



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

OFICIO N.º

0307

-2024-IMARPE/PE

Callao,

20 DIC. 2024



Señora

HAYDEÉ ROSAS CHÁVEZ

Directora General de Políticas y
Análisis Regulatorio en Pesca y Acuicultura
Ministerio de la Producción
Calle Uno Oeste N° 060, Urb. Córpac
San Isidro

<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/Repositorio?idDocumento=1173146>

Asunto: Evaluación de la pesquería del tiburón martillo al 2024 y perspectivas de explotación para 2025

Es grato dirigirme a usted, para saludarla y remitir a su despacho el informe “Evaluación de la pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) al 2024 y perspectivas de explotación para 2025”, para las acciones que estime pertinentes.

Hago propicia la oportunidad para renovar las seguridades de mi mayor consideración y estima personal.

Atentamente,



Contralmirante
Jorge Paz Acosta
Presidente Ejecutivo (e)
Instituto del Mar del Perú



BICENTENARIO
PERÚ
2024

Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito, Callao | Central telefónica: (051) 208-8650 | www.gob.pe/imarpe

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Instituto del Mar del Perú, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: www.imarpe.gob.pe/imarpe/validacion Clave:



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DEMERSALES Y LITORALES

ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE PECES DEMERSALES, BENTÓNICOS Y LITORALES

EVALUACIÓN DE LA PESQUERÍA DEL TIBURÓN MARTILLO (*Sphyrna zygaena*) AL 2024 Y PERSPECTIVAS DE EXPLOTACIÓN PARA 2025



Diciembre 2024



BICENTENARIO
PERÚ
2024



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Evaluación de la pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) al 2024 y perspectivas de explotación para 2025

1. Introducción

El tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) es una especie cosmopolita que habita en aguas costeras y semi-oceánicas de la plataforma continental en la mayoría de las regiones tropicales y templadas del mundo. Además, esta especie de tiburón martillo es altamente migratoria y se encuentra protegida bajo el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES). Asimismo, ha sido clasificada como "Vulnerable" por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (Ebert *et al.*, 2021).

En los últimos años, su pesquería ha sido impulsada principalmente por el comercio internacional de sus aletas, destinadas en gran medida al mercado asiático. Esta explotación ha generado un impacto significativo en sus poblaciones, una situación que se agrava al considerar sus características biológicas. Su historia de vida, marcada por una baja fecundidad y una maduración tardía, limita su capacidad de recuperación frente a las reducciones poblacionales ocasionadas por la pesca (King y McFarlane, 2003).

En el Perú, la extracción de este recurso es realizada por la flota pesquera artesanal, cuyas zonas de pesca se ubican principalmente frente al litoral norte-centro. El arte de pesca predominante es la cortina, conocida localmente como "cortina animalera". Desde 2016, esta pesquería ha sido regulada mediante dispositivos legales de vigencia anual, los cuales establecen límites de captura e inicio de la temporada de pesca. Para el año 2024, la actividad extractiva fue autorizada mediante la Resolución Ministerial N° 065-2024-PRODUCE, que entró en vigor el 11 de marzo de 2024, y fijó un límite de captura de 490 toneladas. Posteriormente, la Resolución Ministerial N° 219-2024-PRODUCE (24.06.2024) dispuso la conclusión de las actividades extractivas tras alcanzarse dicho límite.

Este informe presenta los resultados del monitoreo de la pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) durante el año 2024. Asimismo, incluye las proyecciones de pesca para el año 2025, basándose en la mejor información científica disponible.

2. Metodología

2.1. Definición de la unidad de stock

Debido a las limitaciones en la información disponible, no ha sido posible delimitar de manera precisa la población del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*). Por esta razón, se trabajó bajo el supuesto de la existencia de una única población homogénea de *S. zygaena* frente a la costa peruana para realizar la evaluación del stock y formular las recomendaciones de manejo.



**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

Este enfoque precautorio permite implementar medidas oportunas para regular el esfuerzo pesquero a nivel local, minimizando riesgos asociados con la sobreexplotación. Asimismo, evita una visión excesivamente optimista sobre el estado del recurso al prevenir la posible mezcla de unidades poblacionales con diferentes niveles de explotación. Tal situación podría enmascarar el estado crítico de alguna unidad poblacional al combinarse los datos.

En este contexto, los resultados presentados en este informe corresponden a la fracción de la población de *S. zygaena* que se encuentra dentro del dominio marítimo peruano.

2.2. Indicadores de la pesquería

2.2.1. Desembarques durante el periodo 1997-2024

El análisis histórico de los desembarques de tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) se llevó a cabo utilizando información proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Este sistema forma parte de un plan integral de investigaciones orientado al monitoreo de la flota pesquera artesanal y los recursos vivos que la sostienen.

Desde su implementación en 1996 como programa piloto denominado "Determinación del Potencial Pesquero Artesanal", hasta el año 2014, se monitorearon entre 21 y 45 puntos de desembarque a lo largo del litoral peruano. A partir de 2015, y en el marco del Programa Presupuestal 0095 "Fortalecimiento de la Pesca Artesanal", el monitoreo se amplió para incluir 56 puntos de desembarque (Castillo *et al.*, 2018).

Asimismo, dado que en esta pesquería los ejemplares desembarcados suelen estar eviscerados y sin cabeza, el peso eviscerado se utilizó como referencia para la elaboración de este informe, tanto en los análisis como en las propuestas de manejo y recomendaciones de captura.

2.2.2. Cobertura espacial

Para analizar la dinámica de la flota pesquera artesanal dedicada a la extracción de tiburón martillo se elaboraron mapas de distribución espacial, en base a la información de las zonas de pesca, declaradas por los pescadores artesanales a los observadores de campo del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del IMARPE, considerando una grilla de medio grado Marsden a una escala bimensual. Se consideró esta metodología debido a la incertidumbre asociada a las zonas declaradas por viaje de pesca.

2.3. Indicadores biológicos

La información biométrica utilizada en esta evaluación provino de los muestreos llevados a cabo por el Programa de Seguimiento de Pesquerías de Tiburones del IMARPE. En total, se midieron 4261

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

ejemplares de tiburón martillo en los principales puntos de desembarque: Acapulco (3453), Zorritos (211), San José (60), San Andrés (393) e Ilo (144).

Debido a que los individuos se encuentran eviscerados y sin cabeza al momento del desembarque, las mediciones realizadas corresponden a la longitud interdorsal (LID), que se define como la distancia entre el punto de inserción de la primera aleta dorsal y el punto de origen de la segunda aleta dorsal. Para obtener la longitud total (LT, en cm) de los ejemplares, se aplicó un factor de conversión estimado previamente por el IMARPE. Este procedimiento permitió estandarizar la composición por tallas de los individuos muestreados a partir de la LID registrada en campo.

2.4. Indicadores del stock

2.4.1. Captura por Unidad de Esfuerzo – CPUE

La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) fue utilizada como un indicador de abundancia relativa de la población, con base en la información proveniente del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal, se realizaron los análisis exploratorios a fin de determinar cambios en la disponibilidad del recurso en las zonas de pesca de la flota artesanal dedicada a la extracción del tiburón martillo.

Considerando la anterior premisa, se realizó la estandarización de la CPUE, según el procedimiento empleado en las evaluaciones más recientes (IMARPE, 2023).

2.4.1.1. Selección de datos

El análisis exploratorio priorizó la información asociada al arte de pesca cortina, representando aproximadamente el 96% de las capturas del tiburón martillo. Del periodo analizado (1996-2024), se seleccionaron embarcaciones con registros continuos de pesca dirigidos al tiburón martillo durante al menos cinco años. Esta selección permitió excluir actividades esporádicas, incrementando la precisión sobre la intencionalidad de pesca.

