



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres"
"Año de la unidad, la paz y el desarrollo"

OFICIO N.º 0244-2023-IMARPE/PCD

Callao, 10 MAR. 2023



Señora

VERÓNICA ROJAS MONTES

Directora General de Políticas y Análisis

Regulatorio de Pesca y Acuicultura

Ministerio de la Producción

Calle Uno Oeste N.º 060, Urb. Córpac

San Isidro

<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/Repositorio?idDocumento=1011474>

Asunto: Informe sobre la actividad pesquera del recurso tiburón martillo *Sphyrna zygaena* y proyecciones de pesca 2023

Referencia: Oficio N° 00084-2023-PRODUCE/DGPAPPA de fecha 08.03.2023

Es grato dirigirme a usted para saludarla cordialmente y en atención al documento de la referencia, remitir a su despacho el informe "La pesquería del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* y proyecciones de pesca 2023", para los fines pertinentes.

Hago propicia la oportunidad para reiterarle las expresiones de mi mayor consideración y estima personal.



Atentamente,

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

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



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024

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 de la unidad, la paz y el desarrollo”**

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ



DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIONES DE RECURSOS DEMERSALES Y LITORALES

ÁREA FUNCIONAL DE INVESTIGACIONES DE PECES DEMERSALES, BENTÓNICOS Y LITORALES

LA PESQUERÍA DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna zygaena* PROYECCIONES DE PESCA 2023



Marzo 2023

Esquina Gamarra y General Valle s/n. Chucuito, Callao
Central telefónica: (051) 208 8650
Mesa de Partes Virtual:
<http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/tramitevirtual/>
www.gob.pe/imarpe



**BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024**

**PERÚ**Ministerio
de la Producción**IMARPE**
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

LA PESQUERÍA DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna zygaena*, PROYECCIONES DE PESCA 2023

1. INTRODUCCIÓN

El recurso tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, es una especie cosmopolita que habita aguas costeras y semi oceánicas de la plataforma continental en casi todas las aguas tropicales y templadas del mundo. Durante los últimos años, su pesquería ha sido impulsada por el comercio internacional de sus aletas, especialmente para exportación al mercado asiático; y su explotación a través del tiempo está impactando sobre sus poblaciones. Situación que se acentúa si consideramos las características biológicas de su historia de vida, que presenta una estrategia de equilibrio (especies con baja fecundidad y maduración tardía, por lo que no son capaces de recuperarse tan rápido como otros peces, después de la reducción de la población por parte de la pesca) (King & McFarlane, 2003). Esta especie de tiburón martillo es altamente migratoria y se encuentra incluida en el Apéndice II de la CITES y catalogada como Vulnerable por la IUCN (Ebert et al., 2021).

La actividad extractiva de tiburón martillo en Perú se desarrolla principalmente por la flota pesquera artesanal que emplea el arte de pesca cortina, la misma que realiza sus operaciones de pesca frente a la costa norte y centro del litoral peruano.

Actualmente, esta pesquería es regulada por dispositivos legales de vigencia anual, que establecen límites de captura. Para el año 2022, la actividad extractiva de este recurso fue autorizada mediante la Resolución Ministerial N° 121-2022-PRODUCE, la cual entró en vigencia el 11 de marzo del 2022. Dicho dispositivo legal estableció un Límite Máximo de Captura Total Permisible (LMCTP) del recurso tiburón martillo en cuatrocientos sesenta y seis (466) toneladas, aplicable a las actividades extractivas efectuadas por la flota artesanal hasta el 31 de diciembre de 2022.

En el presente informe, se dan a conocer los principales resultados del monitoreo de la pesquería del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* durante el 2022, y las proyecciones de pesca para el año 2023, en base a la mejor información científica disponible.

2. METODOLOGÍA

2.1. DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE STOCK

Debido a que no hay información suficiente para delimitar claramente los límites de la población del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, se trabajó bajo el supuesto de una sola





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

población homogénea de *S. zygaena* frente a la costa peruana para la evaluación de stock y recomendaciones de manejo.

En este contexto, los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a la parte de la población de *S. zygaena* disponible dentro del dominio marítimo peruano y aguas adyacentes.

2.2. INDICADORES DE LA PESQUERÍA

- **Desembarques durante el periodo 1997-2022**

El análisis histórico de los desembarques de tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, se realizó con la data del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal del Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Este sistema contempla, dentro de su plan de investigaciones, el monitoreo de la flota pesquera artesanal y de los recursos vivos que la sustentan. Desde su creación en 1996, como programa piloto denominado “Determinación del Potencial Pesquero Artesanal”, hasta el año 2014 se monitorearon entre 21 y 45 lugares de desembarque a lo largo del litoral. Desde el año 2015, a través del PP 0095 “Fortalecimiento de la Pesca Artesanal” se vienen monitoreando 56 lugares (Castillo et al., 2018).

- **Cobertura espacial**

Con 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, se elaboraron mapas de distribución espacial 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 los pescadores artesanales, por viaje de pesca.

2.3. Indicadores biológicos

El análisis de la información biométrica, provino de los muestreos realizados por el Programa de Seguimiento de Pesquerías de tiburones del IMARPE. Donde se midieron 32 ejemplares desembarcados en el puerto de Zorritos, 3 985 ejemplares en el puerto de Acapulco y 18 ejemplares en el puerto de San José, capturados por la flota artesanal que emplean el arte de pesca cortina entre los meses de junio y diciembre del 2022.

Esta especie al momento del desembarque, mayormente se encuentra eviscerada y sin cabeza, por lo que las medidas tomadas corresponden a la longitud interdorsal (LID): distancia entre el punto de inserción de la 1° aleta dorsal y el punto de origen de la 2° aleta dorsal. La composición por talla de los ejemplares muestreados se obtuvo mediante la aplicación de un factor de



**BICENTENARIO
DEL PERÚ**
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

conversión estimado por IMARPE, con el que se determinó la longitud total (cm) a partir del registro de la longitud interdorsal (cm).

2.4. INDICADORES DEL STOCK

• Captura por Unidad de Esfuerzo – CPUE

La información para la estandarización de la CPUE, mediante modelos lineales generalizados (GLM, por sus siglas en inglés), estuvo conformada por datos actualizados de desembarques diarios y esfuerzo de pesca registrados por los Observadores de Campo del Sistema de Captación de Información de la Pesca Artesanal de IMARPE, durante el periodo 1996 - 2022.

