

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

OCTAVA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

8-12 de mayo de 2017

DOCUMENTO SAC-08-04b

CONDICIÓN DEL ATÚN ALETA AMARILLA EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2016 Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

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

RESUMEN EJECUTIVO

1. La evaluación del atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 2016 es similar a la evaluación previa.
2. Existe incertidumbre con respecto a los niveles de reclutamiento y biomasa recientes y futuros. Han ocurrido posiblemente tres regímenes distintos de productividad desde 1975, y los niveles de rendimiento máximo sostenible (RMS) y las biomásas correspondientes al RMS podrían ser diferentes entre regímenes. El reclutamiento fue inferior al promedio hasta 1982, principalmente superior al promedio desde 1983 hasta 2002, y luego principalmente inferior al promedio hasta 2014. Se estima que los reclutamientos anuales de 2015 y 2016 fueron superiores al promedio. El cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*; SBR) ha estado en el promedio, o por debajo del mismo, desde 2006, excepto durante 2008-2010. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2014-2016), se predice que el SBR aumentará en los dos próximos años debido a los grandes reclutamientos recientes, y se estabilizará alrededor del nivel de RMS si el reclutamiento es medio.
3. La mortalidad por pesca reciente ( $F$ ) está ligeramente por debajo del nivel de RMS de (multiplicador de  $F = 1.03$ ), y se estima que la biomasa reproductora ( $S$ ) actual está por debajo de dicho nivel ( $S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 0.86$ ). No obstante, la biomasa reciente de peces de tres trimestres de edad o más ( $B$ ) es mayor que aquella correspondiente al RMS ( $B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 1.30$ ), debido a los altos reclutamientos de 2015 y 2016. Tal como se comenta en el documento [SAC-07-05b](#), estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos acerca del parámetro de inclinación ( $h$ ) de la relación población-reclutamiento, el tamaño medio de los peces más viejos ( $L_2$ ), y el nivel supuesto de mortalidad natural ( $M$ ). Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento, un valor más alto de  $L_2$ , y tasas de  $M$  más bajas para el aleta amarilla adulto. Las evaluaciones previas informaron 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 del norte asociada a delfines en lugar de aquel de la pesquería palangrera del sur.
4. Se ha ejercido la mortalidad por pesca ( $F$ ) máxima sobre peces de entre 11 y 20 trimestres (2.75-5 años) de edad. La  $F$  media anual viene aumentando para todas clases de edad desde 2009, pero en 2016 mostró una ligera disminución para el grupo de edad de 11-20 trimestres de edad.

5. Incrementar el precio promedio del aleta amarilla capturado podría incrementar el RMS.
6. Los temas siguientes deberían ser prioritarios en investigaciones futuras para mejorar la evaluación de la población de aleta amarilla:
  - a. implementación de un programa de marcado a gran escala para abordar hipótesis acerca de la estructura de poblaciones y diferencias regionales en los parámetros del ciclo vital y del agotamiento.
  - b. Estimaciones mejoradas el crecimiento, particularmente para los peces más viejos.
  - c. Ponderación de los diferentes conjuntos de datos que se ajustan en el modelo de evaluación.
  - d. Refinamiento de las definiciones de las pesquerías dentro del modelo de evaluación.
  - e. Implementación de selectividad con variabilidad temporal, principalmente para las pesquerías cerqueras sobre objetos flotantes.
  - f. Exploración de supuestos alternativos acerca de la estructura de las poblaciones dentro del modelo de evaluación.
  - g. Análisis de cambios en la distribución espacial del esfuerzo de la pesquería palangrera del sur, y de si invalidan el uso de la CPUE de esta pesquería como índice principal de abundancia en el modelo de evaluación.

## RESUMEN DE LA EVALUACIÓN

Este informe presenta los resultados clave de una evaluación actualizada de la población del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental (OPO), realizada usando un modelo de evaluación de poblaciones estadístico integrado con estructura por edad (*Stock Synthesis* 3.23b). Evaluación « actualizada » significa que el modelo de caso base usado en la presente evaluación es el mismo que se usó en la evaluación completa previa, realizada en 2016 ([SAC-07-05a](#)), y que solamente los datos usados en el modelo han sido actualizados. El modelo *Stock Synthesis* produce una serie extensa de resultados y diagnósticos de ajuste. Están disponibles para el modelo de caso base en formatos html y pdf.

El aleta amarilla se encuentra distribuido por todo el Océano Pacífico, pero la mayor parte de la captura proviene de las zonas oriental y occidental del mismo. Las capturas cerqueras de aleta amarilla son relativamente bajas cerca del límite occidental del OPO (150°O). La mayor parte de la captura en el OPO proviene de lances cerqueros sobre atunes aleta amarilla asociados a delfines y en cardúmenes no asociados. Los estudios de marcado de aleta amarilla en el Pacífico entero señalan 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 de la especie demostrada en algunos estudios, sugiere que podrían existir múltiples poblaciones de aleta amarilla en el OPO y por todo el Océano Pacífico. Esto es consistente con el hecho que las tendencias de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería palangrera suelen variar entre zonas en el OPO. No obstante, con los datos de marcado actualmente disponibles no es posible estimar las tasas de desplazamiento entre estas poblaciones putativas ni a través del meridiano de 150°O. 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 capturas retenidas, descartes, captura por unidad de esfuerzo (CPUE), y de composición por tamaño de las capturas de varias pesquerías distintas. Se hicieron también varios supuestos sobre procesos tales como crecimiento, reclutamiento, desplazamiento, 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 2016. Se dispone de datos nuevos o actualizados de la captura palangrera de China (2015), Japón (2013-2016), Corea (2015), Taipéi Chino (2013-2015), Estados Unidos (2014-2015), Polinesia Francesa (2015), Vanuatu (2015), y otras naciones (2014-2015). En el caso de pesquerías palangreras sin datos de captura de 2013-2016, se supuso que las capturas eran iguales que en el año más reciente con datos disponibles. Se actualizaron los datos de CPUE de la pesquería de superficie, y se añadieron datos nuevos de 2016. Se dispone de datos de CPUE nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa para 2014-2016. Datos nuevos de composición por tamaño de la pesquería de superficie de 2016, y se actualizaron los datos de años previos. Se dispone de datos de frecuencia de talla nuevos o actualizados de la flota palangrera comercial japonesa de 2013-2014.

