

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

16ª REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

02 - 06 de junio de 2025

DOCUMENTO SAC-16-04

EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL ATÚN BARRILETE EN EL OCÉANO PACÍFICO
ORIENTAL

Rujia Bi, Mark N. Maunder, Haikun Xu, Carolina Minte-Vera, Juan Valero y Alexandre Aires-da-Silva

ÍNDICE

| | |
|---|---|
| RESUMEN | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1. Antecedentes | 2 |
| 1.2. Resumen de la condición de la población..... | 3 |
| 2. EVALUACIÓN DE RIESGOS..... | 3 |
| 2.1. Distribuciones acumuladas y de probabilidad conjunta para cantidades de ordenación | 3 |
| REFERENCIAS..... | 5 |
| TABLAS | 6 |
| FIGURAS | 7 |

RESUMEN

1. En 2024, se realizó una evaluación de referencia de la población de atún barrilete en el Océano Pacífico oriental (OPO) utilizando un modelo estadístico integrado de captura por talla estructurado por edad en Stock Synthesis.
2. Se fijó en 0.3 un objetivo sustituto conservador para el cociente de biomasa reproductora (SBR), estableciéndose como punto de referencia de ordenación la mortalidad por pesca correspondiente ($F_{RMS\ sust.}$). El punto de referencia límite se definió como un SBR de 0.077.
3. Se construyó un modelo de referencia utilizando los supuestos más plausibles, complementado con análisis de sensibilidad para evaluar la robustez de los resultados frente a variaciones en los supuestos del modelo y los conjuntos de datos.
4. Los análisis de sensibilidad abarcaron diecisiete modelos que variaban en cinco parámetros clave: crecimiento, selectividad, biomasa absoluta de mercado, índices de abundancia, e inclinación de la relación población-reclutamiento.
5. Una evaluación de riesgos realizada en este documento incorpora tanto el modelo de referencia como los diecisiete modelos de sensibilidad para proporcionar asesoramiento de ordenación, tratando todos los modelos con la misma ponderación.
6. El análisis de riesgos revela distribuciones de probabilidad unimodales para las métricas clave de ordenación, lo que indica:

- a. Un 4% de probabilidad de que la biomasa reproductora a principios de 2024 fuera inferior al 30% del nivel no explotado, según el SBR dinámica ($dSBR_{RMS\ sust.}$).
- b. Cero probabilidad de que el promedio de mortalidad por pesca durante 2021-2023 rebasara el nivel asociado a la biomasa objetivo ($F_{RMS\ sust.}$).
- c. Menos de un 1% de probabilidad de que la biomasa reproductora a principios de 2024 estuviera por debajo del punto de referencia límite (S_{limite}).

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta los resultados de una evaluación de riesgos del atún barrilete (SKJ; *Katsuwonus pelamis*) en el Océano Pacífico oriental (OPO), basada en la evaluación de referencia realizada en 2024 ([SAC-15-04](#)).

1.1. Antecedentes

La evaluación de referencia del atún barrilete de 2024 abarcó el periodo de 2006 a 2023, y se utilizó un modelo estadístico integrado de captura por talla estructurado por edad en Stock Synthesis (Methot y Wetzel 2013; versión 3.30.22.beta). Esto marcó una actualización significativa de la evaluación provisional realizada en 2022, lo que reflejó avances importantes en las metodologías de evaluación. La incorporación de índices de biomasa, tanto relativa como absoluta, derivados de un enfoque espaciotemporal aplicado a los datos de marcado del Programa Regional de Marcado de Atunes en el OPO (PRMA-OPO 2019-2020, Proyecto E.4.a; [SAC-15 INF-G](#)) fue de gran relevancia para la evaluación.