2.4.1.2. Definición de la unidad de esfuerzo

La unidad de esfuerzo fue definida como los días efectivos de pesca, calculados como el tiempo total del viaje de pesca menos el tiempo de navegación hacia y desde la zona de pesca.

Para estimar el tiempo de navegación:

- **Distancia:** Se estimó entre las coordenadas de la zona de pesca y los puertos pesqueros, asumiendo que el lugar de zarpe y arribo es el mismo.
- **Tiempo:** Se calculó usando la velocidad promedio de navegación de 5 nudos, según observadores del IMARPE, aplicando la ecuación:

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} * \text{Tiempo}.$$

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

2.4.1.3. Variables del modelo

El modelo GLM incluyó las siguientes variables explicativas:

- **Año:** Refleja tendencias temporales.
- **Trimestre:** Representa la variabilidad estacional.
- **Tipo de embarcación:** Asociado a la capacidad de bodega.
- **Área:** Proxy de las zonas de pesca, clasificadas en cuatro áreas según características de la flota y objetivos de pesca.
- **Target:** Proporción de tiburón martillo en la captura total, para compensar la baja especificidad del arte de pesca multiespecífico.

La estructura del modelo se definió como:

$$\log(CPUE) = Año + Trimestre + Tipo_{barco} + Área + Target + \varepsilon$$

2.4.1.4. Distribución y ajuste

El uso de la distribución log-normal en la estandarización de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) está ampliamente respaldado en la literatura debido a las características de los datos pesqueros, que suelen presentar alta variabilidad y valores asimétricos con una cola hacia la derecha. Gulland (1983) señala que estas características son inherentes a los datos de pesca, especialmente en situaciones donde la abundancia de los recursos es dinámica y heterogénea. De manera complementaria, Hilborn y Walters (1992) explican que la distribución log-normal es adecuada para modelar la variabilidad observada en las series de tiempo pesqueras, proporcionando una mejor representación de la dispersión de los datos de CPUE. Por su parte, Maunder y Punt (2004) revisan los enfoques recientes para la estandarización de CPUE y destacan que esta distribución es una opción común debido a la naturaleza del proceso de captura y la forma en que se registran los datos.

2.4.2. Modelo Dinámico de Biomasa

Para caracterizar la dinámica poblacional del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en el Perú, se utilizó el modelo de biomasa dinámica o modelo de producción excedentaria. Este tipo de modelo es ampliamente reconocido como una herramienta inicial en la evaluación de recursos pesqueros, en contextos con información limitada, ya que únicamente requiere datos de captura y esfuerzo de pesca (Hilborn y Walters, 1992).

Dada la escasa disponibilidad de datos relacionados con la estructura por tamaños y/o edades en las capturas de tiburón martillo, el análisis se realizó empleando un modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados (*State-Space Models*). Este enfoque permite la incorporación simultánea de dos fuentes principales de incertidumbre: el error de proceso, asociado a las dinámicas biológicas de la población, y el error de observación, derivado de las mediciones y reportes de captura y esfuerzo (Meyer y Millar, 1999). Cabe señalar que los modelos dinámicos de biomasa son ampliamente utilizados en la evaluación de stocks de tiburones.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Este tipo de modelo se encuentra estructurado por dos componentes:

- a) **Ecuación de observación:** Relaciona el estado (biomasa) con la observación (Captura por unidad de esfuerzo).

$$CPUE_j = qB_j + \tau_j$$

Donde $CPUE$ representa el vector de captura por unidad de esfuerzo, B es el vector de estado representado por la biomasa en el año j ; q (capturabilidad) es el vínculo entre $CPUE$ (observación) y la biomasa (estado) y por último τ_j representa el ruido (error) de observación en el año j .

- b) **Ecuación de estado:** Describe el comportamiento de la biomasa y es representada por la forma dinámica de la ecuación de Schaefer (1954) según la siguiente expresión.

$$B_j = B_{j-1} + r * B_j \left(1 - \frac{B_j}{K}\right) - C_{j-1} + \sigma_j$$

Donde B_j es la biomasa en el tiempo j , r es la tasa de crecimiento poblacional, K es la capacidad de carga del ambiente, C_j es la captura en el tiempo j y σ_j representa el error de proceso.

En la implementación del modelo, se realizó la re-parametrización $P_j = B_j/K$ según Millar y Meyer (2000), con la finalidad de acelerar el muestreo en las simulaciones. De esta forma, las ecuaciones de observación y de estado fueron reescritas de la siguiente forma:

$$CPUE_j | P_j, q, \tau^2 = qKP_j e^{v_j}; j = 1, \dots, N$$
$$P_1 | \sigma^2 = e^{u_1} \quad P_j | P_{j-1}, K, r, \sigma^2 = \left(P_{j-1} + rP_{j-1} \left(1 - P_{j-1}\right) - \frac{C_{j-1}}{K} \right) e^{u_j}; j = 2, \dots, N$$

Donde u_j y v_j son el error de proceso y de observación, respectivamente y N es el número total de años a ser analizados.

El ajuste del modelo fue realizado a través del Software JAGS (Just Another Gibbs Sampler), herramienta diseñada especialmente para el análisis bayesiano utilizando el método de Monte Carlo basado en Cadenas de Markov (MCMC) (Plummer, 2003).

El enfoque bayesiano en este tipo de análisis permite incorporar información disponible en la literatura y aquella obtenida a través de la experiencia de otras investigaciones (conocimiento *a priori*) (Punt y Hilborn, 1997). Para nuestro caso, el conocimiento *a priori* sobre los parámetros del modelo fue obtenido de la evaluación realizada en el año 2016 (Tabla 1).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

Tabla 1. Distribución *a priori* de los parámetros del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Parámetro	Símbolo	Distribución priori
Capacidad de carga	K	Log-normal (8,38; 2)
Tasa de crecimiento poblacional	r	Log-normal (-0,78; 5)
Coefficiente de capturabilidad	q	Gamma-inv (0,001; 0,001)
Error de proceso	σ^2	Gamma-inv (1,7; 0.01)
Proporción entre B_j/K	P_j	Log-normal (P_{obs} ; σ^2)
Captura por unidad de esfuerzo	U_j	Log-normal (U_{obs} ; $1/var$)

En la estimación de la distribución *a posteriori* de los parámetros del modelo, se realizaron tres (03) series de 300 000 simulaciones cada una. Las primeras 200 000 simulaciones fueron consideradas como periodo de “burn-in”, el cual consiste en descartar las primeras iteraciones cuando se realizan las simulaciones de los métodos de cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC). Durante este periodo se espera que la cadena de simulación se desplace desde la región del valor inicial hacia a una región más representativa (*a posteriori*) (Kruschke, 2015). Asimismo, para comprobar la convergencia y la ausencia de autocorrelación, se utilizó el paquete “coda” (Plummer *et al.*, 2006) del software R (R Core Team, 2024).

2.5. Criterios para la ordenación

Debido a la presencia de fuentes de error no consideradas por el modelo, se realizó un análisis de riesgo que consistió en proyectar diferentes opciones de manejo, específicamente niveles de captura, bajo un enfoque prospectivo. Este análisis incluyó las medidas de dispersión estimadas para cada uno de los parámetros del modelo, con el propósito de incorporar la incertidumbre asociada.

