

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

NOVENA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

14-18 de mayo de 2018

DOCUMENTO SAC-09-06

CONDICIÓN DEL ATÚN ALETA AMARILLA EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2017 Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Carolina V. Minte-Vera, Mark N. Maunder, y Alexandre Aires-da-Silva

RESUMEN EJECUTIVO

1. La evaluación del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental en 2017 usa el mismo modelo que la evaluación previa, e incluye datos nuevos y actualizados
2. Existe incertidumbre acerca de los niveles recientes y futuros de reclutamiento y la biomasa. Han ocurrido posiblemente tres diferentes regímenes de productividad de reclutamiento desde 1975, y los niveles de rendimiento máximo sostenible (RMS) y las biomásas correspondientes al RMS (B_{RMS} , S_{RMS}) pueden haber diferido entre regímenes. El reclutamiento fue inferior al promedio hasta 1982, generalmente superior al promedio desde 1983 hasta 2002, y luego generalmente inferior al promedio hasta 2014. Se estima que los reclutamientos anuales de 2015 y 2016 fueron medios o ligeramente superiores al promedio, al igual que el reclutamiento anual de 2017. El cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*, SBR) estuvo en, o por debajo de, el nivel de RMS durante 2005-2017, excepto durante 2008-2010. Sin embargo, el principio de 2018 estuvo por encima del nivel de RMS, consecuente a los grandes reclutamientos de 2015 y 2016. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2015-2017), se predice que el SBR aumentará en los próximos dos años, y se estabilizará alrededor del nivel de RMS si el reclutamiento es medio.
3. La mortalidad por pesca (F) reciente fue ligeramente superior al nivel de RMS (F_{RMS} ; multiplicador de $F = 0.99$). Se estima que la biomasa reproductora (S) actual se encuentra por encima de dicho nivel ($S_{reciente}/S_{RMS} = 1.08$), al igual que la biomasa reciente de peces de 3 trimestres o más de edad (B) ($B_{reciente}/B_{RMS} = 1.35$). Tal como se comentó en el documento [SAC-07-05b](#), estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos acerca de la inclinación (h) de la relación población-reclutamiento, el tamaño medio de los peces más viejos (L_2), y la tasa de mortalidad natural (M). Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento, un valor más alto de L_2 , y una M más baja para los aletas amarillos adultos. En evaluaciones previas se reportó que los componentes de datos divergen en su información sobre los niveles de abundancia: los resultados son 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 captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería cerquera asociada a delfines del norte en lugar de la de la pesquería palangrera del sur.
4. 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 de los peces de todas las clases de edad viene aumentando desde 2009, pero en

2017 mostró una ligera disminución para todos los grupos de edad.

5. Aumentar el peso promedio del aleta amarilla capturado podría incrementar el RMS.
6. Los temas siguientes siguen siendo prioritarios para investigaciones futuras para mejorar la evaluación de la población de aleta amarilla:
 - a. Análisis de cambios en la distribución espacial del esfuerzo de la pesquería palangrera del sur, y cambios potenciales en el objetivo de la pesca, si éstos invalidan el uso de la CPUE de esta pesquería como índice de principal de abundancia en el modelo de evaluación, y si es necesario un cambio temporal en la selectividad.
 - b. Implementación de un programa de marcado a gran escala para probar hipótesis sobre la estructura de la población y diferencias regionales en los parámetros del ciclo vital y la reducción de la población.
 - c. Mejores estimaciones del crecimiento, particularmente para los peces más viejos.
 - d. Ponderación de los distintos conjuntos de datos ajustados al modelo de evaluación.
 - e. Refinamiento de las definiciones de las pesquerías en el modelo de evaluación.
 - f. Implementación de selectividad con variación temporal, principalmente para las pesquerías cerqueras sobre objetos flotantes.
 - g. Exploración de supuestos alternativos sobre la estructura de la población en el modelo de evaluación.