Mediante un análisis exploratorio previo, se optó por considerar la información correspondiente al arte de pesca “CORTINA”, debido a la mayor representatividad de las capturas obtenidas con este arte de pesca (~ 96 %). Se seleccionó embarcaciones que han registrado actividades de pesca sobre el tiburón martillo por un periodo mayor o igual a cinco (05) años, lo que permitió excluir embarcaciones con captura esporádica de tiburón martillo incrementando la certidumbre sobre la direccionalidad de la actividad de pesca.

La unidad de esfuerzo utilizada para el cálculo de la CPUE fue referido a los días efectivos de pesca. Para ello, se considera el número de días que la embarcación emplea para pescar el recurso objetivo, es decir, se restan los días de navegación a la zona de pesca.

Para determinar el tiempo de navegación en días:

- Se estimó la distancia desde la zona de pesca al lugar de desembarque. Esta distancia puede ser estimada a partir de las coordenadas geográficas de las zonas de pesca declaradas por los pescadores artesanales, y las coordenadas geográficas de los puertos pesqueros.
- Una vez calculada la distancia; se determinó la distancia recorrida por una embarcación tiburonera durante un día. Con el supuesto que la velocidad promedio de navegación de una embarcación tiburonera es de 5 nudos (Comunicación personal: Observadores de campo del IMARPE) (1 nudo = 1 milla náutica = 1,852 km/h), la distancia recorrida durante 24 horas se determinó mediante la ecuación: $Distancia = Velocidad * Tiempo$
- Por último, se asumió que la embarcación zarpa y arriba en el mismo lugar en el que desembarca, lo que duplicaría la distancia recorrida (ida y vuelta).

Luego, se estimó el tiempo de navegación (en días) mediante la ecuación:

$$Tiempo_{días} = 2 * Distancia (km) / 1,852 * Velocidad * 24 h$$

Y posteriormente se restan a los días totales para obtener los días efectivos de pesca.

Bajo las premisas anteriormente descritas, la construcción del modelo GLM consideró las variables: año, trimestre, tipo de embarcación (ligado a la capacidad de bodega), área (como





PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

proxi de las zonas de pesca, estableciéndose 4 áreas en función a las características de la flota y la intencionalidad de pesca al recurso) y “target” que viene a ser la relación entre la captura de tiburón martillo y la captura total de la embarcación. Esta última variable, fue empleada debido a que el arte de pesca “cortina” tiene la característica de ser multiespecífica (permite capturar más de una especie), por lo que se planteó la necesidad de contar con una variable que permita compensar esta baja especificidad del arte, permitiendo incluir información respecto al cambio de especie objetivo realizado por la flota (Soto et al., 2009), en relación con la disponibilidad del recurso en la zona de pesca.

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

Se asumió una distribución de la CPUE del tipo log-normal, y el ajuste del modelo fue realizado con ayuda de la plataforma R (R Core Team, 2022).

- **Modelo Dinámico de Biomasa**

Debido a la limitada disponibilidad de información sobre la estructura por tamaños y/o edades del tiburón martillo en las capturas, el presente análisis fue realizado a través de la aplicación del modelo dinámico de biomasa bajo el enfoque de espacio de estados (State – Space Models), permitiendo la inclusión del error de proceso y de observación en la modelación (Meyer y Millar, 1999). Cabe señalar que los modelos dinámicos de biomasa son ampliamente utilizados en la evaluación de stocks de tiburones.

Este tipo de modelo presenta, invariablemente, dos componentes principales:

a) Ecuación de observación

Está dada por la modelación de la variación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE), la cual fue establecida de la siguiente forma:

$$CPUE_j = qB_j + \tau_j$$

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

La biomasa representa el estado de nuestro modelo, el cual fue modelado como sigue:



“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

$$B_j = B_{j-1} + g(B_{j-1}) - C_{j-1} + \sigma_j$$

Donde C es la captura, σ_j representa el error de proceso y $g(B_{j-1})$ es la función de producción, el cual fue considerado de tipo Schaefer (1954) representado de la siguiente forma:

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

Siendo r la tasa de crecimiento poblacional, y K la capacidad de carga del ambiente.

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 analizada.

- **Ajuste del modelo**

El ajuste del modelo fue realizado a través del Software JAGS (Just Another Gibbs Sampler), herramienta diseñada especialmente para el análisis bayesiano, el cual utiliza 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 *priori*) (Punt y Hilborn, 1997). Para nuestro caso, el conocimiento *priori* sobre los parámetros del modelo fue obtenido de la evaluación realizada en el año 2016 (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución *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 <i>priori</i>
Capacidad de carga	K	Log-normal (8,38; 2)
Tasa de crecimiento poblacional	r	Log-normal (-0,78; 5)

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

Coeficiente de capturabilidad	q	$\text{Gamma-inv } (0,001; 0,001) \text{ I } (10^3; 10^{10})$
Error de proceso	σ^2	$\text{Gamma-inv } (1,7; 0.01)$
Proporción entre B_j/K	P_j	$\text{Log-normal } (P_{\text{obs}}; \sigma^2)$
Captura por unidad de esfuerzo	U_j	$\text{Log-normal } (U_{\text{obs}}; 1/\text{var})$

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 de la región del valor inicial hacia a una región más representativa (*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.

2.5. CRITERIOS PARA LA ORDENACIÓN

- **Proyecciones de biomasa**

Para realizar las proyecciones se utilizó las estimaciones de los parámetros obtenidos del modelo. Estos parámetros (r y K) fueron utilizados en la ecuación dinámica de Schaefer, para realizar proyecciones de biomasa bajo diferentes niveles de explotación (capturas) hasta el año 2031, suponiendo que se mantienen condiciones ambientales no extremas.

- **Análisis de Riesgo**

Para el análisis de riesgo, las proyecciones fueron realizadas a un año, bajo diferentes escenarios de explotación, considerando como riesgo la probabilidad que la biomasa del año siguiente sea menor a la biomasa a nivel de máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}), es decir:

$$Pr(B_{2024} < B_{MRS})$$

Cada serie de proyecciones de biomasa fue convertida en una variable dicotómica de éxito-fracaso, en el cual, bajo una situación de $B_{2024} < B_{MRS}$ se asignó el valor de 1; y en el caso de $B_{2024} > B_{MRS}$ 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.