Las proyecciones de biomasa se elaboraron a corto plazo (1 año), evaluando distintos escenarios de explotación. Como indicador de riesgo, se utilizó la probabilidad de que la biomasa proyectada para el año siguiente sea inferior a la biomasa actual, expresada como:

$$Pr(B_{2026} < B_{2025})$$

A partir del vector de biomazas del último año y los vectores de los parámetros r (tasa intrínseca de crecimiento) y K (capacidad de carga), estimados por el modelo, se realizaron simulaciones utilizando diferentes niveles de captura, entre los cuales se consideraron los puntos biológicos de referencia como el Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), la mortalidad por pesca al $F_{0.1}$ y la mortalidad por pesca a los $2/3$ del Máximo Rendimiento Sostenible ($2/3F_{MRS}$).

En el contexto actual, donde el stock del tiburón martillo se encuentra en plena explotación, se efectuó un análisis de riesgo a corto plazo. Este análisis estima el riesgo de que la biomasa

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

proyectada sea menor que la biomasa actual, y, en línea con lo recomendado por Haddon (2011), se considera que asumir un riesgo inferior al 50% es la opción más prudente.

Cada serie de proyecciones de biomasa fue convertida en una variable dicotómica de éxito-fracaso, en el cual, bajo una situación de $B_{2026} < B_{2025}$ se asignó el valor de 1; y en el caso de $B_{2026} > B_{2025}$ se asignó el valor de 0. Una vez obtenida la matriz de respuestas dicotómicas para cada uno de los niveles de captura, se empleó un modelo GLM considerando que la variable respuesta (riesgo) posee una distribución binomial.

$$\log\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 * x_i$$

Donde $\log(\pi_i/(1 - \pi_i))$ viene a ser la función logit expresada en función de π (riesgo); β_0 y β_1 son los parámetros del modelo y x_i son los niveles de captura evaluados.

3. Resultados

3.1. Indicadores de la pesquería

3.1.1. Desembarque

Durante el 2024, el desembarque de tiburón martillo mostró un incremento del 23% en comparación con el año 2023 (Figura 1). Al igual que en los últimos cinco años, las regiones que concentraron los mayores volúmenes de desembarque fueron Piura, con un 33,8%, y La Libertad, con un 20,5%. Sin embargo, destaca la región Tumbes, que en 2024 alcanzó un volumen de desembarque similar al de La Libertad (20,5%), representando un aumento importante (78,3 toneladas) respecto al año anterior.

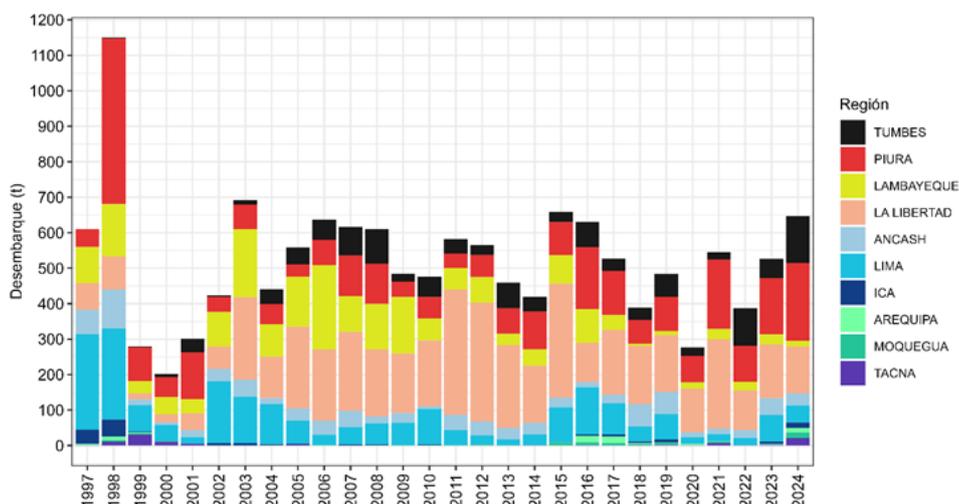


Figura 1. Desembarques estimados (t) del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* por región, durante el periodo 1997 – 2024. Fuente: IMARPE (uso para fines de investigación)

En 2024, los mayores volúmenes de desembarque de tiburón martillo se registraron durante los meses de marzo (20,4%), abril (18,9%) y mayo (31,4%). Durante las estaciones de invierno y parte

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

de la primavera, los volúmenes disminuyeron notablemente debido al cierre de la pesquería tras alcanzar el límite de captura establecido (Figura 2a).

A nivel regional, las descargas de enero y febrero (asociadas a la captura incidental del tiburón martillo) estuvieron principalmente concentradas en La Libertad, Lima e Ica, mientras que de marzo a mayo (temporada de pesca) y de junio a octubre (captura incidental) destacaron las regiones de Piura y Tumbes como las principales regiones de desembarque (Figura 2b).

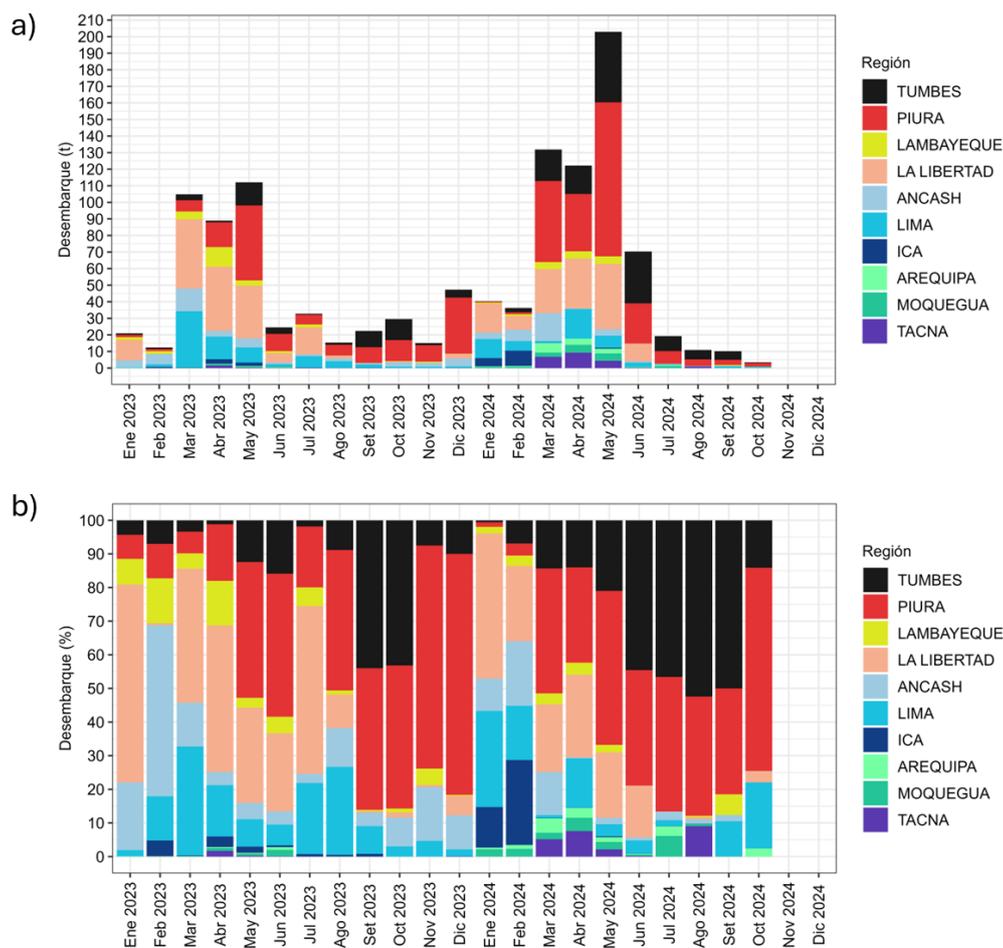


Figura 2. Desembarque mensual en toneladas (a) y en porcentaje (b) del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, durante el periodo 2023-2024 por regiones. Fuente: IMARPE (información preliminar para fines de investigación)

3.1.2. Cobertura espacial de la flota

Durante el primer semestre de 2024, la flota artesanal dedicada a la extracción de tiburón martillo se desplazó a lo largo del litoral peruano, concentrándose principalmente frente a Tumbes y llegando hasta las 423 millas náuticas mar adentro. Por otro lado, de julio a noviembre, debido al cierre de la temporada de pesca por el cumplimiento del límite de captura, las actividades se

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

redujeron significativamente, concentrándose las capturas en zonas cercanas a la costa, registrándose capturas asociadas a la pesca incidental de este recurso (Figura 3).

