



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**DC** Dirección General  
de Investigación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

## **Informe final de Proyecto de Investigación**

**DIGI-PUI-004**

**Informe final de proyecto de investigación**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Dirección General de Investigación**

**Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente -PUIRNA**

**Evaluación de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala**

**Unidad avaladora: Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA**

**4.8.26.2.97.0.22**

**Guatemala, 27 de febrero del 2026**

**Coordinador(a): Francisco Emanuel Polanco Vásquez**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**DG** Dirección General  
de Investigación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

## Informe final de Proyecto de Investigación

### Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Patricia Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

M.Sc. Andrea Eunice Rodas Morán

Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación

### Autores

Francisco Emanuel Polanco Vásquez 20150403

Jose Roberto Ortiz 20150230

María de los Angeles Cabrera Maldonado 20241029

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.26.2.97.0.22 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente -PUIRNA. Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

**Este informe está licenciado bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).**

Puede copiarse, distribuirse y adaptarse con la condición de dar crédito a los autores, no usarlo con fines comerciales y compartir cualquier obra derivada bajo la misma licencia.

Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.

## INDICE

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Resumen</b>                                                                                     | iii |
| <b>Palabras clave</b>                                                                              | iv  |
| <b>Abstract</b>                                                                                    | iv  |
| <b>Keywords</b>                                                                                    | iv  |
| <b>1. Introducción</b>                                                                             | 1   |
| <b>2. Contexto de la investigación</b>                                                             | 3   |
| <b>3. Revisión de literatura</b>                                                                   | 4   |
| 3.1. La pesca en el Pacífico de Guatemala                                                          | 4   |
| 3.2. Pesquería de tiburón en el Pacífico de Guatemala                                              | 4   |
| 3.2.1. Comercialización de la pesca de tiburón                                                     | 5   |
| 3.2.2. Importancia ecológica de los condriktios                                                    | 5   |
| 3.2.3. Regulaciones para la conservación de tiburones                                              | 6   |
| 3.3. Pesquería del dorado en el Pacífico de Guatemala                                              | 6   |
| 3.4. Comercialización del dorado                                                                   | 7   |
| 3.5. Importancia ecológica del dorado                                                              | 7   |
| <b>4. Planteamiento del problema</b>                                                               | 8   |
| <b>5. Objetivos</b>                                                                                | 10  |
| <b>6. Hipótesis (si aplica)</b>                                                                    | 10  |
| <b>7. Método</b>                                                                                   | 10  |
| 7.1. Tipo de investigación.                                                                        | 10  |
| 7.2. Enfoque y alcance de la investigación.                                                        | 10  |
| 7.3. Diseño de la investigación.                                                                   | 11  |
| 7.4. Población, muestra y muestreo.                                                                | 11  |
| 7.5. Técnicas.                                                                                     | 13  |
| 7.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.                                              | 14  |
| 7.7. Procesamiento y análisis de la información.                                                   | 15  |
| <b>8. Aspectos éticos y legales</b>                                                                | 18  |
| <b>9. Resultados y discusión</b>                                                                   | 18  |
| 9.1 Pesquería de dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) en el Pacífico de Guatemala                 | 18  |
| 9.1.1 Tallas de dorado y proporción sexual de organismos desembarcados en el Pacífico de Guatemala | 18  |



## Informe final de Proyecto de Investigación

|         |                                                                                                             |    |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9.1.2   | Desembarques por año de muestreo                                                                            | 20 |
| 9.1.3   | Comparación de tallas entre años                                                                            | 24 |
| 9.1.4   | Length Based Spawning Potential Ratio                                                                       | 25 |
| 9.2     | Pesquería de tiburón en el Pacífico de Guatemala                                                            | 29 |
| 9.2.1   | Composición general de los desembarques de pesca de tiburón en el Pacífico de Guatemala                     | 29 |
| 9.2.1.1 | Tallas y proporción sexual de organismos de <i>C. falciformis</i> desembarcados en el Pacífico de Guatemala | 29 |
| 9.2.1.2 | Comparación de talla de <i>C. falciformis</i> entre años                                                    | 35 |
| 9.2.2   | Composición de los desembarques de pesca artesanal de tiburón en el Pacífico de Guatemala                   | 37 |
| 9.2.3   | Composición de los desembarques de pesca de mediana escala de tiburón en el Pacífico de Guatemala           | 39 |
| 9.2.4   | Length Based Spawning Potential Ratio                                                                       | 41 |
| 9.2.5   | Discusión de resultados                                                                                     | 44 |
| 10.     | <b>Propiedad intelectual</b>                                                                                | 46 |
| 11.     | <b>Beneficiarios directos e indirectos</b>                                                                  | 47 |
| 12.     | <b>Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.</b>                                              | 47 |
| 13.     | <b>Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)</b>                                        | 50 |
| 14.     | <b>Otras contribuciones del proyecto al desarrollo</b>                                                      | 50 |
| 15.     | <b>Vinculación</b>                                                                                          | 50 |
| 16.     | <b>Conclusiones</b>                                                                                         | 51 |
| 17.     | <b>Recomendaciones</b>                                                                                      | 52 |
|         | <b>Referencias</b>                                                                                          | 53 |
|         | <b>Apéndice</b>                                                                                             | 59 |

### Índice de figuras

|                  |                                                                                                             |    |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> | Ubicación de los sitios de muestreo en Escuintla                                                            | 4  |
| <b>Figura 2.</b> | Histograma de tallas de machos y hembras de <i>Coryphaena hippurus</i>                                      | 19 |
| <b>Figura 3.</b> | Distribución de tallas del dorado ( <i>Coryphaena hippurus</i> ) por sexo y año en el Pacífico de Guatemala | 23 |
| <b>Figura 4.</b> | Ajuste del modelo LBSPR para hembras                                                                        | 26 |
| <b>Figura 5.</b> | Ajuste del modelo LBSPR para machos                                                                         | 26 |
| <b>Figura 6.</b> | Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para hembras                                      | 27 |
| <b>Figura 7.</b> | Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para machos                                       | 28 |



## Informe final de Proyecto de Investigación

|                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 8.</b> Distribución de tallas de <i>Carcharhinus falciformis</i> (pesca general, pesca artesanal y pesquería de mediana escala)                | 31 |
| <b>Figura 9.</b> Distribución de tallas de <i>Carcharhinus falciformis</i> por sexo y año en el Pacífico de Guatemala                                    | 34 |
| <b>Figura 10.</b> Distribución de longitudes interdorsales de <i>Alopias pelagicus</i> en el Pacífico de Guatemala (pesca general).                      | 37 |
| <b>Figura 11.</b> Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para hembras de <i>Carcharhinus falciformis</i> en el Pacífico de Guatemala. | 42 |
| <b>Figura 12.</b> Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para machos de <i>Carcharhinus falciformis</i> en el Pacífico de Guatemala.  | 42 |

## Índice de tablas

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.                             | 14 |
| <b>Tabla 2.</b> Comparaciones post hoc de tallas por año (conjunto 1) Prueba de Dunn con corrección de Bonferroni · Diferencia de medianas (cm) | 24 |
| <b>Tabla 3.</b> Comparaciones post hoc de tallas por año (conjunto 2) Prueba de Dunn con corrección de Bonferroni · Diferencia de medianas (cm) | 35 |
| <b>Tabla 4.</b> Beneficiarios directos e indirectos de la investigación.                                                                        | 47 |
| <b>Tabla 5.</b> Estrategia de divulgación.                                                                                                      | 47 |

## Resumen

De enero de 2025 a enero de 2026, se recopilaban datos sobre desembarques pesqueros de dorado y tiburón en Buena Vista y Puerto de San José, Escuintla, complementados con bases de datos de años anteriores (2019-2024). En la pesquería de dorado (*Coryphaena hippurus*), se analizaron 758 organismos (407 machos, 351 hembras). Los machos presentaron talla promedio de  $114.31 \pm 21.22$  cm LT y las hembras  $101.99 \pm 18.80$  cm LT, con diferencias significativas entre sexos ( $p < 0.001$ ). La proporción sexual fue 1.16:1 (M:H) con sesgo hacia machos ( $p = 0.0458$ ). El modelo LBSPR reveló explotación moderada con SPR promedio de 20.7% (hembras: 13.9%; machos: 27.6%), ubicándose en el punto de referencia límite. La selectividad ( $SL_{50} = 94.71-104.56$  cm) superó las tallas de madurez ( $L_{50} = 48-50$  cm), permitiendo reproducción antes de captura. En la pesquería de tiburón, se registraron 1,318 organismos de 11 especies. El tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) dominó con 1,142 individuos (86.65%), seguido por *Alopias pelagicus* (9.94%) y *Sphyrna lewini* (2.12%). Para *C. falciformis*, los machos promediaron  $124.27 \pm 37.79$  cm LT y las hembras  $115.80 \pm 37.22$  cm LT ( $p < 0.001$ ), sin sesgo sexual (1.07:1,  $p = 0.3003$ ). El análisis LBSPR evidenció colapso reproductivo ( $SPR \approx 0.0\%$ ) en todos los años. La selectividad extremadamente baja ( $SL_{50} = 48.6-52.9$  cm) versus madurez ( $L_{50} = 180-190$  cm) indica que 70-80% de capturas son juveniles, con relaciones F/M  $> 70$ , reflejando presión pesquera insostenible.



## Informe final de Proyecto de Investigación

### Palabras clave

|                     |              |               |                        |    |
|---------------------|--------------|---------------|------------------------|----|
| 1. Recurso pesquero | 2. Artesanal | 3. Pesquerías | 4. Recurso alimentario | 5. |
|---------------------|--------------|---------------|------------------------|----|

### Abstract

From January 2025 to January 2026, data on dolphinfish and shark landings were collected in Buena Vista and Puerto de San José, Escuintla, supplemented with databases from previous years (2019-2024). In the dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fishery, 758 organisms were analyzed (407 males, 351 females). Males showed an average size of  $114.31 \pm 21.22$  cm TL and females  $101.99 \pm 18.80$  cm TL, with significant differences between sexes ( $p < 0.001$ ). Sex ratio was 1.16:1 (M:F) with bias toward males ( $p = 0.0458$ ). The LBSPR model revealed moderate exploitation with average SPR of 20.7% (females: 13.9%; males: 27.6%), positioned at the limit reference point. Selectivity ( $SL_{50} = 94.71-104.56$  cm) exceeded maturity sizes ( $L_{50} = 48-50$  cm), allowing reproduction before capture. In the shark fishery, 1,318 organisms from 11 species were recorded. Silky shark (*Carcharhinus falciformis*) dominated with 1,142 individuals (86.65%), followed by *Alopias pelagicus* (9.94%) and *Sphyrna lewini* (2.12%). For *C. falciformis*, males averaged  $124.27 \pm 37.79$  cm TL and females  $115.80 \pm 37.22$  cm TL ( $p < 0.001$ ), with no sex bias (1.07:1,  $p = 0.3003$ ). LBSPR analysis evidenced reproductive collapse ( $SPR \approx 0.0\%$ ) across all years. Extremely low selectivity ( $SL_{50} = 48.6-52.9$  cm) versus maturity ( $L_{50} = 180-190$  cm) indicates 70-80% of catches are juveniles, with F/M ratios  $> 70$ , reflecting unsustainable fishing pressure.

### Keywords

Recurso pesquero, artesanal, pesquerías, recurso alimentario.



## Informe final de Proyecto de Investigación

### 1. Introducción

En el Pacífico de Guatemala se han registrado 17 especies de tiburones las cuales se encuentran susceptibles a ser capturadas tanto de forma dirigida como incidental por las pesquerías comerciales. Las principales especies de tiburón capturadas son el tiburón sedoso *Carcharhinus falciformis* (Bibron, 1839) como especie objetivo y el tiburón martillo *Sphyrna lewini* (Griffith & Smith, 1834) como captura incidental (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación [Maga], 2021). De acuerdo con el Acuerdo Gubernativo 223-2005 Reglamento de la ley general de pesca y acuicultura (2005), una de las pesquerías objetivo autorizadas para el Pacífico de Guatemala es la pesca comercial de dorado y tiburón, para la cual se establecen como especies objetivo las que conforman a las familias Coryphaenidae, Alopiidae, Carcharhinidae, Ginglymostomatidae, Lamnidae, Sphyrnidae y Triakidae, siendo las especies de tiburones las especies principales de la pesquería. Las divisiones de la pesca comercial que pueden llevar a cabo esta pesquería son la pesca de pequeña escala (embarcaciones entre 1 – 1.99 toneladas de registro neto) y la pesca de mediana escala (embarcaciones entre 2 – 30 toneladas de registro neto), mediante la utilización de palangre como arte de pesca.

La pesca comercial de tiburón y dorado es una pesquería multiespecífica conformada por embarcaciones de pequeña escala (lanchas tiburoneras) y de mediana escala (barcos), faenando a distancias entre 20-125 millas náuticas y hasta 500 millas náuticas respectivamente (Ruiz-Alvarado & Mijangos-López, 1999). Es de gran importancia económica para comunidades de pescadores en el litoral Pacífico de Guatemala, principalmente Puerto San José, Buena Vista y Champerico (Maga, 2021). Para 1997 las cinco especies de tiburones más abundantes en los desembarques de la pesca comercial eran *C. falciformis*, *Nasolamia velox* (Gilbert, 1898), *Carcharhinus limbatus* (Valenciennes 1839), *S. lewini* y *Alopias pelagicus* (Nakamura, 1935). *C. falciformis* era la especie que sostenía a la pesquería debido a su relativa abundancia y su carne de alta calidad. Otras especies que figuraban en los desembarques, pero con menor incidencia y niveles de captura poco significativos eran *Carcharhinus leucas* (Valenciennes, 1839), *Sphyrna mokarran* (Rupell, 1837), *Galeocerdo cuvier* (Perón & Lesueur, 1822), *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), *Carcharhinus longimanus* (Poey, 1861) y *Gynglimostoma cirratum*



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

(Bonnaterre, 1788). Dentro de la captura incidental figuran peces pelágicos como el dorado *Coryphaena hippurus* (Linnaeus, 1758), *Istiophorus platypterus* (Shaw, 1792), *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758) y *Thunnus albacares* (Bonnaterre, 1788) (Ruiz-Alvarado & Mijangos-López, 1999).

Ruíz-Alvarado et al. (2000), determinaron que para el siglo pasado la pesquería dirigida a tiburón se encontraba en una fase de plena explotación. Sin embargo, los datos de captura y esfuerzo para ese momento eran muy limitados. En la actualidad Tewfik et al. (2022), continúan reportando a *C. falciformis* y a *C. hippurus* dentro de las 15 especies más capturadas por la pesca comercial en el Pacífico guatemalteco, siendo estas capturadas en mayor proporción con palangre y en menor medida con trasmallo y cimbra. Ixquiac et al. (2009), reportaron una estructura de tallas para *C. falciformis* de 53 – 235 cm de longitud total en los desembarques de la pesca artesanal y de pequeña escala. Del total de organismos muestreados, el 23% eran neonatos, 71% juveniles y un 6% de adultos, evidenciando una alta incidencia de tiburones juveniles en las capturas. Para el 2022 más del 90% de las capturas de *C. falciformis* son de organismos sexualmente inmaduros, mientras que para *C. hippurus* la mayor parte (más del 50%) de las capturas son de organismos sexualmente maduros (Tewfik et al., 2022).

En el 2021 se autorizó el Plan de Acción Nacional para la ordenación y conservación de tiburones, rayas y quimeras de Guatemala PAN-Condrictios mediante el Acuerdo ministerial No. 280-2021, este plan de ordenamiento pesquero busca establecer las metas, objetivos y directrices para contribuir a la conservación y aprovechamiento sostenible de los condrictios en Guatemala. Las principales amenazas que atentan contra un uso sostenible de los tiburones son la debilidad institucional de la autoridad competente, el incremento de la demanda de condrictios en el mercado nacional e internacional, falta de ordenamiento de los usuarios que hacen uso del recurso, bajo cumplimiento de la legislación vigente y el desconocimiento del estado de explotación de las pesquerías. El PAN-Condrictios evidencia que el monitoreo biológico de las principales pesquerías comerciales incluida la de tiburón y dorado se ha realizado en diferentes intervalos de tiempo, careciendo de datos consistentes y/o sistemáticos a largo plazo de la pesca comercial. De igual forma se tiene poco conocimiento sobre los volúmenes de captura y la incidencia de tiburones en la captura incidental. El PAN-Condrictios establece que las líneas de investigación dirigidas a determinar el estado de explotación de las especies deberían de ser priorizadas. (Maga, 2021). Por



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

lo anterior la presente propuesta de investigación busco determinar el estado actual de explotación de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala y que puedan establecerse medidas de regulación del esfuerzo y la captura para un aprovechamiento sostenible de las especies.

### **2. Contexto de la investigación**

La investigación se realizó del mes de enero a diciembre del año 2025. Los sitios de muestreo fueron la comunidad de Buena Vista en el Municipio de Iztapa y Barrio el Laberinto en el municipio de Puerto de San José, ambos lugares ubicados en el departamento de Escuintla (Figura 1). En estas comunidades actualmente se encuentran la mayoría de los grupos de pescadores que dirigen el esfuerzo a la captura de dorado y tiburón. Actualmente la Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura DIPESCA, está trabajando, realizando un censo de pescadores, ya que no se tiene detallado el número de pescadores por comunidad y por pesquería.