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

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Donde $\log(\pi_i/(1-\pi_i))$ viene a ser la función logit expresada en función de π (riesgo); θ_0 y θ_1 son los parámetros del modelo y x_i son los niveles de captura evaluados.

3. RESULTADOS

3.1 INDICADORES DE LA PESQUERÍA

- **Desembarque**

Los desembarques en el 2022 presentaron una disminución de ~18% respecto al año 2021 (Figura 1). Tumbes representó el 28%, incrementándose aproximadamente cuatro veces al año precedente. Mientras que en Piura (26%) y La Libertad (29%) disminuyeron un 40% y 49%, respectivamente, en comparación a lo registrado en 2021.

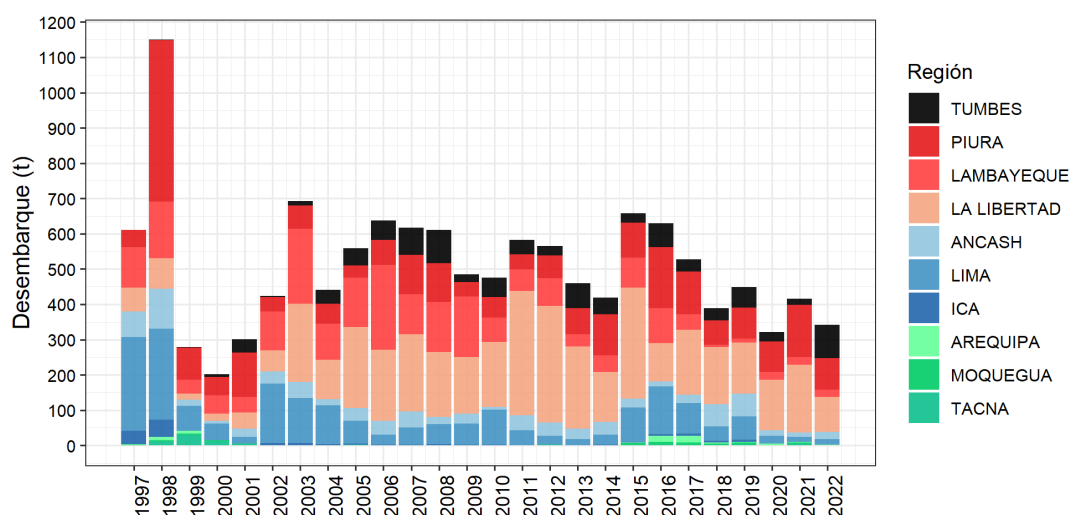


Figura 1. Desembarques estimados (t) del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* por región, durante el periodo 1997 – 2022. Fuente: IMARPE (uso para fines de investigación)

Los desembarques mensuales de *S. zygaena* muestran estacionalidad en sus capturas, registrando mayores niveles entre marzo-mayo (54%) y diciembre (14%), meses en los que esta especie se hace más disponible en las zonas habituales de pesca (Figura 2 y 3). Durante las estaciones de invierno y parte de la primavera los volúmenes disminuyeron significativamente en la región La Libertad. Registrando gran parte de los desembarques en las regiones de Tumbes y Piura (Figura 2).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

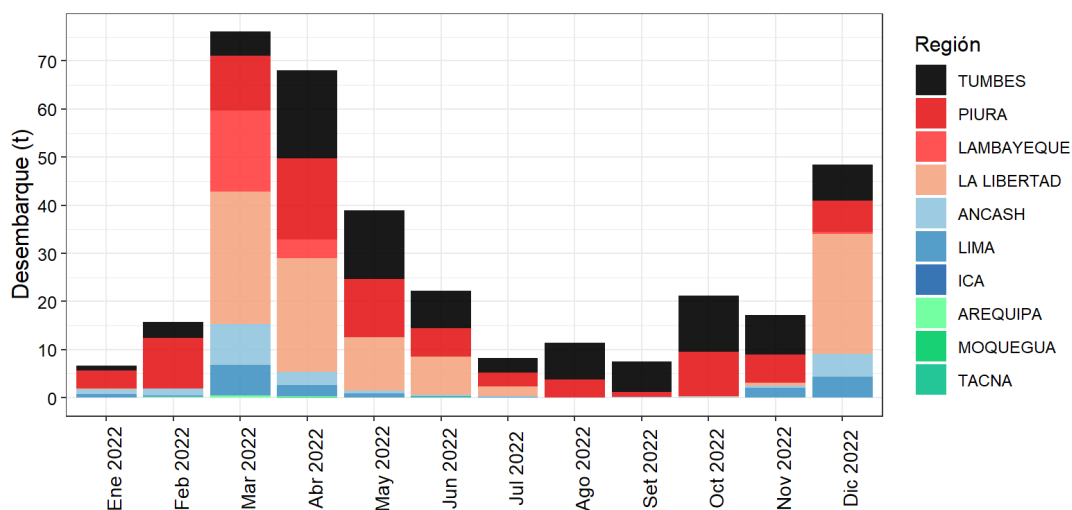


Figura 2. Estimados de desembarque mensual por región de tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, durante el periodo 1997 – 2022. Fuente: IMARPE (uso para fines de investigación)

- Cobertura espacial de la flota**

La flota artesanal dedicada a la extracción de tiburón martillo operó principalmente al norte de los 14°S, ampliando su cobertura durante los meses de marzo-junio y noviembre-diciembre (Figura 3). Durante marzo y abril la flota se concentró entre los 4,5°S y 10,5°S. Mientras que al norte de los 4,5°S la intensidad de pesca fue relativamente estable en los meses de temporada de pesca de *S. zygaena* (marzo-diciembre).