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), realizado 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 2017 (Documento [SAC-08-04b](#)), y que solamente los datos usados en el modelo han sido actualizados. *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 en la región alrededor del límite occidental del OPO en 150°O. La mayor parte de la captura en el OPO proviene de lances cerqueros sobre aletas amarillas asociados a delfines y en cardúmenes no asociados. 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 el hecho que las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) palangrera son 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 superficie y se añadieron datos nuevos de 2017. Se dispuso de datos nuevos o actualizados de captura palangrera para China (2016), Japón (2015-2017), Corea (2016), Taipéi Chino (2014-2016), Estados Unidos (2015-2016), Polinesia Francesa (2016), Vanuatu (2016), y otras naciones (2010-2016). Para las pesquerías

palangreras sin datos de captura, 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 para 2017. Se dispuso de datos de CPUE nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa para 2016-2017. Se añadieron datos nuevos de composición por tamaño de la pesquería de superficie para 2017, y se actualizaron los datos del último trimestre de 2016. Se dispuso de datos nuevos o actualizados de frecuencia de tallas de la flota palangrera comercial japonesa para 2014-2015.

En general, el reclutamiento del aleta amarilla a las pesquerías en el OPO es variable, con un componente estacional. El presente análisis y análisis previos indican que la población ha pasado probablemente por tres regímenes de productividad de reclutamiento diferentes (1975-1982, 1983-2002, 2003-2014). El reclutamiento fue inferior al promedio hasta 1982, generalmente superior al promedio entre 1983 y 2002, y luego generalmente inferior al promedio desde 2003 hasta 2014 ([Figura 1](#)). Se estimó que los reclutamientos anuales más recientes (2015-2017) fueron medios o ligeramente superiores al promedio, debido a los altos reclutamientos trimestrales en 2015 (trimestres 3 y 4), 2016 (trimestres 2 y 4) y 2017 (trimestre 1), pero estas estimaciones son altamente inciertas. Las estimaciones de reclutamiento en 2017 podrían estar sesgadas positivamente, debido a un patrón retrospectivo ya observado en evaluaciones previas. Los regímenes de productividad corresponden a regímenes en 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.

El cociente de biomasa reproductora (la razón de la biomasa reproductora actual a aquella de la población sin pesca; *spawning biomass ratio*, SBR) del aleta amarilla en el OPO estuvo por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (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](#)). Es posible que los diferentes regímenes de productividad apoyen diferentes niveles de RMS y de los SBR asociados. 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. Se estima que desde 2011 el SBR ha estado en, o ligeramente por debajo de, el nivel de RMS, consecuente a la serie de reclutamientos bajos desde 2007, que coincidieron con una serie de eventos fuertes de La Niña. Sin embargo, se estimó que, al principio de 2018, el SBR era 0.29, más que el nivel de RMS (0.27), debido a los reclutamientos superiores al promedio de 2015 y 2016, que coincidieron con el evento de El Niño de 2014-2016. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2015-2017) y la estimación actual del reclutamiento reciente, se predice que el SBR seguirá aumentando durante dos años, y luego disminuirá y se estabilizará en el nivel de RMS ([Figura 2](#)), suponiendo que el reclutamiento sea medio.

Se han estimado niveles sustanciales de mortalidad por pesca 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). 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. Los impactos de las pesquerías palangreras y de descarte de cerqueros son mucho menores, y han disminuido en los últimos años.

Se estima que la mortalidad por pesca es ligeramente superior al nivel soportaría el RMS, con base en la distribución actual del esfuerzo entre las distintas pesquerías (multiplicador de $F = 0.99$), pero los intervalos de confianza son anchos ([Figura 5](#)), y las capturas recientes han estado por debajo de dicho nivel ([Tabla](#)

1). El SBR está por encima del nivel de RMS ($S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 1.08$), al igual que la biomasa de peces de 3 trimestres y más de edad ($B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 1.35$), debido a los grandes reclutamientos recientes. Es importante destacar que la curva que relaciona el rendimiento sostenible promedio a 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, pero cambiarán la biomasa 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](#)).

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. En general, las pesquerías sobre objetos flotantes, no asociada del norte, y cañera capturan aletas amarillas más jóvenes y más pequeños que las pesquerías no asociada del sur, asociada a delfines, y palangrera. Las pesquerías palangreras y la pesquería asociada a delfines en la región sur capturan aleta amarilla más viejo y más grande que las pesquerías asociadas a delfines del norte y costera.

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 correspondientes al RMS.

El RMS ha sido estable durante el periodo de la evaluación (1975-2017) ([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 ha variado con respecto al nivel de RMS.

