



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**ECOLOGÍA TRÓFICA DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna zygaena*
(Linnaeus, 1758) EN LA COSTA OCCIDENTAL DE BAJA
CALIFORNIA SUR, MÉXICO.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

SANDRA NAJERA MOYOTL

DIRECTOR: DR. FELIPE GALVÁN MAGAÑA

**ASESORES: DRA. ADRIANA MARTÍNEZ GUEVARA
DR. JESÚS MARTÍNEZ VÁZQUEZ**



FEBRERO, 2026.

DECLARACIÓN DE ORIGEN Y PROPIEDAD INTELECTUAL DE LOS DATOS

La base de datos biológicos y el procesamiento de contenidos estomacales de *Sphyrna zygaena* presentados en esta investigación fueron generados íntegramente por la autora, **Sandra Najera Moyotl**, quien colaboró en el Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN) en La Paz, Baja California Sur.

Este trabajo se realizó durante el año 2016 bajo la asesoría del **Dr. Felipe Galván Magaña**, cumpliendo con los siguientes periodos académicos:

- Investigación Experimental I: del 04 de enero al 02 de mayo de 2016.
- Servicio Social: del 16 de mayo al 16 de noviembre de 2016 (480 horas).
- Investigación Experimental II: del 01 de agosto al 01 de diciembre de 2016.

Durante estos periodos, la suscrita llevó a cabo la recolección, limpieza, identificación taxonómica y análisis cuantitativo de los componentes de la dieta de la especie mencionada. El rigor metodológico aplicado en aquel momento constituye la base fundamental de los resultados que hoy se presentan formalmente en esta tesis profesional ante la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Es imperativo precisar que la información original, correspondiente a **91 ejemplares** procesados por la autora, fue facilitada en el año 2020 a un tercero bajo un acuerdo previo de colaboración académica y reconocimiento explícito de coautoría. Este intercambio se basó en el principio de ética y buena fe que rige las relaciones científicas.

No obstante, dicho acuerdo de colaboración fue vulnerado al omitirse el reconocimiento de créditos y la autoría de la suscrita en el trabajo de grado titulado: “Ecología trófica del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en dos zonas de la costa occidental de Baja California Sur, México” (Solís Heredia, 2022), la presente tesis ante la **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla** se constituye formalmente como la única fuente primaria, legítima y cronológicamente original de estos datos.



Se prohíbe cualquier uso o reproducción total o parcial de esta base de datos, análisis o figuras derivadas, sin el debido reconocimiento de créditos. La autora se reserva el derecho de acudir ante las instancias académicas y legales competentes para salvaguardar sus derechos morales y patrimoniales en caso de detectar omisiones de autoría en trabajos de terceros. Esta determinación se establece derivado del incumplimiento de los acuerdos de colaboración previa por parte de terceros, lo cual compromete la integridad de la propiedad intelectual aquí presentada. No se tolerará ninguna omisión de crédito adicional sobre el esfuerzo de muestreo y procesamiento realizado.

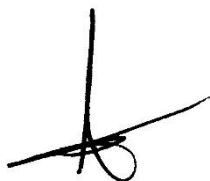
Atentamente,



Sandra Najera Moyotl

Autora y Propietaria Intelectual de los Datos (san_jm23@hotmail.com)

Bajo la validación de:



Dr. Felipe Galván Magaña

Director de Tesis (galvan.felipe@gmail.com)

DEDICATORIA

*Yo heredé de mi madre
sus ojos color marrón,
su pelo castaño,
y su gran corazón.*

*Esta es la herencia más grande
que pudo haberme dado,
pues durante toda mi vida
la seguiré conservando.*

*Este trabajo se lo dedico a mi mamá,
por su gran amor y el apoyo incondicional
que siempre me ha tenido, por creer en mí
y por preocuparse cuando estaba lejos de casa.*

¡TE AMO MAMI!

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)**. Esta casa de estudios ha sido el pilar de mi formación profesional y me ha proporcionado una educación integral, cimentada en valores éticos y rigor académico.

Extiendo mi gratitud, a la **Facultad de Ciencias Biológicas** por su compromiso constante con la excelencia académica y la investigación de vanguardia; Gracias a ella, pude crecer en un ambiente académico excepcional y seguro.

Al **Instituto Politécnico Nacional (IPN)** y al **Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR)** por darme la oportunidad de formar parte de su comunidad estudiantil.

Mi especial agradecimiento se dirige al **Dr. Felipe Galván Magaña**, mi Director de Tesis. Su apoyo fue fundamental durante mi estancia en CICIMAR. Estoy profundamente agradecida por su generosidad al abrirme las puertas de su laboratorio y, con una generosidad que me conmovió, las de su propio hogar. Gracias por haberme dado la oportunidad de trabajar y aprender al lado de un científico brillante y un excelente líder. Además, agradezco las enseñanzas técnicas especializadas (como la identificación de cefalópodos) hasta las conversaciones enriquecedoras llenas de conocimiento y experiencia, cada momento fue invaluable. Gracias, "Doc.", su calidad humana y su trayectoria son, sin duda, un gran ejemplo a seguir.

A mis excepcionales asesores, el **Dr. Jesús Martínez Vázquez** y la **Dra. Adriana Martínez Guevara**: gracias. Su apoyo fue vital en cada etapa de este proyecto. Agradezco enormemente no sólo sus recomendaciones precisas y las mejoras que guiaron la investigación, sino también la gran paciencia y la invaluable dedicación que invirtieron en este proyecto. Estoy profundamente agradecida por haberme alentado a seguir adelante y por nunca dudar en brindarme su apoyo. No me cabe duda de que la comunidad científica requiere más ejemplos de compromiso y calidad humana como el que ustedes representan.

Al **proyecto "Tiburones y Rayas"** del Dr. Felipe Galván Magaña de CICIMAR-IPN, por el apoyo otorgado para la obtención de muestras biológicas.

Al **laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR** y a todos los amigos "la palomilla" con los que conviví y que hicieron más placentera y amena mi estancia, en especial muchas gracias a la Dra. Katy, a la Dra. Antonella, al Dr. Alfredo, al Biólogo Sinaí y al Dr. Abel por ser mi familia lejos de casa.

A la **M.C. María del Rosario Simental Anguiano**, al **M.C. Bernardo Sánchez Cota** y al **Dr. Sergio Briones Hernández**. Expreso mi más profundo agradecimiento por el tiempo y el esfuerzo incondicional que dedicaron a la supervisión de este proyecto. Valoro enormemente su orientación técnica, su disposición para resolver mis dudas en todo momento y, sobre todo, su apoyo moral durante los momentos de mayor complejidad. Más que asesores, han sido mis mentores en el laboratorio; gracias por brindarme su guía, su confianza y, especialmente, su amistad.

A los **pescadores** de Punta Lobos por permitirnos muestrear a pesar de las prisas con las que trabajan; a los pescadores de Bahía Tortugas por darnos las muestras para el proyecto, a sus esposas e hijos por hacerme parte de su familia y cuidarme, ¡muchísimas gracias, amigos pescadores!

Al **Dr. Juan Carlos Pérez Jiménez**, por su guía y generosidad al compartir sus conocimientos, y al Laboratorio de Pesquerías de El Colegio de la Frontera Sur del estado de Campeche, por brindarme las herramientas base para comprender el mundo de los tiburones y las rayas.

A cada uno de los **profesores** que me impartieron clases en la Facultad de Ciencias Biológicas, por su dedicación, paciencia y el rigor académico que imprimieron en cada cátedra. Gracias por su pasión, guía y por inspirarme a ver la Biología no solo como una profesión, sino como un compromiso con la ciencia y el entorno. Sin su esfuerzo, mi formación como Bióloga no habría sido posible.

A mis **amigos de la facultad**, con quienes pase grandes momentos dentro y fuera de la universidad: Ale, Beca y Ulises, por ayudarme con mis papeles mientras yo estaba lejos, porque muchas veces corrieron atrás de una secretaria o llegaron tarde a clases

por alguna urgencia mía mientras yo andaba lejos; Y muy en especial a Esteban por toda su ayuda brindada y por ser un amigo incondicional, gracias, mi querido Sebastián por ser mi compañero de lucha. La universidad hubiera sido muy aburrida y difícil sin ustedes, gracias por seguir a mi lado y deseo de todo corazón que cada uno siga triunfando como lo han hecho hasta el día de hoy.

A mi familia, mi primer y más importante soporte. A **mis padres**, por el amor incondicional, el apoyo firme y la confianza que depositaron en mí en cada etapa. A **Gabino**, mi amado compañero de vida, gracias por ser mi motivación constante y por recordarme la importancia de culminar este proyecto. A **mis hermanos**, les agradezco infinitamente su paciencia y les pido que me perdonen por las ausencias y el tiempo que no pude compartir en sus momentos y logros importantes. Finalmente, a mis queridos sobrinos (**Vane, Ariel, Yuli, Vale y Meli**), ustedes son el verdadero motor que me impulsa. Deseo que este logro sirva como un ejemplo a seguir y espero siempre ser un motivo de orgullo. Y, por supuesto, a mis inseparables compañeros, **Lassita y Mayo**, por ser mi fiel compañía en cada desvelo y por estar siempre a mi lado.

Yo sé que mis agradecimientos son un poco extensos, pero nunca van a ser suficientes para decir cuánto les agradezco todo lo que han hecho por mí y todo lo que significan. Espero no defraudarlos.

GRACIAS



ÍNDICE

Página

DECLARACIÓN DE ORIGEN Y PROPIEDAD INTELECTUAL DE LOS DATOS	I
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
HIPÓTESIS	10
OBJETIVOS	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos	11
MATERIAL Y MÉTODOS	12
Área de estudio	12
Trabajo de campo	14
Trabajo en laboratorio	16
Trabajo de gabinete	20
Curvas de diversidad acumulativa	20
Análisis cuantitativo del espectro trófico	20
Método numérico (%N)	20
Método gravimétrico (%G)	21
Método de frecuencia de aparición (%FA)	21
Índice de importancia relativa específica de la presa (%PSIRI)	22
Índice de diversidad Shannon & Weaver	22
Índice de Levin	23
Índice de Amundsen	24
Prueba de similitud (ANOSIM)	26
Análisis de similitud porcentual (SIMPER)	26
Cálculo de la posición trófica	27
RESULTADOS	28
Caracterización general de la dieta	28
Análisis cuantitativo de la dieta	33

Índices ecológicos	40
<i>Índice de Shannon & Weaver</i>	40
<i>Índice de Levin</i>	41
<i>Índice de Amundsen</i>	42
<i>Prueba de ANOSIM</i>	46
<i>Análisis de similitud porcentual (SIMPER)</i>	48
<i>Índice de nivel trófico</i>	55
DISCUSIÓN	56
CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS	67

RESUMEN

Este trabajo de investigación analizo los hábitos alimentarios del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en la costa occidental de Baja California Sur, México, específicamente en las zonas de Punta Lobos y Bahía Tortugas. El objetivo principal fue describir su dieta mediante el análisis de contenido estomacal de 91 ejemplares recolectados de la pesca artesanal, determinando variaciones por sexo, estadio de madurez, zona geográfica y periodos anuales entre 2015 y 2016. Los resultados indicaron que el 92.3% de los ejemplares presentó contenido estomacal, identificándose un total de 58 tipos de presas pertenecientes a seis grupos taxonómicos: peces óseos, cefalópodos, condriactos, crustáceos, mamíferos marinos y tortugas marinas. Los hallazgos confirman que la dieta está dominada por cefalópodos, seguidos en importancia por peces óseos. La presa más relevante según el índice de importancia relativa (%PSIRI) fue el calamar *Ancistrocheirus lessueurii*, validando así la hipótesis alternativa planteada. De acuerdo con el diagrama de Amundsen, la población de *S. zygaena* presentó, de manera general, una estrategia alimenticia especialista enfocada en cefalópodos. No obstante, se observó una fluctuación temporal significativa: en 2015 la especie mostró una estrategia tipo C, siendo especialista en un solo tipo de presa, mientras que en 2016 la tendencia cambió hacia una estrategia generalista tipo D.

Se determinó un nivel trófico de 4.6, posicionando a *S. zygaena* como un consumidor terciario y depredador de alto nivel dentro del ecosistema marino. Se concluye que el tiburón martillo es un depredador con gran plasticidad trófica que adapta su dieta a la disponibilidad del entorno y a los cambios ambientales. Su posición como depredador tope subraya su importancia ecológica en el control de las poblaciones marinas y resalta la urgencia de implementar un manejo pesquero sostenible debido a la fuerte presión comercial que enfrenta la especie.

Palabras clave: Ecología trófica, *Sphyrna zygaena*, Contenido estomacal, Depredador tope.



INTRODUCCIÓN

Los condriictios son una clase de peces cuyo nombre significa “peces cartilaginosos”, debido a que su esqueleto está compuesto por cartílago flexible, con ausencia de hueso; son el grupo de peces con mayor permanencia en el planeta ya que existen registros fósiles desde hace 400 millones de años; En esta clase se encuentran dos subclases: Holocephali (quimeras) teniendo un menor número de especies y Elasmobranchii (tiburones y rayas) siendo la subclase con mayor número de especies (Compagno *et al.*, 2005).

Estos organismos se distribuyen en todos los océanos del mundo, habitando un amplio intervalo de profundidades, desde zonas someras hasta zonas oceánicas (Compagno, 1990). Con casi 1,200 especies vivas, los condriictios son considerados uno de los grupos evolutivamente más exitoso por su adaptación a una amplia variedad de hábitats (García-Núñez, 2008).

Por otra parte, los tiburones en muchas partes del mundo son explotados como especie objetivo y en otros casos forman parte de la pesca incidental (Applegate *et al.*; 1979). Para México, la pesquería de tiburón es una de las más importantes en el Pacífico (Soriano-Velásquez *et al.*; 2006). Los primeros informes que se tienen sobre la pesquería del tiburón en el país datan de fines del siglo pasado XIX (1890-1900), cuando en el estado de Baja California Sur, se llevaron a cabo las primeras exportaciones de aletas de tiburón hacia el mercado oriental (Hernández, 1971). Se tiene el registro que para junio de 1939 se efectuó la primera exportación de hígados de tiburón del Puerto de Guaymas, en el estado de Sonora a la Ciudad de Los Ángeles, California, E.U.A (Castillo-Géniz, 2001).

Los tiburones representan el 2.5% de la producción pesquera de México y están detrás únicamente de organismos como la sardina, la anchoveta, el atún y la mojarra (Castillo-Géniz & Márquez-Farías, 1993), en donde la pesquería dirigida a los tiburones presenta un valor bajo en relación con otras pesquerías comerciales, siendo esta razón por la que no se le ha dado la prioridad en investigaciones y gestión pesquera (Lack & Sant, 2006b).

Por ello, es crucial asegurar que su explotación sea legal, sustentable y trazable, para la conservación de la biodiversidad en los océanos, el bienestar de las comunidades pesqueras y la seguridad alimentaria (Sosa-Nishizaki *et al.*, 2022).

Es importante mencionar que la demanda comercial internacional de tiburones ha crecido en años recientes, ocasionando una explotación ascendente para algunas especies, tan solo entre el periodo de 1990 y 2003 la captura declarada de tiburones tuvo un incremento del 20% y las explotaciones de sus productos se duplicaron (Lack & Sant, 2006b).

La característica pesquera más sobresaliente de los tiburones es porque prácticamente todas las partes de sus cuerpos pueden ser utilizadas: aletas, piel, carne, hígado y dientes, y todas poseen un valor comercial significativo; así mismo los tiburones representan un recurso importante para las ciencias biomédicas por ser fuente de sustancias medicinales y excelentes animales para pruebas de laboratorio, ya que de la sangre de algunas especies se obtienen sustancias anticoagulantes que se emplean en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, parte de su esqueleto cartilaginoso se utiliza para tratamientos de quemaduras y para estudios inmunológicos y lo más sorprendente es que en los Estados Unidos las córneas provenientes de tiburones han sido usadas como exitosos substitutos de las humanas (Castillo-Géniz, 2001).

Dentro del orden Carcharhiniformes, los tiburones conocidos como “cornudas” o “tiburón martillo” pertenecen a la familia Sphyrnidae. Esta familia se clasifica en dos géneros: *Sphyrna*, que comprende ocho especies, y *Eusphyrna*, el cual es un género monotípico (Compagno, 1984). Estos organismos poseen como rasgo distintivo la expansión lateral y aplanada de la cabeza, conocida como cefalofolio o martillo. Dicha estructura otorga al tiburón una visión binocular superior y una mejor percepción de profundidad.

El tiburón martillo es un grupo que se captura frecuentemente por medio de palangres, redes superficiales y de fondo (Vannuccini, 1999), también se captura de forma incidental ya que las cornudas suelen tener patrones que hacen que sus hábitats y rutas migratorias se superpongan con especies de mayor valor comercial. Aunque las especies de mayor tamaño, se pescan tanto comercialmente como en pesca deportiva.

Específicamente el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) o *cornuda prieta*, es una especie semipelágica de distribución global en aguas tropicales, subtropicales y templadas; siendo particularmente más abundante en zonas templadas debido a su mayor tolerancia a aguas frías en comparación con otras especies de su género (Compagno, 1984; Santos y Coelho, 2018).

Esta especie se distribuye en el Océano Pacífico Oriental, en donde se encuentra desde las costas de California hasta el Golfo de California y desde Panamá hasta Chile, incluyendo las Islas Galápagos y las Islas de Hawái, en el Océano Pacífico Occidental, presente desde Japón hasta Vietnam y en la costa sur de Australia y Nueva Zelanda (Compagno, 1984). También se encuentra presente en el Mar Mediterráneo (aunque ha desaparecido en algunas de sus zonas), las costas desde el sur de Inglaterra hasta Costa de Marfil y en el Océano Atlántico Occidental se encuentra desde las costas de Nueva Escocia hasta el Mar Caribe y en el sur en Uruguay y Argentina (Compagno, 1984; Fig. 1).

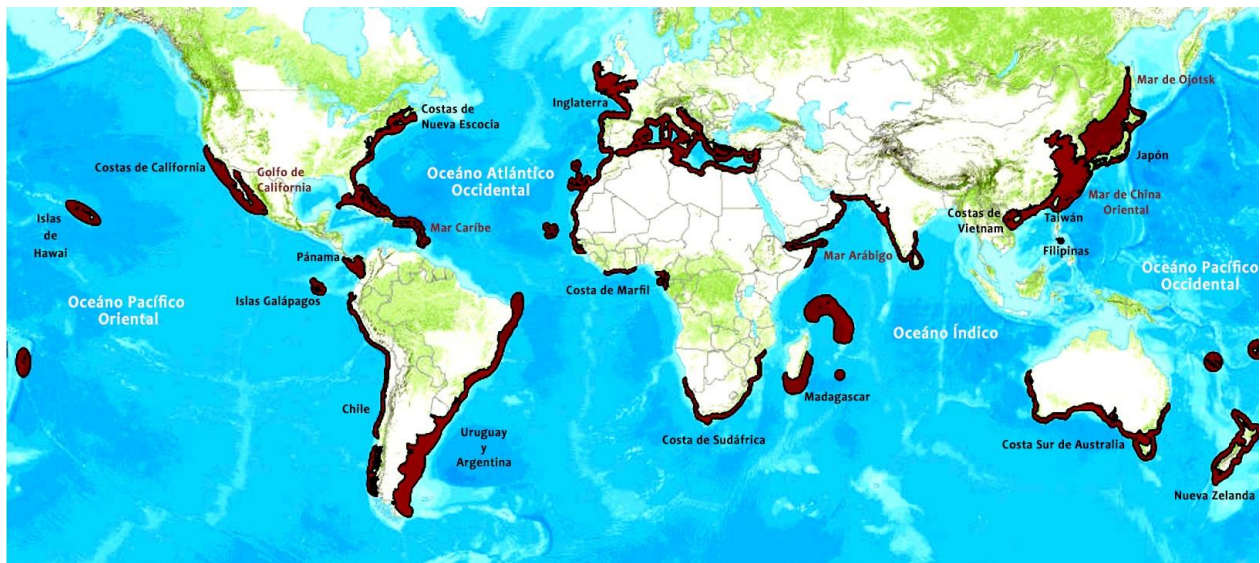


Fig. 1. Distribución mundial de *S. zygaena* (Modificado por la autora, tomado de UICN, 2019).

A lo largo de su rango de distribución, el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* suele encontrarse tanto en las proximidades de la costa como sobre la plataforma continental (Compagno *et al.*, 2005), habitualmente en profundidades de al menos 200 m, aunque puede alcanzar hasta los 500 m (Ebert *et al.*, 2013; Weigmann, 2016). Asimismo, se

considera que estas poblaciones utilizan zonas resguardadas cercanas a la costa como áreas de crianza o reproducción (Compagno *et al.*, 1995).

Sphyrna zygaena se caracteriza por presentar lóbulos cefálicos largos y estrechos con un margen anterior sin la presencia de una hendidura o muesca central, la región anterior de la cabeza es intensamente achatada y expandida lateralmente a modo de martillo y presenta los ojos ubicados en los bordes externos (Compagno *et al.*, 1995; Fig. 2).

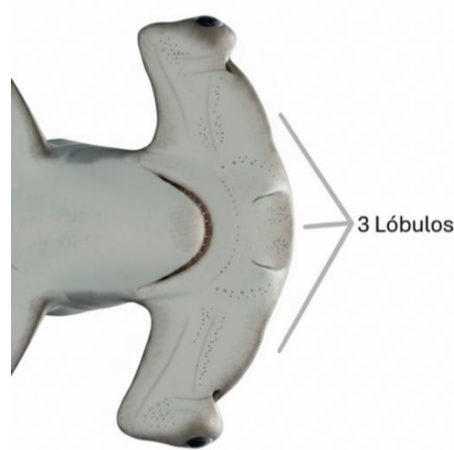


Fig. 2. Vista ventral de la cabeza del tiburón *Sphyrna zygaena* (Imagen de la autora).

Presenta coloración oliva oscuro o marrón grisáceo en el dorso y más claro o blanco en el vientre; en algunos individuos es posible encontrar la punta de la cara ventral de las aletas pectorales oscuras (Compagno, 1984).

Sphyrna zygaena es la especie de tiburón martillo más oceánica, y suele abandonar los hábitats costeros a los 2-3 años de edad (Clarke *et al.*, 2015). La talla aproximada de nacimiento es de 60 cm longitud total (LT) (Smale, 1991; Compagno, 1995; Tricas *et al.*, 1998), siendo de los peces más grandes del Pacífico, con 250 a 350 cm de longitud total (Ferrari & Ferrari, 2001), llegando a alcanzar una talla máxima de hasta 400 centímetros de longitud (Fowler *et al.*, 2005; Fig. 3).