Se desarrolló un modelo de referencia basado en los supuestos más plausibles, junto con una serie de análisis de sensibilidad para explorar los efectos de los cambios en los supuestos del modelo. Los supuestos del modelo de referencia eran los siguientes:

- a) Falta de disponibilidad de peces grandes para la pesquería cerquera, lo que refleja una selectividad en forma de domo.
- b) Selectividad de la pesquería palangrera modelada mediante un *spline* cúbico, con una selectividad constante después de 80 cm.
- c) Mortalidad natural constante después de los 65 cm de talla.
- d) Talla asintótica establecida en 83 cm.
- e) Edad a 37 cm establecida en 2 trimestres.
- f) El coeficiente de variación (CV) de la talla por edad se describe mediante una función lineal de la talla, con 0.09 para la edad cero y 0.06 para la edad de 20 trimestres.
- g) Independencia del reclutamiento del tamaño de la población (inclinación $h = 1$), estimada trimestralmente.
- h) Variabilidad del reclutamiento trimestral modelada en torno al promedio, definida por una distribución lognormal con una desviación estándar de 0.6, aplicando una sola iteración de corrección de sesgo según Methot y Taylor (2011) implementada en r4ss.
- i) El índice de abundancia relativa basado en boyas con ecosonda y la biomasa absoluta basada en marcado seleccionados por la flota cerquera de “estudio” sobre objetos flotantes (OBJ); los demás índices (captura por lance en pesquerías OBJ y no asociadas (NOA) e índice de biomasa relativa basado en marcado) no se utilizaron.
- j) Utilización de la estimación de biomasa absoluta más precisa basada en marcado (trimestre 2 de

2020, CV = 0.3) en la evaluación.

- k) Las composiciones por talla construidas para la pesquería de cerco NOA no se ajustaron en el análisis; las construidas para el índice de la pesquería de cerco OBJ se utilizaron tanto para el índice de boyas con ecosonda como para la biomasa absoluta basada en marcado.

Los análisis de sensibilidad evaluaron el impacto de los distintos supuestos sobre el crecimiento, la selectividad, los datos de marcado, los índices de abundancia y la inclinación para determinar la robustez de las estimaciones de la condición de la población (Tabla 1). Éstos se utilizan en el análisis de riesgos que se presenta en este documento.

1.2. Resumen de la condición de la población

En la evaluación de referencia de 2024, la condición de la población de atún barrilete se evaluó utilizando los puntos de referencia sustitutos provisionales establecidos, tal y como se indica en la resolución [C-23-06](#), que enmendó la resolución C-16-02. El cociente de biomasa reproductora (SBR) se fijó en 0.3, lo que representa el 30% de la biomasa reproductora en ausencia de pesca, con un punto de referencia límite definido en un SBR de 0.077. Estos puntos de referencia se emplearon junto con métodos como la corrección de sesgo lognormal para el reclutamiento y un enfoque de SBR dinámica para mejorar la precisión de las estimaciones de reclutamiento y abordar la variabilidad de forma eficaz.

El modelo de referencia indicó que la biomasa reproductora está actualmente por encima del objetivo del 30% de la biomasa en ausencia de pesca, tanto en el marco de SBR estática como dinámica ([Tabla 1](#)). Solo un modelo de sensibilidad que excluía el índice de boyas con ecosonda (modelo núm. 16) sugería que la población podría estar por debajo del objetivo sustituto según la definición de SBR estática, aunque ningún escenario estimó que la población estuviera por debajo del punto de referencia límite ([Tabla 1](#); [Figura 1](#)).

El análisis de la mortalidad por pesca reveló que los niveles actuales eran inferiores a los asociados con el objetivo de biomasa establecido para el modelo de referencia, lo que también fue consistente en todos los análisis de sensibilidad ([Tabla 1](#)). Las comparaciones con el *statu quo*, definido por las tasas promedio de mortalidad por pesca de 2017 a 2019, indicaron que las tasas de explotación en 2022 y 2023 estaban por debajo de estos niveles históricos ([Tabla 1](#)). Solo el modelo más pesimista, que excluía el índice de boyas con ecosonda, sugería que se rebasaban ligeramente las tasas de explotación del *statu quo* en esos años ([Tabla 1](#)).

2. EVALUACIÓN DE RIESGOS

El enfoque de análisis de riesgos del personal, desarrollado en 2020 ([SAC-11-08](#)) para evaluar explícitamente la probabilidad de traspasar los puntos de referencia definidos en la regla de control de extracción de la CIAT para los atunes tropicales (C-16-02), fue aplicado a los resultados de la evaluación de referencia del barrilete de 2024.

