

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

DÉCIMA REUNIÓN

San Diego, California (EE.UU.)

13-17 de mayo de 2019

DOCUMENTO SAC-10-07

CONDICIÓN DEL ATÚN ALETA AMARILLA EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2018 Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Carolina V. Minte-Vera, Haikun Xu, Mark N. Maunder

RESUMEN EJECUTIVO

1. La evaluación del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental en 2018 usa el mismo modelo y los mismos supuestos que la evaluación previa; la única diferencia es que incluye datos nuevos y actualizados.
2. Existe incertidumbre acerca de los niveles recientes y futuros de reclutamiento y biomasa. Los reclutamientos anuales han estado en, o por debajo de, el promedio desde 2003. Se estima que tanto la biomasa reproductora (S) como la biomasa reciente de peces de 3 trimestres o más de edad (B) estuvieron por debajo del nivel de rendimiento máximo sostenible (RMS) al principio de 2019 ($S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 0.76$; $B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 0.84$). Tal como se comentó en evaluaciones completas previas (por ejemplo, [SAC-07-05b](#)), estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos del modelo. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2016-2018), se predice que el cociente de biomasa reproductora (SBR^1) se estabilizará por debajo del nivel de RMS si el reclutamiento es medio, y que las capturas cerqueras se estabilizarán en valores alrededor del RMS, debido a la curva de rendimiento plana estimada para esta población ([SAC-08-04b](#)).
3. Los peces de 11 a 20 trimestres (2.75-5 años) de edad padecen la mortalidad por pesca (F) más alta. La F media anual viene aumentando para todas las clases de edad desde 2009.
4. Se estima que la mortalidad por pesca (F) reciente ha estado por encima del nivel de RMS (F_{RMS} ; multiplicador de $F = 0.89$). Esto representa un cambio sustancial con respecto a la evaluación previa, que estimó las tasas de mortalidad por pesca recientes en el nivel correspondiente al RMS ($F \approx F_{\text{RMS}}$). Estas interpretaciones están sujetas a incertidumbre, pero no rebasan los puntos de referencia límite; sin embargo, son altamente sensibles a los supuestos acerca de la relación entre el tamaño de la población y el reclutamiento (inclinación; h), la ponderación asignada a los distintos conjuntos de datos (en particular a the índice de abundancia palangrero), la curva de crecimiento, y las tasas supuestas de mortalidad natural (M) para de aleta amarilla, tal como se mostró en evaluaciones previas.
5. Los resultados recientes del proyecto [H.1.a](#), parte del plan de trabajo para mejorar la evaluación del patudo, están resaltando problemas similares que han sido identificados en la evaluación actual del aleta amarilla. En el documento [SAC-10 INF-F](#) se describe una investigación de los motivos de este cambio de F/F_{RMS} en la evaluación del aleta amarilla.

¹ Razón de la biomasa reproductora actual a aquella de la población no explotada

6. En preparación para la evaluación de referencia del aleta amarilla en 2020, se ha elaborado un plan de trabajo (SAC-10-01) que aborda las incertidumbres clave que son motivo de preocupación, en particular los datos de palangre usados para los índices de abundancia. Se han desarrollado también indicadores, presentados en un documento complementario (SAC-10-08).

EVALUACIÓN ACTUALIZADA

En este informe se presentan los resultados clave de una evaluación actualizada de la población de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental (OPO), realizada usando un modelo estadístico integrado de evaluación de poblaciones con estructura por edad (*Stock Synthesis*, versión 3.23b). “Actualizado” significa que el modelo de caso base usado en la presente evaluación es el mismo que se usó en la evaluación previa realizada en 2018 (Documento SAC-09-06); la única diferencia es la inclusión de datos nuevos y actualizados. Se incorporarán mejoras en la evaluación de referencia en 2020, siguiendo el plan de trabajo para tratar las incertidumbres clave (SAC-10-01). *Stock Synthesis* produce una serie extensa de resultados y diagnósticos de ajuste, disponibles para el modelo de caso base en formatos [html](#) y [pdf](#)

El aleta amarilla se encuentra distribuido por todo el Océano Pacífico, pero se logra la mayor parte de la captura en las regiones oriental y occidental. Las capturas cerqueras de aleta amarilla son relativamente bajas cerca del límite occidental del OPO en 150°O. La mayor parte de la captura en el OPO es tomada por buques cerqueros. Los estudios de marcado de aleta amarilla por todo el Pacífico indican que los peces suelen permanecer a menos de 1,800 km de su punto de liberación. Esta fidelidad regional, junto con la variación geográfica de las características fenotípicas y genotípicas del aleta amarilla indicada en algunos estudios, sugiere que podrían existir múltiples poblaciones de aleta amarilla en el OPO y en el Océano Pacífico entero. Esto es consistente con que las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) palangrera sean diferentes entre áreas del OPO. Sin embargo, es imposible estimar las tasas de desplazamiento entre estas presuntas poblaciones, así como a través del meridiano de 150°O, con los datos de marcado actualmente disponibles. La presente evaluación supone una sola población de aleta amarilla en el OPO.