Longitud Total: 60–400 cm

Fig. 3. Ilustración del tiburón *Sphyrna zygaena*. Imagen modificada por la autora, tomada de la ilustradora Kelly Quinn (s.f.).

Son organismos vivíparo-placentarios (Wourms, 1977), con un alto número de crías, que puede ir de 20 a 49 ejemplares por camada (Stevens, 1984), con un período de gestación de 10 a 11 meses (Compagno, 1984). Las hembras llegan a su madurez sexual al medir entre 246 y 265 cm de longitud total (Stevens, 1984; Castro & Mejuto, 1995). Mientras que los machos maduran entre los 250 y 260 cm de LT (Stevens, 1984). Las edades máximas observadas son de 24 años para las hembras y 25 años para los machos (Rosa *et al.*, 2017).

Cabe resaltar que la cornuda prieta está clasificada como especie vulnerable, de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza IUCN (Rigby *et al.*, 2019). Por lo anterior, se requieren datos más sólidos y específicos de la especie, así como un seguimiento más exhaustivo de las capturas, para mejorar la precisión de las estimaciones de captura en futuras evaluaciones del grupo.

Estudiar los hábitos alimentarios a través del tiempo y el espacio es de suma importancia, considerando que este tipo de investigaciones permite comprender el papel ecológico de la especie, algunas de sus relaciones con el ambiente que habita, así como sus requerimientos energéticos (Álava, 2013).

ANTECEDENTES

A nivel mundial existe una escasa información sobre la biología de *S. zygaena*, incluyendo información sobre sus hábitos alimentarios. Sin embargo, existen algunos trabajos destacados al respecto (Tabla 1).

Stevens (1984) realizó un estudio de *S. zygaena* en Nueva Gales del Sur, Australia, en donde registró una captura de machos de 100-240 cm longitud total y hembras con una talla de 140-300 cm de longitud total. De igual manera, mencionó que el alimento que más predomina en la dieta de la cornuda prieta de esa región son los cefalópodos y en menor medida los peces.

Galván *et al.* (1989) realizaron una investigación en el Golfo de California, en donde reportaron los hábitos alimentarios de *S. zygaena*, mencionando que esta especie tiene preferencias en su dieta por los peces *Strongylura exilis*, *Aetobatus narinari* y por cefalópodos *Histioteuthis heteropsis* y *Onychoteuthys banksii*.

Smale (1991) realizó un estudio sobre la alimentación de tres tiburones, *Carcharhinus brachyurus*, *Carcharhinus obscurus* y *S. zygaena*, en la costa oriental de Sudáfrica, registrando que la alimentación de *S. zygaena* está dominada por el calamar europeo *Loligo v. reynaudii*, seguida de peces y crustáceos.

Smale & Cliff (1998) realizaron un estudio con cefalópodos en Kwazulu-Natal, Sudáfrica, para ver qué especies de tiburones los consumen, concluyendo que alimentan a cuatro especies de tiburones: *Sphyrna zygaena*, *Sphyrna mokarran*, *Galeocerdo cuvier* y *Sphyrna lewini*; también se encontró que *S. zygaena* tiene una preferencia por los cefalópodos de la familia Loliginidae, Sepiidae y Ancestrocheridae.

Castañeda & Sandoval (2004) realizaron un trabajo en el Pacífico ecuatoriano sobre los hábitos alimenticios de *S. zygaena* y *S. lewini*, en donde se encontró que *S. zygaena* basa su alimentación principalmente en cefalópodos de las especies *Dosidicus gigas*, *Sthenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*.

Estupiñán & Cedeño (2005) analizaron la dieta de *S. zygaena*, *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis*, en el área de Manta Ecuador; en donde examinaron 179

estómagos de *Sphyrna zygaena*, reportando que las presas de mayor importancia en el espectro trófico fueron cefalópodos como *Dosidicus gigas*, *Sthenoteuthis oualaniensis*, *Gonatus spp*, *Lolliguncula (Loliolopsis) diomedae* e *Histioteuthis spp*; y *Auxis thazard* siendo este uno de los peces presa de *S. zygaena* con mayor importancia.

Bolaño (2006) realizó un estudio acerca de la dieta de los juveniles del tiburón martillo *S. zygaena*, en el puerto pesquero de Santa Rosa del Cantón Salinas, en Ecuador, durante el periodo de mayo a diciembre del 2004, obteniendo información de 206 tiburones, en donde las principales especies presas en la dieta fueron: *Dosidicus gigas*, *Lolliguncula diomedae* y *Sthenoteuthis oualaniensis*. Los peces que también se encontraron conformando parte de la dieta fueron de la familia Exocoetidae, *Auxis thazard* y *Opisthonema libertate*.

Otro estudio fue el conducido por Bornatowski *et al.* (2007) en dos comunidades de pesca artesanal en las ciudades Guaratabu (Paraná) e Itapoá (Santa Catarina), en el sur de la Costa Brasileña, en donde trabajaron con los hábitos alimentarios de tiburones en estadio juvenil de *Sphyrna zygaena*, identificando las categorías más importantes: los teleósteos (78.6%) y los cefalópodos (60.7%), estos grupos representados por las sardinas *Clupeola harengula* y el calamar *Loligo spp.*, respectivamente, siendo ambos considerados los principales alimentos de *S. zygaena* en la región estudiada.

En otra investigación, la cual fue realizada por Ochoa (2009) sobre los hábitos alimentarios de *Sphyrna zygaena*, se analizó el contenido estomacal en la Costa occidental de Baja California Sur. La autora registró que las especies de cefalópodos más consumidas fueron: *Dosidicus gigas* con un 75%, *Onychoteuthis banksii* con un 11%, *Sthenoteuthis oualaniensis* representando un 8% y *Ancistrocheirus lesueurii* con 4%.

El estudio más reciente corresponde al de Vélez (2021), en donde determinó el espectro trófico de *Sphyrna zygaena* desembarcado en el Puerto de Santa Rosa, Ecuador. Los muestreos se realizaron entre octubre del 2019 a enero del 2020, y se analizó el contenido estomacal de 117 ejemplares juveniles, los cuales presentaron como longitud total media una moda de 120 cm. Así mismo, se determinó que el 60% de los tiburones estarían entre los seis y siete años. El espectro trófico fue amplio y estuvo conformado por 538 ítems presa de las cuales el 68,8% pertenecieron al Phylum Mollusca

y el 32% al Chordata, lográndose identificar 52 especies de las cuales 11 fueron cefalópodos y 41 peces, siendo *D. gigas* la principal fuente de alimento de la especie con una representación del 53.7%, teniendo como presas secundarias a *S. oualaniensis* (13.8%), *L. diomedea* (13.7%), *M. gayi* (12.5%) y *A. lesueuri* (3.2%).

Tabla 1. Análisis comparativo de la composición taxonómica de la dieta de *Sphyrna zygaena* a nivel global (Elaboración de la autora, basada en la revisión bibliográfica de antecedentes internacionales).

Autor(es)	Año	Ubicación	Cefalópodos	Peces	Crustáceos	Condriictios
Stevens	1984	Australia (NSW)				
Galván et al.	1989	México (G.California)				
Smale	1991	Sudáfrica (C.Oriental)				
Smale & Cliff	1998	Sudáfrica (KZN)				
Castañeda & Sandoval	2004	Ecuador (Pacífico)				
Estupiñán & Cedeño	2005	Ecuador (Manta)				
Bolaño	2006	Ecuador (Santa Rosa)				
Bornatowski et al.	2007	Brasil (Sur)				
Ochoa	2009	México (B.C.S.)				
Vélez	2021	Ecuador (Santa Rosa)				

HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa (Ha)

El patrón de la dieta del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en la costa occidental de Baja California Sur, México, será similar a las dietas reportadas globalmente, caracterizándose por una composición trófica dominada por cefalópodos, seguida en importancia por peces óseos.

Hipótesis nula (Ho)

No existe diferencia significativa en la composición de la dieta del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en la costa occidental de Baja California Sur, México, en comparación con las dietas reportadas globalmente, por lo que la proporción de cefalópodos no será la presa dominante.

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir los hábitos alimentarios del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en la Costa occidental de Baja California Sur, por medio del análisis de contenido estomacal.

Objetivos específicos

-  Analizar el contenido estomacal de ejemplares de *Sphyrna zygaena* obtenidos a partir de la pesca artesanal en la costa occidental de Baja California Sur, México.
-  Identificar hasta el mínimo taxón posible las presas que conforman la dieta del tiburón *Sphyrna zygaena*.
-  Determinar y medir la conformación del espectro trófico de *S. zygaena*.
-  Comparar la dieta entre los distintos grupos a estudiar (sexo, estadio de madurez, zonas y por años).
-  Identificar el traslapo alimentario entre los grupos de estudio (sexo, estadio de madurez, zonas, y los diferentes años de estudio).
-  Determinar la amplitud trófica de *S. zygaena*.
-  Calcular el nivel trófico de *S. zygaena*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

Los muestreos se realizaron en los campos pesqueros de Punta Lobos y Bahía Tortugas en Baja California Sur (Fig. 4). Punta Lobos se encuentra ubicado en el extremo sur de la costa occidental de Baja California Sur, entre los paralelos 23°25' de Latitud Norte y 110° 14' de Longitud Oeste (Ramírez-Amaro *et al.*, 2013). Esta zona posee características oceanográficas particulares, debido a que presenta una estrecha plataforma continental de menos de 37 km (Ramírez-Amaro *et al.*, 2013), y pueden encontrarse profundidades de 800 m cerca de la costa (Álvarez-Borrego, 1983).

Bahía Tortugas, se encuentra ubicada en el norte de la costa occidental de Baja California Sur, entre los paralelos 27°41' de Latitud Norte y 114°53' de Longitud Oeste. El campo pesquero, perteneciente a esta localidad, se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, México (Carabias *et al.*, 2000).

De manera general, la costa occidental de Baja California se encuentra influenciada por dos sistemas de corrientes: la Corriente de California y la Corriente Norecuatorial, las cuales aportan agua fría con temperatura de < 22°C, zonas de surgencias y salinidades intermedias (Álvarez-Borrego, 1983).

La primera corriente de tipo superficial (0 a 300 m de profundidad; Durazo *et al.*, 2005; Gaxiola-Castro & Durazo, 2010) y de origen templado-frío, lo que le confiere sus características. La mayor parte de los recursos vivos que se encuentran en esta corriente son de origen templado, y se caracterizan por ser más abundantes, pero menos diversos, a diferencia de los mares tropicales (Hernández, 1987). Esta característica, en parte, impone una estrategia de explotación de tipo industrial, orientada a capturar y procesar grandes volúmenes de recursos pesqueros (Hernández, 1987).

La segunda es la Corriente Norecuatorial, con características marcadas de zona de transición templado-tropical, esta zona presenta, en años cálidos, intrusiones importantes de especies tropicales (Hernández, 1987).

En el sur de la península de Baja California se encuentran tres masas de aguas de distintas propiedades: la masa de agua del Golfo, la masa de agua del Pacífico Oriental Tropical y la masa de agua de la Corriente de California (Álvarez-Borrego, 1983), provocando una alta productividad por el florecimiento de plancton (Álvarez-Arellano, 1987; Franks, 1992; Torres Orozco, 1993).



Fig. 4. Áreas de estudio para el tiburón martillo *S. zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur (Mapa realizado por la autora).

Trabajo de campo

Para determinar los hábitos alimentarios de *Sphyrna zygaena* se realizaron muestreos durante los meses de febrero del 2015 a septiembre del 2016, en los campos de pesca artesanal: Punta Lobos y Bahía Tortugas. Los ejemplares son capturados por los pescadores con ayuda de redes superficiales, redes de fondo y/o palangres.

De cada organismo capturado, se tomaron las siguientes medidas morfológicas con la ayuda de un flexómetro (Fig. 5): longitud total (LT), longitud furcal (LF), longitud precaudal (LPC) y longitud interdorsal (LI). Para la toma de estas medidas, se procuró que la posición de los ejemplares fuera lo más lineal posible, siguiendo las recomendaciones de Compagno (1984). De igual manera, se determinó el sexo considerando la presencia/ausencia de claspers o gonopterigios (la presencia de gonopterigios determina a los machos y ausencia para el caso de las hembras). Posteriormente, empleando encuestas a los pescadores se determinó el método de pesca utilizado en cada campo pesquero.

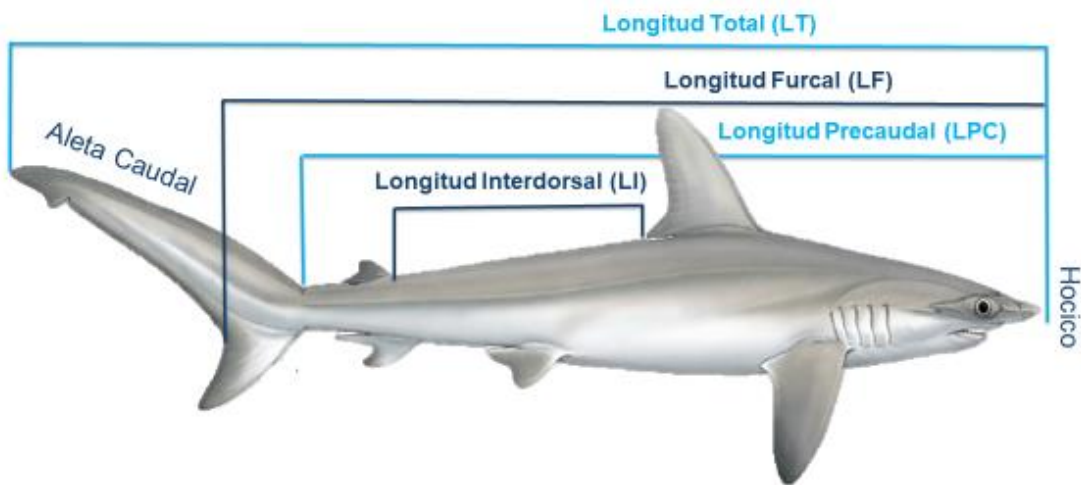


Fig. 5. Medidas morfométricas tomadas en ejemplares de *Sphyrna zygaena*, según los criterios establecidos por Compagno (1984). Imagen modificada de Shark Trust (2010); ilustrador: Marc Dando.

Para la obtención de los estómagos, en cada ejemplar se realizó una disección mediante corte longitudinal en la parte ventral con la ayuda de un bisturí. Posteriormente cada estómago fue observado para poder clasificarlo de acuerdo con el volumen de llenado que representaba asignándose un número conforme a la propuesta de Stillwell & Kohler (1982; Tabla 2):

Tabla 2. Escala numérica propuesta por Stillwell & Kohler (1982), la cual categoriza el estado de vacuidad y llenado estomacal, desde el nivel 0 (vacío) hasta el nivel 4 (75-100%).

Nivel	Descripción	Porcentaje de Llenado
0	Vacío	0%
1	Escaso	1% - 25%
2	Moderado	25% - 50%
3	Abundante	50% - 75%
4	Lleno	75% - 100%

Después, el contenido estomacal fue almacenado inmediatamente en bolsas de plástico etiquetadas con la información del organismo, las cuales se congelaron, colocándolas en hieleras térmicas para su posterior traslado al Laboratorio de Ecología de Peces del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN) ubicado en la ciudad de La Paz, Baja California Sur.

Trabajo en laboratorio

Una vez en el laboratorio, se separaron las presas del contenido presente en cada estómago obtenido, considerando los diferentes grupos taxonómicos a los que pertenecían (cefalópodos, peces, etc.). Posteriormente los grupos se pesaron en una balanza y se les asignó el estado de digestión, siguiendo el protocolo de Galván (1999; Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación del estado de digestión de las presas encontradas en los estómagos de *Sphyrna zygaena*. Escala adaptada de Galván (1999).

Estado	Categoría	Observaciones
1	Presas Frescas	Piel, escamas y estructuras externas.
2	Digestión Inicial	Pérdida parcial de estructuras (sin piel o escamas), pero organismo identificable.
3	Digestión Avanzada	Presencia únicamente de partes aisladas del cuerpo (picos, plumas, trozos).
4	Restos Duros / MONI	Estructuras duras (otolitos, picos erosionados) y Materia Orgánica No Identificada.

Para la precisión taxonómica de los peces óseos presa hallados y catalogados en estado digestivo 1, se utilizó la Guía FAO para la identificación de especies para los fines de pesca de Fischer *et al.* (1995). En el caso de las muestras clasificadas en los estados digestivos 2 y 3, se llegó a la determinación taxonómica considerando el esqueleto axial, los cráneos, y vertebras, utilizando los catálogos de peces de Barrera (2008), Clothier & Baxter (1969), Díaz (2006), Froese & Pauly (2017), Sánchez (2013), Soto (2014) y la guía de Clothier (1950).

Posteriormente, los resultados se validaron utilizando la colección de esqueletos de peces, disponible en el laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR - IPN. Para validar la información taxonómica se revisó el Catálogo de peces de Eschmeyer's (Fricke, *et al.*, 2025) y se consultó la base de datos de FishBase de Froese & Pauly (2025).

Para los peces cartilaginosos, la identificación de la familia Mobulidae se realizó mediante el análisis de caracteres morfológicos externos (ejemplar casi completo), siguiendo la clave taxonómica de McEachran & Notarbartolo (1995) en la Guía FAO de Fischer *et al.* (1995), validando los datos científicos con las bases de datos actualizadas de FishBase de Froese & Pauly (2025) y WoRMS (2025).

La identificación de los decápodos, se realizó por medio del análisis de los exoesqueletos y/o por restos duros siguiendo la Guía FAO de Fischer *et al.* (1995). Para validar la información taxonómica se revisó el Deca Net (Lista Mundial de Decápodos; 2025) y el WoRMS (2025).

En el caso de la familia Cheloniidae, se revisó la guía de identificación de “La Anatomía de las Tortugas Marinas” de Wyneken (2004).

Por otro lado, para las presas pertenecientes a la familia Delphinidae, la determinación taxonómica se realizó mediante el análisis de restos orgánicos y anatomía comparada, contando con el criterio experto del Dr. Fernando R. Elorriaga-Verplancken, especialista del Laboratorio de Ecología y Conservación de Mamíferos Marinos (CICIMAR-IPN) (comunicación personal, 2016). Este procedimiento permitió validar la presencia de mamíferos marinos en la dieta, asegurando la precisión de los datos a pesar del avanzado grado de digestión de las muestras, lo cual imposibilitó el uso de claves taxonómicas convencionales.

Debido a que los cefalópodos presentan una rápida tasa de digestión de las partes blandas del cuerpo, se utilizaron las piezas bucales conocidas como “Picos” (Fig. 6), los cuales al estar compuestos por quitina no son de fácil digestión, permitiendo de esta manera su identificación mediante el uso de claves especializadas como las de Wolff (1982 y 1984), Clarke (1986), el manual de Kubodera *et al.* (2005), la guía de Iverson & Pinkas (1971) y el trabajo de Chen, Xinjun *et al.* (2012). Posteriormente fueron corroboradas con ayuda de estructuras que forman parte de la colección de picos de cefalópodos, presentes en el laboratorio de Ecología de Peces del CICIMAR - IPN.

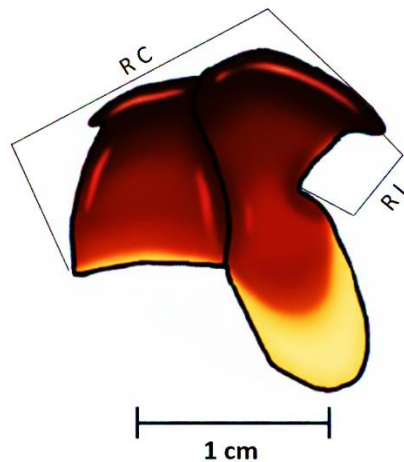


Fig. 6. Vista lateral de la pieza bucal inferior de los cefalópodos (pico), indicando los respectivos nombres de las medidas a tomar en cuenta en el estudio: longitud rostral (RL) y longitud de la cresta (RC; longitud de punta rostral a la esquina posterior interna de la pared lateral). Imagen realizada por la autora.

Considerando el aporte en peso que los cefalópodos representan, el cual pudiera estar relativamente sesgado por su rápida digestión, se utilizó el retrocálculo con el fin de estimar el peso total de los cefalópodos (Tabla 4). Para esto, se midió de cada pico inferior la longitud rostral (RL) y de la punta rostral a la esquina posterior interna de la pared lateral (RC; Fig. 5), con ayuda de un calibrador digital de la marca VWR de 150 mm y una precisión de 0.02 mm. Las fórmulas de los retrocálculos fueron obtenidas de trabajos realizados por Clarke (1986), Wolff (1982) y Tripp (s.f., datos no publicados).

Es importante mencionar que tanto para los ejemplares del género *Octopus* spp., la especie *Japattella heathi*, para los peces en general y para el resto de las presas encontradas dentro de la dieta de *S. zygaena*, no fue posible realizar una estimación similar a la de los cefalópodos que permitieran estimar el peso total de los organismos que se encontraron en estados digestivos avanzados, esto debido a que no se conocen estimaciones de retrocálculo para este tipo de presas encontradas en la dieta de estos tiburones, así como tampoco lo hay para las tallas que presentan dichas presas encontradas.

Tabla 4. Fórmulas de Retrocálculos aplicadas para obtener el peso de Cefalópodos. Donde: ln= logaritmo natural; w= peso retrocalculado; RL= longitud rostral del pico inferior; RC= longitud de la punta rostral a la esquina posterior interna de la pared lateral.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	FORMULA PARA PICO INFERIOR
Cephalopoda				
	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis dofleini</i>	$\ln w = 1.342 + 2.44 \ln RL$
	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula</i> spp.	$\ln w = 2.12 + 2.91 \ln RL$
		Argonautidae	<i>Argonauta</i> spp.	$w = 0.197 e^{0.489 \cdot RC}$
	Oegopsida	Gonatidae	<i>Gonatus berryi</i>	$\ln w = -0.655 + 3.33 \ln RL$
			<i>Gonatus californiensis</i>	$\ln w = -0.655 + 3.33 \ln RL$
		Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	$\ln w = 0.184 + 288 \ln RL$
		Octopoteuthidae	<i>Octopoteuthis sícula</i>	$\ln w = 0.166 + 2.31 \ln RL$
		Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	$\ln w = 1.69 + 2.48 \ln RL$
			<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	$\ln w = 0.892 + 3.0 \ln RL$
		Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	$\ln w = 0.58 + 3.70 \ln RL$
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	$\ln w = 0.976 + 2.83 \ln RL$
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	$\ln w = -0.194 + 3.56 \ln RL$
		Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	$\ln w = 2.855 + 3.06 \ln RL$

Trabajo de gabinete

Curvas de diversidad acumulativa

Una vez que las presas fueron catalogadas al nivel taxonómico más bajo factible, se determinó si la cantidad de aparatos digestivos examinados fue adecuada para representar la dieta de *Sphyrna zygaena*, evaluando el resultado con curvas de diversidad acumulativa, para lo cual se calculó el índice de Shannon - Wiener, empleando el software de Estimate S v8.2.0 (Colwell, 2006), esto con el fin de conocer la diversidad, y poder hacer una representación gráfica de la media, los valores máximos y mínimos. Además, se determinó el coeficiente de variación (C.V.), para establecer el número mínimo de estómagos requeridos para caracterizar la alimentación, considerando que se alcanza una asíntota cuando el valor del C.V. es igual ó <0.05 (Polo - Silva *et al.*, 2013).