Si se supone una relación población-reclutamiento, el pronóstico es más pesimista: se estima que el esfuerzo actual está por encima del nivel de RMS ([Tabla 1](#)), pero se predice que la biomasa reproductora crecerá a un nivel superior al RMS en los dos próximos años ([Figura 2](#)). Sin embargo, los intervalos de confianza son anchos, y existe una probabilidad moderada de que el SBR acabará sustancialmente por encima o por debajo de dicho nivel. Si el esfuerzo de pesca continúa en niveles recientes, se predice que tanto la biomasa reproductora ([Figura 2](#)) como las capturas de las pesquerías de superficie ([Figura 7](#)) aumentarán en el futuro cercano, y luego disminuirán a por debajo del nivel actual, suponiendo un reclutamiento promedio.

Las evaluaciones previas ([SAC-07-05b](#)) 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 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 cerquera asociada a delfines del norte en lugar de la de la pesquería palangrera del sur.

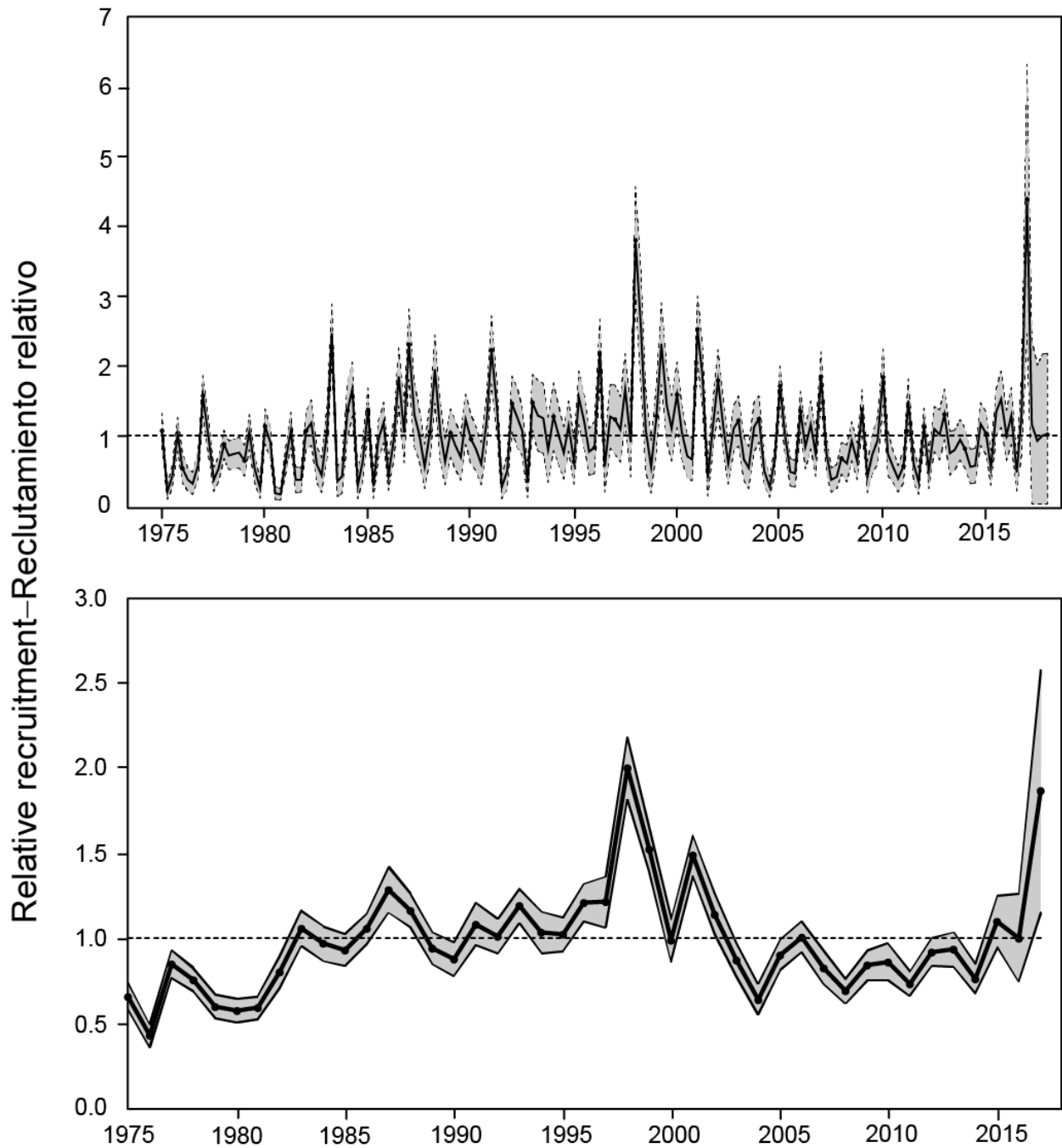


FIGURE 1. Estimated quarterly (top panel) and annual (bottom panel) recruitment at age zero of yellowfin tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the average recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line illustrates the maximum likelihood estimates of 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.

