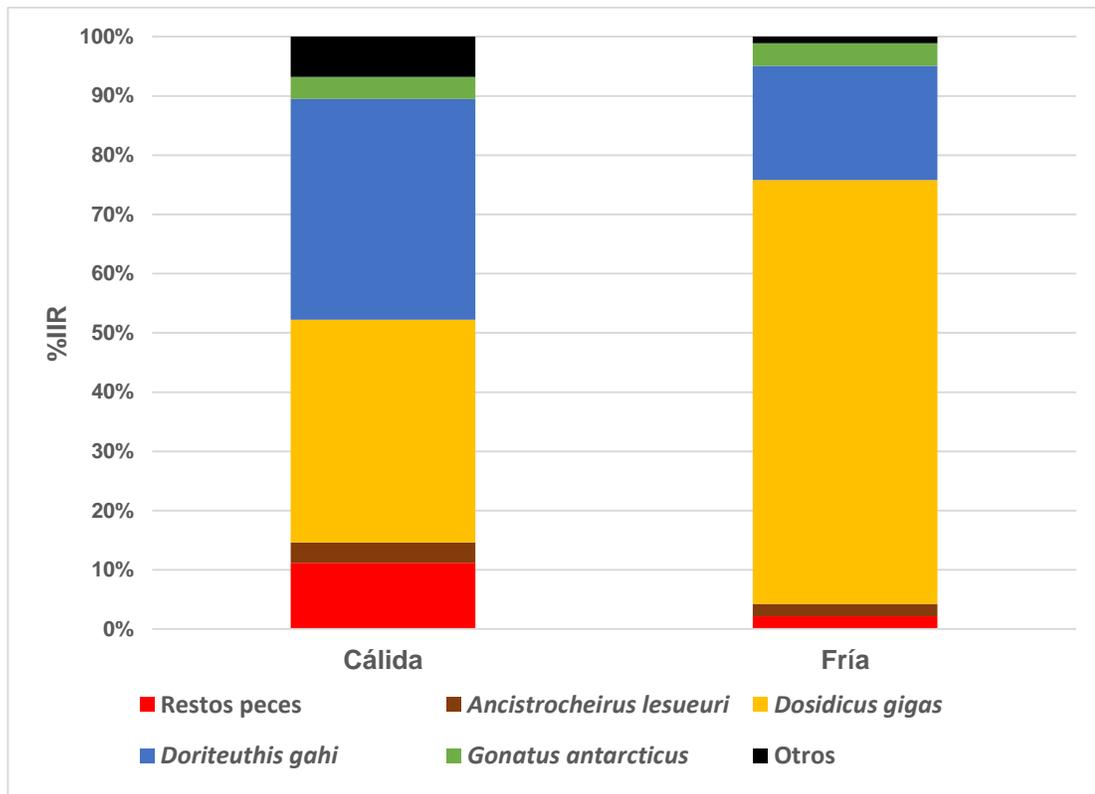
### 7.6.3 Comparando Valor-*p* e IIR (%) de las épocas cálida y fría

El Valor-*p* que se obtuvo fue de 0,001, indicando que si existen diferencias significativas en la dieta entre las épocas cálida y fría (Tabla 5).

**Tabla 5.** R-Estadístico y Valor-*p* según la disimilaridad de las épocas cálida y fría en *S. zygaena* durante el 2015 en el norte del Perú.

Época	R-Estadístico	Valor- <i>p</i>
Cálida - Fría	0,172	0,001

Según el porcentaje del Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) se determinó que la dieta del *S. zygaena* en las épocas cálida y fría no presenta diferencias marcadas entre ellas, siendo el *D. gigas* y el *D. gahi* las especies más consumidas (Figura 14).



**Figura 14.** Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según su la época (Cálida o Fría) durante el 2015 en el norte del Perú.

## 7.7 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL ÁREA

### 7.7.1 Espectro trófico en el área norte

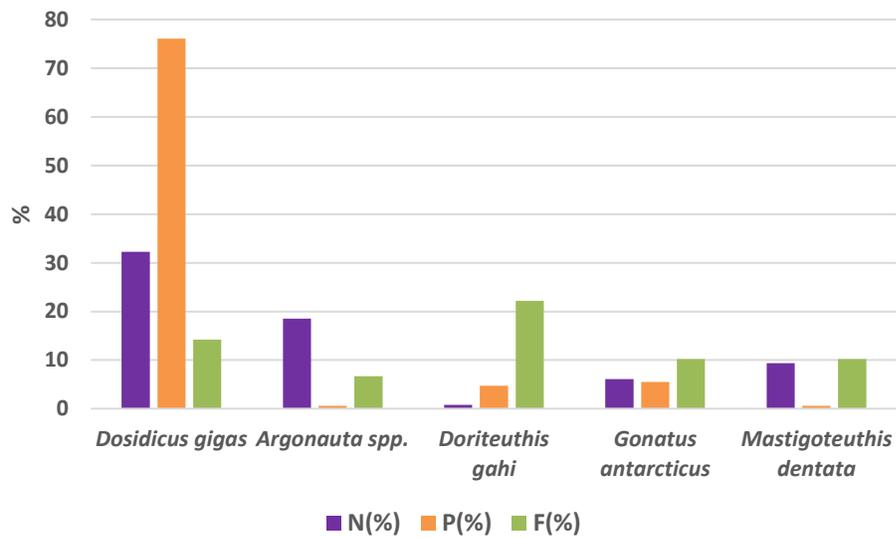
Se recolectaron 164 estómagos de *S. zygaena* en el área norte, los cuales presentaron 13 distintos tipos de ítem presa.

El peso total de las presas fue 86 836,4 g., siendo los cefalópodos los que más masa aportaron (98,47%) a comparación de los peces (1,53%). Los cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (76,08%), *G. antarcticus* (5,53%) y *A. lesueurii* (5,5%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que más peso aportó, con un 0,4% del total (figura 15).

El número total de presas fue de 513, siendo los cefalópodos los que aportaron el 76,13% de presas, frente al 23,87% que aportaron los peces. Los cefalópodos con mayor aporte de individuos fueron: *D. gigas* (32,30%), *D. gahi* (18,55%) y *M. dentata* (9,34%); mientras que *S. sagax* fue la especie de pez con más aporte (14,14%). Cabe precisar que los restos de peces presentaron una cantidad equivalente al 1,17% del total (Figura 15).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron una ocurrencia del 79,56%, a comparación de los peces (20,44%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (22,22%), *D. gigas* (14,22%) y *G. antarcticus* junto con *M. dentata*, teniendo ambos un 10,22% respectivamente; mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez con mayor ocurrencia, con 0,89%. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 18,67% (Figura 15).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 97,57%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 2,43%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (71,34%), *Argonauta spp.* (5,73%) y *D. gahi* (5,66%); mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *S. sagax*, con 0,29%.