La evaluación de la población requiere una cantidad sustancial de información. Se analizaron datos de captura retenida, descartes, CPUE, y composición por tamaño de las capturas de varias pesquerías diferentes. Se hacen también varios supuestos acerca de procesos tales como crecimiento, reclutamiento, movimientos, mortalidad natural (M), y mortalidad por pesca (F). Se actualizaron los datos de captura de las pesquerías de superficie² y se añadieron datos nuevos de 2018. Se dispuso de datos nuevos o actualizados de captura palangrera para China (2017), Japón (2017-2018), Corea (2017), Taipéi Chino (2015-2017), Estados Unidos (2009, 2017), Polinesia Francesa (2017), Vanuatu (2017), y otras naciones (2016-2017). Para las pesquerías palangreras con datos de captura faltantes, se supuso que las capturas fueron iguales que en el año más reciente con datos disponibles. Se actualizaron los datos de CPUE de las pesquerías de superficie, y se añadieron datos nuevos de CPUE de 2018. Se dispuso de datos de CPUE nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa para 2017-2018. Se añadieron datos nuevos de composición por tamaño de la pesquería de superficie de 2018, y se actualizaron los datos del último trimestre de 2017. Se dispuso de datos nuevos o actualizados de frecuencia de tallas de la flota palangrera comercial japonesa para 2011-2017.

En general, el reclutamiento del aleta amarilla a las pesquerías en el OPO es variable a escala anual y mensual. El presente análisis y análisis previos indican que la población ha pasado probablemente por tres regímenes diferentes de productividad de reclutamiento: inferior al promedio (1975-1982), generalmente superior al promedio (1983-2002), y generalmente inferior al promedio (2003-2014) ([Figura 1](#)). Se estimó que el reclutamiento de 2015 fue superior al promedio, coincidiendo con el evento de El Niño de 2015-

² Red de cerco y caña

2016, pero que aquel de 2016 fue inferior al promedio. Los reclutamientos de 2017 y 2018 fueron estimados con alta incertidumbre, por lo que no es posible determinar en este momento si fueron superiores o inferiores al promedio. Además, la estimación puntual del reclutamiento de 2018 podría estar sesgada positivamente, debido a un patrón retrospectivo ya observado en evaluaciones previas. Los regímenes de productividad corresponden a regímenes de biomasa: los regímenes de alta productividad producen biomasa mayores ([Figura 2](#)). La existencia de una relación población-reclutamiento es también apoyada por los datos de estos regímenes, pero las pruebas son tenues, y esto es probablemente un artefacto de los aparentes cambios de régimen.

Es posible que los diferentes regímenes de productividad apoyen diferentes niveles de RMS y de los SBR³ asociados. El SBR del aleta amarilla en el OPO estuvo por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (SBR_{RMS}) durante 1977-1983, coincidiendo con el régimen de productividad baja, pero por encima de dicho nivel durante la mayoría de los años siguientes hasta 2005 ([Figura 2](#)). Desde 2005, el SBR ha estado por debajo del nivel de RMS, excepto durante 2008-2010, consecuente al reclutamiento superior al promedio de 2006. Se atribuye el aumento del SBR en 1984 a un cambio de régimen, y la disminución reciente podría ser una reversión a un régimen de productividad intermedia. Desde 2011, cuando el SBR disminuyó como resultado de una serie de reclutamientos bajos que coincidieron con una serie de eventos fuertes de La Niña, se estima que ha estado en, o ligeramente por debajo de, el nivel de RMS; se estima que al principio de 2019 era 0.21, por debajo del nivel de RMS (0.27). Se predice que, con la mortalidad por pesca actual (2016-2018) y la estimación actual del reclutamiento reciente, el SBR aumentará durante dos años, y luego disminuirá y se estabilizará por debajo del nivel de RMS ([Figura 2](#)), suponiendo reclutamiento promedio en el futuro.

Se han estimado niveles sustanciales de mortalidad por pesca (F) para la pesquería de aleta amarilla en el OPO ([Figura 3](#)). Los niveles más altos corresponden a los aletas amarillas de 11 a 20 trimestres (2.75-5 años) de edad, y los más bajos a los peces más jóvenes (< 10 trimestres/2.5 años). La F promedio anual viene aumentando para todas las clases de edad desde 2009. Se estimó una ligera disminución para 2017, seguida por un nuevo aumento en 2018.

Históricamente, las pesquerías cerqueras asociadas a delfines y no asociadas han tenido el mayor impacto sobre la biomasa reproductora del aleta amarilla, seguidas por las pesquerías sobre objetos flotantes ([Figura 4](#)). En los años más recientes, el impacto de las pesquerías sobre objetos flotantes ha sido mayor que aquel de las pesquerías no asociadas, y en 2018 se estimó que el impacto de las pesquerías sobre objetos flotantes superó aquel de las pesquerías asociadas a delfines. Los impactos de las pesquerías palangreras y cerqueras de descarte son mucho menores, y han disminuido en los últimos años.

El SBR se encuentra sustancialmente por debajo del nivel de ($S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 0.76$), al igual que la biomasa de peces de 3 trimestres y más de edad ($B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 0.84$; [Figura 5](#)). Se estima que actualmente $F > F_{\text{RMS}}$, con base en la distribución actual del esfuerzo entre las distintas pesquerías y (multiplicador de $F = 0.89$, intervalos de confianza (IC) aproximados = (0.79,0.99), [Figura 5](#)), y las capturas en 2018 estuvieron en ese nivel ([Tabla 1](#)). Esto representa un cambio sustancial con respecto a la evaluación previa, que estimó que $F \approx F_{\text{RMS}}$ (multiplicador de $F = 0.99$; IC = (0.88, 1.10)). Estas interpretaciones están sujetas a incertidumbre, pero no rebasan los puntos de referencia límite; sin embargo, son altamente sensibles a los supuestos acerca de la relación entre el tamaño de la población y el reclutamiento (inclinación; h), la ponderación asignada a los distintos conjuntos de datos (en particular a los datos de CPUE de palangre), la curva de crecimiento, y las tasas supuestas de mortalidad natural (M) para de aleta amarilla, tal como se mostró

³ *Spawning biomass ratio* (cociente de biomasa reproductora): la razón de la biomasa reproductora actual a aquella de la población sin pesca

en evaluaciones previas.

