

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LA MOLINA**

**FACULTAD DE PESQUERÍA**



“ANÁLISIS DE LA DIETA DEL TIBURÓN AZUL *Prionace glauca*  
(Linnaeus, 1758) EN LA ZONA NORTE DEL PERÚ DURANTE EL 2015”

Presentado por:

**FRANCISCO ANDRÉS CÓRDOVA ZAVALATA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO PESQUERO**

Lima - Perú

2018

## DEDICATORIA

*Este trabajo va dedicado con mucho amor a mi mamita Mila quien es mi luz y guía. Gracias por haber compartido con nosotros innumerables días, tardes y noches de inmenso amor. Siempre vivirás en mi corazón y en el de toda tu familia.*

*¡Hasta siempre mamita linda!*

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jaime Mendo por haberme ayudado en la preparación, desarrollo y finalización del presente trabajo de investigación. Sin duda alguna aprendí mucho siendo su tesista.

Al jurado de tesis Dr. Luis Icochea, Mg. Sc. Henry Orrego y Dra. Patricia Gil cuyos aportes han enriquecido el contenido del presente trabajo de investigación.

A Sergio Briones Hernández “Checo” por la gran amistad y el apoyo académico desde México. ¡Sigamos aprendiendo en este mundo de tiburones!

A Pro Delphinus y su directora Dra. Joanna Alfaro-Shigueto por permitirme realizar mi tesis en el marco 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”. Este proyecto estuvo financiado por el Programa Nacional de Innovación para la Competitividad y Productividad (Innovate Perú), a través del contrato FINCyT 369-PNICP-PIBA-214. Muy agradecido de que existan programas nacionales destinados a la generación de ciencia, y en especial la marina, en el Perú.

A todos los amigos pescadores de Zorritos, Máncora, San José y Salaverry por permitirnos acompañarlos en sus labores diarias de pesca. En especial debo mencionar al capitán, y gran amigo, Manuel Quito Hilario, el popular “Macana”, por haberme dejado formar parte de su tripulación y de su hermosa familia en más de una ocasión. De la misma manera me gustaría agradecer a Germán Vela por siempre brindarme la facilidad de utilizar parte de las instalaciones del IMARPE durante mis estadías en Salaverry.

A los amigos de siempre: Freddy, Aarón, Jordan, Christian, Jeisson, Priscilla, entre muchos. Gracias por estos años de amistad dentro y fuera de la Universidad.

A mi querida familia la cual ha sido el soporte constante durante este largo camino de tesis. Gracias por la infinita paciencia, la espera valió la pena.

Finalmente, a mi abuela Luzmila, quien partió durante el desarrollo de esta tesis. Tu luz siempre me guiará en cada paso que tome de aquí en adelante. ¡Gracias mamita!

# I ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>I ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>X</b>
<b>II RESUMEN</b> .....	<b>XI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XII</b>
<b>III INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>IV REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
4.1 ASPECTOS BIO-ECOLÓGICOS DEL TIBURÓN AZUL .....	3
4.1.1 Ubicación Taxonómica y Morfología .....	3
4.1.2 Distribución y hábitat .....	4
4.1.3 Edad y crecimiento .....	6
4.1.4 Reproducción .....	7
4.1.5 Migraciones y Movimientos .....	8
4.1.6 Estatus Poblacional .....	11
4.2 PESQUERÍA DEL TIBURÓN AZUL .....	12
4.2.1 Nivel Mundial .....	12
4.2.2 En Perú .....	14

4.2.3	Importancia social y económica de la Pesquería .....	18
4.3	CONCEPTOS BÁSICOS DE ECOLOGÍA TRÓFICA.....	19
4.3.1	Red trófica .....	20
4.3.2	Niveles tróficos.....	21
4.3.3	Relaciones Tróficas indirectas.....	22
4.4	MODELOS TRÓFICOS .....	23
4.5	MANEJO PESQUERO .....	24
4.6	ESTUDIOS PREVIOS EN ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN AZUL .....	25
<b>V</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>28</b>
5.1	ÁREA Y PERIODO DE ESTUDIO .....	28
5.2	OBTENCIÓN DE MUESTRAS.....	33
5.2.1	De los especímenes.....	33
5.2.2	De los contenidos estomacales .....	35
5.3	ANÁLISIS DE LA DIETA.....	37
5.3.1	Curva acumulativa de especies presa .....	37
5.3.2	Métodos cuantitativos.....	38
5.3.3	Índices ecológicos.....	41
5.3.4	Análisis multivariado no paramétrico .....	43
5.4	MODELO CUALITATIVO DE LAS RELACIONES TRÓFICAS DEL TIBURÓN AZUL .....	45

<b>VI</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>46</b>
6.1	ANÁLISIS DE TALLAS	46
6.2	ANÁLISIS DE CONTENIDOS ESTOMACALES	47
6.3	COMPOSICIÓN ESPECÍFICA DE LA DIETA	50
6.3.1	Método cuantitativo	51
6.3.2	Índices ecológicos	63
6.4	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN RELACIÓN AL SEXO	64
6.4.1	Análisis multivariado	64
6.4.2	Método cuantitativo	66
6.4.3	Índices ecológicos	70
6.5	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN RELACIÓN A LA TALLA	71
6.5.1	Análisis multivariado	71
6.5.2	Método cuantitativo	74
6.5.3	Índices ecológicos	78
6.6	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN RELACIÓN A LA ZONA DE PESCA (LATITUD)	79
6.6.1	Análisis multivariado	79
6.6.2	Método cuantitativo	81
6.6.3	Índices ecológicos	86

6.7	COMPOSICIÓN DE LA DIETA EN RELACIÓN A LA ZONA DE PESCA (LONGITUD).....	86
6.7.1	Análisis multivariado.....	86
6.7.2	Método cuantitativo.....	88
6.7.3	Índices ecológicos.....	92
6.8	MODELO CUALITATIVO DE LAS RELACIONES TRÓFICAS DEL TIBURÓN AZUL .....	94
<b>VII</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>96</b>
<b>VIII</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>98</b>
<b>IX</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>
<b>X</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>125</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Cuadro 1. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy del tiburón azul en el océano Atlántico y Pacífico.....	6
Cuadro 2. Variación mensual de los viajes a bordo de E/P según el DPA de zarpe, se señalan los viajes realizados y los viajes efectivos.....	31
Cuadro 3. Número de especímenes capturados de tiburón azul durante el periodo de estudio según la zona de pesca por latitud y longitud.....	34
Cuadro 4. Categorías y niveles tróficos de presas utilizadas para calcular el nivel trófico en tiburones (Cortés 1999) .....	43
Cuadro 5. Composición específica de la dieta de <i>P. glauca</i> en el área de estudio, se muestran valores absolutos y porcentuales de la composición numérica (%N), composición gravimétrica (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e índice de importancia relativa (%IIR) .....	56
Cuadro 6. Índices ecológicos (Bi, NT) de la dieta general del tiburón azul.....	64
Cuadro 7. Índices ecológicos (Bi, Cλ y NT) de la dieta del tiburón azul por sexos.....	70
Cuadro 8. Índices ecológicos (Bi, Cλ y NT) de la dieta del tiburón azul por grupo de talla	79
Cuadro 9. Índices ecológicos (Bi, Cλ y NT) de la dieta del tiburón azul por zona de pesca (Latitud) .....	86
Cuadro 10. Índices ecológicos (Bi, Cλ y NT) de la dieta del tiburón azul por zona de pesca (Longitud).....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplar de tiburón azul ( <i>Prionace glauca</i> ). <b>Fuente:</b> Tomado de NMFS <i>et al.</i> s.f. .....	4
Figura 2. Distribución del tiburón azul ( <i>Prionace glauca</i> ). <b>Fuente:</b> Tomado de IUCN, 2009. ....	5
Figura 3. Migraciones de hembras de tiburón azul en el Pacífico Norte. <b>Fuente:</b> Adaptado de Nakano 1994. ....	10
Figura 4. Migraciones de machos de tiburón azul en el Pacífico Norte. <b>Fuente:</b> Adaptado de Nakano 1994. ....	10
Figura 5. Desembarques mundiales y por regiones de tiburón azul. <b>Fuente:</b> Elaborado con base en FAO 1950-2015. ....	13
Figura 6. Desembarques totales de tiburones vs. desembarques totales de tiburón azul. <b>Fuente:</b> Elaborado con base en FAO 1950-2015. ....	14
Figura 7. Dinámica temporal de los desembarques totales de tiburones en el Perú. <b>Fuente:</b> Adaptado de Gonzalez-Pestana <i>et al.</i> 2016. ....	16
Figura 8. Dinámica temporal del desembarque de tiburón azul ( <i>P. glauca</i> ) en el Perú. <b>Fuente:</b> Adaptado de Gonzalez-Pestana <i>et al.</i> 2016. ....	17
Figura 9. Esquema simplificado de una red trófica. <b>Fuente:</b> Adaptado de Smith y Smith 2012. ....	22
Figura 10. Ubicación geográfica de los DPAs de zarpe de Máncora y Salaverry, así como las posiciones de captura de los tiburones azules en el área de estudio .....	28

Figura 11. Esquema de una línea de espinel de superficie utilizada por E/P de Salaverry para la captura de tiburones. <b>Fuente:</b> Adaptado de Umali 1950.....	29
Figura 12. Esquema de una red de cortina de superficie utilizada por E/P de Máncora y Salaverry para la captura de tiburones. <b>Fuente:</b> Adaptado de Umali 1950 .....	30
Figura 13. Zonas de pesca de tiburón azul divididas en Latitud y Longitud. La línea negra denota el cambio entre la Zona 1 y la Zona 2, mientras que el contraste de colores representa la transición de la Zona Costera a la Zona Oceánica. ....	32
Figura 14. Principales medidas biométricas (LI: Longitud Interdorsal, LH: Longitud Horquilla y LT: Longitud Total) del tiburón azul registradas en el presente estudio. ....	34
Figura 15. Principal medida biométrica del aparato mandibular inferior (LRL) de un cefalópodo .....	36
Figura 16. Estructura de tallas por sexos del tiburón azul capturado en el área de estudio .	46
Figura 17. Variación mensual del número de estómagos (vacíos y con contenido estomacal) colectados en el área de estudio. Se incluyen las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registradas para el área El Niño 1+2 .....	47
Figura 18. Curva acumulativa de presas según Hoffman (1979) para la presente investigación. Se presentan los datos observados de número de especies presa promedio acumuladas (Sobs) y los datos transformados según el modelo de Clench. ....	49
Figura 19. Composición específica general por abundancia de cada categoría presa .....	50
Figura 20. Composición porcentual numérica (%N) de las presas en la dieta del tiburón azul .....	51
Figura 21. Composición porcentual gravimétrica (%P) de las presas en la dieta del tiburón azul .....	52
Figura 22. Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (%FO) de las presas del tiburón azul	53

Figura 23. Porcentaje del Índice de Importancia Relativa (%IIR) de las principales presas dentro de la dieta del tiburón azul en el área de estudio.....	54
Figura 24. Composición específica de la dieta general del tiburón azul en el área de estudio. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.....	55
Figura 25. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por sexo a partir de los %P de las familias presa en la dieta del tiburón azul. ....	65
Figura 26. Composición específica de la dieta de Hembras de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	66
Figura 27. Composición específica de la dieta de Machos de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	67
Figura 28. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por sexos. Valores porcentuales de %IIR son mostrados. ....	68
Figura 29. Análisis Cluster de los contenidos estomacales de las 16 clases de talla del tiburón azul en base a los %P de las familias presa identificadas en la dieta.....	71
Figura 30. Análisis Cluster de los contenidos estomacales de las 5 clases de talla del tiburón azul en base a los %P de las familias presa identificadas en la dieta. ....	72
Figura 31. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por grupos de talla a partir de los %P de las familias presa en la dieta del tiburón azul. ....	73
Figura 32. Composición específica de la dieta del Grupo de Tallas A de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.....	74
Figura 33. Composición específica de la dieta del Grupo de Tallas B de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.....	75

Figura 34. Composición específica de la dieta del tiburón azul en área de estudio por Grupos de tallas. Valores porcentuales de %IIR son mostrados. ....	77
Figura 35. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por zona de pesca (Latitud) a partir de los %P de las familias presas en la dieta del tiburón azul. ....	80
Figura 36. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona 1. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	81
Figura 37. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona 2. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	82
Figura 38. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por zonas de pesca (Latitud). Valores porcentuales de %IIR son mostrados. ....	83
Figura 39. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por zona de pesca (Longitud) a partir de los %P de las familias presas en la dieta del tiburón azul. ....	87
Figura 40. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona Costera. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	88
Figura 41. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona Oceánica. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados. ....	89
Figura 42. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por zonas de pesca (Longitud). Valores porcentuales de %IIR son mostrados. ....	90
Figura 43. Modelo cualitativo de las relaciones tróficas del tiburón azul en el área de estudio. Los cuadros rojos representan las especies presas identificadas en el presente estudio, mientras que los verdes a los principales grupos funcionales presentes en la red trófica. Por otra parte, las flechas rojas representan las interacciones tróficas encontradas en el presente estudio y las flechas azules las relaciones tróficas estimadas a partir de otros trabajos de investigación .....	95

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Ficha entregada a los pescadores para recolectar medidas morfométricas y características de madurez sexual en los tiburones (Elaboración ONG Pro Delphinus)....	125
Anexo 2. Algunos contenidos estomacales encontrados en los estómagos analizados de tiburones azules entre febrero y diciembre del 2015 en la zona norte del Perú .....	126
Anexo 3. Datos biométricos y de posición de captura de los tiburones azules obtenidos durante febrero y diciembre del 2015 en el área de estudio .....	128

## II RESUMEN

El tiburón azul, *Prionace glauca*, es la especie de tiburón con mayores capturas a nivel global. En el Perú, el tiburón azul es capturado como especie objetivo de embarcaciones artesanales pesqueras que utilizan el espinel como principal arte de pesca. Asimismo, suele ser capturado como fauna asociada en redes de cortina utilizadas para la captura de otro tipo de tiburones. Este contexto coloca al tiburón azul como la especie de tiburón con mayores desembarques, representando el 42% del total de tiburones desembarcados a nivel nacional. No obstante, a pesar de la importancia de su pesquería, el rol ecológico que tendría esta especie en aguas peruanas resulta aún desconocido. Por ello, el presente estudio tuvo como finalidad el analizar la dieta del tiburón azul en la zona norte del Perú mediante el análisis del contenido estomacal, además de evaluar la variabilidad de la dieta por sexos, grupos de tallas y zonas de pesca (Latitud y Longitud). Un total de 121 contenidos estomacales de individuos que oscilaron entre los 110.0 y 299.4 cm LT fueron colectados por observadores a bordo cuyos puntos de zarpe fueron los DPA de Máncora y Salaverry. Los resultados indican que el tiburón azul posee hábitos alimentarios epipelágicos y meso-batipelágicos, alimentándose de un gran número de presas (42 especies) pero con una dieta dominada por *Argonauta* spp. (54.5 %IIR), *Ancistrocheirus lesueurii* (12.8 %IIR) y *Gonatus antarcticus* (7.1 %IIR). Asimismo, el tiburón azul fue considerado un predador tope ( $NT = 4.4$ ) con una estrategia especialista ( $Bi = 0.05$ ). Finalmente, se pudo evidenciar cambios ontogénicos en la dieta y la estrategia alimentaria del tiburón azul. De esta manera, el presente estudio contribuye con información básica relevante para el diseño de futuros modelos tróficos que busquen implementar un enfoque ecosistémico en los planes de manejo pesquero del Perú.

**Palabras clave:** *Prionace glauca*, ecología trófica, cefalópodos, pesquerías artesanales, ontogenia.

## ABSTRACT

Blue shark, *Prionace glauca*, is the most landed shark species worldwide. In Peru, the blue shark is captured as target species in small-scale vessels with longlines as main fishing gear. Likewise, it is often captured as associated fauna in driftnets targeting other shark species. This context places the blue shark as the most landed shark species, representing 42% of total sharks landed in Peru. However, despite its fishery importance, the ecological role that this species might have in Peruvian waters remains unknown. Therefore, the present study aimed to analyze the diet of blue sharks captured in northern Peru through stomach contents analysis, and the assessing of diet variability by sex, size class, and fishing grounds (Latitude and Longitude). A total of 121 stomach contents from individuals between 110.0 and 299.4 cm TL were recollected by onboard observers whose departure points were Mancora and Salaverry landing points. The results indicates that blue sharks have epipelagic and meso-bathypelagic feeding habits, feeding upon a wide number of preys (42 species) but with a diet dominated by *Argonauta* spp. (54.5 %IRI), *Ancistrocheirus lesueurii* (12.8 %IRI), and *Gonatus antarcticus* (7.1 %IRI). Likewise, blue shark was considered a top predator (TP = 4.4) with a specialist strategy (Ba = 0.05). Finally, ontogenetic shifts in the diet and feeding strategies of blue sharks were observed. As a result, the present study contributes with relevant basic information for future designs of trophic models that aim to implement ecosystem-based fisheries management plans in Peru.

**Keywords:** *Prionace glauca*, trophic ecology, cephalopods, small-scale fisheries, ontogenesis.

### III INTRODUCCIÓN

La zona norte del Perú, al constituir un área de mezcla entre aguas Ecuatoriales superficiales y aguas costeras frías en el Pacífico Sureste (Talley *et al.* 2011), alberga una alta biodiversidad de especies marinas entre las cuales se encuentran los tiburones (Chirichigno y Cornejo 2001, Spalding *et al.* 2007). Los tiburones son considerados los controladores biológicos por excelencia dentro de un ecosistema, sin embargo poseen características particulares de historia de vida que los hacen vulnerables ante cualquier cambio en la estructura de su hábitat o en el tamaño de sus poblaciones (Dulvy *et al.* 2003). Estas características, sumadas a la gran presión pesquera a la cual han sido sometidos (especialmente en los últimos 10 años), han ocasionado un declive significativo en sus capturas (Baum *et al.* 2003, Worm *et al.* 2013).

En el Perú, la pesquería de tiburones, así como el de las rayas, ha sido relegada durante muchos años, principalmente por el bajo aporte económico que esta actividad genera en el Producto Bruto Interno (PBI) del país (Christensen *et al.* 2014). Esto a pesar que el Perú posee uno de los mayores desembarques históricos de tiburones a nivel mundial (Dent y Clarke 2015). En ese sentido, Bonfil (1994) indicó que la pesquería peruana de elasmobranquios (tiburones y rayas) se encontraba dentro de las tres más grandes de América. Asimismo, en un estudio más reciente Gonzalez-Pestana *et al.* (2014) reafirman lo propuesto por diversos autores y colocan al Perú como el líder de los desembarques históricos acumulados de tiburones en el Océano Pacífico, consolidando así la importancia bioecológica, pesquera y económica de estas especies a nivel nacional e internacional.

Dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE) peruana, se han registrado un total de 66 especies de tiburones, siendo 31 de importancia comercial pero 10 las más capturadas (PRODUCE 2014, Velez-Zuazo *et al.* 2015, Cornejo *et al.* 2015). Dentro de ellas, el tiburón azul (*Prionace glauca*) es la especie con mayor captura, representando el 42% de los desembarques de tiburones a nivel nacional (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). Asimismo, cabe resaltar que aunque los tiburones representen un bajo porcentaje de desembarques (menos del 0.94%) a nivel nacional (PRODUCE 2015), el beneficio generado de su

aprovechamiento tiene gran impacto social y económico para importantes regiones como San José (Lambayeque), Salaverry (La Libertad), Pucusana (Lima) e Ilo (Moquegua).

El estudio de las interacciones tróficas permite comprender la transferencia de energía a lo largo de los diferentes niveles tróficos de una red trófica. Además, permite visualizar los efectos negativos de las actividades antrópicas (i.e., pesquerías) sobre la composición y diversidad de las comunidades marinas (Stevens *et al.* 2000). Por ejemplo, en el caso de los tiburones se han podido demostrar que cambios en sus abundancias, conllevan graves consecuencias en la estructura, funcionamiento y resiliencia de un ecosistema (Baum y Worm 2009). Adicionalmente, las investigaciones relacionadas a la dieta de los organismos acuáticos permiten construir modelos tróficos complejos, como los elaborados con el software Ecopath con Ecosim (Christensen *et al.* 2005), que sirvan de base para elaborar planes de manejo pesquero basados en el ecosistema y no solo en una especie (Link 2002).

A pesar de que los tiburones son considerados como componentes importantes dentro de la red trófica, las investigaciones científicas desarrolladas en el país en relación a su alimentación son escasas. De las 66 especies de tiburones registradas para nuestro país, únicamente 5 han sido de alguna forma estudiadas, entre ellas el tiburón zorro (*Alopias* spp.), tiburón mantequero (*Carcharhinus brachyurus*), tiburón diamante (*Isurus oxyrinchus*), tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) y tiburón azul (Hoyos *et al.* 1991, Elliot *et al.* 1995, 1996, 1997a, 1997b, Castañeda 2001, González-Pestana 2014). Estos estudios permitieron identificar interacciones tróficas entre los tiburones y algunas especies presa con pesquerías de importancia comercial (e.g., anchoveta, pota, perico, etc.).

Por lo tanto, la presente investigación analiza los hábitos alimentarios del tiburón azul en la zona norte del Perú durante el 2015, con la finalidad de contribuir al entendimiento básico de la ecología y la dinámica trófica del mencionado recurso. Para ello, se plantea los siguientes objetivos específicos: Determinar la diversidad y el índice de importancia relativa de las especies presas del tiburón azul, comparar la dieta del tiburón azul en relación al sexo, grupos de talla y zonas de pesca, y estimar la amplitud de la dieta y elaborar un modelo cualitativo de las relaciones tróficas para el tiburón azul. De esta manera, la información generada en el presente estudio, sumada a otros tipos de investigaciones, ayudará a dar un uso racional y sostenible al recurso.

## IV REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Aspectos bio-ecológicos del tiburón azul

#### 4.1.1 Ubicación Taxonómica y Morfología

Compagno (1984) refiere a *Prionace glauca* como la única especie del género *Prionace*. Esta especie es comúnmente denominada “Tiburón azul”, presentando la siguiente ubicación taxonómica (ITIS 2017):

<b>Reino:</b>	Animalia
<b>Phylum:</b>	Chordata
<b>Subphylum:</b>	Vertebrata
<b>Infraphylum:</b>	Gnathostomata
<b>Superclase:</b>	Chondrichthyes
<b>Clase:</b>	Chondrichthyes
<b>Subclase:</b>	Elasmobranchii
<b>Superorden:</b>	Euselachii
<b>Orden:</b>	Carcharhiniformes
<b>Familia:</b>	Carcharhinidae
<b>Género:</b>	<i>Prionace</i> Cantor, 1849
<b>Especie:</b>	<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758) – Tiburón Azul

Así mismo, otros nombres que se le atribuyen a *P. glauca* son: Tintorera, Azulejo, Blue Shark (Inglés), Tubarão azul (Portugués), Peau bleue o Requin bleu (Francés), entre otros (Fisher *et al.* 1995).

El tiburón azul (Figura 1) exhibe una coloración azul oscura en la parte dorsal del cuerpo, haciéndose cada vez más tenue hacia los costados del cuerpo y cambiando abruptamente a blanco en la zona ventral del cuerpo. Presenta un cuerpo esbelto y fusiforme, un hocico largo y estrechamente redondeado, así como grandes ojos con párpados nictitantes.

Además, ostenta dientes aserrados, anchos, triangulares y encorvados en la mandíbula superior, y más angostos en la mandíbula inferior. Así mismo, posee largas, angostas, puntiagudas y levemente falciformes aletas pectorales, con una primera aleta dorsal más cercana a la base de las aletas pélvicas que de las pectorales y una segunda aleta dorsal más pequeña que la tercera parte de la primera aleta dorsal. Finalmente, posee una quilla débil en el pedúnculo caudal y una aleta caudal estrecha con un lóbulo ventral largo (Compagno 1984, Fisher *et al.* 1995).

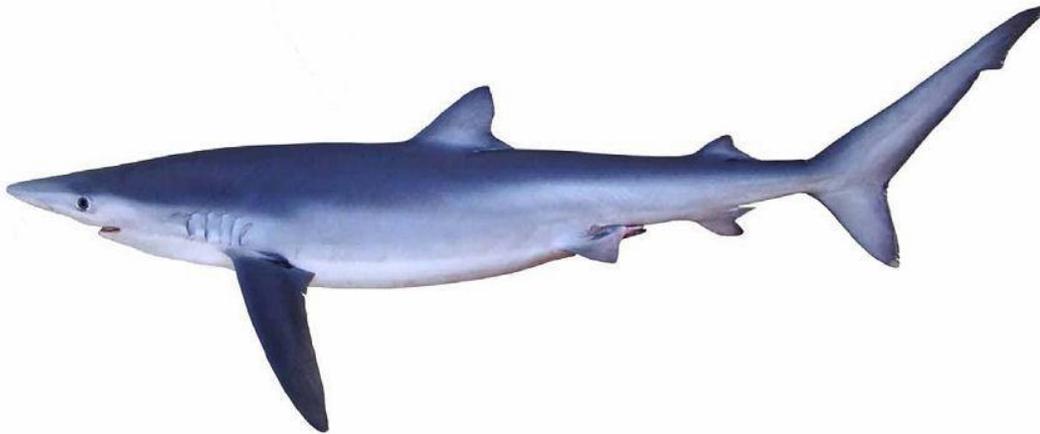


Figura 1. Ejemplar de tiburón azul (*Prionace glauca*).

**Fuente:** Tomado de NMFS *et al.* s.f.<sup>1</sup>

#### 4.1.2 Distribución y hábitat

El tiburón azul es considerado una de las especies de tiburón más abundantes en el planeta (Strasburg 1958, Stevens 1976, Nakano y Stevens 2008). Es una especie oceánica, distribuida ampliamente en aguas templadas y tropicales de los principales océanos del planeta, generalmente entre los 60°N a 50°S de latitud (Figura 2) (Compagno 1984, Carey y Scharold 1990, Nakano y Stevens 2008). El tiburón azul comúnmente habita aguas cuyas temperaturas oscilan entre 10 a 20 °C (Last y Stevens 2009, Vandeperre *et al.* 2014), llegando a soportar temperaturas más altas hasta 28 °C (Campana *et al.* 2011). Sin embargo, son consideradas especies que habitan aguas preferentemente frías de entre 10 a 16 °C (Sciarrota y Nelson 1977, Carey y Scharold 1990).

---

<sup>1</sup> NMFS; Hoffmayer, E; Iglésias, S; McAuley, R. s.f. *Prionace glauca* (en línea, fotografía). NOAA Fisheries, Estados Unidos de América. Consultado 25 mar. 2017. Disponible en [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionace\\_glauca\\_nmfs.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prionace_glauca_nmfs.jpg).

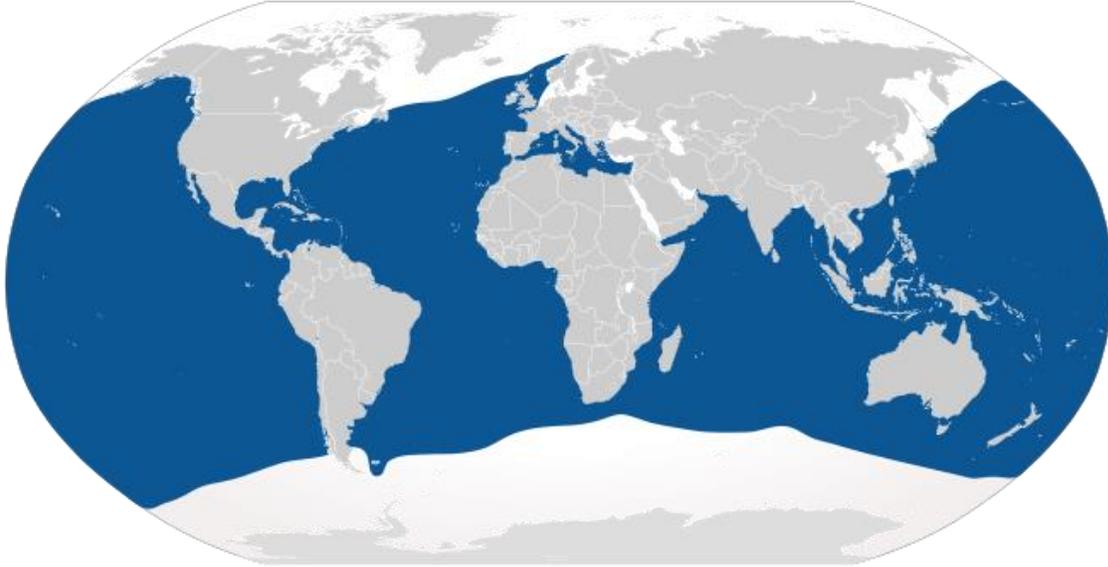


Figura 2. Distribución del tiburón azul (*Prionace glauca*).

**Fuente:** Tomado de IUCN, 2009<sup>2</sup>.

Es una especie oceánica y epipelágica, distribuyéndose verticalmente desde la superficie hasta los 200 - 400 m. de profundidad en promedio (Landesman 1984, Carey y Scharold 1990), no obstante pueden llegar a profundizarse hasta los 800 m., especialmente cuando la temperatura superficial del agua está por encima de los 20° C (Campana *et al.* 2011). Además, ocasionalmente ha sido encontrado cerca de costas donde las plataformas continentales son estrechas (Sciarrota y Nelson 1977, Nakano y Stevens 2008).

En el Perú, *P. glauca* se distribuye a lo largo de la costa peruana, presentando incursiones eventuales hacia zonas cercanas a la costa, este comportamiento estaría relacionado a la distribución de sus presas. La abundancia de *P. glauca* es significativamente mayor en la zona sur del país, especialmente frente a las costas de Arequipa y Tacna; siendo el área adyacente a la Dorsal de Nazca, una de las áreas de mayor abundancia en el Perú (Adams *et al.* 2016).

---

<sup>2</sup> IUCN (International Union for Conservation of Nature). 2009. *Prionace glauca*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1 (en línea). Consultado 25 mar. 2017. Disponible en <http://maps.iucnredlist.org/map.html?id=39381/>.

### 4.1.3 Edad y crecimiento

La mayoría de estudios de edad y crecimiento en tiburones han sido realizados a partir de la lectura de anillos de crecimientos en las vértebras (Cailliet 1990, Cailliet *et al.* 2006). Existen varios estudios sobre el crecimiento del tiburón azul, que reportan los parámetros de crecimiento del modelo de von Bertalanffy (Cuadro 1) y que han permitido evidenciar una longevidad alrededor de 20 años, con hembras maduras entre los 5 y 7 años (190 - 230 cm LT), y machos entre 4 y 6 años (170 - 210 cm LT) (Nakano y Stevens 2008). Sin embargo, las tallas máximas reportadas para la especie son de 396 cm (Bigelow y Schroeder 1948) y 350 cm Longitud Total (LT) (Pratt 1979).

Cuadro 1. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy del tiburón azul en el océano Atlántico y Pacífico.

Fuente	Sexo	$L_{\infty}$	K	$t_0$	n	Tipo de Medida*
<b>Océano Pacífico</b>						
Cailliet <i>et al.</i> (1983)	Macho	295.3	0.175	-1.113	38	LT
	Hembra	241.9	0.251	-0.795	88	
Takana <i>et al.</i> (1990)	Macho	369.0	0.100	-1.380	43	LT
	Hembra	304.0	0.160	-1.010	152	
Nakano (1994)	Macho	289.7	0.129	-0.756	148	LPC
	Hembra	243.3	0.144	-0.849	123	
Acuña <i>et al.</i> (2001)	Macho	398.9	0.088	-1.657	83	LT
	Hembra	273.6	0.109	-3.390	151	
Manning y Francis (2005)	Macho	342.9	0.088	-1.257	140	LH
	Hembra	267.5	0.126	-1.047	288	
Blanco-Parra <i>et al.</i> (2008)	Macho	299.8	0.100	-2.440	122	LT
	Hembra	237.5	0.150	2.150	62	
<b>Océano Atlántico</b>						
Henderson <i>et al.</i> (2001)	Ambos	376.5	0.120	-1.330	30	LT
Skomal y Natanson (2003)	Macho	282.3	0.180	-1.350	287	LH
	Hembra	310.8	0.130	-1.770	119	
Lessa <i>et al.</i> (2004)	Ambos	352.1	0.157	-1.010	236	LT
Megalafonou <i>et al.</i> (2009)	Ambos	401.5	0.130	-0.620	54	LT
Jolly <i>et al.</i> (2013)	Macho	294.6	0.140	-1.300	113	LT
	Hembra	334.7	0.110	-2.190	84	

\*LT: Longitud total; LH: Longitud a la horquilla; LPC: Longitud precaudal

En el Atlántico Oeste, el 50% de machos, en promedio, a partir de los 218 cm LT son sexualmente maduros, mientras que las hembras alcanzan la madurez a los 221 cm LT (Pratt 1979). No obstante, Castro y Mejuto (1995) reportaron en el Golfo de Guinea hembras preñadas desde los 208 cm LT. Por otro lado, en el Mar Mediterráneo, Megalafonou y colaboradores (2009) observaron machos y hembras maduros por encima de los 187 y 203 cm LT, respectivamente; con la particularidad que ambos sexos maduraban a edades similares pero a tallas menores que sus contrapares del Atlántico.

En el Pacífico Norte, la talla de madurez para ambos sexos está alrededor de los 200 cm LT (Suda 1953, Nakano *et al.* 1985). No obstante, Williams (1977) registró hembras preñadas desde los 183 cm LT en el Pacífico Noreste. Así mismo, en el Pacífico Mexicano la talla de madurez sexual para machos está entre 175 y 184 cm LT, mientras que para hembras está alrededor de los 175 y 195 cm LT (Carrera-Fernández *et al.* 2010, Cruz-Ramírez *et al.* 2012).

En el Pacífico Suroeste ambos sexos maduran a tallas superiores, registrándose la talla de madurez para machos entre 229 y 235 cm LT y para hembras entre 205 y 229 cm LT (Francis y Duffy 2005). No obstante, en el Pacífico Sureste los machos maduran a 190 cm LT, mientras que las hembras lo hacen a los 199 cm LT (Bustamante y Bennett 2013), siendo estas medidas muy similares a las reportadas en el Pacífico Noreste. En Perú, no se han estimado tallas de madurez sexual, sin embargo, se han reportado ejemplares de ambos sexos entre los 100 cm y 340 cm LT (Doherty *et al.* 2014).

#### **4.1.4 Reproducción**

El tiburón azul posee una reproducción de tipo vivíparo placentario. La etapa de gestación de las hembras dura entre 9 a 12 meses, generando un promedio de 30 crías (hasta 135 reportadas) por camada las cuales nacen a una talla entre 35 y 50 cm LT (Suda 1953, Pratt 1979, Compagno 1984, Nakano 1994, Castro y Mejuto 1995, Henderson *et al.* 2001, Zhu *et al.* 2011).

El espesor de la piel, en la mayor parte del cuerpo, de las hembras maduras sobrepasa en más del doble que la del macho para hacer frente a la conducta agresiva de estos últimos

durante el periodo de apareamiento (Pratt 1979). Diversos estudios reportan estas marcas de apareamiento como distintivos de madurez (Suda 1953, Stevens 1974, Cruz-Ramírez *et al.* 2012); sin embargo, se han registrado hembras inmaduras con dichas marcas, además de la presencia de esperma dentro de la glándula oviducal (Hazin *et al.* 1994, Carrera-Fernández *et al.* 2010). Esto en virtud a la capacidad de hembras cercanas a la madurez a almacenar esperma por largos periodos de tiempo (probablemente al menos 9 meses) en la glándula oviducal como estrategia reproductiva (Carrera-Fernández *et al.* 2010).

La época de reproducción de *P. glauca* usualmente ocurre entre primavera y verano, con áreas de parición y crianza aledañas, y ubicadas en latitudes intermedias oceánicas de convergencia con alta disponibilidad de presas (Pratt 1979, Stevens 1984, Nakano y Stevens 2008). No obstante los periodos de ovulación y parición podrían ser más amplios (Strasburg 1958, Hazin *et al.* 1994). Además, no se tiene bien definido la estacionalidad de la reproducción de las hembras, por lo que la fecundidad anual debe ser estudiada (Rangel *et al.* 2015).

#### **4.1.5 Migraciones y Movimientos**

El tiburón azul es considerado una especie altamente migratoria con patrones de movimientos complejos relacionados a la distribución de sus presas y su ciclo reproductivo (Nakano y Stevens 2008, Vandeperre *et al.* 2014), además de las corrientes y la gradiente de temperatura en la columna de agua (Carey y Scharold 1990, Campana *et al.* 2011).

Es una especie principalmente oceánica de comportamiento pelágico (Vandeperre *et al.* 2014). Sin embargo, en ocasiones explora los bordes continentales, donde tienen otro comportamiento. Allí, durante horas de la noche tienden hacia una conducta generalmente superficial, mientras que durante la mañana realizan migraciones verticales hacia grandes profundidades (200 – 400 m), principalmente siguiendo los movimientos verticales de sus presas (Carey y Scharold 1990, Campana *et al.* 2011).

Diversos estudios reportan segregación entre sexos y por estadios de vida para la especie (Suda 1953, Strasburg 1958, Nakano 1994, Kohler *et al.* 2002). Así, las hembras tienden a experimentar cambios ontogénicos pronunciados en sus patrones de distribución y

movimiento, en los estadios juveniles y en los cercanos a la madurez. En cambio, los machos optan por expandir su distribución, mayormente hacia aguas de mayor temperatura durante la etapa juvenil (Vandeperre *et al.* 2014). Por su parte, en los adultos, la segregación sexual es mucho más pronunciada (Nakano *et al.* 1985). Estos movimientos y migraciones, las cuales suelen ser estacionales, son generalmente realizados hacia latitudes más altas donde las áreas son altamente productivas al estar relacionadas a zonas de convergencia oceánica (Vandeperre *et al.* 2014).

Estudios de marcaje en el Atlántico han demostrado patrones de movimientos extensos (Stevens 1976, Campana *et al.* 2011), así como algunas migraciones transatlánticas (Stevens 1976, Kohler y Turner 2008, Vandeperre *et al.* 2014), los cuales son probablemente desarrolladas al nadar lentamente y utilizar los grandes sistemas de corrientes (Stevens 1976, 1990, Casey 1985). Otros estudios más limitados en el Pacífico han evidenciado movimientos extensos de hasta 7500 km desde costas de Nueva Zelanda hasta Chile (Holdsworth y Saul 2010).

Nakano (1994) sugirió el siguiente modelo de movimiento para el pacifico norte. El apareamiento se realiza durante el verano entre los 20 y 30 °N, luego las hembras preñadas migran hacia el área de parición ubicada en el norte (entre los 35 y 45 °N), donde el nacimiento ocurre a principios de verano (Figura 3). En esta área, así como también la región norte aledaña a esta (incluyendo el Golfo de Alaska), las hembras entre 2 y 5 años (135 – 200 cm LT) están presentes, mientras que los machos entre 2 y 4 años (135 – 200 cm LT) ocupan dicha área de parición y áreas al sur de esta (Figura 4). La razón de la ubicación del área de parición así como el de crianza (Figuras 3 y 4) es debido a la existencia de gran biomasa de presas disponibles para los juveniles los cuales permanecen en el área entre 5 a 6 años antes de la madurez (Nakano y Nagasawa 1996). Finalmente, los adultos se distribuyen principalmente desde aguas ecuatoriales hacia el sur de dichas áreas descritas previamente.

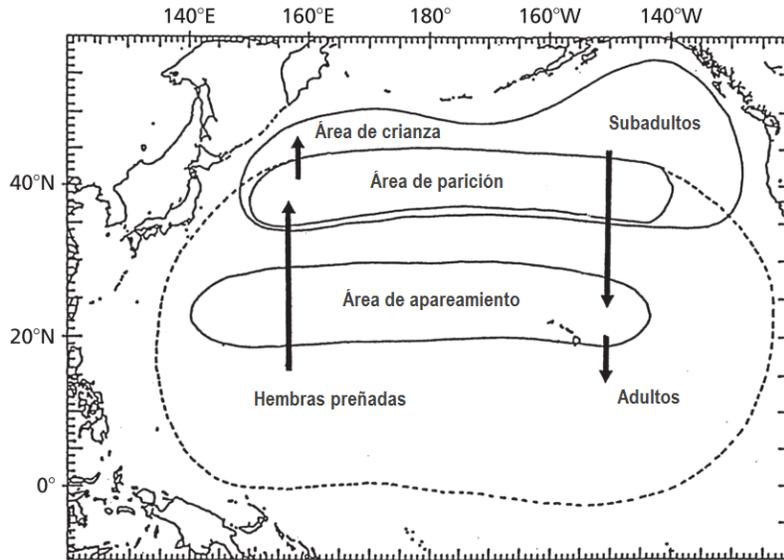


Figura 3. Migraciones de hembras de tiburón azul en el Pacífico Norte.

**Fuente:** Adaptado de Nakano 1994<sup>3</sup>.

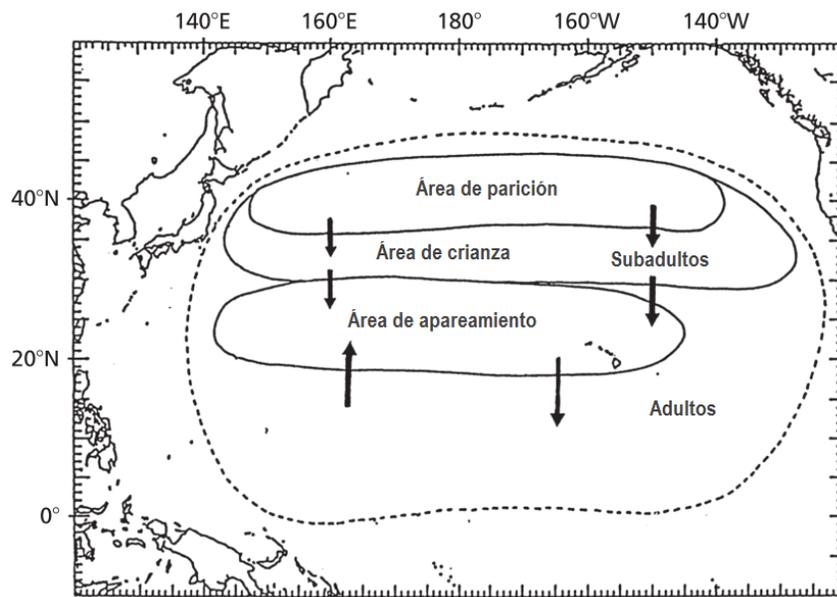


Figura 4. Migraciones de machos de tiburón azul en el Pacífico Norte.