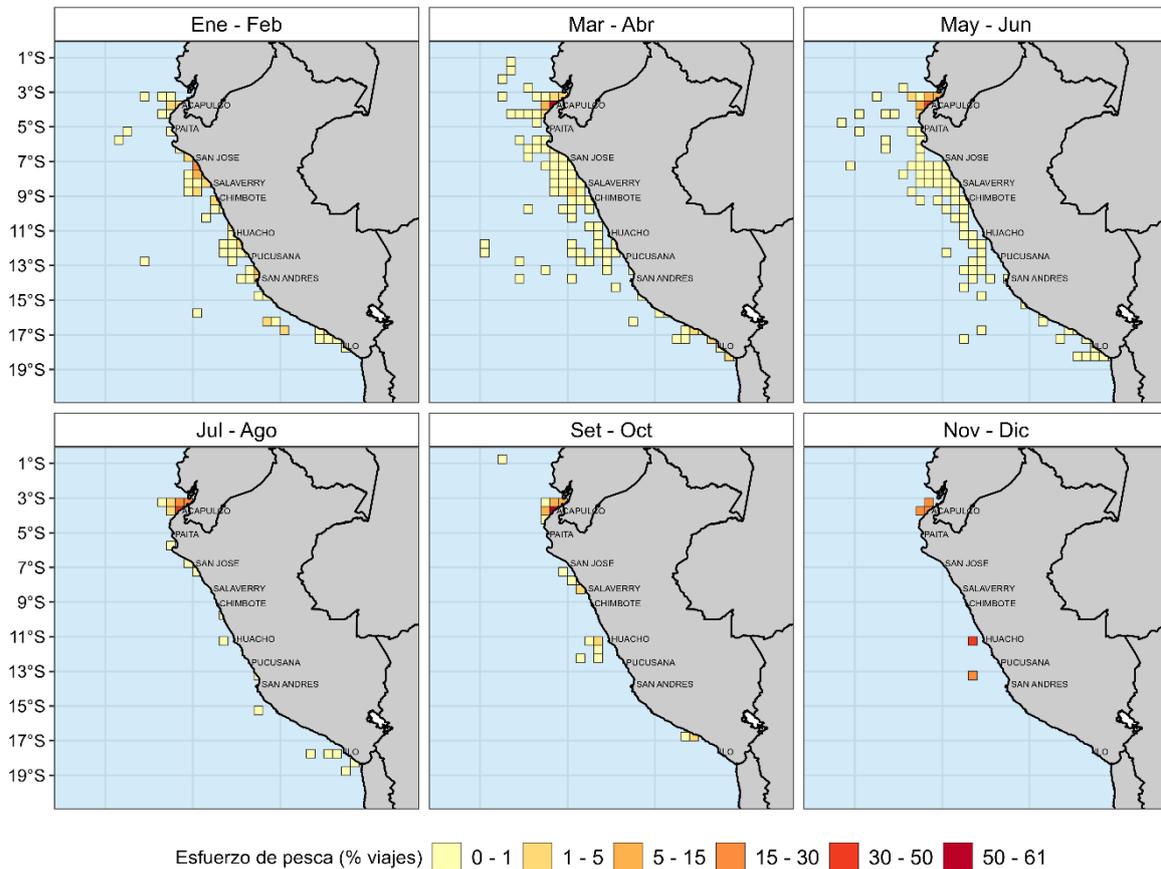


Figura 3. Zonas de pesca con presencia de tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en los viajes de pesca de la flota pesquera artesanal del Perú que emplea el arte de pesca cortina, durante el año 2024

3.2. Indicadores biológicos

3.2.1. Estructura de tallas y talla media

La estructura por tallas de los tiburones martillo desembarcados durante 2024 incluyó ejemplares con longitudes totales entre 34 y 237 cm. La distribución presentó un patrón bimodal, con una moda principal de 82 cm y una secundaria de 128 cm, mientras que la talla promedio se calculó en 92,9 cm (Figura 4a). Además, no se detectaron diferencias significativas en la distribución por tallas entre sexos (Figura 4b).

La Figura 5 ilustra la variación media estacional de la estructura por tallas en los desembarques de tiburón martillo. Durante la estación de verano se observaron las tallas promedio más bajas, un fenómeno atribuido al proceso de reclutamiento de juveniles. Asimismo, las mayores tallas promedio se registraron durante la primavera, incremento que podría estar relacionado al proceso de crecimiento en talla del recurso a lo largo del año.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

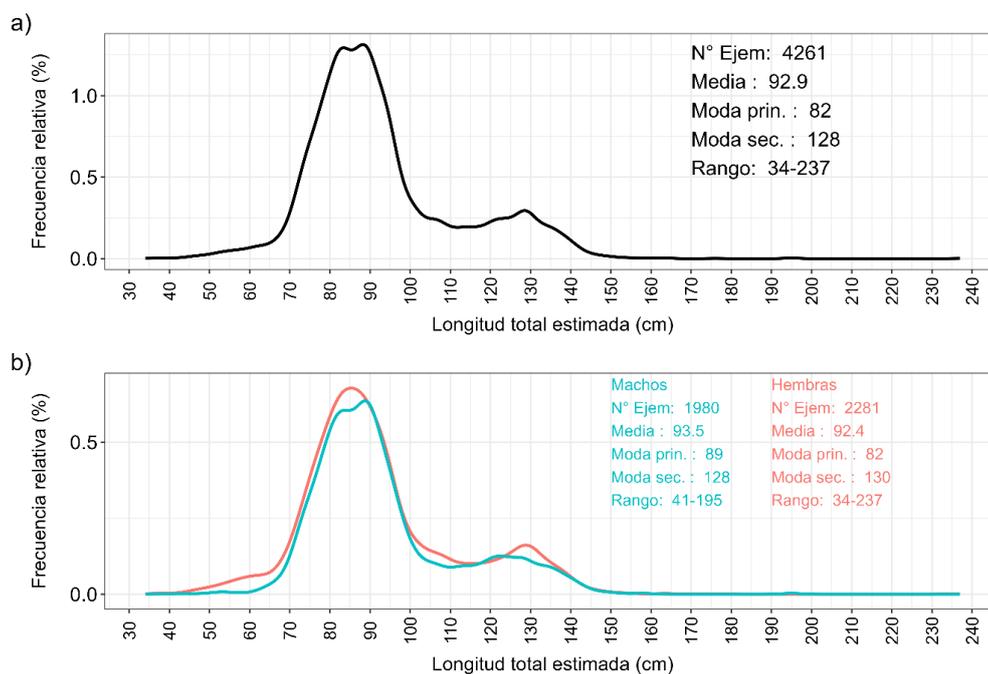


Figura 4. Estructura por tallas del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, a) total y b) por sexo. Período enero - noviembre 2024