Es importante señalar que la curva que relaciona el rendimiento sostenible promedio con la mortalidad por pesca a largo plazo es plana alrededor del nivel de RMS ([SAC-08-04b](#)); por lo tanto, cambios moderados en los niveles de esfuerzo a largo plazo cambiarán las capturas a largo plazo de forma tan sólo marginal, como se puede ver en las capturas proyectadas con la F actual y F_{RMS} , pero cambiarán la biomasa reproductora considerablemente. Mantener la mortalidad por pesca por debajo del nivel de RMS causaría solamente una disminución marginal del rendimiento promedio a largo plazo, con el beneficio de un aumento relativamente grande de la biomasa reproductora. Además, si se basa la ordenación en la evaluación de caso base, que supone que no existe una relación población-reclutamiento, pero en realidad sí existe esa relación, la pérdida en rendimiento sería mayor que si se basara la ordenación en suponer que sí existe la relación, pero en realidad no fuese así ([SAC-08-04b](#)).

En general, el peso promedio del aleta amarilla capturado en la pesquería ha sido consistente a lo largo del tiempo, pero varía sustancialmente entre las distintas pesquerías. Las pesquerías OBJ, NOA-N, y cañera capturan aletas amarillas más jóvenes y más pequeños que las pesquerías NOA-S, DEL, y LL. Las pesquerías LL y la pesquería DEL-S capturan aleta amarilla más viejo y más grande que las pesquerías DEL-N y DEL-C. En los últimos años, sin embargo, la talla promedio de algunas pesquerías que seleccionan peces más grandes mostró un aumento ([SAC-10 INF-F](#)).

Los cálculos del RMS indican que, al menos en teoría, se podría incrementar las capturas si se dirigiera el esfuerzo de pesca hacia el palangre y los lances cerqueros sobre aletas amarillas asociados a delfines. Esto incrementaría también los SBR_{RMS} .

El RMS ha sido estable durante el periodo de la evaluación (1975-2018) ([Figura 6](#)), lo cual sugiere que el patrón general de selectividad no ha variado mucho a lo largo del tiempo. Sin embargo, el nivel general de esfuerzo de pesca relativo al nivel de RMS ha variado a lo largo del tiempo, como lo indica la variación del multiplicador de F a lo largo del tiempo.

Si el esfuerzo de pesca continúa en niveles recientes, y el reclutamiento futuro es aproximadamente medio, se predice que tanto la biomasa reproductora (S ; [Figura 2](#)) como las capturas de las pesquerías de superficie ([Figura 7](#)) aumentarán ligeramente en el futuro cercano. Sin embargo, se predice que S se estabilizará por debajo de S_{RMS} . Los intervalos de confianza son anchos, y existe una probabilidad moderada que el SBR esté sustancialmente por encima o por debajo del SBR en RMS. Se predice que las capturas se estabilizarán en un nivel similar al RMS, porque la curva de rendimiento es plana alrededor de la F actual y F_{RMS} (ver la [Figura 8](#) en [SAC-08-04b](#)), suponiendo que el modelo de caso base sea una buena aproximación de la dinámica de la población (ver [SAC-10 INF-F](#)).

Si se supone una relación población-reclutamiento, el pronóstico es más pesimista: se estima que el esfuerzo actual está sustancialmente por encima del nivel de RMS ([Tabla 1](#)), y la biomasa reproductora sustancialmente por debajo de dicho nivel ([Figura 2](#)). Las evaluaciones previas ([SAC-07-05b](#)) y otras investigaciones ([SAC-10 INF-F](#)) han indicado que la condición de la población es también sensible al valor supuesto para el tamaño promedio de los peces más viejos (L_2), y que se obtienen resultados más pesimistas si se suponen valores más altos para este parámetro. Los resultados son asimismo más pesimistas si se reduce la ponderación asignada a los datos de frecuencia de talla y más optimistas si se ajusta el modelo más estrechamente al índice de abundancia relativa basado en la CPUE de la pesquería DEL-N en lugar de la de la pesquería LL-S.

Los resultados recientes del proyecto [H.1.a](#), parte del plan de trabajo para mejorar la evaluación del patudo, están resaltando problemas similares que han sido identificados en la evaluación actual del aleta amarilla. En el documento [SAC-10 INF-F](#) se describe una investigación de los motivos de este cambio de F/F_{RMS} en la evaluación del aleta amarilla.