**Fuente:** Adaptado de Nakano 1994<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> Nakano, H. 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries 31:141-256

<sup>4</sup> *Ibid*

En el Pacífico Sureste no existen modelos de migraciones ni estudios sobre segregación para la especie. Sin embargo, Acuña *et al.* (2001) evidenciaron que los individuos capturados por la flota artesanal poseen longitudes menores además de menor variabilidad entre las tallas (105 - 200 cm LT), al compararlos con los especímenes capturados en alta mar (55 - 315 cm LT). Así mismo, dichos autores lograron observar una alta abundancia de machos en alta mar, lo que podría evidenciar una segregación por tallas y sexos para dicha zona de estudio.

#### **4.1.6 Estatus Poblacional**

A pesar de que los tiburones azules están entre los tipos de elasmobranquios de mayor distribución, alta fecundidad y rápido crecimiento, las características generales de historia de vida podrían limitar la habilidad de hacer frente a fuertes presiones pesqueras (Nakano y Stevens 2008). Taniuchi (1990) no reportó declives significativos en la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) en el Océano Índico tropical y el Océano Pacífico, durante 1973 y 1985. Mientras, Nakano y Watanabe (1992) evaluaron el gran impacto de la pesquería de altura en los stocks del pacifico norte, y luego de estimar las capturas y usar simulaciones de proyecciones de cohortes (forward-projecting cohort), sostuvieron que las tasas de captura de fines de 1980's no causaron declives significativos en dicha población. Sin embargo, Wetherall y Seki (1992) alegaron que algunas de las suposiciones en el modelo no eran del todo confiables.

Nakano y Nagasawa (1996), usando información estandarizada de CPUE desde 1971 a 1993 proveniente de pesquerías japonesas de espinel, no encontraron tendencias significativas en las tasas de captura del Océano Atlántico o Índico, sin embargo, si notaron un decrecimiento del 20% en el Pacífico Norte. Matsunaga y Nakano (1999) examinaron la composición y CPUE de especies capturadas por la flota espinelera japonesa en dos periodos de tiempo (1967-1970 y 1992-1995) y en dos áreas (0 - 10° N y 10 - 20° N) del Pacífico, concluyendo que no hubieron cambios significativos en la abundancia del tiburón azul. Así mismo, un modelo determinista de estructura por edades fue usado por Nakano *et al.* (1999) para examinar los efectos de la pesca de altura sobre los tiburones azules en el pacifico norte, concluyendo que la presión pesquera pasada y actual tiene bajo impacto en los stocks.

Finalmente, en estudios más recientes Baum *et al.* (2003) reportaron un decrecimiento del 60% en las abundancia relativas de las poblaciones de tiburón azul en el Atlántico Noroeste entre los años 1986 y 2000. Por otra parte, Ward y Myers (2005) a pesar de observar un aumento del 55% en la abundancia relativa de tiburón azul entre las décadas de 1950 y 1990 en el Pacífico Tropical, evidenciaron una reducción del peso de los tiburones capturados desde 55 (200 cm Longitud Horquilla-LH) hasta 22 kg (152 cm LH) en promedio por individuo.

## **4.2 Pesquería del tiburón azul**

### **4.2.1 Nivel Mundial**

El tiburón azul es considerado una especie objetivo ocasional para las grandes pesquerías del planeta, sin embargo, constituyen la mayor incidencia de capturas incidentales (i.e., *bycatch*) de elasmobranchios en las pesquerías de cortina y espinel de todos los océanos, particularmente para naciones con flotas de altura (Nakano *et al.* 1993, FAO 2001, Stevens 2010). De igual forma, se estima que representa la especie de tiburón más capturado por la pesquería deportiva, particularmente en los Estados Unidos, Europa y Australia (Babcock 2008).

Bonfil (1994) estimó que entre 6.2 a 6.5 millones de tiburones azules son capturados anualmente por pesquerías de altura de todo el mundo. Sin embargo, a pesar de ser solo estimaciones, refleja la magnitud de explotación de dicho recurso. En el Pacífico Norte, la captura de tiburón azul por parte de la flota de altura en 1988 fue estimada en 5 millones de individuos o 100,000 t, con un peso promedio de 20 kg. por individuo (Nakano y Watanabe 1992), mientras que en 1994 la captura total de las pesquerías de espinel de todo el Océano Pacífico fue alrededor de 137,000 t (Stevens 2000).

Los reportes de los desembarques de la FAO (FIGIS - Fisheries Global Information System) evidencian un comportamiento creciente de la captura del tiburón azul en los últimos 15 años (Figura 5). Así, las capturas incrementaron proporcionalmente de 43,945 a 62,935 t desde el 2002 hasta el 2006, luego se evidenció un crecimiento exponencial hasta 133,133 toneladas en el 2011; seguidos de un crecimiento menor hasta el 2013 (139,706 t) y un significativo decrecimiento hasta el 2015 (104,369 t). La participación de la flota

Europea (largamente atribuida a España) en la captura de esta especie, representa más del 67% de las capturas totales de tiburón azul. Por su parte, Asia y América representan aproximadamente el 20 y 8 % del total de capturas, respectivamente. No obstante, debido a que no existen requerimientos de registros para capturas de tiburones azules, la magnitud de las capturas reales no es reflejada en su totalidad (Musick y Musick 2011).

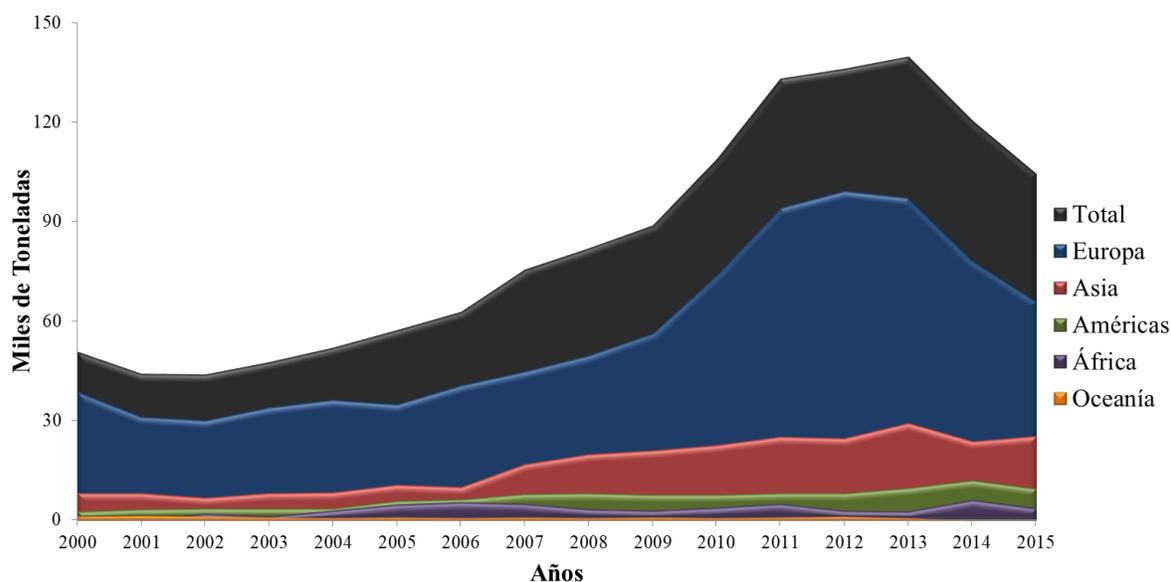


Figura 5. Desembarques mundiales y por regiones de tiburón azul.

**Fuente:** Elaborado con base en FAO 1950-2015<sup>5</sup>.

Las capturas mundiales de tiburones guardan alta relación respecto a las capturas totales de tiburones azules en los últimos años (Figura 6). Así, los desembarques totales de tiburones azules representan aproximadamente el 30% del total de tiburones capturados de acuerdo a los reportes de la FAO (FIGIS - Fisheries Global Information System), representando la especie de tiburón con mayores desembarques en la base de datos de la FAO (Musick y Musick 2011). Según estos datos se puede observar que inclusive cuando las capturas de tiburones disminuyeron (2001-2004), la captura de tiburón azul siguió una tendencia positiva. Además, se logra visualizar en los últimos años (2014-2015) el efecto de la reducción en las capturas de tiburones azules en los reportes de las capturas totales de

<sup>5</sup> FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma). 1950-2015. Fisheries Global Information System (FAO-FIGIS). Global Production (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 14 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en>

tiburones en el planeta, de esta manera se reafirma la importancia en la contribución del tiburón azul a las capturas totales de tiburones. En algunos casos, el tiburón azul llega a ser la especie más importante dentro de las capturas (África, Europa). Sin embargo, en otras regiones (América, Asia y Oceanía) llega a estar dentro de los 3 principales tiburones desembarcados, estando solo por detrás de los cazones (*Squalus* spp.) y los tiburones de la familia Carcharhinidae. No obstante, a pesar de que la información de las capturas de tiburón azul por parte de las pesquerías globales de espinel y cortina es escasa, es claro que cantidades mayores son capturadas alrededor del planeta (Nakano y Stevens 2008).

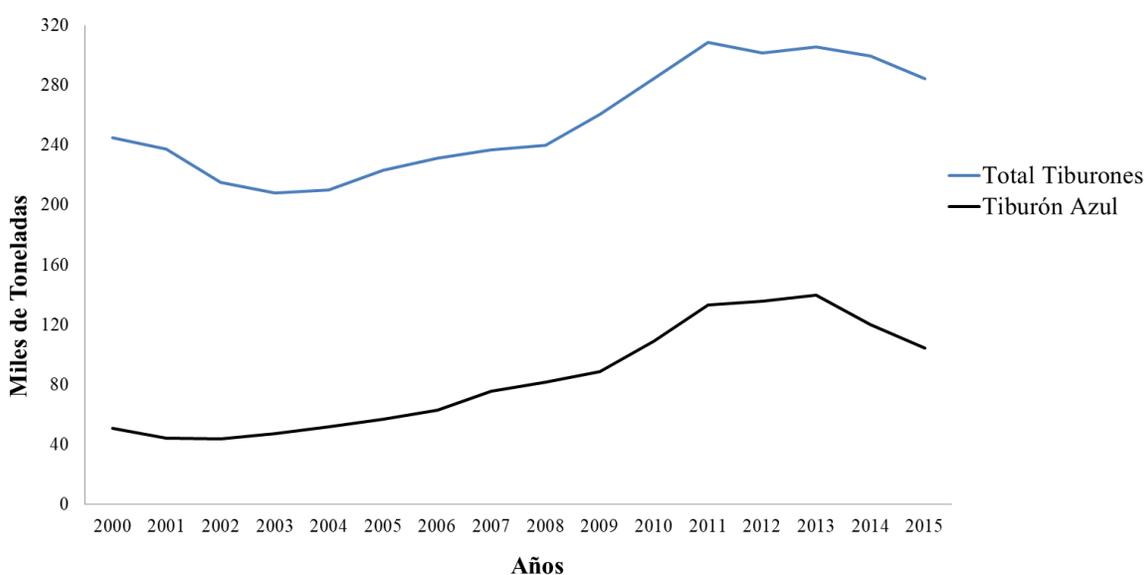


Figura 6. Desembarques totales de tiburones vs. desembarques totales de tiburón azul.

**Fuente:** Elaborado con base en FAO 1950-2015<sup>6</sup>.

#### 4.2.2 En Perú

La pesquería del tiburón en el Perú es, en general, de naturaleza artesanal (Alfaro-Shigueto *et al.* 2010, Estrella Arellano y Swartzman 2010, Mendo y Wosnitza-Mendo 2014), sin embargo también se registran capturas incidentales por parte de la flota industrial que opera en aguas peruanas (PRODUCE 2014). Las operaciones de pesca dependen en mayor parte a la distribución del recurso, llegando en algunos casos (e.g., tiburón azul y tiburón diamante)

<sup>6</sup> FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma). 1950-2015. Fisheries Global Information System (FAO-FIGIS). Global Production (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 14 jun. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/en>

a encontrarse en gran abundancia más allá de las 200 millas náuticas de distancia (Doherty *et al.* 2014, PRODUCE 2014). Así mismo, las dos principales artes de pesca utilizadas para su captura son: la cortina, la cual tiene como especie objetivo al tollo mama (*Mustelus whitneyi*), tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), tiburón zorro (*Alopias spp.*), entre otros; y el espinel, el cual tiene como especie objetivo al tiburón azul (*Prionace glauca*), tiburón diamante (*Isurus oxyrinchus*), tiburón marrajo sardinero (*Lamna nasus*) y otras especies del orden Carcharhiniformes (Alfaro-Shigueto *et al.* 2010).

En un estudio reciente, Gonzalez-Pestana *et al.* (2016) indicó que en el Océano Pacífico, durante 1950 y 2010, el Perú ocupó el sexto puesto en desembarques históricos de condriactos (tiburones, rayas y quimeras), solo por detrás de grandes potencias como Japón, Taiwán, Indonesia, México y Corea del Sur. En dicho estudio se menciona también que nuestro país ocupa el segundo lugar en desembarques históricos de condriactos si nos referimos exclusivamente al Pacífico Este, mientras que el primer lugar si consideramos únicamente el Pacífico Sureste. No obstante, al analizar exclusivamente los desembarques históricos de tiburones en el Océano Pacífico, el referido estudio ubica al Perú como el país líder, seguido de Nueva Zelanda, México e Indonesia.

La pesquería peruana de tiburones desembarcó entre 1950 y 2010 un total de 372,015 t de tiburones, teniendo un promedio de 6,099 t por año ( $SD \pm 4,251.3$ ), un mínimo de 700 t en 1951 y un máximo de 19,718 t en 1973 (Figura 7). Los desembarques durante este periodo de tiempo fluctuaron de manera considerable, exhibiéndose durante los primeros 23 años crecimientos de aproximadamente 15% por año. Sin embargo, desde 1973 (pico de mayor volumen) se ha experimentado un decrecimiento continuo con pequeñas fluctuaciones (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). Cabe resaltar que dichas estadísticas estuvieron limitadas a solo 18 especies de las 60 que habitan en aguas peruanas (Cornejo *et al.* 2015). Sin embargo, a pesar de la magnitud de dicha información, la cual está basada en estadísticas oficiales de la FAO y el IMARPE, científicos convergen en la idea que las estadísticas de desembarque expuestas son apenas el 50% de la captura total real ya que no se toman en cuenta la pesca ilegal, no reportada y no reglamentada (Worm *et al.* 2013).

Desde 1996, seis especies de tiburones comprendieron el 98% de la pesquería de tiburones en el Perú, estas son: El tiburón azul, el tiburón diamante, el tiburón martillo, el tollo mama, el tiburón zorro común (*Alopias vulpinus*) y el angelote (*Squatina californica*). De estas especies, el tiburón azul representa el 42% del total de desembarques, siendo así la especie más importante en la pesquería artesanal peruana de tiburones (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016).

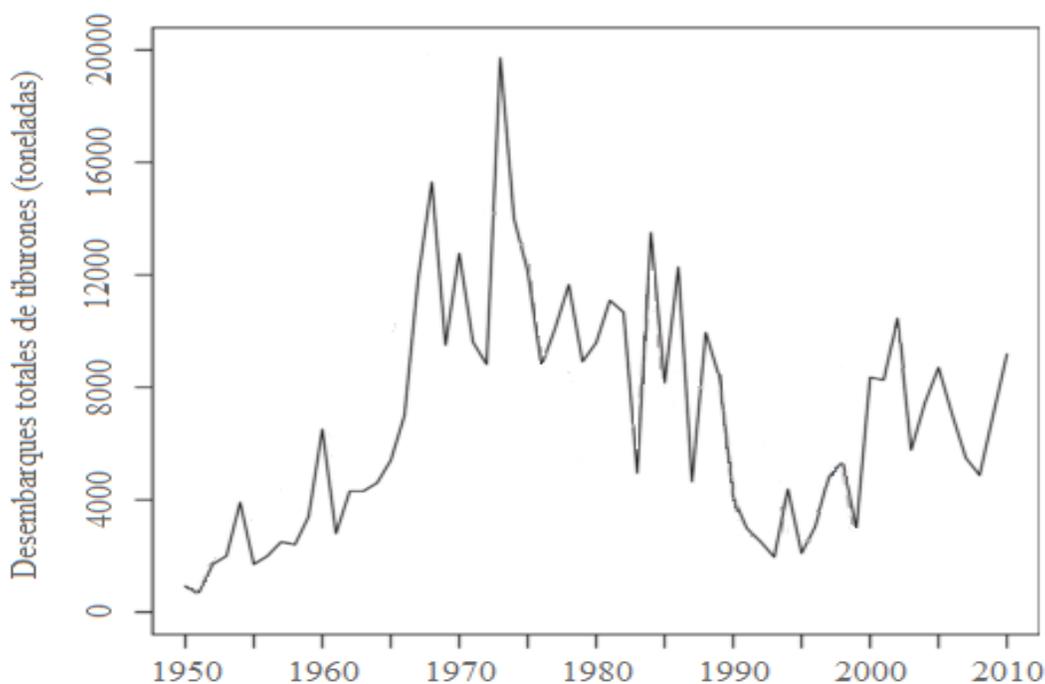


Figura 7. Dinámica temporal de los desembarques totales de tiburones en el Perú.

**Fuente:** Adaptado de Gonzalez-Pestana *et al.* 2016<sup>7</sup>.

Los desembarques totales de tiburón azul en el Perú evidencian un comportamiento heterogéneo en los últimos años. Los registros demuestran que las mayores capturas se dieron en los años 1997 y 2005 con aproximadamente 2,450 y 2,310 t, respectivamente. Por otra parte, los puntos más bajos se dieron en los años 1996 y 2004, años antecesores de los puntos más importantes en cuanto a descargas (Figura 8).

<sup>7</sup> Gonzalez-Pestana, A; Kouri, C; Velez-Zuazo, X. . 2016. Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru [version 2; referees: 1 approved, 2 approved with reservations]. F1000 Research 3:164

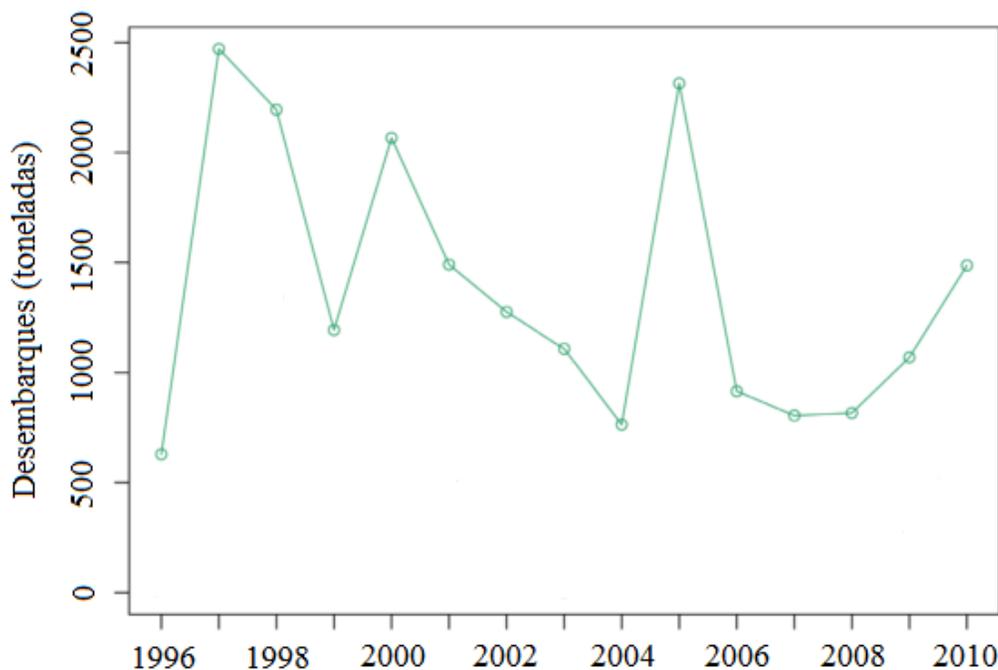


Figura 8. Dinámica temporal del desembarque de tiburón azul (*P. glauca*) en el Perú.

**Fuente:** Adaptado de Gonzalez-Pestana *et al.* 2016<sup>8</sup>.

En el Perú, más del 70% de las capturas de tiburón azul es realizada por la flota espinelera (Gilman *et al.* 2008, Doherty *et al.* 2014). Además, las mayores descargas (en peso) se realizan en las zonas centro (Chimbote y Pucusana) y sur (Ilo y Matarani) del Perú, representando el 38 y 45% del total de desembarques totales, respectivamente (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). En consecuencia, la zona sur del país (en especial Ilo) se configura como la zona más importante de desembarques de tiburón azul en el Perú.

La pesca dirigida al tiburón azul difiere según el tipo de arte de pesca utilizado. En el caso de las redes cortina, la captura del tiburón azul se da en todo el año, no obstante no es una pesca dirigida exclusivamente a dicha especie, sino que es dirigida a los tiburones en general (comúnmente llamados “animales”), así el tiburón azul es capturado en compañía de otras especies de tiburones (Alfaro-Shigueto *et al.* 2010). Por otro lado en el caso del espinel, sí existe una temporada específica dirigida a la pesca del tiburón azul y diamante durante los meses de marzo y noviembre especialmente en el sur del país, sin embargo

<sup>8</sup> Gonzalez-Pestana, A; Kouri, C; Velez-Zuazo, X. 2016. Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru [version 2; referees: 1 approved, 2 approved with reservations]. F1000 Research 3:164

también existen capturas asociadas a la temporada del perico (*Coryphaena hippurus*), donde son retenidos y posteriormente comercializados (Doherty *et al.* 2014).

Finalmente, en el Perú existe una normativa que estable la talla mínima de captura para el tiburón azul la cual es 160 cm de Longitud Total (Diario El Peruano 2001), sin embargo la talla promedio de los desembarques generales de tiburones azules en el Perú están muy por debajo de la talla mínima de captura (Gilman *et al.* 2008, Doherty *et al.* 2014).

### **4.2.3 Importancia social y económica de la Pesquería**

La importancia social y económica de la pesquería de tiburón azul a nivel mundial radica en la comercialización de su carne en fresco, ahumado y seco-salado para el consumo humano directo. Además, las aletas (dorsales, pectorales y lóbulo inferior de la caudal) se utilizan para la elaboración de sopas de aletas de tiburón en Asia (Cheung y Chang 2011). Por otro lado, su piel es utilizada para la elaboración de cueros y gelatina, mientras que las vértebras son usadas para la elaboración de los denominados “cartílago de tiburón”. Asimismo, es considerado como la especie más importante para la pesca deportiva y de recreación a nivel mundial (Compagno 1984, Fisher *et al.* 1995, Limpisophon *et al.* 2009).

En el Perú, si bien la comercialización de los tiburones es vagamente reportada a nivel especie, la alta representatividad del tiburón azul en las capturas nacionales (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016) indicaría la gran importancia de esta especie en esta actividad. Los productos comercializados provenientes de la pesca de tiburones son la carne y las aletas, teniendo cada una un mercado diferente. En el caso de la carne, la comercialización se realiza principalmente en fresco y es destinada hacia los mercados nacionales para el Consumo Humano Directo (Gilman *et al.* 2008, Alfaro-Shigueto *et al.* 2010). Según el Anuario Estadístico del Ministerio de la Producción (PRODUCE), en 2015 se extrajeron aproximadamente 5,792 t de tiburón; de los cuales 3,896 t fueron destinadas hacia a Fresco, 1,805 t a Congelado y 91 t hacia Curados (PRODUCE 2015). Asimismo, también existen exportaciones de carne de tiburón hacia mercados como Brasil, Venezuela, Colombia y España; e importaciones desde Aguas Internacionales, Japón, Ecuador y España (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016, ITC 2017).

Las aletas de tiburón por su parte son destinadas al mercado internacional (Gilman *et al.* 2008). Desde 1997 al 2012, se han exportado 2,353.70 t de aletas a un valor de \$101,480,171.30; donde la mayor parte de las exportaciones fueron destinadas hacia Hong Kong (87%), mientras que lo restante fue exportado hacia diferentes mercados como Japón, China y Estados Unidos (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). Además, en el 2015 se exportaron un total de 387 t con un valor de \$8,460.981 hacia mercados como Hong Kong, Singapur, Japón y China (ITC 2017). Por ello, Perú está considerado dentro de las 12 naciones con mayores exportaciones de aletas de tiburón hacia el mercado de Hong Kong (Cheung y Chang 2011). Aunque no se tiene diferenciada la cantidad de aletas de tiburón azul exportada dentro de estas cifras, se evidencia que en el mercado de Hong Kong aproximadamente el 35% del total de aletas comercializadas provendrían del tiburón azul (Clarke *et al.* 2006, Cardeñosa *et al.* 2016). Esto, sumado a las grandes cantidades de desembarques de la especie en nuestro país haría denotar la gran participación del tiburón azul dentro de la comercialización de aletas hacia el mercado asiático. Finalmente, debe considerarse que nuestro país importa de igual forma aletas de tiburón. Entre 1997 y 2012 se importaron 268.66 t de aletas a un valor de \$2,279,003.67, principalmente provenientes del Ecuador (~87%), aguas internacionales y España (13%) (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). Asimismo, en el 2015 se importaron 191 t a un valor de \$2,312.055 dólares americanos (ITC 2017).

### **4.3 Conceptos básicos de ecología trófica**

El proceso más elemental en la naturaleza es talvez la búsqueda de energía y nutrientes para el correcto desarrollo de un organismo. Dentro de las interacciones involucradas en esta búsqueda y aprovechamiento de recursos esenciales están el parasitismo, la competencia, el mutualismo y la predación; siendo esta última la que nos permite comprender la estructura y funcionamiento de un ecosistema (Smith y Smith 2012). A pesar de ello, el comprender la predación en su totalidad resulta ser una tarea muy compleja, principalmente debido a la implicancia de intercambios de energía variables tanto geográfica y ontogénicamente; además de otros procesos como el crecimiento, respiración, locomoción y reproducción de los organismos (Sierra *et al.* 2001). No obstante, es de gran importancia estudiar estas relaciones entre los diferentes organismos presentes en un ecosistema, a manera de

comprender la interacción de estas en el proceso de búsqueda, obtención y aprovechamiento de los recursos necesarios para su desarrollo (Smith y Smith 2012).

La ecología trófica es el estudio de todas las interacciones existentes en el proceso de transferencia de energía entre una especie y otra, es decir la ecología del traspaso de alimento o energía entre especies (Garvey y Whiles 2017). Las investigaciones enfocadas a evaluar la ecología trófica de los organismos, permiten comprender la transferencia de energía a lo largo de los diferentes niveles tróficos dentro de una red trófica, al conocer las relaciones tróficas directas e indirectas presentes en el ecosistema (Creel y Christianson 2008). De la misma forma, ayudan a explicar las relaciones intra e interespecíficas presentes (e.g., predación y competencia), al establecer el rol funcional del depredador (Cailliet y Ebeling 1996). Adicionalmente, la información resultante permite inferir ciertas condiciones ambientales del océano, categorizando a depredador y sus presas como bioindicadores (Hernández-Aguilar *et al.* 2016).

#### **4.3.1 Red trófica**

El concepto de red trófica es una importante subdivisión de la ecología trófica porque sirve de mecanismo mediante el cual las interacciones tróficas entre los organismos y el ambiente son transferidas y distribuidas dentro de un ecosistema (Garvey y Whiles 2017).

En el pasado se tenía el concepto de “Cadena Trófica” como representación de las relaciones tróficas existentes dentro de un ecosistema, este era un diagrama descriptivo el cual representaba el transporte de energía desde la presa al predador de una manera muy simple (Odum 1953, Macarthur 1955). No obstante, al entender que dentro de la naturaleza dichas interacciones son mucho más complejas, se optó por utilizar el término “Red Trófica” el cual engrana diversas cadenas tróficas en una compleja red con enlaces que conducen el transporte de energía desde los productores primarios hacia y a través de, una gran variedad de consumidores (Smith y Smith 2012). Así, una red trófica es una red dentro de un ecosistema que posee características cuantificables como: topología, conectividad, densidad de conexiones, fuerza de interacciones y tamaño, y transferencia energética (Garvey y Whiles 2017).

### 4.3.2 Niveles tróficos

La representación más simple de las relaciones tróficas, inclusive en un ecosistema con moderada diversidad puede llegar a ser increíblemente compleja. Debido a esto, se suele simplificar la representación de las redes tróficas al agrupar las diferentes especies en categorías más amplias las cuales representen grupos generales basados en la fuente de alimentación. Estos grupos son denominados niveles tróficos, dándole así una clasificación funcional a las especies dentro de un ecosistema (Smith y Smith 2012).

La manera más sencilla de visualizar una red trófica es mediante la descripción de los niveles tróficos. Así, dentro de un ecosistema tenemos a los productores primarios, consumidores primarios, consumidores secundarios y consumidores terciarios. Sin embargo, estos términos se refieren estrictamente a la estructura de una red mas que a la estricta realidad biológica (Smith y Smith 2012).

- **Productores primarios**, o también llamados autótrofos, son los organismos que procesan energía proveniente de una fuente inorgánica externa (e.g., fotosíntesis).
- **Consumidores primarios**, conocidos como herbívoros, se le considera a cualquier organismo que consume organismos autótrofos (fotosintéticos o quimiosintéticos), aprovechando la energía proveniente de estas.
- **Consumidores secundarios**, se le considera a los organismos que se alimentan de consumidores primarios. Estos pueden ser carnívoros (alimentándose de carne) u omnívoros (alimentándose de carne y plantas).
- **Consumidores terciarios**, conocidos como depredadores tope, se le considera a cualquier organismo que no es consumido por otro nivel trófico, salvo algunas excepciones como el canibalismo.

En la Figura 9 se representa una red trófica, cada círculo representa una especie y las flechas, denominadas enlaces, están orientadas desde la presa hacia el consumidor. En el primer nivel trófico podemos observar a las especies usualmente autótrofas ( $A_1$ ,  $A_2$ ) como productores primarios. En el siguiente nivel, como consumidores primarios podemos observar a los herbívoros ( $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ ). Seguido, podemos observar a los consumidores secundarios de los cuales uno es carnívoro ( $C_2$ ) y otro, el cual se alimenta de más de un nivel trófico, omnívoro ( $C_1$ ). Finalmente, logramos observar en la parte más alta de la red trófica, al consumidor terciario, es decir al depredador tope ( $P$ ) debido a que no es predado por otras especies dentro de la red trófica, salvo algunos casos de canibalismo.

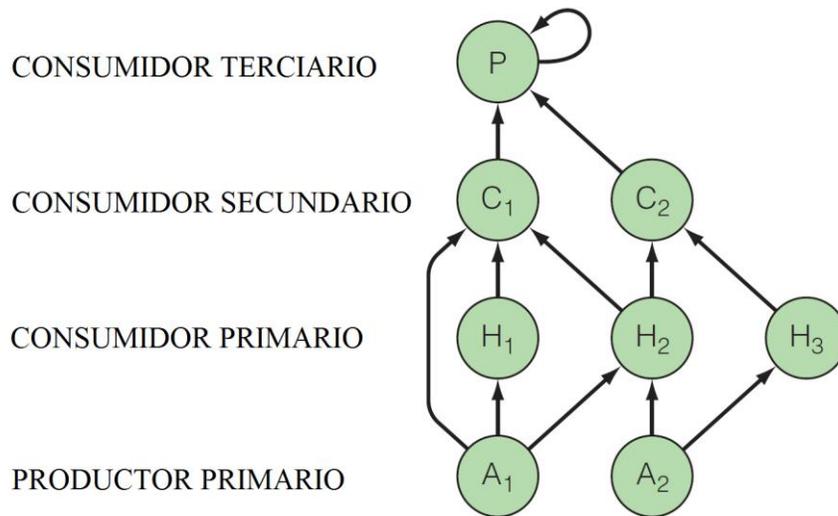


Figura 9. Esquema simplificado de una red trófica.

**Fuente:** Adaptado de Smith y Smith 2012<sup>9</sup>.

### 4.3.3 Relaciones Tróficas indirectas

La dinámica dentro de un ecosistema no puede ser entendida exclusivamente en términos de interacciones directas entre especies. Las redes tróficas igualmente revelan un tipo de interacción secundaria importante entre las especies dentro del ecosistema, las interacciones indirectas. Estas interacciones ocurren cuando una primera especie no interactúa con una

<sup>9</sup> Smith, TM y Smith, RL. 2012. Elements of Ecology. 8 ed. San Francisco, California, Estados Unidos de América. Pearson Benjamin Cummings. 704p.

segunda directamente, pero que sin embargo influye a una tercera la cual interactúa directamente con la segunda especie (Smith y Smith 2012).

La predación provee un claro ejemplo de efectos indirectos dentro de las redes tróficas cuando algunas alteraciones en las interacciones competitivas entre las especies son observadas. Este tipo de interacción indirecta es llamada predación de especies clave (keystone predation) donde el predador influye positivamente en la abundancia de un competidor inferior, al reducir la abundancia de los competidores superiores (Smith y Smith 2012). En el caso de los tiburones este tipo de efectos se han estudiado a fondo. Por ejemplo, un estudio en el Atlántico Norte demostró que la disminución, debido a altas capturas, en la abundancia de los predadores (tiburones) resultaba en el aumento de algunos mesodepredadores como la raya gavián (*Rhinoptera bonasus*). Esto trajo como consecuencia el aumento de la predación de la raya gavián hacia sus presas naturales (*Argopecten irradians* y *Mya arenaria*), de manera que tal impacto fue suficiente para colapsar la pesquería centenaria de bivalvos en la zona (Myers *et al.* 2007). Por ello, un análisis de los mecanismos controladores de la estructura de los ecosistemas debe contemplar estos efectos indirectos (Dunne *et al.* 2005).

#### **4.4 Modelos tróficos**

El término *Modelo* puede ser definido como la descripción consistente de los componentes de un ecosistema, necesaria para comprender la función de la misma (Christensen y Pauly 1993). Estos modelos tróficos se basan en las matrices de composición de la dieta de los diferentes organismos presentes en un ecosistema, desde el fitoplancton hasta los grandes depredadores, información la cual es obtenida mediante estudios de contenido estomacal (Aydin *et al.* 2007).

La forma más común de representar estos modelos es mediante gráficas que demuestren las interrelaciones de los diferentes componentes del ecosistema. Asimismo, puede incluirse ecuaciones cuyos parámetros permitan describir los “estados” (estable, no estable) y las “tasas” (de crecimiento, mortalidad, consumo de alimentos, etc.) de los componentes incluidos en el modelo (Christensen y Pauly 1993). El desarrollo de este tipo de modelos matemáticos resulta difícil de explorar sin el uso de programas computacionales avanzados

y un gran número de datos biológicos y pesqueros necesarios del mayor número de especies posibles. Sin embargo, un modelo podría ser limitado a describir el “promedio” (o “estado estable”) de los estados y las tasas de las especies que conformen el ecosistema. Contrario a lo que se piensa, esta limitación resulta ser concordante con la mayor parte de las investigaciones realizadas, las cuales (en su mayoría) representan el promedio de los estados y las tasas, aplicados a un cierto periodo de tiempo (Christensen y Pauly 1993).

En esencia, la naturaleza de los modelos tróficos requiere simplificaciones juiciosas (Yodzis y Innes 1992), sin embargo esas decisiones deben basarse en la síntesis de ideas que contemplen modelos matemáticos simples y sistemas naturales complejos, sin la necesidad de ser muy abstracto o muy particular (Dunne *et al.* 2005). Por ello, en la actualidad diversos modelos optan por usar las estimaciones (“promedios”) de los estados y las tasas, con un enfoque monoespecífico (enfoque en una sola especie) en un contexto multiespecífico (varias especies). Así, este enfoque permite describir los ecosistemas acuáticos en términos rigurosamente cuantitativos durante el periodo de tiempo para el cual los estimados apliquen. No obstante, en muchos casos el periodo a considerar no coincidirá con el periodo de tiempo para los cuales los estimados fueron calculados (Christensen y Pauly 1993).

Entonces, los modelos tróficos nacen de la necesidad por modelar y sintetizar gran cantidad de información acumulada en el tiempo, permitiendo conceptualizar la idea de “Manejo Pesquero” lo cual permitiría darle un mejor uso a los recursos pesqueros disponibles a ser explotados (Pauly *et al.* 1993). Estos modelos son de gran ayuda aún en un mundo que enfrenta pérdidas constantes de biodiversidad y hábitat, acelerada expansión de especies invasoras, cambio climático y otros factores antrópicos los cuales están resultando en la reorganización drástica de muchos ecosistemas (Daily 1997)

#### **4.5 Manejo Pesquero**

El término *Manejo Pesquero* posee diferentes definiciones, sin embargo la de mayor uso es la propuesta en las Directrices Técnicas para la Pesca Responsable de la FAO (FAO 1997). En dicho documento, Manejo Pesquero se define como el proceso integrado de recolección de información, análisis, planificación, consulta, toma de decisiones, asignación de recursos

y formulación e implementación (con imposición de decisiones cuando sea necesario) de reglamentos o normas las cuales rijan sobre las actividades pesqueras con fin de: salvaguardar la continuidad de la productividad de los recursos y cumplir con los objetivos establecidos. Por lo tanto, el manejo pesquero involucra un amplio y complejo conjunto de deberes, los cuales colectivamente tienen como objetivo fundamental el logro de los beneficios óptimos sostenibles de los recursos (Cochrane y Garcia 2009).

Al conjunto de actividades relacionadas al manejo pesquero de una pesquería se le denomina *Plan de Manejo Pesquero*. De esta forma, un Plan de Manejo Pesquero comprende una amplia gama de actividades designadas a asegurar el uso racional y responsable de los recursos marinos. Estas actividades pueden incluir acuerdos gubernamentales (políticas, derechos de uso, etc.), procedimientos de manejo (establecimiento de objetivos, puntos de referencia, etc.), asesoramiento científico (evaluación de stocks, modelamiento de escenarios de manejo, etc.), conformidad (vigilancia y esfuerzo, estructura de incentivos, etc.) y monitoreo (Hoggarth *et al.* 2006).

Es importante recalcar que los planes de manejo pesquero requieren del establecimiento de metas, conducción de investigaciones y ejecución de acciones en una variedad de escalas de tiempo, espacio y alcance (FAO 1997). En consecuencia resulta necesario disponer de información base de las pesquerías (e.g., Captura por Unidad de Esfuerzo - CPUE), los recursos pesqueros (e.g., ecología trófica, reproducción, etc.), su ambiente (e.g., variables oceanográficas) y entre otras (e.g., social, económica, etc.) para poder ayudar a sustentar las decisiones de los gestores pesqueros para desarrollar un correcto Plan de Manejo Pesquero.

#### **4.6 Estudios previos en ecología trófica del tiburón azul**

Diversas investigaciones, teniendo como base el estudio de los contenidos estomacales, se han realizado a nivel global con la finalidad de evaluar la ecología trófica del tiburón azul. Estas investigaciones, las cuales se han realizado en mayor número en los océanos Atlántico y Pacífico, han ayudado a conocer la importancia de este tiburón en el ecosistema marino. De esta forma, se ha podido comprender que el tiburón azul es un predador tope que se alimenta de un amplio número de especies presa y cuya preferencia parece estar orientada al consumo de algunos cefalópodos (Nakano y Stevens 2008).

En el océano Atlántico diversos estudios han analizado la dieta del tiburón azul, encontrándose que este tiburón tiene una preferencia sobre diversas especies de cefalópodos como *Histioteuthis* spp., *Chiroteuthis* sp., *Taoinus pavo*, *Tremoctopus violaceus*, *Ocythoe tuberculata*, *Haliphron atlanticus*, entre otros (Stevens 1973, Kohler 1987, Clarke *et al.* 1996, Vaske Júnior *et al.* 2009, Mendonça 2009). No obstante, también se evidencia un significativo consumo sobre pequeños teleósteos de hábitos pelágicos como Cupleidos, *Scomber scombrus*, *Capros aper*, *Macroramphosus scolopax*, *Alepisaurus ferox*, *Gempylus serpens*, entre otros (Stevens 1973, Clarke *et al.* 1996, Vaske Júnior *et al.* 2009). Asimismo, se demuestra un consumo de mamíferos marinos como *Stenella coeruleoalba* y algunos cetáceos del suborden Mycticeti (Mendonça 2009, Vaske Júnior *et al.* 2009). Es así que a partir de estas investigaciones se logró caracterizar al tiburón azul como un predador tope de hábitos pelágicos, meso y batipelágicos; además de postular un posible comportamiento carroñero de esta especie.

En el caso del océano Pacífico, los cefalópodos parecen ser la categoría presa más consumida por los tiburones azules salvo el caso presentado por Lopez *et al.* (2010) donde coloca a los teleósteos (e.g., *Cubiceps pauciradiatus* y *Alepisaurus ferox*) como principales especies presa dentro de la dieta del tiburón azul en aguas del Pacífico Chileno. En ese sentido, Kubodera *et al.* (2007) en la zona occidental del Pacífico identifica dentro de la dieta a cefalópodos grandes, inactivos, gelatinosos y meso-batipelágicos (*Chiroteuthis calyx*, *Haliphron atlanticus*, *Histioteuthis dofleini* y *Belonella borealis*), sugiriendo que *P. glauca* se alimentaría durante horas del día donde realizarían migraciones verticales hacia aguas profundas. Por otra parte, en el Pacífico oriental, frente a las costas mexicanas, los cefalópodos *Histioteuthis heteropsis*, *Gonatus californiensis*, *Ancistrocheirus lesueurii*, *Vampyroteuthis infernalis* y *Argonauta* spp. son considerados las especies más importantes en la dieta del tiburón azul, además de la inclusión del crustáceo *Pleuroncodes planipes* como una especie de importancia en la dieta (Markaida y Sosa-Nishizaki 2010, Hernández-Aguilar *et al.* 2016). De manera similar, en aguas del Pacífico Ecuatoriano se identifican a los cefalópodos *A. lesueurii*, *H. dofleini* y *Dosidicus gigas* como las principales especies presas dentro de la dieta del tiburón azul. De esta manera, se puede observar un comportamiento similar a lo ocurrido en el Atlántico, caracterizando al tiburón azul como una especie con hábitos de alimentación pelágicos, meso y batipelágicos.

En el Perú no se han conducido gran cantidad de investigaciones referentes a evaluar la ecología trófica del tiburón azul. La información disponible radica únicamente en tres trabajos realizados en la zona norte (2) y en la zona centro del Perú (1). Elliot *et al.* (1995, 1996) detallan que dentro de la dieta del tiburón azul capturado frente a las Islas Lobos de Afuera, se encontraron especies como *Sardinops sagax*, *Merluccius gayi peruanus* y *D. gigas*. Además, se indica que este tiburón se alimenta de huevos de peces voladores (familia Exocoetidae), sugiriendo así una alimentación en base a especies tanto superficiales como de fondo. Por otro lado, Hoyos *et al.* 1991 indican que la dieta de tiburones azules capturados frente a Pucusana, estuvo dominada de *D. gigas*, *Engraulis ringens* y *S. sagax*. Asimismo, indican que dentro de la dieta de los individuos más pequeños, se observó una importante dominancia de huevos de *Odontesthes regia regia*, en especial durante las estaciones de primavera y verano.