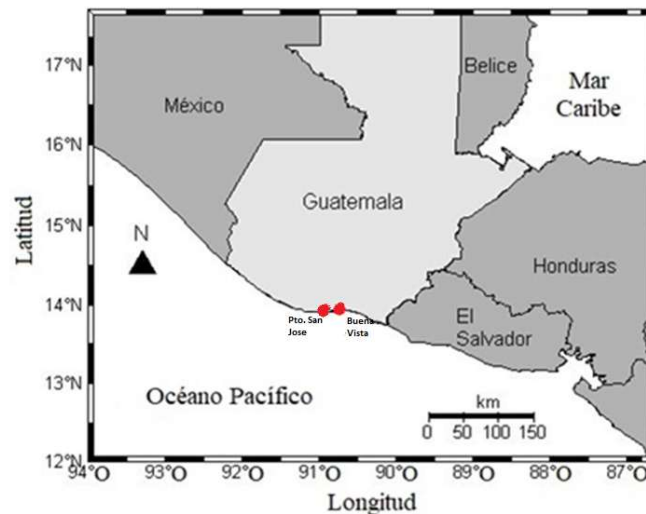
El último censo que se realizó a pescadores fue en el año 2012, donde de manera general se calculó que el Pacífico de Guatemala habían alrededor de 8,800 pescadores. En el caso de pescadores que capturan entre las 5-100 millas náuticas se estimó que había un total de 5,133 pescadores. En total existen registros de la existencia de 52 comunidades asentadas a lo largo de los 255 km de línea de costa en el Pacífico de Guatemala (OSPESCA, 2012). Información específica para Puerto de San José y Buena Vista no existe.

En la comunidad de Buena Vista se colectó información de las embarcaciones de mediana escala, ya que este sitio es donde se encuentra apostada dicha flota, estas embarcaciones corresponde a barcos de 2-30 toneladas de registro neto los cuales se dirigen a la captura de tiburón. Al mismo tiempo existe un pequeño grupo de embarcaciones tiburoneras de 1-1.99 de registro neto.

En el Puerto de San José se colectó información de las embarcaciones de pequeña escala, en esta localidad se encuentra la mayor flota de embarcaciones de pequeña escala las cuales tienen un registro neto de 1-1.99 toneladas y se dirigen a capturar dorado y tiburón.

## Informe final de Proyecto de Investigación

*Figura 1.* Ubicación de los sitios de muestreo en Escuintla.



### 3. Revisión de literatura

#### 3.1. La pesca en el Pacífico de Guatemala

La pesca en el Pacífico de Guatemala desempeña un papel fundamental en la creación de divisas, la seguridad alimentaria y la creación de empleo, específicamente en el área marina. Se estima que hay alrededor de 8,800 pescadores registrados en el área (FAO, 2019; Ospesca, 2012). En 2017, la producción pesquera alcanzó aproximadamente 43,100 toneladas, lo equivalente a nivel económico de 114.8 millones de USD. La FAO (2019) estima que el consumo anual per cápita de productos pesqueros en Guatemala es de 2.8 kg.

La pesca en Guatemala está regulada por la Ley General de Pesca y Acuicultura (Decreto 80-2002) y su Reglamento (Acuerdo Gubernativo 223-2005), que establecen cinco categorías principales: pesca de subsistencia, deportiva, científica, de túnidos y comercial (artesanal, de pequeña, mediana y gran escala). Estas categorías delimitan las modalidades de pesca permitidas en el país.

#### 3.2. Pesquería de tiburón en el Pacífico de Guatemala

La pesquería de tiburón en el Pacífico de Guatemala se realiza principalmente mediante palangre, una técnica que también se utiliza para capturar otras especies pelágicas como el dorado y el atún (Dipesca, 2005). El palangre consiste en una línea principal a la cual se sujetan líneas secundarias llamadas reinales, que llevan anzuelos con carnada. Los materiales utilizados en la cuerda principal, los reinales y la distancia entre anzuelos varían según el objetivo de pesca, así como el



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

tipo de anzuelo y carnada. Además, algunas especies de tiburón se capturan de manera incidental con trasmallos de la pesca artesanal, representando un 41% del esfuerzo pesquero (Avalos-Castillo & Santana, 2021; Tewfik et al., 2022).

Los principales puertos de desembarque de tiburones en el Pacífico de Guatemala son Iztapa, Puerto San José, Las Lisas y Sipacate (Avalos-Castillo & Santana, 2021; Conap-Maga, 2016). Las principales especies capturadas incluyen *Carcharhinus falciformis*, *Sphyrna lewini* y *Nasolamia velox*. Estudios indican que los desembarques consisten principalmente en neonatos y juveniles, lo que sugiere la presencia de zonas de crianza en la plataforma continental de Guatemala (Avalos-Castillo & Santana, 2021; Ixquiac et al., 2009; Tewfik et al., 2022).

#### **3.2.1. Comercialización de la pesca de tiburón**

Los productos de tiburón en el Pacífico de Guatemala se comercializan principalmente en fresco y seco salado, con exportaciones de aletas hacia mercados asiáticos (FAO, 2019). Las bases de operación en Las Lisas, Iztapa, San José y Sipacate permiten la carga y descarga del tiburón, especialmente durante la temporada de Semana Santa. Sin embargo, la falta de datos precisos sobre las capturas afecta las cifras de consumo, lo que ubica a Guatemala entre los países de Latinoamérica con el menor consumo de pescado. De hecho, la actividad pesquera contribuye con menos del 1% del PIB del país (FAO, 2019).

En la región metropolitana de Guatemala, aproximadamente el 45% de los supermercados distribuyen tiburón seco salado, especialmente en Semana Santa (Conap, 2016; Jiguan, 2018). Además, el mercado La Terminal, ubicado en la ciudad capital, es un centro clave para la distribución de productos pesqueros, que también se venden en mercados minoristas del interior del país.

#### **3.2.2. Importancia ecológica de los condriktios**

Los tiburones son depredadores tope, fundamentales para mantener el equilibrio ecológico y las dinámicas poblacionales de los ecosistemas marinos, ya que controlan las poblaciones de sus presas (Frid et al., 2008). Sin embargo, sus poblaciones han sufrido un declive continuo a nivel global, lo que incrementa el riesgo de extinción de estas especies (Dulvy et al., 2014; Pacoureau



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

et al., 2021). Su lento crecimiento y baja tasa de reproducción, junto con un número reducido de crías, los hace especialmente vulnerables (Salomón-Aguilar et al., 2009).

#### **3.2.3. Regulaciones para la conservación de tiburones**

A nivel internacional, el Plan de Acción Internacional para la Conservación y Gestión de los Tiburones, implementado por la FAO en 2001, ha sido un hito para la protección de estas especies. En Guatemala, el Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de los Tiburones, implementado en 2008, establece medidas para regular estas pesquerías y asegurar su manejo sostenible (UNIPESCA, 2008). En 2021, el Acuerdo Ministerial 280 formalizó este plan, promoviendo investigaciones para evaluar las poblaciones de tiburones en ambas costas del país (Maga, 2021).

Algunas especies de tiburones y rayas son altamente vulnerables. Desde el año 2002 varias especies de tiburones y rayas han sido incluidas en CITES. Algunas especies son objeto de pesca directa y otras han sido capturadas de manera incidental por pesquerías de pequeña y gran escala. Según la IUCN al menos un 27% de especies de condictio evaluados son catalogados como vulnerables (Fowler, et al., 2021)

#### **3.3. Pesquería del dorado en el Pacífico de Guatemala**

El dorado (*Coryphaena hippurus*) es una de las especies más capturadas en el Pacífico de Guatemala. La pesca dirigida a esta especie comenzó en 1996, y las capturas aumentaron significativamente, de aproximadamente 100 toneladas en 1996 a 380 toneladas en 2001 (FAO, 2001; López & Ixquiac, 2002). Sin embargo, en 2002 las capturas disminuyeron a 247 toneladas, lo que representó el 36.9% del volumen total de desembarques, y solo un 4.6% en 2009 (UNIPESCA, 2003). El Dorado es capturado comúnmente en pesquerías comerciales, artesanales y deportivas en la zona del Pacífico Oriental Tropical (POT). También es capturado de forma incidental por otro tipo de pesquerías como la pesquería de atún (Mar-Silva, et al., 2024).

En años recientes, las capturas de dorado han aumentado nuevamente, principalmente debido a la alta demanda internacional, especialmente de mercados como Estados Unidos y la Unión Europea (Zuñiga-Flores, 2009). En 2017, las exportaciones de dorado desde Guatemala alcanzaron las 8,000 toneladas, con un valor estimado de 5.38 millones de USD (Vides, 2017).



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

La variación en las capturas de dorado depende de factores como la temperatura del agua, los precios de compra y el equipo de pesca utilizado. La pesquería se realiza durante el día para maximizar las probabilidades de captura, con operaciones que duran entre 2 y 3 días, aunque en condiciones desfavorables pueden reducirse a un solo día (López & Ixquiac, 2002).

#### **3.4. Comercialización del dorado**

El dorado es una fuente significativa de ingresos económicos para los pescadores de pequeña y mediana escala de Guatemala (Wilen, 2004). Durante las últimas dos décadas, Guatemala ha incrementado las exportaciones de dorado hacia los Estados Unidos, uno de los mayores consumidores e importadores de este recurso. Más del 90% del consumo de dorado en los Estados Unidos es importado (Marsh & Mazurek, 2007; NOAA Trade Statistics, 2014).

El precio del dorado en el mercado estadounidense está influenciado por la calidad del producto y la disponibilidad estacional. Los productos provenientes de Guatemala suelen tener precios más bajos y mayor calidad, en comparación con aquellos provenientes de Ecuador y Perú, debido a las distancias de transporte más cortas (FAO, 2018a; AGEXPORT, 2018). La demanda de dorado se concentra principalmente entre octubre y diciembre, tanto para el mercado interno como para la exportación a Estados Unidos, donde se vende en presentación HG (sin cabeza y eviscerado) (Industria Samaritana, comunicación personal, 2023). Los precios oscilan entre \$0.35 y \$6 por libra, dependiendo de la calidad, abundancia y las fluctuaciones del mercado (Dipesca, comunicación personal, 2024).

#### **3.5. Importancia ecológica del dorado**

El dorado es un depredador tope en las redes tróficas pelágicas y un representante clave de los pelágicos mayores a nivel mundial (Nelson, 2006; Palko et al., 1982). Su dieta incluye peces, cefalópodos y crustáceos, y varía en función de su tamaño y de las condiciones oceánicas (Aguilar-Palomino, 1993; Olson & Galván-Magaña, 2002). Los dorados de menor tamaño tienden a alimentarse principalmente de peces y crustáceos, mientras que los de mayor tamaño también incluyen cefalópodos.

El dorado tiene un ciclo de vida corto, de aproximadamente dos años, y alcanza la madurez sexual antes del primer año, cuando tiene una longitud furcal de unos 50 cm (Palko et al., 1992). Debido



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

a su rápida reproducción y su explotación intensiva, estudios recientes han señalado que el dorado está sobreexplotado en el Pacífico de Guatemala ( $E=0.806$ ). Por ello, se han recomendado monitoreos biológicos y de desembarques, así como medidas de manejo pesquero para garantizar la sostenibilidad de esta especie (Ixquiac-Cabrera et al., 2010).

#### **4. Planteamiento del problema**

A nivel global, las pesquerías enfrentan desafíos críticos en materia de sostenibilidad. La sobreexplotación de los recursos pesqueros, impulsada por un esfuerzo pesquero que frecuentemente supera la capacidad de regeneración de los ecosistemas, ha generado una preocupación creciente sobre la viabilidad a largo plazo de numerosas especies (Páramo et al., 2009; Pauly et al., 2002). En el Pacífico de Guatemala, las pesquerías de tiburón y dorado registran altos volúmenes de captura, lo que suscita inquietudes tanto desde una perspectiva ecológica como socioeconómica. En el caso de los tiburones, se ha documentado que las principales especies objetivo incluyen el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) y el tiburón cazón (*Nasolamia velox*) (Avalos-Castillo & Santana, 2021; Ixquiac et al., 2009). Este fenómeno, agravado por la captura de individuos por debajo de su talla de madurez sexual, compromete la capacidad de recuperación de estas especies, exacerbando su vulnerabilidad a la sobreexplotación (Tewfik et al., 2022).

Por otro lado, la carne de tiburón tiene una alta demanda en el mercado local, comercializándose principalmente en forma de filetes frescos, secos o salados. Además, el procesamiento local genera subproductos como el aceite de hígado, rico en vitamina A, y aletas secas, productos altamente valorados en los mercados de exportación, especialmente en Asia. Esta demanda, tanto local como internacional, incrementa la presión sobre las poblaciones de tiburones, agravando su vulnerabilidad en pesquerías no reguladas. Entre las especies más afectadas se encuentran aquellas incluidas en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), como el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*), el tiburón martillo común (*Sphyrna lewini*), el tiburón martillo gigante (*Sphyrna mokarran*) y el tiburón oceánico de puntas blancas (*Carcharhinus longimanus*). Estas especies no solo enfrentan una presión pesquera significativa a nivel local, sino que también están sujetas a



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

restricciones en el comercio internacional, lo que subraya la necesidad de implementar medidas de conservación más rigurosas (Tewfik et al., 2022).

Las dinámicas del mercado pesquero, tanto local como internacional, exacerbaban estos desafíos. La baja rentabilidad y la volatilidad en los precios de los productos pesqueros en los mercados locales impulsan un incremento en el esfuerzo pesquero, contribuyendo a la sobreexplotación de las poblaciones de tiburón y dorado (Smith et al., 2010; Crona et al., 2016). Aunque los mercados internacionales ofrecen oportunidades para mejorar la comercialización de estos recursos, la falta de mecanismos de trazabilidad, la ausencia de registros pesqueros adecuados y la disparidad en la distribución de beneficios económicos entre los pescadores artesanales limitan su potencial (Pauly, 2018).

El dorado (*Coryphaena hippurus*), una especie altamente migratoria y de gran valor económico, también enfrenta presiones significativas de sobreexplotación en el Pacífico de Guatemala. Su reproducción y crecimiento están estrechamente vinculados a factores ambientales como la temperatura del agua y la productividad primaria (García-Melgar, 1995; Sánchez, 2008). Esta situación resalta la urgente necesidad de implementar monitoreos regulares de los desembarques y estudios biológicos que proporcionen datos precisos para la ordenación pesquera. Sin esta información crítica, los esfuerzos de conservación y manejo serán insuficientes para revertir el declive de estas especies.

Dada la creciente presión pesquera sobre los tiburones y el dorado en el Pacífico de Guatemala, este proyecto busca evaluar el estado de explotación de estas pesquerías. El objetivo fue generar datos necesarios para implementar estrategias de manejo más efectivas y sostenibles, asegurando tanto la conservación de estas especies como el sustento de las comunidades pesqueras que dependen de ellas.



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

### **5. Objetivos**

Objetivo general:

Evaluar el estado de explotación de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.

Objetivos específicos:

- Determinar el estado de explotación actual de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.
- Describir la estructura de tallas de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.
- Determinar la proporción de organismos maduros e inmaduros de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.

### **6. Hipótesis (si aplica)**

No aplica

### **7. Método**

#### **7.1. Tipo de investigación.**

El tipo de investigación es aplicada, ya que la información generada por este trabajo de investigación se puede utilizar por la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura DIPESCA como guía para desarrollar y recomendar estrategias de manejo pesquero (Límites de esfuerzo pesquero dirigido a regular el número de embarcaciones) aplicadas a la captura de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.

#### **7.2. Enfoque y alcance de la investigación.**

El enfoque de la investigación es de tipo cuantitativo, ya que se centra en la medición, análisis estadístico y modelación matemática de variables biológicas y pesqueras. Se cuantificaron variables morfométricas (longitud total, longitud furcal, peso), se aplicaron pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas para comparar distribuciones de tallas entre sexos y años, y se implementaron modelos de evaluación de stocks (LBSPR) para estimar indicadores cuantitativos del estado de explotación (SPR, F/M,  $SL_{50}$ ). También se registraron algunas variables cualitativas como el estado de madurez sexual en machos (presencia de calcificación de claspers, presencia de



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

semen), estas fueron categorizadas y analizadas cuantitativamente mediante frecuencias y proporciones estadísticas.

El alcance de la investigación es de tipo descriptivo y correlacional. Es descriptivo porque caracteriza la estructura de tallas de las capturas, describe la proporción sexual, y documenta la composición específica de los desembarques de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala. Es correlacional porque explora las relaciones entre variables como la longitud total y el sexo de los organismos, examina la variación temporal en las estructuras de tallas entre diferentes años de muestreo, y evalúa la relación entre la selectividad del arte de pesca y la madurez sexual de las especies mediante el análisis de las curvas  $SL_{50}$  vs.  $L_{50}$ . Este enfoque permite identificar patrones y tendencias en la explotación pesquera que son fundamentales para generar recomendaciones de manejo basadas en evidencia científica, sin establecer relaciones causales directas entre variables independientes y dependientes como lo haría un diseño experimental.

#### **7.3. Diseño de la investigación.**

La lógica de recolección de datos fue de carácter secuencial. Esto implicó que la recopilación y el análisis de la información se realizaron siguiendo una secuencia metodológica estructurada, donde primero se colectaron y procesaron los datos morfométricos cuantitativos (longitud total, peso, sexo) durante el monitoreo de desembarques, seguido del análisis estadístico de estas variables mediante pruebas de hipótesis y modelación. En este diseño se priorizaron los datos cuantitativos como fundamento principal de la investigación.

#### **7.4. Población, muestra y muestreo.**

Durante una semana al mes se monitorearon los desembarques de tiburón y dorado en las comunidades de Buena Vista y Puerto de San José. Durante esos días de muestreo se procedió a colectar la mayor cantidad de información de las embarcaciones. Los desembarques para ambas pesquerías se realizaron en los mismos puntos de desembarque.

La información que se colectó fue sobre la faena de pesca (Ubicación de la faena, duración de la faena de pesca, artes de pesca utilizados, carnada utilizada, zona de pesca, precios de venta, etc.) (Anderson & Seijo JC, 2010; Seijo et al., 1997).