**Figura 15.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* en el área norte del norte del Perú durante el 2015.

### 7.7.2 Espectro trófico en el área sur

Se recolectaron 132 estómagos de *S. zygaena* en el área sur, los cuales presentaron 16 distintos tipos de ítem presa.

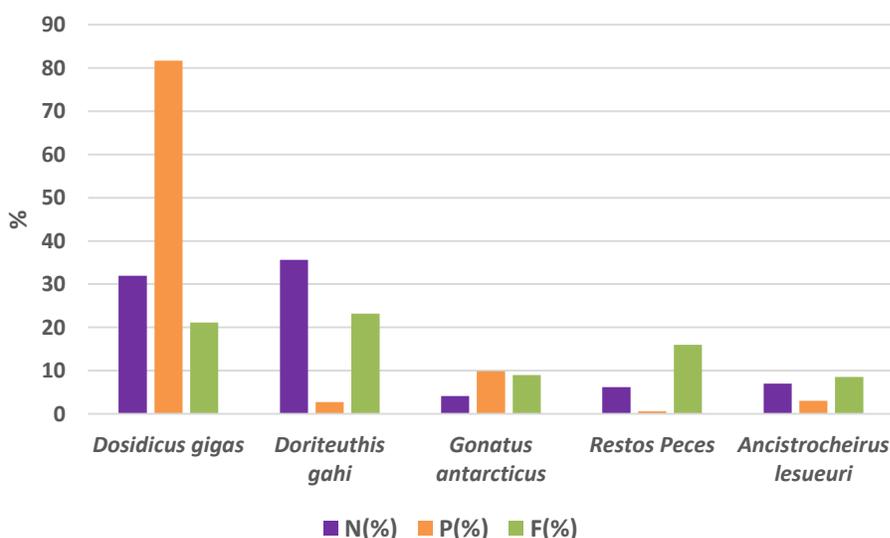
El peso total de las presas fue 595 438,3 g., siendo los cefalópodos los que aportaron casi la totalidad de la masa (99,62%) a comparación de los peces (0,38%). Los cefalópodos con mayor porcentaje de peso fueron: *D. gigas* (81,70%), *G. antarcticus* (9,89%) y *A. lesueuri* (3,04%); mientras que *M. gayi peruanus* fue la especie de pez que más aportó, con un 0,11% de peso (figura 16).

El número total de presas fue de 1568, siendo los cefalópodos los que más individuos aportaron (90,43%) a comparación de los peces (9,57%). Las especies de cefalópodos con más abundantes fueron: *D. gahi* (35,59%), *D. gigas* (31,95%) y *A. lesueurii* (7,02%); mientras que *E. ringens* fue la especie de pez con mayor número de presas

(2,61%). Cabe precisar que los restos de peces presentaron una cantidad equivalente al 6,19% del total (Figura 16).

Con respecto a la ocurrencia o aparición de las especies presas, los cefalópodos tuvieron un mayor porcentaje de ocurrencia (80,45%) a comparación de los peces (19,55%), siendo las especies de cefalópodos más frecuentes: *D. gahi* (23,15%), *D. gigas* (21,12%) y *G. antarcticus* (8,99%); mientras que *M. gayi peruanus* y *E. ringens* fueron los peces con mayor ocurrencia, con 1,57% cada una. Asimismo, los restos de peces presentaron una ocurrencia del 15,96% (Figura 16).

Según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IIR (%)), el grupo de mayor importancia fueron los cefalópodos con 97,06%, a comparación de los peces que presentaron una importancia de 2,94%. Las especies de cefalópodos presa más importantes fueron: *D. gigas* (65,59%), *D. gahi* (24,22%) y *G. antarcticus* (3,45%) y; mientras que la especie de pez con mayor importancia fue *E. ringens*, con 0,11%.



**Figura 16.** Valores de P (%), N (%) y FO (%) de las especies presa más consumidas por *S. zygaena* en el área sur del norte del Perú durante el 2015.

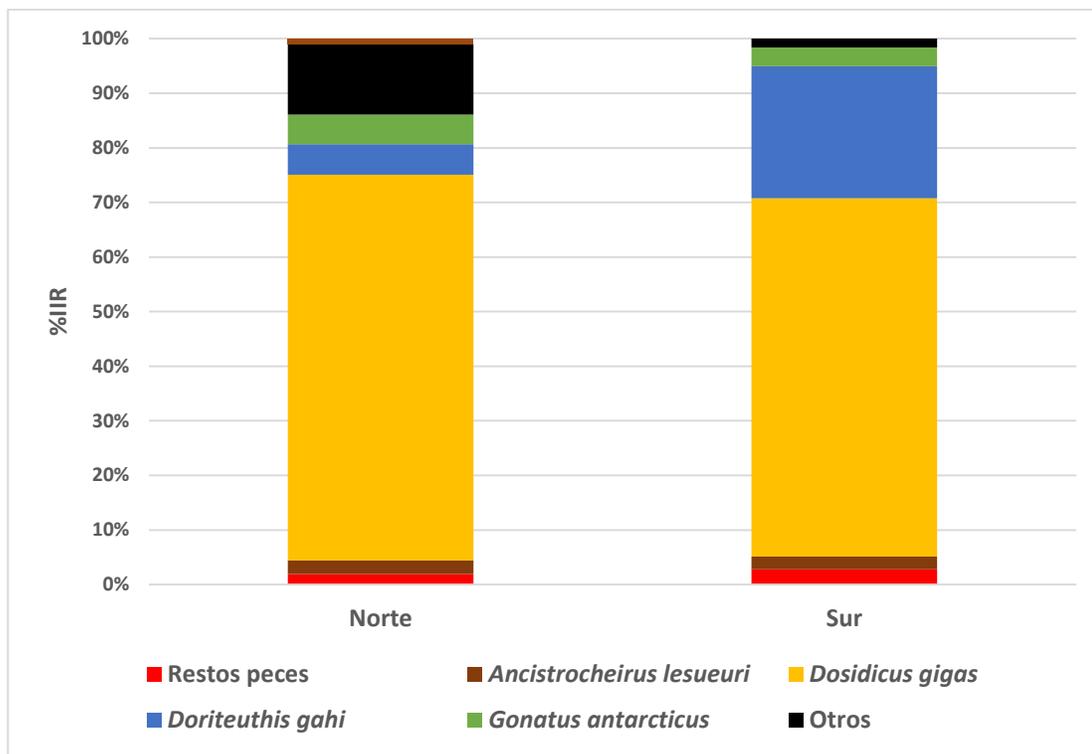
### 7.7.3 Comparando Valor-*p* e IIR (%) de las áreas norte y sur

El Valor-*p* que se obtuvo fue de 0,188, lo cual indica no existen diferencias significativas en la dieta entre las áreas norte y sur (Tabla 6).