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 de aleta amarilla ha pasado muy probablemente por tres diferentes regímenes de productividad de reclutamiento (1975-1982, 1983-2002, 2003-2014). El reclutamiento fue inferior al promedio hasta 1982, mayormente superior al promedio desde 1983 hasta 2002, y luego principalmente inferior al promedio desde 2003 hasta 2014 ([Figura 1](#)). Se estima que los reclutamientos anuales más recientes (2015 y 2016) con un marcadamente superiores al promedio, debido a los reclutamientos trimestrales altos desde mediados de 2015 hasta el tercer trimestre de 2016, pero estas estimaciones son altamente inciertas. Los regímenes de productividad corresponden a regímenes en biomasa: los regímenes de productividad más alta producen biomasa mayores ([Figura 2](#)). Una relación población-reclutamiento es asimismo apoyada por los datos de estos regímenes, pero las pruebas son tenues, y esto es probablemente un artefacto de los cambios de régimen aparentes.

El cociente de biomasa reproductora (la razón de la biomasa reproductora actual a aquella de la población no explotada; SBR) de aleta amarilla en el OPO estuvo por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS) durante 1977-1983, coincidente 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 incremento del SBR en 1984 al cambio de régimen, y la disminución reciente podría ser una reversión a un régimen de productividad intermedia. Se estimó el SBR al principio de 2017 en 0.23, por debajo del nivel de RMS (0.27). De hecho, se estima que desde 2011 el SBR ha estado ligeramente por debajo del nivel de RMS, o en el mismo, después de la serie de reclutamientos bajos desde 2007, que coincidieron con una serie de eventos fuertes de La Niña. Con la mortalidad por pesca actual (promedio de 2014-2016), se predice que el SBR aumentará en los dos años próximos, consecuente a los reclutamientos superiores al promedio de 2015 y 2016, y se estabilizará ligeramente por encima del RMS en el futuro ([Figura 2](#)) si el reclutamiento es promedio. Los distintos regímenes de productividad podrían sostener diferentes niveles de RMS y de los SBR asociados.

Se han estimado niveles sustanciales de mortalidad por pesca en la pesquería de aleta amarilla en el OPO ([Figura 3](#)). Son máximos para los aletas amarillas de 11 a 20 trimestres (2.75-5 años) de edad, y mínimos para los peces más jóvenes (< 10 trimestres/2.5 años). Históricamente, las pesquerías cerqueras asociadas a delfines y no asociadas ejercen el mayor impacto sobre la biomasa reproductora del aleta amarilla, seguidos por las pesquerías sobre objetos flotantes. En los últimos años, 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 cerqueras son mucho menores, y han disminuido en los últimos años ([Figura 4](#)).

Se estima que el esfuerzo está ligeramente por debajo del nivel que sostendría el RMS (con la distribución actual del esfuerzo entre las distintas pesquerías, multiplicador de  $F = 1.03$ ), pero los intervalos de

confianza son anchos ([Figura 5](#)), y las capturas recientes están por debajo de ese nivel ([Tabla 1](#)). El SBR está por debajo del nivel de RMS ( $S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}} = 0.86$ ), pero la biomasa de los peces de tres trimestres o más de edad está por encima de ese nivel ( $B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}} = 1.30$ ), debido a los reclutamientos grandes recientes. Es importante señalar que la curva que relaciona al rendimiento sostenible promedio con la mortalidad por pesca a largo plazo es plana alrededor del nivel de RMS ([Figura 6](#)); por lo tanto, cambios moderados en los niveles de esfuerzo a largo plazo cambiarán las capturas a largo plazo de forma marginal solamente, pero cambian la biomasa considerablemente. Mantener la mortalidad por pesca por debajo del nivel de RMS resultaría en una disminución tan sólo marginal en el 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), cuando en realidad sí existe dicha relación, ocurre una mayor pérdida de rendimiento que si se basa la ordenación en el supuesto que sí existe una relación población-reclutamiento cuando en realidad no existe ([Figura 6](#)).