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

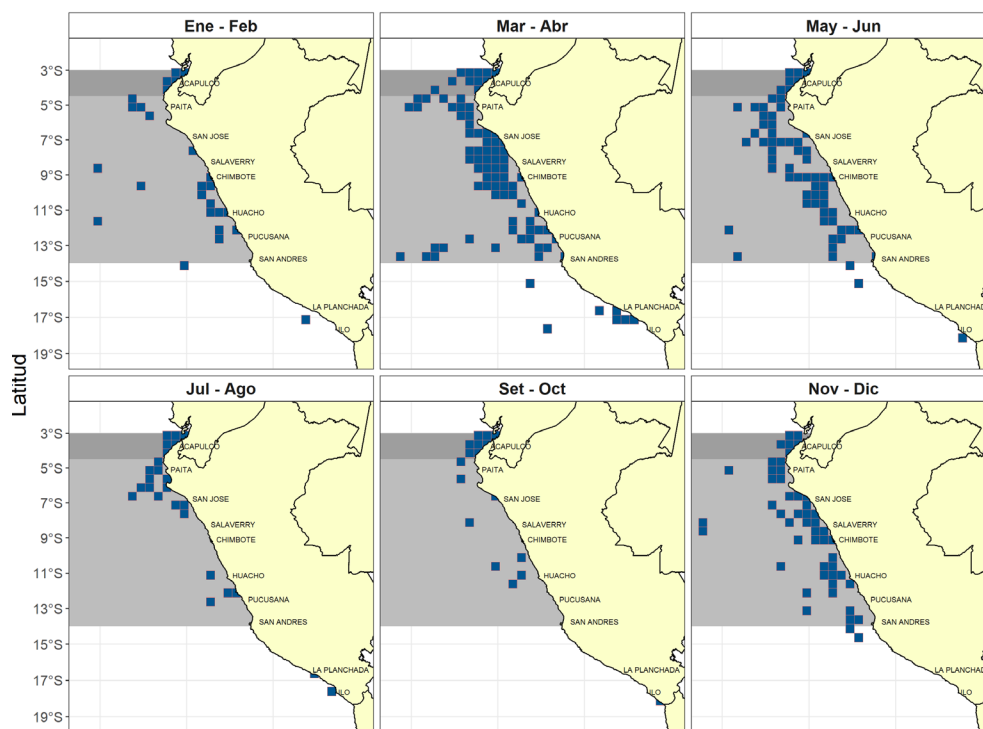


Figura 3. Zonas de pesca con presencia de tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en los viajes de pesca de la flota pesquera artesanal del Perú que emplea el arte de pesca cortina, durante el año 2022

3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS

- **Estructura de tallas y talla media**

El rango de tallas durante el periodo junio – diciembre 2022, fluctuó de 59 a 286 cm de longitud total (LT). La distribución de frecuencia de tallas mostró una moda principal de individuos de talla pequeña en 85 cm LT y una talla media de 99 cm de LT (Figura 4a). Por sexo, las hembras capturadas presentaron similar talla media (100 cm LT) que los machos (talla media = 99 cm LT) (Figura 4b), y una moda principal de individuos de menor talla de 85 cm LT para ambos sexos. Lo que sugiere que se estaría capturando mayoritariamente ejemplares de menor tamaño. Las mayores tallas medias se registraron en los meses de julio, octubre y noviembre para ambos sexos (Figura 5). Se registraron individuos con tallas mayores a los 150 cm LT, pero en un reducido número para ambos sexos.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

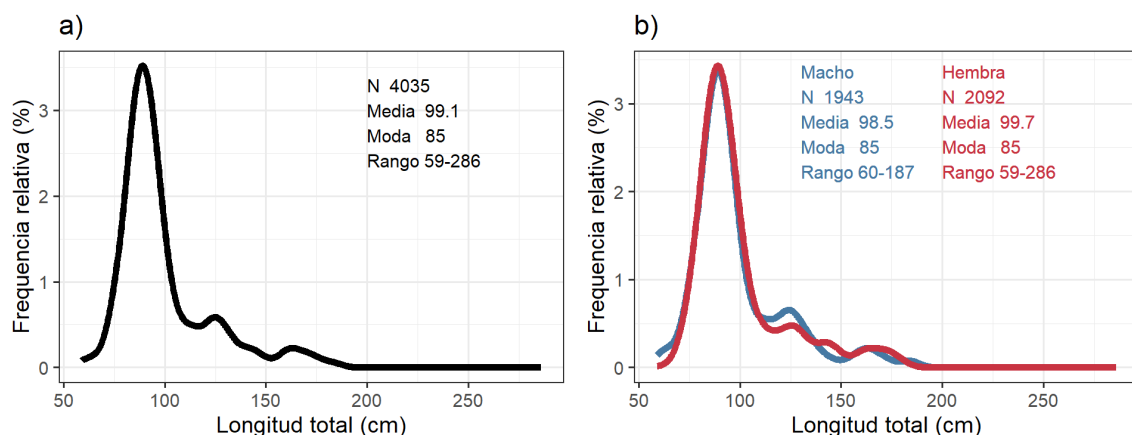


Figura 4. Distribución de frecuencia de tallas del “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena*, a) total y b) por sexo. Período junio – diciembre 2022

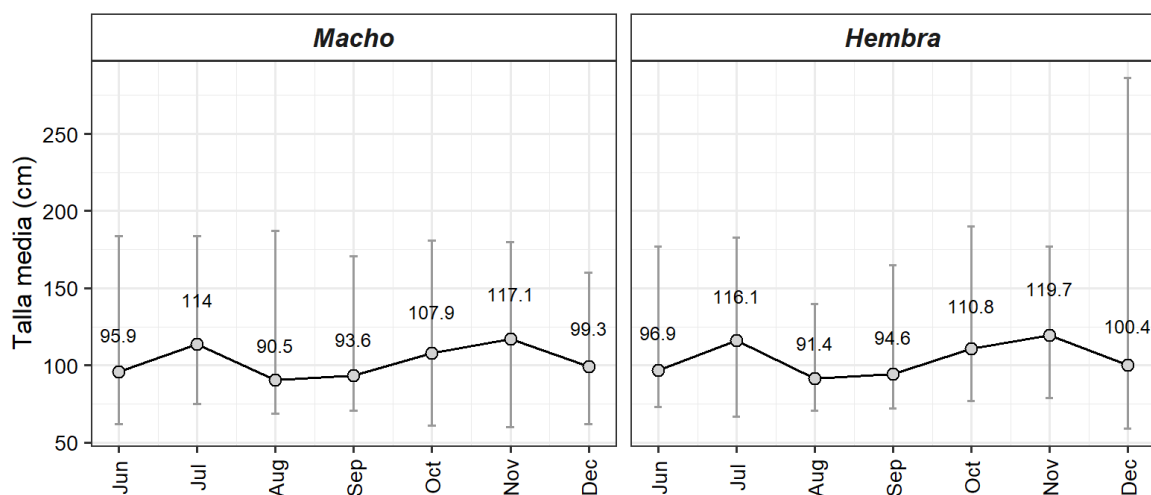


Figura 5. Progresión mensual de tallas medias por sexo del “tiburón martillo” *Sphyrna zygaena*, durante el período junio – diciembre 2022