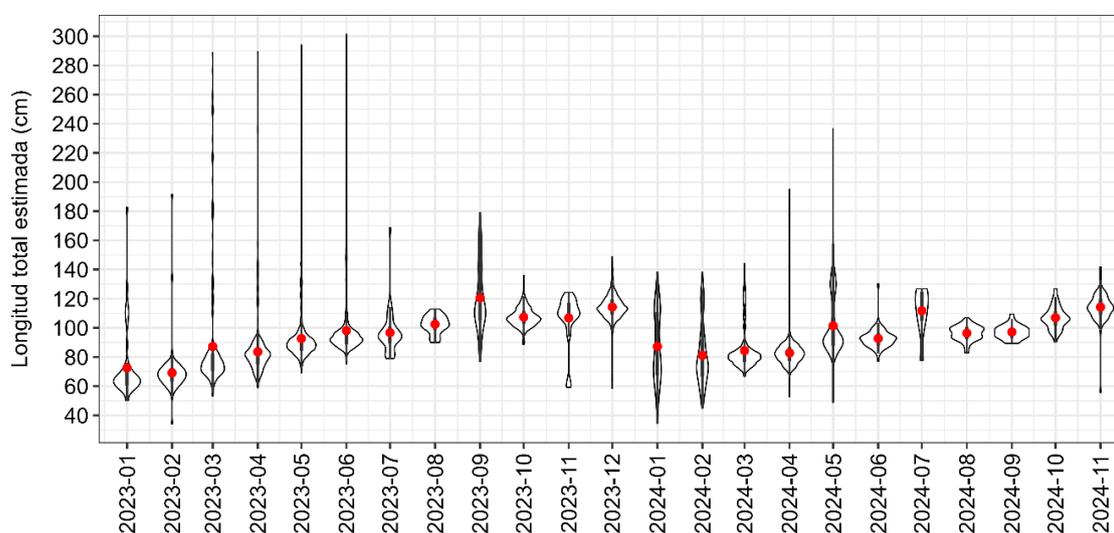


Figura 5. Distribución mensual de tallas del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, durante el período 2023 – 2024. Puntos en color rojo representan la longitud promedio

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

3.3. Indicadores del stock

3.3.1. Captura por unidad de esfuerzo

El proceso de estandarización de la Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) permitió ajustar la CPUE nominal, eliminando fuentes de variación no relacionadas con la abundancia real del recurso (Figura 6). Este ajuste fue particularmente notable al inicio del periodo analizado, reflejando una mejor representación de las tendencias del recurso.

A partir de 2017, se observó una tendencia descendente hasta 2018, reducción atribuida a los altos niveles de desembarque registrados entre 2015 y 2016, que superaron las 600 toneladas. Esta elevada presión de pesca pudo haber disminuido temporalmente la disponibilidad del recurso. Posteriormente, entre 2019 y 2020, la CPUE mostró una fase de estabilización, lo que podría indicar cierta recuperación poblacional o ajustes en los patrones de explotación.

Desde 2021 hasta 2024, la CPUE experimentó un incremento sostenido. Para 2024, los valores estimados son comparables a los registrados en 2014. Este aumento parece estar relacionado con una mayor disponibilidad del recurso en zonas costeras, facilitando su captura, como fauna acompañante, mediante el uso de la “cortina agallera” un arte de pesca que opera principalmente en áreas cercanas a la costa.

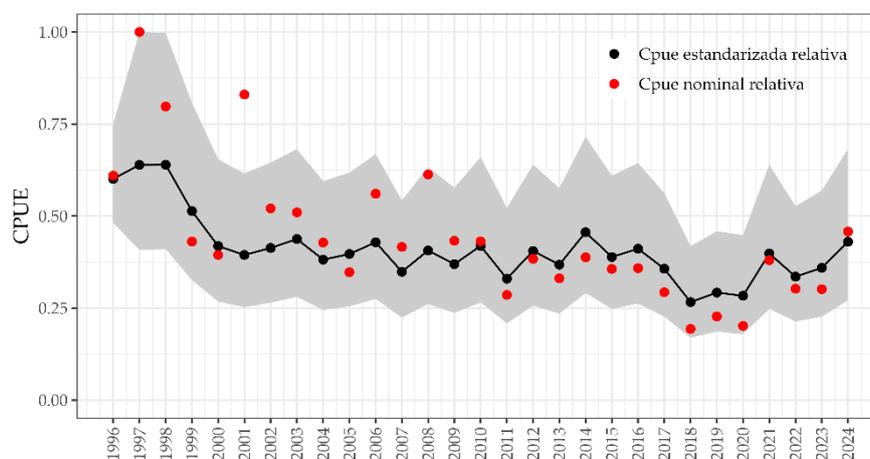


Figura 6. Variación de la CPUE estandarizada del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, 1996-2024

3.3.2. Modelo de Biomasa Dinámica bajo el enfoque de espacio de estados

El modelo de biomasa dinámica para el tiburón martillo consiguió representar adecuadamente la variación de la CPUE estandarizada, ubicándose dentro de los intervalos de credibilidad estimado por el modelo de evaluación (Figura 7).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

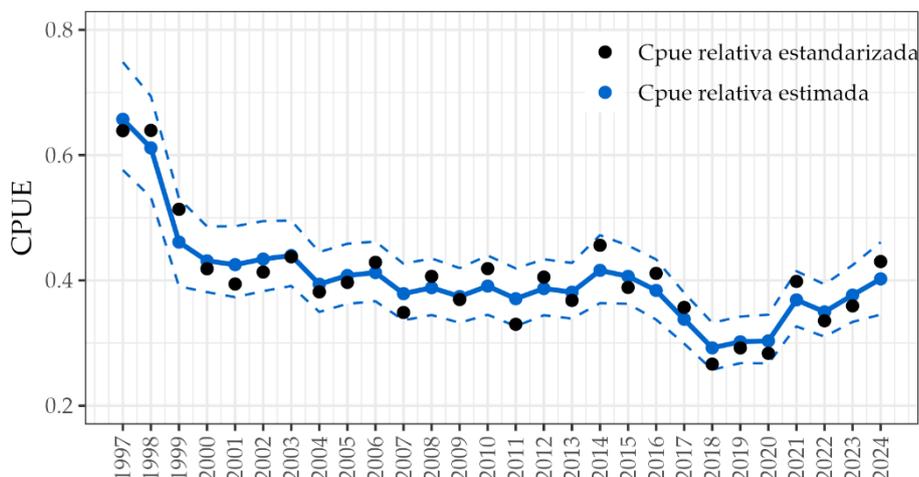


Figura 7. Ajuste del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. Líneas punteadas representa el intervalo de credibilidad.

Los parámetros poblacionales estimados son presentados en la Tabla 2. Los valores obtenidos fueron de 4179,9 t para la capacidad de carga (K); 0,4981 año⁻¹ para la tasa de crecimiento poblacional (r), y $1,74 \cdot 10^{-4}$ para el coeficiente de capturabilidad. Las estimaciones no difieren significativamente de lo observado en la evaluación correspondiente al 2023.