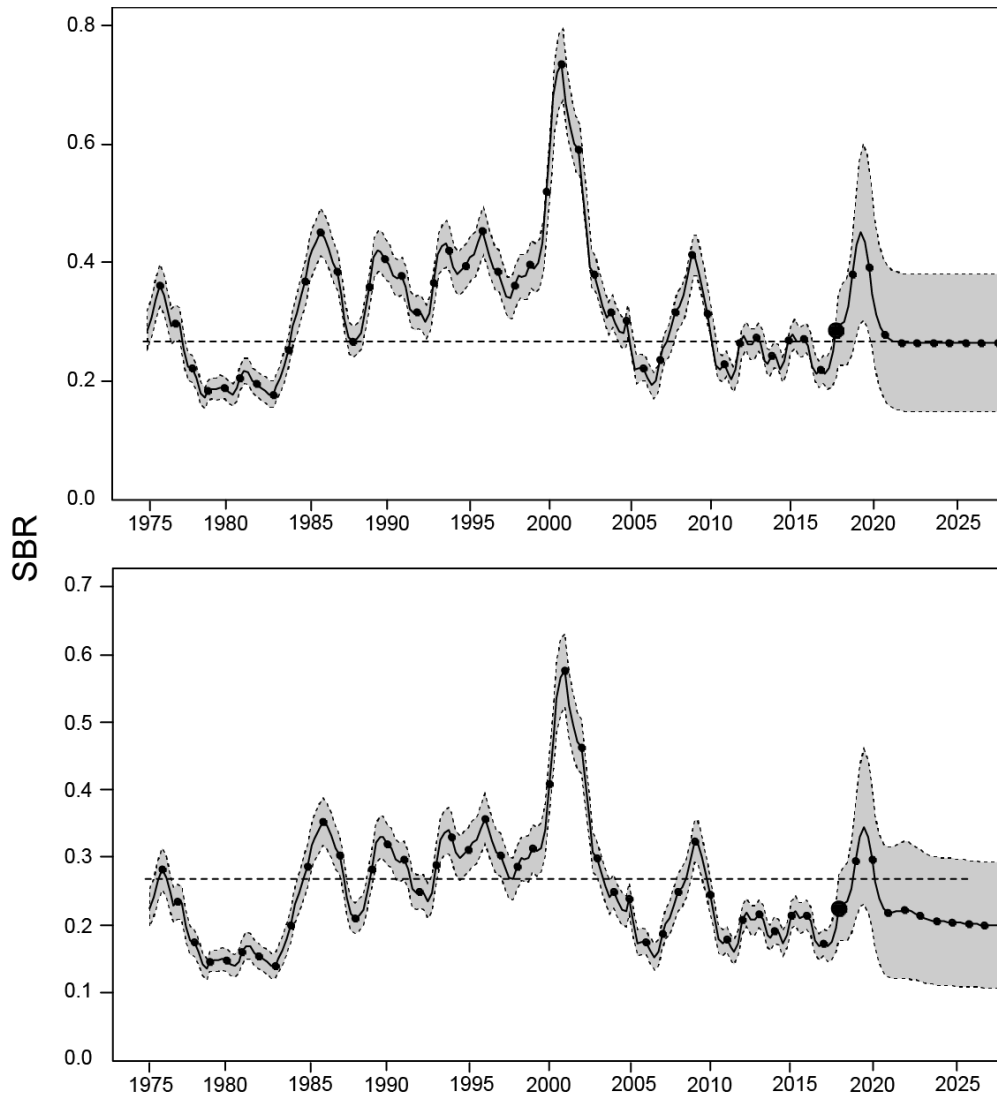


FIGURE 2. Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2018-2028 based on average fishing mortality rates during 2015-2017, from the base case (top) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$, bottom). The dashed horizontal 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 2018 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2015-2017, 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 2018-2028 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2015-2017, 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 2015-2017, 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.