2.1. Distribuciones acumuladas y de probabilidad conjunta para cantidades de ordenación

A partir de las estimaciones de las métricas de ordenación relacionadas con los puntos de referencia objetivo ($F_{\text{actual}}/F_{\text{RMS sust.}}$ y $S_{\text{actual}}/dS_{\text{RMS sust.}}$) y sus CV asociados de los 18 modelos (uno de referencia y 17 de sensibilidad), se calcularon las distribuciones acumuladas y de probabilidad conjunta para estas métricas, tratando todos los modelos con la misma ponderación.

Las distribuciones conjuntas de $F_{\text{actual}}/F_{\text{RMS sust.}}$ and $S_{\text{actual}}/dS_{\text{RMS sust.}}$ son unimodales ([Figura 2](#)). Hay una probabilidad cero de que F_{actual} rebase $F_{\text{RMS sust.}}$ y una probabilidad del 3.73% de que S_{actual} caiga por debajo de $dS_{\text{RMS sust.}}$. Entre los seis grupos de modelos, el modelo de sensibilidad para la inclinación (modelo núm. 18) es más pesimista, ya que muestra $F_{\text{actual}}/F_{\text{RMS sust.}}$ más elevada y $S_{\text{actual}}/dS_{\text{RMS sust.}}$ más baja en

comparación con otros modelos ([Figura 3](#)). Para este modelo, existe una probabilidad cero de que F_{actual} rebase $F_{\text{RMS sust.}}$ y una probabilidad del 3.02% de que S_{actual} caiga por debajo de $dS_{\text{RMS sust.}}$.

También se derivan distribuciones acumuladas y de probabilidad conjunta para $S_{\text{actual}}/S_{\text{límite}}$. Esta distribución también es unimodal ([Figura 2](#)), lo que indica una probabilidad del 0.85% de que S_{actual} caiga por debajo del punto de referencia límite.

Las tendencias históricas de $F/F_{\text{RMS sust.}}$, $S/dS_{\text{RMS sust.}}$ y $S/S_{\text{límite}}$ son consistentes en los seis grupos de modelos ([Figura 4](#)). Todos los modelos estiman que $F/F_{\text{RMS sust.}}$ se mantiene por debajo de 1 a lo largo de la serie de tiempo, alcanzando su máximo en 2017; $S/dS_{\text{RMS sust.}}$ es superior a 1 después de 2006; y $S/S_{\text{límite}}$ se mantiene por encima de 1 durante todo el periodo. El promedio ponderado por igual de los dieciocho modelos sigue la misma tendencia.

REFERENCIAS

Bi, R., Maunder, M.N., Xu, H., Minte-Vera, C.V., Valero, J.L., and Aires-da-Silva, A. 2024. Stock assessment of skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean: 2024 benchmark assessment. Inter-Amer.Trop. Tuna Comm., 15th Scient. Adv. Com. Meeting: SAC-15-04.

Methot, R.D., and Wetzel, C.R. 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fisheries Research **142**: 86-99.

TABLE 1. Estimates of spawning biomass (S), spawning biomass ratio (SBR) and dynamic spawning biomass ratio (dSBR) at the beginning of 2024, average recruitment over the model time period (except the 4th quarter of 2023) as a ratio of the estimated virgin recruitment for all of the models, average exploitation rate in 2022 as a ratio of the *status quo*, average exploitation rate in 2023 as a ratio of the *status quo*, and current fishing mortality (the average F over the most recent three years, 2021-2023) as a ratio of the fishing mortality corresponding to $B_{MSY\ proxy} = 0.3B_0$. R_{ave}/R_0 is a check to make sure the SBR based on B_0 is not biased due to the bias correction for recruitment residuals (this will affect the plots of SBR that are plotted with confidence intervals). The dSBR is adjusted by the ratio R_{ave}/R_0 . The red highlighting and text indicate where SBR or dSBR are below the proxy target reference point (0.3) and when the *status quo* fishing mortality (average of 2017-2019) has been exceeded.