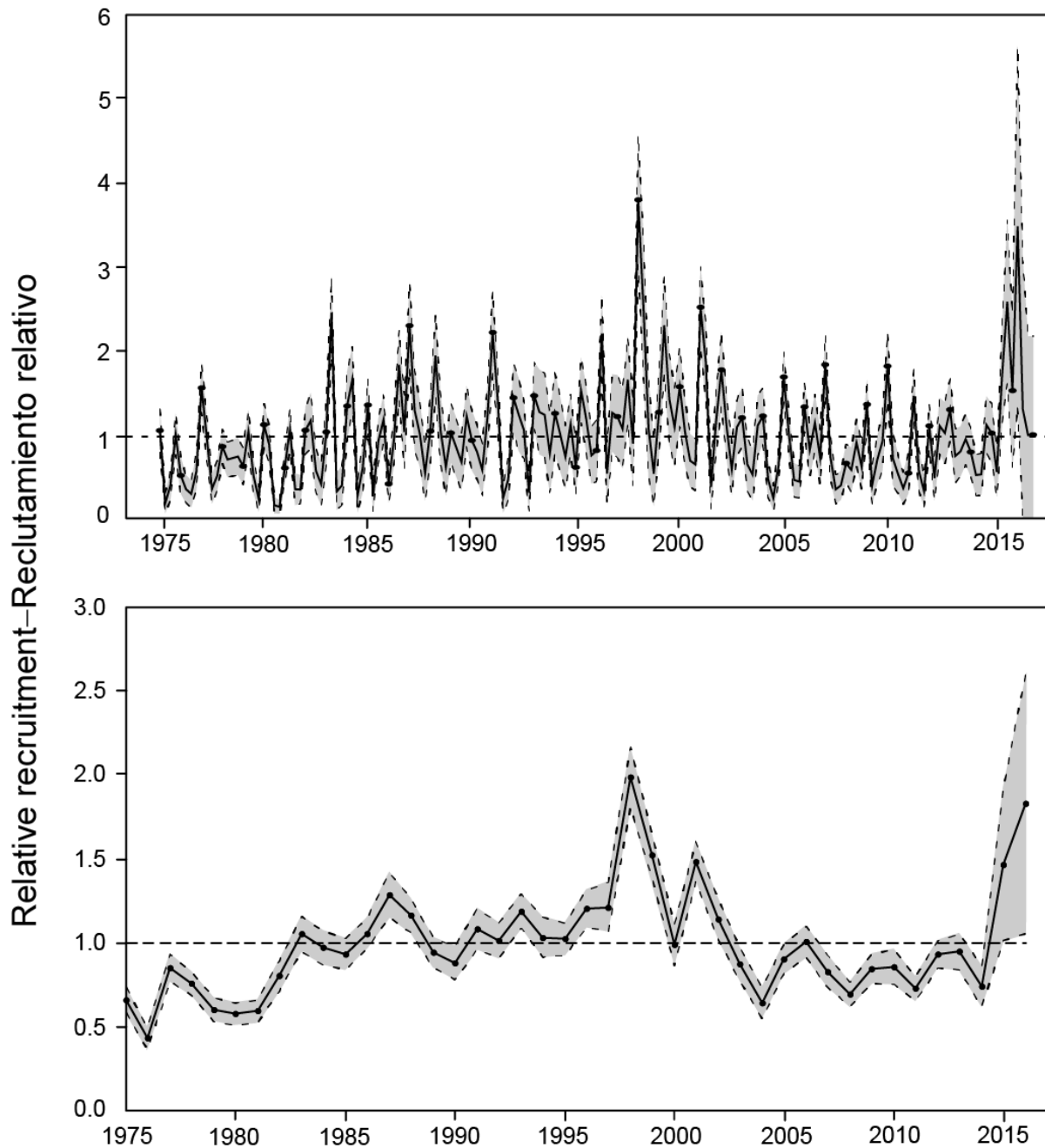
El peso promedio del aleta amarilla capturado en la pesquería ha sido bastante consistente a lo largo de los años, pero varía sustancialmente entre las distintas pesquerías. En general, las pesquerías sobre objetos flotantes, no asociada del norte, y cañeras capturan aletas amarillas más jóvenes y pequeños que las pesquerías no asociada del sur, asociada a delfines, y palangreras. En las pesquerías palangreras y en la pesquería asociada a delfines del sur se capturan aletas amarillas de mayor edad y tamaño que en las pesquerías asociadas a delfines costera y del norte.

Los cálculos de RMS indican que, en teoría al menos, se podría incrementar las capturas si se dirigiera el esfuerzo de pesca hacia la pesca con palangre y a lances sobre aleta amarilla asociado a delfines. Esto incrementaría también los SBR correspondientes al RMS.

El RMS ha sido estable durante el período de la evaluación (1975-2016) ([Figura 7](#)), lo cual sugiere que el patrón general de selectividad no ha variado mucho a lo largo del tiempo. No obstante, el nivel general del esfuerzo de pesca ha variado con respecto al nivel de RMS.