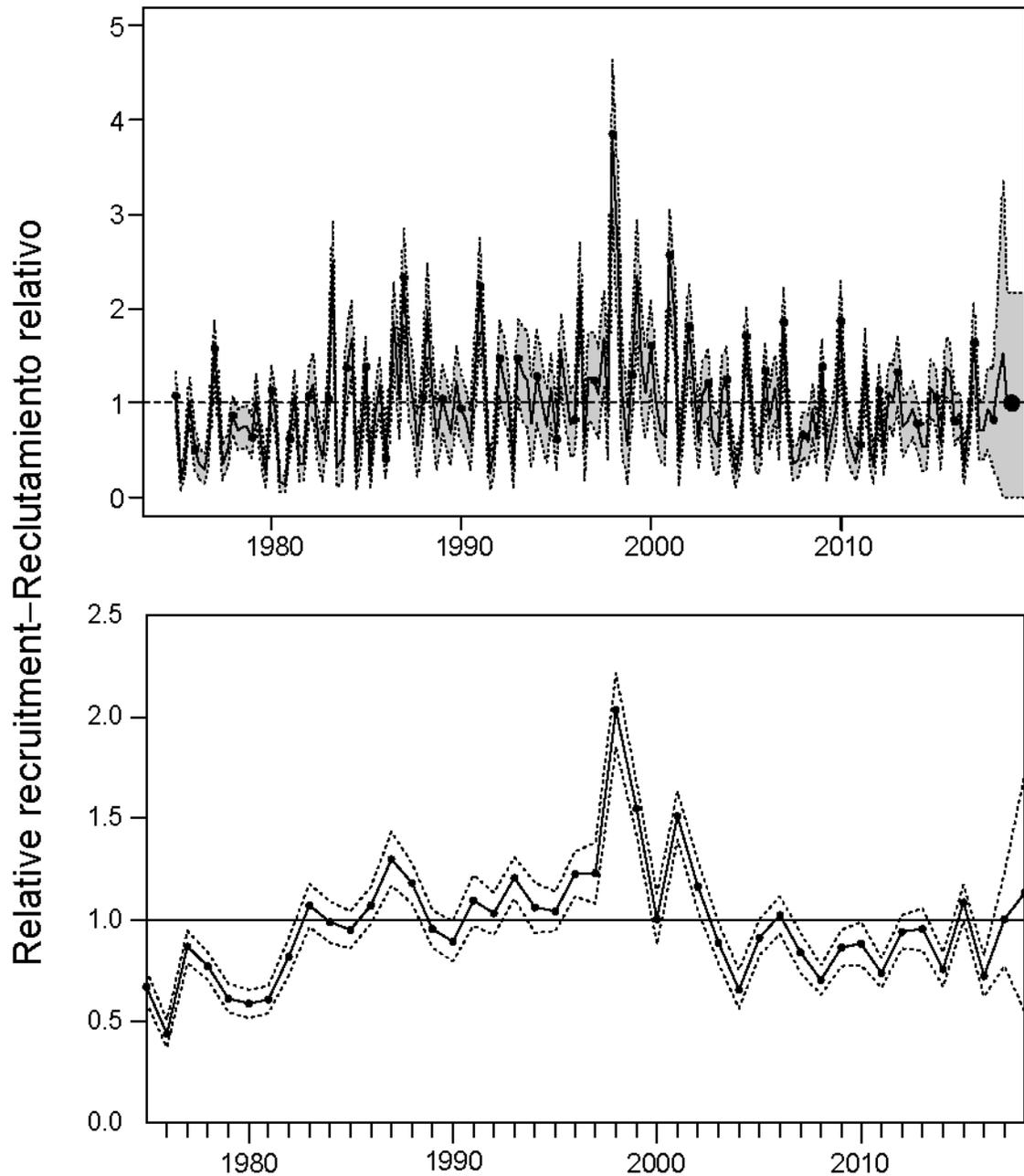


FIGURE 1. Estimated quarterly (top panel) and annual (bottom panel) recruitment at age zero of yellowfin tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the average recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line illustrates the maximum likelihood estimates of recruitment, and the shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

FIGURA 1. Reclutamiento trimestral (recuadro superior) y anual (recuadro inferior) estimado de atún aleta amarilla de edad cero a las pesquerías del OPO. Se ajusta la escala de las estimaciones para que el reclutamiento medio equivalga a 1.0 (línea de trazos horizontal). La línea sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima del reclutamiento, y la zona sombreada los límites de confianza de 95% aproximados de las estimaciones.