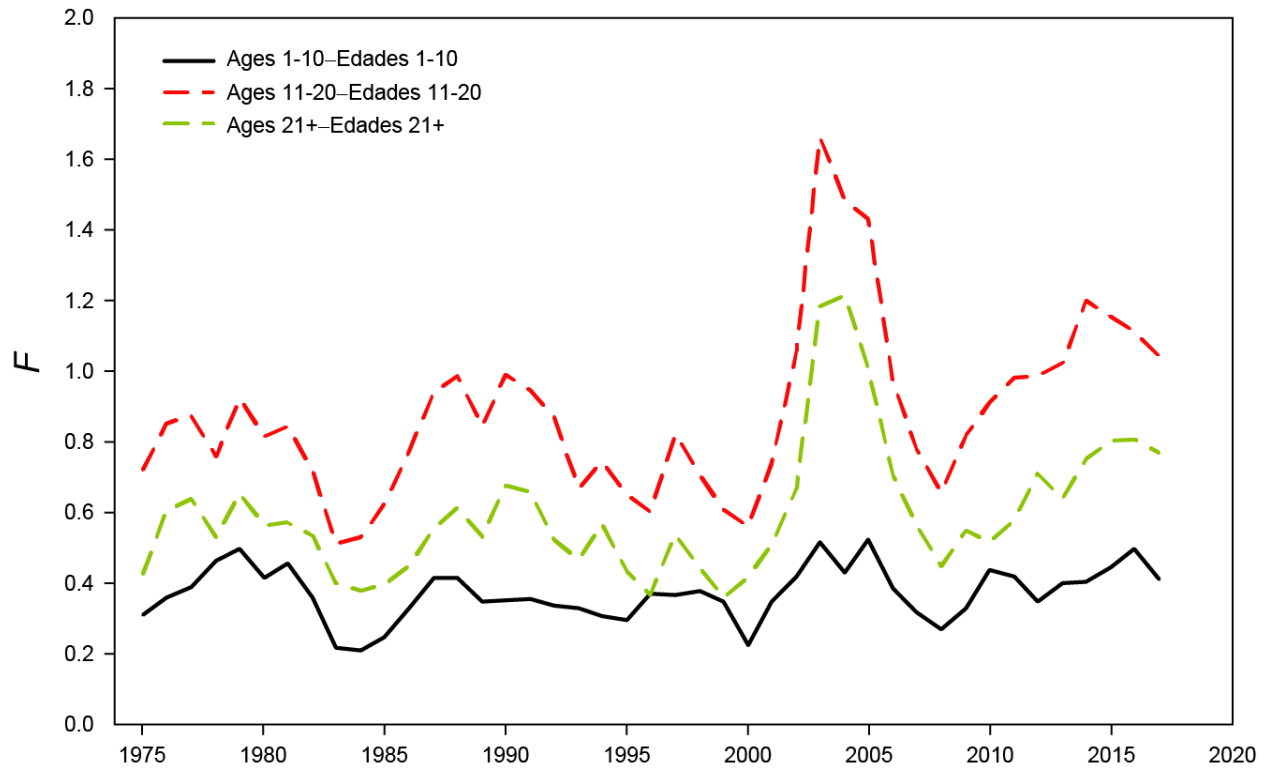


FIGURE 3. Average annual fishing mortality (F) by age groups, by all gears, of yellowfin tuna recruited to the fisheries of the EPO. The age groups are defined by age in quarters.

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.