TABLA 1. Estimaciones de biomasa reproductora (S), cociente de biomasa reproductora (SBR), cociente de biomasa reproductora dinámica (dSBR), reclutamiento promedio a lo largo del periodo del modelo (excepto el cuarto trimestre de 2023) como razón del reclutamiento virgen estimado para todos los modelos, tasa promedio de explotación en 2022 como razón del *statu quo*, tasa promedio de explotación en 2023 como razón del *statu quo*, y mortalidad por pesca actual (F promedio de los tres últimos años, 2021-2023) como razón de la mortalidad por pesca correspondiente a $B_{RMS\ sust.} = 0.3B_0$. R_{prom}/R_0 es una comprobación para asegurarse de que el SBR basado en B_0 no esté sesgado debido a la corrección del sesgo por los residuales de reclutamiento (esto afectará a las gráficas de SBR que se trazan con intervalos de confianza). El dSBR se ajusta por la razón R_{prom}/R_0 . Las celdas y el texto en rojo indican los casos en que el SBR o dSBR están por debajo del punto de referencia objetivo sustituto (0.3) y cuando se ha rebasado la mortalidad por pesca del *statu quo* (promedio de 2017-2019).

| Grupo | ID | Modelo | S_{act} | SBR _{act} | dSBR _{act} | R_{prom}/R_0 | F_{2022}/F_{sq} | F_{2023}/F_{sq} | $F_{act}/F_{B_{RMS\ sust.}}$ |
|----------------------|----|--|-----------|--------------------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------------------|
| Referencia | 1 | Modelo de referencia | 17809 | 0.43 | 0.47 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| Crecimiento | 2 | Estimación de L_{inf} | 17873 | 0.43 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| | 3 | $L_{inf} = 78$ cm | 16769 | 0.42 | 0.46 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.45 |
| | 4 | $L_{inf} = 88$ cm | 18181 | 0.43 | 0.48 | 0.96 | 0.85 | 0.84 | 0.41 |
| | 5 | Estimación de L_{cv} | 14055 | 0.41 | 0.43 | 1.01 | 0.82 | 0.82 | 0.46 |
| | 6 | $L_{cv} = 0.03$ | 18926 | 0.43 | 0.49 | 0.94 | 0.86 | 0.85 | 0.41 |
| | 7 | $L_{cv} = 0.09$ | 16612 | 0.42 | 0.46 | 0.97 | 0.84 | 0.84 | 0.44 |
| | 8 | Estimación del parámetro de forma del crecimiento | 17814 | 0.43 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| Selectividad | 9 | Selectividad de palangre constante después de 78 cm | 17873 | 0.43 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| | 10 | Selectividad de palangre constante después de 83 cm | 17818 | 0.43 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| | 11 | Selectividad de palangre constante después de 88 cm | 17826 | 0.43 | 0.48 | 0.95 | 0.85 | 0.85 | 0.42 |
| | 12 | Selectividad asintótica F9, selectividad de palangre fija y sin ajuste para la composición por talla de palangre | 17263 | 0.42 | 0.47 | 0.96 | 0.85 | 0.85 | 0.44 |
| Marcado- absoluto | 13 | Uso del índice absoluto basado en marcado más preciso e incremento de diez veces en ponderación | 13357 | 0.37 | 0.41 | 0.95 | 0.90 | 0.87 | 0.54 |
| | 14 | Uso de cuatro índices absolutos basados en marcado con CV bajos y ponderación por uno | 20018 | 0.46 | 0.50 | 0.96 | 0.83 | 0.83 | 0.38 |
| Índices | 15 | Sin índice absoluto basado en marcado | 21849 | 0.47 | 0.53 | 0.96 | 0.83 | 0.83 | 0.36 |
| | 16 | Sin índice de boyas con ecosonda | 8543 | 0.22 | 0.31 | 0.96 | 1.00 | 1.07 | 0.55 |
| | 17 | Incluye el índice de la flota de estudio de palangre y la composición por talla | 24444 | 0.50 | 0.56 | 0.95 | 0.80 | 0.85 | 0.30 |
| Inclinación | 18 | Inclinación = 0.75 | 18420 | 0.39 | 0.43 | 0.92 | 0.85 | 0.84 | 0.53 |