Dichas curvas de acumulación se calcularon para la totalidad de las muestras, para las distintas categorías del estudio: por sexos (machos y hembras), por etapas de desarrollo (juveniles y adultos), tomando en cuenta las diferentes áreas de captura (Bahía Tortugas y Punta Lobos) y por periodos anuales (es decir, 2015 y 2016).

El propósito de esta diferenciación fue verificar que cada clasificación estuviera adecuadamente representada por las muestras obtenidas.

Análisis cuantitativo del espectro trófico

Con el objetivo de identificar cuáles fueron las presas con la mayor relevancia, se implementaron los siguientes métodos de cuantificación, según lo establecido por Pinkas *et al.*, (1971):

Método numérico (%N)

Se registró la cantidad de cada presa devorada por el depredador, y este valor se expresó en porcentajes con respecto al número total de presas que se encontraron en el total de estómagos, aplicando la siguiente formula:

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

Donde:

N = Método numérico

n = Número total de cada presa identificada

NT = Número total de presas encontradas en los estómagos B}

Método gravimétrico (%G)

Se determinó la biomasa acumulada por las presas en los respectivos estómagos, utilizando una balanza de precisión digital Ohaus Compact Scales, CS 200 de 200 g x 0.1 g. El peso de cada especie presa fue expresado como un porcentaje del peso total de las presas halladas en los estómagos, aplicando la siguiente formula:

$$\%G = (g * 100) / GT$$

Donde:

G = Método gravimétrico

g = Peso total de un grupo presa

GT = Peso total de las presas encontradas en los estómagos

Método de frecuencia de aparición (%FA)

Con este método se obtuvo la frecuencia con la que se encuentra una determinada especie presa. Los resultados se expresan como porcentaje de una especie con respecto al número total de estómagos con alimento analizado, mediante la siguiente formula:

$$\%FA = N / NE * 100$$

Donde:

FA = Frecuencia de aparición

N = Número de estómagos en el cual aparece un determinado tipo de presa

NE = Número total de estómagos con alimento

Índice de importancia relativa específica de la presa (%PSIRI)

A partir de los datos resultantes de la aplicación de los índices previamente descritos, se procedió a calcular la conformación de la dieta de *S. zygaena* a través del Índice de Importancia Relativa Específica de la Presa (%PSIRI), formulado por Brown *et al.* (2012).

Esta herramienta determinó la relevancia de cada presa, incluyéndose en este análisis, la totalidad de los grupos presa; no obstante, para facilitar la comparación con otras investigaciones, se excluyeron todos los restos, siguiendo la fórmula:

$$\%PSIRI = \frac{\%FA_i + (\%N_i + \%G_i)}{2}$$

Donde:

%FA = Porcentaje de frecuencia de aparición

%N = Porcentaje de la abundancia numérica de la presa

%G = Porcentaje de la abundancia gravimétrica de la presa

Índices ecológicos

Índice de diversidad Shannon & Weaver

Se evaluó la diversidad de las presas ingeridas mediante el índice de Shannon & Weaver (1963). Este se fundamenta en la riqueza de especies y la abundancia relativa hallada en los estómagos del depredador. Los valores resultantes oscilan generalmente entre 0 y 6. Cuando el rango se sitúa entre 0 y <3, se infiere una dieta con escasa diversidad, la cual está controlada por un limitado conjunto de especies; por el contrario, valores de 3 a 6 denotan una dieta diversa, compuesta por múltiples especies (Margalef, 1969).

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i * \log_2(P_i)$$

Donde:

H' = índice de Shannon & Weaver

n = Número de especies presas identificadas

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

Índice de Levin

Con el propósito de conocer si la especie *S. zygaena* manifestaba una especialización por los recursos alimentarios disponibles en los grupos de análisis, se empleó el índice de Levin (Krebs, 1999), el cual está definido por la siguiente formula:

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

Donde:

B_i= índice de Levin para el depredador i.

P_{ij} = Proporción de la dieta del depredador i que utiliza la presa j.

n = Número total de especies presas

Dicho índice abarca valores desde cero (0) hasta uno (1), En el caso de que los resultados sean <0.6, se concluye que el depredador es especialista, lo cual significa que aprovecha una cantidad reducida de recursos y muestra inclinación por determinadas presas. Por el contrario, si los valores son >0.6, su espectro alimentario se considera generalista, demostrando que consume un abanico más amplio de recursos sin una selección previa (Krebs, 1999).

Índice de Amundsen

El índice mencionado establece un mecanismo alternativo para conocer la estrategia alimentaria de una especie, la cual se evidencia al graficar la abundancia de las presas en contraste con la frecuencia de aparición (Amundsen *et al.*, 1996). Para calcular este índice, se empleó la siguiente formula:

$$P_i = \frac{\sum S_i}{\sum S_{ti}} 100$$

Donde:

P_i = La abundancia específica (número, masa o volumen) de la presa i

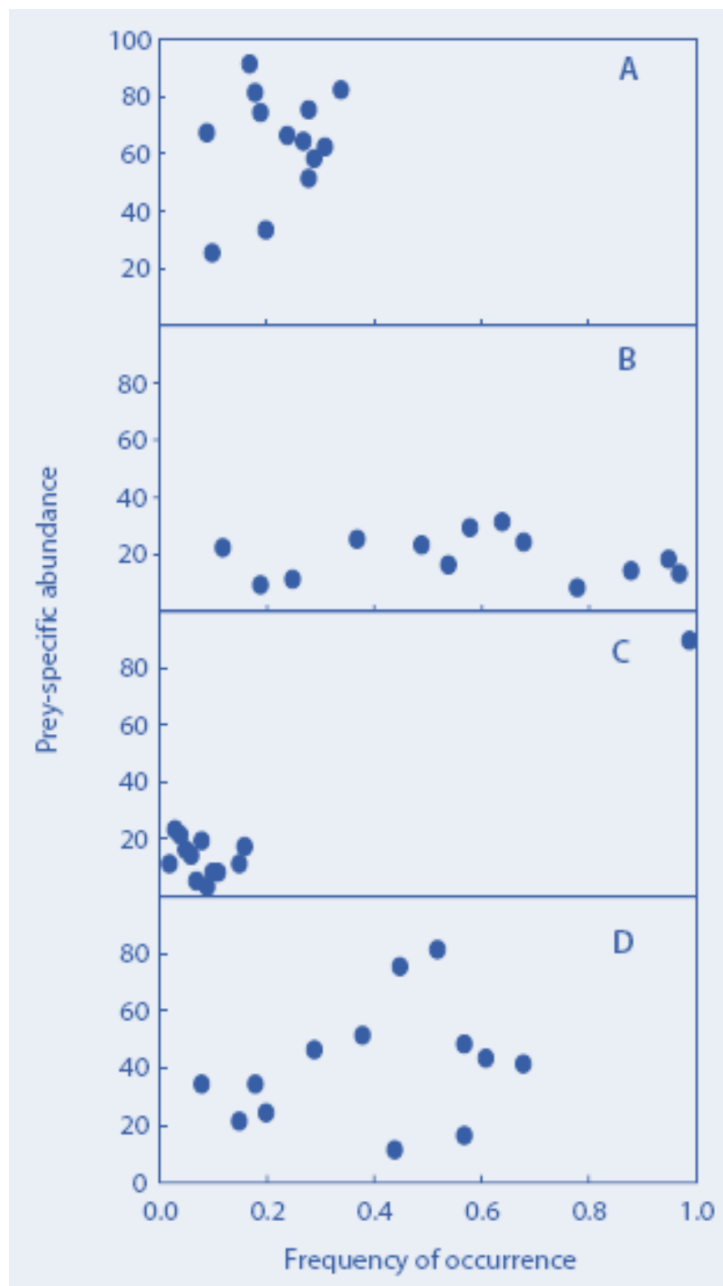
S_i = La abundancia de la presa i en los estómagos

S_{ti} = La abundancia total de presas en los depredadores que tienen la presa i

De acuerdo con la distribución de las especies presa en la gráfica generada, se podrá determinar si *S. zygaena* adopta una estrategia alimentaria especializada o generalista, junto con su relevancia dentro de la dieta (figuras 7 y 8).



Fig. 7. Grafico propuesto por Amundsen *et al.* (1996) en donde se compara la abundancia de las presas contra la frecuencia de aparición.



A) Especialización en distintos tipos de presas.

B) Dieta más generalizada y superior dentro de la variación individual en la amplitud de dieta.

C) Especialización en un solo tipo de presa mientras que consumen otras presas solo ocasionalmente.

D) Estrategia de alimentación mixta en la que algunos individuos tienen una dieta especializada y otros una estrategia de alimentación más generalizada.

Fig. 8. Tipos de estrategias alimentarias propuestas por Amundsen *et al.* (1996) con base en las abundancias y frecuencias de aparición de cada presa en la dieta del predador.

Prueba de similitud (ANOSIM)

Se determinó la prueba de similitud ANOSIM de Clarke & Gorley (2006), utilizando el programa PRIMER 6 v6.1.6 (PRIMER-E, 2006): esto para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas en la composición de la dieta:

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

Donde:

R = Similitud

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

r_W = Promedio de todos los intervalos de similitud dentro de los sectores

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

Análisis de similitud porcentual (SIMPER)

El análisis de similitud porcentual (SIMPER), basado en la medida de disimilitud de Bray-Curtis (Ludwig & Reynolds, 1988) se utilizó para identificar las principales especies presa de cada categoría (entre sexo, estadio de madurez, zona y años). Este procedimiento permite realizar una comparación de las presas de mayor importancia. Este análisis se ejecutó mediante el programa PRIMER 6 v6.1.6 (Primer-E, 2006), siguiendo la fórmula:

$$S_{ij} = \frac{\sum k \min(Y_{ki}, X_{kj})}{\sum k (Y_{ki} + y_{kj})}$$

Donde:

Y_{ki} y **Y_{kj}** = Las abundancias de la especie presa **k** en las muestras **i** y **j**.

Cálculo de la posición trófica

Con el propósito de establecer la posición trófica del tiburón *S. zygaena*, se recurrió a la ecuación planteada por Christensen & Pauly (1992), apoyándose en los datos del contenido estomacal:

$$PT = 1 + \left(\sum_{j=1}^{11} P_j * PT_j \right)$$

Donde:

PT = Posición trófica

PT_j = Posición trófica asignada a cada presa j

P_j = Proporción de cada grupo de presas j

La ubicación trófica de cada clase de presa se extrajo de las investigaciones de Dambacher *et al.* (2010), Cortés (1999) y Froese & Pauly (2017) en el caso específico de los peces.

RESULTADOS

Caracterización general de la dieta

Se procesaron los datos de 91 ejemplares de *Sphyrna zygaena*, que corresponden al esfuerzo de muestreo y procesamiento original realizado por la autora en el año 2016 en el CICIMAR (La Paz, B.C.S.); de los cuales 84 (92.3%) contenían alimento, tres (3.3%) tenían carnada y cuatro (4.4%) estaban vacíos (Fig. 9). Aunque estos 91 registros biológicos fueron utilizados posteriormente en publicaciones externas (Solis Heredia, 2022), se reitera que la obtención de los datos primarios y la identificación de contenidos estomacales de dichos organismos son de autoría exclusiva de **Sandra Najera Moyotl**. Los resultados que se presentan a continuación se derivan del análisis independiente de esta serie de datos original (ver Declaración de Origen, pág. I).

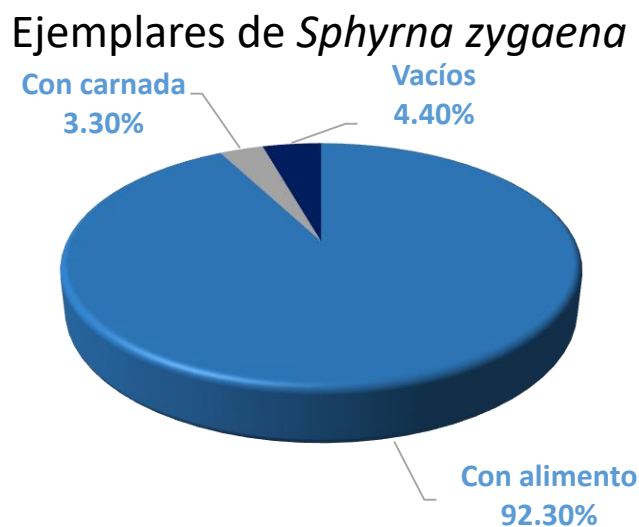


Fig. 9. Gráfica que muestra los datos de los estómagos analizados de *Sphyrna zygaena*. Datos originales generados por la autora.

Se hizo un estudio general y se analizaron las diferencias en la dieta considerando cuatro factores: sexo, localidad, estadio de madurez y años.

Del total de estómagos que presentaron contenido estomacal, 45 correspondían a hembras y 39 a machos (Fig. 10); 24 eran pertenecientes a la zona de Bahía Tortugas y 60 a Punta Lobos (Fig. 11); 62 organismos fueron de estadio juvenil y 22 adultos (Fig. 12). En el año 2015 se obtuvieron estómagos de 44 organismos y en el año 2016 se muestrearon 40 estómagos (Fig. 13).

El intervalo de tallas de los organismos osciló de los 285 cm (LT) del ejemplar más grande mientras que el más pequeño fue de 66 cm (LT), con un promedio general de 171.05 cm (± 48.01 DE).

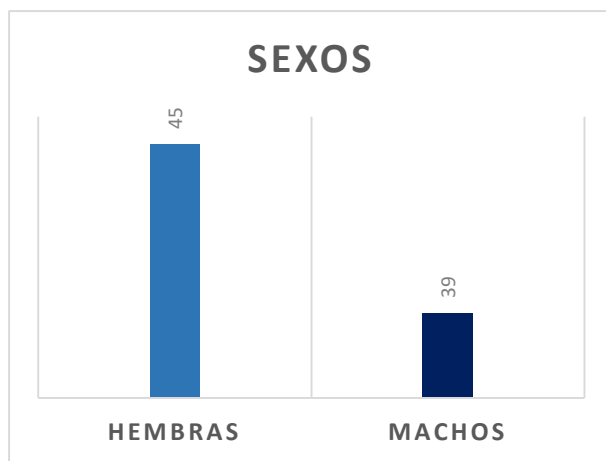


Fig. 10. Comparación entre sexos del total de estómagos de *Sphyrna zygaena*.

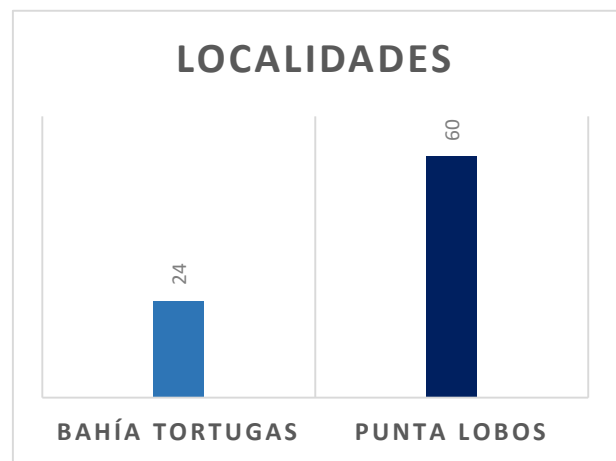


Fig. 11. Comparación entre localidades del total de estómagos de *Sphyrna zygaena*.

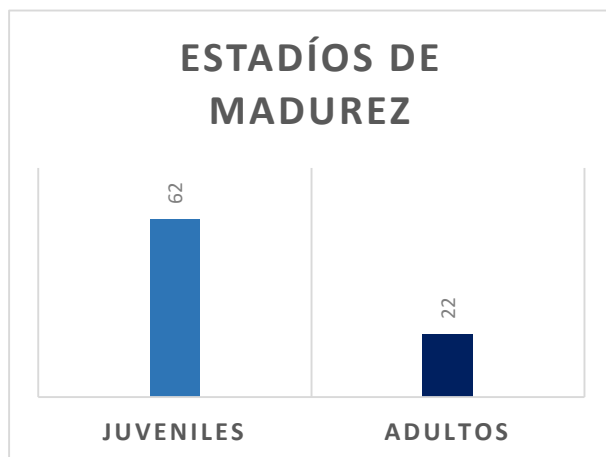


Fig.12. Comparación entre estadios de madurez del total de estómagos de *Sphyrna zygaena*.

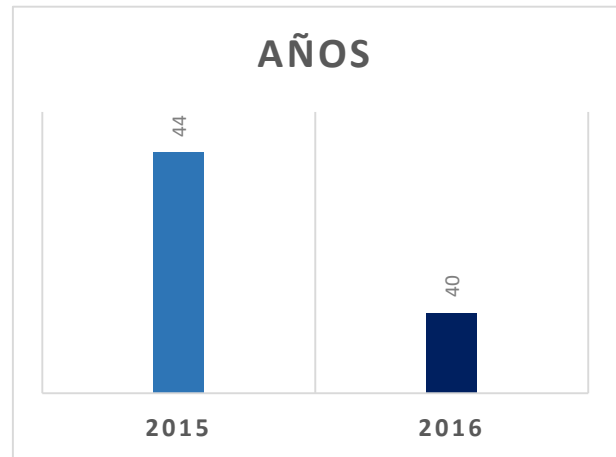


Fig.13. Comparación entre años del total de estómagos de *Sphyrna zygaena*.

En cuanto al grado de repleción de los estómagos, 4.4% estuvieron sin alimento, el 31.9% se encontraba en la categoría 1 de llenado, 23.1% en la categoría 2, 25.3% en la 3 y el 15.4% se encontró en la categoría 4.

En la base de datos se registraron: 579 presas (calamares, pulpos, peces, crustáceos, rayas, mamíferos marinos y otros), pertenecientes a 58 especies identificadas de 40 familias. Las presas incidentales o acompañantes como algas, carnada, isópodos, dientes de tiburón, esponjas de mar y parásitos, no se incluyeron en el análisis.

De acuerdo con el programa EstimateS, el número de estómagos con alimento analizado fue suficiente para caracterizar el espectro trófico de *Sphyrna zygaena*, ya que con 14 estómagos se alcanzó un coeficiente de variación (C.V.) = 0.04 (Fig. 14).

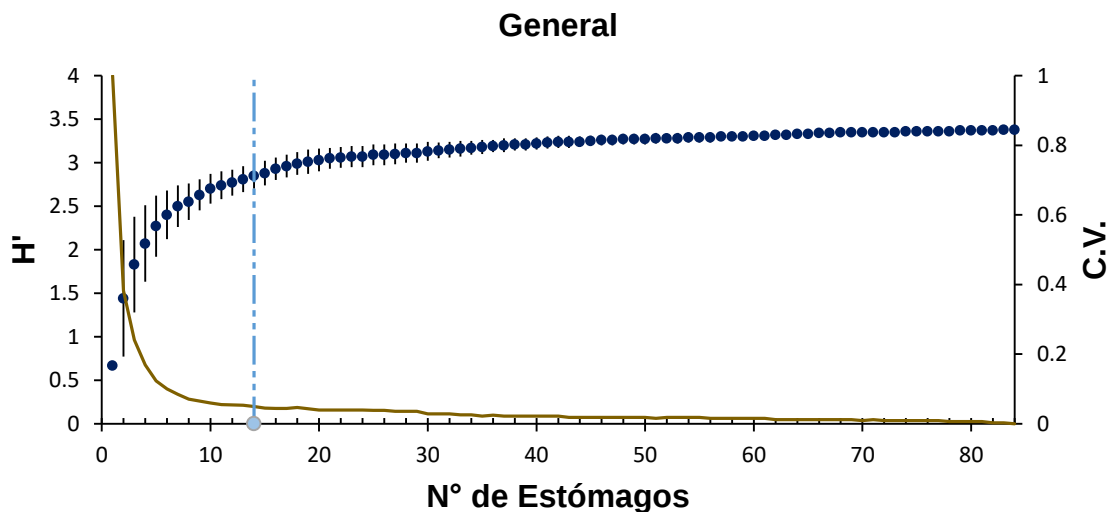


Fig. 14. Curva de diversidad acumulada para los estómagos de *Sphyrna zygaena* con contenido estomacal. Basada en el índice de Shannon–Wiener (H'); Los círculos representan la diversidad acumulada, la línea café el coeficiente de variación (C.V.) y la línea azul punteada señala la asíntota, indicando donde se alcanzó la representatividad de la dieta. Datos originales generados por la autora.

Para los diferentes sexos, se alcanzó un C.V.= 0.04 en el estómago 11 para el caso de las hembras y en el estómago 22 en los machos (Fig. 15).

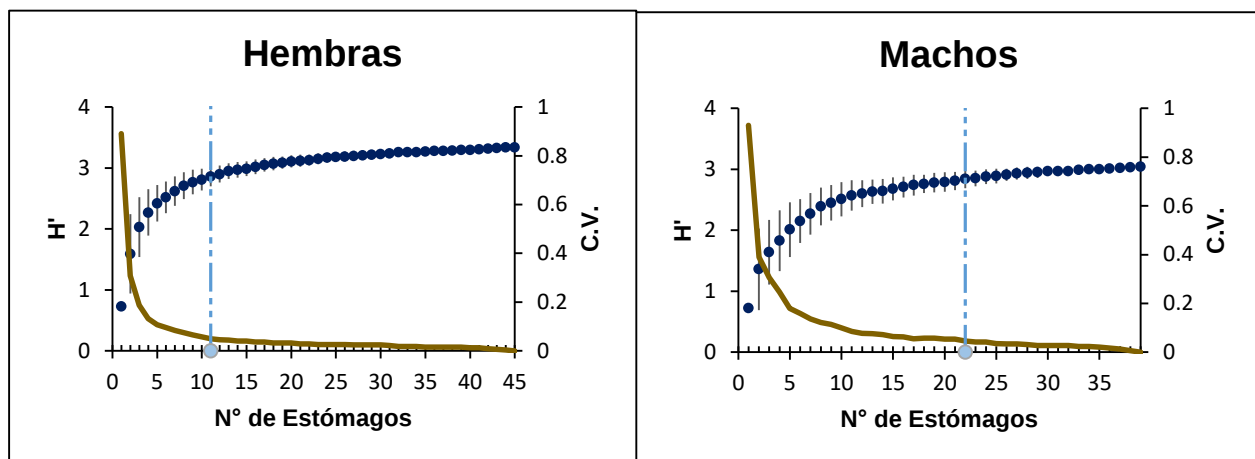


Fig. 15. Curvas de diversidad acumulada de *Sphyrna zygaena*, para hembras y machos en la costa occidental de Baja California Sur, México. Basadas en el índice de Shannon–Wiener (H'); los círculos representan la diversidad acumulada, la línea café el coeficiente de variación (C.V.) y la línea azul punteada señala la asíntota, indicando donde se alcanzó la representatividad de la dieta. Datos originales generados por la autora.