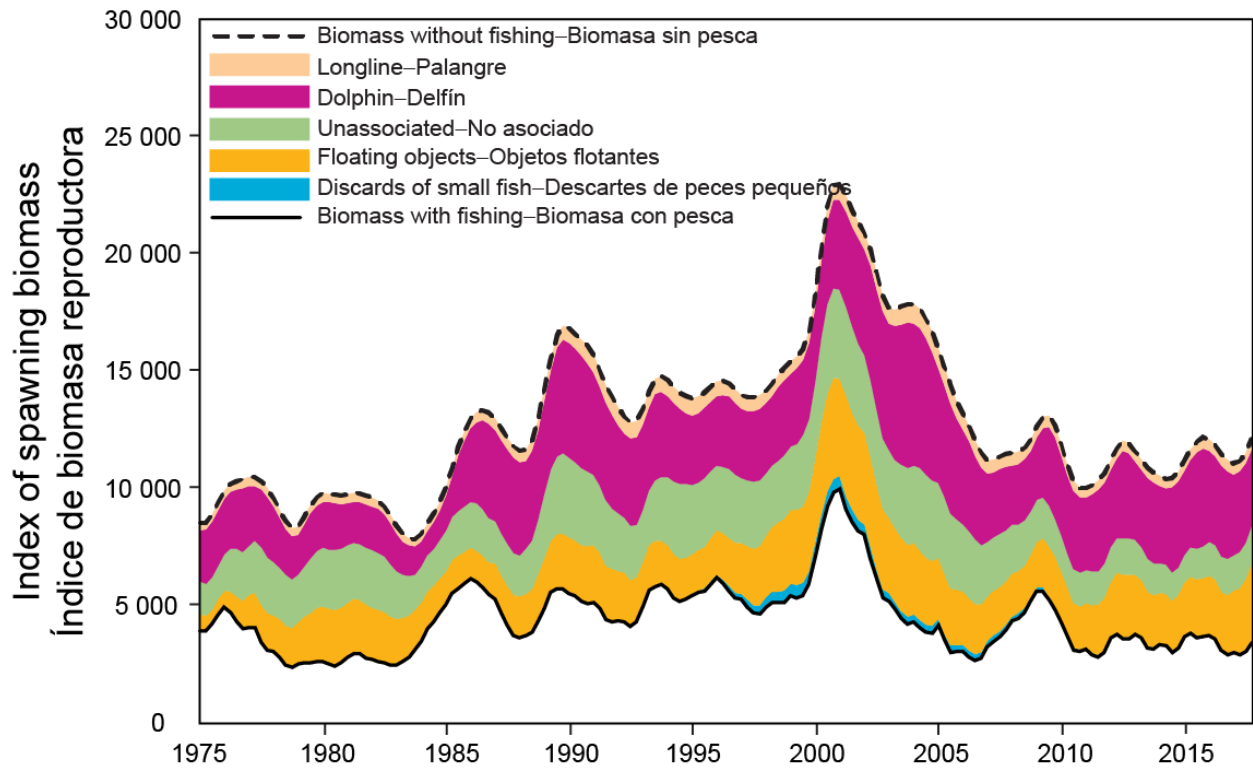


FIGURE 4. Biomass trajectory of a simulated population of yellowfin tuna that was never exploited (dashed line) and that predicted by the stock assessment model (solid line). The shaded areas between the two lines show the portions of the fishery impact attributed to each fishing method.

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.