**Tabla 6.** R-Estadístico y Valor-*p* según la disimilaridad de las áreas norte y sur en de *S. zygaena* durante el 2015 en el norte del Perú.

Área	R-Estadístico	Valor- <i>p</i>
Norte - Sur	0,015	0,188

Según el porcentaje del Índice de Importancia Relativa (IIR (%)) se determinó que la dieta del *S. zygaena* en las áreas norte y sur presenta diferencias no muy marcadas entre ellas. En ambas áreas *D. gigas* y *D. gahi* fueron las especies más consumidas, de forma más marcada en el área sur (Figura 17).



**Figura 17.** Índice de Importancia Relativa porcentual (IIR (%)) de las especies presa de mayor relevancia consumidas por individuos de *S. zygaena*, según el área de captura (Norte o Sur) durante el 2015 en el norte del Perú.

## 7.8 INDICES ECOLOGICOS

### 7.8.1 Diversidad de especies presas

Según las tallas, los ejemplares del rango de talla III tuvieron la mayor diversidad de presas, por el contrario, los ejemplares correspondientes al rango de talla IV tuvieron la menor diversidad de presas (Tabla 7).

Según el sexo, los machos tuvieron una diversidad de presas mayor a comparación de las hembras. También se determinó que en la época cálida las presas eran más diversas comparándolas con la época fría. Finalmente, las presas fueron más diversas en el área norte a comparación del área sur (Tabla 8).

### 7.8.2 Amplitud del nicho trófico

Según los valores obtenidos en cada una de las variables evaluadas, los tiburones martillo del norte del Perú son depredadores especialistas, debiéndose a que principalmente se alimentaron de los cefalópodos *D. gigas* y *D. gahi*.

Al comparar los ejemplares por rangos de tallas, se pudo determinar que los que integran el rango de talla II son los más especialistas; por el contrario, los que integran el rango de talla I son los menos especialistas (Tabla 6). Al comparar entre los componentes de las variables, en el caso del sexo, se determinó que las hembras son más especialistas que los machos. También se evidenció *S. zygaena* es más especialistas en la época fría a comparación de los ejemplares muestreados en la época cálida. Finalmente, los ejemplares del área sur mostraron un carácter más especialista que los ejemplares del área norte (Tabla 7).

**Tabla 7.** Amplitud del nicho trófico de *S. zygaena*, según los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Levin ( $B_i$ ), con relación a los rangos de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.

Índice / Variable	Tallas			
	I	II	III	IV
Shannon-Wiener	1,76	1,61	1,82	1,53
Levin	0,30	0,15	0,26	0,21

**Tabla 8.** Amplitud del nicho trófico de *S. zygaena*, según los índices de Shannon-Wiener ( $H'$ ) y Levin ( $B_i$ ), con relación al sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.

Índice / Variable	Sexo		Época		Área	
	Hembra	Macho	Cálida	Fría	Norte	Sur
Shannon-Wiener	1,80	1,96	2,00	1,74	1,96	1,81
Levin	0,19	0,30	0,38	0,17	0,37	0,21

### 7.8.3 Traslapamiento trófico

Según los rangos de tallas, los individuos que pertenecen a los rangos III y IV presentaron el mayor porcentaje de traslape (61,15%), a comparación de los individuos de los rangos I y IV, que presentaron el porcentaje más bajo de traslape (21,19%) (Tabla 9).

**Tabla 9.** Traslapamiento trófico de *S. zygaena*, según el índice de Similaridad Bray-Curtis, con relación a los rangos de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.

Índice / Variable	Tallas					
	I-II	I-III	I-IV	II-III	II-IV	III-IV
Bray-Curtis	54,99	42,95	21,19	41,72	35,52	61,15

Según el sexo, las presas que depredan las hembras y los machos son un 76,14% similares. Los ejemplares muestreados las épocas cálida y fría comparten la dieta en un 64,97%. Por último, y en menor porcentaje, los tiburones martillo de las áreas norte y sur comparten su dieta en 48,73%, significando que la diversidad de presas es distinta (Tabla 10).

**Tabla 10.** Traslapamiento trófico de *S. zygaena*, según el índice de Similaridad Bray-Curtis, con relación al sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.

Índice / Variable	Sexo	Época	Área
	Hembra-Macho	Cálida- Fría	Norte-Sur
Bray-Curtis	76,14	64,97	48,73

#### 7.8.4 Nivel Trófico

El tiburón martillo tuvo un nivel trófico de 4,7; cuyo valor es considerado alto y lo posiciona como un depredador tope. Los niveles tróficos obtenidos fueron distintos dependiendo de los factores de las variables evaluadas. En el caso de los rangos de talla, mientras los individuos de *S. zygaena* van creciendo, su nivel trófico también va aumentando, llegando a un tope de 4,72 en el rango de talla IV (Tabla 11).

En el caso de los sexos, las hembras obtuvieron un valor trófico de 4,7; siendo mayor al valor obtenido por los machos (4,74). Por otro lado, los ejemplares capturados en la época cálida obtuvieron un valor de 4,75; siendo mayor al valor 4,69 que obtuvo la época fría. Finalmente, los ejemplares capturados en el área sur presentaron un nivel

trófico de 4,72; el cual resultó mayor al 4,69 obtenido por los ejemplares capturados en el área norte (Tabla 12).

**Tabla 11.** Nivel trófico de *S. zygaena* según en rango de talla (Talla I: 55,2-82,2 cm, Talla II: 82,5-117 cm, Talla III: 117,6-190 cm, Talla IV: 230-294 cm), durante el 2015 en el norte del Perú.