Para las localidades de estudio, se alcanzó un C.V.= 0.04 en el estómago 13 en Bahía Tortugas y para Punta Lobos en el estómago 20 (Fig. 16).

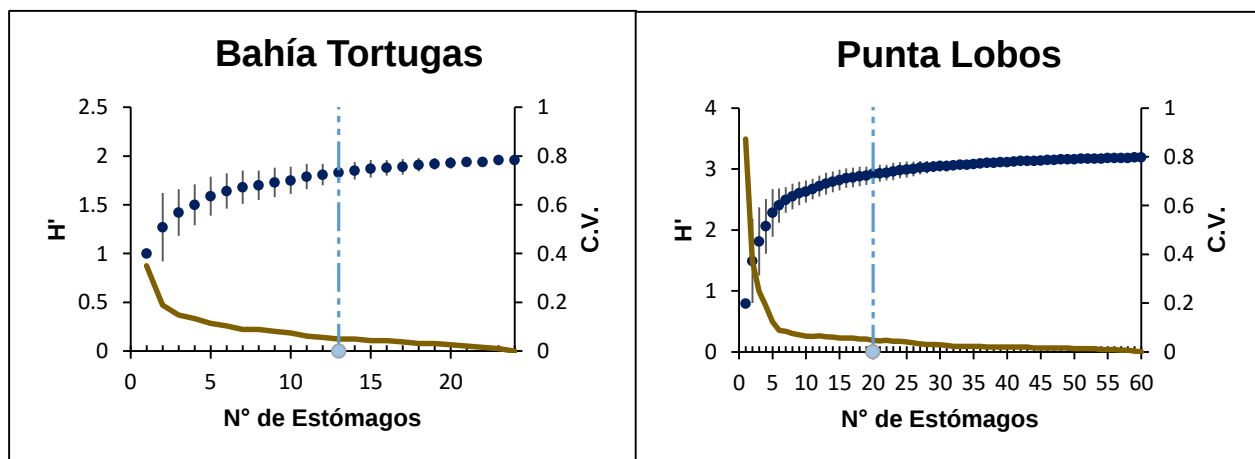


Fig. 16. Curvas de diversidad acumulada de *Sphyrna zygaena*, por localidad: Bahía tortugas y Punta Lobos, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Basadas en el índice de Shannon–Wiener (H'); los círculos representan la diversidad acumulada, la línea café el coeficiente de variación (C.V.) y la línea azul punteada señala la asíntota, indicando donde se alcanzó la representatividad de la dieta. Datos originales generados por la autora.

En los estadios de madurez, se alcanzó un C.V. = 0.04 en el estómago 21 para el caso de juveniles, y en adultos en el estómago 11 (Fig. 17).

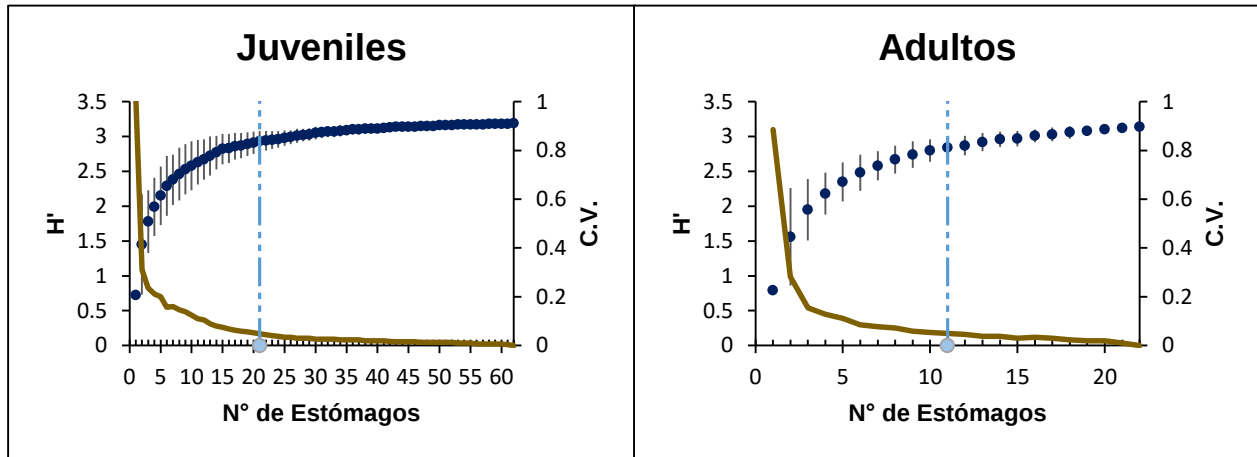


Fig. 17. Curvas de diversidad acumulada de *Sphyrna zygaena*, para organismos adultos y juveniles, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Basadas en el índice de Shannon–Wiener (H'); los círculos representan la diversidad acumulada, la línea café el coeficiente de variación (C.V.) y la línea azul punteada señala la asíntota, indicando donde se alcanzó la representatividad de la dieta. Datos originales generados por la autora.

Para los dos años de estudios, en el 2015 se alcanzó un C.V.= 0.04 en el estómago 22 y para el año 2016 en el estómago número 12 (Fig. 18).

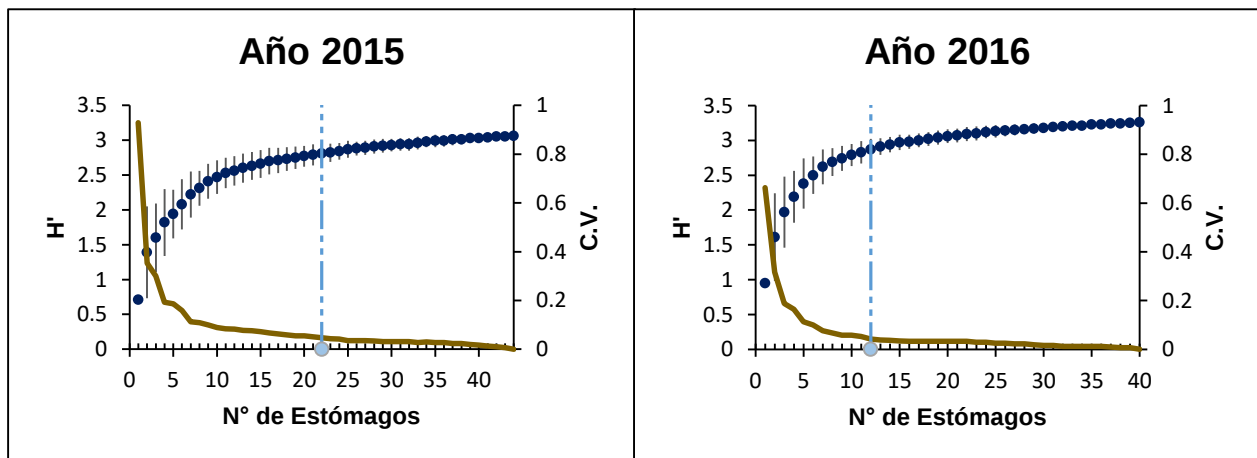


Fig. 18. Curvas de diversidad acumulada de *Sphyrna zygaena*, para los años 2015 y 2016, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Basadas en el índice de Shannon–Wiener (H'); los círculos representan la diversidad acumulada, la línea café el coeficiente de variación (C.V.) y la línea azul punteada señala la asíntota, indicando donde se alcanzó la representatividad de la dieta. Datos originales generados por la autora.

Los coeficientes de variación mostrados en cada factor de estudio fueron <0.05 , por lo tanto, se considera que se alcanzó una asíntota, comprobando así que cada estimación estuvo bien representada con el total de las muestras analizadas, lo que permitió caracterizar la dieta de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México.

Análisis cuantitativo de la dieta

Se contabilizaron un total de 579 organismos dentro de los estómagos (Tabla 5), los cuales se clasificaron en 58 tipos de presas, donde 35 tipos fueron Actinopterygii (peces óseos), un condictio (Mobulidae), un Delphinidae (mamífero marino), un Saurópsido anapsido (tortuga), 17 tipos pertenecen a cefalópodos (calamares y pulpos) y tres Malacostracos (camarones y langostillas).

Tabla 5. Porcentajes de la dieta de *Sphyrna zygaena*. Datos originales generados por la autora.

CATEGORÍA TAXONÓMICA	DESCRIPCIÓN		RIQUEZA	PORCENTAJES
Actinopterygii	Peces óseos		35	60.30%
Cefalópodos	Calamares y pulpos		17	29.30%
Malacostracos	Camarones y langostillas		3	5.20%
Chondrichthyes	Mobulidae		1	1.70%
Delphinidae	Mamífero marino		1	1.70%
Saurópsido	Tortuga marina		1	1.70%
Total			58	100%

La importancia de cada presa se determinó a partir del porcentaje del índice de importancia relativa específica (%PSIRI; Tabla 6), lo que indica que *Ancistrocheirus lessueurii* fue la presa más importante de la dieta de *S. zygaena* con un porcentaje de 14.5%. *Lolliguncula* spp. se encontró en segundo lugar con 4.7%, *Argonauta* spp. en

tercer lugar, con 4.4%, *Mobula* sp. en cuarto lugar, con 4.2% y *Ablennes hians* en quinto lugar con el 3.7%.

En este análisis fueron considerados todos los grupos presa y para facilitar una comparación con otros trabajos fueron omitidos todos los restos. Se clasificó como restos de calamar a las plumas sin poder identificar y como restos de cefalópodo a los picos con un estado avanzado de descomposición.

Al comparar la alimentación entre ejemplares hembras y machos (Tabla 7 y 8), se observó que en los primeros cinco lugares sólo tienen similitud en una especie que es *Ancistrocheirus lessueurii* con un 21.10% ocupando el primer lugar en la alimentación de las hembras, mientras que para los machos ocupa el segundo lugar con 6.96%, siendo *Lolliguncula* spp. con un 7.63% el primer lugar en la dieta de estos.

Contrastando la alimentación de *Sphyrna zygaena* entre las dos zonas de estudio, Bahía Tortugas y Punta Lobos, se observó que la composición de la dieta no tiene similitud en las primeras cinco especies con importancia, estando con mayor número de incidencia el pez *Haemulon* spp. con 9.11% en la zona de Bahía Tortugas, mientras que con 19.72% a *Ancistrocheirus lessueurii* correspondiente para la zona de Punta Lobos (Tabla 9 y 10).

Al examinar la Dieta de *Sphyrna zygaena* entre estadíos juvenil y adulto, se observó que hay similitud en la especie con mayor importancia, con 7.62% *Ancistrocheirus lessueurii* para los juveniles y 34.01% para el estadío adulto (Tabla 11 y 12). También comparten en su dieta a *Argonauta* spp. con 5.73% para el estadío juvenil mientras que el estadío adulto lo consume en menor porcentaje (0.78%).

El índice de importancia relativa específica (%PSIRI) indicó que *Ancistrocheirus lessueurii* ha sido la especie principal consumida por *Sphyrna zygaena* en el año 2015 con 13.06%, y en el año 2016 con 16.15% (Tabla 13 y 14). El resto de las primeras cinco especies principales no coincidieron entre los años 2015 – 2016.

Tabla 6. Espectro trófico general de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Anisotremus interruptus</i>	2.38	0.17	0.18	0.18
			<i>Haemulon spp.</i>	3.57	2.68	2.53	2.60
			<i>Haemulon sexfasciatum</i>	1.19	0.13	0.03	0.08
	Anguilliformes	Muraenesocidae	<i>Cynoponticus coniceps</i>	1.19	0.30	0.16	0.23
		Congridae	<i>Rhynchoconger nitens</i>	1.19	0.03	0.03	0.03
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinops affinis</i>	2.38	0.25	0.03	0.14
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus spp.</i>	1.19	1.19	1.19	1.19
	Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Porichtys spp.</i>	1.19	0.05	0.04	0.04
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	10.71	3.57	4.01	3.79
		Exocoetidae	<i>Cheilopogon spilopterus</i>	1.19	0.30	0.62	0.46
	Blenniiformes	Embiotocidae	<i>Cymatogaster aggregata</i>	1.19	0.30	0.10	0.20
	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	1.19	0.40	0.13	0.26
			<i>Caranx caninus</i>	1.19	0.30	0.00	0.15
			<i>Caranx otrynter</i>	1.19	0.48	0.18	0.33
			<i>Caranx vinctus</i>	4.76	1.03	1.55	1.29
			<i>Coryphaena hippurus</i>	1.19	0.30	0.94	0.62
			<i>Coryphaena spp.</i>	1.19	0.60	0.76	0.68
		Scorpididae	<i>Medialuna californiensis</i>	1.19	0.60	0.43	0.51
			<i>Girella nigricans</i>	2.38	0.49	0.70	0.59
		Dorosomatidae	<i>Harengula thrissina</i>	3.57	2.18	1.80	1.99
			<i>Sardinops sagax</i>	3.57	1.79	1.27	1.53
	Labriformes	Labridae	<i>Semicossyphus pulcher</i>	1.19	0.30	0.02	0.16
	Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	1.19	0.09	0.09	0.09
	Perciformes	Sparidae	<i>Calamus brachysomus</i>	1.19	0.03	0.04	0.04
		Scorpaenidae	<i>Scorpaena spp.</i>	1.19	0.40	0.79	0.59
		Sebastidae	<i>Sebastes macdonaldi</i>	1.19	0.30	0.34	0.32
	Scombriformes	Scombridae	<i>Auxis spp.</i>	4.76	1.96	3.14	2.55
			<i>Euthynus lineatus</i>	4.76	1.33	1.22	1.27
			<i>Sarda lineolata</i>	1.19	0.30	0.95	0.62
			<i>Scomber japonicus</i>	5.95	1.90	1.99	1.95
	Syngnathiformes	Fistulariidae	<i>Fistularia corneta</i>	1.19	0.20	0.08	0.14
	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	5.95	1.56	2.47	2.02
		Diodontidae	<i>Diodon spp.</i>	1.19	0.13	0.05	0.09
		Tetraodontidae	<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	1.19	0.11	0.07	0.09
	/	/	Restos	50.00	23.76	20.39	22.08
Chondrichthyes	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula sp.</i>	5.95	3.37	5.13	4.25
Mammalia	Artiodactyla	Delphinidae	Restos	1.19	1.19	1.19	1.19

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Sauropsida	Testudines	Cheloniidae	Restos	1.19	0.15	0.16	0.15
Cephalopoda	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis dofleini</i>	1.19	0.34	0.11	0.22
	Myopsida	Loliginidae	<i>Loliguncula spp.</i>	11.90	4.46	5.10	4.78
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	20.24	6.36	2.52	4.44
		Amphitretidae	<i>Japatella heathi</i>	1.19	0.02	0.00	0.01
	Oegopsida	Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	10.71	2.27	3.48	2.87
			<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	2.38	0.38	0.39	0.38
			<i>Gonatus berryi</i>	2.38	0.25	0.37	0.31
			<i>Gonatus californiensis</i>	4.76	0.63	1.83	1.23
		Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	10.71	3.44	2.76	3.10
		Octopoteuthidae	<i>Octopoteuthis sícula</i>	1.19	0.37	0.36	0.36
			<i>Octopus spp.</i>	2.38	1.43	1.22	1.32
		Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	9.52	2.22	1.43	1.83
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	13.10	2.84	2.17	2.50
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	27.38	11.75	17.31	14.53
		Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	4.76	1.36	2.03	1.69
	/	/	Restos de calamar	1.19	0.40	0.05	0.22
	/	/	Restos de cefalópodo	2.38	0.70	1.19	0.95
Malacostraca	Decapoda	Penaeidae	<i>Penaeus californiensis</i>	1.19	1.19	1.19	1.19
		Munididae	<i>Grimothea planipes</i>	11.90	2.69	0.45	1.57
	/	/	Restos de Crustáceo	9.52	2.73	1.25	1.99

Tabla 7. Espectro trófico de las ejemplares hembras de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii							
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	15.56	4.16	5.22	4.69
Chondrichthyes							
	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula sp.</i>	8.89	4.07	7.35	5.71
Cephalopoda							
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	37.78	16.29	25.91	21.10
	Oegopsida	Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	20.00	4.77	3.65	4.21
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	13.33	3.01	5.03	4.02

Tabla 8. Espectro trófico de los ejemplares machos de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii							
	Clupeiformes	Clupeidae	<i>Harengula thrissina</i>	5.13	3.85	3.46	3.65
Cephalopoda							
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	15.38	6.51	7.40	6.96
	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula spp.</i>	15.38	6.78	8.48	7.63
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	17.95	7.24	5.04	6.14
	Oegopsida	Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	12.82	4.35	3.77	4.06

Tabla 9. Espectro trófico de *Sphyrna zygaena*, en la zona de Bahía Tortugas en Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii							
	Acanturiformes						
		Haemulidae	<i>Haemulon spp.</i>	12.50	9.38	8.85	9.11
	Clupeiformes						
		Clupeidae	<i>Harengula thrissina</i>	8.33	5.56	4.86	5.21
			<i>Sardinops sagax</i>	12.50	6.25	4.43	5.34
	Scombriformes						
		Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	20.83	6.67	6.98	6.82
Cephalopoda							
	Myopsida						
		Loliginidae	<i>Lolliguncula spp.</i>	12.50	7.79	10.34	9.06

Tabla 10. Espectro trófico de *Sphyrna zygaena*, en la zona de Punta Lobos en Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	13.33	4.44	5.51	4.98
Chondrichthyes	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula sp.</i>	8.33	4.72	7.18	5.95
Cephalopoda	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	28.33	8.90	3.52	6.21
	Oegopsida	Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	10.00	4.18	3.28	3.73
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	36.67	16.04	23.41	19.72

Tabla 11. Espectro trófico del estadio juvenil de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Haemulon spp.</i>	4.84	3.63	3.43	3.53
Cephalopoda	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula spp.</i>	14.52	5.63	6.81	6.22
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	22.58	8.08	3.39	5.73
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	17.74	5.19	10.05	7.62
	Oegopsida	Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	11.29	2.81	4.25	3.53

Tabla 12. Espectro trófico del estadio adulto de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii							
	Beloniformes						
		Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	13.64	7.20	5.67	6.43
	Scombriformes						
		Scombridae	<i>Auxis spp.</i>	4.55	1.52	4.04	2.78
	Tetraodontiformes						
		Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	9.09	1.79	4.17	2.98
Cephalopoda							
	Octopoda						
		Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	13.64	1.50	0.07	0.78
	Teuthida						
		Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	54.55	30.24	37.78	34.01

Tabla 13. Espectro trófico del año 2015, de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii							
	Acanturiformes						
		Haemulidae	<i>Haemulon spp.</i>	6.82	5.11	4.83	4.97
Chondrichthyes							
	Myliobatiformes						
		Mobulidae	<i>Mobula sp.</i>	6.82	5.11	6.20	5.66
Cephalopoda							
	Myopsida						
		Loliginidae	<i>Lolliguncula spp.</i>	9.09	5.00	6.38	5.69
	Oegopsida						
		Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	6.82	3.41	3.15	3.28
	Teuthida						
		Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	25.00	10.47	15.66	13.06

Tabla 14. Espectro trófico del año 2016, de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. (%FA = porcentaje de la frecuencia de aparición, %N = porcentaje de abundancia numérica de la presa, %G = porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa; PSIRI = índice de importancia relativa específica de la presa). Datos originales generados por la autora.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	%FA	%N	%G	%PSIRI
Actinopterygii	Beloniformes						
		Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	20.00	7.29	8.40	7.85
Cephalopoda	Octopoda						
		Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	27.50	8.89	2.98	5.94
	Oegopsida	Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	20.00	5.04	3.60	4.32
		Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	20.00	4.66	7.28	5.97
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	30.00	13.16	19.13	16.15

Índices ecológicos

Índice de Shannon & Weaver

Para conocer la diversidad de presas en los contenidos estomacales de *S. zygaena*, se calculó el índice de Shannon & Weaver (1963), el cual presentó un valor global de $H' = 3$, lo que indicó una dieta diversa.

Asimismo, se calculó la diversidad para los diferentes grupos de estudio, obteniendo lo siguiente:

En el factor sexo, se obtuvo $H' = 2.1$ para hembras y $H' = 2.8$ para machos, mostrando que la dieta de *S. zygaena* separada por sexos tiende a estar dominada por pocas especies y fue poco diversa.

En cuanto a las localidades, se obtuvo en Bahía Tortugas $H' = 2.6$ y para Punta Lobos $H' = 2.8$, lo que indicó que también en este grupo se tuvo una dieta poco diversa.

Respecto al estadio de madurez, los juveniles presentaron un $H' = 3.0$ (dieta diversa), mientras que los adultos alcanzaron un $H' = 2.3$, señalando una dieta menos variada.

Para los diferentes años de muestreo, en 2015 se obtuvo un $H' = 2.8$ y en 2016 un $H' = 2.9$, resultados que reflejan una dieta con pocas especies y que no fue tan diversa.

Índice de Levin

Para conocer la amplitud de la dieta de *S. zygaena*, se estimó el índice de Levin, el cual mostró una amplitud de $B_i = 0.2$, demostrando así una dieta especialista utilizando un número bajo de recursos, por lo que se presentaron preferencias a ciertas presas.

En el análisis de los diferentes grupos, se obtuvo que en hembras se presentó un $B_i = 0.2$ y en machos un $B_i = 0.3$, indicando que fueron especialistas.

Para la localidad de Bahía Tortugas fue un $B_i = 0.4$ y para Punta Lobos $B_i = 0.2$, mostrando que en estos dos lugares la especie *S. zygaena* fue especialista.

Por estadio de madurez, los juveniles registraron un $B_i = 0.3$ y los adultos $B_i = 0.09$, lo que indicó que ambos estadios fueron especialistas.