### Informe final de Proyecto de Investigación

Finalmente se colecto información morfométrica y de aspectos de biología reproductiva de los organismos capturados. Para esto en el caso de los tiburones se colecto información de la longitud total LT (hocico a final de aleta caudal), longitud furcal LF (hocico a parte media de la aleta caudal), longitud precaudal LP (hocico a inicio de aleta caudal) y longitud Inter dorsal, estas medidas se tomaron con una cinta métrica calibrada cada centímetro. Para determinar el sexo los tiburones estos presentan dimorfismo sexual, esto quiere decir que se pueden diferenciar por medio de características morfométricas del cuerpo. Los machos presentan unas estructuras en las aletas pélvicas llamadas clasper o gonopterigios, mientras que las hembras no.

Para determinar la madurez reproductiva de los machos se tomo información de la consistencia del clasper y la presencia de semen. En cuanto a la consistencia, si los clasper estan calcificados y rotan 180 grados se considera que el organismo está maduro, mientras que si se encuentran flácidos se encuentran inmaduros. La consistencia calcificada tiene que coincidir con la presencia de espermatozoides en la punta del rifiodon para considerar que los organismos están maduros sexualmente (Clark & von Schmidt, 1965). En cuanto las hembras no se pudo verificar la madurez sexual ya que son desembarcadas completamente evisceradas.

Para los dorados se colecto información de la longitud total, longitud furcal, longitud precaudal y peso de los organismos. Para identificar el sexo, la especie presenta dimorfismo sexual. Los machos presentan una pendiente muy pronunciada en la frente mientras que las hembras no.

El número de organismos que se deberán de muestreas se calculo utilizando la fórmula de Thompson (1992):

$$n_0 = \frac{z^2 \sigma^2}{d^2}$$

Donde  $z = 1.96$  y proviene del supuesto de que los datos de tallas deben de poseer distribución normal,  $\sigma^2$  corresponde a la varianza de la muestra, esto significa que se debe de realizar un pre-muestreo para poder obtener este dato. Finalmente,  $d^2$  significa el error que deseo cometer, en este caso es el número de centímetros que toleraremos en comparación de la talla media de la población.



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

Con esta fórmula se calculó el tamaño de muestra de cada una de las especies para que la muestra sea representativa.

#### **7.5. Técnicas.**

Para la colecta de información se realizaron visitas semanales a campo. Específicamente, durante una semana al mes se llevaron a cabo monitoreos en cada una de las comunidades priorizadas en la metodología. En cada comunidad (Buena Vista y Puerto de San José) participaron dos monitores, quienes durante seis días por mes recolectaron información de los desembarques en los principales puntos de arribo de los pescadores.

En el caso de Buena Vista, el punto de monitoreo fue el Rancho El Calamar, mientras que en el Puerto de San José la información se recolectó en el Rancho Municipal. La colecta de datos se realizó de acuerdo con el horario de las mareas, ya que el ingreso de las embarcaciones a los puntos de desembarque dependió directamente de esta condición.

La información registrada incluyó datos económicos, características de la faena de pesca y variables morfométricas de las especies capturadas. Estos datos se recolectaron mediante boletas de desembarque, las cuales fueron socializadas previamente con la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura (DIPESCA), con el objetivo de asegurar que el diseño permitiera capturar la mayor cantidad de información relevante y funcional para el análisis. Se utilizó una boleta por cada embarcación desembarcada.

Para estimar la ubicación de las faenas de pesca, se consultó a los pescadores sobre el rumbo y la distancia (en millas náuticas) desde el punto de referencia hasta el área donde realizaron la actividad. En aquellos casos donde los pescadores contaban con información más precisa, como coordenadas GPS, esta fue registrada.

Finalmente, la información colectada se almacenó en hojas de cálculo de Microsoft Excel y posteriormente fue procesada y analizada estadísticamente utilizando Excel y RStudio.

## Informe final de Proyecto de Investigación

### 7.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.

Tabla 1. Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.

| Objetivo específico                                                                                                                                  | Variable                                                                       | Instrumentos                                                                                                      | Unidad de medida o cualificación                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Determinar el estado de explotación actual de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.<br>-            | Estado de explotación del dorado<br><br>Estado de explotación de los tiburones | Length-Based Spawning Potential Ratio (LBSPR)<br><br>Razón de Potencial Reproductivo Basado en Longitudes (LBSPR) | un $SPR \geq 40\%$ representa el estado óptimo (objetivo de manejo), $SPR$ entre 20-40% indica explotación moderada bajo principio precautorio, $SPR < 20\%$ constituye el punto de referencia límite que señala sobreexplotación crítica, y $SPR \approx 0\%$ indica colapso reproductivo. |
| - Describir la estructura de tallas de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala.                        | Talla promedio<br><br>Edad y crecimiento                                       | Histogramas<br><br>El modelo de crecimiento de Von Bertalanffy.                                                   | Centímetros<br><br>Años                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Determinar la proporción de organismos maduros e inmaduros de las especies objetivo de la pesquería de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala. | Proporción sexual<br><br>L50                                                   | Chi cuadrada<br><br>Modelo binomial de talla media de madurez                                                     | Machos y hembras<br><br>Probabilidad de organismos maduros                                                                                                                                                                                                                                  |



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

### **7.7. Procesamiento y análisis de la información.**

#### **Tratamiento de Datos**

Los datos de desembarques (2019-2025) fueron sometidos a un proceso de limpieza que incluyó la eliminación de registros con datos faltantes en longitud total y sexo. Se estandarizó la nomenclatura de especies mediante coincidencia exacta de nombres científicos y se uniformizó la codificación de sexo utilizando las categorías M (machos) y H (hembras). El año de captura se extrajo de la columna temporal usando el paquete lubridate de R (Grolemund, G., & Wickham, H. 2011). Se estableció un criterio de exclusión donde categorías de análisis con menos de 30 individuos fueron eliminadas de las comparaciones estadísticas.

#### **Análisis Estadístico Descriptivo**

Se construyeron histogramas de frecuencias de tallas utilizando intervalos de clase de 5 cm de LT para visualizar la distribución completa de longitudes en las capturas por sexo y año. Se generaron diagramas de caja (boxplots) para comparar visualmente las distribuciones de tallas entre machos y hembras, así como entre diferentes años, permitiendo identificar diferencias en medianas, rangos intercuartílicos y valores atípicos. Se calcularon estadísticos descriptivos incluyendo media, desviación estándar, valores mínimo y máximo para cada combinación de sexo y año.

La proporción sexual se analizó mediante la prueba de Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ) con corrección de Yates para evaluar si la razón de sexos observada difería significativamente de la proporción esperada de 1:1 (50% machos, 50% hembras). Esta prueba se aplicó tanto para el conjunto total de datos como para subgrupos específicos por año y por intervalo de tallas cuando el tamaño de muestra lo permitió ( $n \geq 30$ ).

#### **Análisis Comparativo de Tallas**

Se evaluaron los supuestos paramétricos mediante la prueba de Shapiro-Wilk con nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  para evaluar normalidad de las distribuciones de tallas, y la prueba de Levene para examinar homogeneidad de varianzas entre grupos.



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

### **Comparaciones entre sexos**

Para cada año con tamaño de muestra adecuado ( $n \geq 30$  en ambos sexos), las comparaciones de tallas entre machos y hembras se realizaron mediante prueba t de Student cuando los datos cumplían supuestos paramétricos (normalidad y homocedasticidad), o mediante la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U cuando los supuestos no se cumplían.

Se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar si existían diferencias significativas en las distribuciones de tallas entre los diferentes años de muestreo. Esta prueba no paramétrica fue seleccionada debido a que la mayoría de los años presentaban distribuciones no normales. Cuando la prueba de Kruskal-Wallis resultó significativa ( $p < 0.05$ ), se realizaron comparaciones post-hoc mediante la prueba de Dunn con corrección de Bonferroni para identificar qué pares de años diferían significativamente entre sí.

Se aplicaron pruebas de Kruskal-Wallis para comparar las distribuciones de tallas entre diferentes tipos de pesquería (artesanal vs. mediana escala, o diferentes artes de pesca) cuando esta información estaba disponible y los tamaños de muestra eran adecuados.

### **Modelo LBSPR**

Se aplicó el modelo Length-Based Spawning Potential Ratio (LBSPR) desarrollado por Hordyk et al. (2015) usando el paquete LBSPR versión 0.1.6 en R. El modelo estima el Spawning Potential Ratio (SPR), definido como la proporción de capacidad reproductiva remanente bajo explotación pesquera respecto a una población virgen, fundamentado en los invariantes de historia de vida de Beverton-Holt (Prince et al., 2015).

Los puntos de referencia biológicos utilizados fueron:  $SPR \geq 40\%$  (óptimo, objetivo de manejo),  $20\% \leq SPR < 40\%$  (moderado, precautorio),  $SPR < 20\%$  (sobreexplotado, punto de referencia límite), y  $SPR \approx 0\%$  (colapso reproductivo) según Goodyear (1993) y Hordyk et al. (2015).

### **Preparación de datos**

Se crearon matrices de frecuencias de tallas con intervalos de 5 cm, estableciendo el rango desde el mínimo observado hasta el máximo entre la talla más grande capturada y 1.2 veces  $L_{\infty}$ . Las



### **Informe final de Proyecto de Investigación**

frecuencias fueron organizadas en matrices bidimensionales donde las filas representaban años y las columnas las clases de talla.

#### **Objetos LBSPR**

Se generaron objetos de clase LB\_pars conteniendo los parámetros de historia de vida específicos por sexo ( $L_{\infty}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ , razón M/K), incorporando un coeficiente de variación de la longitud asintótica ( $CV_{Linf} = 0.1$ ). Se crearon objetos de clase LB\_lengths con las matrices de frecuencias observadas y metadatos temporales (años de muestreo, número de años).

Ajuste del modelo: El ajuste se realizó mediante la función LBSPRfit() que implementa optimización por máxima verosimilitud para estimar los parámetros de selectividad del arte de pesca y la mortalidad por pesca que mejor reproducen las distribuciones de tallas observadas. Se utilizó código compilado en C++ (useCPP = TRUE) para acelerar los cálculos. Los análisis se realizaron separadamente por sexo para capturar diferencias en selectividad y vulnerabilidad a la captura.

#### **Estimadores**

Los indicadores derivados del modelo incluyeron: SPR (%), razón F/M (mortalidad por pesca sobre mortalidad natural), talla al 50% de selectividad ( $SL_{50}$  en cm), talla al 95% de selectividad ( $SL_{95}$ ), y curvas de madurez y selectividad.

#### **Diagnóstico**

La calidad del ajuste se evaluó mediante gráficos generados por las funciones plotSize (comparación de frecuencias observadas vs predichas) y plotMat (curvas de madurez y selectividad), y mediante la matriz Hessiana como indicador de convergencia del algoritmo de optimización.



## Informe final de Proyecto de Investigación

### 8. Aspectos éticos y legales

La recolección de información en los puntos de desembarque pesquero se realizó previa gestión de permisos y autorizaciones con los pescadores y los responsables de los sitios de desembarque. Asimismo, se explicó a los participantes el objetivo del estudio y el uso de la información recopilada, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a las actividades de pesca. La participación de los actores locales fue voluntaria, y se procuró minimizar cualquier interferencia con las labores cotidianas en los puntos de desembarque.

### 9. Resultados y discusión

#### 9.1 Pesquería de dorado (*Coryphaena hippurus*) en el Pacífico de Guatemala

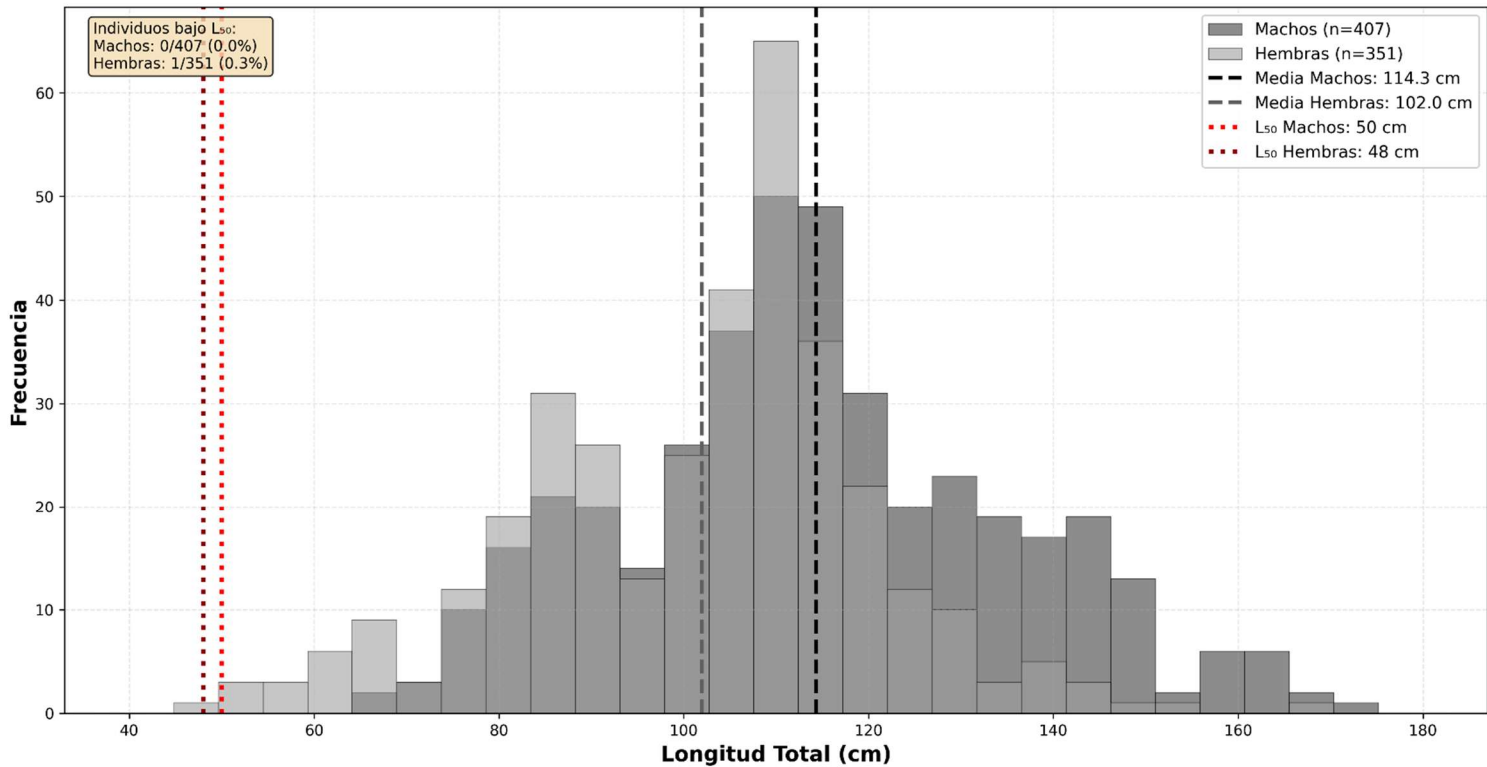
##### 9.1.1 Tallas de dorado y proporción sexual de organismos desembarcados en el Pacífico de Guatemala

De enero de 2025 a enero de 2026 se colectó información de manera mensual en las comunidades de Buena Vista, Iztapa y Puerto de San José ambas en el departamento de Escuintla de la pesca artesanal y de pequeña escala de Dorado en el Pacífico de Guatemala. Además, se utilizaron bases de datos del año 2019, 2020, 2022 y 2023 de años anteriores con las que se contaban.

Se analizó la información de 407 machos de *Coryphaena hippurus*. Los organismos presentaron una talla máxima de 171.0 cm de longitud total (LT) y una talla mínima de 66.0 cm de LT, con una talla promedio de  $114.31 \pm 21.22$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 351 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 170.0 cm y una mínima de 47.0 cm, con una talla promedio de  $101.99 \pm 18.80$  cm LT (Figura 2).

## Informe final de Proyecto de Investigación

Figura 2. Histograma de tallas de machos y hembras de *Coryphaena hippurus*.



Las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) indicaron que las distribuciones de tallas no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $W = 0.9893$ ,  $p = 0.0045$ ) ni para hembras ( $W = 0.9809$ ,  $p = 0.0001$ ). Asimismo, la prueba de homocedasticidad (Levene) indicó varianzas heterogéneas entre grupos ( $F = 5.42$ ,  $p = 0.0202$ ). Dado que no se cumplieron los supuestos de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U. Se detectaron diferencias estadísticamente altamente significativas entre machos y hembras ( $U = 94029.5$ ,  $p < 0.001$ ), presentando los machos mayores tallas promedio que las hembras, con una diferencia de 12.32 cm.

Se registraron 407 machos y 351 hembras, con una proporción sexual observada de 1.16:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 3.99$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.0458$ ), evidenciando un sesgo hacia los machos.



## Informe final de Proyecto de Investigación

### 9.1.2 Desembarques por año de muestreo

#### **Año 2019**

Se analizó la información de 190 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 171.0 cm de LT y una talla mínima de 66.0 cm de LT, con una talla promedio de  $113.32 \pm 26.00$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 143 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 152.0 cm y una mínima de 47.0 cm, con una talla promedio de  $93.87 \pm 21.22$  cm LT (Figura 3).

Las pruebas de normalidad indicaron que los machos no cumplieron con el supuesto de normalidad (machos:  $p = 0.0000$ ; hembras:  $p = 0.1891$ ). La prueba de homocedasticidad de Levene resultó en  $p = 0.0001$ . Por lo tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, la cual detectó diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $U = 19138.00$ ,  $p = 0.0000$ ), presentando los machos mayores tallas que las hembras.