NT/Variable	Tallas			
	I	II	III	IV
Nivel Trófico	4,55	4,69	4,76	4,72

**Tabla 12.** Nivel trófico de *S. zygaena* según las variables de sexo (macho y hembra), época (cálida y fría) y área (norte y sur), durante el 2015 en el norte del Perú.

NT/Variable	Sexo		Época		Área	
	Macho	Hembra	Cálida	Fría	Norte	Sur
Nivel Trófico	4,74	4,7	4,75	4,69	4,69	4,72

## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1 ESPECTRO TRÓFICO DE TIBURÓN MARTILLO

Dentro de las diversas investigaciones que se han realizado a nivel mundial sobre los tiburones, el estudio de la ecología trófica es una de las más aplicadas. En el presente estudio se trabajó con un total de 296 estómagos de *S. zygaena*, cuyo número es superior a lo sugerido en el 2014 por Baker *et al.*; quienes indican que a partir de 100 muestras de estómagos se puede considerar un número adecuado para caracterizar una dieta.

Del total de estómagos analizados, el 12,5% (37 estómagos) se encontraban vacíos, siendo una limitante en el presente estudio, pero aun así es un porcentaje menor a lo reportado en otros estudios, como el de Ochoa-Díaz (2009), el cual tuvo un 60% de estómagos vacíos; y al de Bolaño (2009), que presentó estómagos vacíos en porcentajes de 32%, 16% y 20% correspondientes a los años de recolecta de 2004, 2007 y 2008, respectivamente.

Esta limitación tiene relación con diversos factores como, por ejemplo, el tiempo en que el animal permanece enredado en el mar, y el tipo de arte de pesca (Cortés 1997), siendo el más utilizado en el norte de Perú las redes de tipo cortina de flote (Castañeda 2001, González-Pestana 2014). Este arte de pesca genera mucho estrés al tiburón martillo haciendo que se enrede fuertemente ocasionándole diversas heridas y estrangulamiento (Manire *et al.* 2001), que finalmente pueden ocasionar que regurgite el alimento previamente consumido. No obstante, la red de cortina de flote es un mejor método de muestreo para estudios de contenido estomacal porque es más eficiente y confiable que la pesca con espinel (Bethea 2007, Medved *et al.* 1985), ya que los

estudios que utilizan el anzuelo presentan un alto porcentaje de contenidos estomacales vacíos (Graeber 1974).

La dieta de *S. zygaena* estuvo compuesta principalmente por cefalópodos y, en menor cantidad, de teleósteos, por tal motivo la mayoría de las presas se encontraban en estadios avanzados de digestión, debido a que el tejido blando de los cefalópodos es altamente digerible, siendo caso contrario lo que ocurre con sus picos, los cuales están formados de quitina y presentan una tasa de digestión muy lenta (Hernández- García 1995).

En el presente estudio, según el Índice de Importancia Relativa Porcentual (IRI (%)), el grupo más importante que formó parte de la dieta del tiburón martillo fueron los cefalópodos. Este resultado concuerda con diversos estudios realizados en distintas partes del mundo donde también se afirma que la dieta de *S. zygaena* estuvo compuesta principalmente de cefalópodos (Smale 1991, 1998, Castañeda 2004, Estupiñán-Montaño 2005, Bolaño 2009, Ochoa-Díaz 2009, González-Pestana 2014).

De los dieciocho tipos de presas identificadas, las especies más importantes, según el IIR (%), fueron los cefalópodos *D. gigas*, *D. gahi* y *G. antarcticus*; Lo cual coincide con lo reportado por Smale (1991, 1998) que indicó que las familias de cefalópodos Loliginidae y Ommastrephidae fueron las más consumidas. Del mismo modo, Estupiñán-Montaño (2005) y Bolaño (2009), en Ecuador, y Galván-Magaña *et al.* (2013), en México, reportaron que *D. gigas* también formaba parte principal de la dieta del tiburón martillo, sin embargo, en una investigación realizada en el Golfo de México también por Galván-Magaña *et al.* En 1989, indicaron que, a diferencia de otras investigaciones, la dieta del tiburón martillo estuvo compuesta principalmente por el pez *Strongylura exilis*, la raya *Aetobatus narinari*, y los cefalópodos *Histioteuthis heteropsis* y *O. banksii*.

En el Perú, González-Pestana (2014) documentó que los tiburones martillo consumieron principalmente *D. gahi*, *M. dentata* y *D.gigas*, especies que también fueron identificadas en el presente estudio como las más consumidas, a excepción de *M. dentata*. Cabe resaltar que, a pesar de que la investigación de González- Pestana (2014) y el presente estudio fueron realizados en la misma región y en años cercanos, la especie más importante, según el IIR (%), no fue la misma, siendo *D. gahi* el más importante en el estudio de González- Pestana (2014), y *D.gigas* el más importante en el presente estudio. Esto se puede deber a que el total de las muestras obtenidas por González- Pestana (2014) fueron de individuos que oscilaban entre 56 a 139 cm LT, los cuales presentan carácter costero; mientras que en el presente estudio los individuos muestreados tenían un rango de 55.2 a 294 cm LT, presentando caracteres tanto costeros como oceánicos, según su estado de madurez. Además, cabe precisar que, en el presente estudio, *D. gahi* es la especie más importante entre las tallas I y II, cuyos rangos oscilan entre los 55.2 y 117 cm LT, siendo similares a los rangos de tallas que presentó González- Pestana (2014).

Así mismo, Castañeda (2001) mencionó que los *S. zygaena* capturados en San José (Lambayeque) se alimentaron principalmente del pez *M. gayi peruanus* y de los cefalópodos *Loligo sp.* y *D.gigas*, los cuales a excepción de *Loligo sp.*, son especies halladas en la presente investigación.

Por otro lado, se determinó que *S. zygaena* es una especie especialista en cefalópodos, lo cual corrobora lo afirmado por Castañeda (2004), Estupiñán-Montaño (2005), Bolaño (2009), Ochoa-Díaz (2009) y González-Pestana (2014), quienes también afirman que *S. zygaena* es una especie especialista, posiblemente debido al principal consumo de ciertas especies de cefalópodos en sus estudios realizados.

Finalmente, cabe precisar que una de las principales limitaciones en el presente estudio fue la determinación de los restos de peces, los cuales presentaron una importancia de 4,58% en la dieta de *S. zygaena*, y en la gran mayoría de estómagos se encontraban en

un avanzado nivel de digestión, incluido los otolitos, haciendo la identificación una labor muy complicada e imposible en muchos casos.