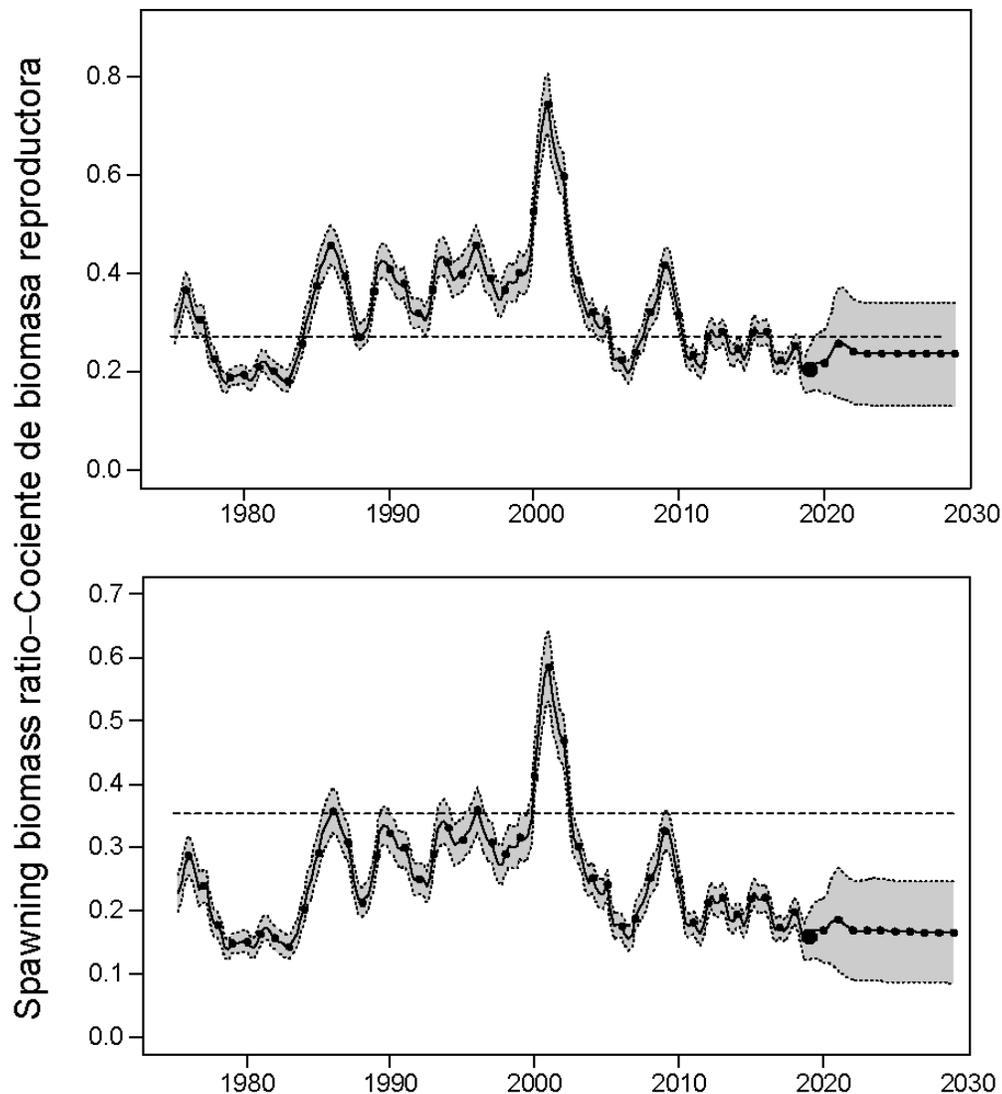


FIGURE 2. Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2019-2029 based on average fishing mortality rates during 2016-2018, from the base case (top) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$, bottom). The dashed horizontal line (at 0.27 and 0.35, respectively) identifies the SBR at MSY. The solid curve illustrates the maximum likelihood estimates, and the estimates after 2019 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2016-2018, and average environmental conditions occur during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

FIGURA 2. Cocientes de biomasa reproductora (SBR) de atún aleta amarilla en el OPO, con proyecciones para 2019-2029 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2016-2018, del caso base (arriba) y el análisis de sensibilidad que supone una relación población-reclutamiento ($h = 0.75$, abajo). La línea de trazos horizontal (en 0.27 y 0.35, respectivamente) identifica el SBR correspondiente al RMS. La curva sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2018 (punto grande) indican el SBR que se predice ocurrirá con tasas de mortalidad por pesca en el promedio de aquellas observadas durante 2016-2018, y con condiciones ambientales medias durante los 10 años próximos. El área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% aproximados alrededor de esas estimaciones.

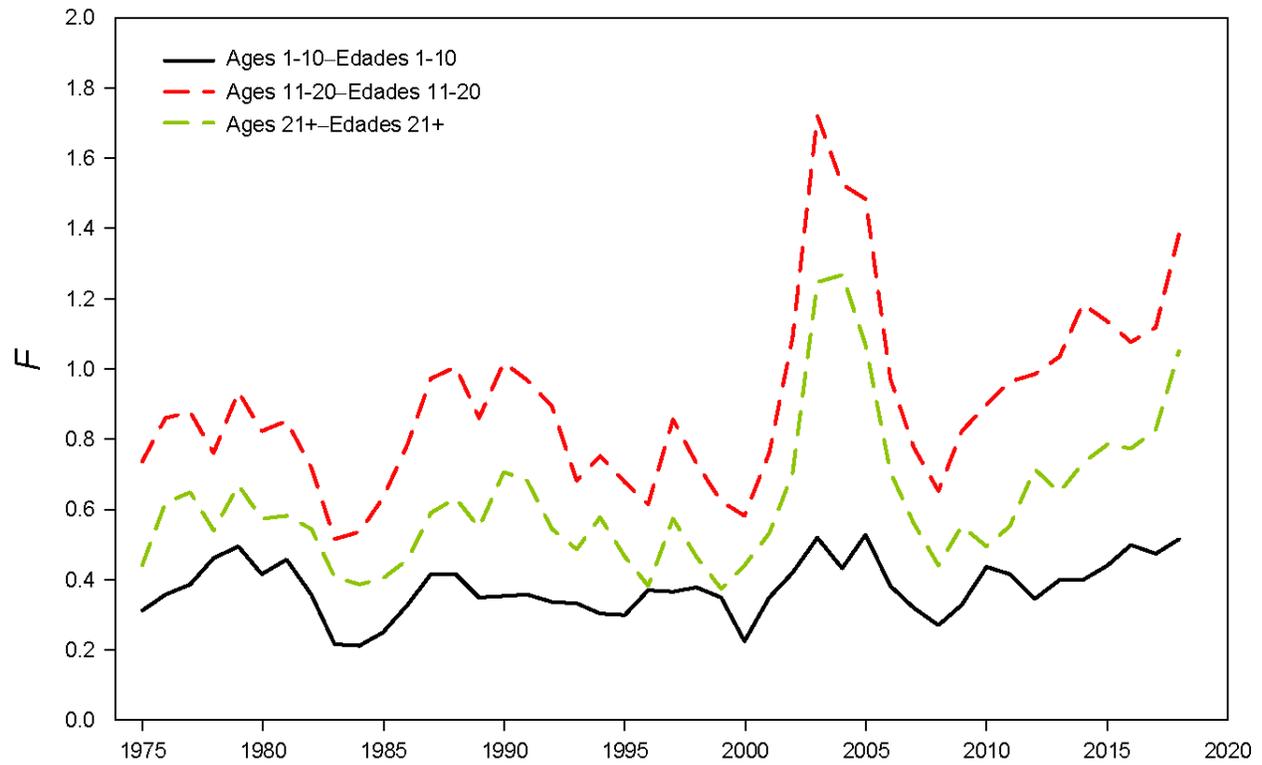


FIGURE 3. Average annual fishing mortality (F) by age groups, by all gears, of yellowfin tuna recruited to the fisheries of the EPO. The age groups are defined by age in quarters.

FIGURA 3. Mortalidad por pesca (F) anual media, por grupo de edad, por todas las artes, de atún aleta amarilla reclutado a las pesquerías del OPO. Se definen los grupos de edad por edad en trimestres.