Tabla 2. Valor medio, desviación estándar e intervalos de credibilidad del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Parámetros	Media	sd	Intervalo de Credibilidad		
			2.5%	50.0%	97.5%
K	4179.9	740.0	2991.7	4094.0	5886.1
r	0.4981	0.0954	0.3242	0.4929	0.6972
q	1.74E-04	3.37E-05	1.15E-04	1.72E-04	2.47E-04
sigma	9.36E-03	5.23E-03	2.78E-03	8.23E-03	2.24E-02

Las distribuciones *a posteriori* de los parámetros estimados son mostradas en la Figura 8. El comportamiento de los parámetros r , K y q fue del tipo simétrico, pero con una leve asimetría a la izquierda. Por otro lado, el error de proceso (σ^2) muestra asimetría a la izquierda, indicando una distribución del tipo Gamma o Log normal.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

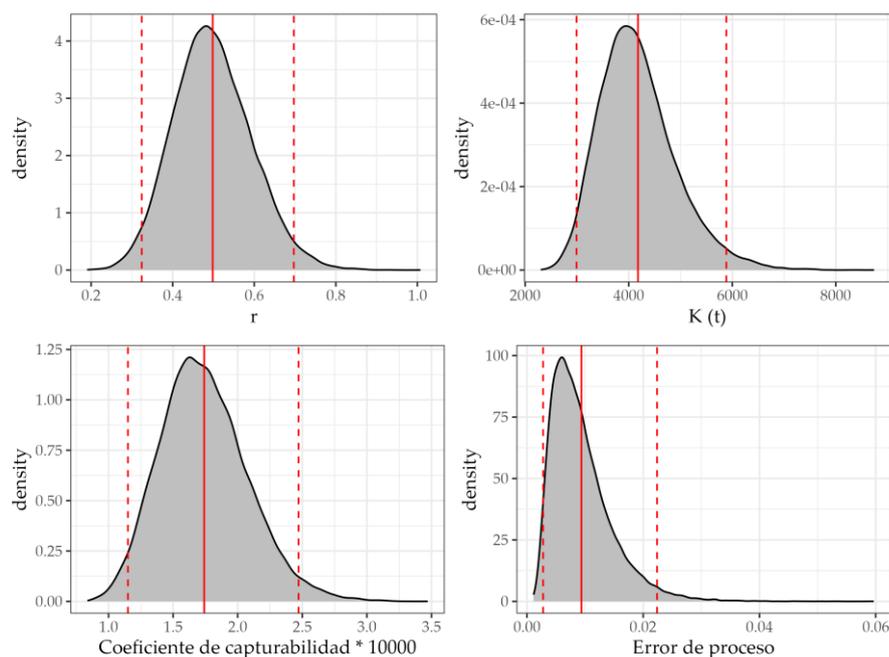


Figura 8. Distribución a posteriori de los parámetros del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. La línea roja continua y discontinua representan los valores medios y límites de credibilidad, respectivamente

La biomasa estimada para fines del año 2024 (o comienzo del 2025) muestra una leve reducción respecto al 2023, manteniéndose dentro del margen de posibles valores de biomasa que permiten alcanzar el máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}) manteniéndose a niveles de plena explotación. La mortalidad por pesca (F) para el año 2024 fue mayor a la estimada para el 2023. Sin embargo, se mantiene a niveles equivalentes a la mortalidad por pesca al Máximo Rendimiento Sostenible (F_{MRS}) (Figura 9).

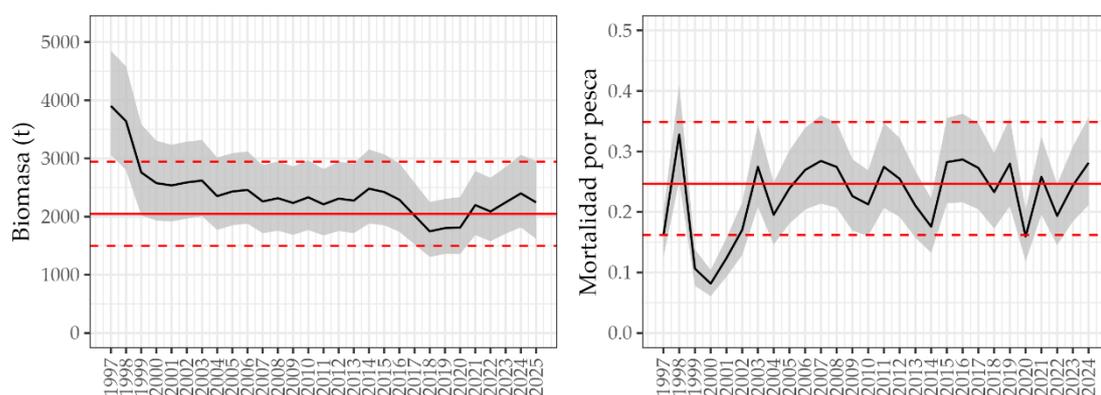


Figura 9. Variación de la biomasa estimada (izquierda) y mortalidad por pesca (F) (derecha) estimadas a través del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. Líneas negras continuas representan biomasa y mortalidad por pesca promedio, líneas rojas continuas y discontinuas representan el valor promedio e intervalos de credibilidad para el B_{MRS} ($K/2$) y el F_{MRS} , respectivamente

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

Para determinar el estado del stock, se consideraron dos (02) indicadores, el primero estuvo dado por la relación entre la biomasa actual y la biomasa al máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}), y el segundo por la relación entre la mortalidad por pesca actual y la mortalidad por pesca correspondiente al MRS (Tabla 3). En base a los resultados de esta evaluación, ambos indicadores muestran que el stock de *S. zygaena* se encuentra en un nivel de plenamente explotado.

Tabla 3. Media, desviación estándar y límites de credibilidad de los indicadores derivados del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Parámetros	Media	sd	Intervalo de Credibilidad		
			2.5%	50.0%	97.5%
B_{act}/B_{MRS}	1.15	0.12	0.92	1.14	1.39
F_{act}/F_{MRS}	1.14	0.18	0.83	1.13	1.52

De manera esquemática se presenta el Kobeplot para el stock de *S. zygaena* (Figura 10). El área naranja indica que el stock es saludable pero que presenta riesgo de caer en sobrepesca; el área roja indica que el stock muestra signos de sobrepesca, con niveles de biomasa bajos que no llegan a producir el Máximo Rendimiento Sostenible (*MRS*). El área amarilla indica un stock con niveles bajos de biomasa, pero con presión de pesca reducido (recuperación), y el área verde es la zona objetivo de manejo, indicando un nivel de pesca sostenible y un tamaño poblacional saludable capaz de producir rendimientos equiparables al *MRS*.

En este contexto, la pesquería de tiburón martillo *S. zygaena* durante el último año evaluado, se encontraría entre el área verde y naranja (Figura 10). Este escenario es comúnmente observado en poblaciones plenamente explotados.

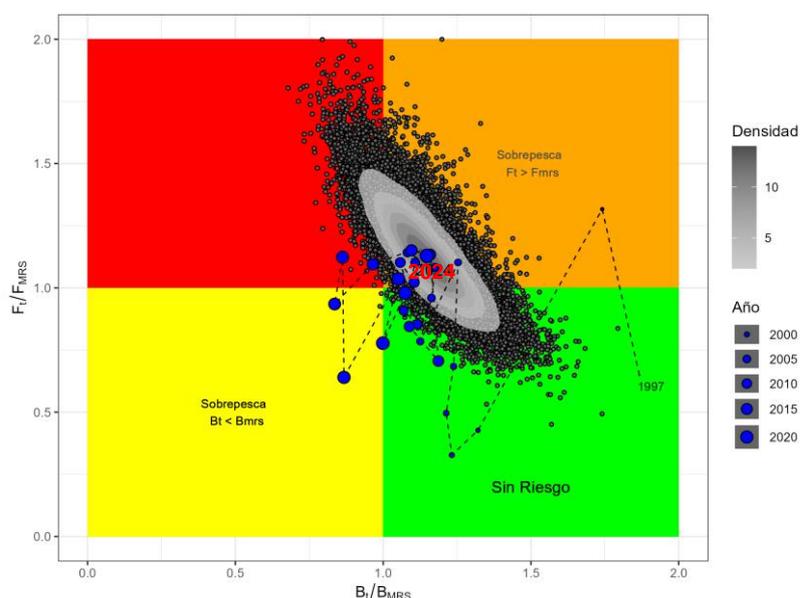


Figura 10. Diagrama de Kobe plot para la pesquería de tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

Los indicadores de estado del stock del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) en aguas peruanas, derivados del modelo aplicado, sugieren que la población se encuentra en niveles de explotación cercanos al óptimo. El Máximo Rendimiento Sostenible (MRS), estimado en 505,3 toneladas, y la Mortalidad por Pesca asociada a este nivel (F_{MRS}), son considerados puntos de referencia límite, según recomendaciones de manejo pesquero internacional (Caddy y Mahon, 1995; Mace, 2001).