Se registraron 190 machos y 143 hembras, con una proporción sexual observada de 1.33:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates indicó diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 6.35$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.0117$ ), evidenciando un sesgo hacia los machos.

#### **Año 2020**

Se analizó la información de 14 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 168.0 cm de LT y una talla mínima de 92.0 cm de LT, con una talla promedio de  $131.79 \pm 21.02$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 14 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 125.0 cm y una mínima de 53.0 cm, con una talla promedio de  $106.36 \pm 23.55$  cm LT (Figura 3).

Las pruebas de normalidad indicaron que las hembras no cumplieron con el supuesto de normalidad (machos:  $p = 0.8402$ ; hembras:  $p = 0.0003$ ), se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, la cual detectó diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $U = 164.50$ ,  $p = 0.0024$ ), presentando los machos mayores tallas que las hembras. Debido al bajo número de muestras no se evaluó la proporción sexual.



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

### **Año 2022**

Se analizó la información de 149 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 170.0 cm de LT y una talla mínima de 95.0 cm de LT, con una talla promedio de  $114.74 \pm 11.53$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 143 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 147.0 cm y una mínima de 83.0 cm, con una talla promedio de  $110.88 \pm 8.94$  cm LT (Figura 3).

Las pruebas de normalidad indicaron que las distribuciones no cumplieron con el supuesto de normalidad (machos:  $p = 0.0000$ ; hembras:  $p = 0.0000$ ). Por lo tanto, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, la cual detectó diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $U = 12910.00$ ,  $p = 0.0017$ ), presentando los machos mayores tallas que las hembras.

Se registraron 149 machos y 143 hembras, con una proporción sexual observada de 1.04:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no indicó diferencias estadísticamente significativas respecto a la proporción esperada 1:1 ( $\chi^2 = 0.09$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.7698$ ).

### **Año 2025**

Se analizó la información de 44 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 165.0 cm de LT y una talla mínima de 82.0 cm de LT, con una talla promedio de  $105.39 \pm 18.10$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 44 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 170.0 cm y una mínima de 65.0 cm, con una talla promedio de  $93.32 \pm 15.54$  cm LT (Figura 3).

Las pruebas de normalidad indicaron que las distribuciones no cumplieron con el supuesto de normalidad (machos:  $p = 0.0000$ ; hembras:  $p = 0.0000$ ). Por lo tanto se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, la cual detectó diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $U = 1439.00$ ,  $p = 0.0001$ ), presentando los machos mayores tallas que las hembras.

Se registraron 44 machos y 44 hembras, con una proporción sexual observada de 1.00:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no indicó diferencias estadísticamente significativas respecto a la proporción esperada 1:1 ( $\chi^2 = 0.01$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.9151$ ).



## **Informe final de Proyecto de Investigación**

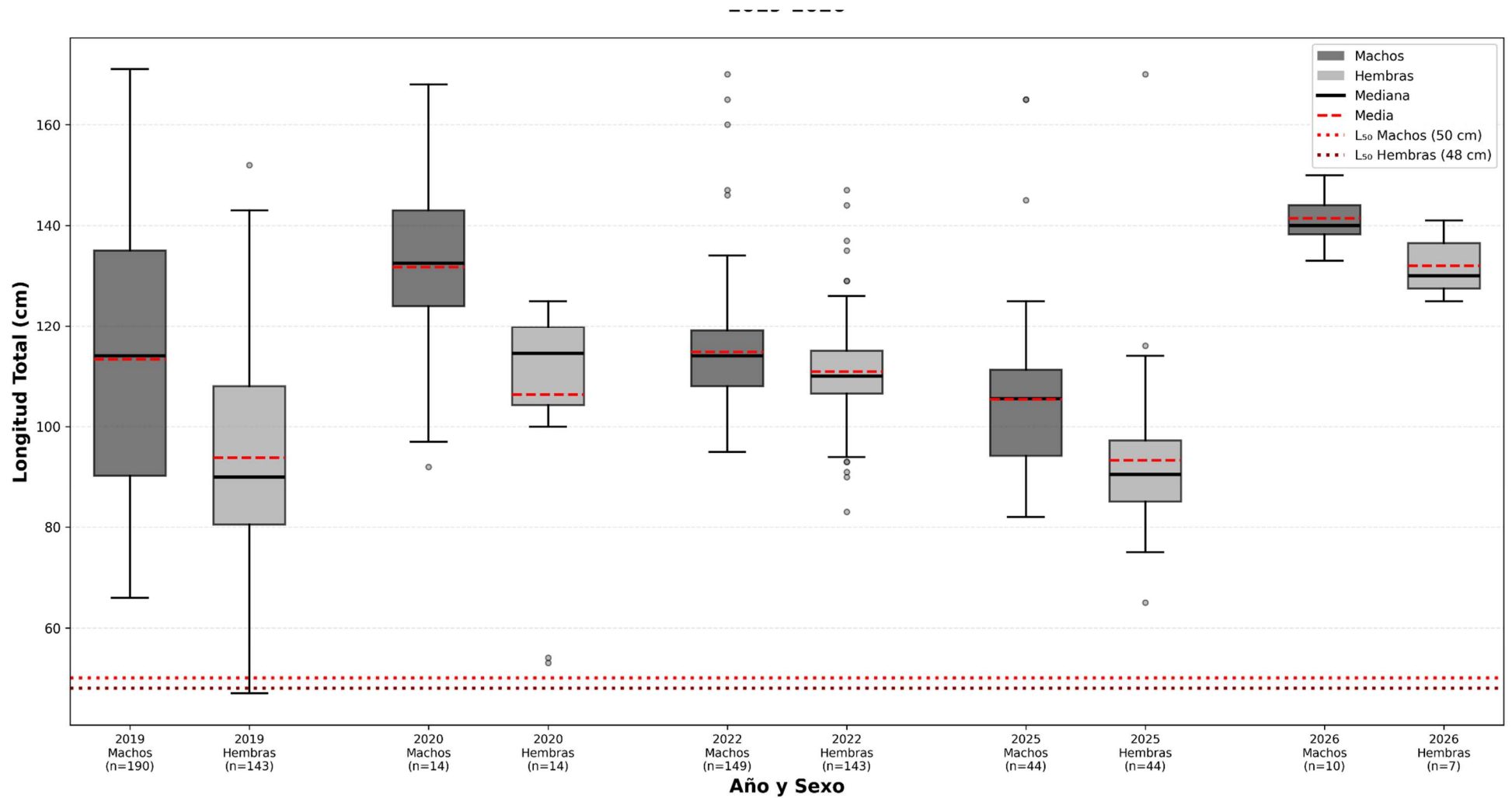
### **Año 2026**

Se analizó la información de 10 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 150.0 cm de LT y una talla mínima de 133.0 cm de LT, con una talla promedio de  $141.40 \pm 5.60$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 7 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 141.0 cm y una mínima de 125.0 cm, con una talla promedio de  $132.00 \pm 6.32$  cm LT (Figura 3).

Las pruebas de normalidad y homocedasticidad indicaron que ambas variables cumplieron los supuestos estadísticos (machos:  $p = 0.5102$ ; hembras:  $p = 0.3943$ ; Levene:  $p = 0.7373$ ). Se aplicó una prueba t de Student, la cual detectó diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $t = 3.23$ ,  $p = 0.0056$ ), presentando los machos mayores tallas promedio que las hembras. Debido al número limitado de la muestra no se calculó la proporción sexual.

En todos los años analizados se detectaron diferencias significativas entre las tallas de machos y hembra. En términos generales los machos fueron consistentemente más grandes que las hembras a lo largo de todo el período de estudio.

Figura 3. Distribución de tallas del dorado (*Coryphaena hippurus*) por sexo y año en el Pacífico de Guatemala.



### 9.1.3 Comparación de tallas entre años

Para evaluar si existen diferencias en las tallas entre los años de muestreo (2019, 2020, 2022, 2025 y 2026), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente altamente significativas entre años ( $H = 103.34$ ,  $gl = 4$ ,  $p < 0.001$ ), lo cual sugiere que la estructura de tallas de las capturas varió significativamente durante el período de estudio.

Dado que la prueba de Kruskal-Wallis resultó significativa, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Mann-Whitney U con corrección de Bonferroni ( $\alpha$  ajustado = 0.005) para identificar qué pares de años difieren entre sí. Los resultados se presentan de la siguiente manera:

Tabla 2. Comparaciones post hoc de tallas por año (conjunto 1) Prueba de Dunn con corrección de Bonferroni · Diferencia de medianas (cm)

| Comparación         | Valor p | Significancia           | $\Delta$ Medianas | Dirección        |
|---------------------|---------|-------------------------|-------------------|------------------|
| <b>2019 vs 2020</b> | 0.0029  | <i>Significativo</i>    | <b>+19.0 cm</b>   | 2020 > 2019      |
| <b>2019 vs 2022</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+10.0 cm</b>   | 2022 > 2019      |
| <b>2019 vs 2025</b> | 0.1547  | <i>No significativo</i> | —                 | Tallas similares |
| <b>2019 vs 2026</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+37.0 cm</b>   | 2026 > 2019      |
| <b>2020 vs 2022</b> | 0.0023  | <i>Significativo</i>    | <b>+9.0 cm</b>    | 2020 > 2022      |
| <b>2020 vs 2025</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+25.0 cm</b>   | 2020 > 2025      |
| <b>2020 vs 2026</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+18.0 cm</b>   | 2026 > 2020      |
| <b>2022 vs 2025</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+16.0 cm</b>   | 2022 > 2025      |
| <b>2022 vs 2026</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+27.0 cm</b>   | 2026 > 2022      |
| <b>2025 vs 2026</b> | < 0.001 | <i>Significativo</i>    | <b>+43.0 cm</b>   | 2026 > 2025      |

Las tallas de captura mostraron variación significativa entre años. El año 2026 presentó las tallas más altas (mediana = 139 cm), aunque con un tamaño muestral pequeño ( $n = 17$ ). El año 2025 mostró las tallas más bajas (mediana = 96 cm), lo cual podría indicar una cohorte débil o mayor captura de individuos juveniles. Los años 2019 y 2025 no difirieron significativamente entre sí, sugiriendo tallas similares en ambos períodos. Esta variabilidad interanual podría deberse a fluctuaciones en el reclutamiento, cambios en la distribución espacial de la flota pesquera, variabilidad oceanográfica, tamaño de muestra, o diferencias en la presión pesquera entre años.

#### 9.1.4 Length Based Spawning Potential Ratio

Los parámetros utilizados se tomaron de datos globales del Pacífico Central-Sureste fueron:  $L_{\infty} = 168.6$  cm,  $K = 1.3 \text{ año}^{-1}$  para ambos sexos (López-Martínez et al., 2024), con  $M = 1.0 \text{ año}^{-1}$ . La talla de primera madurez fue de 48 cm LT para hembras y 50 cm LT para machos (Alejo-Plata et al., 2011).

Bajo este escenario, el modelo LBSPR mostró un ajuste adecuado a la distribución de frecuencias de tallas de *C. hippurus* para ambos sexos (Figura 4 y 5), donde la curva teórica predicha siguió de cerca el patrón de las frecuencias empíricas observadas en las capturas, sin desviaciones sistemáticas evidentes.

Figura 4. Ajuste del modelo LBSPR para hembras

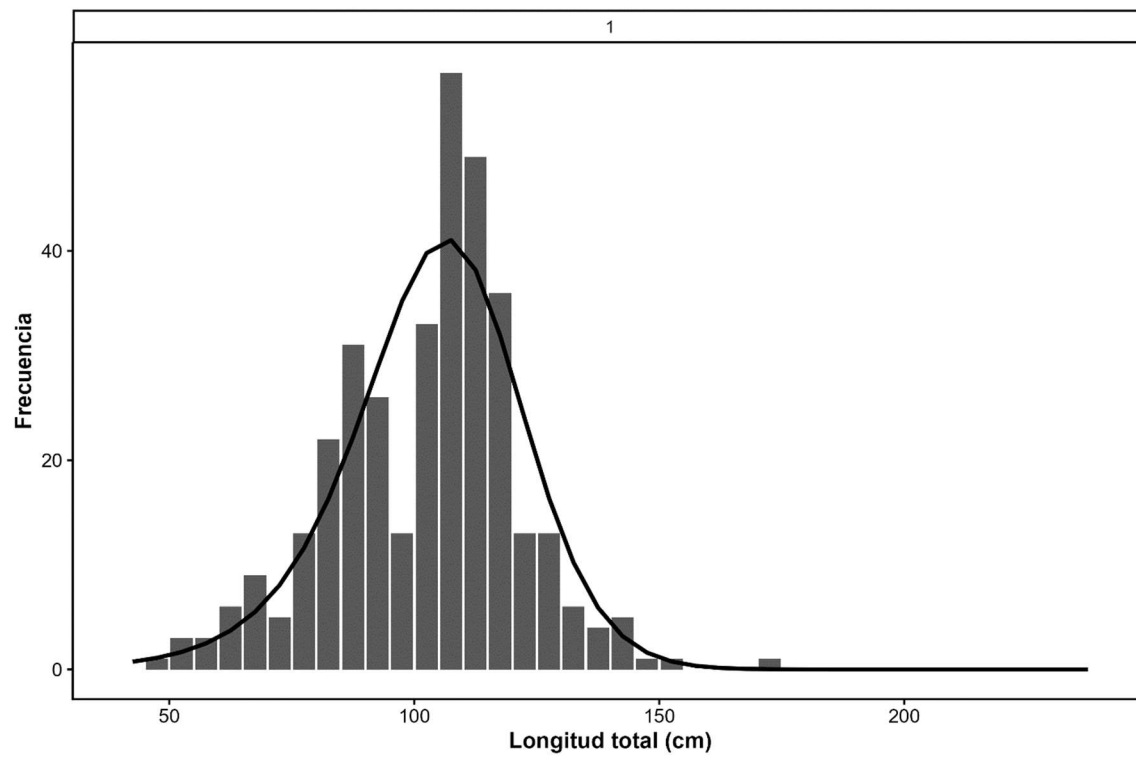
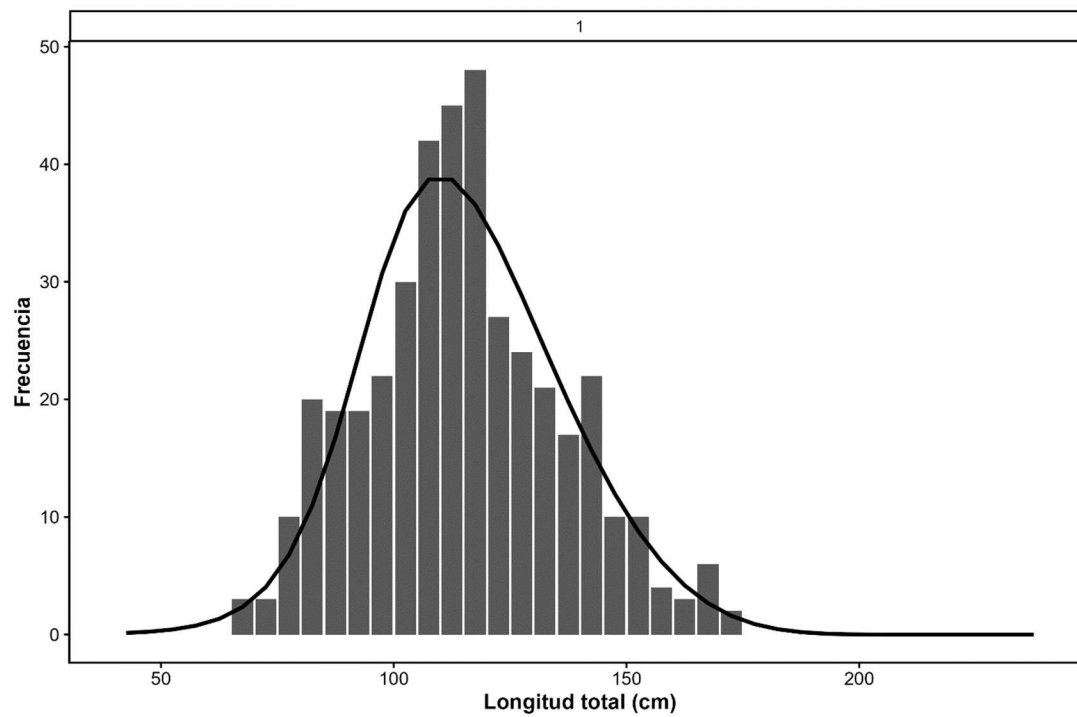


Figura 5. Ajuste del modelo LBSPR para machos



El análisis de selectividad indicó una talla al 50% de capturabilidad ( $SL_{50}$ ) de 104.56 cm para hembras y 94.71 cm para machos, valores significativamente superiores a las tallas de primera madurez sexual ( $L_{50} = 48$  cm en hembras; 50 cm en machos) (Figura 6 y 7), lo que sugiere que los individuos tienen oportunidad de reproducirse antes de volverse vulnerables a la captura. Asimismo, las curvas de madurez y selectividad evidenciaron una clara separación, con la curva de selectividad desplazada hacia la derecha de la curva de madurez, favoreciendo el mantenimiento del potencial reproductivo de la población.