3.3 INDICADORES DEL STOCK

- CPUE (Estandarizada)

La serie de CPUE estandarizada a partir del año 2016, muestra una tendencia descendente hasta el año 2018, como efecto de los altos niveles de desembarque (> 600 t) registrados en el periodo 2015 - 2016. Posteriormente se registró un incremento en el valor medio de la CPUE hasta el año 2021, para luego disminuir en el 2022 (Figura 6). Lo que podría estar relacionado

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

a las condiciones oceanográficas frías observadas durante los últimos años, lo cual repercutió en la disponibilidad del recurso en las áreas habituales de pesca.

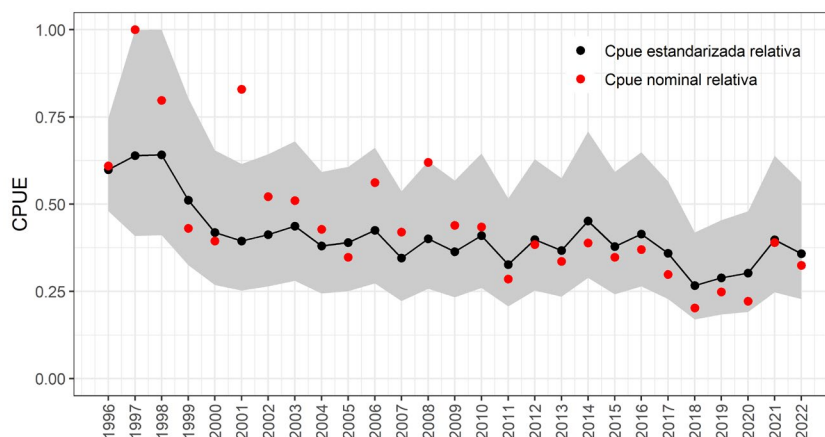


Figura 6. Variación de la CPUE estandarizada del tiburón martillo *Sphyrna zygaena*, 1996-2021

- **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, además de los límites de credibilidad asociadas a las simulaciones (Figura 7).

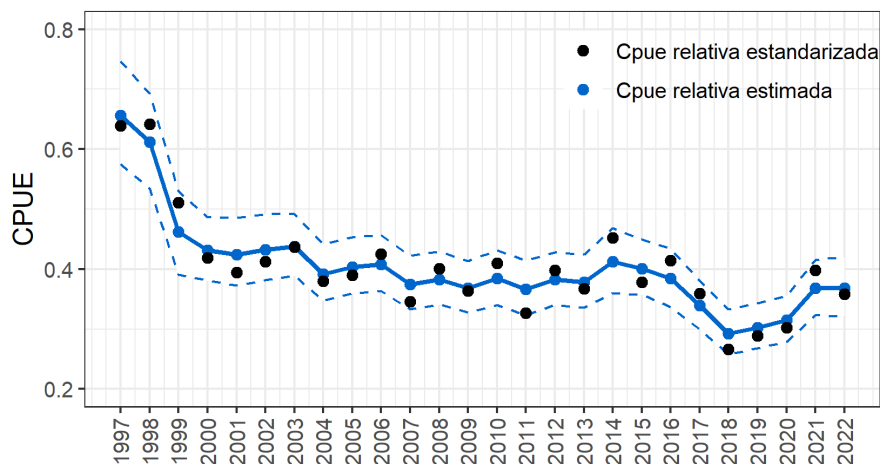


Figura 7. Ajuste del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Los parámetros poblacionales estimados son presentados en la Tabla 2. Los valores obtenidos fueron de 4 252 t para la capacidad de carga (K); $0,48 \text{ año}^{-1}$ para la tasa de crecimiento poblacional (r), y $1,71 \cdot 10^{-4}$ para el coeficiente de capturabilidad.

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

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	S.D.	Intervalo de Credibilidad	
			2.50%	97.50%
K	4 252,7	755,0	3 022,2	5 960,8
r	0,48	0,10	0,31	0,69
q	1,71E-04	3,40E-05	1,13E-04	2,46E-04
σ^2	9,33E-03	5,35E-03	2,71E-03	2,28E-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 simétrica, 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.

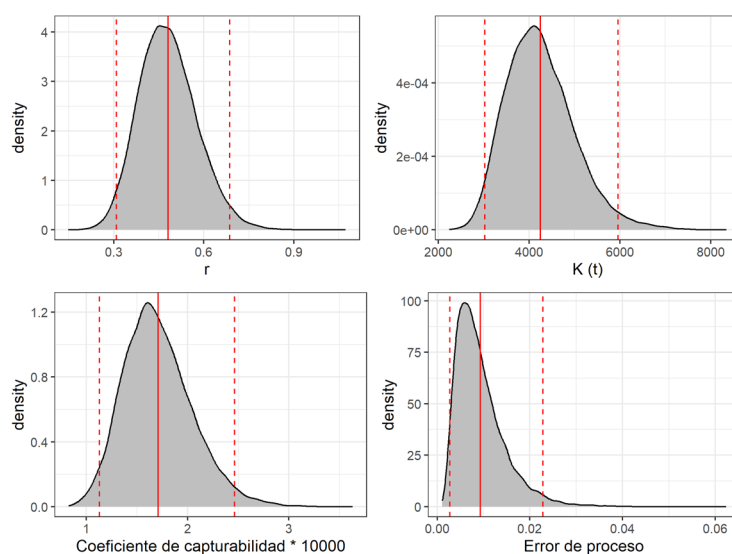


Figura 8. Distribución *a posteriori* de los parámetros del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. La línea roja continua y discontinua representan los valores medios y límites de credibilidad, respectivamente

La biomasa estimada para fines del año 2022 (o comienzo del 2023) muestra un incremento respecto al 2021, manteniéndose dentro del margen de posibles valores de biomasa que permiten alcanzar el máximo rendimiento sostenible (B_{MRS}). Mostrando que el recurso se mantiene plenamente explotado. La mortalidad por pesca (F) para el año 2022 disminuyó respecto al año anterior, con valores por debajo del nivel de referencia de F_{MRS} (Figura 9). Lo

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

cual estaría atribuido a las medidas de manejo aplicadas a la pesquería de este recurso a partir del año 2016.