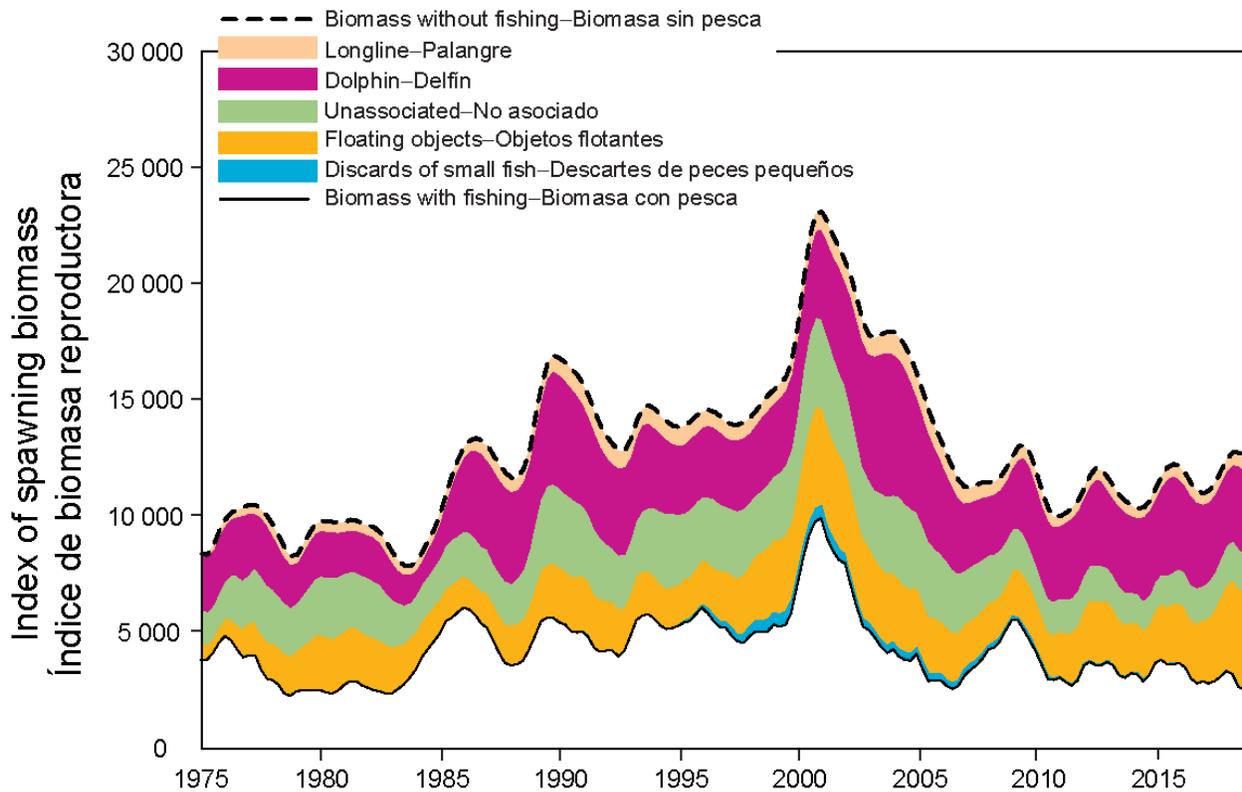


FIGURE 4. Biomass trajectory of a simulated population of yellowfin tuna that was never exploited (dashed line) and that predicted by the stock assessment model (solid line). The shaded areas between the two lines show the portions of the fishery impact attributed to each fishing method.

FIGURA 4. Trayectoria de la biomasa de una población simulada de atún aleta amarilla que nunca fue explotada (línea de trazos) y aquella predicha por el modelo de evaluación de la población (línea sólida). Las áreas sombreadas entre las dos líneas representan la porción del impacto de la pesca atribuida a cada método de pesca.