## **8.2 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LAS TALLAS**

De la totalidad de individuos de *S. zygaena* muestreados, el 96.62% (286 individuos) fueron juveniles; resultado similar a mencionado en otros estudios realizados en Perú (González-Pestana 2014), Ecuador (Bolaño 2009; y Estupiñán-Montaño 2005) y México (Ochoa-Díaz 2009), donde también afirmaron que la pesca de *S. zygaena* está constituida principalmente por individuos juveniles. Esto se puede deber a que el norte del Perú es una zona de reclutamiento y crecimiento de *S. zygaena* juveniles, en donde las hembras preñadas llegan entre los meses de diciembre y enero a parir (Castañeda 2001, González-Pestana 2014).

Los juveniles del primer rango de talla (55,2 - 82,2 cm) consumieron principalmente especies costeras como *D. gahi*, *M. dentata* y *D. gigas*, así como diversos restos de peces. A partir del rango II, y conforme el tiburón va aumentando de tamaño, se evidenció un cambio marcado en la dieta, aumentando el consumo de *D. gigas* y disminuyendo el de *D. gahi* y de restos de peces. Este comportamiento también fue evidenciado en el estudio de González-Pestana (2014) donde menciona que los *S. zygaena* juveniles se alimentan predominantemente de *D. gahi*, mientras que las tallas mayores empiezan a consumir *D. gigas* en mayores cantidades.

De igual forma, en Ecuador, Estupiñán-Montaño (2005) y Bolaño (2009) reportaron el consumo de especies relacionadas a hábitats costeros por parte de juveniles de *S. zygaena*, siendo estas especies *L. diomedae*, *S. oualaniensis* y *D. gigas*. Así mismo, Ochoa-Díaz (2009) en México y Smale (1991) en Sudáfrica, también encontraron que

los juveniles habitaban en las costas donde se alimentaban primordialmente de calamares costeros y peces.

Con respecto a los adultos, sólo el 3,38% (10 individuos) fueron considerados como tales, tomando como referencia la talla mínima de 230 cm de longitud total establecida por Castañeda (2001). La poca cantidad de estómagos de individuos adultos obtenidos dificulta la idoneidad para realizar un análisis como el propuesto en el presente estudio. Esta limitación se puede deber a que las áreas de muestreo son zonas de crianza de *S. zygaena* juveniles, cuyo carácter es costero y por ende más susceptibles a ser capturados por las pesquerías (González-Pestana 2014), a diferencia de los adultos, que presentan hábitos más oceánicos. Cabe señalar que estas limitaciones se presentan en la mayoría de los estudios de ecología trófica de esta especie.

A pesar de las limitaciones en el número de muestras, se pudo evidenciar que los adultos de *S. zygaena* se alimentaron predominantemente de *D. gigas*, seguido en menores proporciones de *A. lesueurii* y *T. rhombus*. Esto se puede deber a que estos cefalópodos, en estadíos adultos, pueden ser hallados en zonas oceánicas, pudiendo poseer tamaños considerablemente mayores a los cefalópodos encontrados cerca a la costa, y así cumplir las necesidades alimenticias de tiburones de mayor tamaño (Jerep 2010). Asimismo, Ibáñez *et al.* (2015) reportaron una hipótesis sobre la historia de vida de *D. gigas*, la cual menciona que los juveniles nacen en aguas oceánicas de Chile, luego se acercan a las costas para alimentarse y crecer, y posteriormente regresar a aguas oceánicas. Esto concuerda con lo expuesto en el presente estudio, corroborando la presencia de *D. gigas* en la dieta de *S. zygaena* tanto en juveniles como adultos.

A pesar de que el estudio de González-Pestana (2014) no presentó individuos adultos, señaló que, al igual que en presente estudio, las preferencias alimenticias de *S. zygaena* cambiaron hacia un consumo de especies más oceánicas (*D. gigas*, *A. lesueurii* y *Ommastrephes bartrami*) mientras los juveniles iban creciendo. De forma similar, Estupiñán-Montaño (2005), Galván-Magaña *et al.* (1989) y Ochoa-Díaz (2009)

también mencionan que, la dieta de los adultos estuvo dominada por especies que presentan caracteres oceánicos como *D. gigas*, *Histioteuthis spp.*, *Onychoteuthis banksii* y *A. lesueurii*.

Sin embargo, Smale (1991) registró que el pez *Merluccius capensis*, y los cefalópodos *L. v. reynaudii*, *Lycoteuthis diadema* y la familia Ommastrephidae formaban parte principal de la dieta de *S. zygaena* adultos. Estas especies son distintas a las mencionadas en el presente estudio, pudiéndose deber a que la investigación de Smale (1991) fue realizada en mares sudafricanos.

Finalmente, se pudo evidenciar las tallas III y IV presentaron el mayor porcentaje de traslapamiento entre sus dietas (61,15%), posiblemente debido al principal consumo de *D. gigas* por parte de los tiburones. Por el contrario, las tallas I y IV presentaron el menor porcentaje de traslapamiento entre sus dietas (21,19%) debido a la predominancia de *D. gahi* en la dieta de la talla I, a diferencia de la predominancia de *D. gigas* en la talla IV, debido a su carácter más oceánico. Asimismo, se evidenció que los juveniles fueron depredadores más generalistas que los adultos, pudiéndose deber a que posiblemente les bastaba con alimentarse de diversas especies pequeñas encontradas en abundancia cerca a la costa y no tuvieron la necesidad de buscar alimento en presas grandes, como en el caso de los adultos, para así poder cubrir sus altos requerimientos energéticos.

### **8.3 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL SEXO**

Las especies más consumidas por las hembras y los machos fueron *D. gigas*, *D. gahi*, *G. antarcticus* y *A. lesueurii*, además, ambas dietas no presentaron diferencias significativas en el presente estudio. Estos resultados son similares a lo presentado por Castañeda (2001) y Bolaño (2009), afirmando que ambos sexos tampoco presentaron diferencias significativas.

Con respecto a las principales especies presa, al igual que en la presente investigación, González-Pestana (2014) también reportó a *D. gahi* y *D. gigas* entre las más consumidas por ambos sexos, siendo *D. gigas* también reportada entre las principales presas de ambos sexos por Castañeda (2001), Estupiñán-Montaño (2005), Bolaño (2009) y Ochoa-Díaz (2009).