Figura 6. Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para hembras

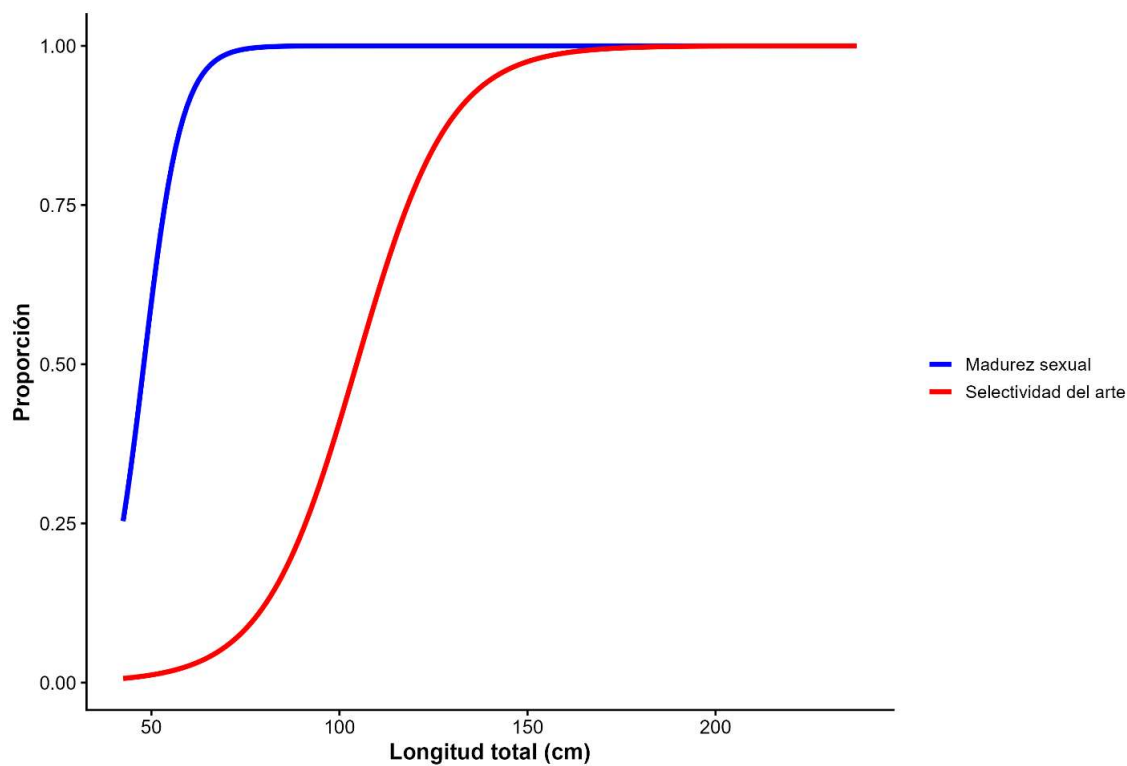
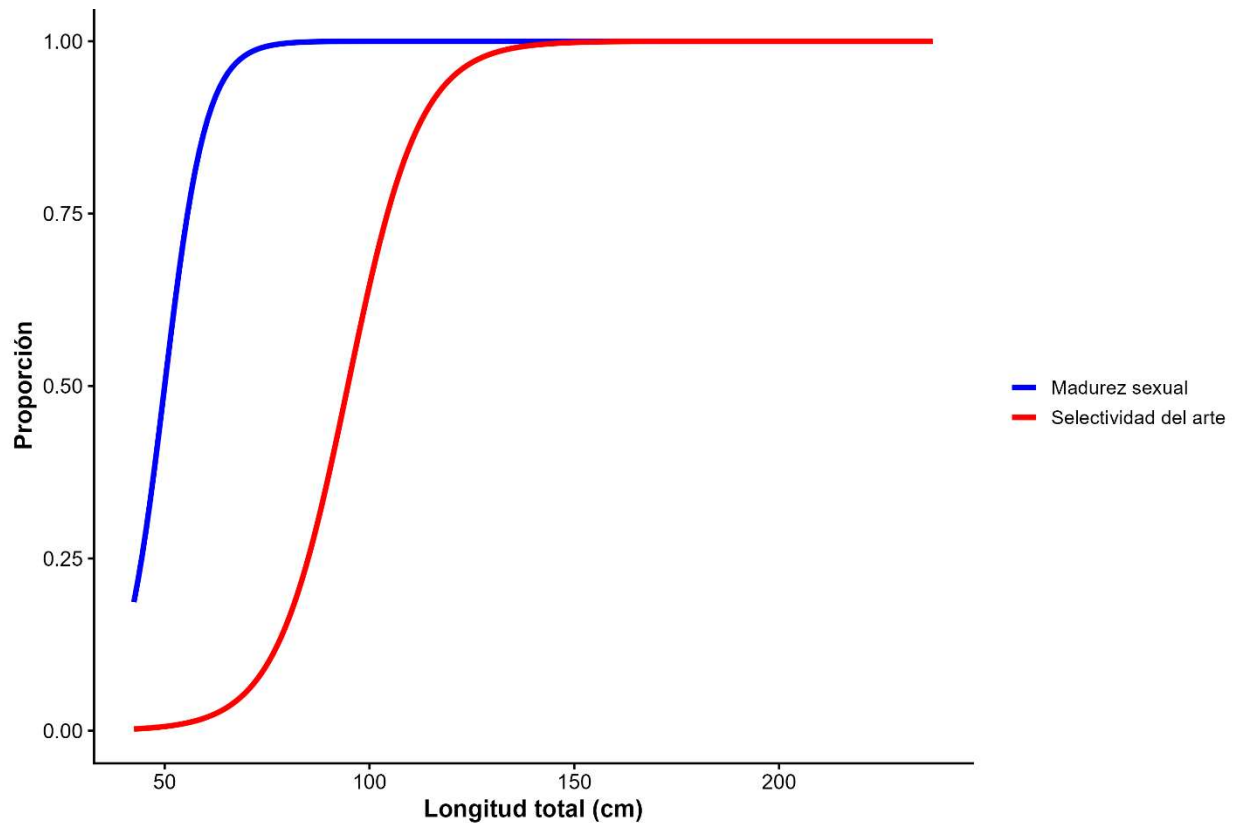


Figura 7. Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para machos



Bajo este mismo conjunto de parámetros, el SPR estimado fue de 13.9% para hembras y 27.6% para machos (promedio = 20.7%), con relación F/M de 7.06 y 1.96, respectivamente. Estos resultados indican un estado de explotación moderada, con una presión pesquera relativamente alta sobre las hembras. Considerando que estos parámetros provienen de un análisis multi-modelo basado en otolitos de 48,008 individuos, representan un tamaño de muestra considerablemente mayor y una cobertura regional más amplia, por lo que el escenario de SPR = 20.7% se considera más representativo del estado actual del stock. Aunque este valor se encuentra por debajo del punto de referencia de 40% recomendado internacionalmente (Goodyear, 1993; Hordyk et al., 2015), indica que la población aún retiene aproximadamente el 21% de su capacidad reproductiva. La mayor presión sobre hembras en comparación con machos sugiere selectividad diferencial o posibles patrones de segregación espacial por sexo.

## 9.2 Pesquería de tiburón en el Pacífico de Guatemala

### 9.2.1 Composición general de los desembarques de pesca de tiburón en el Pacífico de Guatemala

En total se registraron 1318 organismos, la especie dominante fue *Carcharhinus falciformis*, con 1,142 individuos que representan el 86.65% del total, evidenciando una marcada predominancia en las capturas. En segundo lugar, se registró *Alopias pelagicus* con 131 individuos (9.94%). La especie *Sphyrna lewini* aportó 28 ejemplares (2.12%). En proporciones considerablemente menores se encontró *Coryphaena hippurus* con 9 individuos (0.68%).

Asimismo, se registraron dos individuos de *Carcharhinus longimanus* (0.15%) y dos de *Carcharhinus limbatus* (0.15%). Finalmente, con una representación mínima (0.08% cada uno), se reportaron un individuo de *Sphyrna mokarran*, uno de *Galeocerdo cuvier*, un registro identificado como “Perro” y un ejemplar denominado “Tiburón wisisil”.

En conjunto, la composición específica muestra una fuerte dominancia de tiburones oceánicos, particularmente de *C. falciformis*, mientras que el resto de especies presentó una contribución marginal en términos de abundancia relativa.

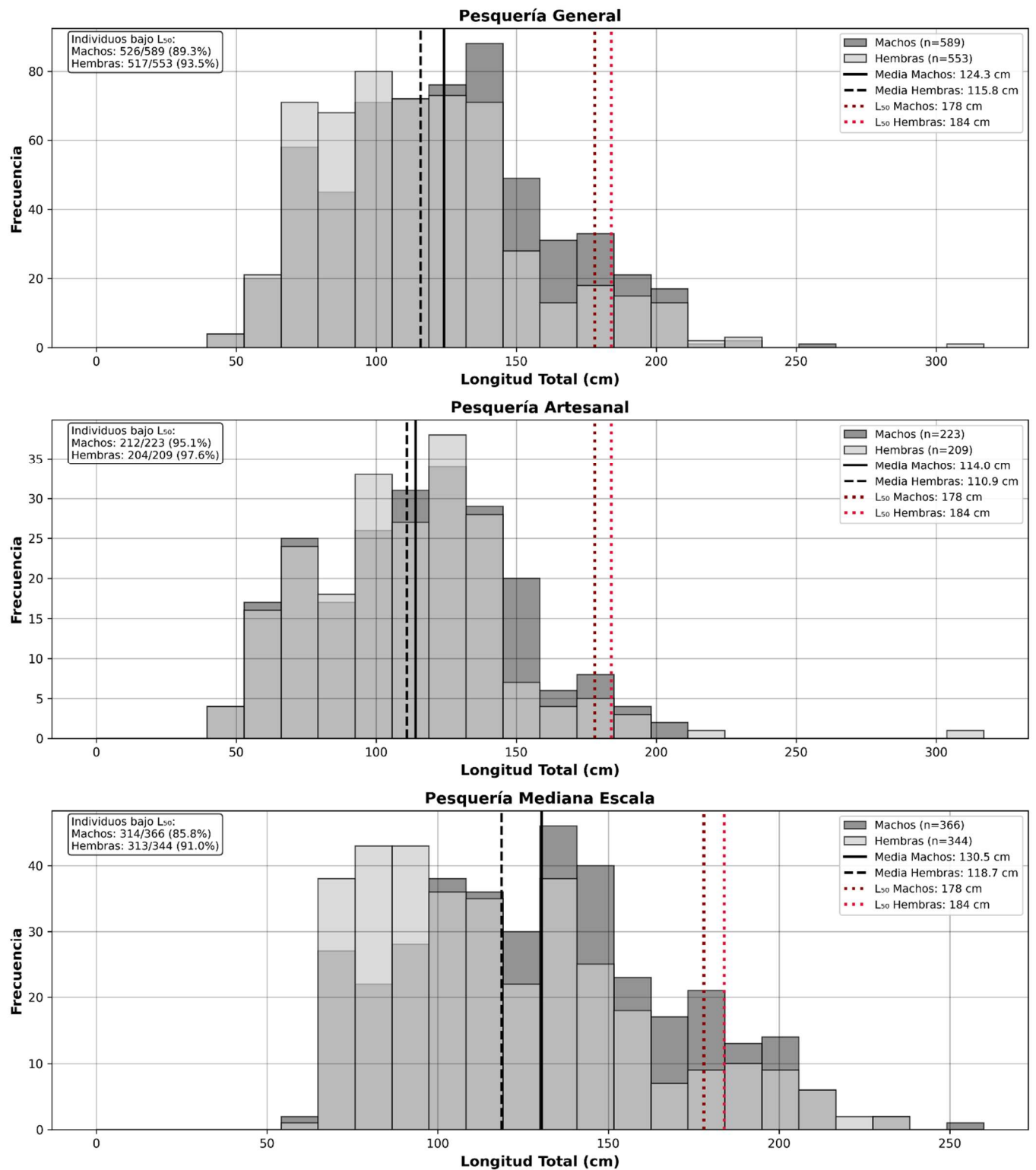
#### 9.2.1.1 Tallas y proporción sexual de organismos de *C. falciformis* desembarcados en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 589 machos de *C. falciformis*. Los organismos presentaron una talla máxima de 260.0 cm de longitud total (LT) y una talla mínima de 50.0 cm de LT, con una talla promedio de  $124.27 \pm 37.79$  cm LT (mediana = 124.00 cm). Asimismo, se analizó la información de 553 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 317.0 cm y una mínima de 50.0 cm, con una talla promedio de  $115.80 \pm 37.22$  cm LT (mediana = 112.00 cm) (Figura 8).

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que las distribuciones de tallas no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $p = 0.0000$ ) ni para hembras ( $p = 0.0000$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) no evidenció diferencias significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.2932$ ). Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, detectándose diferencias altamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.0000$ ), con machos presentando mayores tallas que las hembras (diferencia en medias = 8.47 cm).

Se registraron 589 machos y 553 hembras, con una proporción sexual observada de 1.07:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 1.0727$ ; gl = 1; p = 0.3003), por lo que no se evidenció un sesgo significativo hacia alguno de los sexos.

Figura 8. Distribución de tallas de *Carcharhinus falciformis* (Pesca general, Pesca artesanal y Pesquería de mediana escala)



#### Año 2019

Se analizó la información de 146 machos, los cuales presentaron una talla máxima de 204.0 cm de LT y una talla mínima de 50.0 cm, con una talla promedio de  $113.84 \pm 37.33$  cm LT. Asimismo, se analizó la información de 143 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 317.0 cm y una mínima de 50.0 cm, con una talla promedio de  $112.36 \pm 40.41$  cm LT (Figura 9). Dado que no se cumplieron los supuestos de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney U, la cual indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.5728$ ). Se registraron 146 machos y 143 hembras, con una proporción sexual observada de 1.02:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 0.0138$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.9063$ ), indicando ausencia de sesgo sexual.

#### Año 2020

Se analizó la información de 135 machos, con una talla máxima de 215.0 cm y mínima de 51.0 cm, y una talla promedio de  $114.24 \pm 33.78$  cm LT. Las 112 hembras presentaron una talla máxima de 204.0 cm, mínima de 50.5 cm, y una talla promedio de  $107.52 \pm 28.46$  cm LT (Figura 9). La prueba de Mann-Whitney U indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sexos ( $p = 0.1345$ ). La proporción sexual observada fue de 1.21:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no detectó diferencias significativas ( $\chi^2 = 1.9595$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.1616$ ).

#### Año 2022

Se analizaron 49 machos, con tallas entre 68.0 y 230.0 cm LT, y una media de  $135.92 \pm 38.64$  cm LT. Las 31 hembras presentaron tallas entre 69.0 y 207.0 cm LT, con una media de  $140.84 \pm 40.32$  cm LT (Figura 9). La prueba de Mann-Whitney U indicó ausencia de diferencias significativas entre sexos ( $p = 0.7935$ ). La proporción sexual fue de 1.58:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no evidenció diferencias significativas ( $\chi^2 = 3.6125$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.0573$ ).

#### Año 2023

Se analizaron 120 machos, con tallas entre 63.0 y 202.0 cm LT, y una media de  $133.02 \pm 33.23$  cm LT. Las 107 hembras presentaron tallas entre 72.0 y 230.0 cm LT, con una media de  $120.75 \pm 36.12$  cm LT (Figura 9). La prueba de Mann-Whitney U detectó diferencias estadísticamente

significativas entre machos y hembras ( $p = 0.0018$ ), presentando los machos mayores tallas. La proporción sexual fue de 1.12:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no mostró diferencias significativas ( $\chi^2 = 0.6344$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.4258$ ).

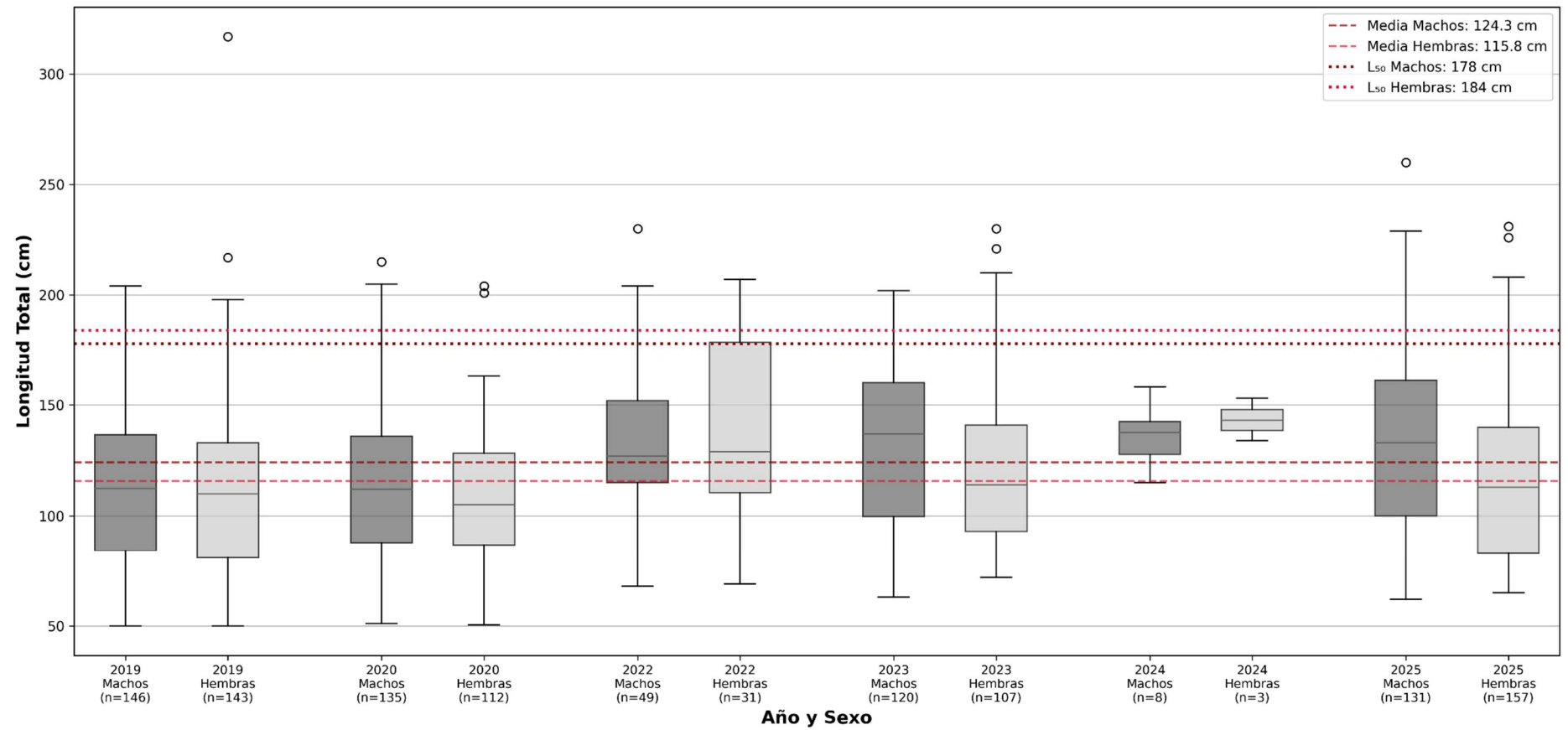
#### Año 2024

Se analizaron 8 machos, con tallas entre 115.0 y 158.0 cm LT, y una media de  $136.12 \pm 12.98$  cm LT. Las 3 hembras presentaron tallas entre 134.0 y 153.0 cm LT, con una media de  $143.33 \pm 9.50$  cm LT (Figura 9). En este año se aplicó una prueba t de Student, la cual indicó que no existen diferencias significativas entre sexos ( $p = 0.4088$ ). La proporción sexual observada fue de 2.67:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates no detectó diferencias significativas ( $\chi^2 = 1.4545$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.2278$ ).