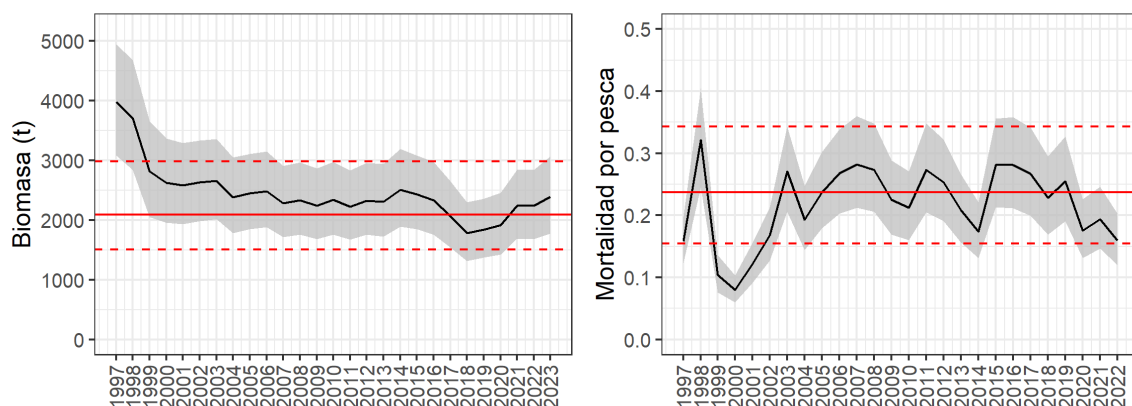


Figura 9. Variación de la biomasa estimada (izquierda) y mortalidad por pesca (F) (derecha) estimadas a través del modelo de biomasa dinámica bajo el enfoque de espacio de estados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena*. Líneas negras continuas representan biomasa y mortalidad por pesca promedio,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

Para determinar el estado del stock, se consideraron dos (02) indicadores, el primero estuvo dado por la relación entre la biomasa actual y la capacidad de carga (K), 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 preliminares 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*

Indicador	Media	S.D.	Intervalo de Credibilidad	
			2.50%	97.50%
B_{act}/K	0,56	0,08	0,42	0,73
F_{act}/F_{MRS}	0,67	0,11	0,48	0,90

De manera esquemática se presenta el Kobe plot para el stock de *S. zygaena* (Figura 9). 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

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

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 mantienen en la zona sin riesgo (Figura 10). Este escenario es comúnmente observado en poblaciones que se encuentran en niveles de plenamente explotado.

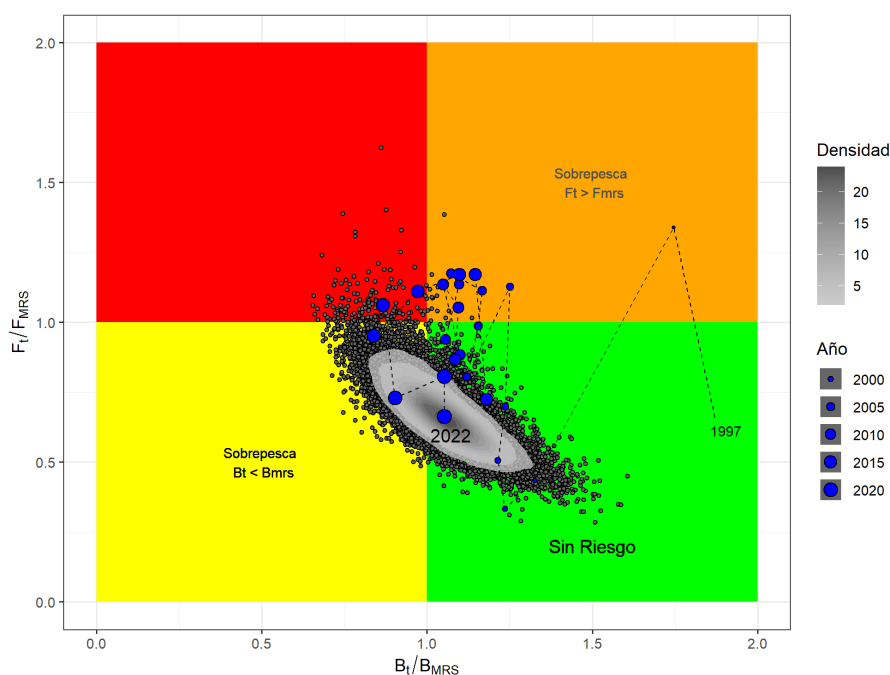


Figura 10. Diagrama de Kobe plot para la pesquería de tiburón martillo *Sphyrna zygaena*

Los indicadores de estado de la población derivados del modelo permitieron determinar que el stock de tiburón martillo en aguas peruanas se encuentra en niveles equiparables al nivel óptimo de explotación. El Máximo Rendimiento Sostenible (MRS) estimado en 495 t y la Mortalidad por Pesca a nivel de MRS (F_{MRS}) deben considerarse como puntos de referencia límite (Caddy and Mahon, 1995; Mace, 2001), en razón de las debilidades de los supuestos que generan el cálculo del MRS . Debido a esa consideración, también se ha estimado un punto biológico de referencia alternativo y de menor riesgo como es el $F_{0.1}$ y el rendimiento a este nivel de pesca $Y_{0.1}$, los cuales fueron estimados en 0,22 año⁻¹ y 490 t, respectivamente (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*

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

Punto Biológico de Referencia	Media	S.D.	Intervalo de Credibilidad	
			2.50%	97.50%
MRS	495,3	47,6	404,1	595,6
B_{MRS}	2 125,9	377,5	1 511,1	2 980,4
E_{MRS}	1 418	193	1 083	1 846
F_{MRS}	0,24	0,05	0,15	0,34
$F_{0.1}$	0,22	0,04	0,14	0,31
$Y_{0.1}$	490,3	47,1	400,1	589,7
$2/3F_{MRS}$	0,16	0,03	0,10	0,23
$Y\ 2/3\ F_{MRS}$	440,2	42,3	359,2	529,4

Se ha considerado adicionalmente otro punto biológico de referencia: el de captura a nivel de $2/3F_{MRS}$ (dos tercios de la mortalidad por pesca a nivel de MRS) (Caddy and 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 440 toneladas.