Para el año 2015 fue un $B_i = 0.2$ y para el año 2016 fue $B_i = 0.2$, señalando que no hubo cambio en su dieta, siendo una especie especialista en ambos años (Tabla 15).

Tabla 15. Valores del índice de Levin indicando la amplitud del espectro trófico de *Sphyrna zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

Grupo	Índice de Levin
General	0.189
Hembras	0.162
Machos	0.304
Bahía Tortugas	0.356
Punta Lobos	0.176
Año 2015	0.221
Año 2016	0.245

Índice de Amundsen

De acuerdo con el índice de Amundsen (Fig. 7), en el gráfico donde se representa a todos los organismos (Fig. 19) se observó que *Ancistrocheirus lessueuri* fue una presa dominante (FO=23), lo que indicó que *S. zygaena* tuvo una dieta especialista por un sólo tipo de presa y que ocasionalmente consumió otras presas, representando un tipo de estrategia C (*sensu* Amundsen; Fig. 8).

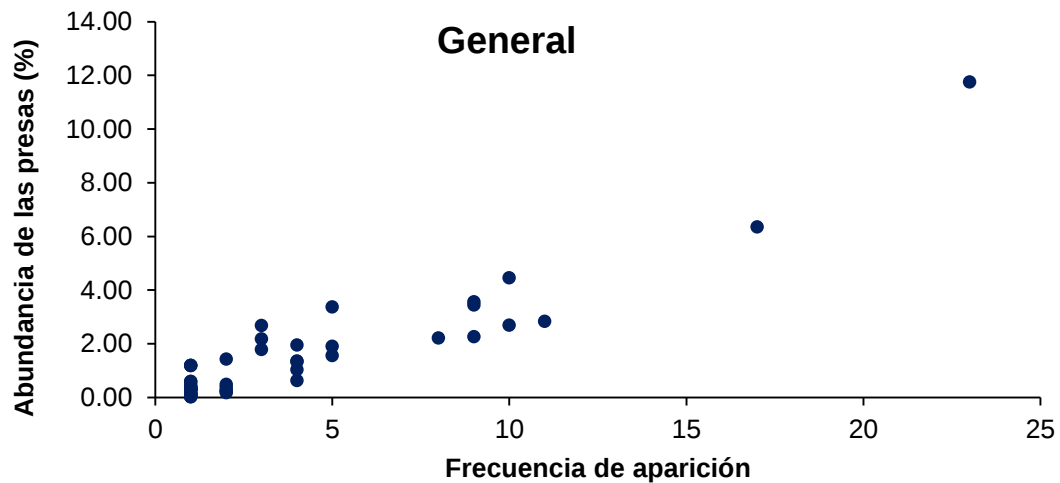


Fig. 19. Gráfico de Amundsen donde se representan las categorías de presas de todos los estómagos analizados de *S. zygaena* en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

En el caso de las hembras de *S. zygaena* (Fig. 20), el gráfico resultante de la dieta, indicó la estrategia de alimentación tipo C (Fig. 7), en donde *Ancistrocheirus lessueuri* (FO=17) fue la presa dominante y las presas restantes fueron consumidas ocasionalmente (Fig. 8).

En machos (Fig. 20), el gráfico del índice de Amundsen indicó una estrategia de alimentación tipo D (Fig. 7), representando una alimentación mixta, en la que algunos individuos tuvieron una dieta especialista, siendo *Argonauta* spp. (FO=7) la presa dominante; mientras que otros individuos presentaron una estrategia de alimentación más generalizada (*sensu* Amundsen; Fig. 8).

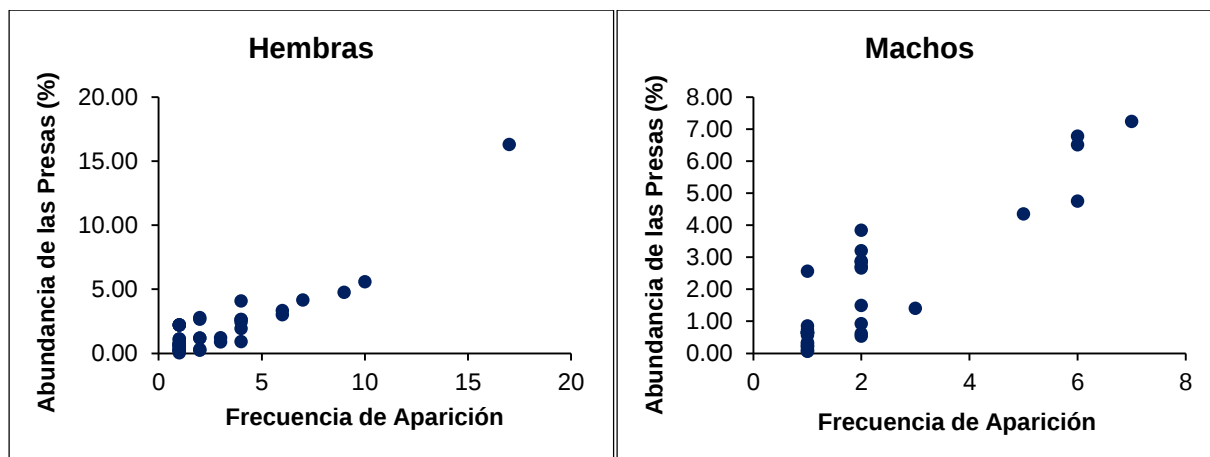


Fig. 20. Gráficos de Amundsen donde se representan las categorías de presas de los estómagos analizados de *Sphyrna zygaena*, para hembras y machos, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

Con respecto a la estrategia alimentaria entre localidades, Bahía Tortugas (Fig. 21) presentó una estrategia tipo D (Fig. 7), teniendo una alimentación mixta en la que algunos individuos tuvieron una dieta especialista, siendo *Scomber japonicus* (FO=5) la presa dominante, mientras que otros individuos se observó una estrategia de alimentación más generalizada.

El gráfico resultante para Punta Lobos (Fig. 21) resultó ser diferente ya que en esta localidad se presentó una estrategia tipo C (Fig. 7), en donde *Ancistrocheirus lessueuri* (FO=22) fue la presa dominante, seguida de *Argonauta* spp. (FO=17) y ocasionalmente se estima que *S. zygaena* consumió otras presas (*sensu* Amundsen; Fig. 8).

Al analizar los gráficos de acuerdo con los estadios de madurez (Fig. 22), tanto juveniles y adultos resultaron ser similares, presentando una estrategia de alimentación tipo C (Fig. 7), en donde *Argonauta* spp. (FO=14) fue la presa dominante para los juveniles y *Ancistrocheirus lessueuri* (FO= 12) para los adultos (*sensu* Amundsen; Fig. 8).

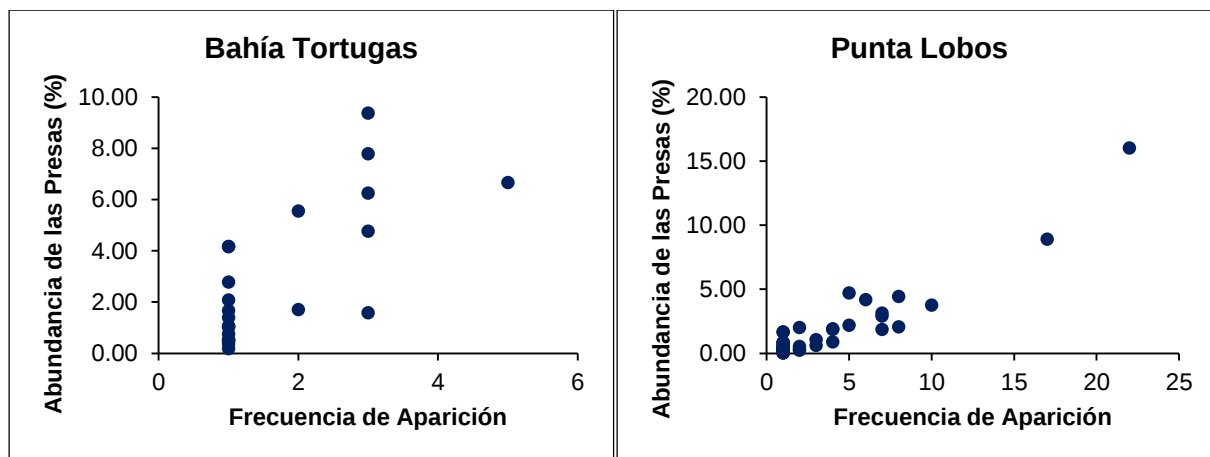


Fig. 21. Gráficos de Amundsen donde se representan las categorías de presas de los estómagos analizados de *Sphyrna zygaena*, por localidad: Bahía Tortugas y Punta Lobos, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

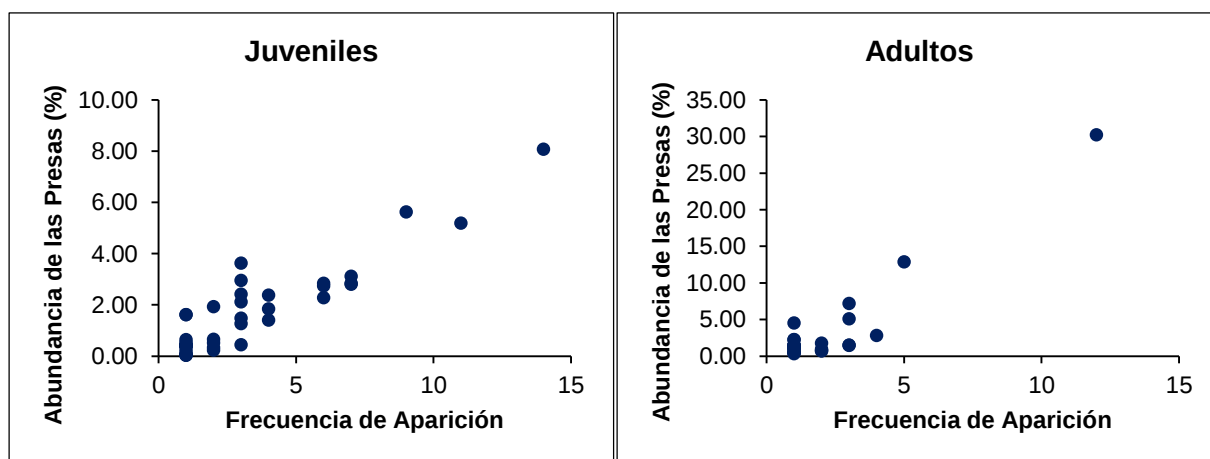


Fig. 22. Gráficos de Amundsen donde se representan las categorías de presas de los estómagos analizados de *Sphyrna zygaena*, para adultos y juveniles, en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

En los gráficos respecto a los años, para el 2015 (Fig. 23) se mostró que hubo alimentación tipo C (Fig. 7), en donde hubo una especialización a una sola presa, siendo la presa dominante *Ancistrocheirus lessueuri* (FO=11) y ocasionalmente se estima que *S. zygaena* consumió otras presas.

Para el 2016 (Fig. 23) mostró ser diferente, ya que presentó una estrategia tipo D (Fig. 7), teniendo una alimentación mixta en la que algunos individuos tuvieron una dieta

especialista, siendo *Ancistrocheirus lessueurii* (FO=12) la presa dominante, seguida por *Argonauta* spp. (FO=11); mientras que otros individuos presentaron una estrategia de alimentación más generalizada (*sensu* Amundsen; Fig. 8).

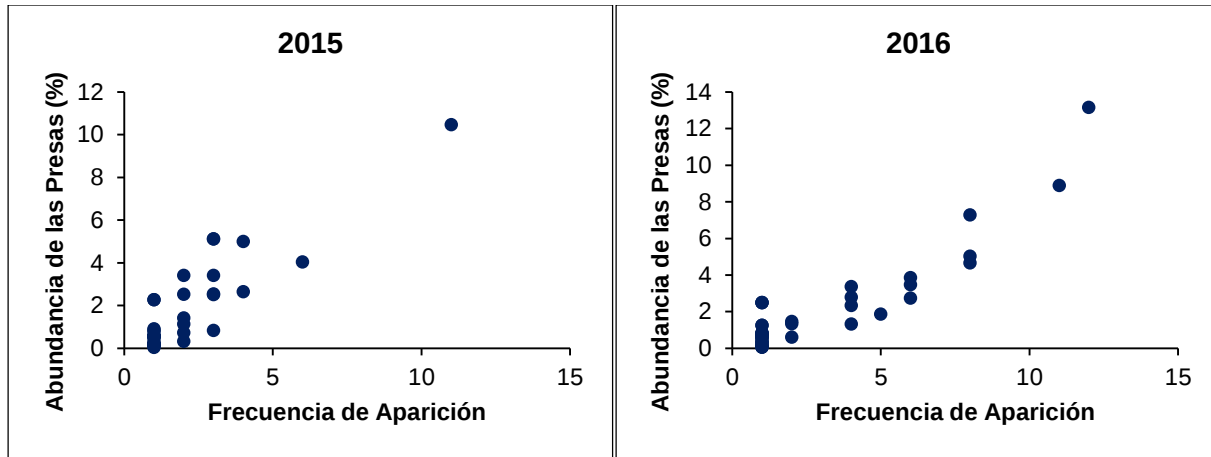


Fig. 23. Gráficos de Amundsen donde se representan las categorías de presas de los estómagos analizados de *Sphyrna zygaena*, por años 2015 y 2016 en la costa occidental de Baja California Sur, México. Datos originales generados por la autora.

Prueba de ANOSIM

Al analizar la prueba de ANOSIM, comparando a los organismos entre sexos (hembras y machos) de *Sphyrna zygaena*, se obtuvo un valor de $R=0.021$ con un nivel de significancia del 15.7%. Estos resultados muestran que no se presentó diferencia en la composición de la dieta, por lo que indicó que existe traslape trófico significativo, ya que ambos grupos explotan los mismos recursos de especies presas (Fig. 24).

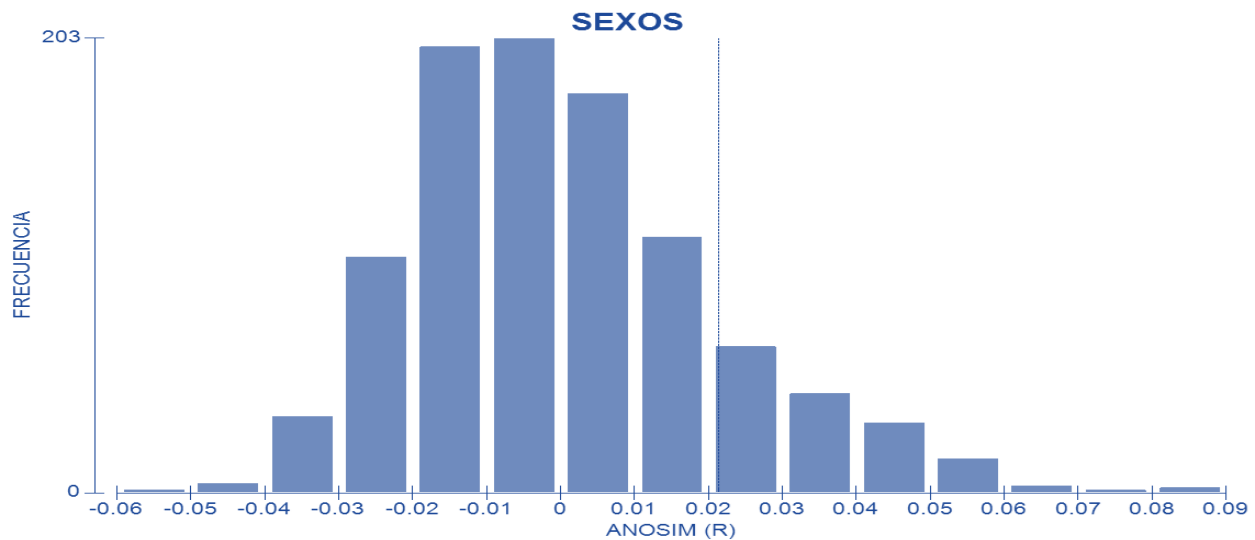


Fig. 24. Gráfica de ANOSIM donde se compara la composición de la dieta entre sexos (hembras y machos) de *S. zygaena*, obtenida con el programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006). La línea azul indica el valor de R observado. Datos originales generados por la autora.

Al realizar la prueba de ANOSIM comparando la dieta de *S. zygaena* entre localidades (Bahía Tortugas y Punta Lobos), se obtuvo un valor de $R=0.233$ con un nivel de significancia del 0.1%, indicando que, sí existe diferencia en la composición de la dieta dependiendo la localidad, lo que señaló que no hubo traslape trófico, tanto en la abundancia como en la composición de especies presas (Fig. 25).

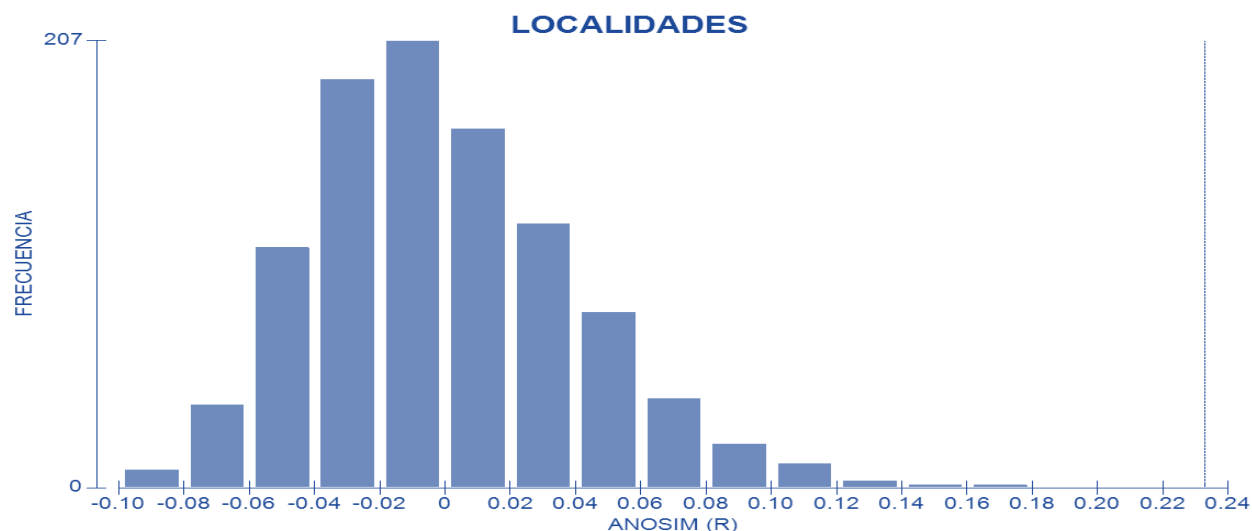


Fig. 25. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R , línea punteada) de las localidades (Bahía Tortugas y Punta Lobos) de *S. zygaena*, obtenida con el programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006).

Para la categoría de estadíos de madurez (jóvenes y adultos) de *S. zygaena*, con la prueba de ANOSIM se obtuvo un valor de $R=0.028$, con un nivel de significancia del 20.7%, indicando que no hubo diferencia en la composición de la dieta entre ambos grupos biológicos, por lo que se presentó un traslape trófico tanto en la abundancia como en las especies presas consumidas por juveniles y adultos (Fig. 26).

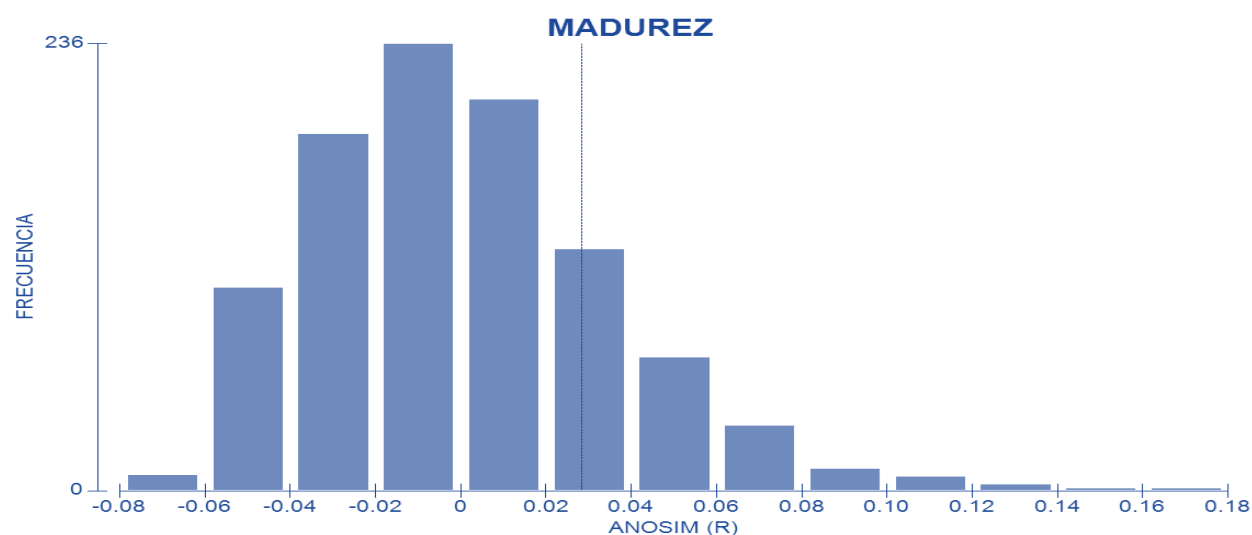


Fig. 26. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R , línea punteada) de los estadíos de madurez (juveniles y adultos) de *S. zygaena*, obtenida con el programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006).

Finalmente, para la categoría de años (2015-2016), con la prueba de ANOSIM se obtuvo una $R=0.026$ con un valor de significancia de 7.9%, lo que indicó que no hubo diferencia en la composición de la dieta, por lo que se presentó un traslapo trófico tanto en abundancia como en las especies presas (Fig. 27).