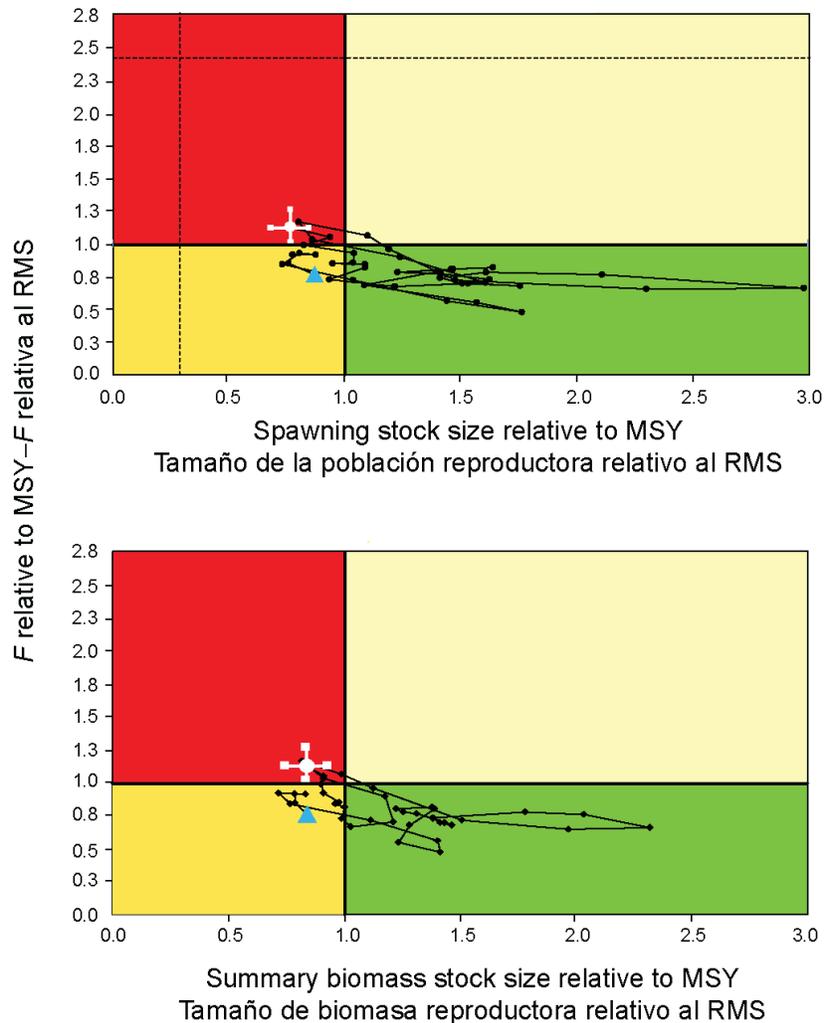


FIGURE 5. Kobe (phase) plot of the time series of estimates of stock size (top: spawning biomass; bottom: total biomass of fish aged 3 quarters and older) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent target reference points (S_{MSY} and F_{MSY}). The dashed lines represent the interim limit reference points of $0.28 * S_{MSY}$ and $2.42 * F_{MSY}$, which correspond to a 50% reduction in recruitment from its average unexploited level based on a conservative steepness value ($h = 0.75$) for the Beverton-Holt stock-recruitment relationship. Each dot is based on the average exploitation rate over three years; the large red dot indicates the most recent estimate. The squares around the most recent estimate represent its approximate 95% confidence interval. The triangle represents the first 3-year period (1975-1977).

FIGURA 5. Gráfica de Kobe (fase) de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población (arriba: biomasa reproductora; abajo: biomasa total de peces de 3 trimestres o más de edad) y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de RMS. Los paneles representan puntos de referencia objetivo (S_{RMS} y F_{RMS}). Las líneas de trazos representan los puntos de referencia límite de $0.28 * S_{RMS}$ y $2.42 * F_{RMS}$, que corresponden a una reducción de 50% del reclutamiento de su nivel medio no explotado basada en un valor cauteloso de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt ($h = 0.75$). Cada punto se basa en la tasa de explotación media de tres años; el punto rojo grande indica la estimación más reciente. Los cuadrados alrededor de la estimación más reciente representan su intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo representa el primer trienio (1975-1977).

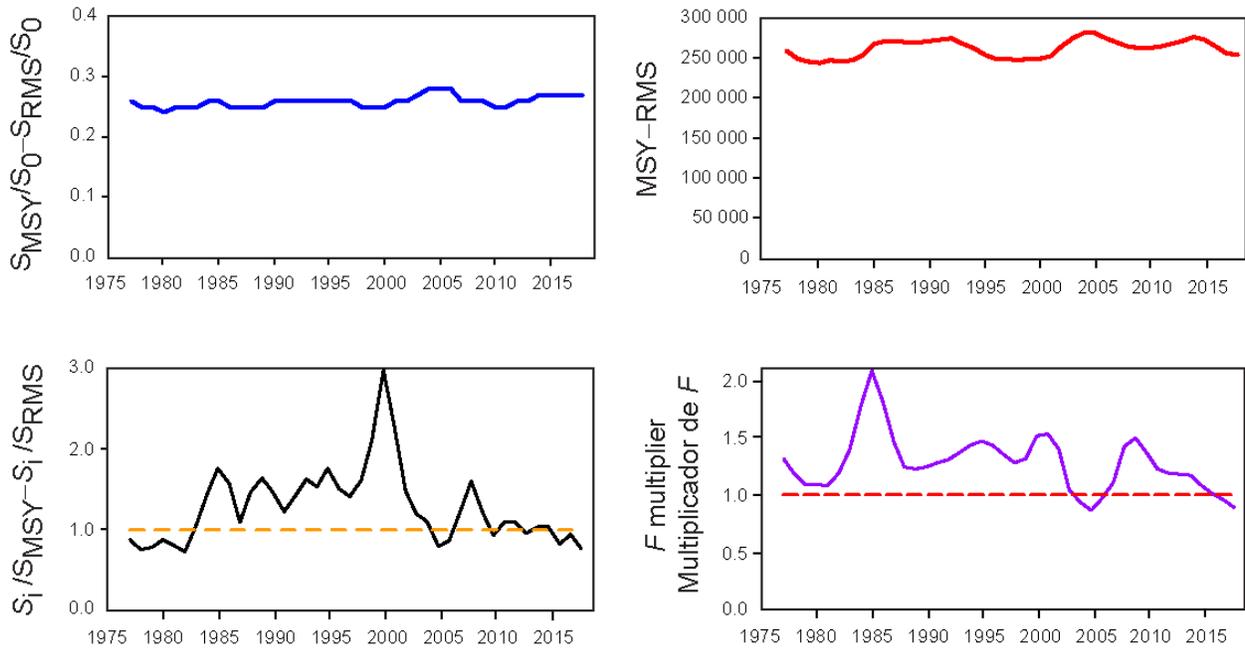


FIGURE 6. Estimates of MSY-related quantities calculated using the average age-specific fishing mortality for each year (S_i is the index of spawning biomass at the end of the last year in the assessment).

FIGURA 6. Estimaciones de cantidades relacionadas con el RMS calculadas a partir de la mortalidad por pesca media por edad para cada año. (S_i es el índice de la biomasa reproductora al fin del último año en la evaluación).