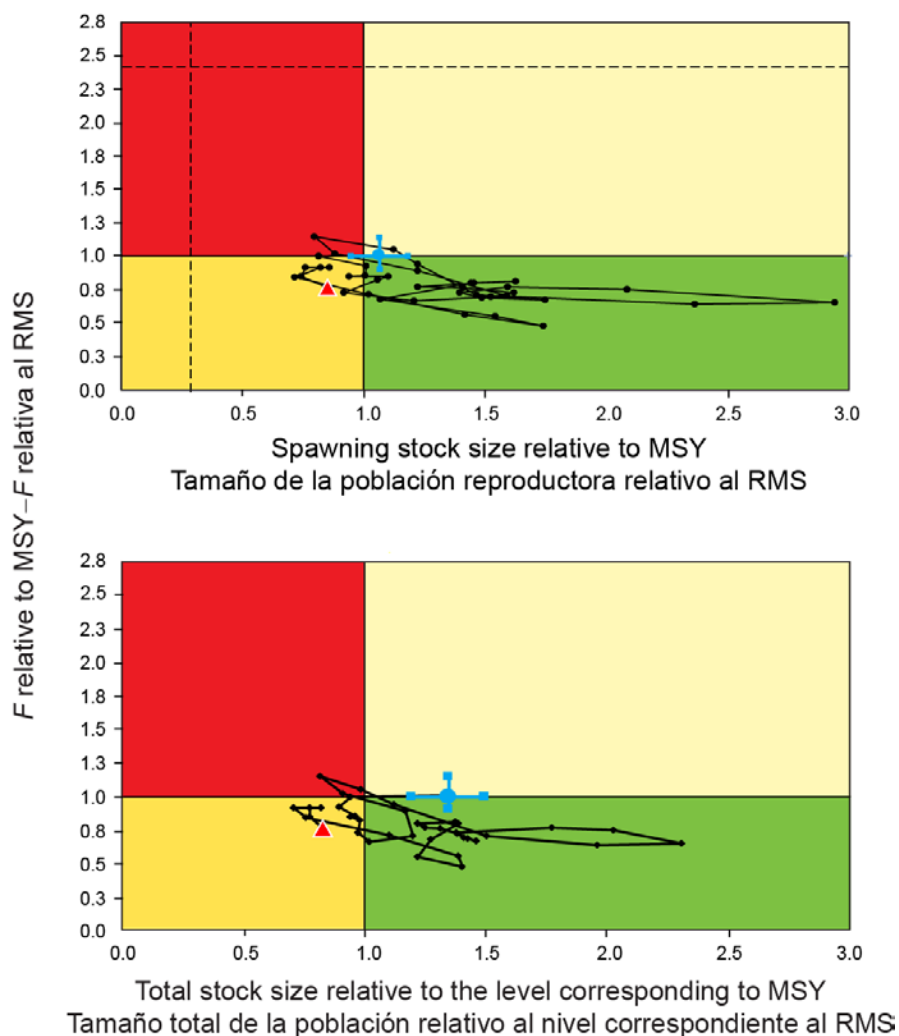


FIGURE 5. Kobe (phase) plot of the time series of estimates of stock size (top: spawning biomass; bottom: total biomass of fish aged 3 quarters and older) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent target reference points (S_{MSY} and F_{MSY}). The dashed lines 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 is 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 discontinuas 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 es el primer período de tres años (1975-1977).

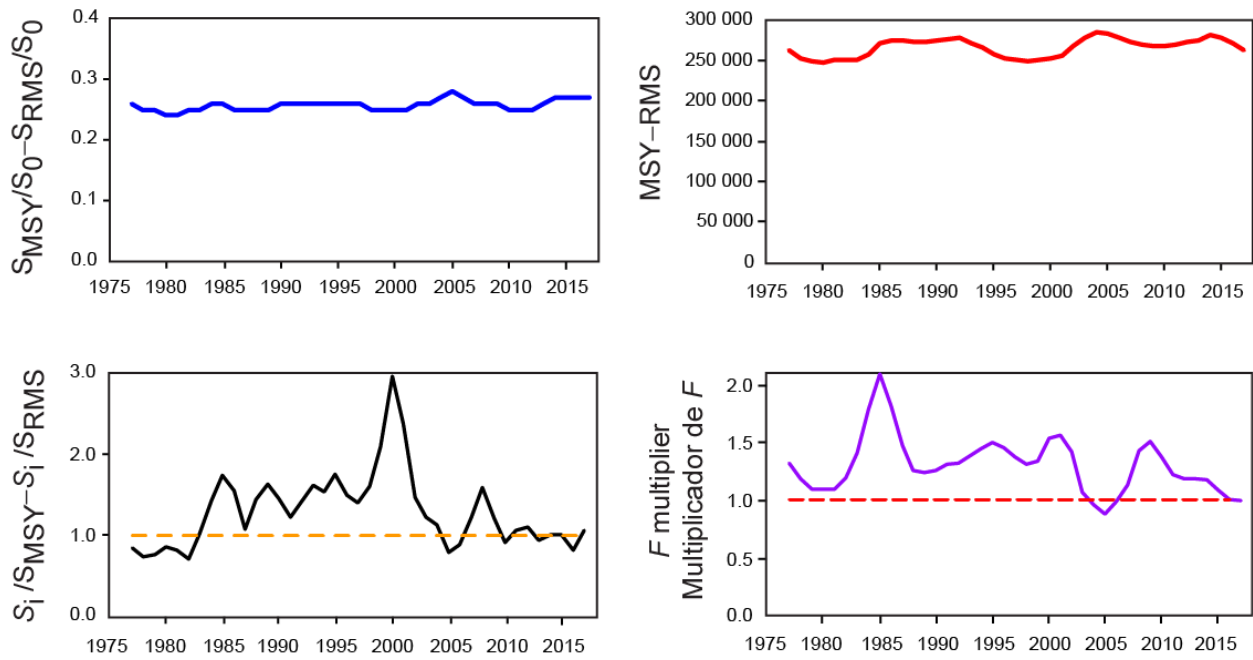


FIGURE 6. Estimates of MSY-related quantities calculated using the average age-specific fishing mortality for each year (S_i is the index of spawning biomass at the end of the last year in the assessment).

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).