#### Año 2025

Se analizaron 131 machos, con tallas entre 62.0 y 260.0 cm LT, y una media de  $133.14 \pm 41.48$  cm LT. Las 157 hembras presentaron tallas entre 65.0 y 231.0 cm LT, con una media de  $115.97 \pm 37.74$  cm LT (Figura 9). La prueba de Mann-Whitney U detectó diferencias estadísticamente significativas entre sexos ( $p = 0.0004$ ), con machos presentando mayores tallas. La proporción sexual fue de 0.83:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 2.1701$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.1407$ ), evidenciando ausencia de sesgo sexual significativo.

Figura 9. Distribución de tallas de *Carcharhinus falciformis* por sexo y año en el Pacífico de Guatemala.



### 9.2.1.2 Comparación de talla de *C. falciformis* entre años

Para evaluar si existen diferencias en las tallas entre los años de muestreo (2019, 2020, 2022, 2023 y 2025), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis considerando ambos sexos en conjunto. Los resultados indicaron diferencias estadísticamente significativas entre años ( $H = 49.1249$ ,  $p = 0.0000$ ), lo cual sugiere que la estructura de tallas de las capturas varió de manera importante durante el período de estudio.

Dado que la prueba de Kruskal-Wallis resultó significativa, se realizaron comparaciones múltiples mediante la prueba de Mann-Whitney U con corrección de Bonferroni ( $\alpha$  ajustado = 0.005) para identificar qué pares de años difieren entre sí. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 3. Comparaciones post hoc de tallas por año (conjunto 2) Prueba de Dunn con corrección de Bonferroni · Diferencia de medianas (cm)

| Comparación         | Valor p    | Significancia                                 | $\Delta$ Medianas | Dirección        |
|---------------------|------------|-----------------------------------------------|-------------------|------------------|
| <b>2019 vs 2020</b> | 0.8360     | <i>No significativo</i>                       | —                 | Tallas similares |
| <b>2019 vs 2022</b> | 0.000002   | <i>Significativo</i>                          | <b>+15.0 cm</b>   | 2022 > 2019      |
| <b>2019 vs 2023</b> | 0.000016   | <i>Significativo</i>                          | <b>+16.0 cm</b>   | 2023 > 2019      |
| <b>2019 vs 2025</b> | 0.000889   | <i>Significativo</i>                          | <b>+9.5 cm</b>    | 2025 > 2019      |
| <b>2020 vs 2022</b> | < 0.000001 | <i>Significativo</i>                          | <b>+19.0 cm</b>   | 2022 > 2020      |
| <b>2020 vs 2023</b> | 0.000001   | <i>Significativo</i>                          | <b>+20.0 cm</b>   | 2023 > 2020      |
| <b>2020 vs 2025</b> | 0.000669   | <i>Significativo</i>                          | <b>+13.5 cm</b>   | 2025 > 2020      |
| <b>2022 vs 2023</b> | 0.0399     | <i>No sig. (<math>\alpha</math> ajustado)</i> | —                 | Tallas similares |
| <b>2022 vs 2025</b> | 0.0098     | <i>No sig. (<math>\alpha</math> ajustado)</i> | —                 | Tallas similares |
| <b>2023 vs 2025</b> | 0.1279     | <i>No significativo</i>                       | —                 | Tallas similares |

En términos generales, las tallas de captura mostraron una variación interanual significativa. Los años 2022 y 2023 presentaron consistentemente medianas mayores en comparación con 2019 y 2020, mientras que 2025 mostró tallas intermedias, sin diferir estadísticamente de 2022 ni de 2023. Los años 2019 y 2020 no difirieron entre sí, sugiriendo estructuras de talla similares en ambos períodos. Esta variabilidad interanual podría estar asociada a fluctuaciones en el reclutamiento, cambios en la disponibilidad del recurso, variabilidad ambiental, dinámica espacial de la flota pesquera o diferencias en la presión de pesca entre años.

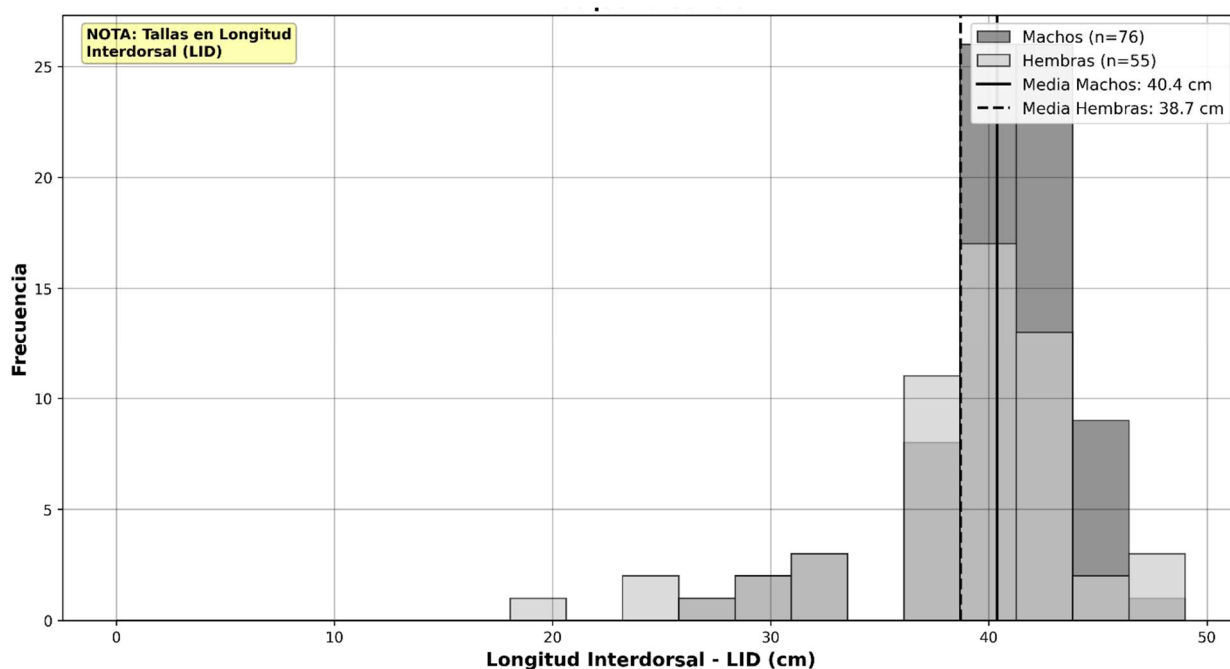
#### 9.2.1.3 Tallas y proporción sexual de organismos de *A. pelagicus* desembarcados en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 76 machos en la pesquería general. Los organismos presentaron una longitud interdorsal (LI) máxima de 49.0 cm y una mínima de 26.0 cm, con una longitud promedio de  $40.38 \pm 3.68$  cm LI. Asimismo, se analizó la información de 55 hembras, las cuales presentaron una LI máxima de 47.0 cm y una mínima de 20.0 cm, con una longitud promedio de  $38.71 \pm 5.53$  cm LI (Figura 10).

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que las distribuciones de longitud interdorsal no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $p = 0.0000$ ) ni para hembras ( $p = 0.0000$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) no evidenció diferencias significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.1055$ ). Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, detectándose diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.0484$ ), presentando los machos valores de longitud interdorsal significativamente mayores que las hembras.

Se registraron 76 machos y 55 hembras, con una proporción sexual observada de 1.38:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 3.0534$ ; gl = 1;  $p = 0.0806$ ), por lo que no se evidenció un sesgo sexual significativo.

Figura 10. Distribución de longitudes interdorsales de *A. pelagicus* en el Pacífico de Guatemala (Pesca general)



### 9.2.2 Composición de los desembarques de pesca artesanal de tiburón en el Pacífico de Guatemala

En total se registraron 486 organismos, siendo la especie dominante *C. falciformis*, con 432 individuos, lo que representa el 88.89% del total, evidenciando una marcada predominancia en las capturas. En segundo lugar, se registró *A. pelagicus* con 41 individuos (8.44%). La especie *Sphyrna lewini* aportó 6 ejemplares (1.23%), mientras que *C. hippurus* registró 5 individuos (1.03%). Asimismo, se registró un individuo de *C. longimanus* (0.21%) y un individuo de *S. mokarran* (0.21%). En conjunto, la composición específica muestra una fuerte dominancia de tiburones oceánicos, particularmente de *C. falciformis*, mientras que el resto de especies presentó una contribución marginal en términos de abundancia relativa.

#### 9.2.2.1 Tallas y proporción sexual de organismos de *C. falciformis* desembarcados por la pesca artesanal en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 223 machos de *C. falciformis*. Los organismos presentaron una talla máxima de 204.0 cm de longitud total (LT) y una talla mínima de 50.0 cm, con una talla promedio de  $114.05 \pm 34.80$  cm LT (mediana = 113.00 cm). Asimismo, se analizó la información de 209 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 317.0 cm y una mínima de 50.0 cm, con una talla promedio de  $110.94 \pm 35.08$  cm LT (mediana = 110.00 cm) (Figura 8).

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que las distribuciones de tallas no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $p = 0.0041$ ) ni para hembras ( $p = 0.0000$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) no evidenció diferencias significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.4245$ ). Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, la cual indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.2053$ ).

Se registraron 223 machos y 209 hembras, con una proporción sexual observada de 1.07:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 0.3912$ ; gl = 1;  $p = 0.5317$ ), por lo que no se evidenció un sesgo significativo hacia alguno de los sexos.

#### 9.2.2.2 Tallas y proporción sexual de organismos de *A. pelagicus* desembarcados por la pesca artesanal en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 24 machos. Los organismos presentaron una longitud máxima de 44.0 cm y una longitud mínima de 33.0 cm, con una longitud promedio de  $40.02 \pm 2.33$  cm (mediana = 40.00 cm). Asimismo, se analizó la información de 17 hembras, las cuales presentaron una longitud máxima de 42.0 cm y una mínima de 20.0 cm, con una longitud promedio de  $36.65 \pm 6.47$  cm (mediana = 40.00 cm) (Figura 10).

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que los machos cumplieron con el supuesto de normalidad ( $p = 0.0803$ ), mientras que las hembras no cumplieron dicho supuesto ( $p = 0.0018$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) indicó diferencias

significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.0288$ ). Dado que no se cumplieron completamente los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, la cual indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.1756$ ).

Se registró una proporción sexual observada de 1.41:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 0.8780$ ; gl = 1;  $p = 0.3487$ ), por lo que no se evidenció un sesgo sexual significativo en la muestra.

### 9.2.3 Composición de los desembarques de pesca de mediana escala de tiburón en el Pacífico de Guatemala

En la pesquería de mediana escala se registraron en total 832 organismos, siendo la especie dominante *C. falciformis*, con 710 individuos, lo que representa el 85.34% del total, evidenciando una marcada predominancia en las capturas. En segundo lugar, se registró *A. pelagicus* con 90 individuos (10.82%). La especie *S. lewini* aportó 22 ejemplares (2.64%), mientras que *C. hippurus* registró 4 individuos (0.48%).

Asimismo, se registraron 2 individuos de *C. limbatus* (0.24%). Con una representación mínima (0.12% cada uno), se reportaron un individuo de *G. cuvier*, uno identificado como “Perro”, un ejemplar de *C. longimanus* y un registro denominado “Tiburón wisisil”.

En conjunto, la composición específica muestra una fuerte dominancia de tiburones oceánicos, particularmente de *C. falciformis*, mientras que el resto de especies presentó una contribución marginal en términos de abundancia relativa.

#### 9.2.3.1 Tallas y proporción sexual de organismos de *C. falciformis* desembarcados por la pesca de mediana escala en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 366 machos de *C. falciformis*. Los organismos presentaron una talla máxima de 260.0 cm de longitud total (LT) y una talla mínima de 62.0 cm, con una talla promedio de  $130.50 \pm 38.22$  cm LT (mediana = 129.50 cm). Asimismo, se analizó la información de 344 hembras, las cuales presentaron una longitud total máxima de 231.0 cm

y una mínima de 60.0 cm, con una talla promedio de  $118.75 \pm 38.22$  cm LT (mediana = 112.50 cm) (Figura 8).

Las pruebas de normalidad (Shapiro Wilk) indicaron que las distribuciones de tallas no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $p = 0.0000$ ) ni para hembras ( $p = 0.0000$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) no evidenció diferencias significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.8072$ ). Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, la cual indicó que existen diferencias estadísticamente altamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.0000$ ), presentando los machos valores de talla significativamente mayores que las hembras.

Se registraron 366 machos y 344 hembras, con una proporción sexual observada de 1.06:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada 1:1, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 0.6211$ ;  $gl = 1$ ;  $p = 0.4306$ ), por lo que no se evidenció un sesgo significativo hacia alguno de los sexos.

#### 9.2.3.2 Tallas y proporción sexual de organismos de *A. pelagicus* desembarcados por la pesca de mediana escala en el Pacífico de Guatemala

Se analizó la información de 52 machos. Los organismos presentaron una longitud máxima de 49.0 cm y una longitud mínima de 26.0 cm, con una longitud promedio de  $40.54 \pm 4.16$  cm (mediana = 42.00 cm). Asimismo, se analizó la información de 38 hembras, las cuales presentaron una longitud máxima de 47.0 cm y una mínima de 25.0 cm, con una longitud promedio de  $39.63 \pm 4.86$  cm (mediana = 40.00 cm) (Figura 10).

Las pruebas de normalidad (Shapiro–Wilk) indicaron que las distribuciones no cumplieron con el supuesto de normalidad para machos ( $p = 0.0000$ ) ni para hembras ( $p = 0.0001$ ). La prueba de homocedasticidad (Levene) no evidenció diferencias significativas en las varianzas entre sexos ( $p = 0.5587$ ). Dado que no se cumplió el supuesto de normalidad, se aplicó la prueba no paramétrica de Mann–Whitney U, la cual indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre machos y hembras ( $p = 0.1332$ ).

Se registraron 52 machos y 38 hembras, con una proporción sexual observada de 1.37:1 (M:H). La prueba de  $\chi^2$  con corrección de Yates, comparando contra una proporción esperada

1:1, indicó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ( $\chi^2 = 1.8778$ ; gl = 1; p = 0.1706), por lo que no se evidenció un sesgo significativo hacia alguno de los sexos.

#### 9.2.4 Length Based Spawning Potential Ratio

Los parámetros de historia de vida utilizados para *Carcharhinus falciformis* fueron específicos por sexo: para machos,  $L_{\infty} = 273.60$  cm LT y  $K = 0.08$  año<sup>-1</sup>; para hembras,  $L_{\infty} = 271.83$  cm LT y  $K = 0.09$  año<sup>-1</sup> (Mera et. Al. 2025). La mortalidad natural (M) se estableció en 0.18 año<sup>-1</sup> para ambos sexos (Griffiths et. al., 2023), resultando en razones M/K de 2.25 para machos y 2.0 para hembras. Las tallas de primera madurez sexual fueron  $L_{50} = 180$  cm LT para machos y  $L_{50} = 190$  cm LT para hembras (Galván-Tirado et. al., 2015).

El análisis LBSPR reveló un estado crítico de la población, con valores de SPR prácticamente nulos (0.0%) para ambos sexos en todos los años analizados (2019, 2020, 2022, 2023, 2025). Las tallas al 50% de capturabilidad ( $SL_{50}$ ) estimadas fueron extremadamente bajas, oscilando entre 48.6-52.9 cm para ambos sexos, valores muy por debajo de las tallas de primera madurez sexual (180-190 cm). La relación F/M fueron consistentemente elevados, con promedios de 72.24 para machos y 70.07 para hembras, indicando una presión pesquera insostenible.

Las curvas de madurez y selectividad mostraron un patrón crítico (Figura 11 y Figura 12). A diferencia de una pesquería sostenible donde la curva de selectividad debería estar desplazada hacia la derecha de la curva de madurez, en este caso la selectividad se concentra en tallas muy por debajo de  $L_{50}$ , lo que indica captura predominante de juveniles. Este patrón compromete severamente el potencial reproductivo de la población, ya que los individuos son capturados antes de alcanzar la madurez sexual.

Figura 11. Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para hembras de *Carcharhinus falciformis* en el Pacífico de Guatemala.