## V MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Área y periodo de estudio

El periodo de estudio del presente trabajo estuvo comprendido desde febrero hasta diciembre del 2015. Durante este periodo, personal científico se embarcó a bordo de Embarcaciones Pesqueras Artesanales (E/P) cuyos puntos de zarpe fueron los Desembarcaderos Pesqueros Artesanales (DPA) de Máncora (Piura) y Salaverry (La Libertad), ambos ubicados en la zona norte del Perú (Figura 10). El personal tuvo la labor de coleccionar muestras de estómagos de tiburón azul, así como el de recopilar información complementaria al estudio.

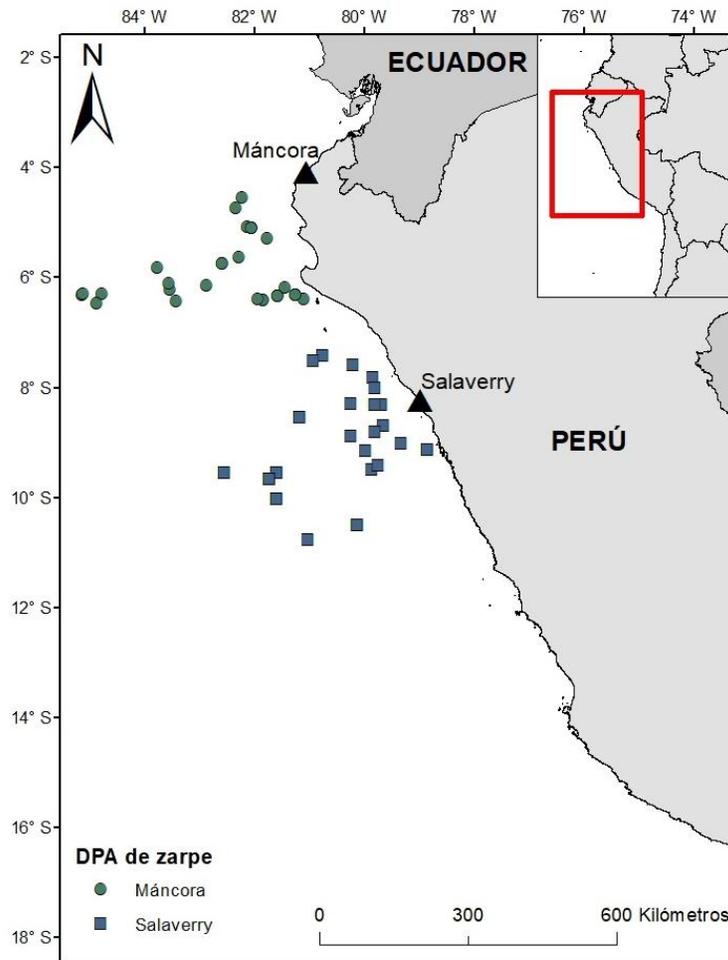


Figura 10. Ubicación geográfica de los DPAs de zarpe de Máncora y Salaverry, así como las posiciones de captura de los tiburones azules en el área de estudio

En el presente estudio, las artes de pesca utilizadas por las E/P para la captura de los tiburones azules fueron la cortina y el espinel, ambos de superficie (Figura 11 y Figura 12). En el caso del DPA de Máncora, el arte utilizado de manera exclusiva fue la cortina, mientras que para el DPA de Salaverry, se usaron las dos artes, la cortina y el espinel. En el caso de los viajes en los cuales se utilizó la cortina como arte de pesca, se pudo identificar zonas de pesca medianamente alejadas de la costa (entre 80 y 120 mn). Por otro lado, en el caso de los viajes con espinel, se observó que las zonas de pesca eran más oceánicas (entre 120 y 220 mn). El tiempo efectivo de captura (tiempo en el cual el arte permanece en el agua) para ambas artes fluctuó entre 8 y 12 horas, desplegando el arte al agua desde horas de la tarde (entre las 4 y 6 p.m.) hasta las primeras horas de la mañana siguiente (entre las 5 y 7 a.m.).

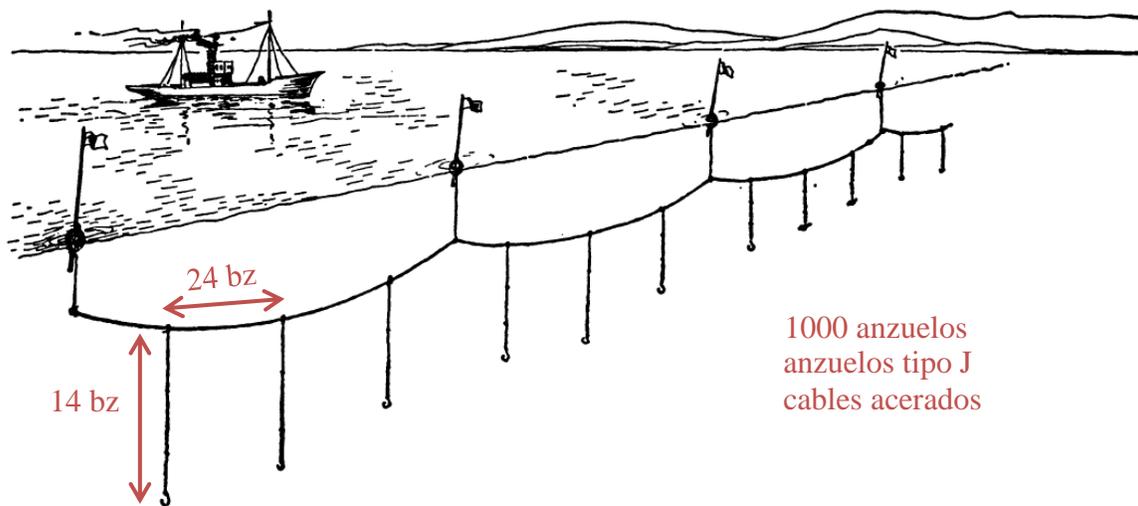


Figura 11. Esquema de una línea de espinel de superficie utilizada por E/P de Salaverry para la captura de tiburones. **Fuente:** Adaptado de Umali 1950<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Umali, A. . 1950. Guide to the classification of fishing gear in the Phillipines. Dept. of the Interior, Fish and Wildlife Service. Washington, D.C. p.165

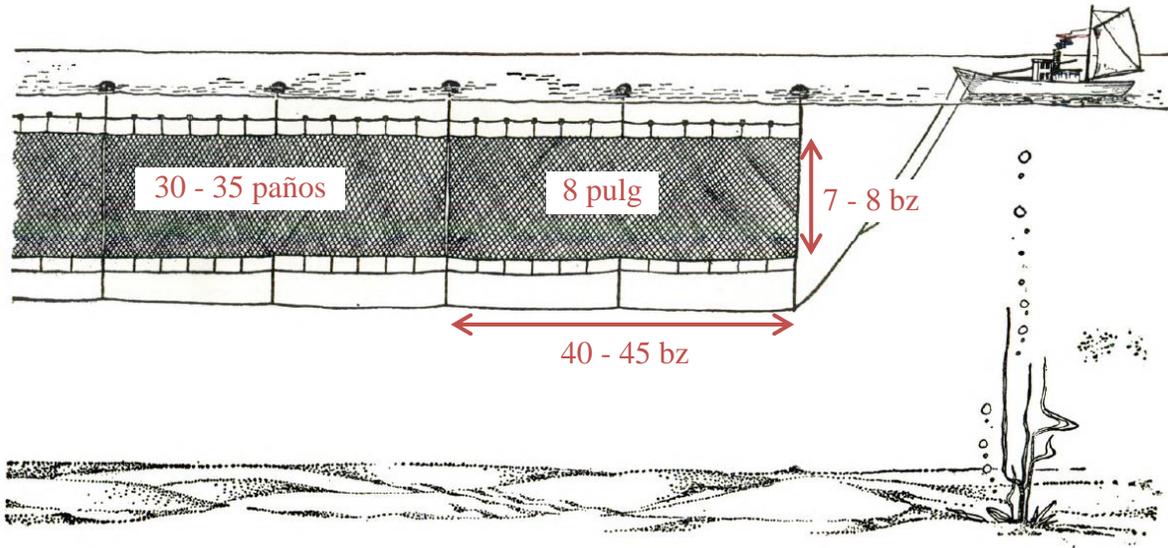


Figura 12. Esquema de una red de cortina de superficie utilizada por E/P de Máncora y Salaverry para la captura de tiburones. **Fuente:** Adaptado de Umali 1950<sup>11</sup>

De los 56 viajes a bordo de E/P realizados durante el periodo de estudio, 26 viajes correspondieron al DPA de Máncora y 30 al DPA de Salaverry. En el Cuadro 2 se observa la variación mensual de los viajes a bordo realizados a lo largo del estudio. Asimismo, se logra visualizar la cantidad de viajes a bordo efectivos, es decir los viajes en los cuales se lograron capturar al menos un tiburón azul. Esto debido a que la pesquería tanto de cortina como de espinel son pesquerías multiespecíficas (Alfaro-Shigueto *et al.* 2010). Cabe resaltar que en los viajes realizados desde el DPA de Salaverry se logró capturar al menos un tiburón azul en todos los meses de estudio, mientras que para el DPA de Máncora entre los meses de Junio y Agosto no se logró capturar ningún tiburón azul.

<sup>11</sup> *Ibid*

Cuadro 2. Variación mensual de los viajes a bordo de E/P según el DPA de zarpe, se señalan los viajes realizados y los viajes efectivos

Mes	DPA Máncora		DPA Salaverry	
	Realizada	Efectiva	Realizada	Efectiva
Febrero	3	2	4	2
Marzo	3	2	4	3
Abril	2	1	3	3
Mayo	1	1	3	3
Junio	2	0	2	1
Julio	2	0	3	1
Agosto	1	0	2	1
Septiembre	5	2	3	2
Octubre	2	2	3	1
Noviembre	3	1	1	1
Diciembre	2	1	2	1

A partir de las posiciones de captura de los organismos (Figura 10), se decidió dividir el área de estudio en dos zonas según la latitud y otras dos zonas según la longitud (Figura 13). Primero, la división según la latitud se basó en las condiciones oceanográficas de las zonas de pesca que utilizan los pescadores de Máncora y Salaverry. En el caso de los pescadores de Máncora, se logró observar que sus zonas de pesca se ubicaron dentro de la provincia marina Pacífico Tropical Este, ecorregión Guayaquil, la cual se encuentra aproximadamente por arriba de los 6° 20' S. Por otro lado, los pescadores de Salaverry utilizaron zonas de pesca localizadas dentro la provincia marina del Pacífico Sureste Templado Cálido, Ecorregión Perú Central, la cual se encuentra aproximadamente por debajo de los 6° 20' S (Sullivan-Sealey y Bustamante 1999, Spalding *et al.* 2007). De esa forma, se decidió dividir el área de estudio según la latitud en Zona 1 (zona por arriba de los 6° 20' S) y Zona 2 (zona por debajo de los 6° 20' S). Por otra parte, la división de las zonas por longitud se estableció a partir de la ubicación de la fosa Perú-Chile (distancia promedio desde la costa = 70 mn), la cual denota la transición entre la placa continental (Zona Costera) y la llanura marina (Zona Oceánica), siendo el punto de contacto entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana (Macharé *et al.* 1986).

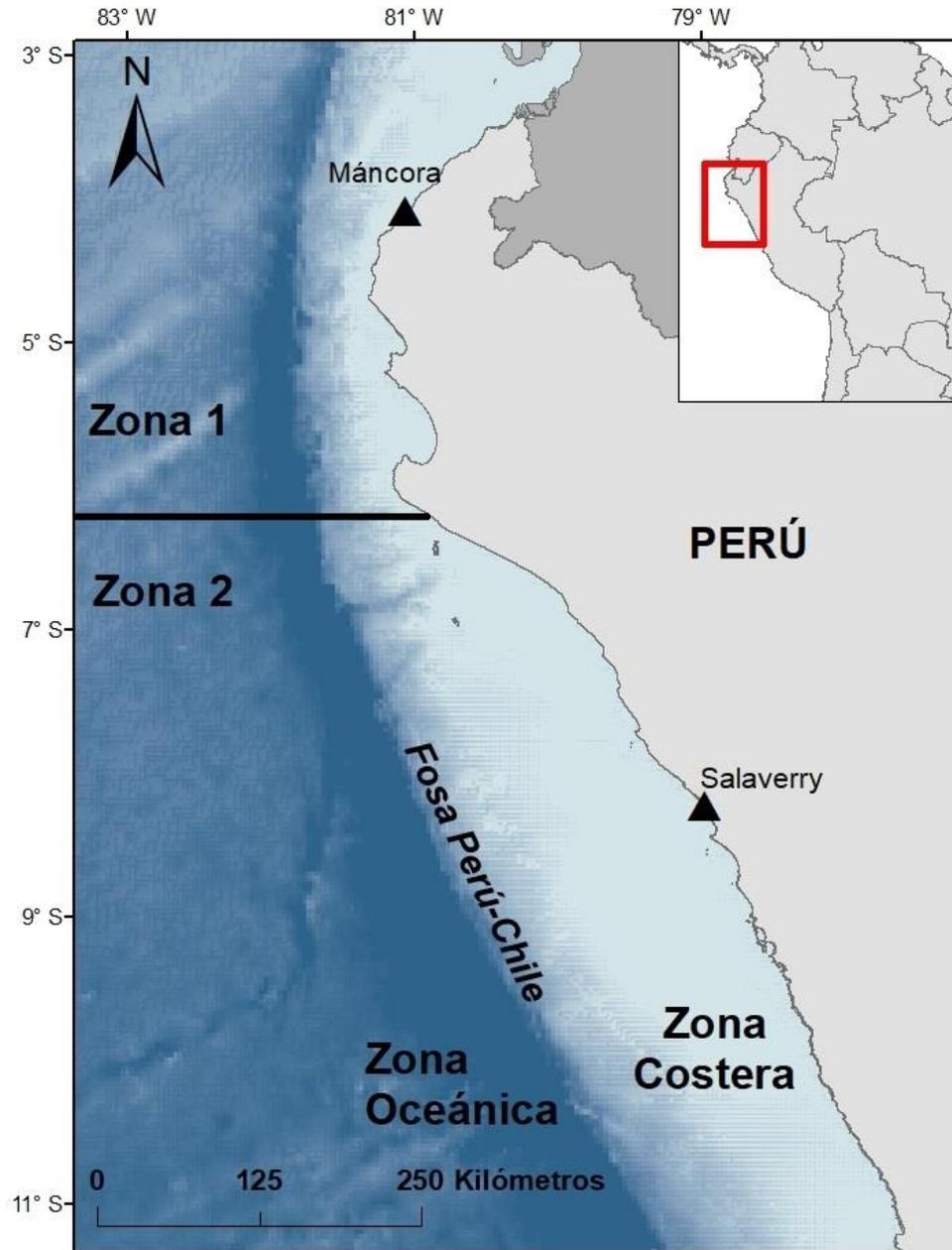


Figura 13. Zonas de pesca de tiburón azul divididas en Latitud y Longitud. La línea negra denota el cambio entre la Zona 1 y la Zona 2, mientras que el contraste de colores representa la transición de la Zona Costera a la Zona Oceánica.

## 5.2 Obtención de muestras

El presente proyecto contó para su financiamiento con el apoyo de Innóvate Perú mediante el Fondo para la Innovación, la Ciencia y la Tecnología (FINCyT), a través del contrato FINCyT 369-PNICP-PIBA-214. Además, el apoyo de los pescadores artesanales de los DPAs de Máncora y Salaverry así como del personal científico embarcado, fue de gran ayuda para la realización del presente trabajo.

### 5.2.1 De los especímenes

Para la recolección de información biológica y pesquera de los tiburones azules, el personal científico fue capacitado con la ayuda de los formatos de campo elaborados especialmente para la presente investigación (Anexo 1). Asimismo, para que dichas capacitaciones fueran realizadas *in situ*, se procedió a realizar salidas de pesca acompañando a la tripulación en una faena de pesca completa. Esto se desarrolló en cada DPA durante los primeros meses, completándose un total de 4 faenas de capacitación a bordo (2 por DPA). De esta manera, estas salidas ayudaron a demostrar e ilustrar, de manera didáctica, la metodología necesaria a seguir antes que el personal científico empiece a recolectar información de manera autónoma. Adicionalmente, se procedió a realizar cuatro viajes más a lo largo del tiempo de estudio con la finalidad de fortalecer y enriquecer la investigación.

Los individuos colectados a bordo fueron medidos (al centímetro más cercano, Compagno (1984)) y sexados, recolectando las principales medidas biométricas (LT = Longitud Total, LH = Longitud Horquilla y LI = Longitud Interdorsal) de los organismos a los cuales se les extrajo el aparato digestivo (Figura 14). Luego, los estómagos de los individuos referenciados fueron colocados en bolsas *ziploc* (acorde al tamaño del estómago), junto con la etiqueta de rótulo específica para cada muestra. De inmediato, las muestras fueron almacenadas en la bodega de la embarcación con la finalidad de que el hielo utilizado como sistema de frío para la captura de la embarcación, ayudase a la preservación de las muestras. Posteriormente, una vez en tierra, con la ayuda de una jeringa se le añadió a cada muestra entre 5 a 10 ml de formaldehído al 10% (Galván-Magaña *et al.* 1989). Finalmente, cada muestra fue colocada en un frasco de plástico acorde al tamaño del estómago, para así poder ser trasladada hacia los laboratorios en Lima de manera segura.

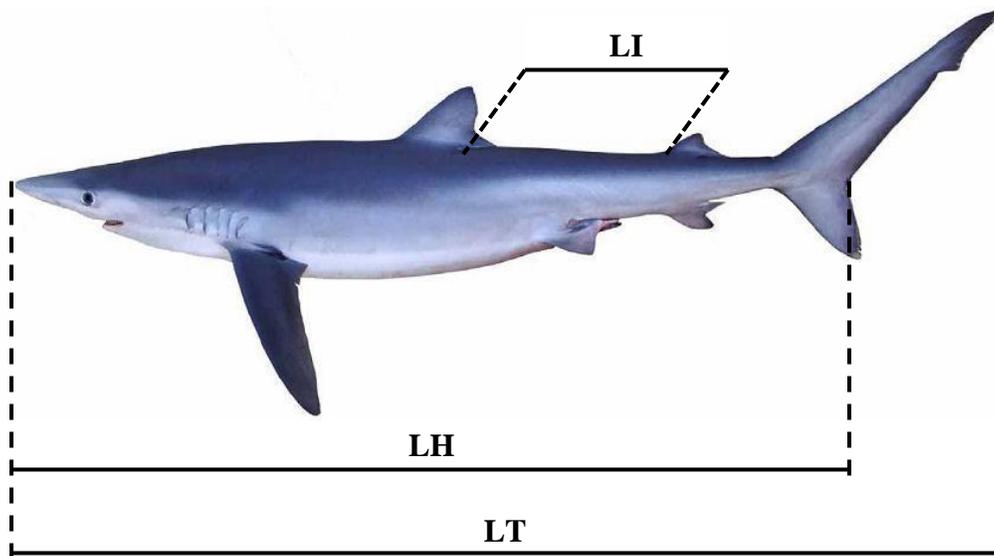


Figura 14. Principales medidas biométricas (LI: Longitud Interdorsal, LH: Longitud Horquilla y LT: Longitud Total) del tiburón azul registradas en el presente estudio.

Ciento cuarenta y tres tiburones azules fueron capturados en el área de estudio. En el Cuadro 3 se detalla el número de especímenes obtenidos por zona de pesca según la latitud y la longitud. Dicho cuadro muestra que la mayor cantidad de especímenes fueron capturados en la zona 2 (zona por debajo de los  $6^{\circ} 20' S$ ) y en la zona oceánica. Cabe resaltar que esta información se nutre de lo expuesto en el Cuadro 2 donde se indica que la mayor cantidad de viajes efectivos fueron los provenientes del DPA de Salaverry. Esto debido a que los pescadores de Salaverry suelen frecuentar zonas de pesca oceánicas y por debajo de  $6^{\circ} 20' S$  (en latitud).

Cuadro 3. Número de especímenes capturados de tiburón azul durante el periodo de estudio según la zona de pesca por latitud y longitud

Zona de Pesca		Número de especímenes
Latitud	Zona 1	46
	Zona 2	97
Longitud	Zona Costera	39
	Zona Oceánica	104

### 5.2.2 De los contenidos estomacales

Esta etapa del trabajo se realizó en el Laboratorio de Biología Marina de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Biológicas de la Universidad Científica del Sur, así como en el Laboratorio de Recursos Hidrobiológicos de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

En los laboratorios, cada estómago fue retirado del frasco de plástico donde fue almacenado para inmediatamente ser colocado sobre un tamiz de 500  $\mu\text{m}$ . Luego, los estómagos fueron enjuagados con abundante agua para retirar rastros de formaldehído conforme los restos de contenido estomacal eran retenidos por el tamiz. Para ello, se utilizaron los principales equipos de seguridad necesarios para manipular sustancias tóxicas. Así, el contenido estomacal de cada estómago fue extraído de la forma más segura.

Posteriormente, con la ayuda de una balanza semianalítica SORES® de 1000gr x 0.001 gr. de precisión, se registró el peso del contenido estomacal tamizado y del estómago vacío. Finalmente, los contenidos estomacales fueron almacenados en nuevos frascos, adicionándoseles alcohol al 70% (Hernández-García 1995) para poder preservarlas hasta que la muestra fuese analizada.

En la etapa del análisis de las muestras, el contenido estomacal fue separado primero en las categorías presa generales (peces, cefalópodos, crustáceos, etc.). Luego, la identificación de las especies presa de cada categoría fue realizada con la ayuda del microscopio estereoscopio Nikon SMZ800. De esta manera, junto a placas Petri (normales y segmentadas), pinzas de laboratorio punta fina (recta y curva), Vernier y guías de identificación de peces (Clothier 1950, Chirichigno 1974, Rivaton y Bourret 1999, García-Godos 2001, Campana 2004), crustáceos (Moscoso 2013), mamíferos (Jefferson *et al.* 2015) y picos de cefalópodos (Iverson y Pinkas 1970, Wolff 1982, 1984, Clarke 1986, Lu y Ickeringill 2002, Xavier y Chernel 2009, Finn 2013); se pudo completar la identificación, buscando llegar a la menor categoría taxonómica posible, de las especies presa encontradas dentro del contenido estomacal del tiburón azul (Anexo 2). Adicionalmente, las dudas en la identificación de algunos cefalópodos fueron consultadas al Dr. Felipe Galván-Magaña, especialista del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR) del Instituto

Politécnico Nacional, México y al Dr. José Xavier del Centro de Ciencias Marinas y Ambientales (MARE) de la Universidad de Coimbra, Portugal; a través de fotos de las partes duras (picos) de los cefalópodos.

Por otro lado, debido a la rápida digestión del tejido muscular de los cefalópodos (Dunning *et al.* 1993), no fue posible recolectar el peso real de dichos organismos en su totalidad (salvo una muestra que contenía el 80% de un individuo de *Dosidicus gigas*). Por ello, se usaron ecuaciones de retrocálculo a partir de las longitudes del rostro del aparato mandibular inferior (Low Rostral Length, LRL, Figura 15) de la mayor parte de los cefalópodos identificados (Wolff 1982, 1984, Clarke 1986, Smale *et al.* 1993, CICIMAR datos sin publicar). Similarmente, en el caso de los peces se estimó el peso de los individuos a partir de claves longitud-peso (Fernández 1987, IMARPE 2012), edad-talla (Goicochea y Wosnitza-Mendo 2012), radio del otolito-longitud total (Goicochea y Arrieta 2008), así como análisis comparativos de organismos completos de peces recolectados en campo. No obstante, el peso de algunas especies no llegó a ser reconstruidos ya que no se encontraron ecuaciones de retrocálculo para todas las especies identificadas en el presente estudio.



Figura 15. Principal medida biométrica del aparato mandibular inferior (LRL) de un cefalópodo

Finalmente, se estimaron las Longitudes de los Mantos (LM) de los cefalópodos consumidos por el tiburón azul, usando ecuaciones de retrocálculo disponibles a partir de las mediciones de LRL (Clarke 1986). Esto se realizó con la finalidad de conocer la distribución vertical de los cefalópodos consumidos según el LM calculado, de tal forma que puedan inferirse las profundidades de buceo del tiburón azul y así comprender los hábitos alimentarios de esta especie.

### **5.3 Análisis de la dieta**

#### **5.3.1 Curva acumulativa de especies presa**

Con la finalidad de comprobar si el número de estómagos analizados para caracterizar el espectro trófico del tiburón azul fue representativo, se utilizó la curva acumulativa de especies presa, siguiendo la metodología propuesta por Hoffman (1979). Esta metodología consiste en graficar en el eje horizontal el número de estómagos agrupados aleatoriamente, mientras que en el eje vertical se grafica el número acumulado de especies presas.

Para construir la curva acumulativa de especies presa, se utilizó el programa EstimateS 9.1.0 (Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples). Este programa utiliza información sobre la presencia/ausencia de las especies presa identificadas (variables) en los estómagos analizados (muestras). En dicho programa, previo a la generación de la curva acumulativa de especies presa, el orden de las muestras fue sometido a 500 aleatorizaciones para “suavizar” la curva. Esto nace en base a que la forma de una curva puede variar en función del orden en el que se consideran las diferentes muestras, ya que sesgos temporales o espaciales podrían tener un efecto en la generación de la curva (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Posteriormente, la información generada en el programa sobre el número de especies presa promedio acumulada, fue ajustada al modelo de Clench (Soberón y Llorente 1993). Este modelo asume que la probabilidad de agregar nuevas especies a la lista (registro) decrece en función al número de especies ya añadidas a la lista, pero que sin embargo esta probabilidad crecía con el tiempo (Moreno y Halffter, 2000). Para este modelo se usó la siguiente ecuación:

$$S_{Clench} = \left(\frac{S_2}{S_1}\right) \times \frac{n_i}{1 + \left(\frac{\left(\frac{S_2}{S_1}\right) \times r - t}{r \times t}\right) \times n_i}$$

Donde:

$S_{Clench}$ : Número de especie presa acumulada ajustada al modelo de Clench para la muestra  $i$

$S_1$ : Número de especie presa acumulada observada de la primera muestra

$S_2$ : Número de especie presa acumulada observada de la segunda muestra

$n_i$ : Número de muestra

$r$ : Número de muestras totales

$t$ : Número de especies presas totales

De esta manera, se pudo ajustar al modelo de Clench los valores de número de especies presa acumulada observada (obtenida del programa EstimateS). Con esta información se construyó la curva acumulativa de especies presa, buscando la estabilización asintótica de la curva (pendiente menor a 0.1) de tal manera que se logre comprobar si el número de estómagos analizados fue suficiente para describir la dieta del tiburón azul en la zona de estudio (Cortés 1999). Esta metodología se basa en la disminución de la riqueza de especies en tanto el tamaño de muestras aumenta. Por lo tanto, la curva alcanza una asíntota donde la inclusión de nuevas especies sería ocasional (Hoffman 1979, Ferry y Cailliet 1996).

## 5.3.2 Métodos cuantitativos

### 5.3.2.1 Composición porcentual numérica (%N)

Se contabilizó el número de individuos encontrados pertenecientes a una categoría taxonómica (especie presa) de cada estómago analizado. Posteriormente, los valores obtenidos fueron expresados en porcentaje en relación al número total de organismos presa identificados en todos los estómagos analizados.

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

Donde:

% N = Composición porcentual numérica

n = número total de los individuos encontrados pertenecientes a una categoría taxonómica

NT = número total de presas encontradas en los estómagos

### **5.3.2.2 Composición porcentual gravimétrica (%P)**

Para cada categoría taxonómica identificada (especie presa) la cual no contase con alguna ecuación de retrocálculo, se registró el peso con la ayuda de una balanza semianalítica Sartorius x 0.0001 gr. Luego, el peso total en conjunto (incluyendo los pesos reconstruidos) fue sumado para cada especie presa. Posteriormente, los valores obtenidos fueron expresados en porcentaje en relación al peso total en conjunto de las especies presa identificadas en todos los estómagos analizados.

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

Donde:

% P = Composición porcentual gravimétrica

p = peso total de los individuos encontrados pertenecientes a una categoría taxonómica

PT = peso total de presas encontradas en los estómagos

### **5.3.2.3 Frecuencia porcentual de ocurrencia (%FO)**

Se contabilizó el número de estómagos en donde se encontró una determinada categoría taxonómica (especie presa). Posteriormente, los valores obtenidos fueron expresados en porcentaje en relación al número total de estómagos con alimento analizados.

$$\% \text{ FO} = \frac{e}{\text{NE}} \times 100$$

Donde:

% FO = Frecuencia porcentual de ocurrencia

e = número total de estómagos donde se encontró una determinada categoría taxonómica

NE = número total de estómagos con alimento analizados

#### **5.3.2.4 Índice de Importancia Relativa (IIR)**

Este índice, propuesto por (Pinkas *et al.* 1971), combina los tres métodos anteriores con la finalidad de valorar, de manera integral, la importancia de cada tipo de alimento (ítems presa) con respecto a la totalidad del espectro trófico (Hyslop 1980).

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

Donde:

IIR = Índice de importancia relativa

% N = Composición porcentual numérica

% P = Composición porcentual gravimétrica

% FO = Frecuencia porcentual de ocurrencia

Posteriormente, el índice de importancia relativa (IIR) fue transformado a porcentaje (% IIR), según lo sugerido por (Cortés 1997). La transformación de este método a porcentaje permitió estandarizar los resultados, mejorando la interpretación de la información y haciéndola más factible de comparar con otros estudios.

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

Donde:

% IIR = Índice de importancia relativa (expresada en porcentaje)

IIR = Índice de importancia relativa de una determinada categoría taxonómica

$\Sigma$ IIR = Sumatoria de todas las importancias relativas de todas las categorías taxonómicas

### 5.3.3 Índices ecológicos

#### 5.3.3.1 Índice estandarizado de Levin

Se calculó la amplitud de dieta ( $B_i$ ) utilizando el índice de estandarizado de Levin (Hurlbert 1978, Krebs 1999) a partir de los valores absolutos obtenidos del método numérico, con la finalidad de conocer la estrategia alimenticia del tiburón azul

Este índice asume valores entre 0 a 1. Cuando los valores de  $B_i$  son menores de 0.6, el depredador será considerado especialista, lo que indica que su consumo va dirigido a un número bajo de recursos y presentaría una preferencia hacia ciertas presas tipo. Por otro lado, cuando los valores sean cercanos a 1 (mayores a 0.6), se considerará por lo contrario una especie generalista, es decir, es una especie que utiliza todos los recursos disponibles sin tener algún tipo de preferencia (Krebs 1999).

El índice se aplicó para el tiburón azul (depredador  $i$ ) en general, por sexo, grupos de tallas, zonas de pesca; con la finalidad de obtener un valor para cada agrupación. La cuantificación de la dieta se realizó en términos de la abundancia absoluta (%N) de cada tipo presa.

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

Donde:

$B_i$  = Índice de Levin para el depredador  $i$

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

$n$  = número de categorías de las presas

### 5.3.3.2 Índice de Morisita-Horn

Para calcular el traslapo (sobreposición) de dieta se utilizó el índice de Morisita-Horn a partir de la proporción de las presas en la dieta del depredador (Smith y Zaret 1982). Este índice varía entre 0 (dietas completamente distintas) y 1 (dietas iguales). Se considera un traslapo de dietas biológicamente significativa (alta) si el valor excede a 0.60, mientras que si el valor se encuentra entre 0.30 a 0.60, se considera un traslapo medio, y finalmente si el valor se encuentra entre 0.1 a 0.29 se considera un traslapo bajo (Langton 1982).

El índice se aplicó para el tiburón azul por sexo, grupos de tallas y zonas de pesca; con la finalidad de comparar entre agrupaciones.

$$C\lambda = \frac{2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} * P_{yi})}{(\sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2)}$$

Donde:

$C\lambda$  = Índice de Morisita-Horn de traslapo 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

### 5.3.3.3 Nivel trófico

Con la finalidad de ubicar al tiburón azul en el nivel trófico correspondiente, se utilizó el método propuesto por Christensen y Pauly (1992).

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

Donde:

TL = Nivel trófico del depredador

$DC_{ij}$  = Proporción de la presa j en la dieta del depredador i

$TL_j$  = Nivel trófico de la presa  $j$

$n$  = Número de ítems presa en la dieta del depredador  $i$

Así, los niveles tróficos de las especies presa conocidas fueron obtenidas de Fishbase (Froese y Pauly 2017) y Espinoza (2014). Mientras que especies presa sin niveles tróficos específicos fueron estandarizados según los niveles tróficos de las categorías presa asignadas por (Cortés 1999) (Cuadro 4). El nivel trófico se calculó para el tiburón azul de manera general, por sexo, grupos de tallas y zonas de pesca; con la finalidad de observar posibles diferencias.

Cuadro 4. Categorías y niveles tróficos de presas utilizadas para calcular el nivel trófico en tiburones (Cortés 1999)

<b>Clase</b>	<b>Grupo de especies</b>	<b>Nivel trófico</b>
Peces	Peces teleósteos	3.24
Cefalópodos	Calamares y pulpos	3.2
Moluscos	Moluscos (excluyendo cefalópodos)	2.1
Crustáceos	Camarones, cangrejos, gambas, langostas	2.52
Invertebrados	Todos los invertebrados excepto moluscos, crustáceos y zooplancton	2.5
Zooplancton	Zooplancton (principalmente eufásidos "krill")	2.2
Aves	Aves marinas	3.87
Reptiles	Tortugas y serpientes marinas	2.4
Mamíferos	Cetáceos, pinnípedos, mustélidos	4.02
Condriictios	Tiburones, rajadas, rayas y quimeras	3.65
Plantas	Plantas marinas y algas	1

#### 5.3.4 Análisis multivariado no paramétrico

Con la finalidad de identificar patrones de agrupamiento en la dieta del tiburón azul, se utilizaron 2 análisis multivariados no paramétricos. No obstante, previo a la realización de dichos análisis las especies presa (42) fueron agrupadas en familias (35), buscando

incrementar la efectividad de estos análisis (White *et al.* 2004, Mendoza-Ávila *et al.* 2016). Los datos utilizados en la matriz de la dieta fueron los obtenidos por la composición porcentual gravimétrica (%P) ya que dicha información refleja, en mayor medida, la importancia energética de las presas en la dieta de un organismo (Orrego y Mendo 2012). Estos análisis fueron conducidos con el programa Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research (PRIMER v. 6.1.6), basados en el índice de Similitud de Bray-Curtis (Bray y Curtis 1957). Cabe resaltar que antes de realizar los análisis, los datos fueron transformados a raíz cuarta y luego estandarizadas (en porcentaje) para reducir la varianza entre los datos (Espinoza *et al.* 2013).

#### **5.3.4.1 Análisis de clasificación numérica jerárquica aglomerativa**

El análisis de clasificación numérica jerárquica aglomerativa (Promedio aritmético de grupos de pares no pareados - UPGMA) consiste en formar conglomerados (clusters) en base a la asignación de un valor a la distancia entre ellos. Este valor es el valor medio de las distancias entre todos los elementos que componen los clusters comparados, es decir la distancia promedio, de manera tal que la información de todos los miembros de los clusters que estén siendo comparados sean aprovechados. Este método se considera como conservativo del espacio ya que introduce poca distorsión en las afinidades originales, propiedad que la hace una estrategia muy recomendada. Cabe concluir, por tanto, que la clusterización jerárquica produce taxones (o clusters) de diferentes niveles y estructurados de forma ordenada, estableciendo una jerarquía (Sneath y Sokal 1973). Adicionalmente, se llevó a cabo la prueba SIMPROF (Similarity Profile Analysis) la cual es una prueba que realiza una serie de permutaciones a cada nodo de un dendrograma e identifica patrones de asociación significativos en muestras *a priori* no estructuradas (Clarke *et al.* 2008). De esta manera, se pudo analizar la significancia en la formación de los grupos de asociaciones generados en el dendrograma.

En el presente estudio, el análisis de UPGMA fue realizado para identificar grupos de tallas en el tiburón azul que difieran entre sí por la composición de sus dietas. Se plantearon 16 clases de talla, usando un intervalo de 10 cm de longitud total. Esto en base a estudios previos sobre captura y recaptura de tiburones azules, donde el crecimiento promedio mensual varía entre los 2 y 6 cm (Stevens 1976, Skomal y Natanson 2002, Queiroz *et al.*

2005). De esta manera, se podría observar diferencias en la dieta de organismos que tengan entre sí una diferencia en el nacimiento de entre 1 y 2 meses. En ese sentido, las clases fueron: 110-110.9, 150-159.9, 160-169.9, 170-179.9, 180-189.9, 190-199.9, 200-209.9, 210-219.9, 220-229.9, 230-239.9, 240-249.9, 250-259.9, 260-269.9, 270-279.9, 280-289.9, 290-299.9 cm LT. No obstante, de no encontrarse patrones de asociación con tales clases de talla, se optará por incrementar el intervalo de talla para observar nuevas agrupaciones.

#### **5.3.4.2 Análisis de escalamiento multidimensional no métrico**

El análisis del escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) es una técnica multivariante de interdependencia la cual busca representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones, las proximidades existentes entre un conjunto de objetos (Shepard 1962, Kruskal 1964). Por lo tanto, el nMDS es un método de ordenación adecuado para datos que no son normales o que están en una escala discontinua o arbitraria (Clarke 1993). De esta manera, el análisis de nMDS se utilizó en el presente trabajo para complementar el análisis con el método cuantitativo. De esta manera, el análisis multivariado servirá para visualizar patrones de similitud en la dieta del tiburón azul analizado por los factores: sexo, grupos de talla, zona de pesca (latitud) y zona de pesca (longitud).

#### **5.4 Modelo cualitativo de las relaciones tróficas del tiburón azul**

En base a la información publicada (Clarke y Macleod 1974, Clarke 1980, Harrison *et al.* 1983, Croxall y Prince 1994, Thompson 1994, Abitia-Cardenas *et al.* 1996, Ibáñez *et al.* 2004, Jereb y Roper 2010, Lopez *et al.* 2010, Guardia y Huamaní 2013, Alegre *et al.* 2014, Ng *et al.* 2014, Ibáñez *et al.* 2015, Solano *et al.* 2015, Jereb *et al.* 2016, Rosas-Luis *et al.* 2016, Jiménez *et al.* 2017) y no publicada del contenido estomacal de las especies presas identificadas en el presente estudio, se construyó un modelo cualitativo trófico teórico simple del tiburón azul, basado en el %IIR de las principales especies presas. En este modelo se especifican las relaciones entre las presas y sus predadores a través de los diferentes niveles tróficos. Entonces, este modelo fue construido con la finalidad de esquematizar las relaciones tróficas directas e indirectas que se darían en la red trófica, tomando como eje principal al predador tope, es decir al tiburón azul.

## VI RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Análisis de tallas

Durante febrero y diciembre del 2015 se colectaron 143 estómagos de tiburón azul en el área de estudio. Las longitudes totales (LT) de dichos organismos oscilaron entre 110.0 y 299.4 cm (Anexo 3), obteniendo un promedio general de  $219.2 \pm 38.6$  cm LT. En el análisis de tallas por sexo se observó que las LT promedio para machos y hembras fueron  $222.4 \pm 41.5$  y  $214.1 \pm 33.2$  cm LT, respectivamente. Los machos presentaron la talla más pequeña y la más grande (110.0 cm y 299.4 cm LT), evidenciándose una mayor proporción de individuos por encima de los 200.0 cm LT. Por otro lado, las hembras mostraron una amplitud de rango de tallas más estrecha (165.0 – 293.0 cm LT), con un mayor número de individuos con tallas mayores a los 180.0 cm LT (Figura 16). Adicionalmente, se encontraron hembras preñadas por encima de 260.0 cm LT con entre 22 y 56 crías.

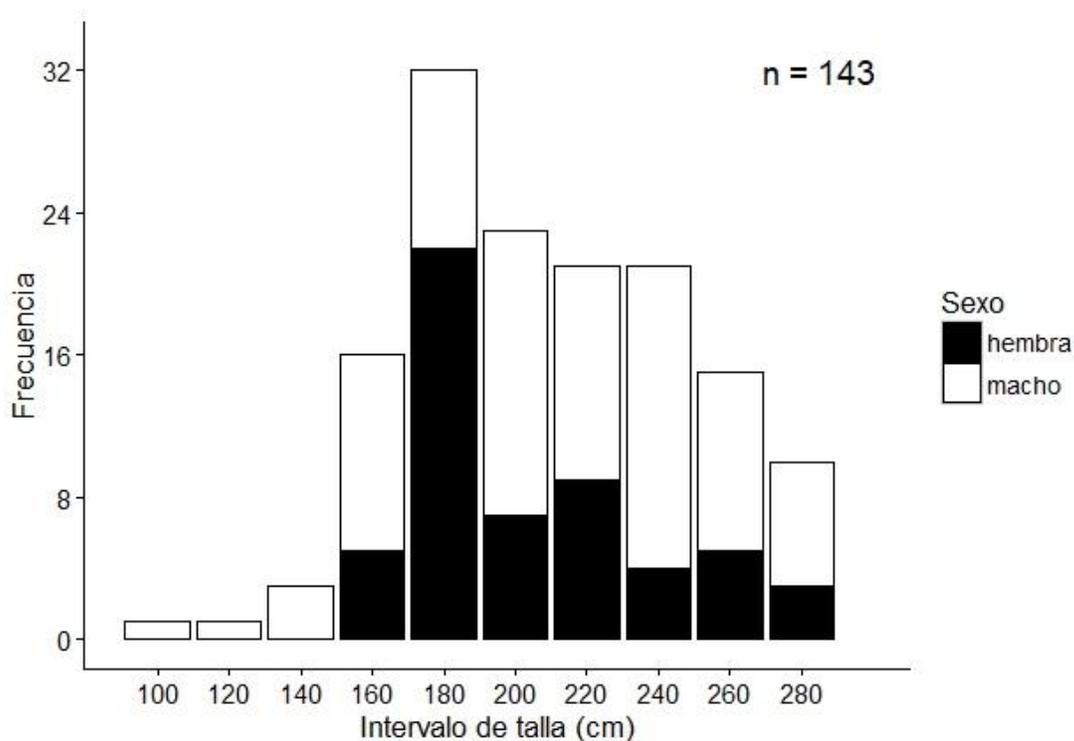


Figura 16. Estructura de tallas por sexos del tiburón azul capturado en el área de estudio

## 6.2 Análisis de contenidos estomacales

De los 143 estómagos recolectados, 121 tuvieron contenido estomacal (84.6%) y 22 presentaron estómagos vacíos (15.4%). La mayor parte de muestras fueron colectadas en E/P provenientes de Salaverry (75%), especialmente entre los meses de abril y mayo, meses considerados de transición de aguas cálidas hacia aguas frías en el mar peruano (Flores *et al.* 2013). Por otro lado, los estómagos vacíos fluctuaron entre 1 y 3 unidades por mes a lo largo del periodo de investigación (Figura 17), presentándose en mayor cantidad abordo de E/P cuyo DPA de zarpe fue Máncora.