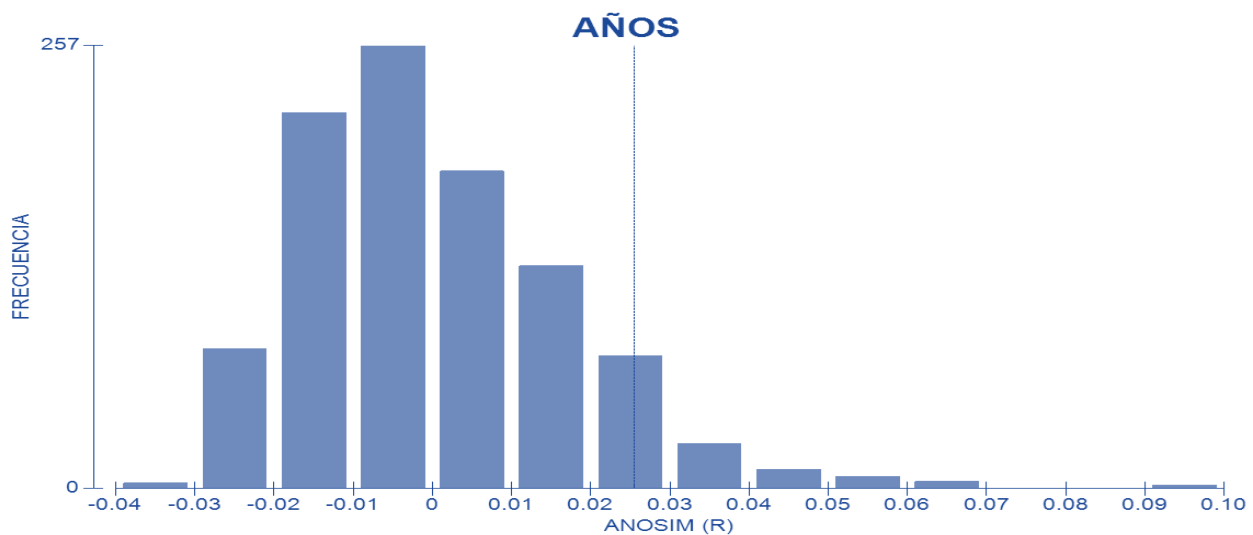


Fig. 27. Gráfica de ANOSIM donde se compara la riqueza específica contra la abundancia (R , línea punteada) de los diferentes años (2015 y 2016) comprendidos en el presente estudio de *S. zygaena*, obtenida con el programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2006).

Análisis de similitud porcentual (SIMPER)

El análisis de similitud porcentual (SIMPER) entre sexos de *Sphyrna zygaena* mostró un promedio de disimilitud de 94.8%, en el cual 36 especies representaron el 95.3% del total de la dieta, siendo seis especies presas las de mayor abundancia (*Ancistrocheirus lessueurii*, *Argonauta* spp; *Lolliguncula* spp; *Mastigoteuthis dentata*, *Grimothea planipes* y *Pholidoteuthis boschmai*), acumulando el 51.02% del total de la dieta entre hembras y machos (Tabla 16).

Tabla 16. Valores de disimilitud de especies presas en la dieta de *Sphyrna zygaena*, comparando hembras y machos, lo que representó el 95 % de la dieta en conjunto.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
Actinopterygii									
	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i> spp.	0.02	0.1	2.51	0.24	2.66	70.82
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinops affinis</i>	0	0.1	0.61	0.21	0.64	91.93
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus</i> spp.	0.02	0	0.69	0.12	0.73	89.96
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	0.26	0.07	3.52	0.36	3.72	54.74
		Exocoetidae	<i>Cheilopogon spilopterus</i>	0	0.03	0.54	0.17	0.58	92.5
			<i>Cymatogaster aggregata</i>	0	0.03	0.54	0.17	0.58	93.65
	Blenniiformes	Embiotocidae		0	0.03	0.54	0.17	0.58	93.65
	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx vinctus</i>	0.09	0	1.26	0.2	1.33	81.96
			<i>Caranx otrynter</i>	0.05	0	0.62	0.14	0.66	91.29
			<i>Coryphaena hippurus</i>	0	0.03	0.54	0.17	0.58	93.08
	Centrarchiformes	Girellidae	<i>Girella nigricans</i>	0.05	0.03	0.72	0.19	0.76	87.01
			<i>Harengula thrissina</i>	0.05	0.07	2.42	0.25	2.56	73.38
	Clupeiformes	Dorosomatidae		0.05	0.07	2.42	0.25	2.56	73.38
		Clupeidae	<i>Sardinops sagax</i>	0.05	0.03	1.54	0.22	1.63	80.63
			<i>Semicossyphus pulcher</i>	0	0.03	0.54	0.17	0.58	94.81
	Labriformes	Labridae		0	0.03	0.54	0.17	0.58	94.81
	Perciformes	Scorpaenidae	<i>Scorpaena</i> spp.	0	0.03	0.54	0.17	0.58	94.23
			<i>Scomber japonicus</i>	0.07	0.45	3.29	0.33	3.48	65.46
	Scombriformes	Scombridae	<i>Auxis</i> spp.	0.05	0.07	1.78	0.24	1.88	77.36
			<i>Euthynus lineatus</i>	0.05	0.07	1.55	0.31	1.64	79
	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	0.28	0.03	1.98	0.3	2.1	75.48
Chondrichthyes									
	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula</i> sp.	0.09	0.03	2.56	0.27	2.7	68.16
Mammalia									
	Artiodactyla	Delphinidae	<i>Restos</i>	0.02	0	0.69	0.12	0.73	89.23
Cephalopoda									
	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis dofleini</i>	0	0.52	0.9	0.19	0.95	86.25
	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula</i> spp.	0.12	0.83	7.27	0.44	7.69	35.86
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta</i> spp.	0.47	1.41	9.84	0.51	10.41	28.17
			<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0.19	0.55	5.69	0.39	6.01	41.88
	Oegopsida	Mastigoteuthidae		0.19	0.55	5.69	0.39	6.01	41.88
			<i>Onychoteuthis banksii</i>	0.93	0.07	3.5	0.37	3.7	58.43
		Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	0.19	0.79	3.35	0.33	3.55	61.98
			<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	0.12	0.07	0.72	0.23	0.76	87.77
		Octopoteuthidae	<i>Octopus</i> spp.	0.05	0	0.96	0.16	1.01	84.3
			<i>Gonatus californiensis</i>	0.09	0.03	0.95	0.29	1	85.3
		Gonatidae	<i>Gonatus berryi</i>	0.07	0.03	0.49	0.24	0.52	95.33
			<i>Octopoteuthis sicula</i>	0.19	0	0.64	0.15	0.67	90.63
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	0.63	0.24	4.17	0.43	4.41	51.02

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	2.21	0.93	16.8	0.7	17.77	17.77
		Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0.05	0.1	1.25	0.19	1.32	83.29
Malacostraca									
	Decapoda	Munididae	<i>Grimothea planipes</i>	0.09	0.55	4.48	0.42	4.74	46.61
		Penaeidae	<i>Penaeus californiensis</i>	0.02	0	0.69	0.12	0.73	88.5

Al evaluar la composición de la dieta entre zonas, los resultados de SIMPER revelaron el nivel más alto de contraste entre grupos, con una disimilitud de 97.47% entre las localidades de Bahía Tortugas y Punta Lobos, donde 35 especies representaron el 95.28% del total de la dieta, siendo siete especies presas las de mayor abundancia (*Ancistrocheirus lessueuri*, *Lolliguncula* spp; *Argonauta* spp; *Scomber japonicus*, *Grimothea planipes*, *Mastigoteuthis dentata* y *Haemulon* spp.), acumulando el 52.96% del total de la dieta (Tabla 17).

Tabla 17. Valores de disimilitud de especies presas en la dieta de *Sphyrna zygaena*, comparando Bahía Tortugas y Punta Lobos, lo que representó el 95 % de la dieta en conjunto.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
Actinopterygii									
	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i> spp.	0.22	0	3.91	0.35	4.01	52.96
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinops affinis</i>	0.11	0.02	0.83	0.24	0.85	88.62
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus</i> spp.	0	0.02	0.6	0.12	0.62	92.26
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	0.06	0.24	3.32	0.38	3.41	63.78
	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx vinctus</i>	0.06	0.06	1.7	0.26	1.74	80.66
			<i>Caranx otrynter</i>	0.11	0	1.32	0.22	1.35	83.5
		Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	0.06	0	0.77	0.21	0.79	90.23
			<i>Coryphaena</i> spp.	0	0.02	0.44	0.13	0.45	94.83
			<i>Medialuna californiensis</i>	0	0.02	0.44	0.13	0.45	95.28
	Centrarchiformes	Scorpididae	<i>Girella nigricans</i>	0.17	0	1.45	0.27	1.49	82.15
		Girellidae							
	Clupeiformes	Dorosomatidae	<i>Harengula thrissina</i>	0.17	0.02	2.85	0.32	2.93	70.03
		Clupeidae	<i>Sardinops sagax</i>	0.17	0	2.79	0.36	2.86	72.89
	Scombriformes	Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	0.89	0	5.58	0.48	5.72	38.95
			<i>Auxis</i> spp.	0.06	0.06	1.89	0.27	1.94	77.1
			<i>Euthynus lineatus</i>	0	0.08	1.23	0.27	1.26	86.04

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
			<i>Sarda lineolata</i>	0.06	0	0.77	0.21	0.79	91.02
	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	0	0.26	1.76	0.28	1.81	78.91
Chondrichthyes									
	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula sp.</i>	0	0.1	2.22	0.28	2.28	75.17
Mammalia									
	Artiodactyla	Delphinidae	<i>Restos</i>	0	0.02	0.6	0.12	0.62	91.64
Sauropsida									
	Testudines	Cheloniidae	<i>Restos</i>	0.06	0	0.46	0.23	0.48	94.39
Cephalopoda									
	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula spp.</i>	1.11	0.18	9.01	0.48	9.25	25.08
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta spp.</i>	0	1.22	7.94	0.47	8.14	33.22
	Oegopsida	Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0.22	0.4	4.81	0.38	4.94	48.95
			<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	0.06	0.66	3.89	0.41	3.99	56.94
		Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	0.11	0.58	3.34	0.34	3.43	60.37
		Onychoteuthidae	<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	0	0.14	0.5	0.19	0.52	93.91
			<i>Onychoteuthis banksii</i>	0.06	0.82	3.23	0.35	3.32	67.1
			<i>Octopoteuthis</i>	0	0.04	0.85	0.16	0.87	86.91
			<i>sicula</i>	0	0.16	0.57	0.14	0.59	92.85
		Gonatidae	<i>Gonatus californiensis</i>	0	0.1	0.79	0.27	0.82	89.43
			<i>Ancistrocheirus lessueurii</i>	0.11	2.4	15.44	0.66	15.84	15.84
		Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0	0.1	0.84	0.17	0.86	87.77
	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis dofleini</i>	0	0.3	0.53	0.14	0.55	93.39
Malacostraca									
	Decapoda	Munididae	<i>Grimothea planipes</i>	0.72	0.14	4.93	0.45	5.06	44.01
		Penaeidae	<i>Penaeus californiensis</i>	0.06	0	1.25	0.2	1.28	84.78

Respecto al desarrollo ontogénico, el desglose de la similitud entre juveniles y adultos de *Sphyrna zygaena* mostró un promedio de disimilitud de 94.41%. En esta categoría, un conjunto de 36 especies representó el 95.44% del total de la dieta, siendo cinco especies presas las de mayor abundancia (*Ancistrocheirus lessueurii*, *Argonauta* spp; *Mastigoteuthis dentata*, *Lolliguncula* spp. y *Mobula* sp.), acumulando el 50.19% del total de la dieta entre juveniles y adultos (Tabla 18).

Tabla 18. Valores de disimilitud de especies presas en la dieta de *Sphyrna zygaena*, comparando los estadíos de adultos y juveniles, lo que represento el 95 % de la dieta en conjunto.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
Actinopterygii									
	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i> spp.	0	0.09	1.47	0.21	1.56	76.44
	Anguilliformes	Muraenesocidae	<i>Cynoponticus coniceps</i>	0.05	0	0.62	0.2	0.65	91.61
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus</i> spp.	0	0.02	0.47	0.12	0.5	95.44
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	0.14	0.21	3.85	0.42	4.08	59.06
	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx vinctus</i>	0	0.09	0.94	0.21	1	85.26
			<i>Caranx caballus</i>	0.05	0	0.73	0.2	0.77	88.84
			<i>Caranx caninus</i>	0.05	0	0.62	0.2	0.65	90.95
			<i>Caranx otrynter</i>	0	0.04	0.5	0.13	0.53	93.94
			<i>Coryphaena</i> spp.	0.05	0	0.9	0.19	0.96	86.22
		Coryphaenidae	<i>Medialuna californiensis</i>	0.05	0	0.9	0.19	0.96	87.17
	Centrarchiformes	Scorpididae	<i>Girella nigricans</i>	0	0.06	0.55	0.17	0.58	92.84
		Girellidae	<i>Harengula thrissina</i>	0	0.09	1.37	0.22	1.45	79.37
	Clupeiformes	Dorosomatidae	<i>Sardinops sagax</i>	0	0.06	1.05	0.21	1.11	83.15
		Clupeidae	<i>Sebastes macdonaldi</i>	0.05	0	0.62	0.2	0.65	92.26
	Perciformes	Sebastidae	<i>Scomber japonicus</i>	0.05	0.32	2.31	0.3	2.45	73.32
	Scombriformes	Scombridae	<i>Auxis</i> spp.	0.05	0.06	1.47	0.27	1.56	74.88
			<i>Euthynus lineatus</i>	0.05	0.06	1.4	0.3	1.48	77.92
			<i>Balistes polylepis</i>	0.38	0.11	2.38	0.35	2.52	70.88
	Tetraodontiformes	Balistidae							
Chondrichthyes									
	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula</i> sp.	0.24	0	4.57	0.44	4.84	50.19
Mammalia									
	Artiodactyla	Delphinidae	<i>Restos</i>	0.05	0	1.22	0.19	1.29	82.04
Cephalopoda									
	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis doffeini</i>	0	0.32	0.54	0.15	0.57	93.41
			<i>Lolliguncula</i> spp.	0.1	0.57	4.97	0.39	5.26	45.35
	Myopsida	Loliginidae		0.19	1.21	7.36	0.48	7.8	34.23
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta</i> spp.						
			<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0.33	0.36	5.53	0.41	5.86	40.08
	Oegopsida	Mastigoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	0.1	0.85	3.16	0.36	3.35	62.41
		Onychoteuthidae	<i>Dosidicus gigas</i>	0.1	0.62	2.58	0.33	2.73	68.36
			<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	0	0.15	0.48	0.2	0.51	94.45
			<i>Octopoteuthis sicula</i>	0.38	0	1.3	0.22	1.37	80.75
		Octopoteuthidae	<i>Gonatus californiensis</i>	0.05	0.09	1.05	0.3	1.11	84.26
		Gonatidae	<i>Gonatus berryi</i>	0.19	0	0.84	0.31	0.89	88.06

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
		Octopoteuthidae	<i>Octopus</i> spp.	0	0.04	0.69	0.16	0.73	90.3
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	0.57	0.47	4.52	0.48	4.79	54.98
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	4.05	0.79	24.95	0.9	26.43	26.43
		Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0	0.11	0.7	0.17	0.74	89.58
Malacostraca									
	Decapoda	Munididae	<i>Grimothea planipes</i>	0.14	0.36	3.04	0.39	3.23	65.63
		Penaeidae	<i>Penaeus californiensis</i>	0	0.02	0.47	0.12	0.5	94.95

Finalmente, al analizar los resultados de SIMPER entre los años 2015 y 2016, se obtuvo un promedio de disimilitud de 94.05%. En esta comparación, un conjunto de 37 especies representó el 95.33% del total de la dieta, identificándose seis especies presas las de mayor abundancia (*Ancistrocheirus lessueuri*, *Argonauta* spp; *Lolliguncula* spp; *Mastigoteuthis dentata*, *Pholidoteuthis boschmai* y *Ablennes hians*). Estas especies acumularon el 50.88% del total de la dieta entre ambos periodos (Tabla 19).

Tabla 19. Valores de disimilitud de especies presas en la dieta de *Sphyrna zygaena*, comparando los años 2015 y 2016, lo que represento el 95 % de la dieta en conjunto.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
Actinopterygii									
	Acanturiformes	Haemulidae	<i>Haemulon</i> spp.	0.13	0	2.12	0.25	2.25	73.23
	Atheriniformes	Atherinopsidae	<i>Atherinops affinis</i>	0.06	0.03	0.5	0.19	0.53	93.51
	Aulopiformes	Synodontidae	<i>Synodus</i> spp.	0.03	0	0.67	0.15	0.71	91.24
	Beloniformes	Belonidae	<i>Ablennes hians</i>	0.13	0.25	4.09	0.43	4.35	50.88
		Exocoetidae	<i>Cheilopogon spilopterus</i>	0.03	0	0.42	0.16	0.45	94.43
	Blenniiformes	Embiotocidae	<i>Cymatogaster aggregata</i>	0.03	0	0.42	0.16	0.45	95.33
	Carangiformes	Carangidae	<i>Caranx vinctus</i>	0.06	0.06	1.31	0.25	1.39	81.7
		Carangidae	<i>Caranx otrynter</i>	0.06	0	0.72	0.16	0.77	89.78
		Coryphaenidae	<i>Coryphaena</i> spp.	0	0.03	0.57	0.15	0.6	91.84
		Carangidae	<i>Caranx caballus</i>	0	0.03	0.45	0.15	0.48	93.99
		Coryphaenidae	<i>Coryphaena hippurus</i>	0.03	0	0.42	0.16	0.45	94.88
	Centrarchiformes	Scorpididae	<i>Medialuna californiensis</i>	0	0.03	0.57	0.15	0.6	92.44
		Girellidae	<i>Girella nigricans</i>	0.03	0.06	0.81	0.19	0.86	85.77

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AB. HEMBRAS	AB. MACHOS	DISIMI- LITUD	DISIMILITUD/SD	% CONTRIB.	% ACUM.
	Clupeiformes	Dorosomatidae	<i>Harengula thrissina</i>	0.06	0.06	1.94	0.26	2.06	75.29
		Clupeidae	<i>Sardinops sagax</i>	0.06	0.03	1.53	0.24	1.63	80.3
	Scombriformes	Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	0.03	0.42	3.01	0.32	3.2	65.98
			<i>Euthynus lineatus</i>	0	0.11	1.61	0.32	1.71	77.01
			<i>Auxis</i> spp.	0.06	0.06	1.57	0.27	1.67	78.67
	Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	0.09	0.28	2.29	0.33	2.43	70.98
Chondrichthyes									
	Myliobatiformes	Mobulidae	<i>Mobula</i> sp.	0.09	0.06	2.41	0.32	2.57	68.55
Mammalia									
	Artiodactyla	Delphinidae	<i>Restos</i>	0	0.03	0.77	0.14	0.82	88.24
Cephalopoda									
	Histioteuthidae	Histioteuthis	<i>Histioteuthis dofleini</i>	0	0.42	0.73	0.17	0.78	89.02
	Myopsida	Loliginidae	<i>Lolliguncula</i> spp.	0.66	0.22	6.48	0.44	6.89	35.76
	Octopoda	Argonautidae	<i>Argonauta</i> spp.	0.38	1.36	9.35	0.52	9.94	28.88
	Oegopsida	Mastigoteuthidae	<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0.28	0.42	5.33	0.39	5.67	41.43
		Onychoteuthidae	<i>Onychoteuthis banksii</i>	1.03	0.25	4.09	0.4	4.35	55.23
		Ommastrephidae	<i>Dosidicus gigas</i>	0.06	0.81	3.46	0.35	3.68	62.78
		Ommastrephidae	<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	0.22	0	0.7	0.24	0.74	90.53
		Gonatidae	<i>Gonatus californiensis</i>	0	0.14	1.06	0.32	1.13	82.82
		Gonatidae	<i>Gonatus berryi</i>	0.03	0.08	0.5	0.24	0.53	92.98
		Octopoteuthidae	<i>Octopus</i> spp.	0.03	0.03	0.97	0.19	1.03	84.9
		Octopoteuthidae	<i>Octopoteuthis sicula</i>	0	0.22	0.78	0.17	0.83	86.59
		Pholidoteuthidae	<i>Pholidoteuthis boschmai</i>	0.16	0.81	4.8	0.46	5.1	46.53
	Teuthida	Ancistrocheiridae	<i>Ancistrocheirus lessueuri</i>	1.53	2.03	17.81	0.74	18.93	18.93
	Teuthida	Thysanoteuthidae	<i>Thysanoteuthis rhombus</i>	0.09	0.06	0.99	0.21	1.05	83.87
Malacostraca									
	Decapoda	Munidae	<i>Grimothea planipes</i>	0.13	0.44	3.64	0.41	3.87	59.1
		Penaeidae	<i>Penaeus californiensis</i>	0	0.03	0.77	0.14	0.82	87.42

Índice de nivel trófico

De acuerdo con la metodología de Christensen & Pauly (1992), el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* presentó un índice de nivel trófico promedio de 4.6. Este valor lo clasificó como un depredador de alto nivel y lo posicionó como un consumidor terciario (dentro del cuarto nivel trófico) en la red alimentaria de su ecosistema marino. La consistencia observada entre el valor trófico global (4.6) y los resultados obtenidos en los diversos grupos de estudio, donde los valores oscilaron estrechamente entre 4.4 y 4.6, reforzaron la estabilidad de esta especie como un depredador tope (Tabla 20), independientemente de las variaciones observadas en su composición dietética.

Tabla 20. Valores del nivel trófico en los diferentes grupos de estudio de *Sphyrna zygaena*. Datos originales generados por la autora.

GRUPO			NIVEL TRÓFICO
 SEXOS	HEMBRAS		4.5
	MACHOS		4.5
 LOCALIDADES	BAHÍA TORTUGAS		4.4
	PUNTA LOBOS		4.5
 ESTADÍOS	JUVENILES		4.6
	ADULTOS		4.5
 AÑOS	2015		4.5
	2016		4.6

DISCUSIÓN

El tiburón martillo común, *Sphyrna zygaena*, es considerado un recurso pesquero de alto valor tanto en México como a nivel internacional. Dada su importancia comercial y la presión pesquera a la que está sometido, es crucial evaluar rigurosamente el estado de sus poblaciones para establecer un Nivel Adecuado de Explotación (NAE; Este esfuerzo es fundamental para garantizar un manejo sostenible de la pesquería y asegurar su aprovechamiento a largo plazo (Walker, 1998). A pesar de pertenecer a la familia Sphyrnidae, de considerable interés comercial, la gestión de esta especie enfrenta grandes desafíos.

La información biológica y poblacional de *S. zygaena* aún se considera insuficientemente documentada (Nava & Márquez, 2014). La principal dificultad para la obtención de datos precisos radica en la alta movilidad estacional de sus poblaciones de *S. zygaena*, ya que no solo impone obstáculos a los modelos de evaluación poblacional a gran escala, sino que también introduce desafíos metodológicos y sesgos de representatividad en estudios localizados como el presente. Específicamente, el muestreo no uniforme de los especímenes entre las diferentes localidades y estadios de madurez representó una limitación inherente a este trabajo. Esta falta de uniformidad puede ser atribuida a diversos eventos ecológicos y operativos:



La segregación reproductiva o por tallas lo que implica que juveniles y adultos ocupen áreas distintas en diferentes momentos, dificultando la captura simultánea de todos los estadios de vida.