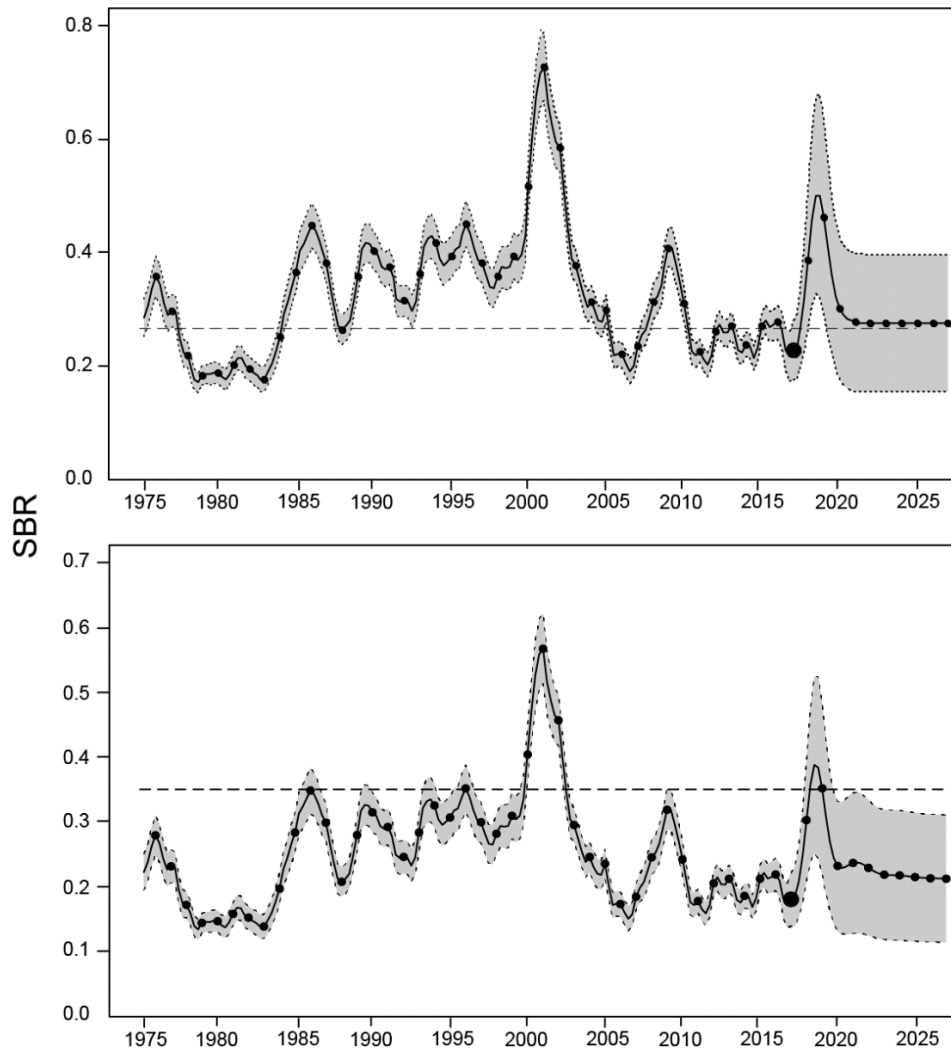
Si se supone una relación población-reclutamiento, el pronóstico es más pesimista: se estima que el esfuerzo actual se encuentra por encima del nivel de RMS ([Tabla 1](#)), pero se predice que la biomasa reproductora aumentará al nivel de RMS en los dos años próximos ([Figura 2](#)). No obstante, los intervalos de confianza son anchos, y existe una probabilidad moderada que el SBR estará sustancialmente por encima o por debajo de este nivel. Si el esfuerzo de pesca continúa en los niveles recientes, se predice que en el año próximo se incrementarán tanto la biomasa reproductora ([Figura 2](#)) como las capturas de las pesquerías de superficie ([Figura 8](#)), y que luego disminuirán a un nivel inferior al actual, suponiendo reclutamiento promedio en el futuro.

Las evaluaciones previas han indicado que la condición de la población es asimismo 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 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 aquella de la pesquería palangrera del sur.



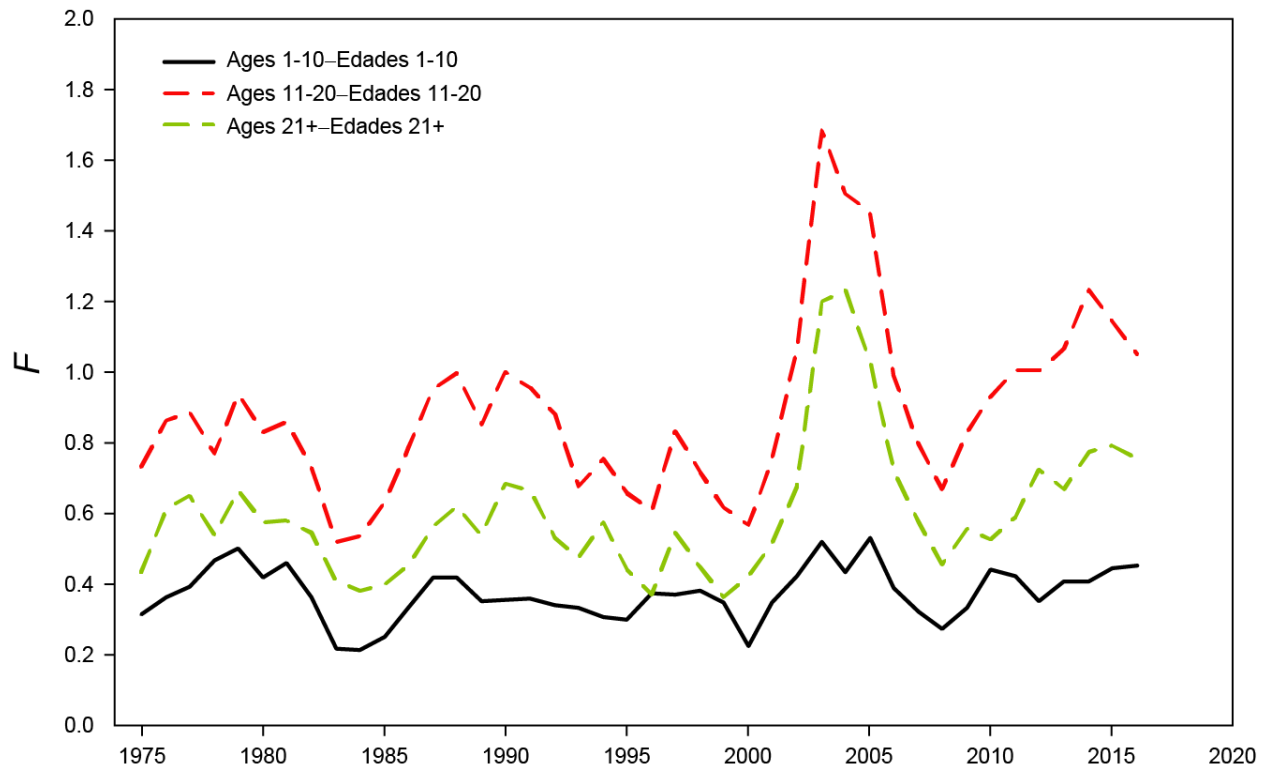
**FIGURE 1.** Estimated quarterly (top panel) and annual (bottom panel) recruitment at age zero of yellowfin tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the average recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line illustrates the maximum likelihood estimates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