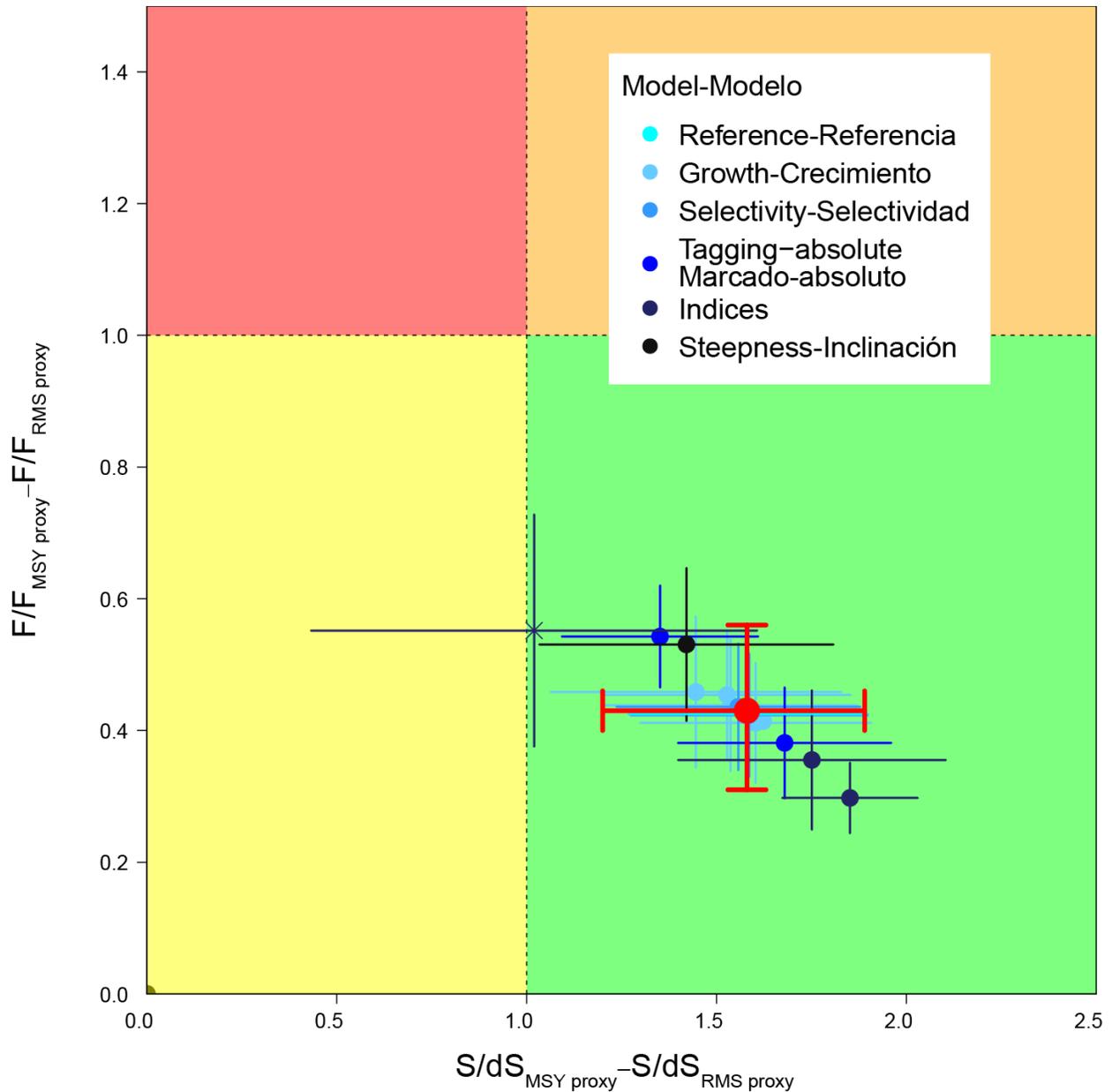


FIGURE 1. Kobe plot showing the most recent stock status estimates from all the models. The x-axis is $S_{current}/0.3 \cdot \text{dynamic } S_0$. Each dot is based on the average F over the most recent three years, 2021-2023, and the error bars represent the 80% confidence intervals of model estimates. The red dot and error bars represent weighted values across all eighteen models. The deep indigo cross and error bars represent the estimates from the model in which the ECHO index was removed.

FIGURA 1. Gráfica de Kobe que muestra las estimaciones más recientes de la condición de la población de todos los modelos. El eje 'x' es $S_{actual}/0.3 \cdot S_0$ dinámica. Cada punto se basa en la F promedio de los tres años más recientes, 2021-2023, y las barras de error representan los intervalos de confianza del 80% de las estimaciones del modelo. El punto rojo y las barras de error representan los valores ponderados en los 18 modelos. La cruz de color índigo oscuro y las barras de error representan las estimaciones del modelo en el que se eliminó el índice ECO.