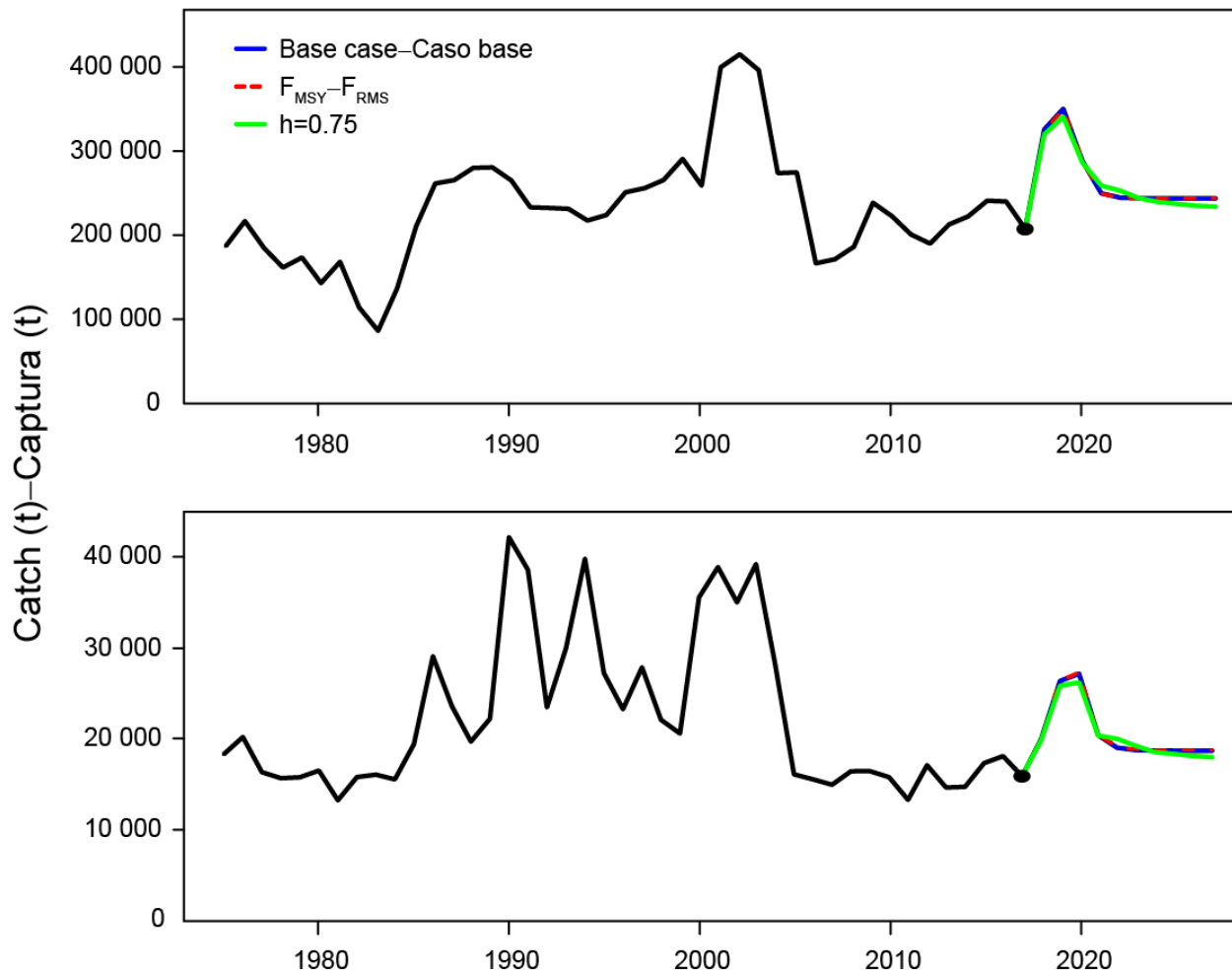


FIGURE 7. Historic and projected annual catches of yellowfin tuna by surface (top panel) and longline (bottom panel) fisheries from the base case while fishing with the current effort, the base case while fishing at the fishing mortality corresponding to MSY (F_{MSY}), and the analysis of sensitivity to steepness ($h = 0.75$) of the stock-recruitment relationship while fishing with the current effort. The large dot indicates the most recent catch (2017).

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 (2017).

TABLE 1. MSY and related quantities for the base case and the stock-recruitment relationship sensitivity analysis, based on average fishing mortality (F) for 2015-2017. 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 2018 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 2017.

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 2015-2017. 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 2017.

YFT	Base case Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	264,283	278,584
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	376,696	560,713
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,634	6,080
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.31	0.37
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.35
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{reciente}}/\text{RMS}$	0.85	0.81
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}}$	1.35	0.89
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}}$	1.08	0.64
F multiplier-Multiplicador de F	0.99	0.64