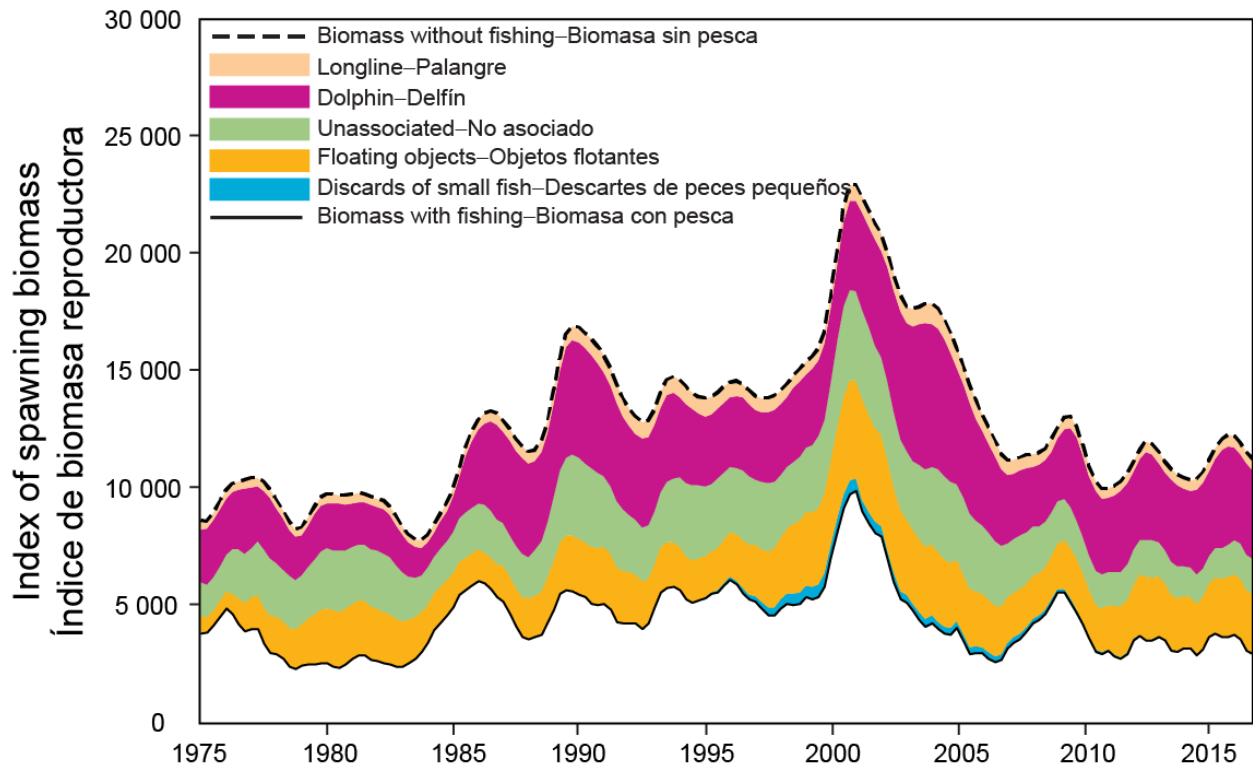
**FIGURE 2.** Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2017-2027 based on average fishing mortality rates during 2014-2016, from the base case (top) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ( $h = 0.75$ , bottom). The dashed 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 2017 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2014-2016, 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 2017-2027 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2014-2016, 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 2017 (punto grande) indican el SBR que se predice ocurrirá con tasas de mortalidad por pesca en el promedio de aquellas observadas durante 2014-2016, 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.