También se pudo evidenciar que las hembras fueron más especialistas que los machos, resultado que afirma lo mencionado por Ochoa-Díaz (2009) y González-Pestana (2014), pero discrepa lo dicho por Estupiñán-Montaño (2005), que afirma que los machos fueron más especialistas que las hembras.

Por último, el traslape entre las dietas de hembras y machos fue alto (76,14%), pudiéndose deber al principal consumo de *D. gigas* y *D. gahi*. Así mismo, el traslape de las dietas entre los sexos fue mayor al presentado por González-Pestana (2014) en su estudio (66,4%), pero menor al que mencionó Estupiñán-Montaño (2005) en su investigación (85%).

#### **8.4 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN LA ÉPOCA**

La dieta de *S. zygaena* entre épocas si presentó diferencias significativas. En la época cálida se evidenció un consumo principal de *D. gigas*, *D. gahi* y *M. dentata*; mientras que en la época fría el consumo de presas estuvo constituido principalmente por *D. gigas*, *D. gahi* y *G. antarcticus*, pero son las demás especies consumidas en menores proporciones las que originan la principal diferencia. Estos resultados discrepan lo descrito por González-Pestana (2014), la cual afirma que, en la época cálida, el tiburón martillo se alimenta principalmente de *D. gahi* y *Peprilus spp.*, siendo el segundo una especie costera de aguas cálidas. Por otro lado, Estupiñán-Montaño (2005) señaló que la dieta entre épocas fue muy similar, donde las especies más consumidas en la época cálida fueron *D.gigas*, *S. oualaniensis* y *L. diomedae*; mientras que en la época fría

fueron *Auxis thazard*, *D. gigas* y *S. oualaniensis*, siendo el consumo de *D. gigas* lo más similar al presente trabajo.

El consumo de *D. gigas* por parte de los tiburones martillos tanto en épocas cálidas y frías, como se evidencio en el presente estudio, se pudo deber a que esta especie presenta una amplia distribución en el Pacífico Este, ubicándose desde el Golfo de California hasta el sur de Chile (Roper *et al.* 1894). Además, a nivel mundial este cefalópodo es considerado como el más capturado para fines comerciales, principalmente en países como Perú y México (Guilly *et al.* 2006), donde su abundancia es considerable. Por tales motivos se sugiere que su presencia en tanto la época cálida como fría se ajusta a estándares normales de su distribución. Por tal motivo, el porcentaje de traslapamiento entre época cálida y fría fue alta (64.97%), debiéndose a la abundancia de *D. gigas* en ambas épocas.

## 8.5 ESPECTRO TRÓFICO DEL TIBURÓN MARTILLO SEGÚN EL ÁREA

La dieta de *S. zygaena* entre las áreas norte y sur de la zona norte del Perú no presentó diferencias significativas, siendo muy similar entre ellas. Las especies más consumidas en el área norte fueron *D. gigas*, *Argonauta spp.* y *D. gahi*. También se pudo evidenciar una alta diversidad de presas que formaron parte de la dieta en esta área. En cambio, en el área sur, las principales presas estuvieron conformados por *D. gigas*, *D. gahi* y *G. antarcticus*. Resultados similares obtuvo González-Pestana (2014) en el área sur, en donde las especies más consumidas fueron *D. gigas*, *D. gahi* y *O. bartramii*; sin embargo, en el área norte reportó a la especie de pez *Peprilus spp* entre las principales especies consumidas. Sin embargo, Galván-Magaña *et al.* (2013) compararon las dietas entre *S. zygaena* de Manta en Ecuador, con las de Baja California en México, determinando que en ambas áreas estudiadas la principal dieta estuvo conformada por individuos de las familias Ommastrephidae y Ancistrocheiridae.

Finalmente, el traslapamiento entre la dieta del tiburón martillo en las áreas norte y sur fue de 48,73%, el cual es un porcentaje medio, pudiéndose deber a que los ejemplares del área sur fueron más especialistas en cefalópodos y se alimentaron de una mayor variedad de presas (16) a comparación de los ejemplares del área norte (13 presas).

## IX. CONCLUSIONES

- Juveniles de *S. zygaena* se alimentan principalmente de *D. gahi*; y mientras su tamaño va aumentando, se va alimentando predominantemente de *D. gigas*.
- *S. zygaena* presenta una dieta similar entre ambos sexos y ambas áreas, sin embargo, en la época cálida consumen una mayor variedad de presas que en la época fría.
- *S. zygaena* es un depredador especialista en gran medida de cefalópodos, y en menor proporción de peces, tanto en todos sus rangos de talla, como para ambos sexos, épocas y áreas.
- El traslapamiento entre las dietas según las tallas fue variado, siendo bajo entre las tallas I-IV, medio entre las tallas I-II, I-III, II-III y II-IV, y alto entre las tallas III-IV. Así mismo, el traslapamiento entre los componentes de las variables sexo y época fue alto, sin embargo, el traslape fue medio entre los componentes del área.
- *S. zygaena* es considerado un depredador tope en el norte del Perú, participando en la función reguladora de cefalópodos, principalmente de *D. gigas*, la cual es una especie de alto interés comercial en el país.
- Los cefalópodos *D. gigas* y *D. gahi* son especies presa predilectas en *S. zygaena*, las cuales fueron consumidas en todos los rangos de tallas evaluados.

## **X. RECOMENDACIONES**

Un complemento necesario para el estudio de contenidos estomacales sería el análisis de isotopos estables, el cual permite conocer de forma más específica la posición trófica del tiburón martillo en el ecosistema marino.

Debido a su carácter migratorio y oceánico, es difícil obtener muestras de ejemplares adultos, por tal motivo se recomienda enfocar estudios sobre sus hábitos alimenticios en el norte del Perú, a fin de complementar los estudios realizados con ejemplares juveniles. Del mismo modo, la realización de estudios sobre el hábitat, edad, crecimiento y reproducción, así como evaluaciones en los principales desembarcaderos de esta especie y las zonas donde más se capturan, son necesarios para ampliar los conocimientos sobre el tiburón martillo en el Perú.

Si bien existen investigaciones de esta especie en el norte del Perú, el vacío de información de la biología básica del tiburón martillo en el centro y sur del Perú sigue siendo muy escasa, haciendo de carácter necesario fomentar estas investigaciones a fin de ampliar el conocimiento del comportamiento y distribución de esta especie a lo largo del país, y poder comparar con los estudios realizados y aplicar las medidas necesarias para su conservación.