Las migraciones de los organismos hacen que la disponibilidad de la especie en una localidad específica sea altamente variable y estacional.



El arte de pesca utilizado para la captura puede ser selectivo para un determinado tamaño o etapa de vida (por ejemplo, redes o anzuelos que solo capturan adultos o juveniles).

Esta dificultad en obtener una muestra biológica equitativa y representativa es un problema documentado en la investigación de elasmobranquios, por ejemplo, Guerrero-

Maldonado (2002) observó patrones similares, lo que confirma que las variaciones en la composición de los grupos de estudio (localidades y estadíos) son un sesgo metodológico recurrente en el estudio de las especies pelágicas altamente migratorias.

Con respecto a los resultados obtenidos que describen algunos aspectos biológicos, como la talla de nacimiento, Compagno (1984), ha reportado que es de 60 cm de LT para *S. zygaena*; mientras que Smale (1991) y Smale & Cliff (1998) registraron organismos de 59 cm de LT con la marca reciente del cordón umbilical (cicatricula).

Por su parte, Nava & Márquez (2014) reportó organismos de 46 cm de LT. En el presente trabajo se reportaron dos organismos con 66 cm y 68 cm de LT, siendo los de menor tamaño en el estudio. Las diferencias en tamaño encontradas podrían deberse al bajo número de muestras de tiburones neonatos empleados, lo que podría implicar una subestimación en el tamaño de neonatos para la costa occidental de Baja California Sur. Por lo que se requiere un número mayor de estimaciones futuras.

Hoening & Gruber (1990) mencionan que los elasmobranquios se caracterizan por tener un dimorfismo sexual marcado en lo que se refiere a su tamaño corporal, donde las hembras llegan a presentar tallas más grandes que los machos. Para el caso de la longitud máxima encontrada en este estudio, las hembras presentaron una LT máxima de 285 cm, y los machos de 277 cm LT. Estos valores son menores en comparación de lo registrado para *S. zygaena* por Compagno (1984), quien reportó una longitud total de 400 cm de LT para hembras y 300 cm de LT para machos; mientras que Carrera-Fernández *et al.* (2008) también registraron tallas mayores en comparación del presente trabajo, con una talla máxima de 300 cm de LT para hembras y para los machos fue de 296 cm de LT.

Por otra parte, las tallas encontradas por Nava & Márquez (2014) son similares a las del presente estudio, ya que la longitud máxima registrada para hembras fue de 286.3 cm de LT y para machos de 278 cm de LT. La similitud en las tallas de ambas investigaciones podría deberse a que los dos trabajos comprenden áreas cercanas ubicadas en la península de Baja California.

Del total de individuos de *Sphyrna zygaena* obtenidos con estómagos que presentaban contenido, 62 fueron de estadio juvenil y 22 adultos. Al respecto, algunos autores como Rago *et al.* (1998) y Carrera-Fernández *et al.* (2008), mencionan que es más favorable capturar organismos juveniles, ya que los adultos contribuyen directamente al reclutamiento poblacional.

En el presente estudio, los porcentajes de llenado de los estómagos fueron variados, presentándose con mayor frecuencia la categoría 1 (1-25% de llenado), y con menor frecuencia la categoría 4 (76-100%). Este resultado podría estar relacionado con el arte de pesca utilizado; debido a que los tiburones capturados pueden permanecer más de 12 horas atrapados en las redes de enmalle o palangres, debido a que son colocadas en las primeras horas del día y los pescadores regresan hasta el día siguiente por ellas y el proceso de digestión continua en los tiburones capturados (Aguilar-Castro, 2004). En este trabajo, se utilizaron ejemplares provenientes de la pesca comercial ribereña, donde los pescadores utilizan redes de enmalle y palangres, por lo que los ejemplares permanecieron varias horas atrapados hasta su recolección.

Esto coincide también con lo registrado por Navarro-González *et al.* (2012), que menciona que el porcentaje de llenado depende de los métodos de captura utilizados, demostrando que los estómagos obtenidos de la pesca comercial presentan con frecuencia un llenado relativamente menor; mientras que el nivel de llenado aumenta al usar artes de pesca pasivos como redes de enmalle, anzuelos, etc.

Cabe mencionar que en un solo estómago de *S. zygaena* fueron encontrados todos los estados de digestión, lo cual se ha observado en otras especies como el tiburón angelito *Squatina californica* por Escobar (2004), quien menciona que esto pudiera deberse a que algunos peces cartilaginosos se alimentan de manera continua, ya sea de día o noche, presentando en sus estómagos presas en distintos estados de digestión al momento de su captura. Caso contrario a lo que sucede con el tiburón piloto *Carcharhinus falciformis*, el cual se alimenta nuevamente solo hasta que se hayan digerido todas las presas, presentándose en el mismo estado, de acuerdo con lo registrado por Cabrera-Chávez (2003).

De manera general, el estado de digestión de los peces presa registrados en *S. zygaena* fue desde valores intermedios a un estado avanzado de digestión; mientras que los cefalópodos se encontraban más metabolizados, debido a que su músculo es más blando y fácil de digerir, por lo cual solo se encontraba el aparato mandibular (pico), el cual es más resistente debido a que está compuesto de quitina.

Los estudios previos sobre la dieta del tiburón martillo, *Sphyrna zygaena*, han reportado consistentemente un número variable de grupos presa. Por ejemplo, Galván (1989), Bolaño (2006) y Vélez (2021) identificaron una dieta compuesta primariamente por dos grupos: peces y cefalópodos.

Otros trabajos, como los de Smale (1991), Estupiñán-Montaña & Cedeño (2005), Castañeda & Sandoval (2004), Bornatowski *et al.* (2006) y Ochoa (2009), documentaron la inclusión de crustáceos, ampliando el espectro a tres grupos presa (peces, crustáceos y cefalópodos).

El estudio de Stevens (1984) mostró una mayor amplitud, enlistando cuatro grupos al añadir condriktios a la lista. En contraste, el presente trabajo documenta la presencia de una dieta considerablemente más amplia, registrando seis grupos presa:

-  **Peces** (Actinopterygii)
-  **Condriktios** (Mobulidae)
-  **Mamíferos** (Delphinidae)
-  **Tortugas Marinas** (Sauropsida)
-  **Crustáceos** (Malacostraca)
-  **Cefalópodos** (Cephalopodos)

Esta notable diferencia en la composición de la dieta y la amplitud del nicho trófico puede atribuirse a una combinación de factores ecológicos como el aumento de la temperatura del agua y otros cambios en el ecosistema marino pudieran estar modificando la distribución y abundancia de las fuentes de alimento habituales. La migración de las presas más comunes hacia nuevas áreas obliga a *S. zygaena* a diversificar su dieta o a depredar organismos que no son típicos.

El estudio de Vélez (2021), quien trabajó exclusivamente con tiburones *Sphyrna zygaena* en estadio juvenil (con una longitud total media de 120 cm), registro que su dieta está conformada de peces y cefalópodos. En el presente trabajo, la muestra incluyó tanto juveniles como adultos lo que llevo a una detección de grupos tróficos raros y de gran tamaño (Condrictios (de la familia Mobulidae), Mamíferos (Delphinidae) y Tortugas Marinas (Sauropsidos anápsidos) los cuales estuvieron estrictamente asociados a los individuos adultos, cuyas tallas oscilaron entre 241 cm y 277 cm.

Esta evidencia subraya un cambio en la capacidad de depredación. Los tiburones martillo adultos, debido a su mayor tamaño, fuerza y resistencia, son capaces de subyugar y consumir presas grandes, rápidas o con defensas (como caparazones o cuerpos cartilaginosos grandes), lo que naturalmente amplía su nicho trófico en comparación con los juveniles. También puede deberse a que las condiciones oceanográficas y la biodiversidad local de la región analizada en este estudio son únicas, ofreciendo a los tiburones adultos una fuente de alimento más rica y diversa.

La hipótesis central de este estudio fue que "El patrón de la dieta del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en la costa occidental de Baja California Sur, México, será similar a las dietas reportadas globalmente, caracterizándose por una composición trófica dominada por cefalópodos, seguida en importancia por peces óseos":

Y de acuerdo con los diferentes índices estimados en este trabajo: el porcentaje de la frecuencia de aparición (%FA), porcentaje de abundancia numérica de la presa (%N), porcentaje de abundancia gravimétrica de la presa (%G) e índice de importancia relativa específica de la presa (PSIRI)], se obtuvo un resultado similar, en donde las presas más importantes fueron los cefalópodos:

 *Ancistrocheirus lessueurii*,

 *Lolliguncula* spp.

 *Argonauta* spp.

Estos resultados coinciden con lo registrado anteriormente en diversos trabajos (Stevens, 1984; Galván *et al.*, 1989; Smale, 1991), en donde se registró que el alimento que predominó en la dieta de *S. zygaena* fueron cefalópodos, teniendo preferencia por

especies como *Histioteuthis heteropsis* y *Onychoteuthis banksii*, o por ejemplares de las familias Loliginidae, Sepiidae y Ancistrocheridae.

En el Pacífico ecuatoriano, Castañeda & Sandoval (2004) también encontraron que la alimentación de *S. zygaena* se basa principalmente en especies de cefalópodos como *Dosidicus gigas*, *Sthenoteuthis oualaniensis* y *Ancistrocheirus lesueurii*. Esto también ha sido soportado por trabajos más recientes como el de Estupiñán & Cedeño (2005), Bolaño (2006) y Ochoa (2009).

Los anteriores hallazgos apoyan la hipótesis alternativa del presente estudio, en donde los resultados nos muestran de forma general, que la dieta del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* fue similar a las reportadas globalmente por otros autores.

Con respecto al resultado de la segregación por sexos, se ha observado como algo común en los elasmobranchios, que existe una tendencia a la separación en cuanto se alcanza la madurez sexual, excepto en la época de reproducción (Downton, 2007). Esto pudiera explicar porque en este estudio la diferencia del número de individuos entre machos (39) y hembras (45) no fue marcada, ya que la mayoría de los individuos capturados fueron juveniles con 62 individuos y adultos con tan sólo 22 individuos, por lo que, al no presentar madurez sexual, pues no habría segregación en las áreas estudiadas.

En cuanto a los resultados del análisis con el índice de Amundsen, al considerar el sexo de los ejemplares, se mostró para el caso de las hembras, la estrategia de alimentación tipo C que tuvo como presa dominante a *Ancistrocheirus lessueurii*, los otros grupos taxonómicos sólo fueron presas consumidas ocasionalmente. Esto cambio en los machos, el gráfico del índice de Amundsen indica una estrategia de alimentación tipo D, representando una alimentación mixta, en la que algunos individuos tienen una dieta especialista, siendo *Argonauta* spp. la presa dominante; mientras que otros individuos presentan una estrategia de alimentación más generalizada (*sensu* Amundsen).

Lo anterior, pudiera deberse a que *S. zygaena* presenta dimorfismo sexual, lo cual es una característica común en otros tiburones y rayas (Cortés, 2000), permitiendo a las

hembras tener mayor acceso a otras áreas de alimentación o apresas más rápidas o más grandes (Cortés & Gruber, 1990) (Navia *et al.*, 2007).

En los resultados del análisis de Amudsen, respecto a los años, se observó que *Sphyrna zygaena* presentó una estrategia de alimentación especializada para el año 2015 y una mixta para el año 2016.

Autores nos mencionan que la dieta de los animales puede verse influenciada por variables como la distribución de presas (Hunt *et al.*, 1999; Weimerskirch *et al.*, 2005; Eifler & Eifler, 1999) la ubicación geográfica (Gordon, 1991; Bruyn *et al.*, 2009; Isaksson *et al.*, 2016), el clima local (Sergio, 2003; Winter & Shields, 2021), el sexo (Lewis *et al.*, 2002; Kienle *et al.*, 2022; Shannon *et al.*, 2006) y el estado reproductivo (Hamel & Côté, 2009; Lescroël *et al.*, 2010).



Alimentación especializada (2015): teniendo enfoque en una sola presa (*Ancistrocheirus lessueurii*) (Tipo C) podría deberse a que es una especie presa abundante y fácilmente accesible. Es importante mencionar que el año 2014, 2015 y la primer mitad del 2016, tuvo presencia el evento del niño (Oscilación del Sur (ENOS)) en el Océano Pacífico tropical oriental, este es un ejemplo de un fenómeno climático bien conocido en el que las temperaturas oceánicas más cálidas de lo normal y la reducción de las surgencias restringen la disponibilidad de especies presa para una variedad de depredadores tróficos superiores (Valle *et al.*, 1987).

También se ha descubierto que las aguas más cálidas de este fenómeno climático tienen un efecto sustancial en los movimientos y el rango de alimentación de tiburones, rayas (Osgood *et al.*, 2021). Estos impactos percibidos en los niveles tróficos superiores se deben a una alteración a gran escala de la disponibilidad de presas de los niveles tróficos inferiores (Barbeaux *et al.*, 2020; Arimitsu *et al.*, 2021).

Considerando lo anterior, la dieta especializada en *Ancistrocheirus lessueurii*, pudo ser una respuesta al aumento de la competencia por recursos escasos debido a El Niño, ya que la especialización en una presa confiable puede ser una estrategia óptima

de supervivencia, reduciendo el riesgo de fallar en la búsqueda de presas más diversas pero escasas.



Alimentación mixta o Generalización en el 2016 (Tipo D), sugiere que la presa principal fue menos abundante, más dispersa o menos rentable. Lo anterior concuerda con el estudio de Cabrera (2003) que mencionó que las presas cuando son abundantes en un área, el depredador se especializa en la captura de un alimento en particular, maximizando su consumo y aprovechamiento de energía; en cambio si el alimento es escaso, los tiburones no pueden escoger a sus presas, por lo que se alimentan de cualquier organismo disponible utilizando mayor energía.

El cambio de estrategia de alimentación en el año 2016, podría deberse a que, la temperatura del océano tiene un efecto directo en las funciones fisiológicas y metabólicas de los tiburones, incluyendo la digestión (Pierce & Charles, 2022).

En la segunda mitad del año 2016, tuvo presencia el fenómeno de La Niña (ENOS), que aumenta la surgencia de aguas frías, la producción primaria de microalgas y del zooplancton, lo que favorece la reproducción de peces y de invertebrados y el incremento en la biomasa de krill (Arntz W.E. & E. Fahrbach, 1991). Las anomalías de temperatura a corto plazo, que duran días o meses, también han provocado cambios rápidos en el rango de distribución, reorganización de la comunidad y alteraciones en la función del ecosistema a medida que las especies rastrean incluso los cambios a corto plazo en su hábitat (Smale *et al.*, 2019).

Estudiar la dieta de estos depredadores marinos a lo largo de estos períodos de cambio dinámico del ecosistema también puede proporcionar información sobre qué especies de presas son las más importantes para la salud de sus poblaciones. De hecho, se ha cuestionado si las presas que consumen tienen efectos potenciales en la dinámica poblacional de los depredadores tróficos superiores (Sinclair *et al.*, 2008; Cahoon *et al.*, 2013), ya que los elasmobranchios muestran respuestas a los cambios de temperatura y disponibilidad de presas asociadas con diferencias en fisiología, movimiento y ecología (Bernal *et al.*, 2012).

El cambio climático está transformando la vida de los grandes depredadores marinos, como la modificación de su rango de distribución al verse afectada la distribución de sus presas (Gooden *et al.*, 2025).

En el caso del establecimiento del nivel trófico, de manera general los tiburones son reconocidos como depredador tope en las cadenas tróficas marinas (Castillo-Géniz, 1993). Se considera que juegan un papel crucial en la estructura de las comunidades oceánicas a través del control de las poblaciones de sus presas. La posición trófica estimada para *S. zygaena* en el presente estudio fue de P.T. = 4.6. Este valor fue consistente con el rol de depredador de alto orden concordando con el P.T. de 4.0 reportado por Ochoa-Díaz (2009) a partir del análisis de contenido estomacal. La ligera diferencia observada entre los valores de Nivel Trófico (4.6 vs. 4.0) pudiera ser el resultado directo de los hallazgos de este trabajo:



P.T. Alto (4.6): Un valor de P.T. más cercano a 5.0 es indicativo de un depredador que consume ítems tróficos situados en niveles superiores. La inclusión de Condrictios (Mobulidae), Mamíferos Marinos (Delphinidae) y Tortugas Marinas (Sauropsida), grupos que poseen un P.T. intrínsecamente más alto que los peces y cefalópodos elevó el valor promedio de la posición trófica de la población muestreada.

CONCLUSIONES



Los resultados de esta investigación confirman la hipótesis alternativa, demostrando que el patrón de la dieta del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, en la costa occidental de Baja California Sur, México, es similar a las dietas reportadas en el resto del mundo. Indicando una dieta dominada por cefalópodos, seguida en importancia por peces óseos.



El número de estómagos con alimento analizado fue suficiente para caracterizar el espectro trófico de *Sphyrna zygaena*, ya que con 14 estómagos se alcanzó un C.V. = 0.04.



Se contabilizaron un total de 579 organismos dentro de los estómagos, los cuales se clasificaron en 58 tipos de presas, donde 17 fueron pertenecientes a la clase Cephalopoda (calamares y pulpos), 35 tipos pertenecen a la clase Actinopterygii, uno a la clase Chondrichthyes (Mobulidae), tres a la clase Malacostraca (camarones y langostillas), uno a los Sauropsida (tortuga marina) y uno a la clase Mammalia (Delphinidae).



Se registró al Cefalópodo *Ancistrocheirus lessueurii* como la presa más importante dentro de la dieta de *S. zygaena* seguida por *Lolliguncula* spp. y *Argonauta* spp.



Con base en los resultados de contenidos estomacales, se considera que *Sphyrna zygaena* es una especie que consume a sus presas tanto en zonas costeras y en zonas oceánicas.



Sphyrna zygaena presentó un nivel trófico consumidor terciario (4.6 a partir de los datos globales analizados), una clasificación que se mantiene uniforme en todas las categorías evaluadas por la investigación, clasificándolo como un depredador de alto nivel.



La especie *S. zygaena*. demostró la capacidad de modular su comportamiento de alimentación en escalas temporales cortas (de un año a otro) para adaptarse a la variabilidad ambiental generada por la Oscilación del Sur El Niño (ENOS).

REFERENCIAS

- Aguilar-Castro, N. A. (2003). *Ecología trófica de juveniles del tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) en el Golfo de California* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Álava, P. I. (2013). *Contenido estomacal del pez espada *Xiphias gladius* desembarcado en el Puerto de Santa Rosa, Provincia de Santa Elena, Ecuador* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil.
- Álvarez, A. A. (1987). *Aspectos oceanográficos del Golfo de California* (Serie didáctica A.4.). Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Álvarez-Borrego, S. (1983). Gulf of California. En B. H. Ketchum (Ed.), *Ecosystems of the world: Estuaries and enclosed seas* (pp. 427–449). Elsevier.
- Amundsen, P. A., Gabler, H. M., & Staldvik, F. J. (1996). A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data - modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*, 48(4), 607–614.
- Applegate, S. P., Espinosa, L., Menchaca, L. B., & Sotelo, F. (1979). *Tiburones mexicanos*. Subsecretaría de Educación e Investigación, Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar.
- Arimitsu, M. L., Piatt, J. F., Hatch, S., Suryan, R. M., Batten, S., Bishop, M. A., Campbell, R. W., & Coletti, H. (2021). Heatwave-induced synchrony within forage fish portfolio disrupts energy flow to top pelagic predators. *Global Change Biology*, 27(9), 1859–1878. <https://doi.org/10.1111/gcb.15556>

- Arntz, W. E., & Fahrbach, E. (1991). *El Niño: Experimento climático de la naturaleza. Causas físicas y efectos biológicos*. Birkhäuser.
- Barbeaux, S. J., Holsman, K., & Zador, S. (2020). Marine heatwave stress test of ecosystem-based fisheries management in the Gulf of Alaska Pacific cod fishery. *Frontiers in Marine Science*, 7, 703. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00703>
- Barrera, G. A. (2008). *Descripción osteológica para la identificación de peces de la familia Carangidae del Pacífico mexicano* [Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas]. Repositorio del Instituto Politécnico Nacional.
- Bernal, D., Carlson, J. K., Goldman, K. J., & Lowe, C. G. (2012). Energetics, metabolism, and endothermy in sharks and rays. In J. C. Carrier, J. A. Musick, & M. R. Heithaus (Eds.), *Biology of sharks and their relatives* (2nd ed., pp. 211–237). CRC Press.
- Bolaño, M. N. (2006). *Hábitos alimenticios en juveniles de Sphyrna zygaena Linnaeus 1758 (Chondrichthyes: Sphyrnidae) en el Puerto Pesquero de Santa Rosa de Salinas, Guayas, durante mayo - diciembre 2004* [Tesis de licenciatura, Universidad de Guayaquil].
- Bornatowski, H., Costa, L., Robert, M. C., & Pina, J. V. (2007). Feeding habits of young smooth hammerhead sharks, *Sphyrna zygaena* (Carcharhiniformes: Sphyrnidae), in the southern coast of Brazil. *Biota Neotropica*, 7(1), 121–125. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000100015>
- Brown, S. C., Bizzarro, J. J., Cailliet, G. M., & Ebert, D. A. (2012). Breaking with tradition: Redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes*, 95(1), 3–20. <https://doi.org/10.1007/s10641-011-9959-z>

- Cabrera-Chávez-Costa, A. A. (2003). *Hábitos alimenticios del tiburón piloto Carcharhinus falciformis (Bibron, 1839) en la costa occidental de Baja California Sur* [Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas]. Repositorio del Instituto Politécnico Nacional.
- Cahoon, M. K., Littnan, C. L., Longenecker, K., & Carpenter, J. R. (2013). Dietary comparisons of two Hawaiian monk seal populations: The role of diet as a driver of divergent population trends. *Endangered Species Research*, 20(2), 137–146. <https://doi.org/10.3354/esr00491>
- Carabias Lillo, J., Provencio, E., de la Maza Elvira, J., Gutiérrez Carbonell, D., Gómez Cruz, M., & Sánchez Sotomayor, V. (2000). *Programa de Manejo Reserva de la Biosfera El Vizcaíno, México*. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.
- Carrera-Fernández, M., Martínez-Ortiz, J., & Galván-Magaña, F. (2008). Composición de tallas de *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758) en aguas del Ecuador. En Facultad de Ciencias, UNAM (Ed.), *III Simposium Nacional de Tiburones y Rayas: Resúmenes del III foro* (pp. 84–86). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Castañeda, J., & Sandoval, L. (2004). *Hábitos alimentarios de los tiburones martillo Sphyrna lewini (Griffith & Smith, 1838) y Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758) en el Pacífico ecuatoriano* [Tesis de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano].
- Castillo-Géniz, J. L. (2001). *Aspectos biológico-pesqueros de los tiburones que habitan en las aguas del Golfo de México* [Tesis de maestría] Universidad Nacional Autónoma de México. Repositorio Institucional de la UNAM.
- Castillo-Géniz, J. L., & Márquez, F. F. (1993). *La pesquería del tiburón en México: Una revisión histórica del Golfo de México*. Instituto Nacional de la Pesca.
- Castro, J. A., & Mejuto, J. (1995). Reproductive parameters of blue shark, *Prionace glauca*, and other sharks. *Collective Volume of Scientific Papers ICCAT*, 44(3), 122–137.