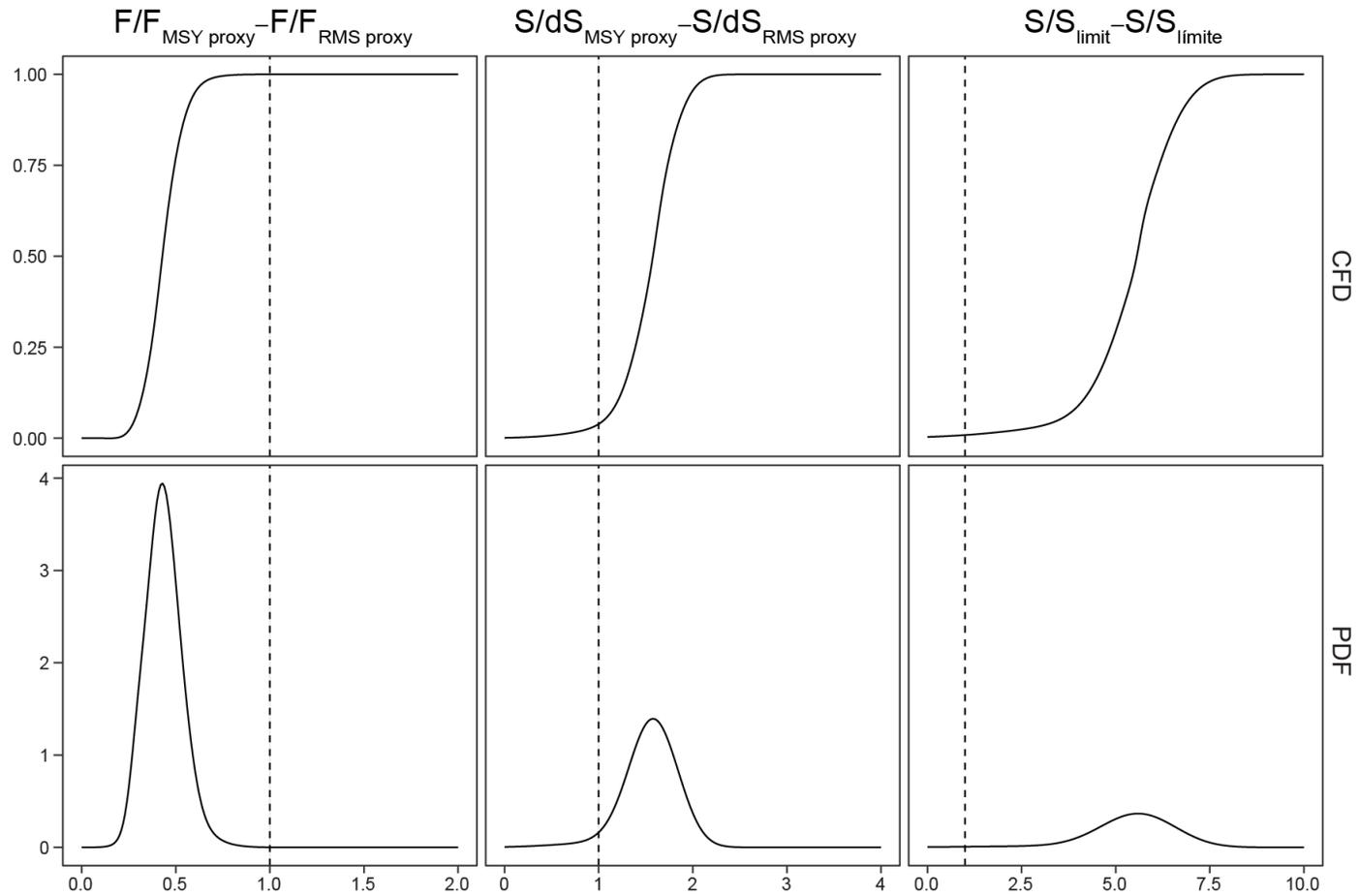


FIGURE 2. The joint probability and cumulative distributions for spawning biomass (S) in the first quarter of 2024 and fishing mortality (F) in 2021-2023 relative to their reference points ($F_{MSY\ proxy}$, $dS_{MSY\ proxy}$, $S_{límite}$).