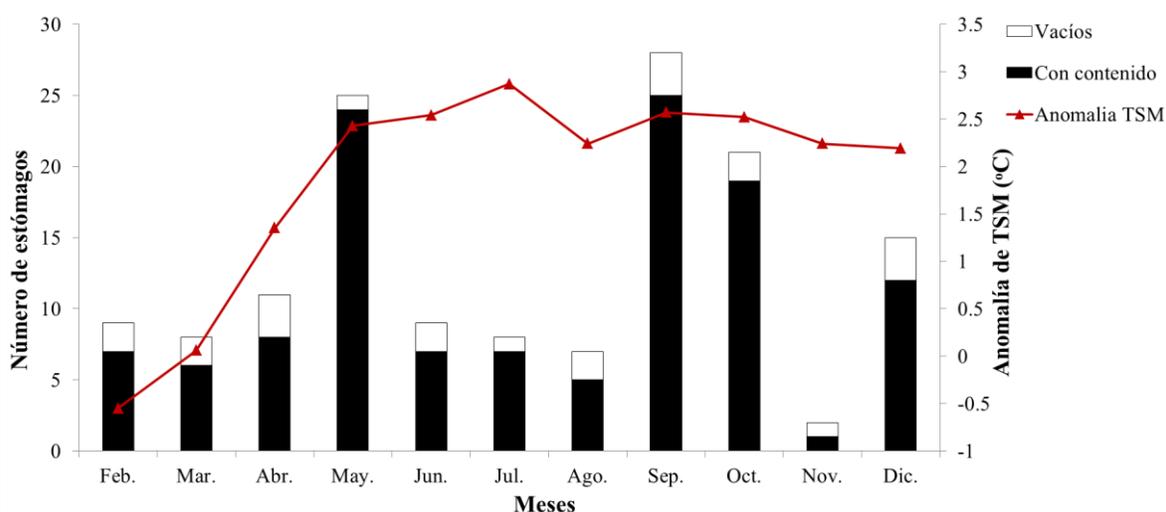


Figura 17. Variación mensual del número de estómagos (vacíos y con contenido estomacal) colectados en el área de estudio. Se incluyen las anomalías de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) registradas para el área El Niño 1+2<sup>12</sup>

En la Figura 17 se observa la variación mensual de muestras colectadas en los meses de estudio así como las anomalías de Temperatura Superficial del Mar (TSM) del área El Niño 1+2 (Océano Pacífico Ecuatorial Este, entre 0–10°S y 90–80°O), zona comprendida dentro del área de estudio. En dicha figura no se logra apreciar claramente asociaciones entre aumentos o disminuciones en el número de estómagos colectados y anomalías frías o cálidas registradas para el área. En ese sentido, dicha variación podría ser atribuida

<sup>12</sup> NOAA (National Centers for Environmental Information). 1982-2017. Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures. Niño Regions Sea Surface Temperatures (en línea). Maryland, Estados Unidos. Consultado el 9 dic. 2017. Disponible en <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>

principalmente al esfuerzo de muestreo realizado durante los viajes de pesca, así como a la aleatoriedad de las zonas de pesca utilizadas por los pescadores de Salaverry y Máncora.

Diferentes investigaciones relacionadas a la ecología trófica de tiburones en base al contenido estomacal han sido desarrolladas a nivel mundial. Sin embargo, este tipo de metodología presenta algunas limitantes como por ejemplo el alto número de estómagos vacíos o el alto nivel de digestión de las presas consumidas (Hyslop 1980, Barnett *et al.* 2010). Estas limitantes tienen alta relación con diversas variables como el arte de pesca, tiempo de captura, tipo de alimentación, entre otras (Cortés 1997).

En el caso de *Prionace glauca*, se estima que tiempos prolongados de captura están relacionados a un mayor número de estómagos vacíos. Esto debido a que el nivel de estrés al cual el animal se ve sometido durante el tiempo que permanece atrapado en el arte de pesca, genera en algunas ocasiones la evaginación del estómago por la boca e inclusive la válvula espiral por la cloaca, perdiéndose así cualquier rastro de contenido estomacal de los individuos (Stevens 1973, Kohler 1987, Sims *et al.* 2000). Adicionalmente, durante el tiempo de captura el proceso de digestión continúa, generando así una mayor dificultad en la identificación de las presas (Tricas 1979, Mendonça 2009).

En el presente estudio la mayor parte de muestras exhibieron acelerados procesos de digestión, encontrándose con mayor frecuencia solo las partes duras de cefalópodos (picos de loro) y peces (otolitos). En ese sentido, la alimentación intermitente del tiburón azul (Tricas 1979, Clarke *et al.* 1996), además del tipo de presas consumidas (en su mayoría cefalópodos), justifican el hallazgo de contenidos estomacales en avanzados estadios de digestión. Los cefalópodos, principal categoría presa dentro de la dieta del tiburón azul, poseen un tejido muy blando lo cual los hace más digeribles que el tejido muscular de la mayoría de peces (Henderson *et al.* 2001, Kubodera *et al.* 2007, Loo-Andrade *et al.* 2017). Sin embargo, las partes duras de los cefalópodos poseen menores tasas de digestión que sus similares en peces (Harvey 1989, Hernández-García 1995). Por ello, es más factible encontrar picos de loro que otolitos en los estómagos. No obstante, esta característica podría significar una subestimación de la contribución de peces a la dieta del tiburón azul (Clarke *et al.* 1996, Kubodera *et al.* 2007).

Según el modelo de Clench, el número mínimo de estómagos que debió analizarse fue 98, por lo tanto el número de muestras con contenido estomacal (121) fue suficiente para describir el espectro trófico del tiburón azul. Además, el valor de la pendiente de la curva ajustada al modelo de Clench fue 0.06, verificando la idoneidad del número de muestras analizadas al ser este valor menor a 0.1. De esta forma, se pudo describir, de manera concreta, el 81% de la dieta del tiburón azul (Figura 18).

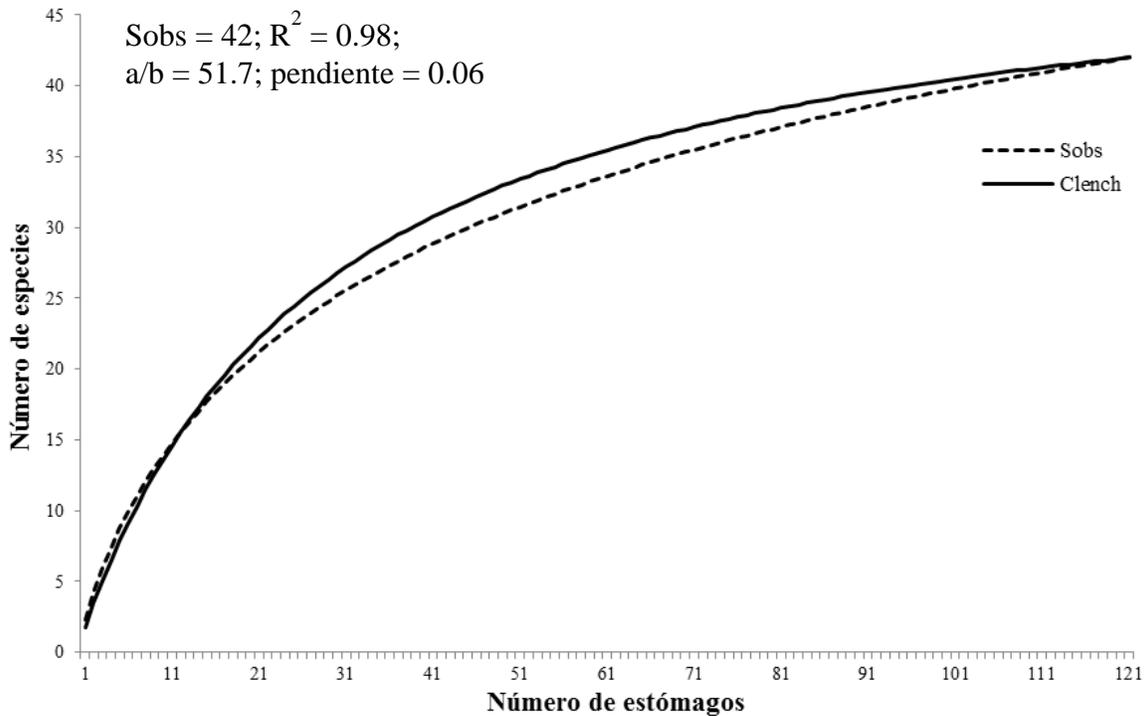


Figura 18. Curva acumulativa de presas según Hoffman (1979) para la presente investigación. Se presentan los datos observados de número de especies presa promedio acumuladas (Sobs) y los datos transformados según el modelo de Clench.

El número de estómagos analizados concuerda con la mayoría de investigaciones realizadas a nivel mundial donde se evalúan aproximadamente 100 estómagos como número mínimo de muestras para una correcta aproximación de la dieta del tiburón azul (Stevens 1973, Tricas 1979, Vaske-Júnior y Rincón-Filho 1998, Kubodera *et al.* 2007, Mendonça 2009). No obstante, es importante recalcar que la disponibilidad de muestras de tiburones en nuestro país es sumamente complicada debido a que este tipo de pesquería se realiza por E/P en zonas alejadas de costa con faenas de pesca entre 7 y 20 días aproximadamente, donde el hielo (utilizado para preservar la captura) es la mayor limitante. Debido a ello, los

órganos internos y la cabeza son despojados del tiburón, obteniendo y almacenando únicamente lo que se conoce como “tronco” para retardar el proceso de descomposición (Alfaro-Shigueto *et al.* 2010, Velez-Zuazo *et al.* 2015, Gonzalez-Pestana *et al.* 2016). En consecuencia, la única forma de obtener este tipo de muestras es realizando viajes a bordo de E/P artesanales dedicadas a este tipo de pesquería.

### 6.3 Composición específica de la dieta

La dieta del tiburón azul estuvo conformada por 42 especies presas. De estas, la categoría con mayor número de especies presa fue Cefalópodos (28), seguido de Peces (8), Crustáceos (2), Mamíferos (2), Ave (1) y Huevos de pez volador (1) (Figura 19). Asimismo, los cefalópodos concentraron el mayor número de familias al agrupar 20, mientras que los peces sólo constituyeron 7 familias. Por otro lado, los mamíferos, crustáceos y aves únicamente estuvieron representadas por una familia.

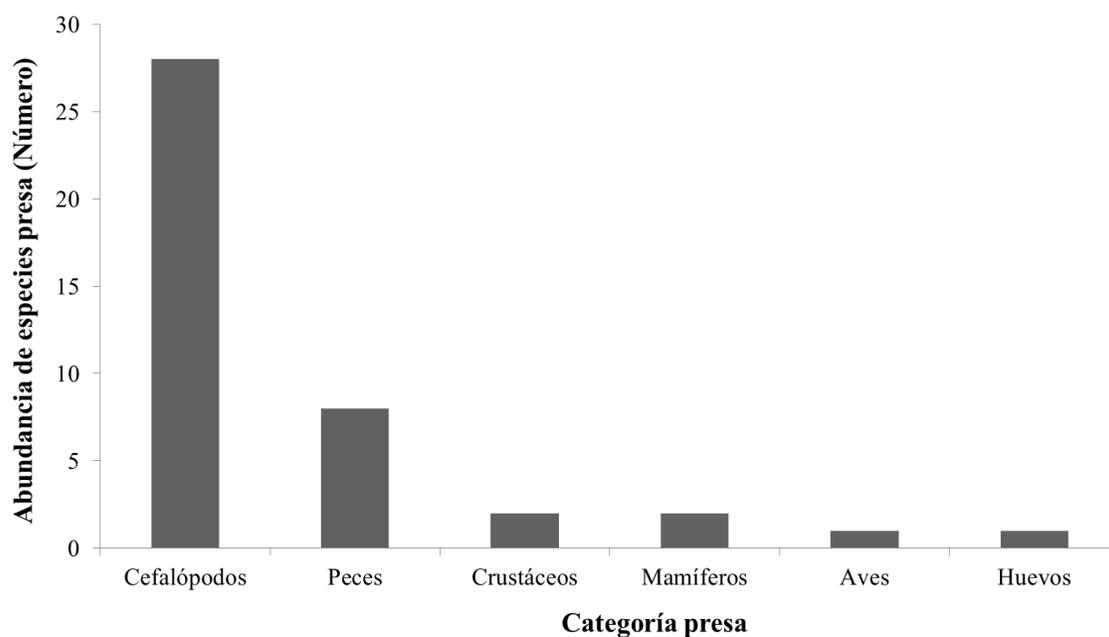


Figura 19. Composición específica general por abundancia de cada categoría presa

### 6.3.1 Método cuantitativo

#### a) Composición porcentual numérica

De acuerdo a la composición porcentual numérica (%N) se contabilizaron un total de 1069 organismos presa, de los cuales 89.24% fueron Cefalópodos, 5.80% Peces, 3.74% Crustáceos y 1.22% entre Huevos de pez volador, Mamíferos y Aves. Las especies más numerosas (%N) fueron *Argonauta* spp. (57.62%), *Grimalditeuthis bonplandi* (4.21%), Restos de cefalópodos (4.12%), *Ancistrocheirus lesueurii* (3.74%), *Pleuroncodes monodon* (3.18%) y *Gonatus antarcticus* (3.09%). Asimismo, el resto de las especies presa menores al 3.0%, representó el 24.04% (Figura 20).

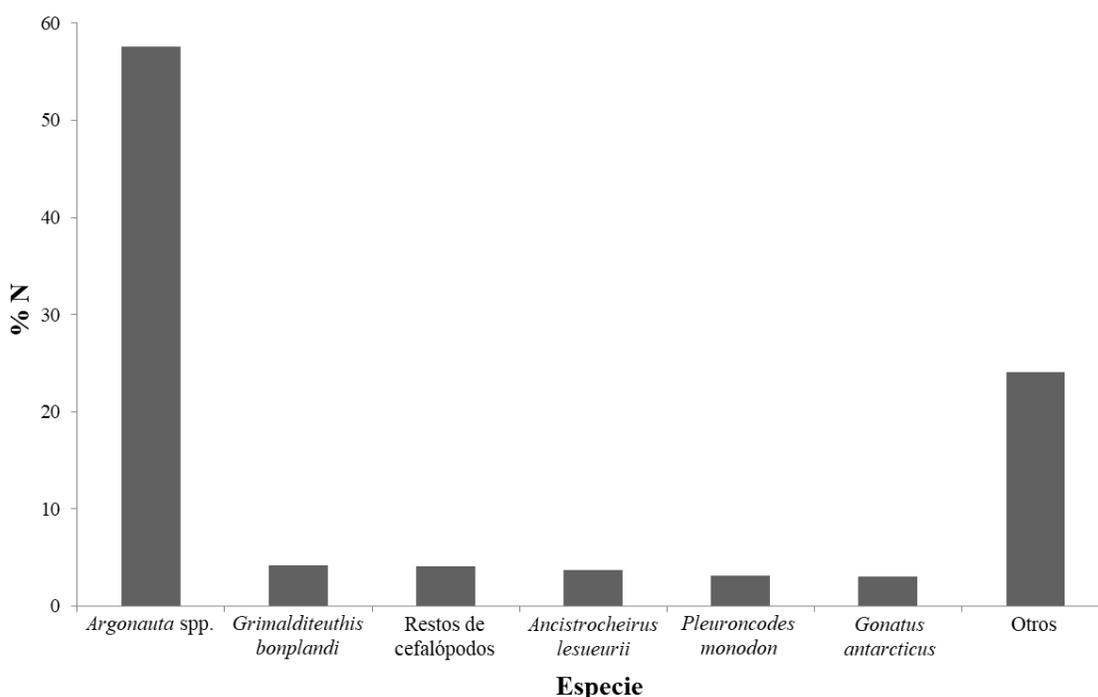


Figura 20. Composición porcentual numérica (%N) de las presas en la dieta del tiburón azul

La composición porcentual numérica de las presas nos permitió observar que el tiburón azul consumió elevadas cantidades de individuos de *Argonauta* spp. en comparación de las otras especies presa cuyas cantidades ingeridas fueron significativamente bajas. Asimismo, se logró apreciar que en el caso de 18 especies presa identificadas en la dieta del tiburón azul, solo se consumieron entre 1 y 3 individuos. Esto podría significar una predación ocasional o rara sobre este tipo de presas.

## b) Composición porcentual gravimétrica

El peso total de los organismos presa fue 87,508.92 g, siendo según la composición porcentual gravimétrica (%P) el 94.07% perteneciente a los cefalópodos, 3.93% a peces, 1.47% a mamíferos y 0.53% entre huevos de pez volador, crustáceos y aves. Las especies presas que aportaron mayor biomasa fueron *Dosidicus gigas* (26.02%), *Ancistrocheirus lesueurii* (21.37%), *Gonatus antarcticus* (15.16%), *Stigmatoteuthis hoylei* (8.51%), *Vampyroteuthis infernalis* (6.10%), *Ommastrephes bartramii* (5.77%) y el resto de las especies presa menores al 3.0%, representó el 17.08% (Figura 21).

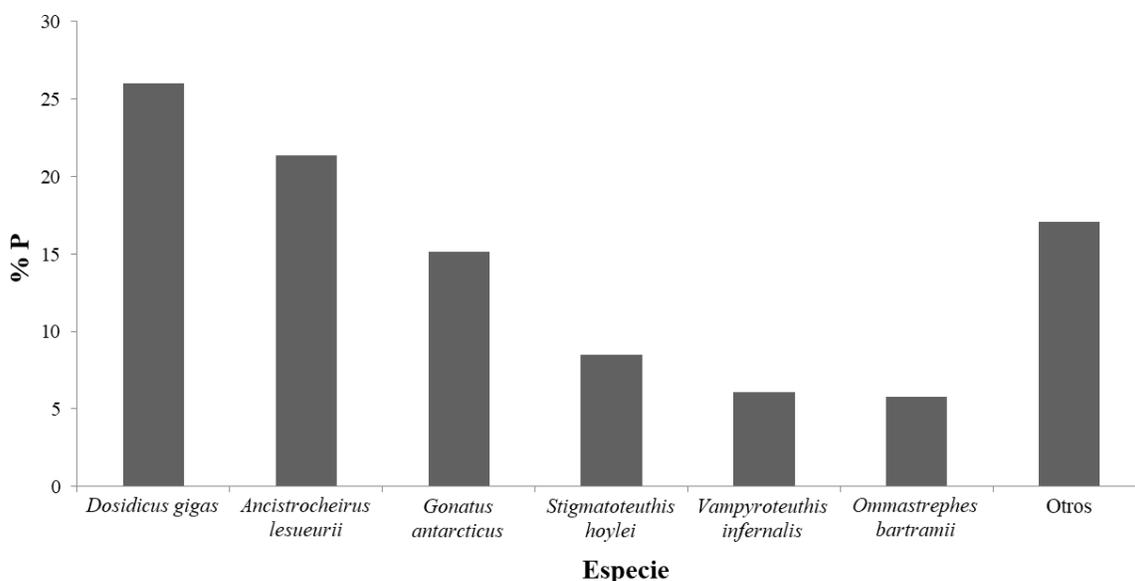


Figura 21. Composición porcentual gravimétrica (%P) de las presas en la dieta del tiburón azul

Para poder calcular la composición porcentual gravimétrica de las especies presas (%P), el 78.6% de especies presa identificadas fue estimado a partir de fórmulas de retrocálculo. No obstante, algunas subvaloraciones podrían haberse realizado en este análisis para especies (e.g., *G. bonplandi*) cuyas ecuaciones de retrocálculo no se hallaron (21.4%). No obstante, los resultados mostraron que los cefalópodos contribuyeron (en %P) en gran medida a la dieta del tiburón azul. En esta categoría se pudo observar organismos cuyos pesos estimados bordearon entre 0.8 gr (*Argonauta* spp.) y 7,101.5 gr. (*D. gigas*), mostrando así la variedad de los pesos de los cefalópodos consumidos.

### c) Frecuencia porcentual de ocurrencia

Los Cefalópodos fueron la categoría presa encontrada de manera más frecuente entre los estómagos del tiburón azul, presentándose en el 79.41% de las muestras, seguido por los Peces con 13.24%, Huevos de pez volador con 3.31%, Crustáceos con 2.57%, y entre Mamíferos y Aves con 1.47%. En cuanto a las especies presa con mayor presencia en los estómagos, se encontró que Restos de cefalópodos fue la más importante con 16.18%, seguido de *Argonauta* spp. (11.03%), Restos de peces (9.56%), *Ancistrocheirus lesueurii* (6.25%), *Thysanoteuthis rhombus* (5.15%), *Gonatus antarcticus* (4.78%) y *Grimalditeuthis bonplandi* (4.78%). Asimismo, el resto de las especies presa menores al 4.0% representaron el 42.28% (Figura 22).

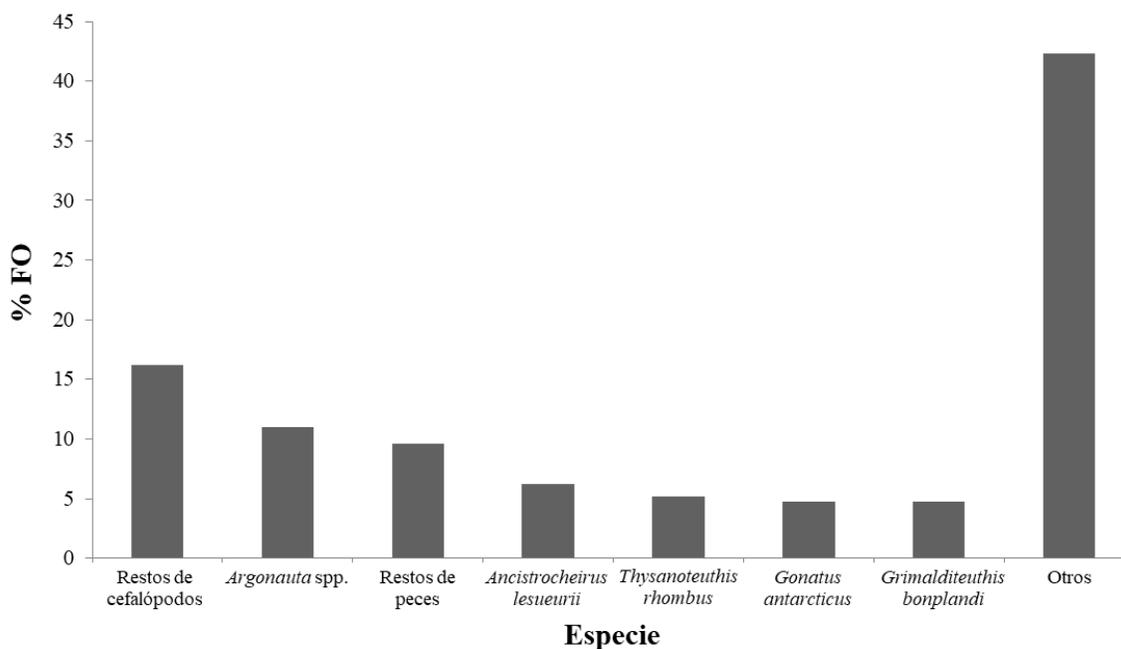


Figura 22. Porcentaje de la frecuencia de ocurrencia (%FO) de las presas del tiburón azul

De la frecuencia porcentual de ocurrencia, lo más resaltante fue el encontrar a todas las especies presas por debajo del 17%. Así, se logró observar que ninguna especie se diferenció de las demás de manera considerable como en el caso de %N. Además, la categoría referida a “Otros” posee el mayor porcentaje debido a que 35 especies presas se encontraron en proporciones similares, donde 23 de ellas únicamente ocurrieron en entre 1 y 3 estómagos recolectados. Por lo tanto, se podría reafirmar la predación ocasional o anómala del tiburón azul sobre un cierto tipo de presas.

#### d) Índice de importancia relativa porcentual

En función a la composición porcentual numérica (%N), gravimétrica (%P) y frecuencia porcentual de ocurrencia (%FO); se obtuvo el índice de importancia relativa porcentual (%IIR) de las 42 especies presas encontradas en la dieta del tiburón azul en la zona norte del Perú (Cuadro 5). Según este índice, *Argonauta* spp. (54.50%) se configura como la especie presa más importante dentro de la dieta general del tiburón azul, seguido de *Ancistrocheirus lesueurii* (12.81%), *Gonatus antarcticus* (7.12%), Restos de cefalópodos (6.93%) y *Dosidicus gigas* (5.61%). Asimismo, el resto de las especies presa menores al 3.0%, representaron el 13.02% (Figura 23).

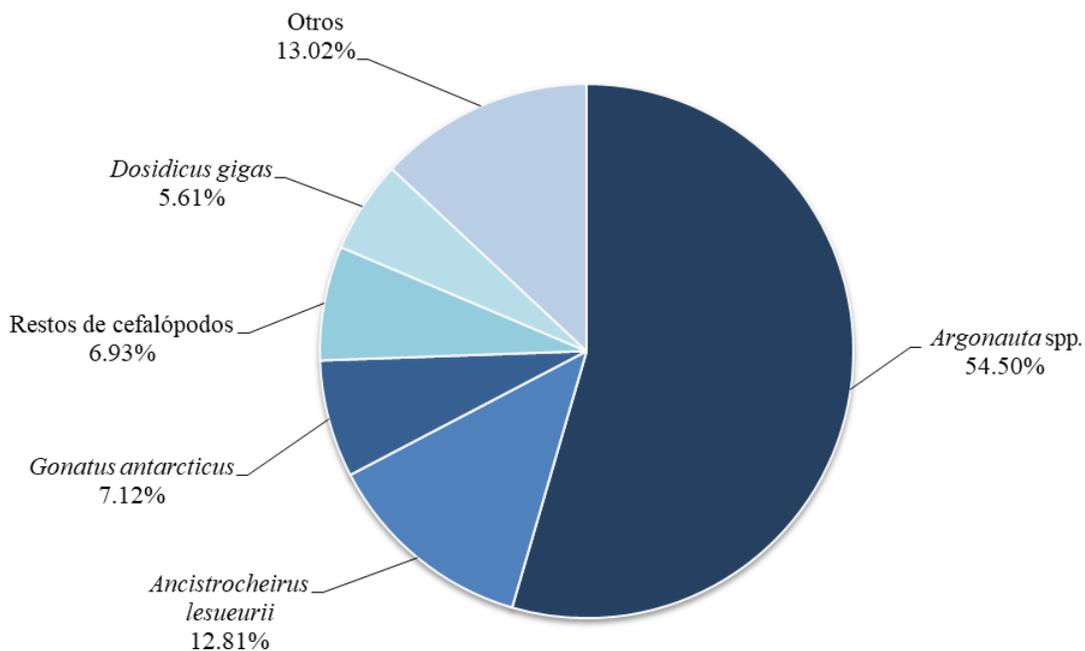


Figura 23. Porcentaje del Índice de Importancia Relativa (%IIR) de las principales presas dentro de la dieta del tiburón azul en el área de estudio

La Figura 24 muestra, en base al modelo de Pinkas et al. (1971), los valores de %N, %P y %FO de las 5 especies más importantes en la dieta del tiburón azul según el Índice de importancia relativa porcentual (Figura 23). En dicha figura se logra visualizar que aun cuando *Argonauta* spp. no representó un gran porcentaje en peso (%P), se configuró como principal especie presa debido a su %N y %FO. Asimismo, se observó que *A. lesueurii*, *G. antarcticus* y *D. gigas*, siendo de baja importancia según %N y %FO, deben su posición dentro de la dieta general del tiburón azul a sus %P. Por otro lado, se aprecia a Restos de cefalópodos como la cuarta especie de importancia al poseer el mayor valor %FO, es decir, fue la especie presa que se encontró en la mayoría de estómagos analizados.

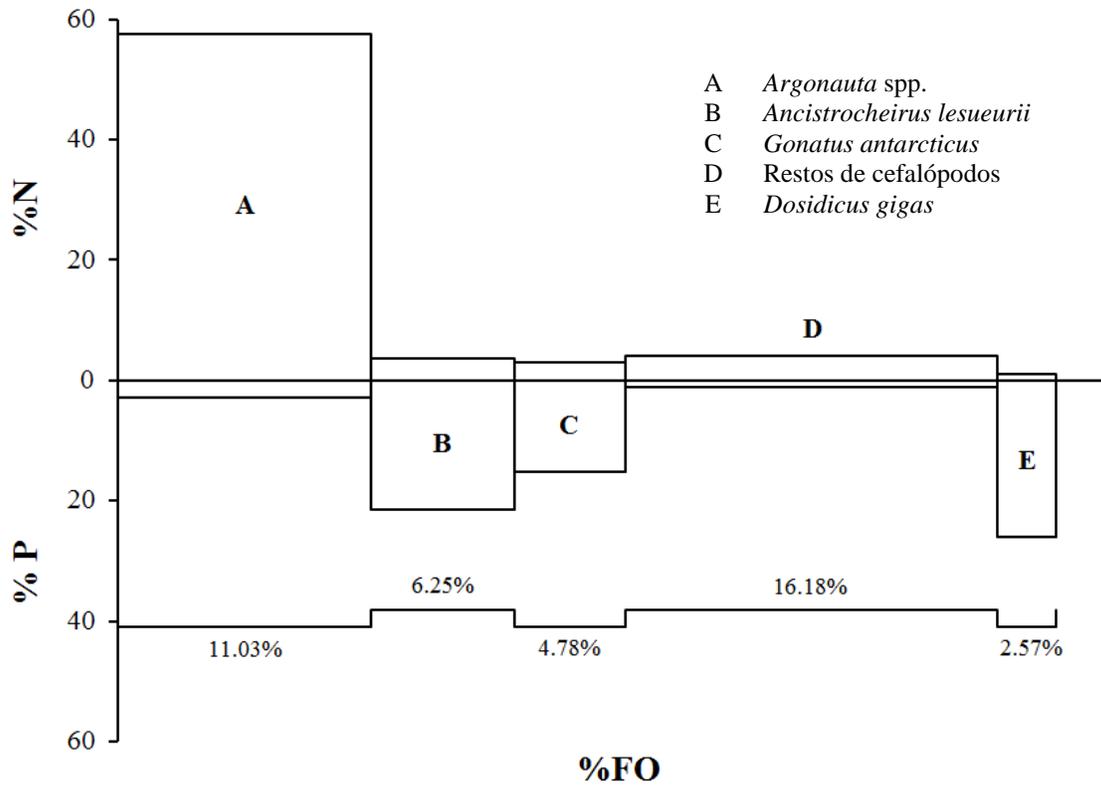


Figura 24. Composición específica de la dieta general del tiburón azul en el área de estudio.

Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados

Cuadro 5. Composición específica de la dieta de *P. glauca* en el área de estudio, se muestran valores absolutos y porcentuales de la composición numérica (%N), composición gravimétrica (%P), frecuencia de ocurrencia (%FO) e índice de importancia relativa (%IIR)

Especies Presa	FO	%FO	N	%N	P	%P	IIR	%IIR
<b>CEPHALOPODA</b>								
Teuthoidea								
Oegopsina	5	1.84	6	0.56	0.05	< 0.01	1.03	0.08
Ancistrocheiridae								
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	17	6.25	40	3.74	18,696.59	21.37	156.92	12.81
Chiroteuthidae								
<i>Chiroteuthis veranyi</i>	4	1.47	5	0.47	325.46	0.37	1.23	0.10
<i>Grimalditeuthis bonplandi</i>	13	4.78	45	4.21	0.06	< 0.01	20.12	1.64
Cranchiidae								
<i>Galiteuthis pacifica</i>	3	1.10	3	0.28	27.55	0.03	0.34	0.03
<i>Leachia danae</i>	5	1.84	11	1.03	315.63	0.36	2.55	0.21
Enoploteuthidae								
<i>Abraliopsis affinis</i>	2	0.74	3	0.28	20.66	0.02	0.22	0.02
Gonatidae								
<i>Gonatus antarcticus</i>	13	4.78	33	3.09	13,266.57	15.16	87.21	7.12
<i>Gonatus</i> sp.	1	0.37	1	0.09	46.07	0.05	0.05	< 0.01
Histioteuthidae								
<i>Histioteuthis cerasina</i>	1	0.37	1	0.09	498.89	0.57	0.24	0.02
<i>Stigmatoteuthis hoylei</i>	8	2.94	14	1.31	7,447.81	8.51	28.88	2.36
Mastigoteuthidae								
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	3	1.10	4	0.37	35.77	0.04	0.46	0.04
Octopoteuthidae								
<i>Octopoteuthis sicula</i>	7	2.57	8	0.75	767.83	0.88	4.18	0.34
Ommastrephidae								
<i>Dosidicus gigas</i>	7	2.57	7	0.65	22,771.86	26.02	68.65	5.61
<i>Ommastrephes bartramii</i>	2	0.74	2	0.19	5,045.38	5.77	4.38	0.36
Onychoteuthidae								
<i>Onychoteuthis banksii</i>	5	1.84	7	0.65	87.58	0.10	1.39	0.11
Pholidoteuthidae								
<i>Pholidoteuthis massyae</i>	4	1.47	4	0.37	315.28	0.36	1.08	0.09
Thysanoteuthidae								
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	14	5.15	20	1.87	1,262.64	1.44	17.06	1.39
Myopsina								
Loliginidae								
<i>Doryteuthis gahi</i>	3	1.10	29	2.71	1,355.20	1.55	4.70	0.38

<b>Especies Presa</b>	FO	%FO	N	%N	P	%P	IIR	%IIR
<b>Octopoda</b>								
Argonautidae								
<i>Argonauta</i> spp.	30	11.03	616	57.62	2,524.63	2.89	667.38	54.50
Bolitaenidae								
<i>Japetella diaphana</i>	9	3.31	23	2.15	1,108.32	1.27	11.31	0.92
<i>Japetella heathi</i>	2	0.74	3	0.28	< 0.01	< 0.01	0.21	0.02
Enteroctopodidae								
<i>Muusoctopus</i> sp.	1	0.37	1	0.09	0.07	< 0.01	0.03	< 0.01
Octopodidae								
<i>Eledone</i> spp.	1	0.37	4	0.37	0.03	< 0.01	0.14	0.01
Tremoctopodidae								
<i>Tremoctopus violaceus</i>	2	0.74	2	0.19	72.58	0.08	0.20	0.02
Vitreledonellidae								
<i>Vitreledonella richardi</i>	2	0.74	3	0.28	0.21	< 0.01	0.21	0.02
<b>Vampyromorphida</b>								
Vampyroteuthidae								
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	8	2.94	15	1.40	5,334.55	6.10	22.06	1.80
Restos de cefalópodos	44	16.18	44	4.12	991.09	1.13	84.90	6.93
<b>TELEOSTEI</b>								
Clupeiformes								
Engraulidae								
<i>Engraulis ringens</i>	3	1.10	27	2.53	438.27	0.50	3.34	0.27
Gadiformes								
Macrouridae								
<i>Coryphaenoides</i> sp.	1	0.37	2	0.19	0.11	< 0.01	0.07	0.01
Merlucciidae								
<i>Merluccius gayi peruanus</i>	1	0.37	1	0.09	406.00	0.46	0.20	0.02
Myctophiformes								
Myctophidae								
<i>Myctophum aurolaternatum</i>	1	0.37	1	0.09	< 0.01	< 0.01	0.03	< 0.01
Perciformes								
Coryphaenidae								
<i>Coryphaena hippurus</i>	2	0.74	2	0.19	2,464.91	2.82	2.21	0.18
Scombridae								
<i>Auxis thazard</i>	1	0.37	1	0.09	131.37	0.15	0.09	0.01
Sphyraenidae								
<i>Sphyraena idiastes</i>	1	0.37	2	0.19	0.01	< 0.01	0.07	0.01
Restos de peces	26	9.56	26	2.43	2.31	< 0.01	23.27	1.90

Especies Presa	FO	%FO	N	%N	P	%P	IIR	%IIR
<b>MAMMALIA</b>								
Cetacea								
Delphinidae	2	0.74	2	0.19	1,123.64	1.28	1.08	0.09
<i>Delphinus capensis</i>	1	0.37	1	0.09	159.41	0.18	0.10	0.01
<b>CRUSTACEA</b>								
Decapoda								
Galatheidae								
<i>Pleuromcodes monodon</i>	1	0.37	34	3.18	18.46	0.02	1.18	0.10
Restos de crustáceos	6	2.21	6	0.56	0.41	< 0.01	1.24	0.10
<b>AVES</b>								
Restos de ave	1	0.37	1	0.09	9.41	0.01	0.04	< 0.01
<b>HUEVOS</b>								
Huevos de pez volador	9	3.31	9	0.84	436.25	0.50	4.44	0.36

El tiburón azul ha sido descrito como un predador meso y batipelágico que realiza migraciones verticales como hábito de forrajeo (Clarke *et al.* 1996, Kubodera *et al.* 2007). Se considera que este tiburón se alimenta en la zona epipelágica en horas de la noche, mientras que en horas del día realiza prolongadas inmersiones hacia grandes profundidades en búsqueda de alimento (Carey y Scharold 1990, Stevens *et al.* 2010). Campana *et al.* (2011), propuso que dicho comportamiento estaría relacionado a las migraciones verticales que realizan sus presas (cefalópodos), los cuales se alimentan en la parte superficial en la noche y regresan en horas de la mañana hacia mayores profundidades.

Según el Índice de Importancia Relativa (%IIR) las principales especies presa dentro de la dieta del tiburón azul fueron *Argonauta* spp. (54.5 %), *Ancistrocheirus lesueurii* (12.8 %), *Gonatus antarcticus* (7.1 %) y *Dosidicus gigas* (5.6 %); todas pertenecientes a la clase Cephalopoda. De esta manera, la gran importancia (según el %IIR) que los cefalópodos poseen en la dieta del tiburón azul, sumada a la significativa contribución en peso que los cefalópodos tuvieron en el presente estudio (94.1 %P), validaría en aguas peruanas la tesis teutófaga sostenida por diversos autores respecto a la alimentación del tiburón azul registrada en diferentes lugares del mundo (Clarke *et al.* 1996, Vaske-Júnior y Rincón-Filho 1998, Henderson *et al.* 2001, Kubodera *et al.* 2007, Mendonça 2009, Markaida y Sosa-Nishizaki 2010, Galván-Magaña *et al.* 2013, Loor-Andrade *et al.* 2017).

La especie con mayor importancia en la dieta del tiburón azul fue *Argonauta* spp. (54.5 %IIR). Esta especie es muy poco estudiada en el Perú, adultos del género *Argonauta* solo solían ser reportados como fauna acompañante del recurso anchoveta (*E. ringens*) durante los cruceros de investigación realizados por el IMARPE (IMARPE 2015). Sin embargo, estudios recientes han tratado de expandir el conocimiento sobre su ecología. Orosco-Montenegro (2016) determinó que durante el 2013 y 2014 abundancias significativas de paralarvas de *Argonauta* spp. se encontraron a lo largo de la costa peruana, variando desde los 9 a los 318 individuos/m<sup>2</sup> en otoño y verano, respectivamente. Por su parte, Sajinez *et al.* (2016) asociaron abundancias del género *Argonauta* con la temperatura superficial del mar (TSM) en la zona norte del ecosistema de Humboldt durante el 2009 y 2015, concluyendo que estos organismos son más frecuentes durante anomalías positivas de TSM. En el 2015, año en el que se realizó el presente estudio, el área El Niño 1+2 reportó una anomalía positiva promedio anual de  $1.7 \pm 1.2$  °C en la TSM (Dirección de Hidrografía y Navegación 2015). Por lo tanto, el elevado número de *Argonauta* spp. encontrado en los estómagos podría guardar relación a una posible abundancia de esta especie en el área de estudio generada por dicha condición oceanográfica. Asimismo, corroboraría el comportamiento oportunista de *P. glauca* sobre presas disponibles en abundancia (Stevens 1973, Hernández-Aguilar *et al.* 2016, Loor-Andrade *et al.* 2017). Dicha teoría pudo ser observada en el mes de octubre (anomalía positiva de 2.52 °C<sup>13</sup>) cuando se encontraron 350 organismos de *Argonauta* spp. en los estómagos analizados. Por otro lado, cabe resaltar que *Argonauta* spp. parece tener un importante rol en el ecosistema oceánico pelágico ya que es reportado en las dietas de grandes predadores como tiburones, peces picudos, cefalópodos y perico (Solano *et al.* 2015, Galván-Magaña *et al.* 2013, Alegre *et al.* 2014, Rosas-Luis *et al.* 2016). Por lo que, mayores estudios deben ser conducidos sobre esta especie para conocer su rol ecológico en el ecosistema.

La segunda especie de importancia en la dieta de *P. glauca* fue *Ancistrocheirus lesueurii* (12.8 %IIR), la cual es una especie mesopelágica que habita aguas oceánicas tropicales y templadas alrededor del planeta (Jereb y Roper 2010). Esta especie constituye un

---

<sup>13</sup> NOAA (National Centers for Environmental Information). 1982-2017. Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures. Niño Regions Sea Surface Temperatures (en línea). Maryland, Estados Unidos. Consultado el 9 dic. 2017. Disponible en <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php>

importante componente dentro de la red trófica al ser principal presa de organismos que realizan migraciones verticales como mamíferos, peces picudos y tiburones (Clarke y Macleod 1974, Dunning *et al.* 1993, Rosas-Luis *et al.* 2016). Las formas larvarias y juveniles son abundantes en aguas superficiales del ambiente mesopelágico (Clarke 1966), mientras que los adultos optan por migrar hacia mayores profundidades (Nesis 1993). Hembras maduras (LM > 20 cm) son consideradas de migrar hacia grandes profundidades, ya sea cerca al borde continental o en aguas oceánicas para desovar (Nesis 1993, Arkhipkin 1997), en donde se convierten en presa fácil de grandes depredadores como el tiburón azul (Loor-Andrade *et al.* 2017). En el presente estudio las longitudes de los mantos (LM) reconstruidos se encontraron entre los 11 cm (LRL = 3.84 mm) y 27 cm (LRL = 7.64 mm), lo que nos indicaría que subadultos y adultos de *A. lesueuri* estarían siendo consumidos por el tiburón azul (Clarke 1986).