- Chen, X., Lu, H. J., Liu, B., Chen, Y., Li, S., & Ma, J. (2012). Species identification of *Ommastrephes bartramii*, *Dosidicus gigas*, *Stenoteuthis oualaniensis* and *Illex argentinus* (Ommastrephidae) using beak morphological variables. *Scientia Marina*, 76(3), 473–481. <https://doi.org/10.3989/scimar.03408.05B>
- Christensen, V., & Pauly, D. (1992). ECOPATH II — A software for balancing steady-state ecosystem models and calculating network characteristics. *Ecological Modelling*, 61(3-4), 169–185. [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(92\)90016-8](https://doi.org/10.1016/0304-3800(92)90016-8)
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: User manual/tutorial*. PRIMER-E; Plymouth Marine Laboratory.
- Clarke, M. R. (Ed.). (1986). *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. Clarendon Press.
- Clarke, S. C., Coelho, R., Francis, M. P., Kai, M., Kohin, S., Liu, K. M., Simpfendorfer, C. A., Tovar-Ávila, J., Rigby, C. L., & Smart, J. J. (2015). *Report of the Pacific Shark Life History Expert Panel Workshop* (WCPFC-SC11-2015/EB-IP-13). Western and Central Pacific Fisheries Commission.
- Clothier, C. R. (1950). *A key to some southern California fishes based on vertebral characters* (Fish Bulletin No. 79). State of California Department of Natural Resources, Division of Fish and Game, Bureau of Marine Fisheries.
- Clothier, C. R., & Baxter, J. L. (1969). *Vertebral characters of some California fishes with notes on other Eastern Pacific species* (Fish Bulletin No. 148). California Department of Fish and Game.
- Coello, D., & Herrera, M. (2018). Desembarque de tiburones en las pesquerías de Ecuador 2012. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 12(1), 1–8.

- Colwell, R. K. (2006). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples* (User's Guide, Version 8.0). University of Connecticut.
- Compagno, L. J. V. (1984). *Sharks of the World: An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date. Part 2: Carcharhiniformes* (FAO Fisheries Synopsis No. 125, Vol. 4). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Compagno, L. J. V. (1990). Alternative life-history styles of cartilaginous fishes in time and space. *Environmental Biology of Fishes*, 28(1-4), 33–75.
- Compagno, L. J. V., Dando, M., & Fowler, S. (2005). *Sharks of the World*. Princeton University Press.
- Compagno, L. J. V., Krupp, F., & Schneider, W. (1995). Tiburones. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter, & V. H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental* (Vol. 2, pp. 647–1200). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Cortés, E. (1999). Standardized diet compositions and trophic levels of sharks. *ICES Journal of Marine Science*, 56(5), 707–717.
- Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4), 299–344.
- Cortés, E., & Gruber, S. H. (1990). Diet, feeding habits and estimates of daily ration of young lemon sharks, *Negaprion brevirostris* (Poey). *Copeia*, 1990(1), 204–218.
- Dambacher, J. M., Young, J. W., Olson, R. J., Allain, V., Galván-Magaña, F., Lansdell, M. J., Bocanegra-Castillo, N., Alatorre-Ramírez, V., Cooper, S. P., & Duffy, L. M. (2010). Analyzing pelagic food webs leading to top predators in the Pacific Ocean: A graph-theoretic approach. *Progress in Oceanography*, 86(1-2), 152–165.

- Bruyn, P. J. N., Tosh, C. A., Oosthuizen, W. C., Bester, M. N., & Arnould, J. P. Y. (2009). Bathymetry and frontal system interactions influence seasonal foraging movements of lactating subantarctic fur seals from Marion Island. *Marine Ecology Progress Series*, 394, 263–276. <https://doi.org/10.3354/meps08292>
- DecaNet eds. (2025). *DecaNet: Grimothea planipes (Stimpson, 1860)*. World Register of Marine Species. Recuperado el 18 de noviembre de 2025 de <https://www.decanet.info/aphia.php?p=taxdetails&id=1607504>
- Díaz-Murillo, B. P. (2006). *Catálogo de otolitos de peces marinos de las costas adyacentes a Baja California Sur* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Downton-Hoffmann, C. A. (2007). *Biología del pez guitarra Rhinobatos productus (Aires, 1856), en Baja California Sur, México* [Tesis de doctorado]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional.
- Durazo, R., Gaxiola-Castro, G., Lavaniegos, B., Castro-Valdez, R., Gómez-Valdés, J., & Mascarenhas, A. S., Jr. (2005). Oceanographic conditions west of the Baja California Coast, 2002–2003: A weak El Niño and subarctic water enhancement. *Ciencias Marinas*, 31(3), 537–552.
- Durazo, R., Ramírez-Manguilar, A. M., Miranda, L. E., & Soto-Mardones, L. A. (2010). Climatología de variables hidrográficas. En G. Gaxiola-Castro & R. Durazo (Eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997–2007* (pp. 25–58). Instituto Nacional de Ecología.
- Ebert, D. A., Fowler, S., & Compagno, L. J. V. (2013). *Tiburones del mundo: Una guía completamente ilustrada*. Plymouth, Reino Unido: Wild Nature Press.
- Eifler, D. A., & Eifler, M. A. (1999). The influence of prey distribution on the foraging strategy of the lizard *Oligosoma grande* (Reptilia: Scincidae). *Behavioral Ecology*, 10(4), 397–402.

- Escobar-Sánchez, O. (2004). *Hábitos alimenticios del tiburón ángel Squatina californica* (Ayres, 1859) en el suroeste del Golfo de California, México [Tesis de maestría]. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.
- Estupiñán, M. C., & Cedeño, F. L. (2005). *Estudio de los hábitos alimenticios mediante el análisis del contenido estomacal del tollo mico Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) y los tiburones martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) y *Sphyrna zygaena* (Linnaeus, 1758), en el área de Manta – Ecuador [Tesis de licenciatura]. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
- Ferrari, A., & Ferrari, A. (2001). *Escualos*. Grijalvo. España. 256pp.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1995). *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental* (Vols. 1-3). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Franks, P. J. S. (1992). Phytoplankton blooms at fronts: Patterns, scales and physical forcing mechanisms. *Reviews in Aquatic Sciences*, 6(2), 121–137.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & Fong, J. D. (Eds.). (2025). *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Species by family/subfamily*. California Academy of Sciences. Recuperado el 18 de noviembre de 2025 de <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/SpeciesByFamily.asp>
- Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2017). *FishBase* (Versión 02/2017) [Base de datos en línea]. World Wide Web Electronic Publication. Recuperado el 12 de junio de 2017 de <http://www.fishbase.org>
- Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2025). *FishBase* (Versión 04/2025) [Base de datos en línea]. World Wide Web Electronic Publication. Recuperado el 17 de noviembre de 2025 de <https://www.fishbase.org>

- Fry, B., & Sherr, E. B. (1984). $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. *Contributions in Marine Science*, 27, 13–47.
- Galván-Magaña, F., Nienhuis, H. J., & Klimley, A. P. (1989). Seasonal abundance and feeding habits of sharks of the lower Gulf of California, México. *California Fish and Game*, 75(2), 74–84.
- Galván-Magaña, F. (1999). *Relaciones tróficas interespecíficas de la comunidad de depredadores epipelágicos del Océano Pacífico Oriental* [Tesis de doctorado]. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.
- García-Núñez, N. E. (2008). *Sharks: Conservation, fishing and international trade / Tiburones: Conservación, pesca y comercio internacional*. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Gooden, A., Champion, C., Huveneers, C., Kelaher, B., & Butcher, P. A. (2025). Seasonal changes in the habitat suitability of immature white sharks (*Carcharodon carcharias*) driven by ocean warming. *ICES Journal of Marine Science*, 82(5), 1145–1158.
- Gordon, D. M. (1991). Behavioral flexibility and the foraging ecology of seed-eating ants. *The American Naturalist*, 138(2), 379–411. <https://doi.org/10.1086/285223>
- Guerrero-Martínez, L. A. (2002). *Captura comercial de elasmobranquios en la costa suroccidental del Golfo de California, México* [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Hamel, S., & Côté, S. D. (2009). Foraging decisions in a capital breeder: Trade-offs between mass gain and lactation. *Oecologia*, 161(2), 421–432. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1377-y>
- Hernández-Carballo, A. (1971). *Pesquerías de los tiburones en México* [Tesis de licenciatura]. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional.

- Hernández-Vázquez, S. (1987). Pesquerías pelágicas y neríticas de la costa occidental de Baja California, México. *California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations Reports*, 28, 53–56.
- Hoenig, J., & Gruber, S. H. (1990). Life history patterns in elasmobranchs: Implications for fisheries management. En H. L. Pratt Jr., S. H. Gruber, & T. Taniuchi (Eds.), *Elasmobranchs as living resources: Advances in the biology, ecology, systematics and the status of the fisheries* (NOAA Technical Report NMFS 90, pp. 1–16). U.S. Department of Commerce.
- Hunt, G. L., Mehlum, F., Russell, R. W., Irons, D., Decker, B., & Becker, P. H. (1999). S34.3: Physical processes, prey abundance, and the foraging ecology of seabirds. En N. J. Adams & R. H. Slotow (Eds.), *Proceedings of the 22nd International Ornithological Congress*. BirdLife South Africa.
- Isaksson, N., Evans, T. J., Shamoun-Baranes, J., & Åkesson, S. (2016). Land or sea? Foraging area choice during breeding by an omnivorous gull. *Movement Ecology*, 4, Artículo 11. <https://doi.org/10.1186/s40462-016-0078-5>
- Iverson, I. L. K., & Pinkas, L. (1971). A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific cephalopods. *Fish Bulletin*, (152), 83–105.
- Kienle, S. S., Friedlaender, A. S., Crocker, D. E., Mehta, R. S., & Costa, D. P. (2022). Trade-offs between foraging reward and mortality risk drive sex-specific foraging strategies in sexually dimorphic northern elephant seals. *Royal Society Open Science*, 9(1), Artículo 210522. <https://doi.org/10.1098/rsos.210522>
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology*. Addison Wesley Longman.

- Kubodera, T., Oizumi, H., Imaizumi, T., & Jorgensen, E. M. (2005). *Manual for the identification of cephalopod beaks in the northwest Pacific*. National Museum of Nature and Science. <https://www.kahaku.go.jp/research/db/zoology/Beak-E/intro.htm>. Recuperado el 18 de diciembre de 2025.
- Lack, M., & Sant, G. (2006). *World shark catch, production & trade 1990–2003*. TRAFFIC Oceania.
- Lescroël, A., Ballard, G., Toniolo, V., Barton, K. J., Wilson, P. R., Lyver, P. O. B., & Ainley, D. G. (2010). Working less to gain more: When breeding quality relates to foraging efficiency. *Ecology*, 91(7), 2044–2055. <https://doi.org/10.1890/09-0766.1>
- Lewis, S., Benvenuti, S., Dall-Antonia, L., Griffiths, R., Money, L., Sherratt, T., Wanless, S., & Hamer, K. (2002). Sex-specific foraging behaviour in a monomorphic seabird. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 269(1501), 1687–1693. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2083>
- Linnaeus, C. (1758). *Systema naturae per regna tria naturae, regnum animale, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis* (10.^a ed., Vol. 1). Laurentii Salvii.
- Ludwig, J. A., & Reynolds, J. F. (1988). *Statistical ecology: A primer on methods and computing*. John Wiley & Sons.
- Margalef, R. (1969). *Perspectives in ecological theory*. University of Chicago Press.
- McEachran, J. D., y Notarbartolo di Sciara, G. (1995). Mobulidae. En W. Fischer, F. Krupp, W. Schneider, C. Sommer, K. E. Carpenter y V. H. Niem (Eds.), *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro-Oriental: Vol. II. Vertebrados - Parte 1* (pp. 759-764). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Nava, N. P., & Márquez-Farías, J. F. (2014). Talla de madurez del tiburón martillo, *Sphyrna zygaena*, capturado en el Golfo de California. *Hidrobiológica*, 24(2), 163–171.
- Navarro-González, J., Bohórquez-Herrera, J., Navia, A. F., & Cruz-Escalona, V. H. (2012). Diet composition of batoids on the continental shelf off Nayarit and Sinaloa, Mexico. *Ciencias Marinas*, 38(2), 347–362. <https://doi.org/10.7773/cm.v38i2.1999>
- Navia, A. F., Mejía-Falla, P. A., & Giraldo, A. (2007). Feeding ecology of elasmobranch fishes in coastal waters of the Colombian Eastern Tropical Pacific. *BMC Ecology*, 7(8). <https://doi.org/10.1186/1472-6785-7-8>
- Ochoa-Díaz, M. R. (2009). *Espectro trófico del tiburón martillo Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758) en Baja California Sur: Aplicación de $\delta^{13}\text{C}$ Y $\delta^{15}\text{N}$* . [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio del CICIMAR.
- Osgood, G. J., White, E. R., & Baum, J. K. (2021). Effects of climate-change-driven gradual and acute temperature changes on shark and ray species. *Journal of Animal Ecology*, 90(11), 2547–2559. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13560>
- Peterson, B. J., & Fry, B. (1987). Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 293–320.
- Pierce, S. J., & Charles, R. (2022). *Impactos antropogénicos en tiburones y rayas* (Hoja informativa CMS/sharks-mos4/Inf.7). Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias de Animales Silvestres. https://www.cms.int/sites/default/files/publication/cms_sharks-mos4_inf.7_human%20impacts%20on%20sharks%20and%20rays_s.pdf

- Pinkas, L., Oliphant, M. S., & Iverson, I. L. K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in Californian waters. *California Department of Fish and Game Fish Bulletin*, (152), 1–105.
- Polo-Silva, C. J., Newsome, S. D., Galván-Magaña, F., Grijalba-Bendeck, M., & Sanjuan-Muñoz, A. (2013). Trophic shift in the diet of the pelagic thresher shark based on stomach contents and stable isotope analyses. *Marine Biology Research*, 9(10), 958–971.
- Quinn, K. (s.f.). *Sphyrna zygaena* [Ilustración digital]. Canvas of the Wild. Recuperado de <https://kellyofthewild.com/>
- Rago, P. J., Sosebee, K. A., Brodziak, J. K. T., Murawski, S. A., & Anderson, E. D. (1998). Implications of recent increases in catches on the dynamics of Northwest Atlantic spiny dogfish (*Squalus acanthias*). *Fisheries Research*, 39(2), 165–181.
- Ramírez-Amaro, S. R., Cartamil, D., Galván-Magaña, F., González-Barba, G., Graham, J. B., Carrera-Fernández, M., Escobar-Sánchez, O., Sosa-Nishizaki, O., & Rochín-Alamillo, A. (2013). The artisanal elasmobranch fishery of the Pacific coast of Baja California Sur, Mexico, management implications. *Scientia Marina*, 77(3), 473–487.
- Rigby, C. L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Herman, K., Jabado, R. W., Liu, K. M., Marshall, A., Pacoureau, N., Romanov, E., Sherley, R. B., & Winker, H. (2019). *Sphyrna zygaena*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T39388A2921825. Recuperado el 18 de noviembre de 2025 de <https://www.iucnredlist.org/species/39388/2921825>
- Rosa, D., Coelho, R., Fernandez-Carvalho, J., & Santos, M. N. (2017). Age and growth of the smooth hammerhead, *Sphyrna zygaena*, in the Atlantic Ocean: Comparison with other hammerhead species. *Marine Biology Research*, 13(3), 300–313. <https://doi.org/10.1080/17451000.2016.1265868>

- Sánchez-Cota, B. J. (2013). *Catálogo de esqueletos de peces óseos marinos de importancia comercial en Baja California Sur, México* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur]. Repositorio institucional UABCS.
- Sergio, F. (2003). From individual behaviour to population pattern: Weather-dependent foraging and breeding performance in black kites. *Animal Behaviour*, 66(6), 1109–1117. <https://doi.org/10.1006/anbe.2003.2303>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Shannon, G., Page, B. R., Duffy, K. J., & Slotow, R. (2006). The role of foraging behaviour in the sexual segregation of the African elephant. *Oecologia*, 150(2), 344–354. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0521-1>
- Shark Trust. (2010). *An illustrated compendium of sharks, skates, rays and chimaera. Chapter 1: The British Isles and Northeast Atlantic. Part 2: Sharks*. Illustrations by Marc Dando. Plymouth, UK.
- Sinclair, E. H., Vliestra, L. S., Johnson, D. S., Zeppelin, T. K., Byrd, G. V., Springer, A. M., Ream, R. R., & Hunt, G. L., Jr. (2008). Patrones en el uso de presas entre lobos marinos y aves marinas en las Islas Pribilof. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 55(16-18), 1897–1918. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.04.030>
- Smale, D. A., Wernberg, T., Oliver, E. C. J., Thomsen, M., Harvey, B. P., Straub, S. C., Burrows, M. T., Alexander, L. V., Benthuyssen, J. A., Donat, M. G., Feng, M., Hobday, A. J., Holbrook, N. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Scannell, H. A., Sen Gupta, A., Payne, B. L., & Moore, P. J. (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, 9(4), 306–312. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0412-1>

- Smale, M. J. (1991). Occurrence and feeding of three shark species, *Carcharhinus brachyurus*, *C. obscurus* and *Sphyrna zygaena*, on the Eastern Cape coast of South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 11(1), 31–42.
- Smale, M. J., & Cliff, G. (1998). Cephalopods in the diets of four shark species (*Galeocerdo cuvier*, *Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*) from KwaZulu-Natal, South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 20(1), 241–253.
- Solis Heredia, L. E. (2022). *Ecología trófica del tiburón martillo Sphyrna zygaena (Linnaeus, 1758) en dos zonas de la costa occidental de Baja California Sur, México* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Institucional del IPN. **(Nota: Trabajo que emplea datos originales generados por Najera Moyotl en 2016 sin el debido reconocimiento de autoría).**
- Soriano, S. R., Acal-Sánchez, D., Castillo-Géniz, J. L., & Ramírez-Santiago, C. E. (2006). Tiburón del Golfo de Tehuantepec. En S. F. Arreguín, M. J. Meléndez, M. I. Gómez-Humarán, S. R. Solana, & D. C. Rangel (Eds.), *Sustentabilidad y pesca responsable de México, evaluación y manejo 1999-2000* (pp. 325–364). Instituto Nacional de Pesca.
- Sosa-Nishizaki, O., Castillo-Géniz, J. L., & Benítez-Díaz, H. (2022). *Conservación, uso y aprovechamiento sustentable de tiburones mexicanos listados en la CITES*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Soto-Segoviano, J. (2014). *Colección osteológica de peces teleósteos marinos de Baja California Sur* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur]. Repositorio institucional UABCS.
- Stevens, J. D. (1984). Biological observations on sharks caught by sports fishermen off New South Wales. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(5), 573–590.

- Stillwell, C. E., & Kohler, N. E. (1982). Food, feeding habits and estimates of daily ration of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39(3), 407–414.
- Torres-Orozco, E. (1993). *Análisis volumétrico de la masa de agua del Golfo de California* [Tesis de maestría, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada]. Repositorio institucional CICESE.
- Tricas, T. C., Deacon, K., Last, P., McCosker, J. E., Walker, T. I., & Taylor, L. (1998). *Tiburones y rayas*. Ediciones Omega.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2019). *La Lista Roja de especies amenazadas de la UICN* (Versión 2019-3). Recuperado el 20 de noviembre de 2025 de <https://www.iucnredlist.org>
- Valle, C. A., Cruz, F., Cruz, J. B., Merlen, G., & Coulter, M. C. (1987). The impact of the 1982–1983 El Niño-Southern Oscillation on seabirds in the Galapagos Islands. *Journal of Geophysical Research*, 92(C13), 14437–14444. <https://doi.org/10.1029/JC092iC13p14437>
- Vannuccini, S. (1999). *Shark utilization, marketing and trade* (Documento Técnico de Pesca de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Número 389). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Vélez-Vélez, Y. G. (2021). *Espectro trófico del tiburón martillo, Sphyrna zygaena, desembarcado en el puerto pesquero de Santa Rosa, Ecuador* [Tesis de licenciatura, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Walker, T. I. (1998). Can shark resources be harvested sustainably? A question revisited with a review of shark fisheries. *Marine and Freshwater Research*, 49(7), 553–572.

- Weigmann, S. (2016). Annotated checklist of the living sharks, batoids and chimaeras (Chondrichthyes) of the world, with a focus on biogeographical diversity. *Journal of Fish Biology*, 88(3), 837–1037. <https://doi.org/10.1111/jfb.12874>
- Weimerskirch, H., Gault, A., & Cherel, Y. (2005). Prey distribution and patchiness: Factors in foraging success and efficiency of wandering albatrosses. *Ecology*, 86(10), 2611–2622. <https://doi.org/10.1890/04-1866>
- Winter, R. E., & Shields, W. M. (2021). Effects of weather on foraging success and hunting frequency in winter-irruptive snowy owls (*Bubo scandiacus*) in upstate New York. *Journal of Raptor Research*, 55(4), 584–593. <https://doi.org/10.3356/JRR-19-89>
- Wolff, G. A. (1982). A beak key for eight eastern tropical Pacific cephalopod species with relationships between their beak dimensions and size. *Fishery Bulletin*, 80(2), 357–370.
- Wolff, G. A. (1984). *Identification and estimation of size from the beaks of eighteen species of cephalopods from the Pacific Ocean* (NOAA Technical Report NMFS 17). National Oceanic and Atmospheric Administration.
- WoRMS Editorial Board. (2025). *World Register of Marine Species*. Recuperado el 18 de noviembre de 2025 de <https://www.marinespecies.org>
- Wourms, J. P. (1977). Reproduction and development in chondrichthyan fishes. *American Zoologist*, 17(2), 379–410.
- Wyneken, J. (2004). *La anatomía de las tortugas marinas* (NOAA Technical Memorandum NMFS-SEFSC-470). U.S. Department of Commerce.