Sin embargo, dado que los supuestos detrás del cálculo del MRS pueden presentar incertidumbres, se ha considerado adicionalmente un punto biológico de referencia alternativo de menor riesgo: el $F_{0.1}$. Este enfoque estima una mortalidad por pesca menor, con un rendimiento sostenible asociado de 500,3 toneladas. Estos valores ($F_{0.1} = 0,22 \text{ año}^{-1}$ y $Y_{0.1} = 500,3 \text{ t}$) representan una alternativa precautoria para garantizar la sostenibilidad del recurso (Tabla 4).

Tabla 4. Media, desviación estándar y límites de credibilidad de los puntos biológicos de referencia derivados del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Parámetros	Media	sd	Intervalo de Credibilidad		
			2.5%	50.0%	97.5%
MRS	505.3	45.6	418.8	503.5	601.8
B_{MRS}	2089.9	370.0	1495.9	2047.0	2943.0
F_{MRS}	0.25	0.05	0.16	0.25	0.35
$F_{0.1}$	0.22	0.04	0.15	0.22	0.31
$Y_{0.1}$	500.3	45.1	414.6	498.4	595.8
$2/3F_{MRS}$	0.17	0.03	0.11	0.16	0.23
$Y_{2/3F_{MRS}}$	449.2	40.5	372.3	447.5	535.0

Adicionalmente se ha considerado otros puntos biológicos de referencia: el de captura a nivel de $2/3F_{MRS}$ (dos tercios de la mortalidad por pesca a nivel de MRS) (Caddy y Mahon, 1995), que se basa en el criterio arbitrario de reducir significativamente el esfuerzo de pesca sin mellar significativamente el MRS . En este caso, el rendimiento anual considerando este punto biológico de referencia alternativo equivale a 449,2 toneladas.

3.4. Criterios para la ordenación

En la Figura 11 se presenta las proyecciones de biomasa a 10 años bajo diferentes escenarios de captura, donde los niveles de captura que permitirían una explotación sostenible serían menores al MRS , pero cabe resaltar que, debido a la alta variabilidad ambiental de nuestro mar, se debe optar por niveles de pesca más conservadores como el $F_{0.1}$ o los $2/3F_{MRS}$. Asimismo, en la Tabla 5 se muestra el análisis de riesgo, donde se consideran los niveles de captura que permitirían una explotación sostenible, en línea con lo recomendado por Haddon (2011), se considera que asumir un riesgo inferior al 50% es la opción más prudente.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

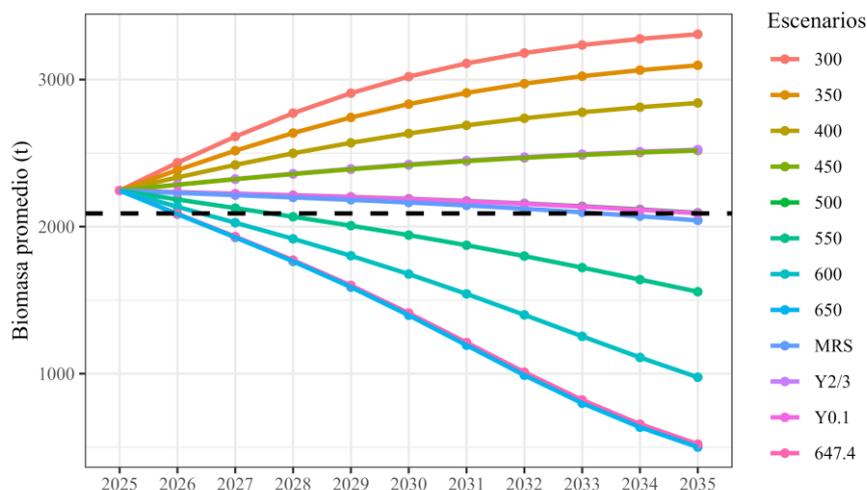


Figura 11. Variación de la biomasa del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* bajo diferentes niveles de explotación

Tabla 5. Análisis de riesgo a diferentes niveles de captura y probabilidad de que la biomasa se encuentre por debajo de la B_{MRS}

Nivel de Captura (t)	1 año	
	Pr ($B_{2026} < B_{2025}$)	
200	0.0%	Rango de sostenibilidad
250	0.0%	
300	0.1%	
350	0.4%	
400	2.8%	
$Y_{2/3FMRS}$ (449.2)	16.8%	
450	17.3%	
490	50.0%	
500	59.9%	
$Y_{0.1}$ (500.3)	60.1%	
MRS (505.3)	64.8%	
600	91.4%	
650	98.7%	
700	99.8%	
750	100.0%	
800	100.0%	
818	100.0%	
850	100.0%	
900	100.0%	
950	100.0%	
1000	100.0%	

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

4. Discusión

Desde el año 2016, mediante la R.M. N° 008-2016-PRODUCE, se estableció en el Perú una temporada de pesca específica para el tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), restringiendo su captura entre el 1 de enero y el 10 de marzo de cada año. Este periodo coincide con la temporada reproductiva de la especie, promoviendo su protección.

Antes de la implementación de la veda, el desembarque durante este periodo oscilaba entre el 26% y el 56% del total anual, según los registros históricos. Sin embargo, desde 2016, con la veda en vigor (representada en la Figura 12 con un área gris), se ha observado una reducción progresiva en el porcentaje de desembarque durante estos meses, bajando a valores que oscilan entre el 5% y el 13%. Este cambio refleja una disminución en el esfuerzo pesquero dirigido al tiburón martillo durante el periodo crítico de veda, lo que ha contribuido a proteger a los ejemplares juveniles y recién nacidos, que son más vulnerables en esta etapa de vida.

La implementación de esta medida también ha tenido efectos positivos en la sostenibilidad de la especie, al permitir el reclutamiento de individuos juveniles en la población y proteger su dinámica reproductiva, crucial para la recuperación y sostenibilidad a largo plazo del stock pesquero (Castañeda, 2001). Este ejemplo resalta la importancia de las vedas temporales como herramienta de manejo eficaz para la conservación de recursos pesqueros vulnerables.

El establecimiento de la veda durante la estación de verano ha logrado reducir los volúmenes de desembarque en dicho periodo, lo que constituye un avance importante para la protección del recurso tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*). Sin embargo, el impacto generado por la captura de ejemplares de menor talla durante otras etapas del año resalta la necesidad de un control más riguroso. Dado que esta especie tiene una historia de vida compleja, caracterizada por un proceso de reclutamiento sensible y una alta vulnerabilidad en las etapas juveniles, es imperativo fortalecer las medidas de monitoreo y vigilancia tanto durante el periodo de veda como en la temporada de pesca activa.