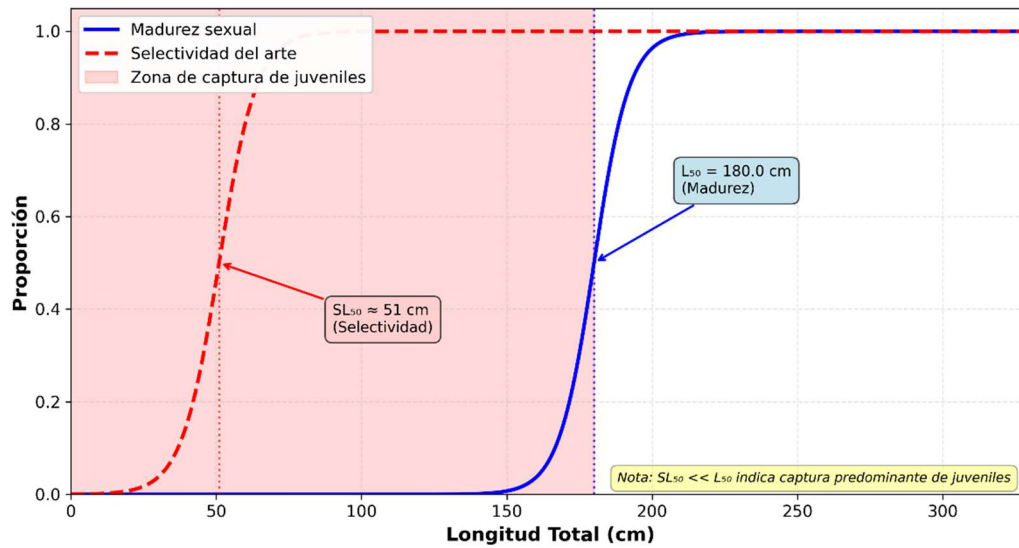
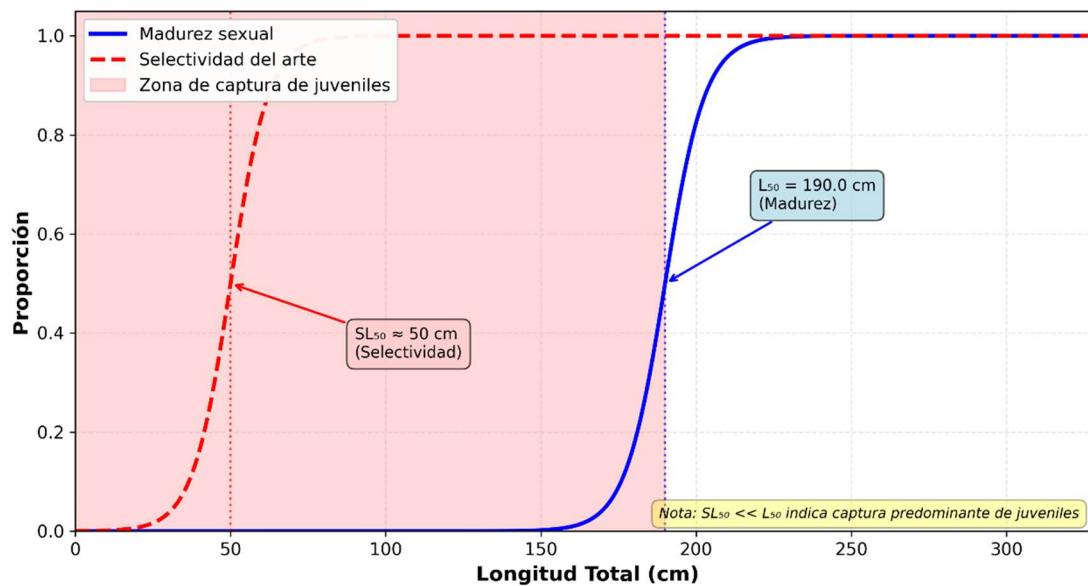


Figura 12. Modelo de madurez sexual y selectividad del arte de pesca para machos de *Carcharhinus falciformis* en el Pacífico de Guatemala.



Los gráficos de ajuste del modelo LBSPR (plotSize) no pudieron generarse debido a que el SPR estimado fue prácticamente nulo (0.0%), lo que impide que el modelo calcule una distribución teórica de tallas en equilibrio. Esta limitación técnica no invalida los resultados, sino que refleja la condición extrema de la población: cuando el SPR es cercano a cero, la población no alcanza una estructura de tallas estable bajo presión pesquera, ya que la mayoría de los individuos son removidos antes de reproducirse. En estos casos, las curvas de madurez y selectividad son más informativas que el ajuste del modelo, pues evidencian directamente el problema de captura de juveniles.

La talla media observada en las capturas fue de 120.2 cm (124.3 cm para machos, 115.8 cm para hembras), sustancialmente inferior a las tallas de madurez sexual (180-190 cm). Este patrón indica que aproximadamente el 70-80% de las capturas corresponden a individuos juveniles que aún no han alcanzado la madurez sexual. El SPR de 0.0% significa que, bajo el régimen de pesca actual, la población ha perdido prácticamente toda su capacidad reproductiva, clasificándose como en estado de colapso reproductivo según los criterios de Hordyk et al. (2015), muy por debajo del punto de referencia límite de 20% y del objetivo de 40%.

Este resultado contrasta marcadamente con pesquerías sostenibles, donde se esperaría un  $SPR \geq 20\%$  y una  $SL_{50}$  superior a  $L_{50}$ . La captura concentrada en juveniles sugiere que el esfuerzo pesquero está orientado hacia zonas de crianza o áreas de concentración de individuos inmaduros, lo cual compromete el reclutamiento futuro y la sostenibilidad del stock a largo plazo. La consistencia del patrón a través de los años analizados (2019-2025) indica que esta no es una condición temporal, sino una característica estructural de la pesquería que requiere medidas de manejo urgentes, incluyendo el establecimiento de tallas mínimas de captura superiores a 190 cm y la protección de zonas de crianza.

### 9.2.5 Discusión de resultados

#### *Coryphaena hippurus*

El análisis LBSPR para *C. hippurus* reveló un estado de explotación moderada (SPR promedio = 20.7%), ubicándose en el límite del punto de referencia crítico establecido (Hordyk et al., 2015). Este resultado debe interpretarse considerando los supuestos fundamentales del modelo: (1) equilibrio poblacional, (2) selectividad asintótica del arte de pesca, (3) ausencia de migración significativa, y (4) crecimiento descrito adecuadamente por el modelo de von Bertalanffy (Prince et al., 2015). La validez de estos supuestos en pesquerías artesanales multiespecíficas como la del Pacífico de Guatemala requiere evaluación adicional, particularmente considerando la alta movilidad del dorado y la variabilidad estacional en su disponibilidad.

Una limitación crítica del presente análisis radica en la procedencia de los parámetros de historia de vida ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $M$ ), tomados de poblaciones del Pacífico Central-Sureste (López-Martínez et al., 2024) en lugar de estimaciones locales. La variabilidad geográfica en estos parámetros puede ser considerable en especies altamente migratorias (Asch, 2015), lo que introduce incertidumbre en las estimaciones de SPR. Sin embargo, el uso de parámetros derivados de un análisis multi-modelo basado en otolitos representa el mejor conocimiento disponible para la región y proporciona mayor robustez que estimaciones locales con tamaños de muestra reducidos.

El patrón observado de selectividad ( $SL_{50} > L_{50}$ ) sugiere que el arte de pesca permite cierto grado de reproducción antes de la captura, lo cual es biológicamente favorable. No obstante, la marcada diferencia en presión pesquera entre sexos ( $F/M = 7.06$  para hembras vs.  $1.96$  para machos) podría reflejar segregación espacial por sexo o selectividad diferencial, aspectos que requieren investigación adicional mediante marcaje satelital o análisis genético de conectividad poblacional. Para mejorar las estimaciones futuras, se recomienda: (1) establecer un programa de muestreo biológico sistemático que incluya determinación de edad mediante otolitos, (2) implementar estudios de madurez gonadal para estimar  $L_{50}$  local, y (3) aplicar modelos más robustos como Stock Synthesis o modelos de evaluación integrados que

incorporen múltiples fuentes de información (captura, esfuerzo, índices de abundancia). A pesar de estas limitaciones, LBSPR constituye un primer acercamiento válido al estado de explotación en contextos con datos limitados (Hordyk et al., 2016), proporcionando una línea base esencial para el ordenamiento pesquero.

#### *Carcharhinus falciformis*

El análisis LBSPR para *C. falciformis* reveló una situación de colapso reproductivo ( $SPR \approx 0.0\%$ ) con captura predominante de juveniles (talla media = 120 cm vs.  $L_{50} = 180-190$  cm). Este resultado debe interpretarse reconociendo que el modelo LBSPR está diseñado para poblaciones en equilibrio y puede sobre-estimar la severidad del agotamiento en especies de lento crecimiento y madurez tardía (Hordyk et al., 2015). Los tiburones, debido a su estrategia reproductiva seleccionada, son particularmente vulnerables a la sobrepesca y requieren décadas para recuperarse de perturbaciones (Cortés, 2002). El supuesto de equilibrio es especialmente cuestionable en esta especie, que ha experimentado declives globales del 70-90% en las últimas décadas (Pacoureaux et al., 2021).

La incapacidad del modelo para generar gráficos de ajuste (plotSize) no invalida los resultados, sino que refleja una condición extrema donde la población no alcanza una estructura de tallas estable bajo presión pesquera. Esta limitación técnica evidencia que cuando  $SPR \rightarrow 0\%$ , el modelo alcanza sus límites de aplicabilidad, pues matemáticamente no puede predecir una distribución en equilibrio para una población funcionalmente colapsada. A pesar de esto, los indicadores derivados ( $SL_{50}$ , F/M, curvas de selectividad) son informativos y consistentes con el diagnóstico de sobrepesca de crecimiento severa.

Una limitación fundamental es que los parámetros de historia de vida provienen de literatura para el Pacífico Este Tropical, no de estimaciones locales. En tiburones, la variabilidad regional en  $L_{\infty}$  y edad de madurez puede ser sustancial (Cortés, 2000), afectando la precisión de las estimaciones de SPR. Adicionalmente, el modelo asume mortalidad natural constante ( $M = 0.18 \text{ año}^{-1}$ ), cuando en realidad M varía ontogenéticamente, siendo mayor en juveniles (Simpfendorfer, 1999). Esta simplificación puede subestimar la mortalidad natural en las tallas pequeñas observadas, sesgando las estimaciones de mortalidad por pesca.

La captura concentrada en juveniles ( $70-80\% < L_{50}$ ) sugiere operación en zonas de crianza o agregaciones de inmaduros, patrón documentado en pesquerías artesanales de tiburones pelágicos (Whoriskey et al., 2017). Este hallazgo es crítico porque compromete el reclutamiento futuro, generando un ciclo de retroalimentación negativa que dificulta la recuperación poblacional. Para mejorar el diagnóstico del stock se recomienda urgentemente: (1) colecta de vértebras para determinación de edad y estimación local de parámetros de crecimiento, (2) muestreo reproductivo para establecer  $L_{50}$  específica de la población, (3) marcaje acústico/satelital para identificar zonas de crianza y conectividad poblacional, y (4) aplicación de modelos demográficos matriciales que incorporen estructura de edades y estocasticidad ambiental (Cortés, 2016). Estos modelos son más apropiados para elasmobranquios que LBSPR, diseñado originalmente para teleósteos de crecimiento rápido. No obstante, sus limitaciones, LBSPR proporciona evidencia robusta de que la explotación actual es biológicamente insostenible y constituye un primer diagnóstico esencial que justifica la implementación inmediata de medidas precautorias de manejo (talla mínima de captura  $\geq 190$  cm, vedas espaciotemporales en zonas de crianza, reducción del esfuerzo pesquero) mientras se desarrollan evaluaciones más comprehensivas. La consistencia del patrón a través de cinco años (2019-2025) refuerza la urgencia de intervención, dado que cada cohorte sucesiva es removida antes de reproducirse, erosionando progresivamente la capacidad de recuperación del stock.

## **10. Propiedad intelectual**

No aplica

## 11. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 4. Beneficiarios directos e indirectos de la investigación

| Resultados, productos o hallazgos                      | Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas) | Número de beneficiarios directos | Beneficiarios indirectos | Resultados, productos o hallazgos | Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas) |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Evaluación del estado de explotación de las pesquerías | DIPESCA                                                                                 | 500 personas                     | 100 personas             | Proporción de representación de   |                                                                                         |
|                                                        |                                                                                         |                                  |                          |                                   |                                                                                         |
|                                                        |                                                                                         |                                  |                          |                                   |                                                                                         |
|                                                        |                                                                                         |                                  |                          |                                   |                                                                                         |

## 12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Tabla 5. Estrategia de divulgación

|                        | Sí                    | No |
|------------------------|-----------------------|----|
| Presentación TV        |                       |    |
| Entrevistas radiales   | Si. Radio Universidad |    |
| Podcast                |                       |    |
| Entrevista DIGI        |                       |    |
| Recursos audiovisuales |                       |    |

|                                                    | Sí                                                                       | No |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Congresos científicos nacionales o internacionales |                                                                          |    |
| Talleres                                           | Si. Talleres con la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura. |    |
| Publicación de libro                               |                                                                          |    |
| Publicación de artículo científico                 |                                                                          |    |
| Divulgación por redes sociales institucionales     |                                                                          |    |
| Presentación pública                               |                                                                          |    |
| Presentación autoridades USAC                      |                                                                          |    |
| Presentación a beneficiarios directos              |                                                                          |    |
| Entrega de resultados                              |                                                                          |    |
| Docencia en grado                                  | Si, presentación de resultados en clase de biología pesquera.            |    |
| Docencia postgrado                                 |                                                                          |    |
| Póster científico                                  |                                                                          |    |
| Trifoliales                                        |                                                                          |    |
| Conferencias                                       |                                                                          |    |
| Otro (describa)                                    |                                                                          |    |

## Entrevista en radio universidad



## Talleres con la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura



### **13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)**

Acceso al agua y gestión de los recursos naturales

Se generó información de línea base que servirá como insumo técnico para la DIPESCA en la formulación de medidas de ordenamiento y manejo pesquero dirigidas a las pesquerías de tiburón y dorado.

Se analizó el estado de explotación de dos pesquerías de alta relevancia en el Pacífico de Guatemala, aportando evidencia científica para la toma de decisiones en materia de gestión sostenible.

Seguridad alimentaria y nutricional

Se determinó la importancia de una parte de la captura en la seguridad alimentaria y nutricional ya que debido a su bajo precio es accesible para cierto sector de la población.

### **14. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo**

La información generada servirá como fundamento para iniciar los procesos de trabajo en las mesas de gobernanza de las pesquerías de tiburón y dorado en el Pacífico de Guatemala. Estos espacios tienen como finalidad promover la formulación de medidas de manejo a través de instrumentos normativos, tales como acuerdos gubernativos.

### **15. Vinculación**

Se establecieron alianzas estratégicas con organizaciones como Wildlife Conservation Society (WCS), Semillas del Océano y Shark Conservation Fund, las cuales brindaron apoyo financiero para cubrir parcialmente los viáticos asociados a los muestreos de campo, así como para la realización de talleres de socialización de resultados.

De manera paralela, el proyecto se articuló con la DIPESCA, en su calidad de autoridad nacional competente en materia de ordenamiento pesquero. En coordinación con esta institución, se desarrollaron talleres técnicos en los que se presentaron y discutieron los principales hallazgos del estudio.

## 16. Conclusiones

Estado de explotación: El análisis LBSPR reveló estados de explotación contrastantes entre las especies evaluadas. *Coryphaena hippurus* presentó un SPR de 20.7%, ubicándose en el punto de referencia límite que indica explotación moderada y requiere aplicación del principio precautorio. En contraste, *Carcharhinus falciformis* mostró SPR prácticamente nulo (0.0%) con relaciones F/M superiores a 70, evidenciando un estado de colapso reproductivo muy por debajo del punto de referencia límite del 20%, lo que confirma una presión pesquera insostenible sobre la población de tiburón sedoso en el Pacífico de Guatemala.

Estructura de tallas: El análisis evidenció dimorfismo sexual significativo en ambas especies, con machos consistentemente más grandes que hembras. En *C. hippurus*, los machos promediaron  $114.31 \pm 21.22$  cm LT y las hembras  $101.99 \pm 18.80$  cm LT (Mann-Whitney U,  $p < 0.001$ ). En *C. falciformis*, los machos alcanzaron  $124.27 \pm 37.79$  cm LT y las hembras  $115.80 \pm 37.22$  cm LT ( $p < 0.001$ ). Las comparaciones inter anuales mediante Kruskal-Wallis revelaron variabilidad significativa en las estructuras de tallas entre años ( $p < 0.001$ ), sugiriendo fluctuaciones en el reclutamiento o cambios en los patrones espaciales de pesca.

Proporción de organismos maduros e inmaduros: El análisis de selectividad reveló patrones opuestos entre especies. En *C. hippurus*, la  $SL_{50}$  (94.71-104.56 cm) fue sustancialmente superior a  $L_{50}$  (48-50 cm), indicando que la mayoría de individuos se reproducen antes de ser capturados. En *C. falciformis*, la  $SL_{50}$  extremadamente baja (48.6-52.9 cm) comparada con  $L_{50}$  (180-190 cm) evidenció que el 70-80% de las capturas corresponden a juveniles inmaduros, comprometiendo severamente el reclutamiento futuro y la capacidad de recuperación del stock.