Del mismo modo, también es necesario elaborar y ejecutar medidas de regulación complementarias a las ya establecidas para salvaguardar el este recurso pesquero con el fin de tener un manejo pleno de la explotación del recurso a futuro.

Por otro lado, al igual que el tiburón martillo, existen otras especies de tiburones con importancia comercial de los cuales no se ha realizado investigaciones sobre su biología básica y que también están siendo fuertemente explotadas a nivel nacional, por tal motivo es necesario impulsar los estudios correspondientes, en diferentes épocas del año, para determinar sus hábitos y elaborar planes de manejo y conservación.

## XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar CA. Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el golfo de California. [Tesis Maestría]. La Paz, México: Cien. Cicimar; 2003.

Alfaro-Shigueto J. Servicio de consultoría para el levantamiento de información de la pesca de tiburones en la zona norte del país. Ministerio del Ambiente- Oficina General de Administración. Lima, Perú; 2014. Informe final de consultoría Nr. 058-2014-MINAM-OGA.

Anislado-Tolentino V. Ecología pesquera del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el litoral del estado de Michoacán, México. [Tesis de maestría]. Facultad de Ciencias, UNAM. 2000. P. 145.

Baigorri A; Polo C. Espectro trófico de dos especies de tiburón zorro, *Alopias pelagicus* y *Alopias superciliosus* en la playa de Tarqui, Manta, Ecuador. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano; 2004. P.133.

Baker R, Buckland A, Sheaves M. Fish gut content analysis: robust measures of diet composition. Fish. Fish 2014; 15(1): 170-177

Bethea DM, Hale L, Carlson JK, Cortés E, Manire CA, Gelsleichter J. Geographic and ontogenetic variation in the diet and daily ration of the bonnethead shark, *Sphyrna tiburo*, from the eastern Gulf of Mexico. Marine Biology 2007; 152: 1009–1020.

Bloom SA. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. Marine Ecology Progress Series 1981; 5: 125-128.

Bolaño N. Ecología Trófica del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas ecuatorianas. [Tesis de Maestría]. La Paz (México): Instituto Politécnico Nacional; 2009.

Bonfil R. Overview of World Elasmobranch Fisheries. Rome (Italy): FAO; FAO Fish Tech Pap No. 341. 1994. P.119.

Cailliet GM, Bedford DW. The biology of three pelagic sharks from California waters, and their emerging fisheries: a review. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports 1983; 26:57-69.

Castañeda J. Biología y Pesquería del tiburón martillo (*S. zygaena*) en Lambayeque, 1991-2000. Informe Progresivo. IMARPE 2001; 139: 17-32.

Castañeda J, Sandoval L. Hábitos alimentarios de los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1838) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en el Pacífico Ecuatoriano. [Tesis de Licenciatura]. Bogotá, Colombia: Universidad Jorge Tadeo Lozano; 2004.

Castro J. The sharks of North America waters. Texas (USA): A & M University Press, College Station. 1983. P.180.

Cheung GCK, Chang CY. Cultural identities of Chinese business: networks of the shark fin business in Hong Kong. Asia Pacific Business Review 2011; 17(3): 343-359.

Chirichigno N. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Lima, Perú: Instituto del Mar del Perú 1998.

Chirichigno N, Cornejo RM. 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Lima, Perú: Instituto del Mar del Perú 2001; P. 314.

Clarke KR. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 1993; 18: 117-143.

Clarke MA. Handbook for the Identification of cephalopod beaks. Plymouth, United Kingdom: Clarendon Press 1986.

Clarke SC, McAllister MK, Milner-Gulland EJ, Kirkwood GP, Michielsens CGJ, Agnew DJ, Pikitch EK, Nakano H, Shivji MS. Global Estimates of Shark Catches using Trade Records from Commercial Markets. *Ecology Letters* 2006; 9: 1115-1126.

Clothier CR. A key to some southern California fishes based on vertebral characters. *California. Fish and Game*; 1950. *Fish. Bulletin* 79: 1-83.

Compagno, LJV. Check list of living elasmobranches; pp. 503-548, in: W.C. Hamlett (ed.) *Reproductive Biology and Phylogeny of Chondrichthyes: Sharks, batoids and chimaeras*. Science Publishers: Enfield, USA; 2005.

Cornejo R, Velez-Zuazo X, González-Pestana A, Kouri C, Mucientes G. An updated checklist of Chondrichthyes from southeast Pacific off Peru 2015, 11(6); 1-7.

Cortés E. 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* 1997; 54: 726-738.

Cortés E. Standardized diet composition and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 1999; 56: 707-717.

Defeo O, Horta S, Carranza A, Lercari D, de Álava A, Gómez J, Martínez G, Lozoya JP, Celentano E. Hacia un Manejo Ecosistémico de Pesquerías. *Áreas Marinas Protegidas en Uruguay*. Facultad de Ciencias-DINARA, Montevideo; 2009. P.122.

Diario El Peruano. Establecen temporada de pesca del recurso tiburón martillo a nivel nacional. RM N° 008-2016-PRODUCE. 2016.

Dunning MC, Clarke MR, Lu CC. Cephalopod in the Diet of Oceanic Sharks Caught off Eastern Australia. Recent advances in cephalopod fisheries biology. Tokai University Press 1993; p.119-131.

Ebert DA. The sharks, rays and chimaeras of California. California: University of California Press. 2003.

Espinoza, P. 2014. Trophic dynamics in the northern Humboldt Current system: insights from stable isotopes and stomach content analyses. [Tesis de Doctorado]. Brest, Francia: Université de Bretagne Occidentale; 2014. P. 422.

Estupiñán-Montaña C, Cedeño L. Estudio de los hábitos alimenticios mediante el análisis del contenido estomacal del tollo mico *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) y los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith 1834) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus 1758) en el área de Manta – Ecuador. Manta, Ecuador. [Tesis de Licenciatura]. Manabí, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro; 2005.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma; 2014. P. 253.

Froese R, Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org) 2015.

Galván-Magaña F. Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental. Proyecto de Investigación. Departamento de Pesquerías y Biología Marina. [Tesis de Doctorado]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Ensenada, Baja California, México. 1999. P.212.

Galván-Magaña MF, Nienhuis HJ, Klimley AP. Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, México. *California Fish and Game* 1989; 75(2): 74-84.