3.1 CRITERIOS PARA LA ORDENACIÓN

La Figura 11 muestra las proyecciones de biomasa a 8 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 el $2/3F_{MRS}$ ($Y2/3F_{MRS}$).

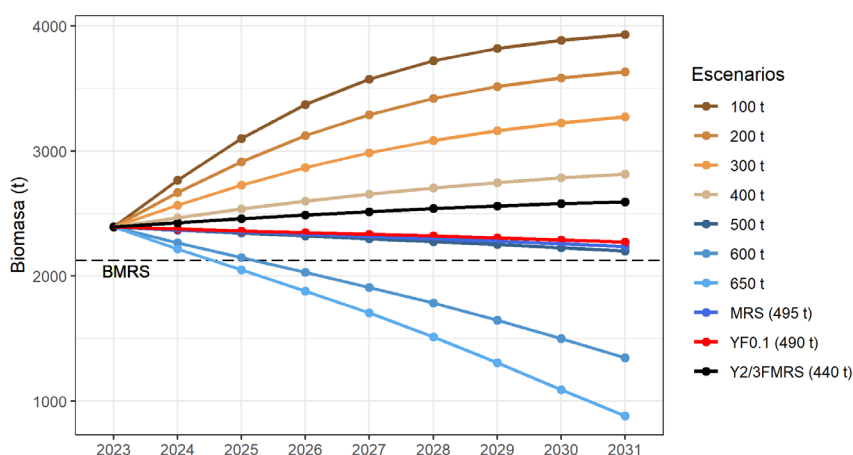


Figura 11. Variación de la biomasa del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* bajo diferentes niveles de explotación



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Asimismo, se muestra el análisis de riesgo en números, donde se consideran los niveles de captura que permitirían una explotación sostenible (Tabla 5).

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 ($B_{2024} < B_{MRS}$)
200	5.4%
250	6.9%
300	8.9%
350	11.3%
400	14.2%
Y2/3F_{MRS} (440)	17.0%
450	17.8%
Y_{0.1} (490)	21.1%
MRS (495)	21.6%
500	22.0%
550	27.0%
600	32.5%
650	38.6%
700	45.1%
737	50.0%
750	51.8%
800	58.4%
850	64.7%
900	70.5%
950	75.7%
1000	80.3%

RANGO DE SOSTENIBILIDAD

4. DISCUSIÓN

A partir del año 2016, a través de la R.M. N° 008-2016-PRODUCE, se estableció que, a nivel nacional, la temporada de pesca del recurso tiburón martillo *Sphyrna zygaena* se daría entre el 11 de marzo y el 31 de diciembre de cada año. En este sentido, en la Figura 12a se muestra la razón entre el desembarque registrado durante el periodo de veda (del 01 de enero al 10 de marzo) y el desembarque total anual, observándose que esta razón varió entre 26 y 56% durante el periodo 2003-2015. A diferencia de los años en los que se aplicó el establecimiento de temporadas de pesca (2016-2022), periodo en el cual varió entre el 5 y 20% (Figura 12a).

El establecimiento de las temporadas de pesca conllevó a una reducción del esfuerzo de pesca orientado a la captura de *S. zygaena* y a su vez ha protegido la actividad reproductiva y el proceso de reclutamiento de esta especie, ya que durante los meses de primavera y verano



**BICENTENARIO
DEL PERÚ**
2021 - 2024

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

la pesquería del tiburón martillo incide mayormente sobre ejemplares de menor tamaño (“recién nacidos” y juveniles) (Castañeda 2001).

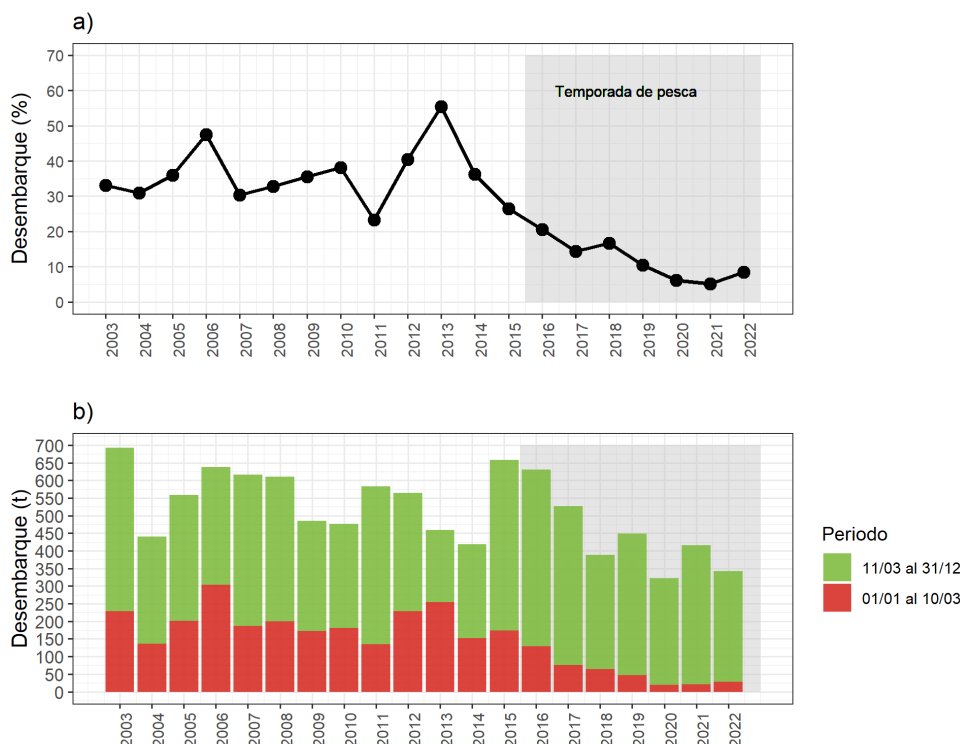


Figura 12. Panel superior: razón entre el desembarque registrado durante el periodo de veda (del 01 de enero al 10 de marzo) y el desembarque total anual (expresado en porcentaje). Panel inferior: Desembarques estimados (t) de *S. zygaena*, durante el periodo de veda (01/01 al 10/03) y temporada de pesca (11/03 al 31/12). Fuente: IMARPE (uso para fines de investigación)