Sostenibilidad de las pesquerías: La pesquería de dorado se encuentra en el límite de la sostenibilidad biológica, requiriendo medidas precautorias como el mantenimiento de la selectividad actual ( $SL_{50} > L_{50}$ ) y prevención de incrementos en el esfuerzo pesquero. La

pesquería de tiburón sedoso presenta insostenibilidad biológica crítica con colapso reproductivo ( $SPR \approx 0\%$ ) y captura predominante de juveniles, demandando implementación urgente de tallas mínimas de captura superiores a 190 cm LT, protección de zonas de crianza, y reducción sustancial del esfuerzo pesquero para evitar el colapso irreversible del stock en aguas guatemaltecas.

## **17. Recomendaciones**

Fortalecimiento del programas de monitoreo de desembarques: Se recomienda establecer un programa de muestreo biológico sistemático y estandarizado que incluya la colecta de estructuras duras para determinación de edad (otolitos en dorado y vértebras en tiburones), muestreo reproductivo mediante análisis histológico de gónadas para estimar tallas de primera madurez ( $L_{50}$ ) específicas de las poblaciones locales, y registro detallado del esfuerzo pesquero (días de pesca, número de anzuelos, tipo de arte) para calcular índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) que funcionen como indicadores de abundancia relativa. Esta información permitiría reducir la incertidumbre paramétrica asociada al uso de parámetros de historia de vida provenientes de otras regiones y mejoraría sustancialmente la precisión de las evaluaciones de stock futuras.

Implementación de modelos demográficos específicos para elasmobranquios: Para *Carcharhinus falciformis* y otras especies de tiburones, se recomienda la transición hacia modelos demográficos matriciales estructurados por edades que incorporen explícitamente las características de historia de vida de los elasmobranquios (crecimiento lento, madurez tardía, baja fecundidad, longevidad elevada). Estos modelos, como los análisis de tablas de vida o modelos matriciales de Leslie, son más apropiados que LBSPR para especies longevas ya que permiten evaluar la sensibilidad poblacional a cambios en mortalidad por estadio de vida, incorporar estocasticidad ambiental y demográfica, y proyectar escenarios de recuperación bajo diferentes regímenes de manejo, proporcionando así una base científica más robusta para la toma de decisiones de conservación en especies particularmente vulnerables a la sobreexplotación.

Evaluaciones periódicas mediante LBSPR y monitoreo de tendencias temporales: Se recomienda institucionalizar evaluaciones anuales o bianuales del estado de explotación mediante el modelo LBSPR, aprovechando su simplicidad metodológica y bajos requerimientos de datos para establecer un sistema de monitoreo continuo de las pesquerías de dorado. Aunque el modelo presenta limitaciones inherentes (supuesto de equilibrio, parámetros no locales utilizados en este análisis), las tendencias temporales en SPR, F/M y  $SL_{50}$  son más robustas que las estimaciones absolutas, ya que los sesgos paramétricos afectan todas las estimaciones de manera similar. Este monitoreo sistemático permitiría detectar cambios en el estado del stock, evaluar la efectividad de medidas de manejo implementadas (tallas mínimas, vedas, reducción de esfuerzo), y servir como sistema de alerta temprana para activar intervenciones precautorias.

## Referencias

- 
- Aires-da-Silva, A., Lennert-Cody, C., Maunder, M. N., Minte-Vera, C. V., Valero, J. L., & Román, M. H. (2023). *Vulnerability status of silky and hammerhead sharks in the eastern Pacific Ocean: An ecological assessment of sustainability indicators (EASI)* (SAC-14-12). Comisión Interamericana del Atún Tropical.  
[https://www.iattc.org/getattachment/fc75f0b9-ec17-492e-bc74-4844ef15281e/SAC-14-12\\_Vulnerability-status-of-silky-and-hammerhead-sharks-in-the-EPO-EASI-fish-assessment.pdf](https://www.iattc.org/getattachment/fc75f0b9-ec17-492e-bc74-4844ef15281e/SAC-14-12_Vulnerability-status-of-silky-and-hammerhead-sharks-in-the-EPO-EASI-fish-assessment.pdf)
- Alejo-Plata, M. C., Gómez-Márquez, J. L., Ramos, S., & Herrera-Galindo, J. E. (2011). Reproducción, dieta y pesquería del dorado *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) en Puerto Escondido, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 839–856.
- Anderson, L., & Seijo, J. C. (2010). *Bioeconomics of fisheries management* (1st ed.). John Wiley & Sons.
- Asch, R. G. (2015). Climate change and decadal shifts in the phenology of larval fishes in the California Current ecosystem. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(30), E4065–E4074. <https://doi.org/10.1073/pnas.1421946112>

- Caddy, J. F., & Sharp, G. D. (1988). *Un marco ecológico para la investigación pesquera* (FAO Documento Técnico de Pesca No. 283). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Canales, C. M., Olea, G., Jurado, V., & Espíndola, M. (2024). Management strategies evaluation (MSE) in a mixed and multi-specific fishery based on indicator species: An example of small pelagic fish in Ecuador. *Marine Policy*, 162, Artículo 106044. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106044>
- Castello, L., Castello, J., & Hall, C. (2007). Problemas en el estudio y manejo de pesquerías tropicales. *Gaceta Ecológica*, 65–73.
- Castillo, C. G. A., & Morales, O. S. (2021). Characterization of the artisanal elasmobranch fisheries off the Pacific coast of Guatemala. *Fishery Bulletin*, 119(1), 3–10. <https://doi.org/10.7755/FB.119.1.1>
- Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4), 299–344. <https://doi.org/10.1080/10408340308951115>
- Cortés, E. (2002). Incorporating uncertainty into demographic modeling: Application to shark populations and their conservation. *Conservation Biology*, 16(4), 1048–1062. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.00423.x>
- Cortés, E. (2016). Perspectives on the intrinsic rate of population growth. *Methods in Ecology and Evolution*, 7(10), 1136–1145. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12592>
- Cruz-Martínez, A., Chiappa-Carrara, X., Arenas-Fuentes, V., & Galván-Magaña, F. (2005). Reproductive biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* in the southern Mexican Pacific. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 85(6), 1363–1368. <https://doi.org/10.1017/S0025315405012568>
- Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DIPESCA/MAGA) & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). *Caracterización de la pesca artesanal del Pacífico de Guatemala: Tercer cuatrimestre*. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costeras (APM). MARN-CONAP/PNUD-GEF – Fundación Defensores de la Naturaleza.
- Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (DIPESCA-MAGA) & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2018). *Diseño de arte de pesca para la reconversión*

*de prácticas no amigables con la diversidad biológica marino-costera en el Área de Conservación Marino Costera Sipacate-Naranjo.* <https://www.undp.org>

- Galván-Tirado, C., Galván-Magaña, F., Ochoa-Báez, R. I., & Navia, A. F. (2015). Reproductive biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) off the west coast of Baja California Sur, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(3), 561–567. <https://doi.org/10.1017/S0025315414001829>
- Goodyear, C. P. (1993). Spawning stock biomass per recruit in fisheries management: Foundation and current use. En S. J. Smith, J. J. Hunt & D. Rivard (Eds.), *Risk evaluation and biological reference points for fisheries management* (pp. 67–81). Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 120.
- Griffiths, S. P., Tonks, M. L., & Sawynok, W. (2023). Assessment of life-history characteristics and ecological risk for target, bycatch and protected species captured in the Australasian commercial longline fishery. *Marine and Freshwater Research*, 74(1), 1–21. <https://doi.org/10.1071/MF22025>
- Grolemund, G., & Wickham, H. (2011). Dates and times made easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1–25. <https://doi.org/10.18637/jss.v040.i03>
- Hernández-Padilla, J. C., Pérez-Nuño, V. A., Alonzo-García, F., Ortiz-Arrona, J. N., Barrios-Almaraz, A., & Hernández-Morales, I. (2020). Variación espacial en la composición y abundancia de las especies capturadas por las pesquerías de pequeña escala en el litoral del Pacífico de Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático – Yu'am*, 1, 19–43.
- Hilborn, R., & Walters, C. J. (1987). A general model for simulation of stock and fleet dynamics in spatially heterogeneous fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 44(7), 1366–1369. <https://doi.org/10.1139/f87-163>
- Hollowed, A. B., Bax, N., Beamish, R., Collie, J., Fogarty, M., Livingston, P., Pope, J., & Rice, J. C. (2000). Are multispecies models an improvement on single-species models for measuring fishing impacts on marine ecosystems? *ICES Journal of Marine Science*, 57, 707–719. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2000.0734>
- Hordyk, A. R. (2023). *LBSPR: Length-based spawning potential ratio* (R package version 0.1.6). <https://CRAN.R-project.org/package=LBSPR>
- Hordyk, A. R., Ono, K., Prince, J. D., & Walters, C. J. (2016). A simple length-structured model based on life history ratios and incorporating size-dependent selectivity:

- Application to spawning potential ratios for data-poor stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(12), 1787–1799. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0422>
- Hordyk, A. R., Ono, K., Valencia, S., Loneragan, N., & Prince, J. D. (2015). A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 217–231. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>
- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL). (2004). *Perfil ambiental de Guatemala*. IARNA-URL.
- Instituto de Ciencias del Clima (ICC). (2020). *Estudio técnico del Área de Conservación Sipacate-Naranjo*. ICC.
- Instituto de Ciencias del Clima (ICC) & Wildlife Conservation Society (WCS). (2021). *Estudio técnico del Área de Conservación Marino-Costera Tiquisate-Tecojate*. ICC; WCS.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Grupo Especialista en Tiburones (IUCN SSC Shark Specialist Group). (2023). *Tiquisate-Sipacate ISRA factsheet: Central and South American Pacific region*. IUCN SSC Shark Specialist Group.
- Keyl, F., & Wolff, M. (2008). Environmental variability and fisheries: What can models do? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 18(3), 273–299. <https://doi.org/10.1007/s11160-007-9075-5>
- López-Martínez, J., Arreguín-Sánchez, F., Hernández-Vázquez, S., Ponce-Díaz, G., & Rodríguez-Romero, J. (2024). Age, growth and natural mortality of dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) in the central-southeastern Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 270, Artículo 106883. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106883>
- López-Selva, Q., Pineda, P., Villagrán, E., & Polanco, F. (2023). Análisis de las artes de pesca artesanales utilizadas en aguas costeras frente al Parque Nacional Sipacate-Naranjo, Guatemala. *Revista Eutopía*, 1, 57–73.
- Mera, C., Mejía, D., Vera-Mera, S., Tamayo-Vega, S., Galván-Magaña, F., Vélez-Soledispa, M., & Briones-Mendoza, J. (2025). Age and growth of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Müller & Henle, 1839) in the Ecuadorian Pacific. *Pacific Conservation Biology*, 31, Artículo PC24090. <https://doi.org/10.1071/PC24090>

- Monroy, C., Salas, S., & Bello-Pineda, J. (2010). Dynamics of fishing gear and spatial allocation of fishing effort in a multispecies fleet. *North American Journal of Fisheries Management*, 30(5), 1187–1202. <https://doi.org/10.1577/M09-101.1>
- Newman, S. J., Brown, J. I., Fairclough, D. V., Wise, B. S., Bellchambers, L. M., Molony, B. W., & Wakefield, C. B. (2018). A risk assessment and prioritisation approach to the selection of indicator species for the assessment of multi-species, multi-gear, multi-sector fishery resources. *Marine Policy*, 88, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.004>
- Ortíz, J. R., & Polanco-Vásquez, F. (2021). *Aspectos reproductivos de Cynoscion reticulatus y Micropogonias altipinnis* (Informe final DIGI Proyecto B3CU-2020). Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.16129.58725>
- Pacoureau, N., Rigby, C. L., Kyne, P. M., Sherley, R. B., Winker, H., Carlson, J. K., Fordham, S. V., Barreto, R., Fernando, D., Francis, M. P., Jabado, R. W., Herman, K. B., Liu, K. M., Marshall, A. D., Pollom, R. A., Romanov, E. V., Simpfendorfer, C. A., Yin, J. S., Kindsvater, H. K., & Dulvy, N. K. (2021). Half a century of global decline in oceanic sharks and rays. *Nature*, 589(7843), 567–571. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03173-9>
- Plagányi, É. E., Punt, A. E., Hillary, R., Morello, E. B., Thébaud, O., Hutton, T., Pillans, R. D., Thorson, J. T., Fulton, E. A., Smith, A. D. M., Smith, F., Bayliss, P., Haywood, M., Lyne, V., & Rothlisberg, P. C. (2014). Multispecies fisheries management and conservation: Tactical applications using models of intermediate complexity. *Fish and Fisheries*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00488.x>
- Polanco-Vásquez, F. (2022). *Biología reproductiva de la raya látigo Hypanus longus (Garman, 1880) capturada en el Pacífico de Guatemala* [Tesis de maestría, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Instituto Politécnico Nacional].
- Prince, J. D., Hordyk, A. R., Valencia, S. R., Loneragan, N. R., & Sainsbury, K. J. (2015). Revisiting the concept of Beverton–Holt life-history invariants with the aim of informing data-poor fisheries assessment. *ICES Journal of Marine Science*, 72(1), 194–203. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu011>
- Seijo, J. C., Defeo, O., & Salas, S. (1997). *Bioeconomía pesquera: Teoría, modelación y manejo* (FAO Documento Técnico de Pesca No. 368). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- Simpfendorfer, C. A. (1999). Mortality estimates and demographic analysis for the Australian sharpnose shark, *Rhizoprionodon taylori*, from northern Australia. *Fishery Bulletin*, 97(4), 978–986.
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1: Manual* (FAO Documento Técnico de Pesca No. 306.1 Rev. 2). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Tewfik, A., Babcock, E. A., Phillips, M., Moreira-Ramírez, J. F., Polanco, F., Marroquin, J., Castillo, M., Auil Gomez, N., & McNab, R. (2022). Simple length-based approaches offer guidance for conservation and sustainability actions in two Central American small-scale fisheries. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. <https://doi.org/10.1002/AQC.3827>
- Webster, R. A., Soderlund, E., Dykstra, C. L., & Stewart, I. J. (2020). Monitoring change in a dynamic environment: Spatiotemporal modelling of calibrated data from different types of fisheries surveys of Pacific halibut. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 77(8), 1421–1432. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2019-0240>
- Whoriskey, S., Arauz, R., & Baum, J. K. (2017). Potential impacts of emerging mahi-mahi fisheries on sea turtle and elasmobranch bycatch species. *Biological Conservation*, 207, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.01.006>
- Zar, J. H. (1996). *Biostatistical analysis* (3rd ed.). Prentice Hall

**BOLETA DE REGISTRO DE DESEMBARRQUES DE LA PESCA DE TIBURON EN EL PACIFICO  
DE GUATEMALA**

|             |              |                      |                 |         |              |
|-------------|--------------|----------------------|-----------------|---------|--------------|
| Fecha:      | Embarcación: | Lugar:               | Observador:     |         |              |
| Pescador:   |              | Galones de gasolina: | Rumbo de pesca: | Millas: | Profundidad: |
| Hielo qq O: |              | Comida O:            |                 |         |              |

|                      |                       |                       |                   |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Fecha de zarpe:      | Fecha de llegada:     | No. de tripulantes:   | Duración (hr):    |
| Tiburón grande (lb): | Tiburón mediano (lb): | Tiburón pequeño (lb): | Tiburón gris (lb) |
| Tiburón zorro (lb):  | Dorado (lb)           |                       |                   |

|                 |                  |                    |                  |                |
|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| <b>Palangre</b> | Tipo de anzuelo: | Tamaño de anzuelo: | No. de anzuelos: | No. de lances: |
|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|

[illegible]

**BOLETA DE REGISTRO DE DESEMBARRQUES DE LA PESCA DE DORADO EN EL PACIFICO  
DE GUATEMALA**

## A. INFORMACIÓN GENERAL e

|             |                      |                 |             |              |  |
|-------------|----------------------|-----------------|-------------|--------------|--|
| Fecha:      | Embarcación:         | Lugar:          | Observador: |              |  |
| Pescador:   | Galones de gasolina: | Rumbo de pesca: | Millas:     | Profundidad: |  |
| Hielo qq Q: | Comida Q:            |                 |             |              |  |

## B. INFORMACIÓN DE LA FAENA

|                     |                      |                      |                   |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| Fecha de zarpe:     | Fecha de llegada:    | No. de tripulantes:  | Duración (hr):    |
| Dorado grande (lb): | Dorado mediano (lb): | Dorado pequeño (lb): | Tiburón gris (lb) |
| Tiburón zorro (lb): |                      |                      |                   |

### C. ARTES DE PESCA

|                 |                  |                    |                  |                |
|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|
| <b>Palangre</b> | Tipo de anzuelo: | Tamaño de anzuelo: | No. de anzuelos: | No. de lances: |
|-----------------|------------------|--------------------|------------------|----------------|

[illegible]

**Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación**

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación, artículo 20, elaboró este informe en función de los datos recabados en el proyecto.

|                                          |                                                                                                     |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Francisco Emanuel Polanco Vásquez</b> | <b>Firma</b><br> |
| Fecha: 27/02/2026                        |                                                                                                     |

**Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario**

De conformidad con el artículo 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto Evaluación de la Pesquería de Tiburón y Dorado en el en el Pacífico de Guatemala en mi calidad de director del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas IIH del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura CEMA, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

|                                                                                                                               |              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>M. Sc. José Roberto Ortiz</b><br><br>Coordinador del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas<br>-IIH<br><br>CEMA-USAC | <b>Firma</b> |
| Fecha: 27/02/2026                                                                                                             |              |

**Recepción de la Dirección General de Investigación**

|                                                                                                                                                           |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>M. Sc. Andrea Rodas</b><br><b>Coordinadora PUIRNA</b><br><br><b>Vo.Bo. Nombre coordinador(a) del programa</b><br><b>universitario de investigación</b> | <b>Firma</b> |
| Fecha: 27/02/2026                                                                                                                                         |              |

/Digi2026