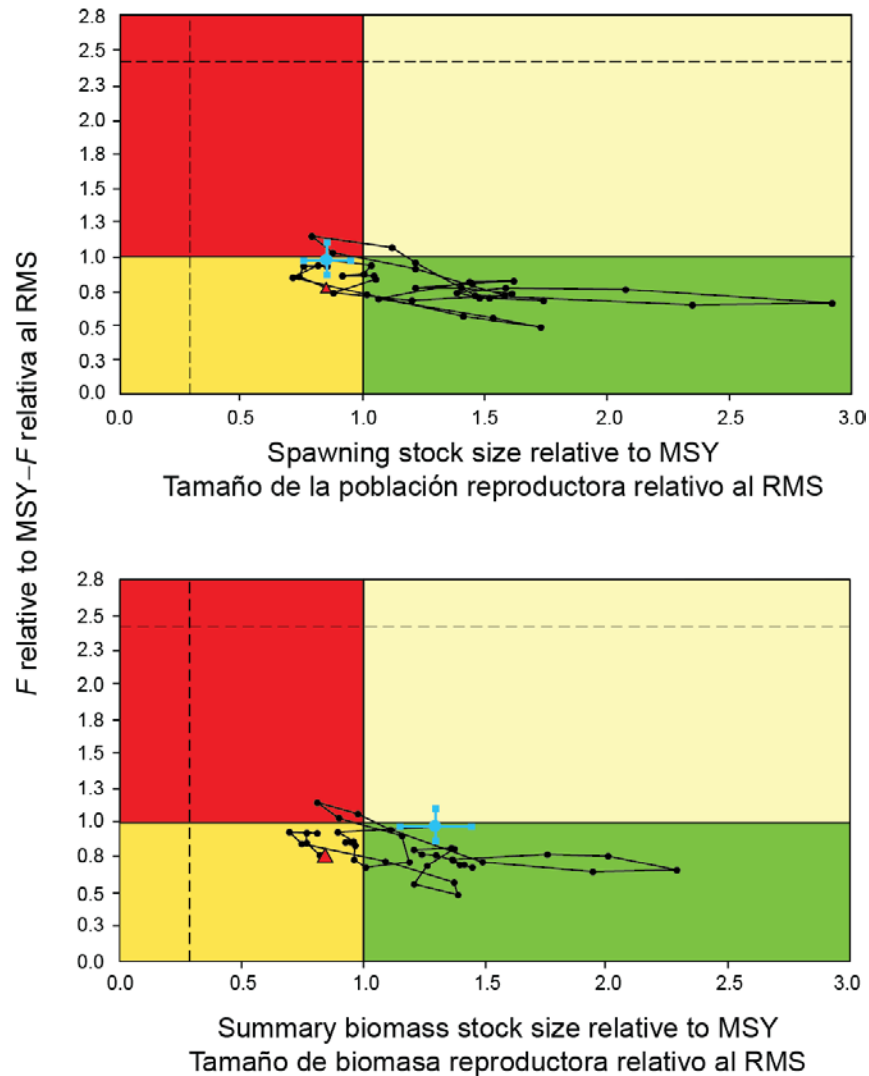
**FIGURA 3.** Mortalidad por pesca ( $F$ ) anual media, por grupo de edad, por todas las artes, de atún aleta amarilla reclutado a las pesquerías del OPO. Se definen los grupos de edad por edad en trimestres.



**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.

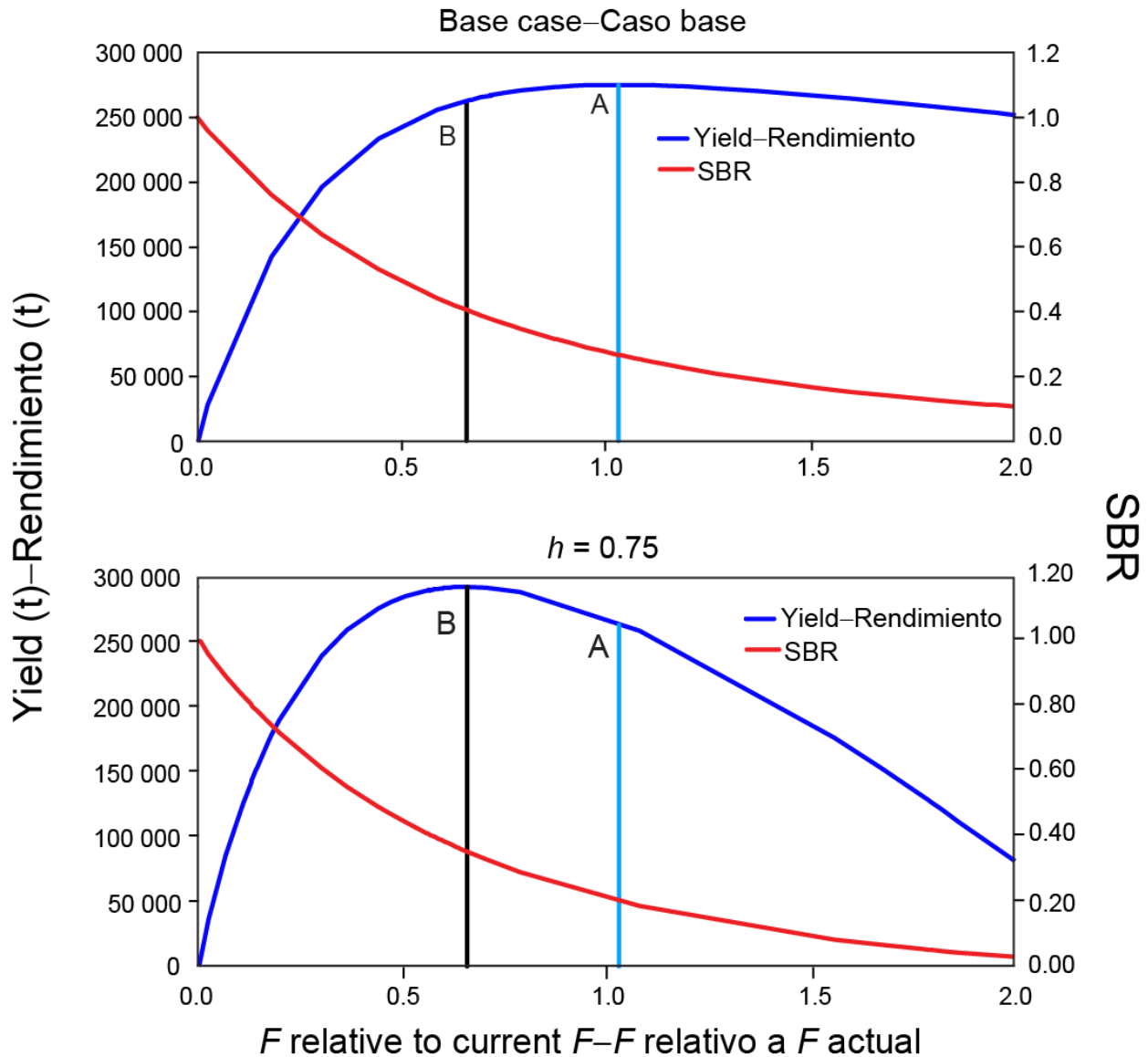
**FIGURA 4.** Trayectoria de la biomasa de una población simulada de atún aleta amarilla que nunca fue explotada (línea de trazos) y aquella predicha por el modelo de evaluación de la población (línea sólida). Las áreas sombreadas entre las dos líneas representan la porción del impacto de la pesca atribuida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