*Gonatus antarcticus* (7.1 %IIR), es considerada una especie con distribución circumantártica, encontrándose desde la superficie hasta aproximadamente los 1,300 m de profundidad (Nesis 1999, Arkhipkin y Laptikhovsky 2010). No es considerada una especie de importancia económica debido a que no se agrega en escuelas (Nesis 1999), sin embargo posee un rol clave en el ecosistema marino ya que ha sido reportada (en todos sus estadios de vida) como alimento de diferentes organismos marinos como aves, mamíferos, peces picudos, entre otros (Clarke 1980, Croxall y Prince 1994, Thompson 1994, Ibáñez *et al.* 2004). *G. antarcticus* posee una distribución segregada por tallas. Los organismos más pequeños (LM < 3-4 cm) se encuentran en zonas epipelágicas, los juveniles y subadultos inmaduros (LM = 5 – 35 cm) sobre las aguas de la plataforma continental, mientras que los adultos maduros (LM > 35 cm) solo en aguas profundas sobre el talud continental (Rodhouse *et al.* 1992, Nesis 1999). En consecuencia, y debido a que la media de los picos de *G. antarcticus* en la presente investigación fue de  $7.3 \pm 0.4$  mm LRL ( $27.2 \pm 2.6$  cm LM), podríamos inferir que el tiburón azul se estaría alimentando de subadultos de *G. antarcticus* presentes entre la plataforma continental y el talud continental (Clarke 1986, Laptikhovsky *et al.* 2007).

*Dosidicus gigas* o “pota” es considerada la especie de invertebrado endémico más abundante del Pacífico Oriental (Nesis 1970, Anderson y Rodhouse 2001). Las mayores

abundancias de esta especie se encuentran asociadas a lugares de alta productividad como las zonas aledañas a las costas de México y Perú (Nevárez-Martínez *et al.* 2000, Nigmatullin *et al.* 2001, Tafur *et al.* 2001). En el Perú, esta especie cumple un rol clave dentro de la red trófica del ecosistema de Humboldt (Lorrain *et al.* 2011, Ibáñez *et al.* 2015). Además, sostiene una de las pesquerías de invertebrados más grandes del planeta (Yamashiro *et al.* 1996, Keyl *et al.* 2008). *D. gigas* es una especie epipelágica y mesopelágica que habita aguas oceánicas y neríticas, desde la superficie hasta los 1,200 m de profundidad (Yatsu *et al.* 1999, Nigmatullin *et al.* 2001). Los individuos juveniles (1.5 a 10 cm LM) y subadultos (15 a 30 - 35 cm LM) se encuentran en zonas oceánicas, mientras que los adultos (> 40 cm LM) migran hacia aguas cercanas a la costa; no obstante, los individuos más grandes (> 80 cm LM) parecen retornar hacia aguas oceánicas para desovar (Nigmatullin *et al.* 2001, Alegre *et al.* 2014). En el presente estudio, las medidas de los picos de los individuos de *D. gigas* oscilaron entre 4.6 y 14.7 mm LRL (21.0 y 57.1 cm LM), lo que indicaría que los individuos consumidos por el tiburón azul pertenecerían a subadultos y adultos de la especie (Clarke 1986, Nigmatullin *et al.* 2001). Sin embargo, es de recalcar que aunque *D. gigas* obtuvo el 5.6 %IIR, esencialmente debido al peso de grandes individuos, solo 7 individuos fueron encontrados a lo largo del periodo de estudio.

El ítem presa “Restos de cefalópodos”, asignado al tejido muscular y a las plumas (gladio, jibión) de los cefalópodos, obtuvo el 6.9 %IIR debido a la gran frecuencia porcentual de ocurrencia calculada (16.2 %FO). La aparición de grandes masas de cefalópodos en avanzados estadios de digestión así como la no presencia de picos que ayudasen a su identificación, indicaría que los tiburones azules se estarían alimentando de “partes” de los cefalópodos. Esto podría ser debido a dos posibles explicaciones. Primero, hembras de las familias Ancistrocheiridae, Gonatidae, Histiotteuthidae, y otras con boyantes neutra, pierden dicha cualidad y flotan pasivamente hacia la superficie luego de desovar a grandes profundidades (Nesis 1995). Esto los convertiría en presas fáciles para algunos tiburones pelágicos como el caso del tiburón azul (Markaida y Sosa-Nishizaki 2010). Segundo, que los descartes de la pesquería de “pota”, considerada la pesquería más importante de invertebrados en el Perú (Mendo y Wosnitza-Mendo 2014, PRODUCE 2015), puedan estar siendo aprovechados por el tiburón azul al ser una “presa” fácil de cazar.

Otras especies presa identificadas en la dieta del tiburón azul también son importantes de analizar. Por ejemplo, *Grimalditeuthis bonplandi* es considerada una especie meso y batipelágica que habita profundidades cercanas a los 2,600 m (Roper y Young 1975, Hoving *et al.* 2013). Es conocido que juveniles de *G. bonplandi* habitan entre los 200 y 900 m de profundidad, mientras que los adultos suelen preferir mayores profundidades (Young 1972, Lu y Clarke 1975). Esta especie posee un rol especial en la red trófica ya que es consumida por un gran número de predadores oceánicos que realizan movimientos verticales como mamíferos, peces picudos y tiburones (Clarke 1980, Potier *et al.* 2007). En un estudio realizado en el Océano Pacífico Norte Mexicano, Markaida y Sosa-Nishizaki (2010) encontraron un gran número de *G. bonplandi* en estómagos de tiburón azul. Sin embargo, no lograron estimar la importancia de esta especie en la dieta ya que no encontraron fórmulas de retrocálculo para dicha especie. De manera similar, en el presente trabajo se experimentó la misma limitante al encontrar los restos de 45 individuos de *G. bonplandi* en 13 estómagos diferentes. Esto significaría una subvaloración de la importancia de esta especie presa en la dieta del tiburón azul. Cabe resaltar que los picos encontrados presentaron tamaños similares ( $1.58 \pm 0.48$  LRL), lo que permitiría inferir una alimentación sobre juveniles de *G. bonplandi*, y a su vez ayudaría a deducir un límite en las profundidades de buceo del tiburón azul.

Otra especie presa encontrada dentro del espectro trófico del tiburón azul fue *Vampyroteuthis infernalis*. Esta especie es considerada de habitar profundidades entre los 600 y 1200 m (Seibel *et al.* 1998, Jereb *et al.* 2016). En particular, *V. infernalis* no realiza migraciones verticales (Lu y Clarke 1975, Roper y Young 1975), por lo que cualquier posible predador necesitaría sumergirse a estas profundidades para cazarlos. En la presente investigación se encontraron restos de 6 individuos de *V. infernalis* dentro de un solo estómago, lo que evidenciaría que el tiburón azul debió permanecer un prolongado tiempo en estas grandes profundidades para poder consumir este tipo de especie presa.

Adicionalmente, se consideró a “Huevos de pez volador” como ítem presa dentro de la dieta del tiburón azul debido a que fueron encontrados exclusivamente en los denominados “parches” con longitudes y pesos considerables. Además, la preferencia del tiburón azul por estos “parches” había sido descrita previamente en el Perú por Elliot *et al.* (1996) en una

segunda prospección al oeste de las Islas Lobos de Tierra. Es de resaltar que estos “parches” flotantes en medio de océano han sido asociados a praderas de macroalgas de los géneros *Macrosystis* y *Lessonia*, ya que estas sirven de refugio para diferentes especies en sus estadios larvarios (Hunte *et al.* 1995, Lewallen *et al.* 2011), generando los denominados “objetos flotantes” los cuales van errantes por el océano. En el presente estudio se pudo encontrar dicha asociación entre estos “parches” con algún tipo de macroalga. Por lo tanto, podríamos inferir que el consumo de “Huevos de pez volador” podría estar en función a una atracción del tiburón azul hacia grandes siluetas flotantes en el mar (Caunter 1961, Nakano y Seki 2003).

### 6.3.2 Índices ecológicos

El índice estandarizado de Levin ( $B_i$ ) calculado de manera general reveló un valor muy pequeño (Cuadro 6). Esto señala que el tiburón azul en la zona de estudio tendría un hábito especialista sobre sus presas (Krebs 1999). Este valor nos indica que a pesar de encontrarse una amplia gama de especies presa (42) en la dieta, solo un reducido número de especies presa fueron consumidas en mayor número (%N). Así, solo catorce especies presa (33.3%) fueron encontradas en números mayores a los 10 individuos por especie. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Hernández-Aguilar *et al.* (2016) donde catalogaron a *P. glauca* como una especie de estrategia alimentaria especialista ( $B_i = 0.08$ ) en la costa occidental de Baja California Sur, México. En dicho trabajo se relacionó dicha estrategia a la alta ingesta de la langostilla (*Pleuroncodes planipes*), especie altamente abundante en la zona. De manera similar, en el presente estudio se observó que la causa de la clasificación del tiburón azul como una especie especialista ( $B_i = 0.05$ ), fue el gran consumo (en número) de *Argonauta* spp. (57.6 %N). Por lo que, el octópodo *Argonauta* spp. estaría cumpliendo un rol en la dieta del tiburón azul en la zona norte del Perú, similar al que *P. planipes* sostendría en la costa occidental de Baja California Sur, México.

Cuadro 6. Índices ecológicos (Bi, NT) de la dieta general del tiburón azul

Índice estandarizado de Levin (Bi)	Nivel trófico (NT)
0.05	4.4

El nivel trófico (NT) calculado para el tiburón azul en el presente estudio (Cuadro 6), lo clasifica como un consumidor terciario (predador tope) y por lo tanto lo ubicaría en la parte más alta de la red trófica (Cortés 1999). Estos resultados concuerdan con los presentados por Froese y Pauly (2017) en la base de datos *Fishbase*. Asimismo, es similar a los valores propuestos por Cortés (1999) y Hernández-Aguilar *et al.* (2016), quienes le asignan un NT de 4.1 y 4.05, respectivamente. No obstante, el valor de NT de la presente investigación se diferenciaría de lo presentado por otros autores debido a la alta ingesta de biomasa de cefalópodos en aguas peruanas. Asimismo, este valor podría aún no ser el correcto debido a que no se pudo encontrar niveles tróficos de referencia para algunos cefalópodos. Además, se debe recordar que algunos pesos de especies presa no fueron correctamente estimados al no encontrarse fórmulas de retrocálculo específicas.

Finalmente, cabe señalar que el conocer los valores de NT de los diferentes organismos componentes de la red trófica resulta de gran importancia, toda vez que nos permite comprender la forma como la energía fluye y se distribuye a través de la red trófica (Cortés 1997, Garvey y Whiles 2017). Estos estudios nos permiten conocer la presión natural que ejerce un predador sobre sus presas y de cómo esta relación predador-presa cambiaría si existiera sobre alguno de ellos, una presión externa negativa como por ejemplo la sobrepesca (Baum *et al.* 2003, Worm *et al.* 2013).

## 6.4 Composición de la dieta en relación al sexo

### 6.4.1 Análisis multivariado

A partir de la matriz de composición porcentual gravimétrica (%P) de las familias presa identificadas en la dieta del tiburón azul, se generó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para evaluar patrones de similitud según el sexo (Figura 25). En este análisis no se lograron visualizar patrones claros de asociación que

permitan diferenciar gráficamente las dietas de hembras ( $n = 47$ ) y machos ( $n = 74$ ) de tiburón azul. La no conformación de grupos según el sexo se pudo deber a la elevada cantidad de familias presa contempladas en la matriz (35 familias presa), puesto que este tipo de análisis multivariado puede no ser el más adecuado para evaluar grandes cantidades de variables (Clarke y Gorley 2006). Asimismo, la falta de agrupamiento según el sexo se pudo deber a la gran cantidad de familias presa compartidas entre ambos grupos (23 familias presa), así como también al número de muestras donde estas se encontraron en cada grupo, como por ejemplo: Argonautidae (M: 14, H: 16 muestras), Restos de cefalópodos (M: 28, H: 16 muestras) y Restos de peces (M: 12, H: 14 muestras). De esta manera, la nula visualización de patrones de agrupamiento entre hembras y machos se debió a alta similaridad existente entre las dietas de ambos grupos (Clarke y Warwick 2001).

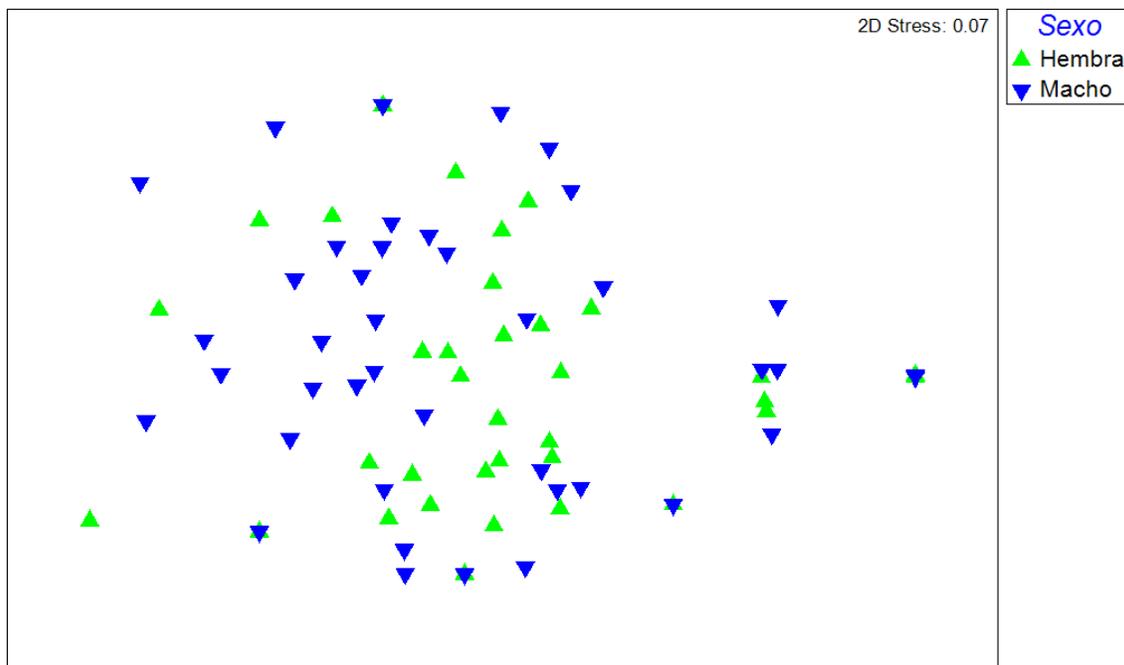


Figura 25. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por sexo a partir de los %P de las familias presa en la dieta del tiburón azul.

## 6.4.2 Método cuantitativo

### a) Hembras

En los estómagos de hembras de tiburón azul ( $n = 47$ ) se encontraron 32 especies presa, representadas por 23 especies de cefalópodos, 6 peces, 1 crustáceos y 1 mamífero; además de la presencia de huevos de pez volador. En la Figura 26, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 28). Según el %IIR, las hembras se alimentaron esencialmente de *Argonauta* spp. (60.48%), *Gonatus antarcticus* (18.72%), Restos de cefalópodos (3.54%), *Dosidicus gigas* (3.45%) y *Grimalditeuthis bonplandi* (3.25%).

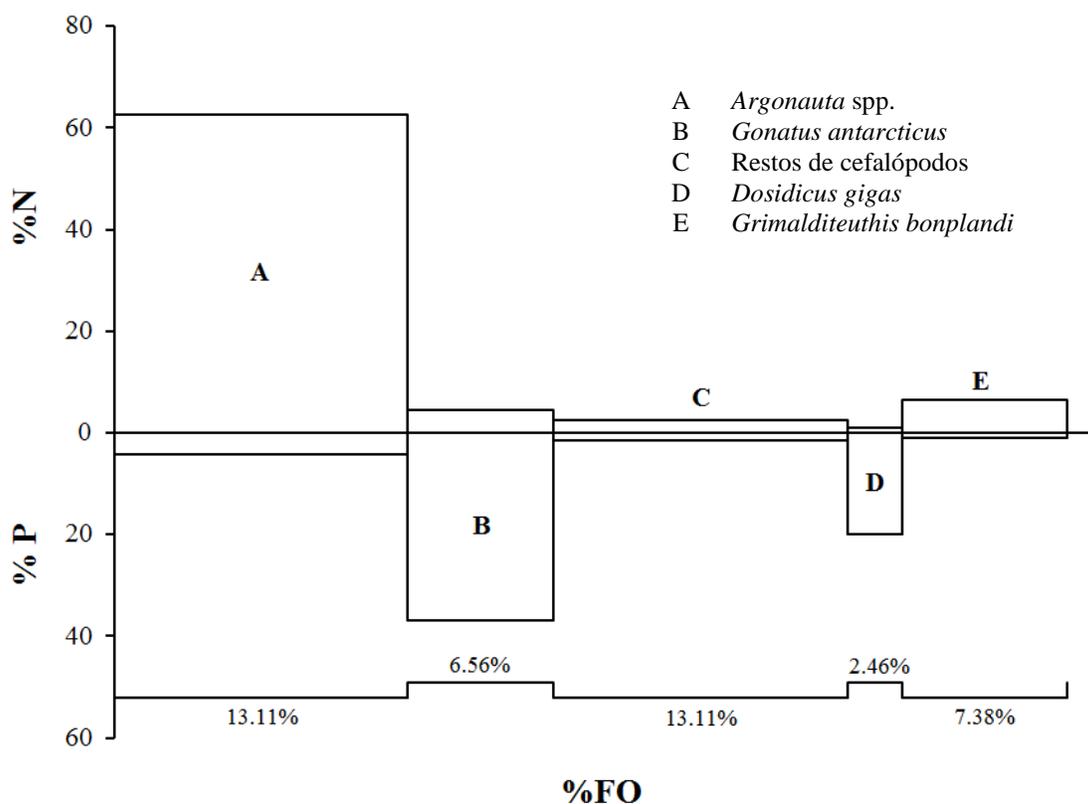


Figura 26. Composición específica de la dieta de Hembras de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

## b) Machos

En el caso de los machos ( $n = 74$ ), se identificaron 34 especies presa pertenecientes a 26 especies de cefalópodos, 3 peces, 2 crustáceos, 1 ave y 1 mamífero; además de la ocurrencia de huevos de pez volador. La Figura 27 muestra los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas según el %IIR (Figura 28). En base al %IIR, los machos de *P. glauca* se alimentaron principalmente de *Argonauta* spp. (38.36%), *Ancistrocheirus lesueurii* (28.77%), Restos de cefalópodos (11.06%), *Dosidicus gigas* (6.32%) y *Stigmatoteuthis hoylei* (3.23%).

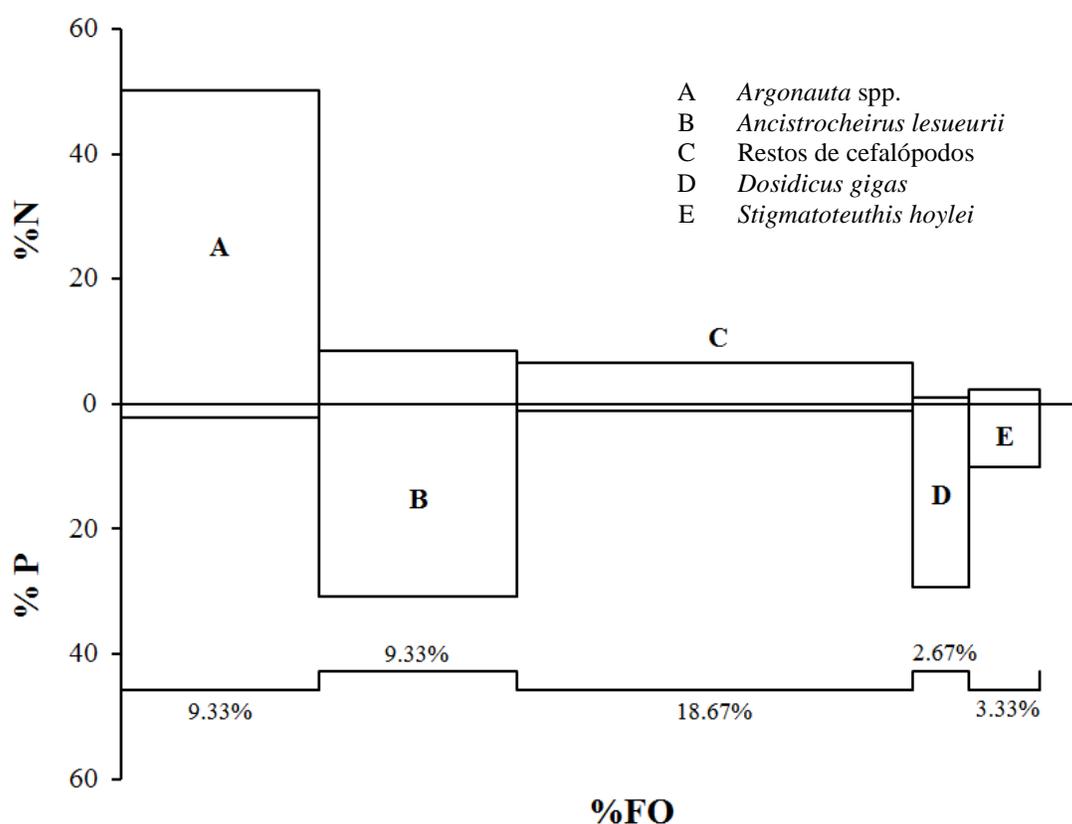


Figura 27. Composición específica de la dieta de Machos de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

Las Figura 26 y Figura 27 permiten observar los %N, %P y %FO de los 5 principales ítems presa (según %IIR) de hembras y machos de tiburón azul, respectivamente. En dichas figuras se muestra que la jerarquización de *Argonauta* spp. como principal especie presa en la dieta de ambos sexos, inclusive teniendo esta un bajo %P comparado con las demás especies presa, está altamente asociada a los altos %N calculados. Asimismo, se logra observar que la importancia de las demás presas dentro del espectro trófico de machos y hembras de *P. glauca* radica esencialmente en sus %P y/o %FO.

La Figura 28 muestra la composición específica de la dieta del tiburón azul por sexos, donde se distingue a *Argonauta* spp. como principal presa tanto para machos (38.4 %IIR) como para hembras (60.5 %IIR). Otras especies como Restos de cefalópodos (H = 3.54 y M = 11.06 %IIR) y *D. gigas* (H = 3.45 y M = 6.32 %IIR) fueron encontrados en las dietas de ambos sexos. Asimismo, *G. antarcticus* (18.7 %IIR) y *G. bonplandi* (3.3 %IIR) estuvieron presentes en la dieta de hembras, mientras que *A. lesueurii* (28.8 %IIR) y *S. hoylei* (3.2 %IIR) en la dieta de los machos.

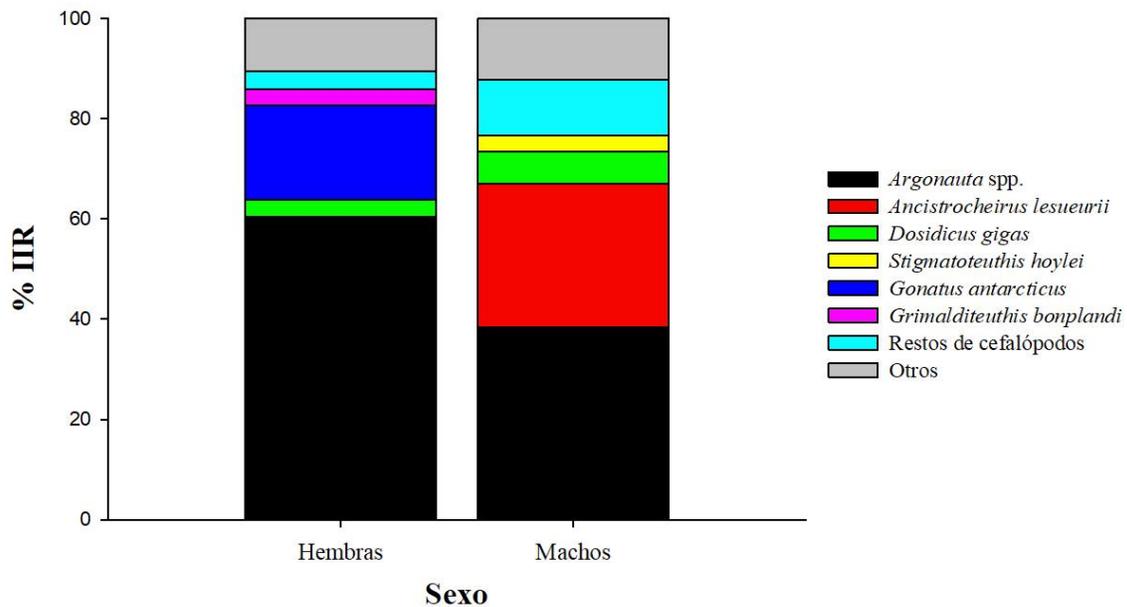


Figura 28. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por sexos. Valores porcentuales de %IIR son mostrados.

Diversas investigaciones sugieren una segregación horizontal por sexos para el tiburón azul (Casey 1985, Nakano 1994, Kohler y Turner 2008). Esta segregación sexual estaría relacionada a los movimientos migratorios que realizan por separado machos y hembras; influenciados por las variaciones de la temperatura del agua, condiciones reproductivas y disponibilidad de presas (Stevens 1976, Vandeperre *et al.* 2014). Por otra parte, otras investigaciones sugieren también la existencia de una segregación vertical por sexos para el tiburón azul. Hazin *et al.* (1994) indica que en el océano Atlántico Suroeste, una segregación vertical por sexos ocurriría principalmente durante el primer año de vida de *P. glauca*. Similarmente, Vögler *et al.* (2012) explicaron que en el océano Pacífico Tropical Mexicano los machos (adultos en mayor número) prefieren aguas más superficiales en comparación a las hembras (representadas en mayor parte por juveniles). De esta forma, los recursos aprovechados por ambos sexos deberían ser distintos al ocupar diferentes hábitats. No obstante, esto no ha podido ser corroborado en su totalidad al comparar las dietas de machos y hembras del tiburón azul (Kohler 1987, Mendonça 2009, Markaida y Sosa-Nishizaki 2010, Hernández-Aguilar *et al.* 2016, Loor-Andrade *et al.* 2017).

En el presente estudio, la gran importancia de *Argonauta* spp. en la dieta de las hembras del tiburón azul se debería a la alta representatividad de tallas por debajo de los 180 cm LT (Figura 16). Mientras que otras presas dentro de la dieta de dicho sexo (e.g., *G. antarcticus*, *G. bonplandi*) estarían asociadas a la ocurrencia de hembras de tamaños superiores (Figura 13). En el caso de la dieta de los machos, la presencia de *A. lesueurii*, *D. gigas* y *S. hoylei* se debería a la ocurrencia de machos con tallas superiores a los 200 cm LT (Figura 16). Asimismo, la importancia de *Argonauta* spp. (en menor medida que en las hembras) estaría expresada por la presencia de individuos de menores tamaños.

No obstante, si bien los resultados evidenciarían una posible segregación por sexos para el tiburón azul, en base a la distribución vertical y horizontal de las presas consumidas por machos y hembras de tiburón azul, el número total de muestras recolectadas durante el tiempo de estudio estuvo representado en mayor medida por machos (61.2%) que por hembras (38.8%). Esto podría estar afectando los resultados, por lo que mayores esfuerzos deben ser realizados para obtener números similares de muestras para ambos sexos.

### 6.4.3 Índices ecológicos

Al analizar la amplitud de la dieta por sexos, se pudo observar que tanto machos como hembras estarían mostrando el patrón del análisis general, es decir mostrarían un comportamiento especialista hacia sus presas (Cuadro 7). La pequeña diferencia en los valores de Bi entre machos y hembras fue debido a la composición de ambas dietas, donde el número de especies presa de machos únicamente supero en 2 al de las hembras. Asimismo, de manera similar a lo evidenciado en la dieta general, la categorización de machos y hembras como grupos especialistas, estaría en gran medida influenciada por la contribución, en número, de *Argonauta* spp. (M = 50.1, H = 62.6 %N).

Cuadro 7. Índices ecológicos (Bi, Cλ y NT) de la dieta del tiburón azul por sexos

Índice estandarizado de Levin (Bi)		Índice Morisita-Horn (Cλ)	Nivel trófico (NT)	
Machos	Hembras	Machos vs. Hembras	Machos	Hembras
0.08	0.05	0.94	4.4	4.4

Al analizar el traslapamiento trófico entre machos y hembras, se observa un alto valor de traslape entre estos dos grupos (Cuadro 7). Este valor nos muestra que los recursos compartidos entre ambos sexos (24 especies presa), tuvieron similares importancias dentro de las dietas. Esto inclusive cuando las abundancias (%N) de las presas compartidas variaron entre sexos. Estos resultados difieren mucho con lo obtenido por Hernández-Aguilar *et al.* (2016) quienes postulan un nivel de traslape medio ( $C\lambda = 0.35$ ) entre ambos sexos. Esto fue debido a que los recursos principales utilizados por machos y hembras fueron distintos. En el presente estudio, el alto nivel de traslape entre ambos sexos, por el contrario, estaría influenciado por las similares abundancias (%N) encontradas de *Argonauta* spp. De esta manera, podríamos indicar que *Argonauta* spp. sería una especie clave en la dieta tanto de machos como de hembras del tiburón azul.

El Cuadro 7 también muestra los valores de los niveles tróficos (NT) calculados para machos y hembras de *P. glauca*. Los resultados no evidencian diferencias en los niveles tróficos evaluados según el sexo. Esto estaría ligado a la alta ingesta de biomasas (%P) de cefalópodos encontrada en la presente investigación.

## 6.5 Composición de la dieta en relación a la talla

### 6.5.1 Análisis multivariado

#### a) Análisis de clasificación numérica jerárquica aglomerativa

El análisis cluster (UPGMA) fue realizado previo al análisis de la composición de la dieta en relación a la talla para identificar patrones de asociación entre las 16 clases de talla propuestas. En la Figura 29 se muestra el dendograma de los contenidos estomacales de las clases de talla propuestas para el tiburón azul. En dicha figura se puede observar que a una similitud del 50% se presentan 9 grupos de talla. No obstante, se puede visualizar que dentro de los grupos formados se encuentran clases de talla que no son consecutivas. Por ejemplo, los grupos 2, 4 y 5 poseen clases de talla distantes los cuales representan una alta variabilidad en la dieta del tiburón azul analizado por intervalos de talla de 10 cm. Esta alta variabilidad y poca similitud entre estas clases de talla se podría atribuir al número reducido de individuos en algunas clases de talla usadas para este análisis (e.g.,  $n_{C1} = 2$ ,  $n_{C2} = 3$ ,  $n_{C3} = 5$ ,  $n_{C14} = 5$ ,  $n_{C16} = 1$ ). Por esta razón se decidió realizar el análisis usando clases de talla con un intervalo más amplio.

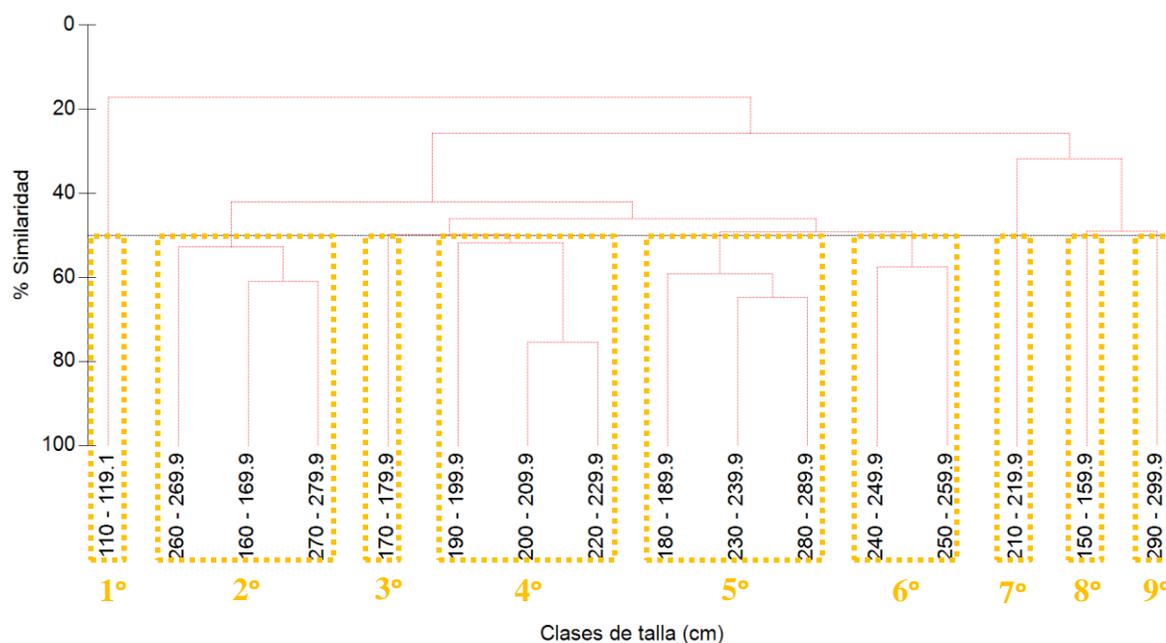


Figura 29. Análisis Cluster de los contenidos estomacales de las 16 clases de talla del tiburón azul en base a los %P de las familias presa identificadas en la dieta.

En base a las limitaciones en el agrupamiento de clases de talla anterior (Figura 29), se propuso trabajar con un nuevo intervalo de talla basado en estudios previos (Hoyos *et al.* 1991, Markaida y Sosa-Nishizaki 2010). Esta vez se utilizó un intervalo de talla de 40 cm LT, obteniéndose 5 nuevas clases de talla: 110-149.9, 150-189.9, 190-229.9, 230-269.9 y 270-309.9. En la Figura 30 se muestra el dendograma de los contenidos estomacales de las 5 clases de talla resultantes. En dicha figura se puede observar que a una similitud del 50% se conforman 3 grupos. El primer grupo asocia a la clase de talla 110 - 149.9 cm LT, mientras que el segundo grupo asocia a las clases de talla 150 - 189.9 y 190 - 229.9 cm LT. De igual forma, el tercer grupo concentra a las clases de talla 230 - 269.9 y 270 - 309.9 cm LT. Así, los 3 grupos de talla finales serían los siguientes: Grupo 1 (110 - 149.9 cm LT), Grupo 2 (150 - 229.9 cm LT) y Grupo 3 (230 - 309.9 cm LT).



Figura 30. Análisis Cluster de los contenidos estomacales de las 5 clases de talla del tiburón azul en base a los %P de las familias presa identificadas en la dieta.

### b) Análisis de escalamiento multidimensional no métrico

A partir de la matriz de composición porcentual gravimétrica (%P) de las familias presa identificadas en la dieta del tiburón azul, se generó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para evaluar patrones de similitud según el grupo de

talla (Figura 31). En este análisis no se lograron visualizar patrones claros de asociación que permitan diferenciar gráficamente las dietas del Grupo 1 (n = 3), Grupo 2 (n = 77) y Grupo 3 (n = 41). Esto se pudo haber debido a la elevada cantidad de familias presa contempladas en la matriz (35) así como al alto número de familias presa compartidas entre los grupos, especialmente entre el Grupo 2 y el Grupo 3 (21 familias presa). Por lo que, la nula visualización de patrones de agrupamiento entre el Grupo 2 y el Grupo 3 se debió a alta similitud existente entre las dietas de ambos grupos (Clarke y Warwick 2001).

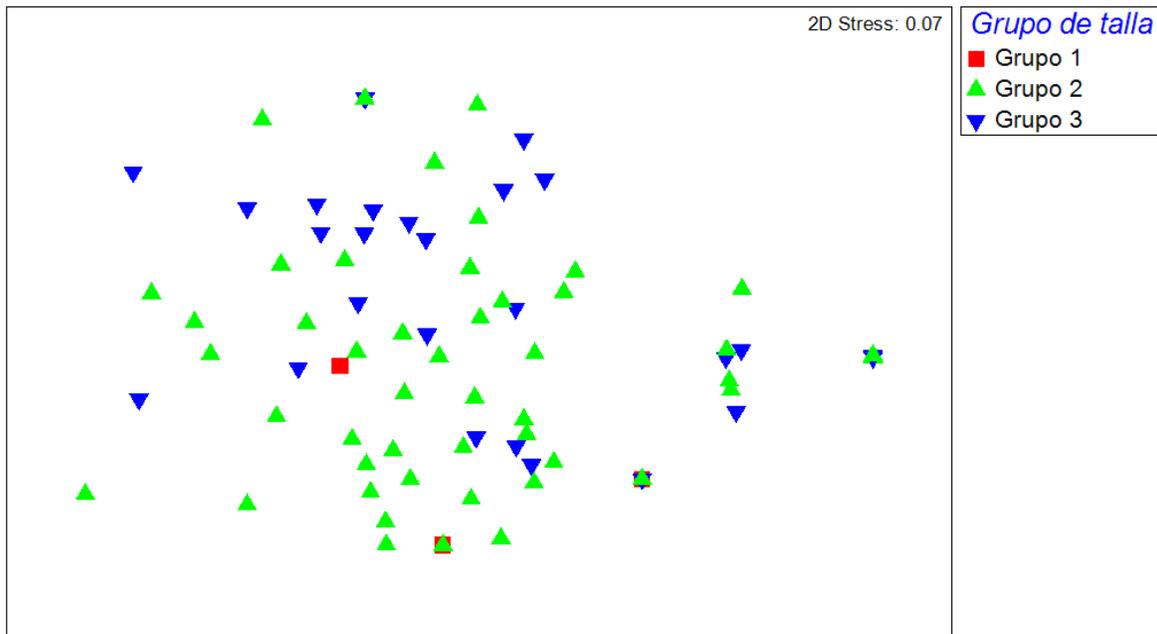


Figura 31. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por grupos de talla a partir de los %P de las familias presa en la dieta del tiburón azul.

El reducido número de muestras del Grupo 1 lo hace carecer de representatividad para realizar posteriores análisis que busquen evaluar la dieta del tiburón azul según grupos de talla. Por lo tanto, y teniendo en cuenta los análisis multivariados anteriores (Figura 30 y Figura 31), se decidió optar por únicamente considerar a los últimos dos grupos (Grupo 2 y Grupo 3) para posteriores análisis. De esta manera, se renombraron los grupos como “Grupo A” y “Grupo B”. Adicionalmente, cabe resaltar que para futuros estudios es recomendable incrementar el número de individuos de tallas menores (100 - 149.9 cm LT) para completar el análisis de la dieta del tiburón azul en relación a la talla propuesto en el presente trabajo.

## 6.5.2 Método cuantitativo

### a) Grupo A

Dentro del Grupo A ( $n = 77$ ), se consideraron los individuos entre 150.0 a 229.9 cm LT. En este grupo se encontraron 35 especies presa pertenecientes a 23 especies de cefalópodos, 6 peces, 2 mamíferos, 2 crustáceos y 1 ave; además de la presencia de Huevos de pez volador. En la Figura 32, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 34). Según el %IIR, el Grupo A se alimentó principalmente de *Argonauta* spp. (65.42%), *Gonatus antarcticus* (8.45%), *Ancistrocheirus lesueurii* (6.36%), Restos de cefalópodos (5.49%) y *Dosidicus gigas* (2.97%).

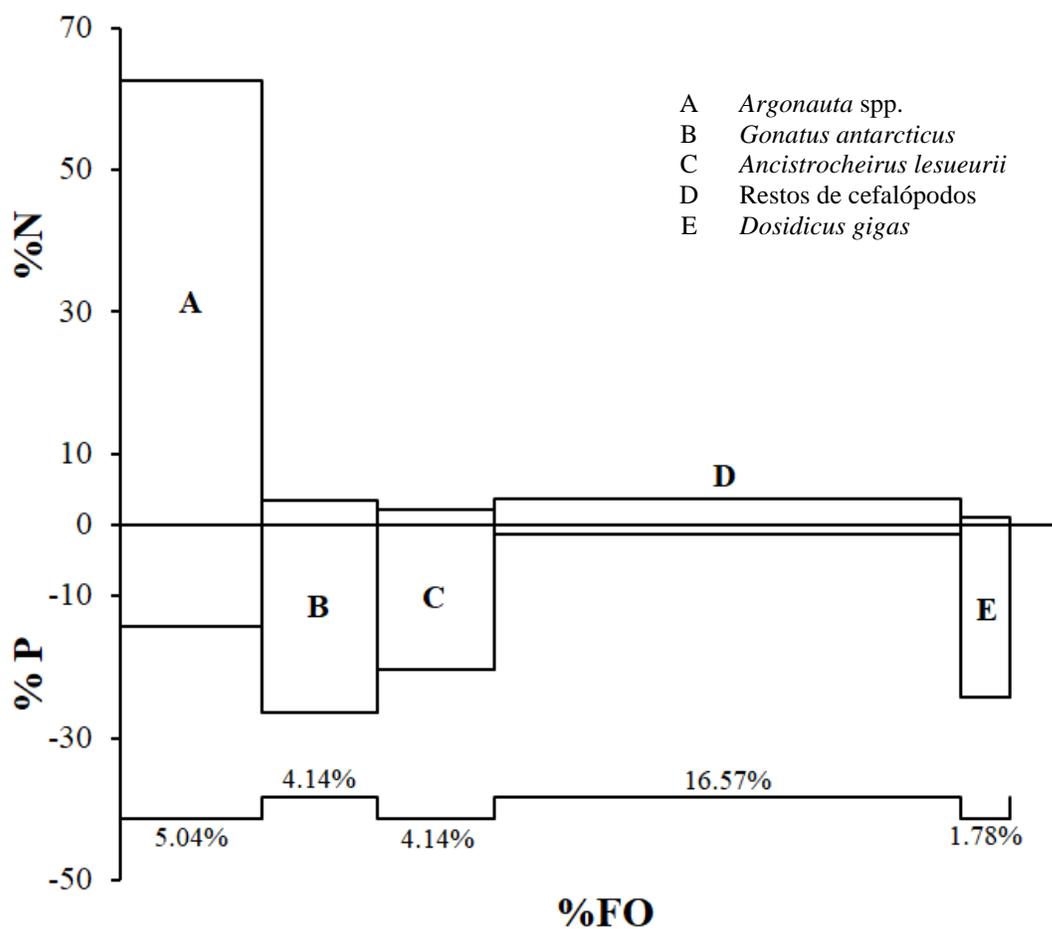


Figura 32. Composición específica de la dieta del Grupo de Tallas A de tiburón azul.

Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

## b) Grupo B

Para el Grupo B (n = 41) se consideraron los individuos entre 230.0 y 310.0 cm LT. En este grupo se encontraron 29 especies presa que comprendieron 24 especies de cefalópodos, 3 peces y 1 mamífero; además de la presencia de Huevos de pez volador. En la Figura 33, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 34). Así, según el %IIR el Grupo B se alimentó principalmente de *Ancistrocheirus lesueurii* (29.26%), *Argonauta* spp. (20.46%), *Dosidicus gigas* (14.16%), Restos de cefalópodos (11.89%) y *Gonatus antarcticus* (5.66%).

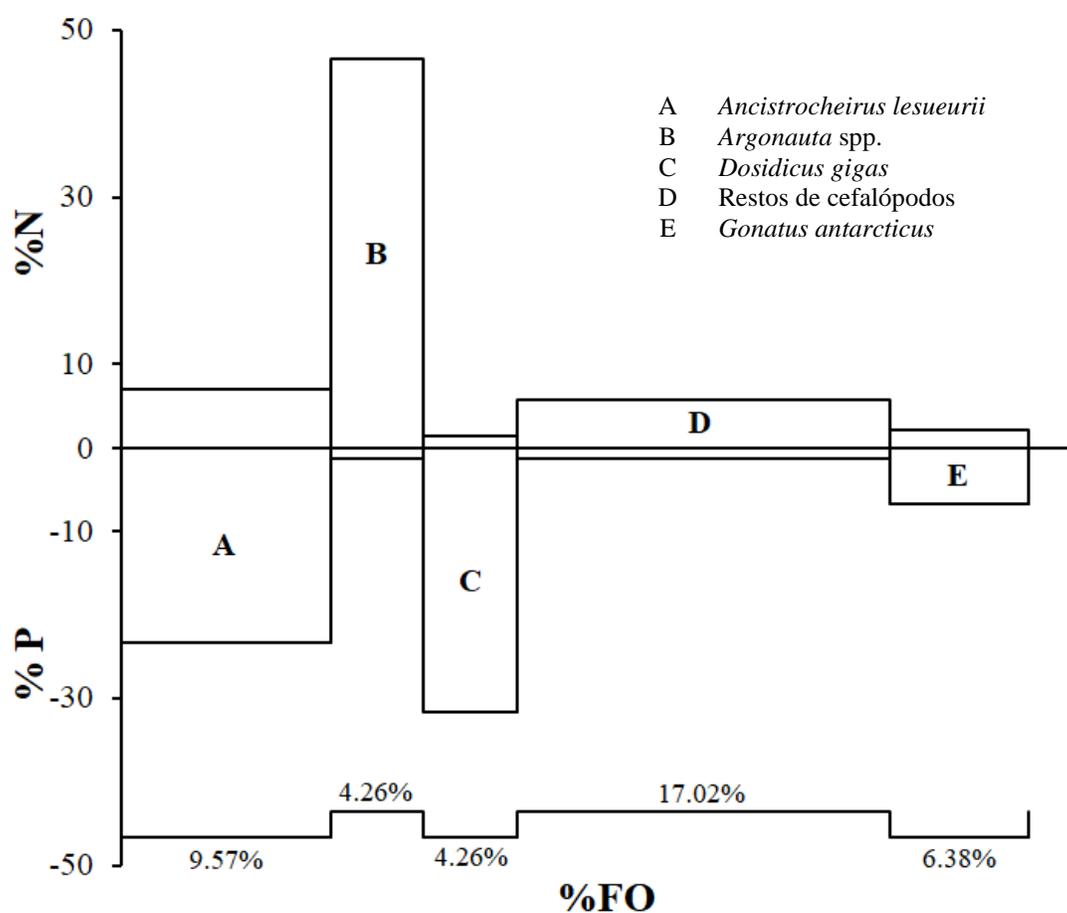


Figura 33. Composición específica de la dieta del Grupo de Tallas B de tiburón azul. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

Las Figura 32 y Figura 33 permiten visualizar los %N, %P y %FO de los dos grupos de tallas propuestos en el presente estudio a partir de los análisis multivariados. En el Grupo A, la categorización de *Argonauta* spp. como principal especie presa dentro de la dieta estuvo en función a la gran cantidad de organismos (%N) y a la considerable biomasa (%P) encontrada en los contenidos estomacales de este grupo. Por el contrario, en el Grupo B se observó que la principal presa fue *Ancistrocheirus lesueurii* debido al gran aporte en biomasa (%P) y a la alta ocurrencia (%FO) de esta especie en la dieta de este grupo de talla. Asimismo, se logra observar que entre ambos grupos las 5 especies más importantes fueron las mismas, variando en importancia en función a los valores de %N, %P y %FO.

Cambios ontogénicos en la composición de la dieta de tiburones han sido reportados a escala global (Hoening y Gruber 1990, Camhi *et al.* 2008). En el caso del tiburón azul, diversos trabajos han tratado de analizar posibles diferencias en la dieta según la talla sin encontrar resultados relevantes (Clarke *et al.* 1996, Mendonça 2009, McCord y Campana 2003, Markaida y Sosa-Nishizaki 2010, Hernández-Aguilar *et al.* 2016). Las posibles diferencias en la dieta estarían asociadas a las segregaciones por tallas reportadas para la especie, las cuales a su vez están relacionadas a los movimientos de migración que realiza este tiburón en sus diferentes estadios de vida (Stevens 1990, Hazin *et al.* 1994, Nakano 1994, Henderson *et al.* 2001). A consecuencia, la diferencia en la dieta entre grupos de tallas sería una respuesta del aprovechamiento de recursos disponibles durante los movimientos migratorios particulares de cada grupo de talla.

La Figura 34 muestra como los tiburones del Grupo A tuvieron una alta predisposición de alimentarse de *Argonauta* spp. (65.4 %IIR), mientras que las demás especies presa dentro de su dieta obtuvieron porcentajes bajos y relativamente equitativos. Por otra parte, en el Grupo B se observó que la principal especie presa fue el calamar *A. lesueurii* (29.3 %IIR). Es así que el cambio más resaltante entre las dietas de ambos grupos radica en el aumento en el consumo de *A. lesueurii* (GA = 6.4, GB = 29.3 %IIR) y *D. gigas* (GA = 3.0, GB = 14.2 %IIR); además de la reducción en la importancia de *Argonauta* spp. (GA = 65.4, GB = 20.5 %IIR) y *G. antarcticus* (GA = 8.5, GB = 5.7 %IIR), en función al crecimiento del tiburón azul. Esto nos podría dar a entender sobre posibles cambios ontogénicos en la dieta de *P. glauca*.

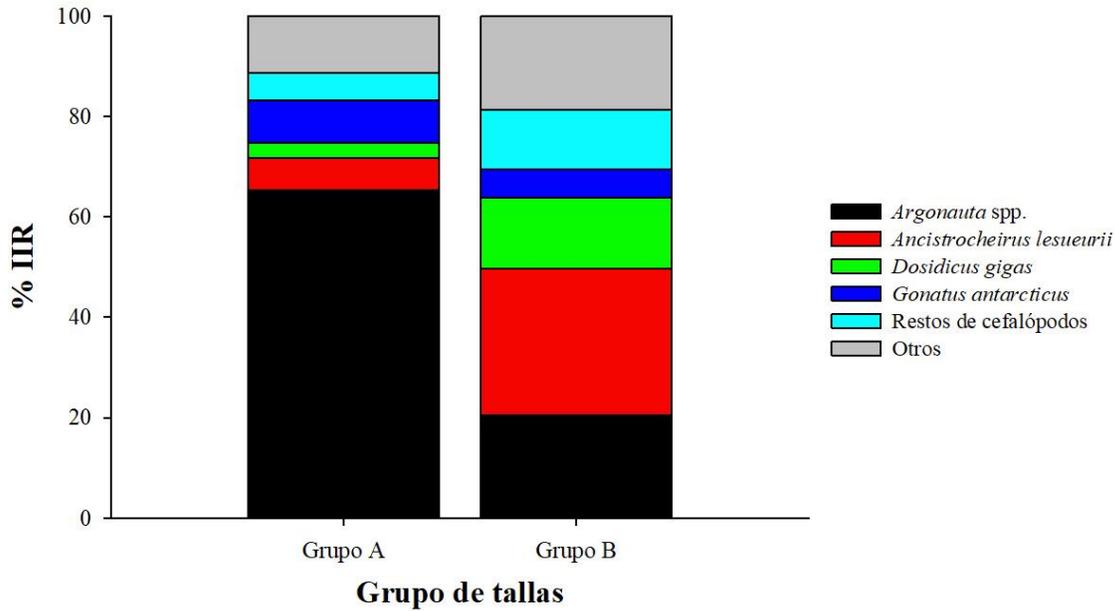


Figura 34. Composición específica de la dieta del tiburón azul en área de estudio por Grupos de tallas. Valores porcentuales de %IIR son mostrados.

En el Océano Pacífico Este la talla de madurez sexual del tiburón azul ha sido descrita entre 190 y 200 cm LT (Cruz-Ramírez *et al.* 2012, Bustamante y Bennett 2013). Por lo tanto, el Grupo A considerado en este análisis podría estar considerando organismos “Juveniles” y algunos “Subadultos”. En ese sentido, el gran consumo de *Argonauta* spp. en el Grupo A se debería a la preferencia de los individuos de tallas inferiores (juveniles y subadultos) a ocupar zonas cercanas a costa previo a formar parte de las grandes migraciones (Stevens 1976, Muñoz-Chápuli 1984, Montealegre-Quijano y Vooren 2010, Vögler *et al.* 2012). Litvinov (2006) sostiene que esta distribución estaría en función a las limitaciones en la alimentación que hembras y machos sufren durante las primeras fases de desarrollo (juveniles) cuando exhiben diferencias en las cúspides de sus dientes. Por lo tanto, *Argonauta* spp. al ser una especie pequeña y en abundancia estaría siendo aprovechada al máximo por el tiburón azul durante esta etapa. Esto ha sido descrito por Markaida y Sosa-Nishizaki (2010) quienes indican que *Argonauta* spp. y otros cefalópodos son aprovechados por tiburones azules entre los 140 y 160 cm LT.

El movimiento vertical y horizontal de *P. glauca* se expande, de manera progresiva, conforme aumenta de tamaño y en función a los movimientos migratorios que realiza a lo

largo de su vida (Montealegre-Quijano y Vooren 2010, Vögler *et al.* 2012, Vandeperre *et al.* 2014). La menor presencia en el Grupo B de *Argonauta* spp. y un considerable aumento en el consumo de otras especies como *A. lesueurii* y *D. gigas* (Figura 34), explicaría primero la presencia de organismos “Adultos” de *P. glauca* (Cruz-Ramírez *et al.* 2012, Bustamante y Bennett 2013). Esto debido a que este tipo de presas (especialmente las más grandes) se encuentran a mayores profundidades (Nesis 1993, Arkhipkin 1997), por lo que individuos más grandes de tiburón azul estarían realizando inmersiones progresivas hacia mayores profundidades en búsqueda de alimento (Carey y Scharold 1990). Asimismo, la predisposición de tallas mayores de tiburón azul a alimentarse de *A. lesueuri* podría relacionarse a las migraciones hacia aguas subtropicales y tropicales que organismos de grandes tamaños suelen realizar con propósitos reproductivos (Vögler *et al.* 2012, Vandeperre *et al.* 2014). Esto debido a que Looor-Andrade *et al.* (2017) encontraron, de manera similar, que *A. lesueurii* constituía la principal presa para los tiburones azules capturados en aguas oceánicas tropicales del Ecuador. Finalmente, el aumento del Grupo A al Grupo B de Restos de cefalópodos (GA = 5.5, GB = 11.9 %IIR) y “Otros” (GA = 11.3, GB = 18.6 %IIR) (Figura 34), indicaría una mayor actividad de caza para la etapa “Adulta” del tiburón azul, así como mayores tiempos de buceo del tiburón azul inferidos por los estadios de digestión de las presas encontradas en los estómagos (Tricas 1979).

### 6.5.3 Índices ecológicos

La amplitud de la dieta del tiburón azul por grupos de talla, permitió mostrar, de cierta forma, un cambio ontogénico en su estrategia alimentaria (Cuadro 8). Así, en el Grupo A (juveniles y subadultos) el índice de Levin nos muestra un valor muy pequeño ( $B_i = 0.04$ ), inclusive cuando dicho grupo presentó el mayor número de especies presas (35), el cual es resultado de la excesiva abundancia de *Argonauta* spp. (62.5 %N) dentro de la dieta de este grupo de talla. Luego, en el Grupo B (adultos), en el cual el número de especies presa encontradas disminuye (29), la amplitud de la dieta incrementa ( $B_i = 0.11$ ) al reducirse el aporte, en número, de *Argonauta* spp. (46.5 %N) para dar espacio a otras especies como *Ancistrocheirus lesueurii* (7.1 %N). Este último incremento estaría indicándonos que los tiburones azules conforme van aumentando de tamaño, experimentarían un cambio en su estrategia alimentaria hacia un comportamiento un tanto más generalista al evidenciar una

reducción principalmente en el consumo de *Argonauta* spp. para dar paso a una contribución más homogénea de las demás especies presa. Por lo tanto, este cambio ontogénico en la estrategia alimentaria del tiburón azul estaría asociado a la variación de las abundancias de los recursos alimentarios disponibles entre las diferentes zonas que *P. glauca* habitaría a lo largo de su desarrollo, en especial durante sus movimientos de migración (Nakano y Stevens 2008, Vandeperre *et al.* 2014).

Cuadro 8. Índices ecológicos ( $B_i$ ,  $C\lambda$  y NT) de la dieta del tiburón azul por grupo de talla

Índice estandarizado de Levin ( $B_i$ )		Índice Morisita-Horn ( $C\lambda$ )	Nivel trófico (NT)	
Grupo A	Grupo B	Grupo A vs. Grupo B	Grupo A	Grupo B
0.04	0.11	0.93	4.3	4.5

Al analizar el traslapamiento trófico ( $C\lambda$ ) entre grupos de tallas, el traslapamiento entre ambas dietas resulta ser muy alto (Cuadro 8). Este resultado nos indicaría que las 22 especies presas compartidas por ambos grupos, tuvieron similar importancia dentro de la dieta. Sin embargo, cabe recalcar que este alto traslape entre dietas se debió a las grandes abundancias (%N) de *Argonauta* spp. en las dietas del Grupo A y en el Grupo B.

Por otro lado, el cálculo del nivel trófico (NT) en relación a los grupos de talla nos permite visualizar un pequeño incremento en los valores de NT desde el Grupo A al Grupo B (Cuadro 8). Esto estuvo influenciado por el aumento en el consumo de biomasas (%P) de algunos calamares, como por ejemplo: *Ancistrocheirus lesueurii*. De esta manera, los resultados afirmarían la teoría propuesta sobre la exploración del tiburón azul hacia nuevos ambientes y el subsecuente aprovechamiento de nuevos recursos conforme aumentan de tamaño. De esta manera, los resultados evidenciarían que, de cierta forma, el tiburón azul poseería diferentes niveles tróficos a lo largo de su vida.

## 6.6 Composición de la dieta en relación a la zona de pesca (latitud)

### 6.6.1 Análisis multivariado

A partir de la matriz de composición porcentual gravimétrica (%P) de las familias presa identificadas en la dieta del tiburón azul, se generó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para evaluar patrones de similitud según la zona de pesca-latitud (Figura 35). En este análisis no se lograron visualizar patrones claros de asociación que permitan diferenciar gráficamente las dietas de los tiburones azules capturados en la Zona 1 (n = 30) y en la Zona 2 (n = 91). La no conformación de grupos según el sexo se pudo deber a la elevada cantidad de familias presa contempladas en la matriz (35 familias presa), puesto que este tipo de análisis multivariado puede no ser el más adecuado para evaluar grandes cantidades de variables (Clarke y Gorley 2006). Asimismo, la falta de agrupamiento según la zona de pesca (latitud) se pudo deber a la alta cantidad de familias presa compartidas entre ambos grupos (18 familias presa), así como al número de muestras donde estas se encontraron en cada zona, como por ejemplo: Argonautidae (Z1: 9, Z2: 21 muestras), Restos de cefalópodos (Z1: 7, Z2: 37 muestras) y Restos de peces (Z1: 7, Z2: 19 muestras). De esta manera, la nula visualización de patrones de agrupamiento entre la Zona 1 y la Zona 2 se debió a alta similaridad existente entre las dietas de ambas zonas (Clarke y Warwick 2001).

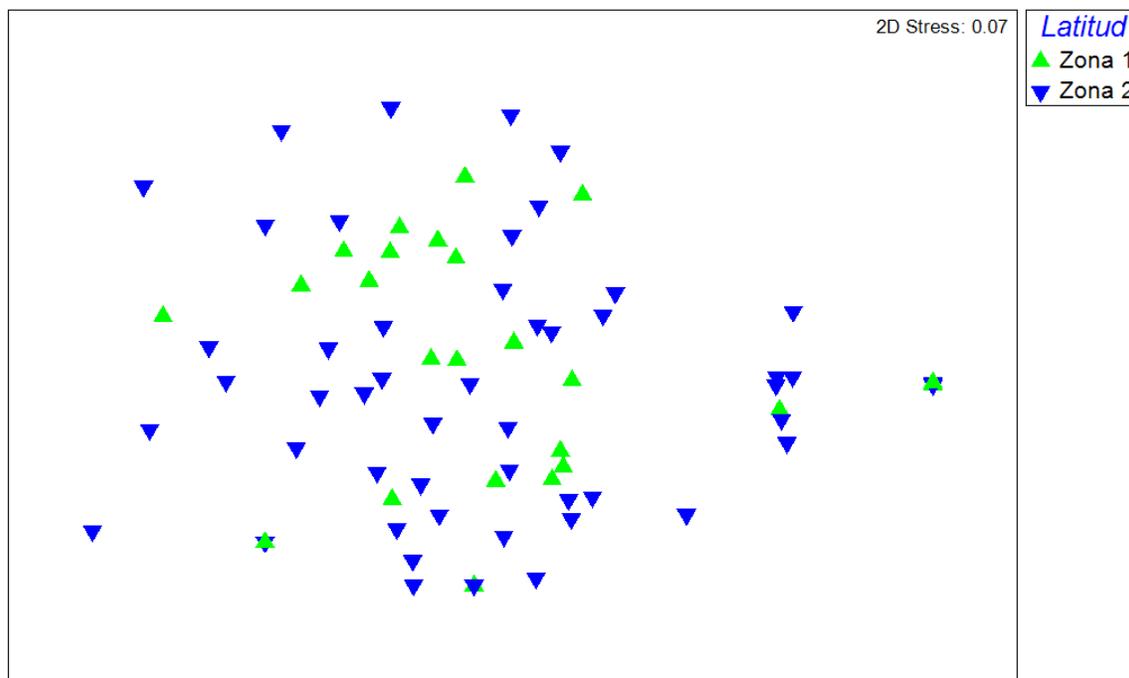


Figura 35. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por zona de pesca (Latitud) a partir de los %P de las familias presas en la dieta del tiburón azul.

## 6.6.2 Método cuantitativo

### a) Zona 1

La composición específica de los tiburones azules capturados en la Zona 1 ( $n = 30$ ), zona por arriba de los  $6^{\circ} 20' S$ , presentó 24 especies presa pertenecientes a 1 especies de cefalópodos, 4 peces y 1 crustáceo; además de la presencia de Huevos de pez volador. En la Figura 36, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 38). Según el %IIR, los individuos de la Zona 1 se alimentaron esencialmente de *Argonauta* spp. (42.38%), *Gonatus antarcticus* (23.76%), *Ancistrocheirus lesueurii* (19.21%), *Dosidicus gigas* (6.35%) y *Grimalditeuthis bonplandi* (1.93%).

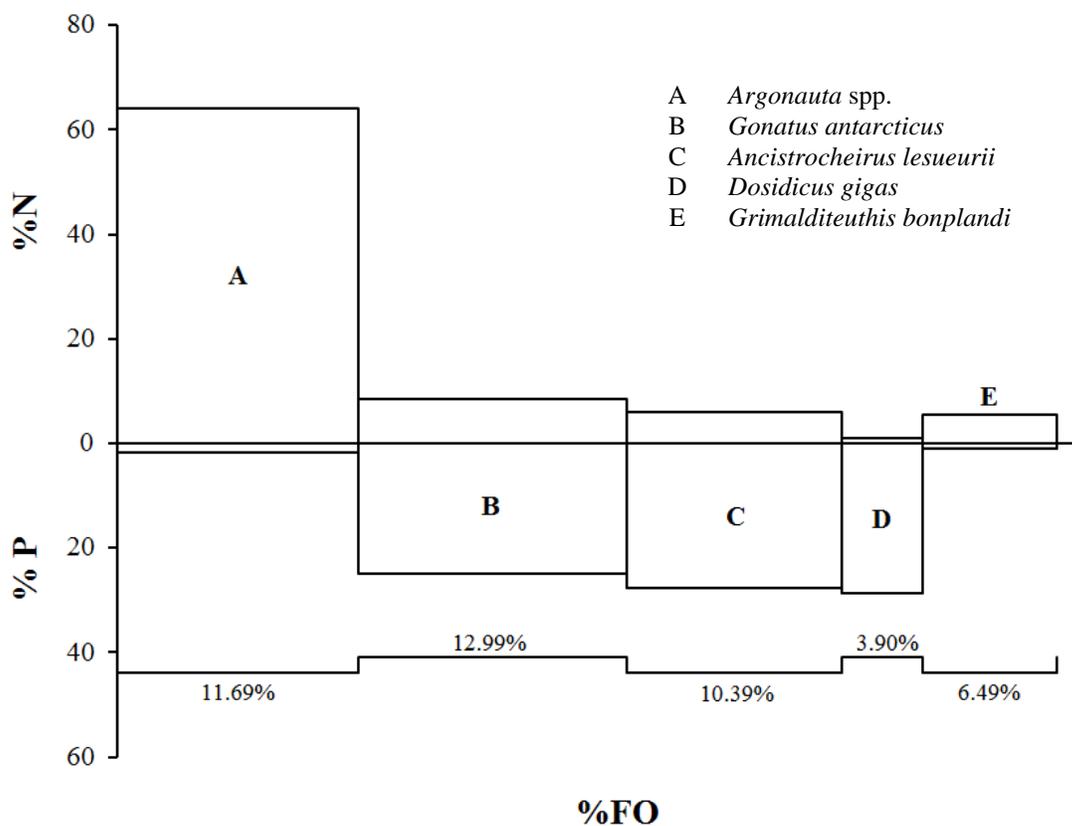


Figura 36. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona 1. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

**b) Zona 2**

Los individuos capturados dentro de la Zona 2 (n = 91), zona por debajo de los 6° 20' S, tuvieron 36 especies presa dentro de los estómagos recolectados, pertenecientes a 24 especies de cefalópodos, 6 peces, 2 crustáceos, 2 mamíferos y 1 ave; además de la presencia de Huevos de pez volador. En la Figura 37, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 38). Por lo tanto, según el %IIR los individuos de la Zona 2 se alimentaron esencialmente de *Argonauta* spp. (54.92%), Restos de cefalópodos (11.54%), *Ancistrocheirus lesueurii* (7.09%), *Vampyroteuthis infernalis* (5.13%) y *Dosidicus gigas* (4.24%).

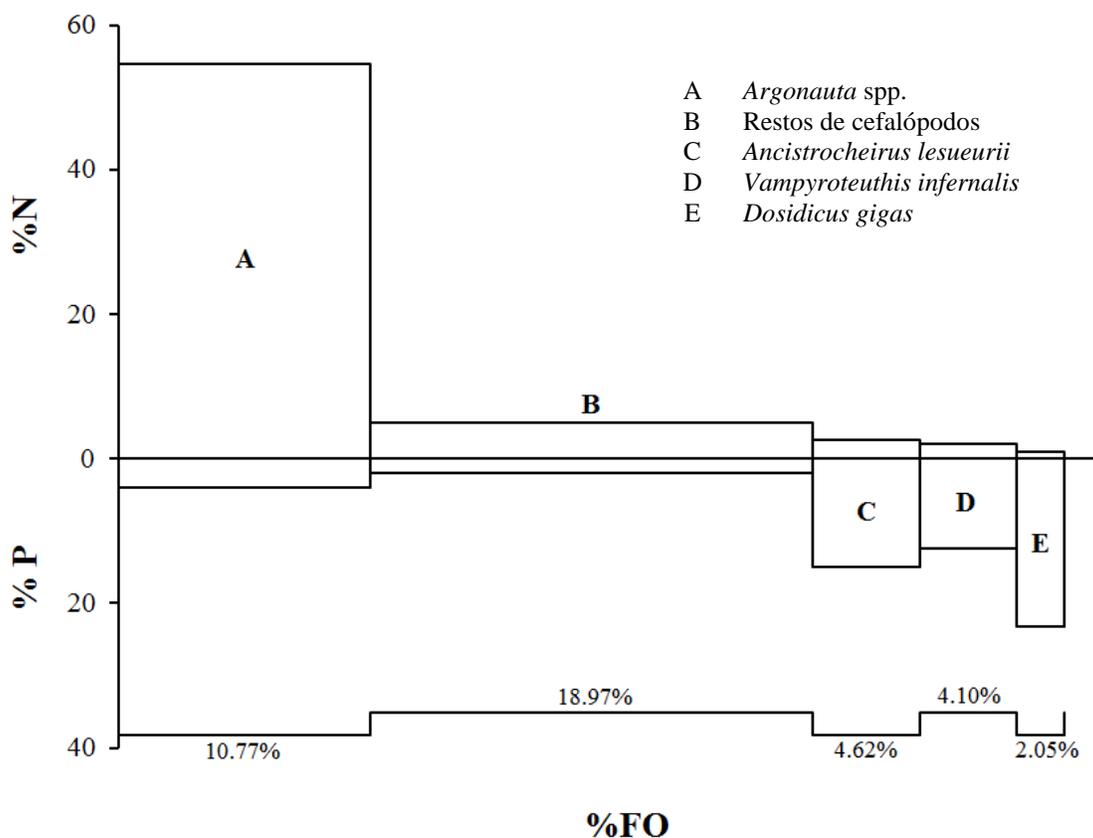


Figura 37. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona 2. Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

El análisis de la dieta de tiburones capturados según la latitud (Zona 1 y Zona 2), permite observar algunas diferencias en la composición de las principales especies presas entre zonas. Estas diferencias se pueden observar en las Figura 36 y Figura 37 donde se muestran los %N, %P y %FO de las 5 principales especies presa de importancia en la dieta para ambas zonas. En este análisis, *Argonauta* spp. resulta ser la especie presa más importante de los tiburones azules capturados en ambas zonas, encontrándose con mayores %N y %FO en la Zona 1 pero con mayor %P en la Zona 2. Por otra parte, se logra apreciar que las principales presas dentro de la dieta de *P. glauca* en la Zona 1 basaron su importancia en el gran aporte de %P y %FO de sus presas. Caso contrario a lo observado para la Zona 2, donde los aportes de las principales especies presa fueron menores en %P y %FO, salvo para el caso de Restos de cefalópodos.

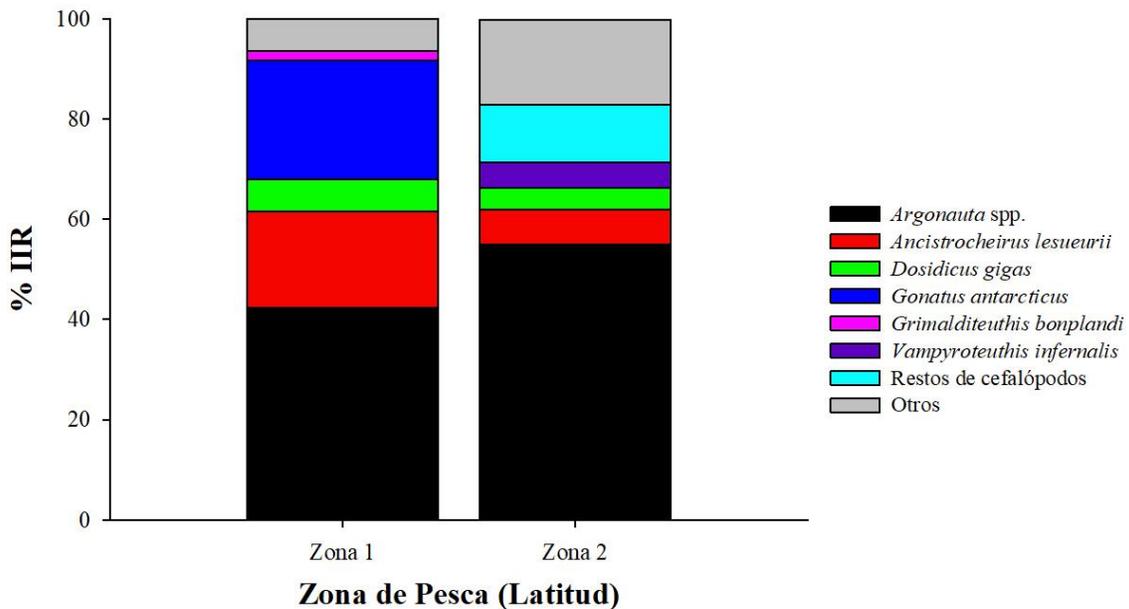


Figura 38. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por zonas de pesca (Latitud). Valores porcentuales de %IIR son mostrados.

Diversos estudios revelan una segregación latitudinal en el tiburón azul como consecuencia de los movimientos migratorios de sus diferentes estadios de madurez y en función a la estación del año (Kohler y Turner 2008, Montealegre-Quijano y Vooren 2010, Vandeperre *et al.* 2014). De esta manera, la composición de la dieta de *P. glauca* debería mostrar diferencias latitudinales. Esto es algo que se puede apreciar en el análisis nMDS (Figura

35) y que por lo tanto debería ser probado con el análisis de %IIR. En la Figura 38 se observa la composición de la dieta del tiburón azul en la Zona 1 y la Zona 2. En este análisis, *Argonauta* spp. resultó ser la especie presa más importante para ambas zonas, presentando un mayor porcentaje en la Zona 2 (54.9 %IIR) en comparación a la Zona 1 (42.4 %IIR). Adicionalmente, en ambas zonas se encontró a *A. lesueurii* (Z1 = 19.2 y Z2 = 7.1 %IIR) y *D. gigas* (N = 6.4 y NC = 7.1 %IIR) dentro de las principales especies presa. Asimismo, otras especies encontradas fueron *G. antarcticus* (23.76 %IIR) y *G. bonplandi* (1.93 %IIR-subvalorado) para la Zona 1, mientras que *V. infernalis* (5.1 %IIR) y Restos de cefalópodos (11.5 %IIR) para la Zona 2. La presencia y disponibilidad de estas especies estaría influenciada por las características batimétricas de la plataforma continental, la cual es en la Zona 1 más estrecha y en la Zona 2 más amplia (Teves y Evangelista 1974, Macharé *et al.* 1986). No obstante, estimaciones en la abundancia de cefalópodos deben ser realizadas en ambas zonas.

Hembras de *P. glauca* son conocidas por realizar grandes migraciones latitudinales hacia zonas tropicales al llegar a la madurez sexual, posiblemente para facilitar la fertilización y el desarrollo de los embriones (Nakano 1994, Montealegre-Quijano y Vooren 2010). Por su parte, machos subadultos y adultos ocupan igualmente latitudes tropicales en un comportamiento que podría estar asociado a estrategias reproductivas o de alimentación (Vandeperre *et al.* 2014). Así, hembras y machos, especialmente de grandes longitudes, coinciden en latitudes tropicales (Litvinov 2006, Vandeperre *et al.* 2014). Sin embargo, Campana *et al.* (2011) explicaron que en este tipo de ambientes tropicales, los tiburones azules preferirían ocupar aguas más profundas, realizando migraciones verticales más pronunciadas. De esta manera, el consumo de especies como *A. lesueurii*, *D. gigas*, *G. antarcticus* o *G. bonplandi* (%IIR subvalorado) en la Zona 1, caracterizada por aguas tropicales, podría estar relacionado a inmersiones verticales más profundas de ambos sexos. No obstante, otra razón sería la presencia del monte submarino ubicado frente a las costas de Máncora, conocido como Banco de Perú o Banco de Máncora (Moberly *et al.* 1982, Witt y Bourgois 2010). Estos montes, son considerados como *hotspots* (i.e., puntos calientes) de biodiversidad al ser el hábitat de gran número de cefalópodos de profundidad como los de las familias Ancistrocheiridae, Histioteuthidae, Ommastrephidae, Chiroteuthidae, Cranchiidae, entre otros (Nesis 1993). Además, en esta zona, Velez *et al.* (1992) al

conducir una investigación de recursos potenciales de profundidad, fueron capturaron 7 especies de cefalópodos de profundidad entre los que destacan *Gonatus* sp., *Octopoteuthis* sp., *Histioteuthis* sp. y *D. gigas*. Asimismo, grandes concentraciones de tiburones azules subadultos y adultos de ambos sexos han sido registrados permaneciendo por varias horas cerca a estos montes submarinos (Litvinov 2006, Vandeperre *et al.* 2014), por lo que se podría teorizar que estas zonas estarían sirviendo de sitios de alimentación para los tiburones azules.

En la Zona 2, por debajo de los 6° 20' S, donde la temperatura promedio superficial del agua es menor y donde la plataforma continental es más amplia (Teves y Evangelista 1974, Sullivan-Sealey y Bustamante 1999), la composición de la dieta de *P. glauca* fue diferente. El menor consumo de *A. lesueurii* y *D. gigas* podría estar relacionado a menores abundancias de estas especies en la zona, pero también a los hábitos de forrajeo del tiburón azul en aguas más templadas. En ese sentido, la mayor importancia de *Argonauta* spp. en la dieta, indicaría un comportamiento más superficial del tiburón azul en esta zona. Este comportamiento ha sido reportado previamente por Vögler *et al.* (2012), los cuales sostienen que machos juveniles (LT < 180 cm) de tiburón azul se distribuyen en aguas superficiales entre los 14 y 15 °C. Asimismo, Vandeperre *et al.* (2014) indicaron que hembras juveniles y subadultas (147 – 224 cm LT) habitan aguas más templadas (10 - 20 °C), pero con una preferencia hacia aguas superficiales entre los 15 y 16 °C. De esta manera, podríamos inferir que los resultados de la dieta del tiburón azul en la Zona 2 serían un reflejo de los recursos aprovechados por individuos de menores tamaños, en comparación a la Zona 1. No obstante, la presencia de *V. infernalis*, especie cuya distribución está limitada a zonas batipelágicas (Roper y Young 1975, Jereb *et al.* 2016), indicarían que algunos individuos (especialmente los de mayores longitudes) realizarían grandes migraciones verticales como hábito de forrajeo, especialmente en la zona de quiebre de la plataforma continental o en los cañones submarinos presentes en gran parte del relieve submarino peruano (Velazco *et al.* 2015). Finalmente, Restos de cefalópodos y la categoría presa “Otros” (17.1 %IIR) revelarían constantes movimientos verticales y horizontales en búsqueda de alimento en esta zona.

### 6.6.3 Índices ecológicos

El índice estandarizado de Levin aplicado por zona de pesca (Latitud) posee el mismo valor tanto en la Zona 1 como en la Zona 2 (Cuadro 9), denotando así una estrategia especialista de los tiburones azules capturados en ambas zonas. No obstante, es de recalcar que la diferencia entre el número de ítems presa encontrados entre zonas fue amplia. En la Zona 2, se encontraron 36 especies presas, mientras que en la Zona 1 solo 24. A pesar de esta gran diferencia en el número de especies presa entre ambas zonas, la alta contribución a la dieta (en número) de *Argonauta* spp. ( $Z1 = 64.2$  y  $Z2 = 54.7$  %N) explica dichos resultados.

Cuadro 9. Índices ecológicos (Bi,  $C\lambda$  y NT) de la dieta del tiburón azul por zona de pesca (Latitud)

Índice estandarizado de Levin (Bi)		Índice Morisita-Horn ( $C\lambda$ )	Nivel trófico (NT)	
Zona 1	Zona 2	Zona 1 vs. Zona 2	Zona 1	Zona 2
0.06	0.06	0.97	4.4	4.4

A pesar que la Zona 2 presentó más especies presa (36) que la Zona 1 (24), el análisis del traslape trófico por zonas de pesca (Latitud) nos arroja un valor muy cercano a la unidad (Cuadro 9), lo que indicaría un traslape trófico alto. Por lo tanto, podríamos inferir que los recursos compartidos (18 especies presa) entre ambas zonas, tuvieron similar importancia dentro de la dieta. No obstante, dicho valor estuvo altamente influenciado por la presencia en grandes abundancias (%N) de *Argonauta* spp. tanto para la Zona 1 como para la Zona 2.

Los valores de los niveles tróficos (NT) calculados para la Zona 1 y 2 son iguales (Cuadro 9). Estos resultados no exhiben diferencias en los niveles tróficos evaluados según la zona de pesca (Latitud). Este valor estaría ligado altamente a la gran importancia de biomasa ingerida de cefalópodos en la dieta general de *P. glauca*.

## 6.7 Composición de la dieta en relación a la zona de pesca (longitud)

### 6.7.1 Análisis multivariado

A partir de la matriz de composición porcentual gravimétrica (%P) de las familias presa identificadas en la dieta del tiburón azul, se generó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) para evaluar patrones de similitud según la zona de pesca-longitud (Figura 39). En este análisis no se lograron visualizar patrones claros de asociación que permitan diferenciar gráficamente las dietas de los tiburones azules capturados en la Zona Costera (n = 36) y en la Zona Oceánica (n = 85). La no conformación de grupos según el sexo se pudo deber a la elevada cantidad de familias presa contempladas en la matriz (34 familias presa), puesto que este tipo de análisis multivariado puede no ser el más adecuado para evaluar grandes cantidades de variables (Clarke y Gorley 2006). Asimismo, la falta de agrupamiento según la zona de pesca (longitud) se pudo deber a la alta cantidad de familias presa compartidas entre ambos grupos (19 familias presa), así como también al número de muestras donde estas se encontraron en cada zona, como por ejemplo: Argonautidae (ZC: 19, ZO: 11 muestras), Restos de cefalópodos (ZC: 6, ZO: 38 muestras) y Restos de peces (ZC: 10, ZO: 16 muestras). De esta manera, la nula visualización de patrones de agrupamiento entre la Zona Costera y la Zona Oceánica se debió a alta similitud existente entre las dietas de ambas zonas (Clarke y Warwick 2001).

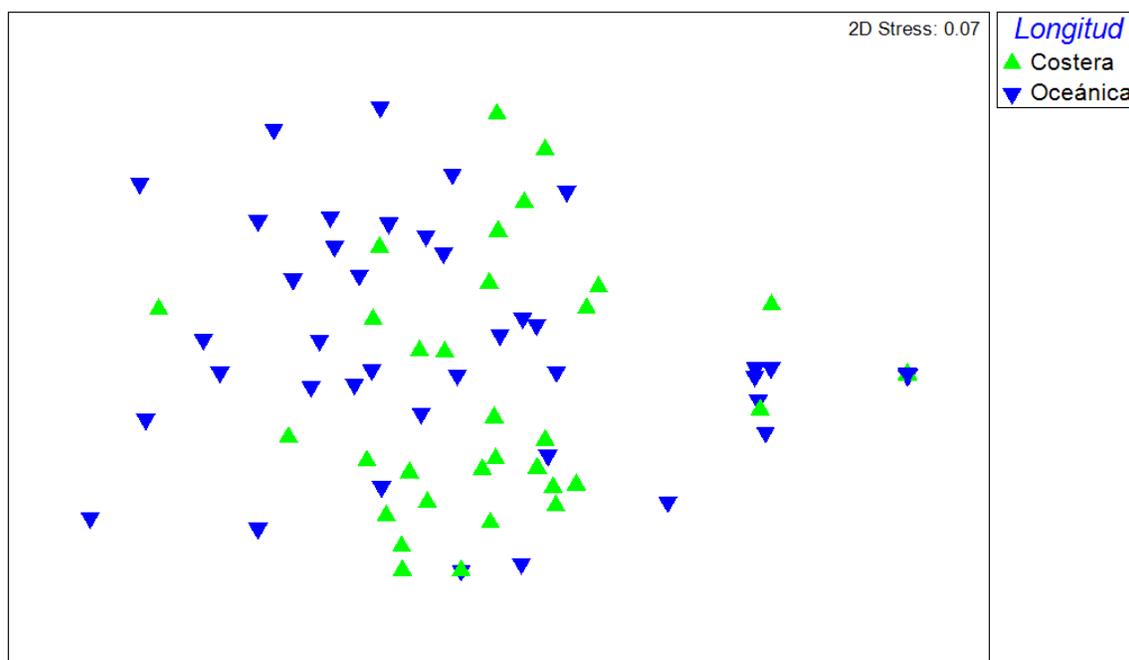


Figura 39. Análisis 2D de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) por zona de pesca (Longitud) a partir de los %P de las familias presas en la dieta del tiburón azul.

## 6.7.2 Método cuantitativo

### a) Costera

Los estómagos analizados de individuos capturados en la Zona Costera ( $n = 36$ ), tuvieron 31 especies presa pertenecientes a 21 especies de cefalópodos, 5 peces, 2 crustáceos y 2 mamíferos; además de la presencia de Huevos de pez volador. En la Figura 40, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 42). Por lo tanto, según el %IIR los individuos capturados en la Zona Costera se alimentaron esencialmente de *Argonauta* spp. (77.48%), *Grimalditeuthis bonplandi* (4.41%), *Gonatus antarcticus* (4.35%), *Dosidicus gigas* (3.02%) y *Doryteuthis gahi* (1.90%).