García-Godos I. Patrones Morfológicos del otolito Sagitta de algunos peces óseos del mar peruano. *Boletín del Instituto del Mar del Perú* 2001; 20:1-2.

González-Pestana A. Ecología trófica y Área de crianza del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en la zona norte del Perú. [Tesis de Licenciatura]. Lima, Perú: Universidad Científica del Sur; 2014. P.92.

González-Pestana A, Kouri J. C and Velez-Zuazo X. Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru, 2014; 3:164.

Graeber RC. Food intake patterns in captive juvenile lemon sharks, *Negaprion brevirostris*. *Copeia* 1974; 1974: 554–556.

Griffin, E; Miller, KL; Freitas, B; Hirshfield, M. 2008. Predators as prey: why healthy oceans need sharks [Internet]. OCEANA. 2008 Julio [citado 2015 Mayo]. Disponible en:  
[http://oceana.org/sites/default/files/reports/Predators\\_as\\_Prey\\_FINAL\\_FINAL1.pdf](http://oceana.org/sites/default/files/reports/Predators_as_Prey_FINAL_FINAL1.pdf)

Gilly WF, Markaida U. Perspectives on *Dosidicus gigas* in a changing world. En: Olson RJ, Young JW, editores. *The Role of Squid in Open Oceans Ecosystems*. Honolulu, Hawaii (USA): Rep GLOBEC-CLIOTOP/PFRP; 2006 November 16-17.

Hernández-García, V. The diet of the swordfish *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, in the central east Atlantic, with emphasis on the role of cephalopods. *Fishery Bulletin* 1995; 93(2): 403-411.

Hoffman M. The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. In: Lipovsky SJ, Simenstad CA (editors). Gutshop '78: fish food habits studies. Proceeding of the Second Pacific Northwest Technical Workshop, October 10-13, 1979. University of Washington, Seattle; 1978. P. 56-61.

Holden, MJ. 1974. Problems in the rational exploitation of Elasmobranch populations and some suggested solution. En: Harden FR, Jones C (editor). Sea Fisheries Research. Logos Press, London, 1974; 117-138.

Horn H. Measurement of overlap in comparative ecological studies. The American Naturalist 1966; 100:419 - 424.

Hutchings JA, Myers RA, García VB, Lucifora LO, Kuparinen A. Life-history correlates of extinction risk and recovery potential. Ecological Applications 2012; 22(4): 1061–1067.

Ibáñez, CM, Sepúlveda RD, Ulloa P, Keyl F, Pardo-Gandarillas MC. The biology and ecology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in Chilean waters: a review. *Lat. Am. J. Aquat*, 2015; *Res.*43:402–414.

Jereb P, Roper CFE, editors. Cephalopods of the world. FAO Species Catalogue for fisheries purposes. No 4, Vol 2. 2010.

Labropoulou M, Eleftheriou A. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species: important of morphological characteristic in prey selection. *Journal of Fish Biology* 1997; 50: 324-340.

Manire C, Hueter R, Hull E, R. Spieler R. Serological changes associated with gill-net capture and restraint in three species of sharks. *Transactions of American Fisheries Society* 2001; 130: 1038-1048.

Margalef, DR. Perspective in Ecological Theory. Chicago University Press, Chicago; 1969. P. 111.

Medved R, Stillwell C, Casey J. Stomach contents of young sandbar sharks, *Carcharhinus plumbeus*, in Chincoteague Bay, Virginia. Fish B-NOAA 1985; 83(3): 395–402.

Navia AF. Función ecológica de tiburones y rayas en un ecosistema costero tropical del Pacífico colombiano. [Tesis de Doctorado]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México. 2013. P. 172.

Ministerio de la Producción. Plan de acción nacional para la conservación y ordenamiento de tiburones, rayas y especies afines en el Perú (PAN Tiburón- Perú). 2014 Julio. Decreto supremo Nro. 002-2014-PRODUCE.

Ochoa-Díaz MR. Espectro trófico del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en Baja California Sur: aplicación de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{15}\text{N}$ . [Tesis de maestría]. La Paz, B. C. S.: Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas; 2009.

Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK. Food Habits of Albacore, Bluedfin Tuna, and Bonito in California Waters. Fish Bulletin 1970; 152: 105.

Polo-Silva C. Ecología Trófica de los Tiburones Zorro *Alopias pelagicus* Nakamura, 1935 y *Alopias superciliosus* (Lowe, 1839) en el Pacífico Ecuatoriano. [Tesis de Maestría]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR); 2008. P.102.

Ropper CFE, Sweeney MJ, Nauen CE. 1984. Cephalops of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO, pp. 125-277.

Smale MJ, Cliff G. Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*) from Kwazulu-Natal. South Africa. South African Journal of Marine Science 1998; 20: 241-253. 51.

Smale MJ. Occurrence and feeding of three shark species, *Carcharhinus brachyurus*, *C. obscurus* and *Sphyrna zygaena*, on the Eastern Cape coast of South Africa. South African Journal of Marine Science 1991; 11:31-42.

Soberón J, Llorente J. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. Conservation Biology 1993; 7: 480–488.

Spalding MD, Fox HE, Allen GR, Davidson N, Ferdaña ZA, Finlayson M, Robertson J. Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas. BioScience 2007; 57(7): 573.

Stevens JD. Biological observations on sharks caught by sports fishermen off New South Wales. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 1984; 35: 573-590.

Torres H. Distribución, abundancia y hábitos alimentarios de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* Griffith y Smith (SPHYRNIDAE) en la costa de Sinaloa, México durante el evento El Niño 1997-98. [Tesis de maestría]. Universidad. Mar, Oaxaca, México. 2004. P.91.

Torres-Rojas YE. Análisis de contenido estomacal del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) capturado en el área de Mazatlán, Sinaloa, México. [Tesis de Licenciatura]. Facultad de Ciencias del Mar, UAS, México; 2003. p.41.

U.S. National Committee of the Census of Marine Life. Code of Conduct for Scientific Collections [Internet]. Available from: <http://coml.us/responsible-science/code-of-conduct/>.

Velez-Zuazo X. Integrating phylogenetics and population genetics for the conservation of sharks and sustainable fisheries. [Tesis de doctorado]. Puerto Rico: University of Puerto Rico; 2012.

Wolff GA. Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Tech Rep NMFS, 1984.

Xavier JC, Cherel Y. Cephalopod Beak Guide for the Southern Ocean. Cambridge, UK: British Antarctic Survey; 2009. p. 129 pp.