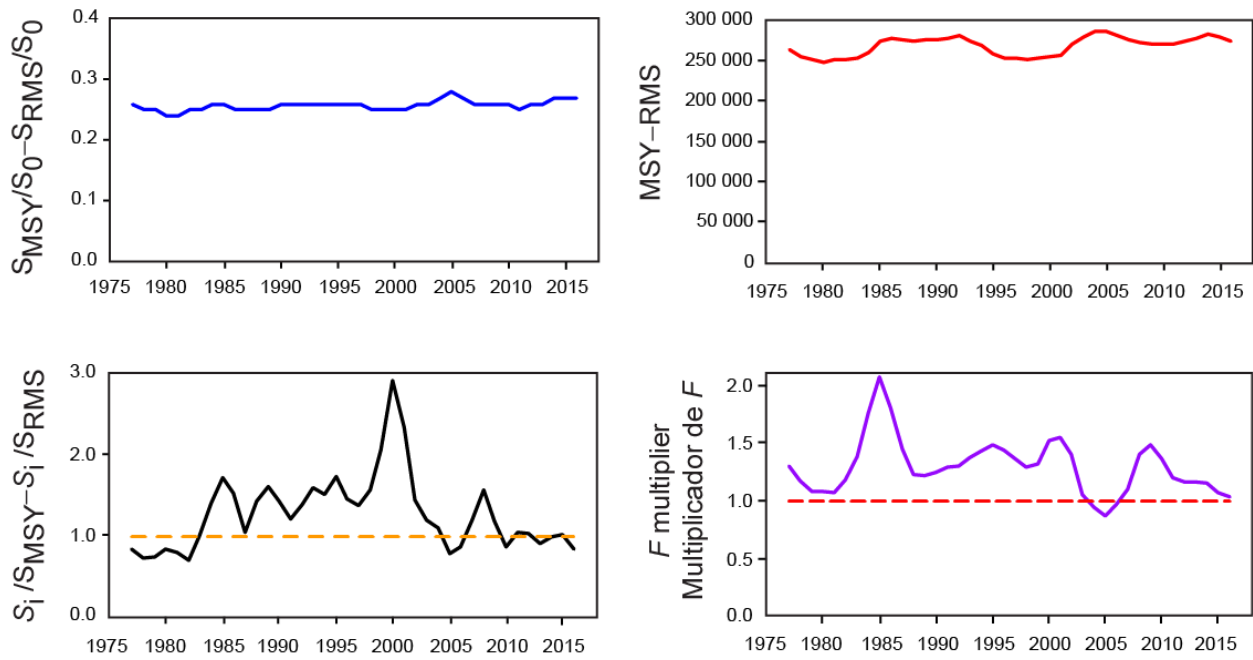
**FIGURE 5.** Kobe (phase) plot of the time series of estimates of stock size (top: spawning biomass; bottom: total biomass of fish aged 3 quarters and older) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent target reference points ( $S_{MSY}$  and  $F_{MSY}$ ). The solid 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 estimate (1975).

**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 continuas 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 la primera estimación (1975).