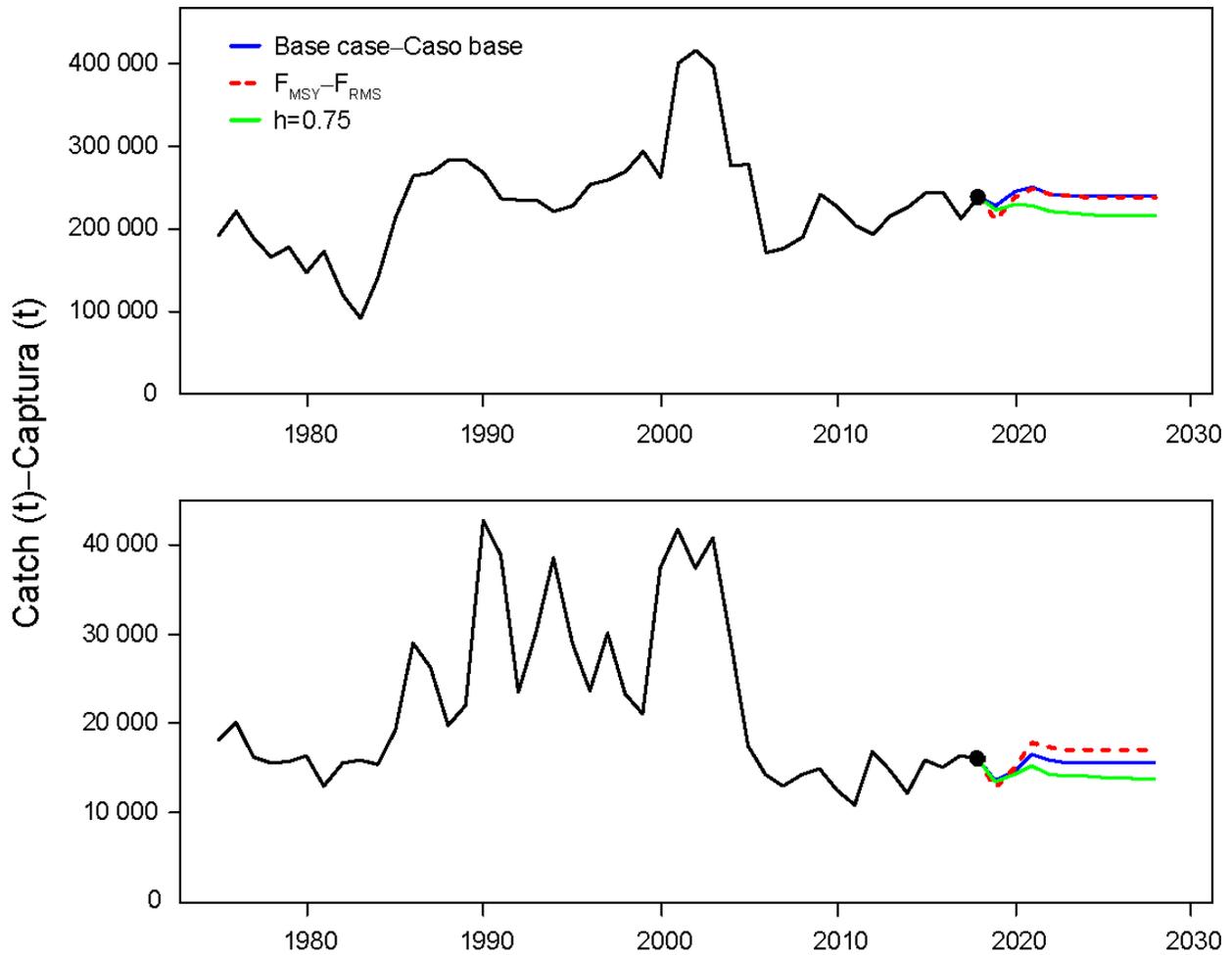


FIGURE 7. Historic and projected annual catches of yellowfin tuna by surface (top panel) and longline (bottom panel) fisheries from the base case while fishing with the current effort, the base case while fishing at the fishing mortality corresponding to MSY (F_{MSY}), and the analysis of sensitivity to steepness ($h = 0.75$) of the stock-recruitment relationship while fishing with the current effort. The large dot indicates the most recent catch (2018).

FIGURA 7. Capturas históricas y proyectadas de atún aleta amarilla de las pesquerías de superficie (panel superior) y palangre (panel inferior), del caso base con el nivel actual de esfuerzo, del caso base con la mortalidad por pesca correspondiente al RMS (F_{RMS}), y el análisis de sensibilidad a la inclinación ($h = 0.75$) de la relación población-reclutamiento con el nivel actual de esfuerzo. El punto grande indica la captura más reciente (2018).

TABLE 1. MSY and related quantities for the base case and the stock-recruitment relationship sensitivity analysis, based on average fishing mortality (F) for 2016-2018. B_{recent} and B_{MSY} are defined as the biomass, in metric tons, of fish 3+ quarters old at the start of the first quarter of 2019 and at MSY, respectively, and S_{recent} and S_{MSY} are defined as indices of spawning biomass (therefore, they are not in metric tons). C_{recent} is the estimated total catch for 2018.

TABLA 1. RMS y cantidades relacionadas para el caso base y el análisis de sensibilidad a la relación población-reclutamiento, basados en la mortalidad por pesca (F) media de 2016-2018. Se definen B_{reciente} y B_{RMS} como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2018 y en RMS, respectivamente, y S_{reciente} y S_{RMS} como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas). C_{reciente} es la captura total estimada de 2018.

YFT	Base case Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	254,975	268,782
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	371,787	552,161
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,638	6,022
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.31	0.37
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.35
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{reciente}}/\text{RMS}$	1.00	0.95
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}}$	0.84	0.55
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}}$	0.76	0.45
F multiplier-Multiplicador de F	0.89	0.58