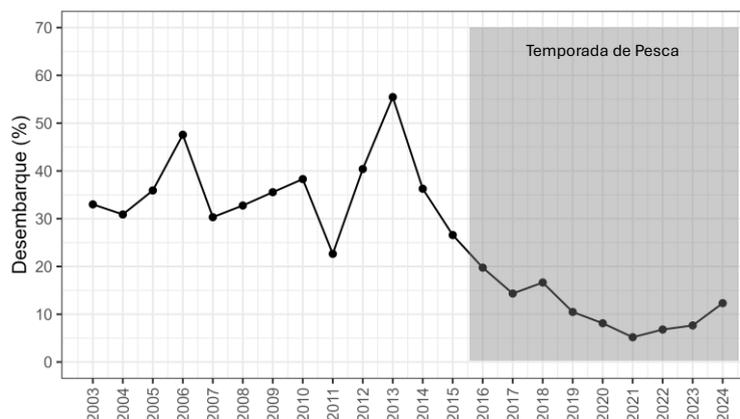


Figura 12. Porcentaje de desembarque estimado de *Sphyrna zygaena* durante el 01 de enero al 10 de marzo de cada año. Fuente: IMARPE (uso para fines de investigación)

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

La información oficial de los desembarques es uno de los insumos principales en los modelos de evaluación poblacional y en el caso específico del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, es de vital importancia. Por lo que se tiene que realizar los esfuerzos para reforzar el monitoreo y adecuada identificación de la especie, dado que se tiene conocimiento que otras especies estarían siendo registradas bajo la denominación de especie *Sphyrna zygaena*, sobreestimando los registros de desembarque de esta especie.

El tiburón martillo se concentra principalmente en la zona norte del litoral peruano (Saravia y Gonzalez, 1993). Sin embargo, durante periodos cálidos suele desplazarse a mayores latitudes como lo observado durante 1997 y 1998 (Castañeda, 2001) y 2015 – 2016 (IMARPE, 2017) y el Niño Costero 2023-2024 (IMARPE, 2023). En estas situaciones, este cambio en la distribución devino en el incremento en los valores de desembarque.

Durante el 2024, las condiciones cálidas asociadas a El Niño Costero 2023-2024 se extendieron hasta marzo, dando paso a una transición hacia un escenario de condiciones neutras a frías. Esta variabilidad climática influyó significativamente en la pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*), especialmente entre marzo y junio, cuando el recurso se mantuvo disponible debido a este proceso transitorio. El enfriamiento del mar contribuyó a un aumento en la CPUE estimada para el 2024 respecto al 2023, principalmente por el desplazamiento del recurso hacia zonas más costeras, incrementando su disponibilidad. Este fenómeno también impulsó un aumento en los desembarques, que superaron las 600 toneladas, un nivel comparable al registrado en años como 2015 y 2016. Sin embargo, se debe considerar que esta tendencia ha estado históricamente asociada a una disminución en la CPUE en periodos posteriores, como ocurrió entre 2017 y 2020 (IMARPE, 2023).

Dada la incertidumbre inherente al proceso de evaluación y la sensibilidad del tiburón martillo a las condiciones oceanográficas del Pacífico sudeste, se recomienda establecer un límite de captura para el 2025 dentro de los parámetros de sostenibilidad definidos en la Tabla 5. Este límite deberá ser flexible, permitiendo ajustes basados en el monitoreo continuo de indicadores biológicos, pesqueros y ambientales, lo que garantizará una respuesta adaptativa frente a cambios en la dinámica del recurso. Este enfoque es esencial para mitigar riesgos y asegurar la sostenibilidad de la pesquería a largo plazo.

5. Conclusiones

- Los desembarques estimados de tiburón martillo *Sphyrna zygaena* de enero a diciembre del 2024 fueron de 647,4 t, cifra que se encuentra por encima del límite de captura establecido.
- La pesquería de este recurso está incidiendo principalmente sobre ejemplares entre 32 y 237 cm de longitud total.
- Los niveles de biomasa y mortalidad por pesca estimados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* denotan que el recurso se mantiene en situación de “plenamente explotado”.

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

6. RECOMENDACIONES

- El límite de captura del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* para el 2025, no debe superar las 490 t. Este nivel de captura está asociada a un riesgo de 50% de reducir la biomasa del 2026 por debajo de la biomasa estimada para el 2025.
- Mantener el uso obligatorio de las bitácoras de pesca, a fin recopilar información que permita el adecuado seguimiento de los principales indicadores biológico-pesqueros de tiburones.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Caddy, J.F.; Mahon, R. 1995. Reference points for fisheries management. FAO fisheries technical paper. 347:83-83
- Castañeda, J. 2001. Biología y pesquería del "tiburón martillo" (*Sphyrna zygaena*) en Lambayeque, 1991-2000. Informe Progresivo Instituto del Mar del Perú. 139:17-31
- Castillo, G.; Fernández, J.; Medina, A.; Guevara-Carrasco, R. 2018. Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. Informe Instituto del Mar del Perú. 45:297-389
- Ebert, D.A.; Dando, M.; Fowler, S. 2021. Sharks of the World: A complete guide: Princeton University Press
- Gulland, J.A. 1983. Fish Stock Assessment: A Manual of Basic Methods. Rome
- Haddon, M. 2011. Modelling and Quantitative Methods in Fisheries, Second Edition. USA: Chapman & Hall/CRC
- Hilborn, R.; Walters, C.J. 1992. Quantitative fisheries stock assessment: Choice, dynamics, and uncertainty: Chapman and Hall
- IMARPE. 2017. Actividad pesquera del recurso tiburón martillo *Sphyrna zygaena* durante el 2016 y proyección de captura 2017. Callao: Instituto del Mar del Perú
- IMARPE. 2023. Análisis de la pesquería del tiburón martillo (*Sphyrna zygaena*) al 2023 y proyecciones de pesca 2024. Callao, Perú: Instituto del Mar del Perú
- King, J.R.; McFarlane, G.A. 2003. Marine fish life history strategies: applications to fishery management. Fisheries Management and Ecology. 10:249-264
- Kruschke, J. 2015. Doing bayesian data analysis: a tutorial with R, JAGS, and Stan: Academic Press
- Mace, P. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. Fish and Fisheries. 2:2-32
- Maunder, M.N.; Punt, A.E. 2004. Standardizing catch and effort data: A review of recent approaches. Fisheries Research. 70:141-159
- Meyer, R.; Millar, R. 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 56:1078-1087
- Millar, R.; Meyer, R. 2000. Non-Linear State Space Modelling of Fisheries Biomass Dynamics by Using Metropolis-Hastings within-Gibbs Sampling. Journal of the Royal Statistical Society. 49:327-342
- Plummer, M. 2003. JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models using Gibbs Sampling. 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003):124-124
- Plummer, M.; Best, N.; Cowles, K.; Vines, K. 2006. CODA: convergence diagnosis and output analysis for MCMC. R News. 6:7-11



**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la
conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”**

Punt, A.E.; Hilborn, R. 1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 7:35-63

R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing

Saravia, P.; Gonzalez, A. 1993. Pesca con palangre o long line a bordo del Barco Japones Taiko Maru N° 7. Boletín de Lima. XV:73-85

Schaefer, M. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of Mathematical Biology. 53:253-279

EAG/.

Callao, 19 de diciembre de 2024



Firmado digitalmente por:
PALACIOS LEON Jacqueline
FAU 20148138886 hard
Motivo: Coordinadora (e)
del AFIPDBL
Fecha: 19/12/2024 17:57:46-0500



Firmado digitalmente por:
BARRIGA RIVERA Edward FAU
20148138886 hard
Motivo: DGIRDL
Fecha: 19/12/2024 18:05:10-0500



Firmado digitalmente por:
GUEVARA CARRASCO Renato
Carol FAU 20148138886 hard
Motivo: IMARPE - Gerencia
Científica (Encargado)
Fecha: 20/12/2024 10:50:57-0500