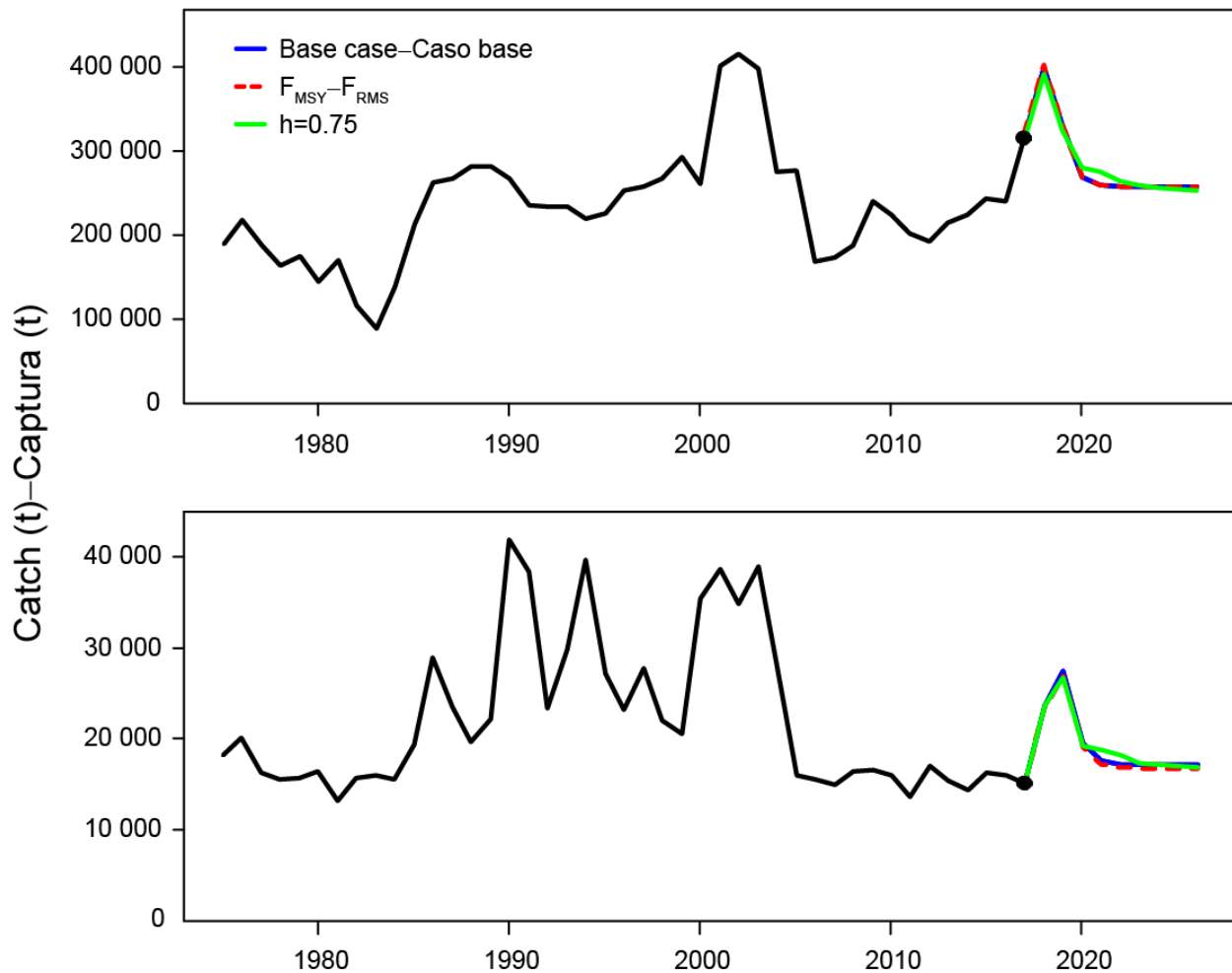
**FIGURE 6.** Yield and spawning biomass ratio (SBR) as a function of fishing mortality relative to the current fishing mortality. The vertical lines represent the fishing mortality corresponding to MSY for the base case and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ( $h = 0.75$ ). The vertical lines A and B represent the fishing mortality corresponding to MSY for the base case and  $h = 0.75$ , respectively.

**FIGURA 6.** Rendimiento y cociente de biomasa reproductora (SBR) como función de la mortalidad por pesca relativa a la mortalidad por pesca actual. Las líneas verticales representan la mortalidad por pesca correspondiente al RMS del caso base y del análisis de sensibilidad que supone una relación población-reclutamiento ( $h = 0.75$ ). Las líneas verticales A y B representan la mortalidad por pesca correspondiente al RMS del caso base y de  $h = 0.75$ , respectivamente.



**FIGURE 7.** 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 7.** 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 8.** 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 (2016).

**FIGURA 8.** 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 (2016).

**TABLE 1.** MSY and related quantities for the base case and the stock-recruitment relationship sensitivity analysis, based on average fishing mortality ( $F$ ) for 2014-2016.  $B_{\text{recent}}$  and  $B_{\text{MSY}}$  are defined as the biomass, in metric tons, of fish 3+ quarters old at the start of the first quarter of 2017 and at MSY, respectively, and  $S_{\text{recent}}$  and  $S_{\text{MSY}}$  are defined as indices of spawning biomass (therefore, they are not in metric tons).  $C_{\text{recent}}$  is the estimated total catch for 2016.

**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 2014-2016. Se definen  $B_{\text{reciente}}$  y  $B_{\text{RMS}}$  como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2017 y en RMS, respectivamente, y  $S_{\text{reciente}}$  y  $S_{\text{RMS}}$  como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas).  $C_{\text{reciente}}$  es la captura total estimada de 2016.

	Base case	$h = 0.75$
YFT	Caso base	
MSY-RMS	274,960	290,578
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	380,496	564,435
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,624	6,093
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.32	0.37
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.35
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{reciente}}/\text{RMS}$	0.93	0.88
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{reciente}}/B_{\text{RMS}}$	1.30	0.87
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{reciente}}/S_{\text{RMS}}$	0.86	0.51
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.03	0.66