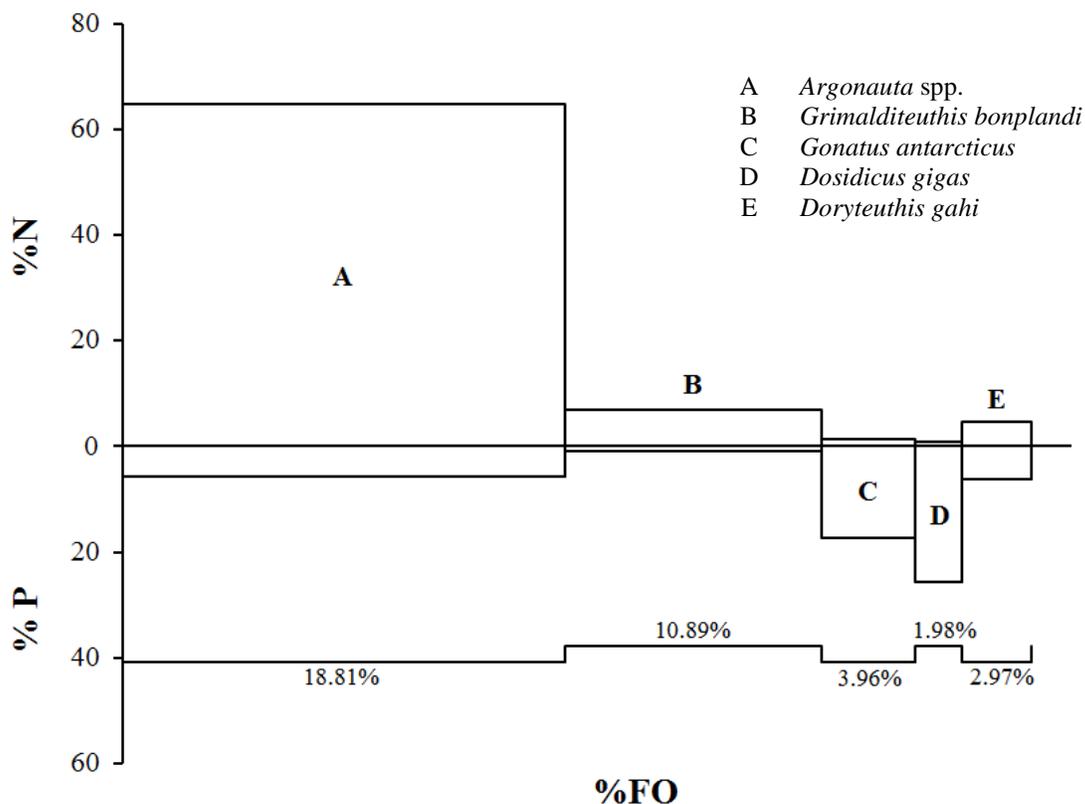


Figura 40. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona Costera.

Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

## b) Oceánica

La composición específica de la dieta de los individuos capturados en la Zona Oceánica (n = 85) presentaron 31 especies presa pertenecientes a 23 especies de cefalópodos, 4 peces, 1 crustáceo, 1 mamífero y 1 ave; además de la ocurrencia de Huevos de pez volador. En la Figura 41, se muestran los %N, %P y %FO de las 5 especies presas más importantes obtenidas a partir del %IIR (Figura 42). De esta manera, según el %IIR los individuos de la Zona Oceánica se alimentaron principalmente de *Argonauta* spp. (26.12%), *Ancistrocheirus lesueurii* (23.93%), Restos de cefalópodos (17.89%), *Gonatus antarcticus* (8.51%) y *Dosidicus gigas* (6.50%).

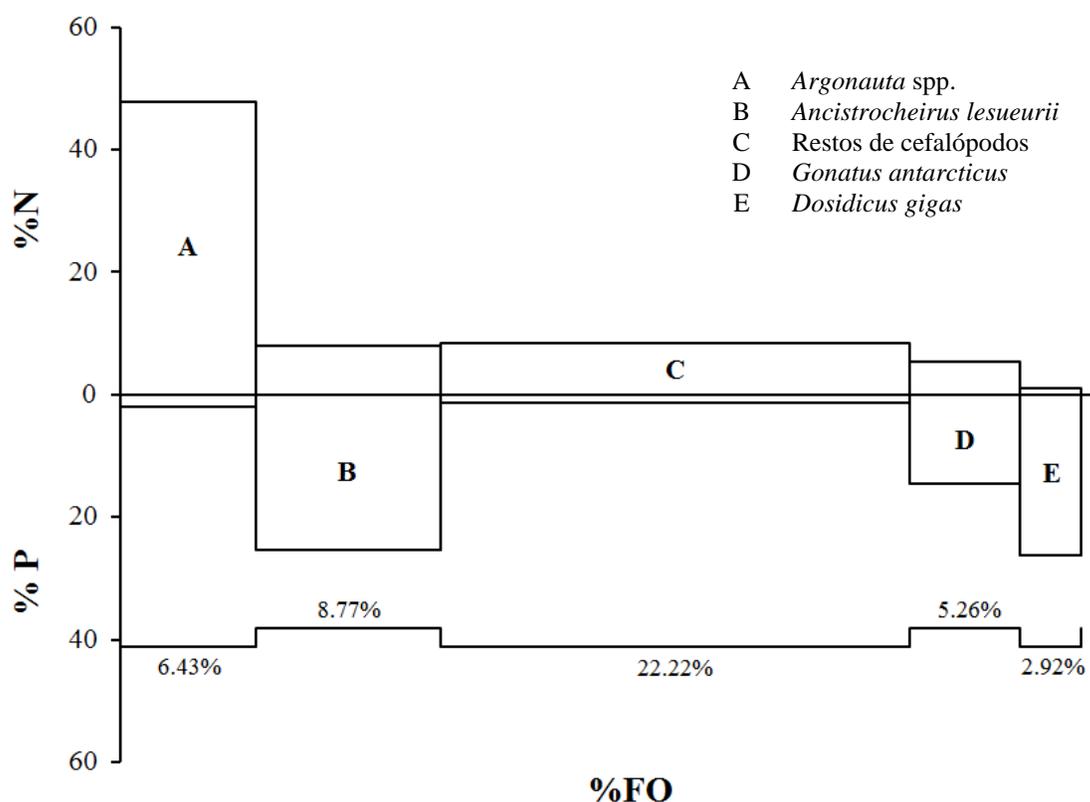


Figura 41. Composición específica de la dieta del tiburón azul para la Zona Oceánica.

Valores porcentuales de %N, %P y %FO de los 5 ítem presas más importantes son mostrados.

Las Figura 40 y Figura 41 muestran los %N, %P y %FO de las 5 principales especies presa dentro del espectro trófico del tiburón azul analizado por zonas de pesca (Longitud), observándose entre ellas resultados particularmente diferentes. En estas figuras se logra apreciar que tanto en la Zona Costera como en la Oceánica, *Argonauta* spp. es la principal especie presa; no obstante, la frecuencia (%FO) con la cual esta especie es hallada en los estómagos de la Zona Costera resulta ser ampliamente superior que en la Zona Oceánica. Asimismo, las importancias de las demás especies presa en ambas zonas estarían asociadas en mayor medida a los %N y %P, salvo en el caso de Restos de cefalópodos para la Zona Oceánica donde el %FO fue el más significativo.

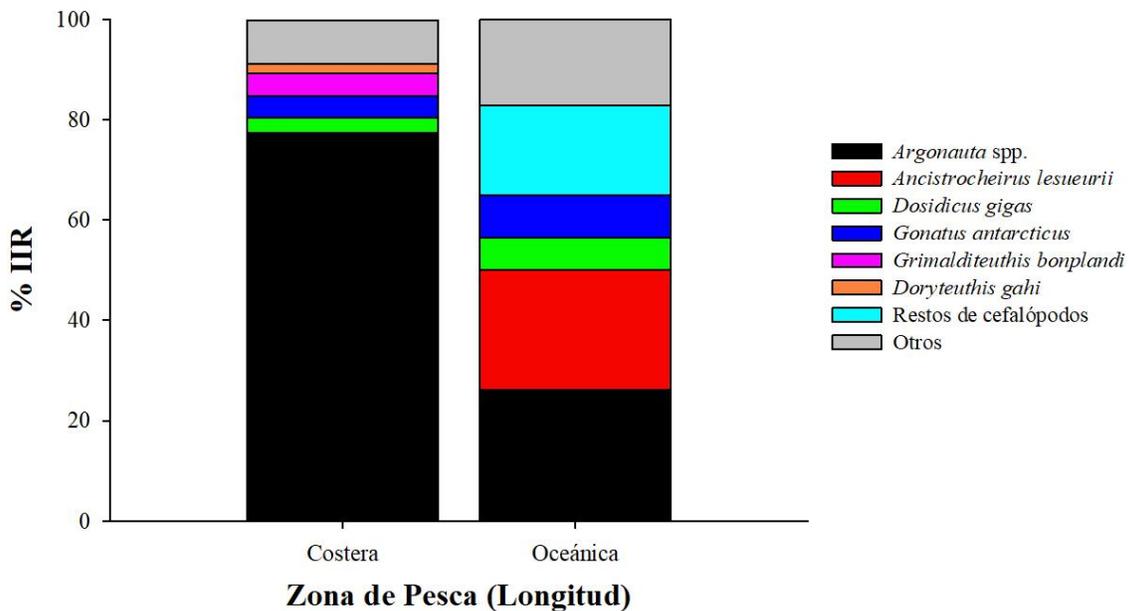


Figura 42. Composición específica de la dieta del tiburón azul en el área de estudio por zonas de pesca (Longitud). Valores porcentuales de %IIR son mostrados.

La delimitación entre la zona Costera y Oceánica se basó en la ubicación de la Fosa Perú-Chile (Macharé *et al.* 1986). Esta barrera natural significaría una limitante en cuanto a la disponibilidad de presas, y debido al relieve una restricción a las inmersiones verticales de *P. glauca*. Por lo tanto, la dieta en dichas zonas debería ser diferente. El análisis nMDS muestra lo que sería una agrupación de las dietas por la zonas de pesca (longitud) (Figura 39), no obstante debe ser corroborado con el análisis %IIR. La Figura 42 muestra la composición de las dietas de los organismos capturados en la Zona Costera y la Zona

Oceánica. En esta figura se observa que *Argonauta* spp. es la especie más importante para ambas zonas, con una contribución ampliamente mayor para la Zona Costera (77.5 %IIR) en comparación a la zona Oceánica (26.1 %IIR). En la Zona Costera se logra observar que luego de *Argonauta* spp., las demás especies como *D. gigas*, *G. antarcticus*, *D. gahi* y *G. bonplandi* (%IIR subvalorado) se repartieron, de manera equitativa, la representatividad en la dieta para dicha zona. Por otro lado, en la Zona Oceánica la situación fue diferente. El cefalópodo *A. lesueurii* (23.9 %IIR) así como Restos de cefalópodos (17.9 %IIR), toman una mayor representatividad en la dieta ya que la importancia de *Argonauta* spp. cae considerablemente. Asimismo, otros cefalópodos como *G. antarcticus* y *D. gigas* aumentan levemente su importancia en comparación con la Zona Costera.

Los efectos de la longitud en la distribución del tiburón azul han sido previamente reportados (Acuña *et al.* 2001, Litvinov 2006, Carvalho *et al.* 2011). Estos estudios asocian esta segregación con los desplazamientos que *P. glauca* realiza a lo largo de su vida, los cuales cambian en función a las variaciones de temperatura del agua, condiciones reproductivas y disponibilidad de presas (Stevens 1976, Henderson *et al.* 2001, Vögler *et al.* 2012). Por lo tanto, y en función a lo propuesto por Sierra *et al.* (2001) quienes proponen que las diferencias geográficas en los hábitos alimentarios pueden estar reflejadas en respuestas oportunistas a cantidades y calidades variables de recursos, la composición de la dieta del tiburón azul por zonas de pesca (longitud) debería presentar diferencias.

Los tiburones azules de menores tamaños suelen ocupar zonas cercanas a costa hasta alcanzar una longitud apropiada que les permita formar parte de los grandes movimientos de migración (Muñoz-Chápuli 1984, Kohler *et al.* 2002, Nakano y Stevens 2008). Vandeperre *et al.* (2014) sostienen que las áreas costeras proveerían de un lugar con condiciones óptimas para el crecimiento de juveniles de *P. glauca*, al disponer de una amplia gama de recursos asociados a la diversidad de características topográficas (islas y montes submarinos) y procesos oceanográficos localizados en dicha zona. De esta manera, la alimentación de los tiburones azules capturados en la zona costera debería reflejar un consumo de organismos biodisponibles en abundancia, los cuales no representen mayor amenaza. En ese sentido, el gran consumo de *Argonauta* spp en la Zona Costera reflejaría la limitación propuesta por Litvinov (2006) e iría concorde a los resultados obtenidos para

el Grupo de tallas “A” de tiburón azul (Figura 32). Además, la presencia en la dieta de otros organismos considerados costeros como *D. gahi* y *G. bonplandi* (en su etapa juvenil), sustentaría esta teoría. En adición, en esta zona se encontró especies presas como la anchoveta (*E. ringens*), múnida (*P. monodon*) y Huevos de pez volador; reafirmando así lo propuesto y permitiendo teorizar que el tiburón azul en la Zona Costera preferiría organismos biodisponibles en abundancia, especialmente de la zona epipelágica.

Por otra parte, los organismos de mayores tamaños, los cuales están facultados a realizar las grandes migraciones, suelen expandir su distribución de manera longitudinal hacia zonas oceánicas en función a su estadio de madurez y a la estación del año (Nakano y Stevens 2008, Campana *et al.* 2011, Vögler *et al.* 2012). Vandeperre *et al.* (2014), basados en estudios de telemetría, indican que individuos de *P. glauca* de mayores tamaños parecen ser principalmente de carácter oceánico, sin embargo afirman que dicha especie también realiza movimientos de exploración hacia áreas cercanas al quiebre de la plataforma continental, probablemente con fines reproductivos (Pratt 1979). En tal sentido, la presencia de *A. lesueurii* (sobre la zona oceánica) y *Argonauta* spp. (sobre la plataforma continental) dentro de las principales presas en la dieta de los tiburones azules capturados en la zona Oceánica, estaría relacionada a la ocurrencia de organismos de mayores tamaños. Esto puede ser corroborado al retomar el análisis de la dieta del Grupo de talla “B”, donde ambas especies forman parte de las principales presas de este grupo de talla (Figura 33). No obstante, cabe resaltar que es en esta zona donde se encontró la mayor cantidad de estómagos vacíos (19 estómagos). De esta manera, la alta cantidad de estómagos vacíos más la alta representatividad de Restos de cefalópodos (17.9 %IIR) y “Otros” (17.1 %IIR) dentro de la dieta, ilustraría la alta competencia existente en zonas oceánicas por los recursos alimentarios (Markaida y Sosa-Nishizaki 2010). De esta manera, los tiburones azules tendrían que invertir mayor tiempo en búsqueda de alimento o realizar mayores inmersiones verticales para poder acceder a estos recursos.

### **6.7.3 Índices ecológicos**

El índice estandarizado de Levin fue aplicado nuevamente por zonas de pesca pero esta vez por Longitudes. En este análisis se pudo observar que la Zona Costera tuvo un menor valor de amplitud de dieta que la Zona Oceánica (Cuadro 10), inclusive cuando ambas zonas

presentaron igual número de especies presa (31). La tendencia a un hábito especialista en la Zona Costera ( $Bi = 0.04$ ) estaría sustentada por la gran abundancia de *Argonauta* spp. (64.7 %N) encontrada entre los estómagos. Por su parte, en la Zona Oceánica se evidenciaría un comportamiento un tanto más generalista ( $Bi = 0.10$ ) debido a que se encontró una menor contribución, en número, de *Argonauta* spp. (47.8 %N); dando paso a otras especies como por ejemplo *Ancistrocheirus lesueurii* (8.0 %N). Esto último estaría en función a la diferencia en la disponibilidad de recursos que *P. glauca* tendría tanto en zonas costeras como en zonas oceánicas (Montealegre-Quijano y Vooren 2010, Vögler *et al.* 2012).

Cuadro 10. Índices ecológicos ( $Bi$ ,  $C\lambda$  y NT) de la dieta del tiburón azul por zona de pesca (Longitud)

Índice estandarizado de Levin ( $Bi$ )		Índice Morisita-Horn ( $C\lambda$ )	Nivel trófico (NT)	
Costera	Oceánica	Costera vs. Oceánica	Costera	Oceánica
0.04	0.10	0.91	4.4	4.4

El índice de Morisita-Horn ( $C\lambda$ ) aplicado para la zona de pesca (Longitud) también advierte un alto traslape trófico entre las dietas de la Zona Costera y la Zona Oceánica (Cuadro 10). El valor obtenido de  $C\lambda$  nos indica que las importancias de las especies presa compartidas (20) por el tiburón azul entre dichas zonas, fueron similares. Sin embargo, e igual que anteriores análisis, el alto traslapamiento entre las dietas de ambas zonas estuvo afectado por la alta contribución, en número, del octópodo *Argonauta* spp.

Los valores de los niveles tróficos (NT) calculados para la Zona Costera y la Zona Oceánica (Cuadro 10), exhiben el mismo valor que la dieta general del tiburón azul (Cuadro 6) así como los anteriores análisis por factores (Cuadro 7 y Cuadro 9). De esta manera, podemos corroborar que el alto consumo de cefalópodos (%P) influyó en gran medida el valor obtenido para los niveles tróficos en la dieta general y por los factores analizados.

## 6.8 Modelo cualitativo de las relaciones tróficas del tiburón azul

Se muestra la Figura 43 en base a la información obtenida en el presente estudio. En esta figura se representan las interacciones entre el tiburón azul y las principales especies presas identificadas. Además, se muestran las relaciones tróficas de dichas especies presa con otras especies (grupos) dentro de la red trófica, a partir de información recolectada en diversas investigaciones publicadas y sin publicar.

En este modelo planteado se coloca al tiburón azul en el nivel trófico más alto de la red trófica, jerarquizándolo como un predador tope. Esta calificación evidenciaría la importancia del control top-down que ejercería el tiburón azul sobre sus presas (Baum y Worm 2009, Markaida y Sosa-Nishizaki 2010). En adición, se debe tener en cuenta que algunas especies dentro de este modelo poseen pesquerías artesanales e industriales dirigidas, como el caso de Peces picudos (pez espada, merlines, etc.), Huevos de pez volador (falso caviar), *Doryteuthis gahi* (calamar común), *Engraulis ringens* (anchoveta), *Coryphaena hippurus* (perico), *Dosidicus gigas* (pota) (Estrella Arellano y Swartzman 2010, Guardia y Huamaní 2013, PRODUCE 2015). Por lo tanto, el balance dentro de la red trófica podría verse impactado negativamente si se ejerciera una mayor presión pesquera sobre dichas especies.

Por otra parte, considerando que el tiburón azul representa el 42% del total de desembarques de tiburones a nivel nacional (Gonzalez-Pestana *et al.* 2016), un enfoque ecosistémico debería plantearse para la pesquería de este recurso. Esto debido a que el modelo cualitativo propuesto demostraría que de presentarse una sobrepesca sobre el tiburón azul, un efecto de cascada podría desencadenarse sobre los otros niveles tróficos (Markaida y Sosa-Nishizaki 2010). Estos efectos negativos cambiarían la estructura de la red trófica y traerían consecuencias significativas para la actividad pesquera como las reportadas a nivel global (Pauly *et al.* 1998, Stevens *et al.* 2000).

De esta manera, se sugiere tener en cuenta los resultados de esta investigación para los futuros planes de manejo pesquero que se realicen en el Perú, planes que busquen un enfoque ecosistémico.

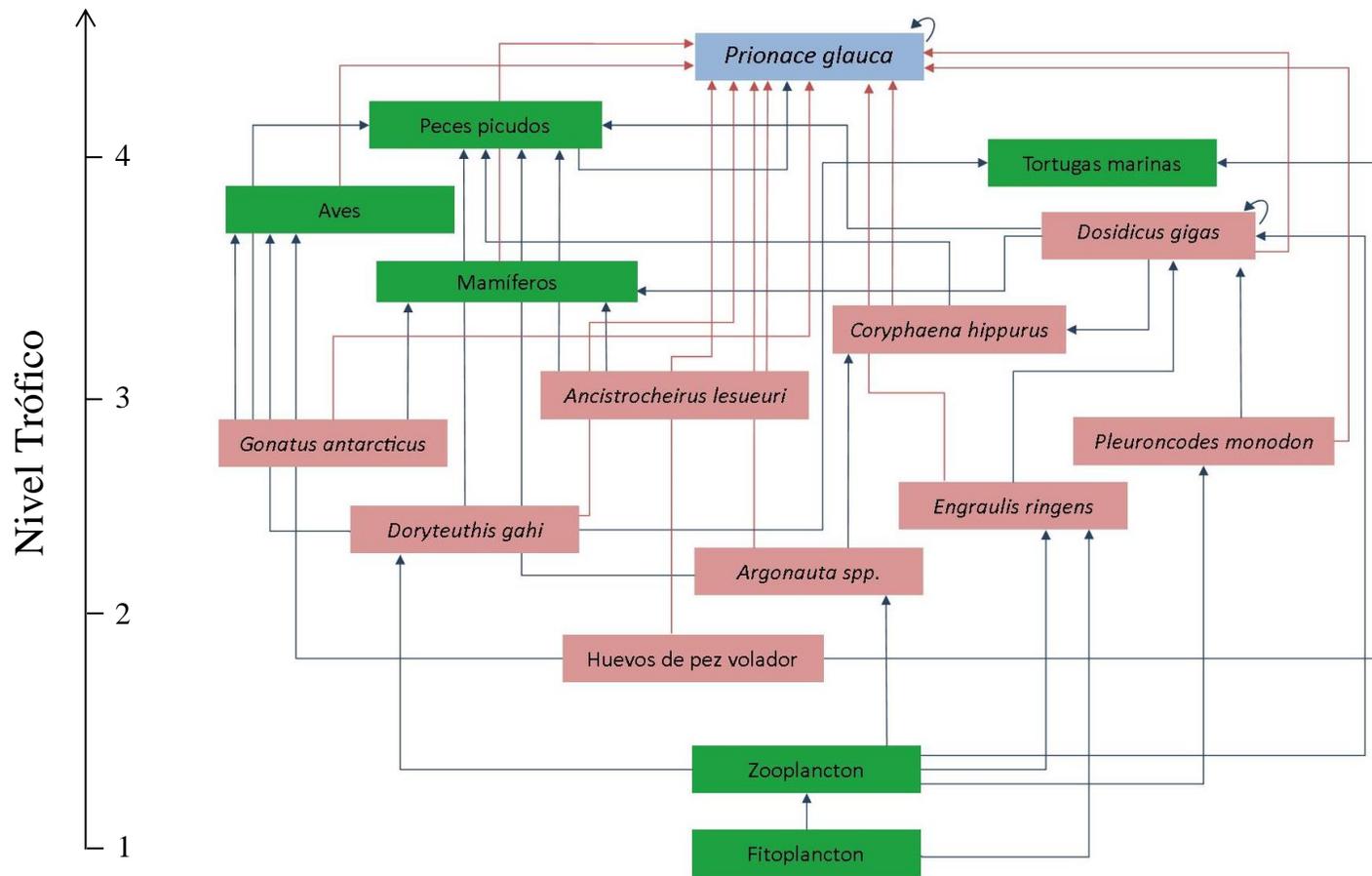


Figura 43. Modelo cualitativo de las relaciones tróficas del tiburón azul en el área de estudio. Los cuadros rojos representan las especies presas identificadas en el presente estudio, mientras que los verdes a los principales grupos funcionales presentes en la red trófica. Por otra parte, las flechas rojas representan las interacciones tróficas encontradas en el presente estudio y las flechas azules las relaciones tróficas estimadas a partir de otros trabajos de investigación

## VII CONCLUSIONES

1. El tiburón azul posee hábitos pelágicos y meso-batipelágicos. Su dieta se basó en 42 tipos de especies presa (28 cefalópodos, 8 peces, 2 crustáceos, 2 mamíferos, 1 ave y huevos de pez volador), de las cuales *Argonauta* spp., *Ancistrocheirus lesueurii*, *Gonatus antarcticus* y *Dosidicus gigas* fueron las más importantes
2. *P. glauca* posee un amplio espectro trófico, sin embargo es considerada una especie especialista ( $Bi = 0.05$ ) ya que se alimenta en grandes cantidades de un reducido número de especies presa, entre las cuales resalta *Argonauta* spp.
3. El tiburón azul fue catalogado como predador tope ( $NT = 4.4$ ), reafirmando así el rol biológico que poseería en el ecosistema marino.
4. La dieta del tiburón azul analizada por sexos evidencia una leve segregación vertical entre hembras y machos. No obstante, esta segregación guarda relación con los tamaños de los organismos de cada sexo.
5. Cambios ontogénicos en la dieta del tiburón azul fueron observados. Tallas menores (Grupo 1: 150 - 229.9 cm LT) optan por un alto consumo de *Argonauta* spp., mientras que mayores tamaños (Grupo 2: 230 - 309.9 cm LT) por cefalópodos de mayor tamaño como *A. lesueurii* y *D. gigas*. En adición, se registró un leve cambio ontogénico en su estrategia alimentaria. En tallas menores (Grupo 1) posee una estrategia especialista ( $Bi = 0.04$ ), mientras que a mayores tallas (Grupo 2) optaría hacia una estrategia un tanto más generalista ( $Bi = 0.11$ ).
6. Para el presente estudio la diferencia en la dieta del tiburón azul según la zona de pesca (Latitud) evidenció comportamiento epipelágico en aguas templadas (Zona por debajo de los  $6^{\circ} 20'S$ ) y un comportamiento meso-batipelágico hacia aguas tropicales (Zona por arriba de los  $6^{\circ} 20'S$ ). De la misma manera, se señala una migración latitudinal del tiburón azul desde aguas templadas (sur del Perú) hacia aguas tropicales (norte del Perú).

7. La dieta evaluada según la zona de pesca (Longitud) demostró que dentro de la Zona Costera el tiburón azul se alimenta de especies presa biodisponibles en abundancia (e.g. *Argonauta* spp., *E. ringens*, *P. monodon*, etc). No obstante, para la Zona Oceánica se entendería que el tiburón azul opta por realizar inmersiones verticales más profundas en búsqueda de alimento (*A. lesueurii*).
8. Finalmente, el modelo cualitativo simple de las relaciones tróficas del tiburón azul permitió identificar relaciones tróficas (directas e indirectas) importantes con especies presas que poseen pesquerías comerciales importantes como la anchoveta (*E. ringens*), el perico (*C. hippurus*) y huevos de pez volador (Exocoetidae).

## VIII RECOMENDACIONES

1. Replicar el presente trabajo en condiciones “normales” de temperatura superficial del mar (TSM), ya que el año de estudio tuvo, durante gran parte del año, anomalías positivas de TSM debido al fenómeno climatológico “El Niño” 2014-2015.
2. Replicar este trabajo a lo largo de la costa peruana, con mayor énfasis en la zona Central y la zona Sur del país, para conocer la composición de la dieta del tiburón azul en dichas zonas.
3. Registrar variaciones temporales y espaciales en la composición de la dieta del tiburón azul, especialmente durante los fenómenos climatológicos como “El Niño” y “La Niña” pertenecientes a la Oscilación del Sur - El Niño (ENSO).
4. Complementar el análisis clásico de contenidos estomacales con el análisis de isótopos estables para entender en una escala temporal mayor las especies presa consumidas y mejor asimiladas por el tiburón azul.
5. Monitorear los aspectos bioecológicos y pesqueros del tiburón azul a lo largo de la costa peruana con aras de entender el rol que tendría esta especie en el ecosistema marino peruano.
6. Realizar estudios de migración del tiburón azul para coplementar los resultados aquí propuestos para las variaciones de la dieta del tiburón azul según los diferentes factores analizados.
7. Evaluar el rol ecológico en el ecosistema marino de las diferentes especies presas identificadas en el presente estudio.
8. Incluir al tiburón azul en los modelos tróficos a realizarse en el futuro para desarrollar una pesquería con enfoque ecosistémico en el Perú.

## IX REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abitia-Cardenas, LA; Galván-Magaña, F; Rodríguez-Romero, J. . 1996. Food habits and energy values of prey of striped marlin, *Tetrapturus audax*, off the coast of Mexico. Fishery Bulletin 95: 360-368.

Acuña, E; Araya, M; Cid, L; Kong, I; Villarroel, JC. . 2001. Estudio biológico de tiburones (marrajo dentado, azulejo y tiburón sardinero) en la zona norte y central de Chile. Informes Técnicos FIP, FIP/IT No. 2000-23 2001: 112.

Adams, GD; Flores, D; Galindo Flores, O; Aarestrup, K; Svendsen, JC. . 2016. Spatial ecology of blue shark and shortfin mako in southern Peru: Local abundance, habitat preferences and implications for conservation. Endangered Species Research 31: 19-32.

Alegre, A; Ménard, F; Tafur, R; Espinoza, P; Argüelles, J; Maehara, V; Flores, O; Simier, M; Bertrand, A. . 2014. Comprehensive model of jumbo squid *Dosidicus gigas* trophic ecology in the northern Humboldt current system. PLoS ONE 9(1): e85919.

Alfaro-Shigueto, J; Mangel, JC; Pajuelo, M; Dutton, PH; Seminoff, JA; Godley, BJ. . 2010. Where small can have a large impact: Structure and characterization of small-scale fisheries in Peru. Fisheries Research 106(1): 8-17.

Anderson, CIH; Rodhouse, PG. . 2001. Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments. Fisheries Research 54: 133-143.

Arkhipkin, AI. . 1997. Age and growth of the squid *Ancistrocheirus lesueurii* (Oegopsida: Ancistrocheiridae) from the central-east Atlantic based on statolith microstructure. Marine Biology 129: 103-111.

Arkhipkin, AI; Laptikhovsky, V V. . 2010. Convergence in life-history traits in migratory deep-water squid and fish. ICES Journal of Marine Science 67: 1444-1451.

Aydin, K; Gaichas, S; Ortiz, I; Kinzey, D; Friday, N. . 2007. A comparison of the Bering Sea, Gulf of Alaska, and Aleutian Islands Large Marine Ecosystems through food web modeling. NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-: 298.

Babcock, EA. . 2008. Recreational fishing for pelagic sharks worldwide. Sharks of the open ocean: biology, fisheries and conservation. p. 193-204.

Barnett, A; Redd, KS; Frusher, SD; Stevens, JD; Semmens, JM. . 2010. Non-lethal method to obtain stomach samples from a large marine predator and the use of DNA analysis to improve dietary information. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 393(1-2): 188-192.

Baum, JK; Myers, RA; Kehler, DG; Worm, B; Harley, SJ; Doherty, PA. . 2003. Collapse and conservation of shark populations in the Northwest Atlantic. Science 299(5605): 389-392.

Baum, JK; Worm, B. . 2009. Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. Journal of Animal Ecology 78(4): 699-714.

Bigelow, HB; Schroeder, WC. . 1948. Fishes of the Western North Atlantic: Lancelets, Cyclostomes, Sharks. Part 1, Memoirs of Sears Foundation for Marine Research, 576 p.

Blanco-Parra, M del P; Galván-Magaña, F; Márquez-Farías, F. . 2008. Age and growth of the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus, 1758, in the Northwest coast off Mexico. Revista de Biología Marina y Oceanografía 43(3): 513-520.

Bonfil, R. . 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 341 1994: 119.

Bray, JR; Curtis, JT. . 1957. An ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. Ecological Monographs 27(4): 325-349.

Bustamante, C; Bennett, MB. . 2013. Insights into the reproductive biology and fisheries of two commercially exploited species, shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) and blue shark (*Prionace glauca*), in the south-east Pacific Ocean. Fisheries Research 143: 174-183.

Cailliet, GM. . 1990. Elasmobranch age determination and verification: An updated review. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries. NOAA Tech. Rep. NMFS 90, p.157-165. .

Cailliet, GM; Martin, LK; Harvey, JT; Kusher, D; Welden, BA. . 1983. Preliminary Studies on the Age and Growth of Blue, *Prionace glauca*, Common Thresher, *Alopias vulpinus*, and Shortfin Mako, *Isurus oxyrinchus*, Sharks from California Waters. Proceedings of the International workshop on age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks. NOAA Technical Report NMFS 8, p.179-188.

Cailliet, GM; Ebeling, A. . 1996. Fishes, A field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history. EUA, Waveland Press, 194 p.

Cailliet, GM; Smith, WD; Mollet, HF; Goldman, K. . 2006. Age and growth studies of chondrichthyan fishes : the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. Environmental Biology of Fishes 77: 211-228.

Camhi, MD; Pikitch, EK; Babcock, EA. . 2008. Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation. Oxford, Blackwell Publishing Ltd, 502 p.

Campana, SE. . 2004. Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Ottawa, Ontario, NRC Research Press, 284 p.

Campana, SE; Dorey, A; Fowler, M; Joyce, W; Wang, Z; Wright, D. . 2011. Migration Pathways, Behavioural Thermoregulation and Overwintering Grounds of Blue Sharks in the Northwest Atlantic. Plos one 6(2): 13.

Cardeñosa, D; Fields, A; Shea, S; Babcock, E; Feldheim, K; Chamoman, D. . 2016. Shark species composition and proportion in the Guangzhou dried-seafood market. V Encuentro Colombiano sobre Condrictios. Bogotá. p.25.

Carey, EG; Scharold, J V. . 1990. Movements of blue sharks (*Prionace glauca*) in depth and course. *Marine Biology* 106: 329-342.

Carrera-Fernández, M; Galván-Magaña, F; Ceballos-Vázquez, BP. . 2010. Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) off Baja California Sur, México. *Aqua, International Journal of Ichthyology* 16(3): 101-110.

Carvalho, FC; Murie, DJ; Hazin, FH V; Hazin, HG; Leite-Mourato, B; Burgess, GH. . 2011. Spatial predictions of blue shark (*Prionace glauca*) catch rate and catch probability of juveniles in the Southwest Atlantic. *ICES Journal of Marine Science* 68(5): 890-900.

Casey, JG. . 1985. Trans-Atlantic migrations of the blue shark: a case history of cooperative shark tagging. *Proceedings of the First World Angling Conference*. Cape d'Agde, France, p.253-267. .

Castañeda, J. . 2001. Biología y pesquería del «tiburón martillo» (*Sphyrna zygaena*) en Lambayeque, 1991-2000. *Inf. Prog. Inst. Mar Peru* n°139 2001: 17-32.

Castro, JA; Mejuto, J. . 1995. Reproductive Parameters of Blue Shark, *Prionace glauca*, and other Sharks in the Gulf of Guinea. *Marine and Freshwater Research* 46: 967-973.

Caunter, JAL. . 1961. *Shark Angling in Great Britain*. Angling Ti Londres, George Allen & Unwin Ltd., 145 p.

Cheung, GCK; Chang, CY. . 2011. Cultural identities of Chinese business: networks of the shark-fin business in Hong Kong. *Asia Pacific Business Review* 7(3): 343-359.

Chirichigno, N. . 1974. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Callao, Informe No. 44. IMARPE, 389 p.

Chirichigno, N; Cornejo, R. . 2001. Catálogo comentado de los peces marinos del Perú. Instituto del Mar del Perú. *Publicación Especial* 2001: 314.

Christensen, V; De la Puente, S; Sueiro, JC; Steenbeek, J; Majluf, P. . 2014. Valuing seafood: The Peruvian fisheries sector. *Marine Policy* 44: 302-311.

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

\_\_\_\_\_. 1993. On Steady-State Modelling of Ecosystems. *Trophic Models of Aquatic Ecosystems*. Manila, Filipinas, ICLARM Conf. Proc. 26, p.14-19. .

Christensen, V; Walters, CJ; Pauly, D. . 2005. *Ecopath with Ecosim: A User's guide*. Fisheries Centre. The University of British Columbia 2005: 154.

Clarke, KR. . 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian journal of ecology* 18: 117-143.

Clarke, KR; Warwick, RM. . 2001. *Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. 2da Edición. Plymouth, Reino Unido, PRIMER-E Ltd, 175 p.

Clarke, KR; Gorley, RN. . 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. Plymouth, Reino Unido, PRIMER-E Ltd, 190 p.

Clarke, KR; Somerfield, PJ; Gorley, RN. . 2008. Testing of null hypotheses in exploratory community analyses: similarity profiles and biota-environment linkage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 366: 56-69.

Clarke, MR. . 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. *Advances in Marine Biology* 4: 91-300.

\_\_\_\_\_. 1980. *Cephalopoda in the diet of sperm whales of the southern hemisphere and their bearing on sperm whale biology*. Cambridge University Press, 324 p.

\_\_\_\_\_. 1986. *A Handbook for the identification of cephalopod beaks*. Oxford, Clarendon Press, 273 p.

Clarke, MR; Clarke, DC; Martins, HR; Da Silva, HM. . 1996. The diet of the blue shark (*Prionace glauca* L.) in Arorean waters. *Life and Marine Science* 14A: 41-56.

Clarke, MR; Macleod, N. . 1974. Cephalopod remains from a sperm whale caught off Vigo, Spain. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 54: 959-968.

Clarke, SC; Magnussen, JE; Abercrombie, DL; McAllister, MK; Shivji, MS. . 2006. Identification of shark species composition and proportion in the Hong Kong shark fin market based on molecular genetics and trade records. *Conservation Biology* 20(1): 201-211.

Clothier, CR. . 1950. Fish Bulletin No. 79. A Key to Some Southern California Fishes Based on Vertebral Characters. *Fish Bulletin* 1950: 83.

Cochrane, KL; Garcia, SM. . 2009. A Fishery Manager's Guidebook. 2 ed Singapore, FAO & Wiley-Blackwell, 518 p.

Compagno, LJ V. . 1984. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of sharks species known to date. *FAO Fisheries Synopsis No 124* 4: 521-532.

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

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

\_\_\_\_\_. 1999. Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science* 56: 707-717.

Creel, S; Christianson, D. . 2008. Relationships between direct predation and risk effects. *Trends in Ecology and Evolution* 23(4): 194-201.

Croxall, JP; Prince, PA. . 1994. Dead or alive, night or day: how do albatrosses catch squid? *Antarctic Science* 6(2): 155-162.

Cruz-Ramírez, A; Soriano-Velásquez, SR; Santana-Hernández, H; Ramírez-Santiago, CE; Acal-Sánchez, DE. . 2012. Aspectos reproductivos del tiburón azul *Prionace glauca* capturado por la flota palangrera de mediana altura del Puerto de Manzanillo, Colima. *Ciencia Pesquera* 20(1): 39-48.

Daily, GC. . 1997. *Nature's Services Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC, Island Press, 392 p.

Dent, F; Clarke, S. . 2015. State of the global market for shark products. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 590*. Roma, FAO. 187 p.

Diario El Peruano. . 2001. Aprueban relación de tallas mínimas de captura y tolerancia máxima de ejemplares juveniles de principales peces marinos e invertebrados. RM° 209-2001-PE 2001: 205170-205171.

Dirección de Hidrografía y Navegación. . 2015. *Boletín Oceanográfico Diciembre 2015*. Marina de Guerra del Perú. Callao. 9 p.

Doherty, PD; Alfaro-Shigueto, J; Hodgson, DJ; Mangel, JC; Witt, MJ; Godley, BJ. . 2014. Big catch, little sharks : Insight into Peruvian small-scale longline fisheries. *Ecology and Evolution* 2014: 9.

Dulvy, NK; Sadovy, Y; Reynolds, JD. . 2003. Extinction vulnerability in marine populations. *Fish and Fisheries* 4: 25-64.

Dunne, JA; Brose, U; Williams, RJ; Martinez, ND. . 2005. Modeling food-web dynamics: complexity-stability implications. *Aquatic Food Webs An Ecosystem Approach*. Oxford, UK, Oxford University Press, p.262. .

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

Elliot, W; Paredes, F; Bustamante, M. . 1995. Biología y pesquería de tiburones de las Islas Lobos, Perú. Inf. Prog. Inst. Mar Peru n°16 1995: 5-22.

\_\_\_\_\_. 1996. II Prospección biológico-pesquera de tiburones al oeste de las Islas Lobos, Enero 1996. Inf. Prog. Inst. Mar Peru n°41 Setiembre: 17.

\_\_\_\_\_. 1997. Estudio biológico pesquero de tiburones frente a Callao y Pisco, marzo-abril 1996. Inf. Prog. Inst. Mar Peru n°61 1997: 3-14.

\_\_\_\_\_. 1997. Estudio biológico pesquero de tiburones frente a Paita, marzo 1996. Inf. Prog. Inst. Mar Peru n°56 Marzo: 16.

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

Espinoza, P. . 2014. Trophic dynamics in the northern Humboldt Current system: insights from stable isotopes and stomach content analyses. Tesis para optar el grado de Doctor. Brest, Francia, Université de Bretagne Occidentale. 422 p.

Estrella Arellano, C; Swartzman, G. . 2010. The Peruvian artisanal fishery: Changes in patterns and distribution over time. Fisheries Research 101(3): 133-145.

FAO. . 1997. Fisheries Management. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries 4. Roma. 82 p.

\_\_\_\_\_. 2001. La Ordenación Pesquera 1. Conservación Y Ordenación Del Tiburón. No. 4, Sup Roma, FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable, 66p p.

Fernández, F. . 1987. Edad y crecimiento de la merluza peruana (*Merluccius gayi peruanus*). Bol Inst Mar Perú 11(6): 191-220.

Ferry, LA; Cailliet, GM. . 1996. Sample size and data analysis: Are we characterizing and comparing diet properly? Feeding Ecology and Nutrition in Fish: Proceedings of the

Symposium on the Feeding Ecology and Nutrition in Fish. San Francisco, CA, American Fisheries Society, International Congress on the Biology of Fishes, p.71-80. .

Finn, JK. . 2013. Taxonomy and biology of the argonauts (Cephalopoda: Argonautidae) with particular reference to Australian material. *Molluscan Research* 33(3): 143-222.

Fisher, W; Krupp, F; Schneider, W; Sommer, C; Carpenter, K.; Niem, V. . 1995. Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental. Volumen II. Vertebrados-Parte 1. Roma, v.II, 647-1200 p.

Flores, R; Espino, M; Luque, G; Quispe, J. . 2013. Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. *Rev. peru. biol. número especial* 20(1), v.20, p.21-28. .

Francis, MP; Duffy, C. . 2005. Length at maturity in three pelagic sharks (*Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus*, and *Prionace glauca*) from New Zealand. *Fishery Bulletin* 103: 489-500.

Froese, R; Pauly, D. . 2017. Fishbase database (en línea). Consultado 2 abr. 2017. Disponible en: [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

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

Galván-Magaña, F; Polo-Silva, C; Hernández-Aguilar, SB; Sandoval-Londoño, A; Ochoa-Díaz, MR; Aguilar-Castro, N; Castañeda-Suárez, D; Cabrera Chavez-Costa, A; Baigorri-Santacruz, Á; Torres-Rojas, YE; Abitia-Cárdenas, LA. . 2013. Shark predation on cephalopods in the Mexican and Ecuadorian Pacific Ocean. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 95: 52-62.

García-Godos, I. . 2001. Patrones morfológicos del otolito *Sagitta* de algunos peces óseos del mar peruano. *Bol. Inst. Mar Perú* Vol. 20 (1-2) 2001.