Es importante mencionar que, la información oficial de 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 disponer de estadísticas oficiales. Por lo que se tiene que considerar una actualización de la evaluación poblacional de este recurso con cifras oficiales (IMARPE 2021 y 2022). Así como una nueva hipótesis que contemple una unidad de stock en el Pacífico sudeste, ya que es una especie transfronteriza de amplia distribución, que requiere de una evaluación de stock regional, con el propósito de conocer el estatus de sus poblaciones.

Finalmente, en base a la incertidumbre asociada al proceso de evaluación; y al comportamiento del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* que es una especie costera y semi oceánica de amplia distribución geográfica en el Pacífico sudeste, cuya disponibilidad frente a la costa del litoral peruano está afectada por diversos factores entre los que puede estar la variabilidad



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

oceanográfica del mar peruano, se debe evaluar la necesidad de implementar cuotas de pesca para el mencionado recurso. Y en el caso, de considerar un límite de captura para el año 2023, esta debería estar contemplada dentro del cuadrante de sostenibilidad de la Tabla 5; sin embargo, este nivel de pesca podría modificarse en función de la variabilidad de los indicadores del stock y del entorno ambiental.

5. CONCLUSIONES

Los desembarques estimados de tiburón martillo *Sphyrna zygaena* de enero a diciembre del 2022 fue de 341,8 t, cifra menor a la establecida por la R.M. N° 121-2022-PRODUCE. Además, la pesquería de este recurso está incidiendo mayoritariamente en la captura de ejemplares de tallas menores (80 a 120 cm de LT) durante toda la temporada de pesca.

Los niveles de biomasa y mortalidad por pesca estimados para el tiburón martillo *Sphyrna zygaena* denotan que la situación del recurso es de “plenamente explotado”.

6. RECOMENDACIONES

- De ser necesario el establecimiento de un límite de captura del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* en el 2023, esta no debe superar aquella que se obtiene con una mortalidad por pesca equivalente a $Y2/3F_{MRS}$, en tanto el riesgo sea menor al 50%.
- En razón que el nivel de explotación del recurso tiburón martillo *Sphyrna zygaena* se encuentra en niveles de plenamente explotado, se recomienda evitar el acceso de nueva flota a esta pesquería.
- Implementar 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, Rome, pp.
- Castañeda J. 2001. Biología y pesquería del "tiburón martillo" (*Sphyrna zygaena*) en Lambayeque, 1991-2000. Inf. Prog. Inst. Mar. Perú. 139: 16 pp.
- Castillo G., Fernández J., Medina A., Guevara-Carrasco R. 2018. Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano. Resultados generales. Inf. Inst. Mar Perú. 45(3): 299-388
- Chirichigno N., Cornejo M. 2001. Catálogo Comentado de los Peces Marinos del Perú. Pub. Esp. Inst. Mar Perú. 314 pp.



**BICENTENARIO
DEL PERÚ**
2021 - 2024



PERÚ

Ministerio
de la Producción



IMARPE
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

**“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres”
“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”**

- Compagno L.J.V., Krupp F., Schneider W. 1995. Tiburones. En: Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico Centro Oriental. Roma, FAO. 2 (1): 647-743.
- Ebert D.A., Dando M., Fowler S. 2021. Sharks of the World: A complete guide. Princeton University Press. 607 p.
- IMARPE. 2021. La pesquería del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* y proyecciones de pesca 2021. Informe interno. Instituto del Mar del Perú, Lima, Perú.
- IMARPE. 2022. La pesquería del tiburón martillo *Sphyrna zygaena* y proyecciones de pesca 2022. Informe interno. Instituto del Mar del Perú, Lima, Perú.
- King J., McFarlane G. 2003. Marine fish life history strategies: Applications to fishery management. Fisheries Management and Ecology. 10 (4): 249-264.
- Kruschke J. 2015. Doing bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan. 2da edición. Elsevier Inc. 759 p.
- Mace P. 2001. A new role for MSY in single-species and ecosystem approaches to fisheries stock assessment and management. Fish Fish., 2 (1): 2-32.
- Meyer R., Millar R.B. 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 56 (6): 1078-1087.
- Millar R.B., Meyer R. 2000. Non-linear state space modelling of fisheries biomass dynamics by using Metropolis-Hastings within-Gibbs sampling. J. Roy. Stat. Soc. Ser. C. (Appl. Stat.), 49 (3): 327-342.
- Plummer M., Best N., Cowles K., Vines K. 2006. CODA: Convergence Diagnosis and Output Analysis for MCMC, R News, vol 6, 7-11
- Plummer M. 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Punt A., Hilborn R.A.Y. 1997. Fisheries stock assessment and decision analysis: the Bayesian approach. Rev. Fish Biol. Fish., 7 (1): 35-63.
- Schaefer M.B. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. Bulletin of Mathematical Biology, 53 (1-2): 253-279.
- Soto M., Pallarés P., Delgado de Molina A., Gaertner, D. (2009). Actualización de la CPUE estandarizada de rabil adulto (*Thunnus albacares*) de la flota de cerco tropical Europea en el Atlántico de 1980 a 2006. Col. Vol. Sc. Pap. ICCAT, 64(4):1032 -1043

Firmado digitalmente por:
PALACIOS LEON Jacqueline
FAU 20148138886 hard
Motivo: Coordinadora del
AFIPDBL
Fecha: 08/03/2023 12:19:58-0500

Callao, marzo de 2023



BICENTENARIO
DEL PERÚ
2021 - 2024