FIGURA 2. Las distribuciones acumuladas y de probabilidad conjunta para la biomasa reproductora (S) en el primer trimestre de 2024 y la mortalidad por pesca (F) en 2021-2023 con respecto a sus puntos de referencia ($F_{RMS\ sust.}$, $dS_{RMS\ sust.}$, $S_{límite}$).

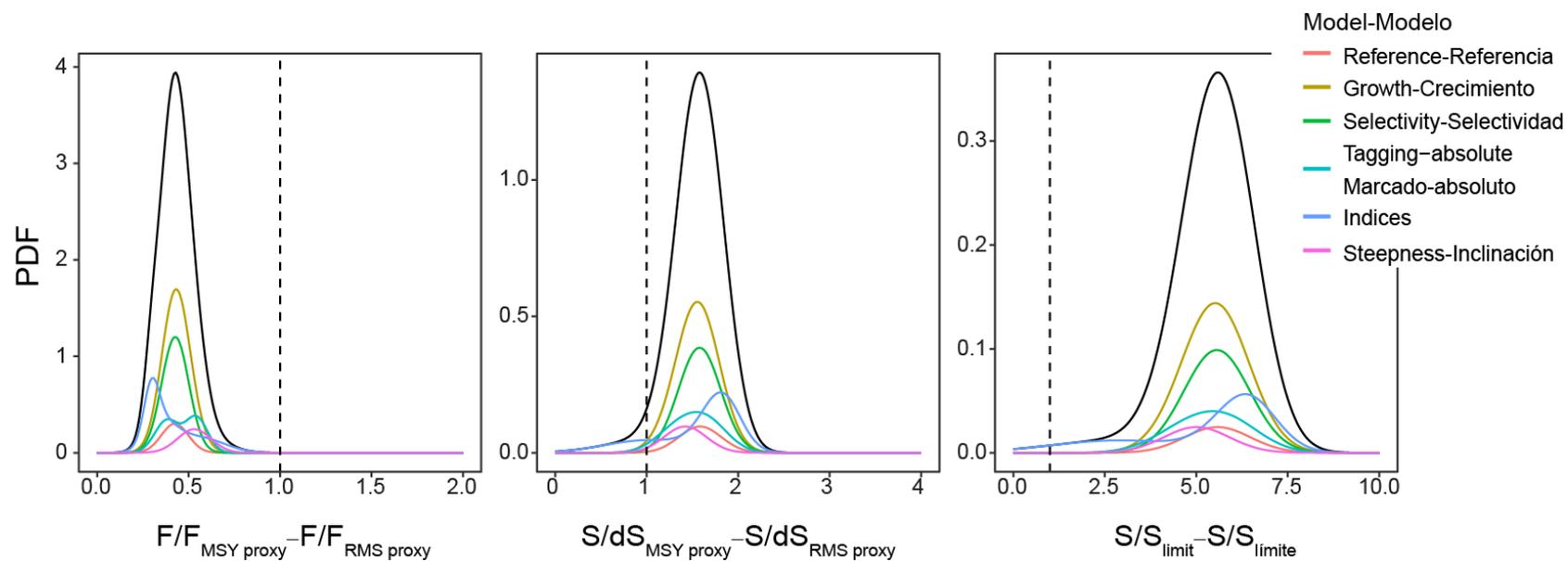


FIGURE 3. The joint probability distributions for $F_{current}/F_{MSY\ proxy}$, $S_{current}/dS_{MSY\ proxy}$ and $S_{current}/S_{limit}$ broken down into different model groups. The black lines represent weighted values across all eighteen models.

FIGURA 3. Las distribuciones de probabilidad conjunta para $F_{actual}/F_{RMS\ sust.}$, $S_{actual}/dS_{RMS\ sust.}$ y S_{actual}/S_{limite} , desglosadas en diferentes grupos de modelos. Las líneas negras representan los valores ponderados de los dieciocho modelos.