- Garvey, JE; Whiles, MR. . 2017. Trophic Ecology. Florida. CRC Press. 379 p.
- Gilman, E; Clarke, S; Brothers, N; Alfaro-Shigueto, J; Mandelman, J; Mangel, J; Petersen, S; Piovano, S; Thomson, N; Dalzell, P; Donoso, M; Goren, M; Werner, T. . 2008. Shark interactions in pelagic longline fisheries. *Marine Policy* 32(1): 1-18.
- Goicochea, C; Arrieta, S. . 2008. Variaciones en el crecimiento de la anchoveta peruana expresadas en los radios de los otolitos. *Inf. Prog. Inst. Mar Peru* 35(3): 241-244.
- Goicochea, C; Wosnitza-Mendo, C. . 2012. Crecimiento de la merluza peruana (*Merluccius gayi*) y tabla de conversión para claves edad/talla. *Inf. Prog. Inst. Mar Peru* 39(1-2): 136-137.
- González-Pestana, A. . 2014. Ecología trófica y áreas de crianza del tiburón martillo, *Sphyrna zygaena* (Linnaeus 1758), juvenil en la zona norte del Perú. Lima, Perú, Universidad Científica del Sur. 92 p.
- Gonzalez-Pestana, A; Kouri J., C; Velez-Zuazo, X. . 2016. Shark fisheries in the Southeast Pacific: A 61-year analysis from Peru. *F1000Research* 3(164): 1-18.
- Guardia, A; Huamaní, S. . 2013. Extracción de ovas de peces voladores *Cheilopogon heterurus* (Rafinesque), *Hirundichthys rondeletii* (Valenciennes). *Inf. Inst. Mar Perú* 40(3-4): 160-175.
- Harrison, CS; Hida, TS; Seki, MP. . 1983. Hawaiian Seabird Feeding Ecology. *Wildlife Monographs* 85: 3-71.
- Harvey, JT. . 1989. Food habits, seasonal abundance, size, and sex of the blue shark, *Prionace glauca*, in Monterey Bay, California. *California Fish and Game* 75(1): 33-44.
- Hazin, F; Kihara, K; Otsuka, K; Boeckman, CE; Leal, EC. . 1994. Reproduction of the Blue Shark *Prionace glauca* in the South-Western Equatorial Atlantic Ocean. *Fisheries Science* 60(5): 487-491.

Hazin, FH V.; Boeckman, CE; Leal, EC; Lessa, RPT; Kihara, K; Otsuka, K. . 1994. Distribution and relative abundance of the blue shark, *Prionace glauca*, in the southwestern equatorial Atlantic Ocean. Fishery Bulletin 92: 474-480.

Henderson, AC; Flannery, K; Dunne, J. . 2001. Observations on the biology and ecology of the blue shark in the North-east Atlantic. Journal of Fish Biology 58: 1347-1358.

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

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

Hoening, JM; Gruber, SH. . 1990. Life-History Patterns in the Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management. Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics and the Status of the Fisheries. NOAA Technical Report 90.

Hoffman, M. . 1979. The use of Pielou's method to determine sample size in food studies. Gutshop '78: Fish food habits studies: Proceedings of the second Pacific Northwest Technical Workshop, October 10-13, 1978, Lake Wilderness Conference Center, Maple Valley. Washington, DC. p. 56-61.

Hoggarth, DD; Abeyasekera, S; Arthur, RI; Burn, RW; Halls, AS; Kirkwood, GP; McAllister, M; Medley, P; Mees, CC; Parkes, GB; Pilling, G; Wakeford, RC; Welcomme, RL. . 2006. Stock assessment for fishery management. A framework guide to the stock assessment tools of the Fisheries Science Programme. Roma, FAO, 261 p.

Holdsworth, JC; Saul, PJ. . 2010. New Zealand billfish and gamefish tagging, 2008-09. New Zealand Fisheries Assessment Report 2010/12 2010: 34.

Hoving, HJT; Zeidberg, LD; Benfield, MC; Bush, SL; Robison, BH; Vecchione, M. . 2013. First in situ observations of the deep-sea squid *Grimalditeuthis bonplandi* reveal unique use of tentacles. *Proceedings of the Royal Society* 280: 5.

Hoyos, L; Tarazona, J; Marquina, G; Velarde, D; Valle, S. . 1991. Ecología trófica de *Prionace glauca* “Tintorera” de la costa central del Perú. En: Libro de resúmenes, I Reunión Anual del ICBAR (Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas “Antonio Raimondi”). 04-06 de Noviembre. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Hunte, W; Oxenford, HA; Mahon, R. . 1995. Distribution and relative abundance of flyingfish (Exocoetidae) in the eastern Caribbean. II. Spawning substrata, eggs and larvae. *Marine Ecology Progress Series* 117: 25-37.

Hurlbert, SH. . 1978. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology* 59(1): 67-77.

Hyslop, EJ. . 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology* 17: 411-429.

Ibáñez, CM; González, C; Cubillos, L. . 2004. Dieta del pez espada *Xiphias gladius* Linnaeus, 1758, en aguas oceánicas de Chile central en invierno de 2003. *Investigaciones Marinas* 32(2): 113-120.

Ibáñez, CM; Sepúlveda, RD; Ulloa, P; Keyl, F; Pardo-gandarillas, MC. . 2015. The biology and ecology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in Chilean waters: a review. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(3): 402-414.

IMARPE. . 2012. Crucero 1202-04 de «Evaluación hidroacústica de los recursos pelágicos». Callao. 51p.

IMARPE. . 2015. Crucero 1502-04 de «Evaluación hidroacústica de los recursos pelágicos». Callao. 42p.

ITC. . 2017. Trade statistics for international business development (Trade Map). (En línea). Consultado 15 ene. 2017. Disponible en: <http://www.trademap.org/>

ITIS (Integrated Taxonomic Information System). . 2017. *Prionace glauca*. (En línea). Consultado 10 ene. 2017. Disponible en <http://www.itis.gov/>

Iverson, ILK; Pinkas, L. . 1970. A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific Cephalopods. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito In California Waters. p.83-105.

Jefferson, T; Webber, M; Pitman, R. . 2015. Cetaceans. Marine Mammals of the World. A Comprehensive Guide to Their Identification. 2 ed. San Diego, Academic Press, p.616. .

Jereb, P; Roper, CFE. . 2010. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 2. Myopsid and Oegopsid Squids. Roma, FAO Species Catalogue for Fishert Purposes, 605 p.

Jereb, P; Roper, CFE; Norman, MD; Finn, JK. . 2016. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 3. Octopods and Vampire Squids. Roma, FAO Species Catalogue for Fishert Purposes, 370 p.

Jiménez-Valverde, A; Hortal, J. . 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. Revista Ibérica de Aracnología 8(31-XII): 151-161.

Jiménez, A; Pingo, S; Alfaro, J; Mangel, J; Hooker, Y. . 2017. Feeding ecology of the green turtle *Chelonia mydas* in northern Peru. Latin American Journal of Aquatic Research 45(3): 585-596.

Jolly, KA; Da Silva, C; Attwood, CG. . 2013. Age, growth and reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* in South African waters. African Journal of Marine Science 35(1): 99-109.

- Keyl, F; Argüelles, J; Mariátegui, L; Tafur, R; Wolff, M; Yamashiro, C. . 2008. A hypothesis on range expansion and spatio temporal shifts in size at maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific Ocean. California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Report 49: 10.
- Kohler, NE. . 1987. Aspects of the feeding ecology of the blue shark, *Prionace glauca* in the Western North Atlantic. EUA. University of Rhode Island. 163 p.
- Kohler, NE; Turner, PA. . 2008. Stock Structure of the Blue Shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean Based on Tagging Data. Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation. p.339-350.
- Kohler, NE; Turner, PA; Hoey, JJ; Natanson, LJ; Briggs, R. . 2002. Tag and recapture data for three pelagic shark species, blue shark (*Prionace glauca*), shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*), and Porbeagle (*Lamna nasus*) in the North Atlantic Ocean. Col.Vol.Sci.Pap. ICCAT 54(4): 1231-1260.
- Krebs, CJ. . 1999. Ecological Methodology. 2nd ed. New York, USA, Addison Wesley Longman, 620 p.
- Kruskal, JB. . 1964. Multidimensional scaling by optimizing goodness of fit to a nonmetric hypothesis. Psychometrika 29: 1-27.
- Kubodera, T; Watanabe, H; Ichii, T. . 2007. Feeding habits of the blue shark, *Prionace glauca*, and salmon shark, *Lamna ditropis*, in the transition region of the Western North Pacific. Reviews in Fish Biology and Fisheries 17: 111-124.
- Landesman, JG. . 1984. Horizontal and vertical movements and seasonal population shifts in the blue shark, *Prionace glauca*, near Santa Catalina Island, California. California State University.
- Langton, RW. . 1982. Diet overlap between Atlantic Cod, *Gadus morhua*, Silver Hake, *Merluccius bilinearis*, and fifteen other Northwest Atlantic Finfish. Fishery Bulletin 80(4): 745-759.

Laptikhovskiy, V V; Arkhipkin, AI; Hoving, HJT. . 2007. Reproductive biology in two species of deep-sea squids. *Marine Biology* 152: 981-990.

Last, PR; Stevens, JD. . 2009. *Sharks and Rays of Australia*. Collingwood, Victoria, CSIRO Publishing, 644 p.

Lessa, R; Santana, FM; Hazin, FH. . 2004. Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. *Fisheries Research* 66: 19-30.

Lewallen, EA; Pitman, RL; Kjartanson, SL; Lovejoy, NR. . 2011. Molecular systematics of flyingfishes (Teleostei: Exocoetidae): evolution in the epipelagic zone. *Biological Journal of the Linnean Society* 102: 161-174.

Limpisophon, K; Tanaka, M; Weng, WY; Abe, S; Osako, K. . 2009. Characterization of gelatin films prepared from under-utilized blue shark (*Prionace glauca*) skin. *Food Hydrocolloids* 23(7): 1993-2000.

Link, JS. . 2002. What Does Ecosystem-Based Fisheries Management Mean? *Fisheries* 2002: 18-21.

Litvinov, FF. . 2006. On the role of dense aggregations of males and juveniles in the functional structure of the range of the blue shark *Prionace glauca*. *Journal of Ichthyology* 46(8): 613-624.

Loor-Andrade, P; Pincay-Espinoza, J; Rosas-Luis, R. . 2017. Diet of the blue shark *Prionace glauca* in the Ecuadorian Pacific Ocean during the years 2013 to 2015. *Journal of Applied Ichthyology* 2017: 1-5.

Lopez, S; Meléndez, R; Barría, P. . 2010. Preliminary diet analysis of the blue shark *Prionace glauca* in the eastern South Pacific. *Revista de biología marina y oceanografía* 45(S1): 745-749.

Lorrain, A; Argüelles, J; Alegre, A; Bertrand, A; Munaron, J; Richard, P; Cherel, Y. . 2011. Sequential Isotopic Signature Along Gladius Highlights Contrasted Individual Foraging Strategies of Jumbo Squid (*Dosidicus gigas*). Open Access 6(7): 6.

Lu, CC; Clarke, MR. . 1975. Vertical distribution of cephalopods at 11° N, 20° W in the North Atlantic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 55: 369-389.

Lu, CC; Ickeringill, R. . 2002. Cephalopod beak identification and biomass estimation techniques: tools for dietary studies of southern Australian finfishes. Museum Victoria Science Reports no.6: 65.

Macarthur, R. . 1955. Fluctuations of Animal Populations and a Measure of Community Stability. Ecology 36(3): 533-536.

Macharé, J; Sebrier, M; Huamán, D; Mercier, J. . 1986. Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú 76: 45-77.

Manning, MJ; Francis, MP. . 2005. Age and growth of blue shark (*Prionace glauca*) from the New Zealand Exclusive Economic Zone. New Zealand Fisheries Assessment Report 2005/26 2005: 52.

Markaida, U; Sosa-Nishizaki, O. . 2010. Food and feeding habits of the blue shark *Prionace glauca* caught off Ensenada, Baja California, Mexico, with a review on its feeding. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 90(5): 977-994.

Matsunaga, H; Nakano, H. . 1999. Species composition and CPUE of pelagic sharks caught by Japanese longline research and training vessels in the Pacific Ocean. Fisheries Science 65(1): 16-22.

McCord, ME; Campana, SE. . 2003. A Quantitative Assessment of the Diet of the Blue Shark (*Prionace glauca*) off Nova Scotia, Canada. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 32: 57-63.

Megalafonou, P; Damalas, D; De Metrio, G. . 2009. Biological characteristics of blue shark, *Prionace glauca*, in the Mediterranean Sea. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 89(6): 1233-1242.

Mendo, J; Wosnitza-Mendo, C. . 2014. Reconstruction of total marine fisheries catches for Peru: 1950-2010. Fisheries Centre. The University of British Columbia. Working Paper #2014-21 2014: 23.

Mendonça, A. . 2009. Diet of the blue shark, *Prionace glauca*, in the Northeast Atlantic. Tesis para optar el grado de Maestro. Portugal, Universidade do Porto. 36 p.

Mendoza-Ávila, M; Zavala-Zambrano, G; Galván-Magaña, F; Loor-Andrade, P. . 2016. Feeding habits of wahoo (*Acanthocybium solandri*) in the eastern Pacific Ocean. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 2016: 1-6.

Moberly, R; Shepherd, GL; Coulbourn, WT. . 1982. Forearc and other basins, continental margin of northern and southern Peru and adjacent Ecuador and Chile. Geological Society London Special Publications 10(1): 171-189.

Moreno, CE; Halffter, G. . 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. Journal of Applied Ecology 37: 149-158.

Montealegre-Quijano, S; Vooren, CM. . 2010. Distribution and abundance of the life stages of the blue shark *Prionace glauca* in the Southwest Atlantic. Fisheries Research 101: 168-179.

Moscoso, V. . 2013. Clave para identificación de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. Bol Inst Mar Perú 28(1-2): 135.

Muñoz-Chápuli, R. . 1984. Ethologie de la reproduction chez quelques requins de l'Atlantique nord-est. (En Francés). Cybium 8: 1-14.

Musick, JA; Musick, S. . 2011. Sharks. FAO Fisheries and Aquaculture Reviews and Studies 2011: 13p.

Myers, RA; Baum, JK; Shepherd, TD; Powers, SP; Peterson, CH. . 2007. Cascading Effects of the Loss of Apex Predatory Sharks from a Coastal Ocean. *Science* 315(2007): 1846-1850.

Nakano, H. . 1994. Age, reproduction and migration of blue shark in the North Pacific Ocean. *Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries* 31, 31: 141-256.

Nakano, H; Makihara, M; Shimazaki, K. . 1985. Distribution and biological characteristics of the blue shark in the central North Pacific. *Hokkaido Univ. Fish. Pap* 36(3): 99-113.

Nakano, H; Nagasawa, K. . 1996. Distribution of Pelagic Elasmobranchs Caught by Salmon Research Gillnets in the North Pacific. *Fishery Science* 62(5): 860-865.

Nakano, H; Okada, K; Watanabe, Y; Uosaki, K. . 1993. Regulation of the Japanese High Seas Driftnet Fisheries. Symposium on Biology, Distribution and Stock Assessment of Species Caught in the High Seas Driftnet Fisheries in the North Pacific Ocean. 53 (I) Vancouver, Canada, International North Pacific Fisheries Commission, p.25-37. .

Nakano, H; Seki, MP. . 2003. Synopsis of biological data on the blue shark, *Prionace glauca* Linnaeus. *Bulletin of Fisheries Research Agency* 6: 18-55.

Nakano, H; Stevens, JD. . 2008. The Biology and Ecology of the Blue Shark, *Prionace glauca*. *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Oxford, UK, Blackwell Publishing, p.140-151. .

Nakano, H; Stevens, JD. . 2008. The Biology and Ecology of the Blue Shark, *Prionace glauca*. *Sharks of the Open Ocean: Biology, Fisheries and Conservation*. Oxford, Blackwell Publishing, p.140-148. .

Nakano, H; Takeuchi, Y; Suzuki, Z. . 1999. Long term impact of tuna fishery on the pelagic sharks. *Book of Abstracts, ICES/SCOR Symposium on the Ecosystem Effects of Fishing*. p.45.

Nakano, H; Watanabe, Y. . 1992. Effect of high seas driftnet fisheries on blue shark stock in the North Pacific. Compendium of Documents Submitted to the Scientific Review of North Pacific High Seas Driftnet Fisheries. s.l., s.e., v.1, p.15. .

Nesis, KN. . 1970. Biology of the Peru-Chilean giant squid *Dosidicus gigas*. Okeanologiya 10(1): 140-152.

\_\_\_\_\_. 1993. Cephalopods of seamounts and submarine ridges. Recent advances in cephalopod fisheries biology. Tokyo, Tokai University Press, p.365-373. .

\_\_\_\_\_. 1995. Mating, spawning, and death in oceanic cephalopods: a review. Ruthenica 6(1): 23-64.

\_\_\_\_\_. 1999. Horizontal and vertical distribution and some features of biology of the gonatid squid *Gonatus antarcticus* Lönnberg, 1898 (Cephalopoda). Ruthenica 9: 129-139.

Nevárez-Martínez, MO; Hernández-Herrera, A; Morales-Bojórquez, E; Balmori-Ramírez, A; Cisneros-Mata, MA; Morales-Azpeitia, R. . 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*; d'Orbigny, 1835) in the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research 49: 129-140.

Ng, K; Chen, T-H; Balazs, HG. . 2014. Flying fish egg harvest off Keelung, Taiwan uncovers occurrence of pelagic-phase green turtles. Marine Turtle Newsletter 143: 14-15.

Nigmatullin, CM; Nesis, KN; Arkhipkin, AI. . 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fisheries Research 54: 9-19.

Odum, EP. . 1953. Fundamentals of Ecology. Philadelphia, Saunders, 384 p.

Orosco-Montenegro, LX. . 2016. Variabilidad espacio-temporal de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano entre los años 2013 y 2014. Tesis para optar el título de Licenciado. Lima. Universidad Ricardo Palma. 89 p.

Orrego, H; Mendo, J. . 2012. Variación interanual de la dieta de la merluza *Merluccius gayi peruanus* (Guitchenot) en la costa Peruana. Ecología Aplicada 11(2): 103-116.

Pauly, D; Christensen, V; Dalsgaard, J; Froese, R; Torres Jr, F. . 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279(5352): 860-863.

Pauly, D; Soriano-Bartz, ML; Palomares, MLD. . 1993. Improved Construction, Parametrization and Interpretation of Steady-State Ecosystem Models. *Trophic Models of Aquatic Ecosystems*. Manila, Filipinas, ICLARM Conf. Proc. 26, p.1-13. .

Pinkas, L; Oliphant, MS; Iverson, ILK. . 1971. Food Habits of Albacore, Bluedfin Tuna, and Bonito in California Waters. *Fish Bulletin* 152 1970: 105.

Potier, M; Marsac, F; Cherel, Y; Lucas, V; Sabatié, R; Maury, O; Ménard, F. . 2007. Forage fauna in the diet of three large pelagic fishes (lancetfish, swordfish and yellowfin tuna ) in the western equatorial Indian Ocean. *Fisheries Research* 83: 60-72.

Pratt, HL. . 1979. Reproduction in the Blue shark, *Prionace glauca*. *Fishery Bulletin* 77(2): 445-470.

PRODUCE. . 2014. Plan de Acción Nacional para la Conservación y Ordenamiento de Tiburones, Rayas y Especies Afines en el Perú (PAN TIBURÓN - PERÚ). No 002-2014-PRODUCE 2014. 46p.

\_\_\_\_\_. 2015. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015. Ministerio de la Producción. Lima. 196p.

Queiroz, N; Lima, FP; Maia, A; Ribeiro, PA; Correia, JP; Santos, AM. . 2005. Movements of blue shark, *Prionace glauca*, in the north-east Atlantic based on mark-recapture data. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 85(5): 1107-1112.

Rangel, BS; Malavasi Bruno, Carlos E Salmon, T; Ciena, AP; Miglino, MA; Amorim, AF; Rici, REG. . 2015. Morphological analysis of the oviduct, oviducal gland and isthmus of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) (Elasmobranchii: Carcharhiniformes). *Neotropical Ichthyology* 13(4): 663-672.

Rivatón, J; Bourret, P. . 1999. Les Otolithes des poissons de l'Indo-Pacifique. Nouméa, Institut de recherche pour le développement - IRD, 378 p (En Francés).

Rodhouse, PG; Symon, C; Hatfield, EMC. . 1992. Early life cycle of cephalopods in relation to the major oceanographic features of the Southwest Atlantic Ocean Early life cycle of cephalopods in relation to the major oceanographic features of the southwest Atlantic Ocean. Marine Ecology Progress Series 89: 183-195.

Roper, CFE; Young, RE. . 1975. Vertical Distribution of Pelagic Cephalopods. Washington, DC, Smithsonian Contribution to Zoology, number 209, 51 p.

Rosas-Luis, R; Loo-Andrade, P; Carrera-Fernández, M; Pincay-Espinoza, JE; Vinces-Ortega, C; Chompoy-Salazar, L. . 2016. Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. Fisheries Research 173(2): 159-168.

Sajinez, M; Ledesma, J; Salcedo, J. . Presencia del género Argonauta en el norte del ecosistema de Humboldt, asociadas a las variables oceanográficas 2009-2015 (2016, Lambayeque, Perú). V Congreso de Ciencias del Mar del Perú (CONCIMAR). Lambayeque. p337.

Sciarrota, TC; Nelson, DR. . 1977. Diel behavior of the blue shark, *Prionae glauca*, near Santa Catalina Island, California. Fishery Bulletin 75(3): 519-528.

Seibel, BA; Thuesen, E V; Childress, JJ. . 1998. Flight on the Vampire: Ontogenetic Gait-Transition in *Vampyroteuthis infernalis* (Cephalopoda: Vampyromorpha). The Journal of Experimental Biology 201: 2413-2424.

Shepard, RN. . 1962. The analysis of proximities: Multidimensional scaling with an unknown distance function. I. Psychometrika 27(2): 125-140.

Sierra, LM; Claro, R; Popova, OA. . 2001. Trophic Biology of the Marine Fishes of Cuba. Ecology of the Marine Fishes of Cuba. s.l., Smithsonian Institution Press, p.253. .

Sims, DW; Andrews, PLR; Young, JZ. . 2000. Stomach rinsing in rays. Nature 404: 566.

- Skomal, GB; Natanson, LJ. . 2003. Age and growth of the blue shark (*Prionace glauca*) in the North Atlantic Ocean. *Fishery Bulletin* 101: 627-639.
- Smale, MJ; Clarke, MR; Klages, NTW; Roeleveld, MAC. . 1993. Octopod beak identification - resolution at a regional level (Cephalopoda, Octopoda: southern Africa). *South African Journal of Marine Science* 13: 269-293.
- Smith, EP; Zaret, TM. . 1982. Bias in Estimating Niche Overlap. *Ecology* 63(5): 1248-1253.
- Smith, TM; Smith, RL. . 2012. *Elements of Ecology*. Ed. B Wilbur. 8 ed. EUA. Pearson Benjamin Cummings, 705 p.
- Sneath, A; Sokal, RR. . 1973. *Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification*. *Systematic Zoology* 24(2): 263-268.
- Soberón, J; Llorente, J. . 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7(3): 480-488
- Solano, A; Tresierra, Á; García, V; Goicochea, C; Blaskovic, V; Buitrón, B; Chacón, G. . 2015. Biología y pesquería del Perico o Dorado *Coryphaena hippurus*, Febrero 2010. *Inf. Inst. Mar Perú* 42(1): 35-72.
- Spalding, MD; Fox, HE; Allen, GR; Davidson, N; Ferdaña, ZA; Finlayson, M; Halpern, BS; Jorge, MA; Lombana, A; Lourie, SA; Martin, KD; McManus, E; Molnar, J; Recchia, CA; Robertson, J. . 2007. *Marine Ecoregions of the World: A Bioregionalization of Coastal and Shelf Areas*. *BioScience* 57(7): 573-583.
- Stevens, JD. . 1973. Stomach contents of blue shark (*Prionace glauca* L.) off Southwest England. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 53: 357-361.
- \_\_\_\_\_. 1974. . The occurrence and significance of tooth cuts on the blue shark (*Prionace glauca* L.) from British Waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 54: 373-378.

\_\_\_\_\_. 1976. First results of shark tagging in the north-east Atlantic, 1972–1975. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 56: 929-937.

\_\_\_\_\_. 1984. Biological Observations on Sharks Caught by Sport Fishermen off New South Wales. *Australian Journal of Marine & Freshwater Research* 35: 573-590.

\_\_\_\_\_. 1990. Further results from a Tagging study of pelagic sharks in the North-East Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 70: 707-720.

Stevens, JD. . 2000. The population status of highly migratory oceanic sharks. Getting ahead of the curve: Conserving the Pacific Ocean's tunas, swordfish, billfishes and sharks. Leesburg, USA, National Coalition for Marine Conservation, p.200. .

Stevens, JD. . 2010. Epipelagic oceanic elasmobranchs. *Sharks and their relatives II*. Boca Raton, FL, USA, CRC Press, p.3-36. .

Stevens, JD; Bonfil, R; Dulvy, NK; Walker, PA. . 2000. The effects of fishing on sharks, rays, and chimaeras (chondrichthyans), and the implications for marine ecosystems. *ICES Journal of Marine Science* 57(3): 476-494.

Stevens, JD; Bradford, RW; West, GJ. . 2010. Satellite tagging of blue sharks (*Prionace glauca*) and other pelagic sharks off eastern Australia: depth behavior, temperature experience and movements. *Marine Biology* 157: 575-591.

Strasburg, DW. . 1958. Distribution, Abundance, and Habits of Pelagic Sharks in the Central Pacific Ocean. *Fishery Bulletin* 58: 335–361.

Suda, A. . 1953. Ecological study of blue shark (*Prionace glauca* Linné). *Bulletin of the Nankai Fisheries Research Laboratory* 1(26): 1-11.

Sullivan-Sealey, K; Bustamante, G. . 1999. Setting Geographic Priorities for Marine Conservation in Latin America and the Caribbean. Arlington, Virginia, The Nature Conservancy, 146 p.

Tafur, R; Villegas, P; Rabí, M; Yamashiro, C. . 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54: 33-50.

Takana, S; Cailliet, G; Yudin, K. . 1990. Differences in growth of the blue shark, *Prionace glauca*: technique or population? Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. NOAA Technical Report 90, p.177-187. .

Taniuchi, T. . 1990. The Role of Elasmobranchs in Japanese Fisheries. Elasmobranchs as living resources: advances in the biology, ecology, systematics, and status of the fisheries. NOAA Technical Report NMFS 90, p.415-426.

Talley, LD; Pickard, GL; Emery, WJ; Swift, JH. . 2011. Descriptive Physical Oceanography: An introduction. Sexta Edición. San Diego, Academic Press, 560 p.

Teves, N; Evangelista, E. . 1974. Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú* 53: 59-74.

Thompson, KR. . 1994. Predation on *Gonatus antarcticus* by Falkland Islands seabirds. *Antarctic Science* 6(2): 269-274.

Tricas, TC. . 1979. Relationships of the blue shark, *Prionace glauca*, and its prey species near Santa Catalina Island, California. *Fishery Bulletin* 77(1): 175-182.

Vandeperre, F; Aires-da-Silva, A; Fontes, J; Santos, M; Serrão Santos, R; Alfonso, P. . 2014. Movements of Blue Sharks (*Prionace glauca*) across Their Life History. *Plos one* 9(8): 14.

Vaske-Júnior, T; Rincón-Filho, G. . 1998. Conteúdo estomacal dos tubarões azul (*Prionace glauca*) e anequim (*Isurus oxyrinchus*) em águas oceânicas no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 58(3): 445-452.

- Vaske Júnior, T; Lessa, RP; Fazzano Gadig, OB. . 2009. Feeding habits of the blue shark (*Prionace glauca*) off the coast of Brazil. *Biota Neotropica* 9(3): 55-60.
- Velazco, F; Solís, J; Delgado, C; Gomero, R. . 2015. Sedimentos Superficiales y Morfología de la Plataforma y Talud Continental Superior, entre 3°30'S Y 15°30'S, Perú. *Inf. Inst. Mar Perú* 42(4): 526-537.
- Velez-Zuazo, X; Alfaro-Shigueto, J; Mangel, J; Papa, R; Agnarsson, I. . 2015. What barcode sequencing reveals about the shark fishery in Peru?. *Fisheries Research* 161: 34-41.
- Velez, J; Kameya, A; Yamashiro, C; Lostaunau, N; Valiente, O. . 1992. Investigación del Recurso Potencial Langostino Rojo de Profundidad a Bordo del BIC «Fridtjof Nansen». *Inf. Inst. Mar Perú* 104: 3-24.
- Vögler, R; Beier, E; Ortega-García, S; Santana-Hernández, H; Valdez-Flores, JJ. . 2012. Ecological patterns, distribution and population structure of *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) in the tropical-subtropical transition zone of the north-eastern Pacific. *Marine Environmental Research* 73: 37-52.
- Ward, P; Myers, RA. . 2005. Shifts in open-ocean fish communities coinciding with the commencement of commercial fishing. *Ecology* 86(4): 835-847.
- Wetherall, J; Seki, M. . 1992. Assessing impacts of North Pacific high seas driftnet fisheries on Pacific pomfret and sharks: Progress and problems. *Compendium of Documents Submitted to the Scientific Review of North Pacific High Seas Driftnet Fisheries*. v.2.
- White, WT; Platell, ME; Potter, IC. . 2004. Comparisons between the diets of four abundant species of elasmobranchs in a subtropical embayment: implications for resource partitioning. *Marine Biology* 144: 439-448.
- Williams, F. . 1977. Notes on the biology and ecology of the blue shark (*Prionace glauca* L.) in the eastern Pacific Ocean and a review of data from the world ocean. Unpublished report. 16p.

Witt, C; Bourgois, J. . 2010. Forearc basin formation in the tectonic wake of a collision-driven, coastwise migrating crustal block: The example of the North Andean block and the extensional Gulf of Guayaquil-Tumbes Basin (Ecuador-Peru border area). Geological Society of America Bulletin 122(1-2): 89-108.

Wolff, GA. . 1982. A beak key for eight Eastern Tropical Pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. Fish Bulletin 80(2): 357-370.

\_\_\_\_\_. 1984. Identification and Estimation of Size from the Beaks of 18 Species of Cephalopods From the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS 17 1984: 50.

Worm, B; Davis, B; Kettener, L; Ward-Paige, CA; Chapman, D; Heithaus, MR; Kessel, ST; Gruber, SH. . 2013. Global catches, exploitation rates, and rebuilding options for sharks. Marine Policy 40: 194-204.

Xavier, JC; Cherel, Y. . 2009. Cephalopod beak guide for the Southern Ocean. Cambridge, UK, British Antarctic Survey, 129 p.

Yamashiro, C; Mariátegui, L; Rubio, J; Argüelles, J; Tafur, R; Rabí, M. . 1996. Jumbo flying squid fishery in Peru. International Symposium on pelagic large squids. Tokyo. 31p.

Yatsu, A; Yamanaka, K; Yamashiro, C. . 1999. Tracking experiments of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, with an ultrasonic telemetry system in the eastern Pacific Ocean. Bulletin of the National Research Institute of Far Seas Fisheries 36: 55-60.

Yodzis, P; Innes, S. . 1992. Body size and consumer-resource dynamics. The American Naturalist 139(6): 1151-1175.

Young, RE. . 1972. The Systematics and Areal Distribution of Pelagic Cephalopods from the Seas off Southern California. Washington, DC, Smithsonian Institution Press, 159 p.

Zhu, J; Dai, X; Xu, L; Chen, X; Chen, Y. . 2011. Reproductive biology of female blue shark *Prionace glauca* in the southeastern Pacific Ocean. Environmental Biology of Fishes 91: 95-102.



Anexo 2. Algunos contenidos estomacales encontrados en los estómagos analizados de tiburones azules entre febrero y diciembre del 2015 en la zona norte del Perú



Cefalópodos encontrados en diferentes estadios de digestión. De izquierda a derecha, arriba: picos de *Gonatus antarcticus* y ejemplar de pota (*Dosidicus gigas*). Abajo: Picos de diferentes cefalópodos (*Ancistrocheirus lesueurii*, *Vampyroteuthis infernalis*, *Gonatus antarcticus*), ejemplares de *Argonauta* spp. y masa de cefalópodos.



Peces encontrados en diferentes estadios de digestión. De izquierda a derecha: anchoveta (*Engraulis ringens*), perico (*Coryphaena hippurus*) y merluza (*Merluccius gayi peruanus*)



Huevos de peces voladores



Ejemplares de múnida o camaroncito rojo (*Pleuroncodes monodon*)



Restos de un delfín marino de la familia Delphinidae



Restos de un ave marina

Anexo 3. Datos biométricos y de posición de captura de los tiburones azules obtenidos durante febrero y diciembre del 2015 en el área de estudio

<b>Código</b>	<b>DPA</b>	<b>Mes</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>LT</b>	<b>LH</b>	<b>LI</b>	<b>Sexo</b>
1	Salaverry	Feb.	-7.42	-80.75	220	180	53	hembra
2	Salaverry	Feb.	-7.42	-80.75	110			macho
3	Salaverry	Feb.	-7.52	-80.93	150	138	31	macho
4	Salaverry	Feb.	-7.52	-80.93	159		40	macho
5	Máncora	Feb.	-5.08	-82.13	255.3	211.9	53.1	macho
6	Máncora	Feb.	-5.10	-82.05	247.3	204.2	50.5	macho
7	Máncora	Feb.	-5.10	-82.05	284.4	238.1	55.4	macho
8	Máncora	Feb.	-5.10	-82.05	259.3	219.1	53.1	macho
9	Máncora	Feb.	-5.10	-82.05	299.4	248.5	61.2	macho
10	Salaverry	Mar.	-7.42	-80.75	277	227	53	macho
11	Salaverry	Mar.	-9.15	-79.97	210	170	43	macho
12	Máncora	Mar.	-4.74	-82.34	218.9	179.9	45.3	macho
13	Salaverry	Mar.	-8.70	-79.66	165	153	39	hembra
14	Salaverry	Mar.	-8.70	-79.66	183	150	38	hembra
15	Máncora	Mar.	-4.55	-82.23	258.4	210.6	59.5	macho
16	Máncora	Mar.	-4.74	-82.34	264.2	219.6	53.4	macho
17	Máncora	Mar.	-4.83	-82.50	276.9	230.6	55.4	macho
18	Máncora	Abr.	-6.34	-81.57	239.2	195.7	46.2	macho
19	Máncora	Abr.	-6.34	-81.57	264.9	220.1	58.5	macho
20	Máncora	Abr.	-6.42	-81.85	199.1	164.6	41.4	hembra
21	Salaverry	Abr.	-8.88	-80.25	193			hembra
22	Salaverry	Abr.	-8.55	-81.18	256	216	54	macho
23	Salaverry	Abr.	-8.55	-81.18	190	150	40	macho
24	Salaverry	Abr.	-8.55	-81.18	249	210	48	macho
25	Salaverry	Abr.	-7.59	-80.20	196	174.1	47	hembra
26	Máncora	Abr.	-6.34	-81.57	266.3	219.8	52.3	macho
27	Máncora	Abr.	-6.42	-81.85	197.6	168.6	37.1	macho
28	Máncora	Abr.	-6.39	-81.93	249.3	103.6	48.1	macho
29	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	182	135	30	macho
30	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	189	148	43	hembra
31	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	218	189	52	hembra
32	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	174	131	33	macho
33	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	120	91	24	macho
34	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	224	186	44	macho
35	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	223	183	40	hembra
36	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	192	155	42	macho

<b>Código</b>	<b>DPA</b>	<b>Mes</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>LT</b>	<b>LH</b>	<b>LI</b>	<b>Sexo</b>
37	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	159	122	31	macho
38	Salaverry	May.	-7.81	-79.85	275	207	55	macho
39	Máncora	May.	-7.81	-79.85	203	183	54	macho
40	Máncora	May.	-7.81	-79.85	223	176	50	hembra
41	Máncora	May.	-9.50	-79.87	218	168	48	hembra
42	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	270	205	54	hembra
43	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	283	227	53	macho
44	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	253	185	49	macho
45	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	293	159	49	hembra
46	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	244	82	45	hembra
47	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	232	165	45	macho
48	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	223	167	48	macho
49	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	224	160	44	macho
50	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	178	129	33	macho
51	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	220	181	38	hembra
52	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	288	205	57	macho
53	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	200	175	44	macho
54	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	180			hembra
55	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	228	178	45	macho
56	Salaverry	May.	-9.50	-79.87	168			macho
57	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	164	130	45	macho
58	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	257	198	57	macho
59	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	213	165	46	hembra
60	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	208	162	51	macho
61	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	221	118	44	macho
62	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	251	200	54	macho
63	Salaverry	Jun.	-8.32	-80.63	245	197	52	macho
64	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	230	190	49	macho
65	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	222	170	50	hembra
66	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	260	181	52	hembra
67	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	190	154	38	hembra
68	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	200	180	42	macho
69	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	230	190	57	macho
70	Salaverry	Jul.	-9.81	-81.68	193	155	43	hembra
71	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	179.1	146.6	34.4	hembra
72	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	202.3	166.5	40.1	macho
73	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	233.1	188.5	44.8	hembra
74	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	202.7	166.5	38.5	macho
75	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	249.8	207.6	50.5	macho

<b>Código</b>	<b>DPA</b>	<b>Mes</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>LT</b>	<b>LH</b>	<b>LI</b>	<b>Sexo</b>
76	Salaverry	Ago.	-9.55	-81.59	171.1	140.5	34.4	Macho
77	Salaverry	Ago.	-9.55	-82.55	202	184.3	45.2	macho
78	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	223.1	185.2	46.6	hembra
79	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	238.8	196.5	49.2	macho
80	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	207.2	169.4	40.4	macho
81	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	208.1	170.1	40.9	hembra
82	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	172.6	143.2	35.1	macho
83	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	283.2		58.1	hembra
84	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	285.6	235.9	58.3	hembra
85	Salaverry	Sep.	-9.67	-81.72	287.3	240.2	60.2	macho
86	Salaverry	Sep.	-10.03	-81.60	276.6		56.6	hembra
87	Salaverry	Sep.	-10.03	-81.60	219.2	185.5	43.6	macho
88	Salaverry	Sep.	-10.03	-81.60	253.6	205.6	49.9	macho
89	Salaverry	Sep.	-10.03	-81.60	199.1	164.1	39.2	macho
90	Salaverry	Sep.	-10.76	-81.02	169.5	140.2	33	macho
91	Salaverry	Sep.	-10.50	-80.13	173.6	142.4	34	macho
92	Salaverry	Sep.	-10.50	-80.13	203.5	166.8	39.5	macho
93	Salaverry	Sep.	-10.50	-80.13	172.4	141.1	32.1	hembra
94	Salaverry	Sep.	-10.50	-80.13	190.2	157.1	37.1	macho
95	Salaverry	Sep.	-10.50	-80.13	185.6		36	macho
96	Salaverry	Sep.	-8.00	-79.81	191.1	152.3	36	hembra
97	Salaverry	Sep.	-8.29	-80.24	209.1	174.1	47	macho
98	Salaverry	Sep.	-10.03	-81.60	277.6	229.5	56.2	macho
99	Máncora	Sep.	-5.64	-82.28	175	110	45	macho
100	Máncora	Sep.	-5.75	-82.59	217	176	46	macho
101	Máncora	Sep.	-5.75	-82.59	183	156	36	hembra
102	Máncora	Sep.	-5.29	-81.77	268	225	54	hembra
103	Máncora	Sep.	-7.09	-79.93	195	160	38	hembra
104	Máncora	Oct.	-6.47	-84.87	185	155	29	hembra
105	Máncora	Oct.	-6.70	-85.14	183	152	31	hembra
106	Máncora	Oct.	-6.68	-85.12	214	159	70	hembra
107	Máncora	Oct.	-6.34	-81.57	197	157	37	hembra
108	Máncora	Oct.	-6.34	-81.57	235	207	38	hembra
109	Máncora	Oct.	-6.42	-81.85	256	189	48	macho
110	Máncora	Oct.	-5.10	-82.05	228	199	38	macho
111	Máncora	Oct.	-6.58	-81.19	230	204	37	hembra
112	Máncora	Oct.	-7.27	-82.84	194	156	33	macho
113	Máncora	Oct.	-7.01	-82.96	177	133	34	hembra
114	Máncora	Oct.	-6.65	-83.12	198	160	36	hembra

<b>Código</b>	<b>DPA</b>	<b>Mes</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>	<b>LT</b>	<b>LH</b>	<b>LI</b>	<b>Sexo</b>
115	Salaverry	Oct.	-9.01	-79.33	250.7	209.3	54.1	hembra
116	Salaverry	Oct.	-9.13	-78.86	208.5	170.6	42.3	macho
117	Salaverry	Oct.	-9.13	-78.86	275.7	228.4	56.2	macho
118	Salaverry	Oct.	-9.13	-78.86	189.4	152.8	36.5	hembra
119	Salaverry	Oct.	-9.13	-78.86	175.1	142.7	36.2	hembra
120	Máncora	Oct.	-7.08	-80.07	180.1	149.3	37.2	hembra
121	Máncora	Oct.	-7.08	-80.07	295	238	88	macho
122	Máncora	Oct.	-7.08	-80.07	236	175	44	macho
123	Máncora	Oct.	-7.08	-80.07	192.3	158.7	39.3	hembra
124	Máncora	Oct.	-7.08	-80.07	267.5	220.3	55.9	macho
125	Máncora	Nov.	-6.58	-81.19	189	160	40	hembra
126	Máncora	Nov.	-6.63	-84.77	244	194	40	macho
127	Máncora	Nov.	-7.27	-82.84	280	224	55	macho
128	Máncora	Nov.	-6.92	-82.98	190	-	38	macho
129	Salaverry	Nov.	-9.55	-82.55	217.8	179.7	43.1	hembra
130	Salaverry	Nov.	-9.55	-81.59	249	208.8	49.5	hembra
131	Salaverry	Dic.	-8.31	-79.81	178	158	36	macho
132	Salaverry	Dic.	-8.31	-79.81	192	166	38	hembra
133	Salaverry	Dic.	-8.32	-79.70	194	170	41	hembra
134	Salaverry	Dic.	-8.81	-79.81	215.7			macho
135	Salaverry	Dic.	-8.32	-79.70	235.1			macho
136	Salaverry	Dic.	-8.31	-79.81	210			hembra
137	Salaverry	Dic.	-9.41	-79.74	161			macho
138	Salaverry	Dic.	-8.31	-79.81	185			macho
139	Salaverry	Dic.	-8.32	-79.70	251			hembra
140	Salaverry	Dic.	-8.31	-79.81	182.9			hembra
141	Máncora	Dic.	-7.27	-82.84	245	-	54	macho
142	Máncora	Dic.	-7.01	-82.96	185	151	37	hembra
143	Máncora	Dic.	-6.65	-83.12	217	183	49.5	hembra