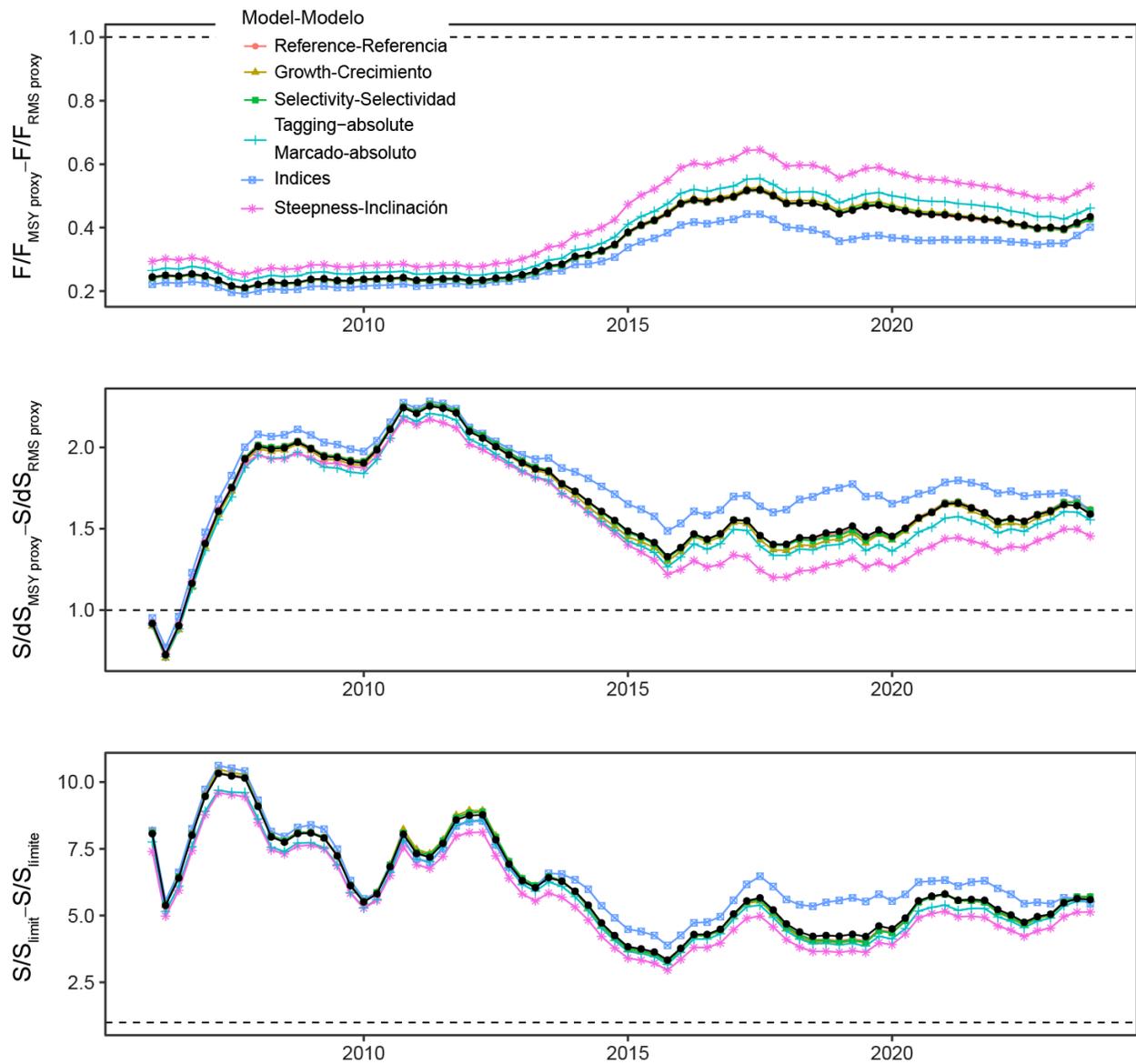


FIGURE 4. Time series of estimated spawning biomass (S) and fishing mortality (F) relative to their reference points ($F_{MSY\ proxy}$, $dS_{MSY\ proxy}$, S_{limit}) for the six model groups considered. All models are weighted equally. Each dot for F is based on the average F over three years. The black lines represent weighted values across all eighteen models.

FIGURA 4. Series de tiempo de la biomasa reproductora (S) y la mortalidad por pesca (F) estimadas con respecto a sus puntos de referencia ($F_{RMS\ sust.}$, $dS_{RMS\ sust.}$, $S_{límite}$) para los seis grupos de modelos considerados. Todos los modelos tienen la misma ponderación. Cada punto para F se basa en el promedio de F durante tres años. Las líneas negras representan los valores ponderados de los 18 modelos.