

**COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL**  
**COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR**  
**QUINTA REUNIÓN**

La Jolla, California (EE.UU.)  
12 -16 de mayo de 2014

**DOCUMENTO SAC-05-07**

**CONDICIÓN DEL ATÚN ALETA AMARILLA EN EL OCÉANO  
PACÍFICO ORIENTAL EN 2013 Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO**

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

Este informe presenta la evaluación más reciente de la población del atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se usó un modelo de evaluación de poblaciones estadístico integrado con estructura por edad (Stock Synthesis Versión 3.23b) en la evaluación, que se basa en el supuesto que existe una sola población de aleta amarilla en el OPO. Este modelo es el mismo que aquél usado en la evaluación previa ([Informe de la condición de los stocks 14](#)).

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 en 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 de palangre 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 evaluación de poblaciones requiere cantidades sustanciales de información, incluyendo datos de capturas retenidas, descartes, índices de abundancia, y la composición por tamaño de las capturas de las distintas pesquerías. Se hicieron supuestos sobre procesos tales como crecimiento, reclutamiento, desplazamiento, mortalidad natural, mortalidad por pesca ( $F$ ), y la estructura de las poblaciones. La evaluación de 2013 es casi idéntica a aquélla de 2012 (Anexo A) e incluye datos nuevos y actualizados. El personal realizó análisis investigativos sustanciales durante los preparativos para la revisión externa de su evaluación del atún aleta amarilla, que tuvo lugar en octubre de 2012. La revisión resultó en una serie de recomendaciones (Documento [SAC-04-INF A](#)), que serán incorporadas en la próxima evaluación completa de la población.

Se actualizaron los datos de captura de las pesquerías de superficie, y se añadieron datos nuevos de 2013.. Se dispone de datos de captura palangrera nuevos o actualizados de China (2012), Taipei Chino (2010-2012), Japón (2010-2012), Corea (2012), Estados Unidos (2011-2012), Polinesia Francesa (2012), Vanuatu (2012), y otras naciones (2007-2013). Se dispone de datos de captura palangrera japonesa en 2013 a partir de las estadísticas de los informes mensuales. En el caso de las pesquerías palangreras sin datos nuevos para 2013, se supuso que las capturas fueron iguales que en 2012. Se actualizaron los datos de CPUE de las pesquerías de superficie, y se añadieron datos de CPUE nuevos de 2013. Se dispone de datos de CPUE nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa (2010-2012). Se añadieron datos nue-

vos de 2013 de composición por tamaño de las pesquerías de superficie, y se actualizaron los datos de 2012. Se dispone de datos de frecuencia de talla nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa (2011-2012)

En general, el reclutamiento de aleta amarilla a las pesquerías en el OPO es variable, con un componente estacional. El presente análisis y los análisis previos indican que la población de aleta amarilla ha pasado por dos, o posiblemente tres, regímenes distintos de productividad de reclutamiento (1975-1982, 1983-2002, y 2003-2011) ([Figura 1](#)). Se estimó que los reclutamientos de 2010 y 2011 fueron inferiores al promedio. Se estimó que los reclutamientos más recientes (2012 y 2013) fueron superiores al promedio, pero estas estimaciones son altamente inciertas. Los regímenes de productividad corresponden a regímenes de biomasa: un régimen de productividad alta produce niveles mayores de biomasa. 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 cambios de régimen aparentes.

El peso medio de los aletas amarillas capturados en la pesquería ha sido bastante consistente en el transcurso de los años, 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 pequeños que las pesquerías no asociada del sur, asociadas con delfines, y palangreras. En las pesquerías palangreras y en la pesquería asociada con delfines del sur se capturan aletas amarillas de mayor edad y tamaño que en las pesquerías sobre delfines costera y del norte.

Se han estimado niveles sustanciales de mortalidad por pesca en la pesquería de aleta amarilla en el OPO ([Figura 2](#)). Estos niveles son máximos para los aletas amarillas de edad intermedia. Históricamente, las pesquerías cerqueras asociadas con delfines y no asociadas ejercen el mayor impacto sobre la biomasa reproductora del aleta amarilla, seguidos por las pesquerías sobre objetos flotantes. En los años más recientes, el impacto de las pesquerías sobre objetos flotantes ha sido ligeramente 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 3](#))

El cociente de biomasa reproductora (el cociente de la biomasa reproductora a la de la población no explotada; SBR) del aleta amarilla en el OPO estuvo por debajo del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS) durante 1977-1983, correspondiendo al régimen de productividad baja, pero por encima de ese nivel durante la mayoría de los años subsiguientes, excepto el período reciente (2005-2007 y 2010-2011) ([Figura 4](#)). Se atribuye el incremento del SBR en 1984 a un cambio de régimen, y la disminución reciente podría ser una reversión a un régimen de productividad intermedio. Los dos distintos regímenes de productividad podrían sostener dos niveles distintos de RMS y de los SBR asociados. Se estima que el SBR al principio de 2014 fue 0,26, ligeramente inferior al nivel correspondiente al RMS (0.26). Los SBR recientes (2011-2013) estimados por la evaluación actual son más optimistas que aquellos producidos por la evaluación previa, que indicaba una reducción brusca de la biomasa reproductora desde 2009, seguida por un aumento en 2012, por debajo del nivel correspondiente al RMS ([Informe de la condición de los stocks 14](#)). En la evaluación actual, el SBR de 2012 está por encima de ese nivel. Este resultado se debe a la mortalidad por pesca más baja de los atunes aleta amarilla de edad mediana desde 2009 estimada por la evaluación actual ([Figura 2](#)). Se estima que el esfuerzo está por debajo del nivel que sostendría el RMS (con base en la distribución actual del esfuerzo entre las distintas pesquerías) ([Figuras 5a y 5b](#)), y las capturas recientes están por debajo de ese nivel ([Tabla 1](#)). Es importante señalar que la curva que relaciona al rendimiento máximo promedio a 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 cambiaron 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 exis-

te una relación población-reclutamiento cuando en realidad no existe ([Figura 6](#)).

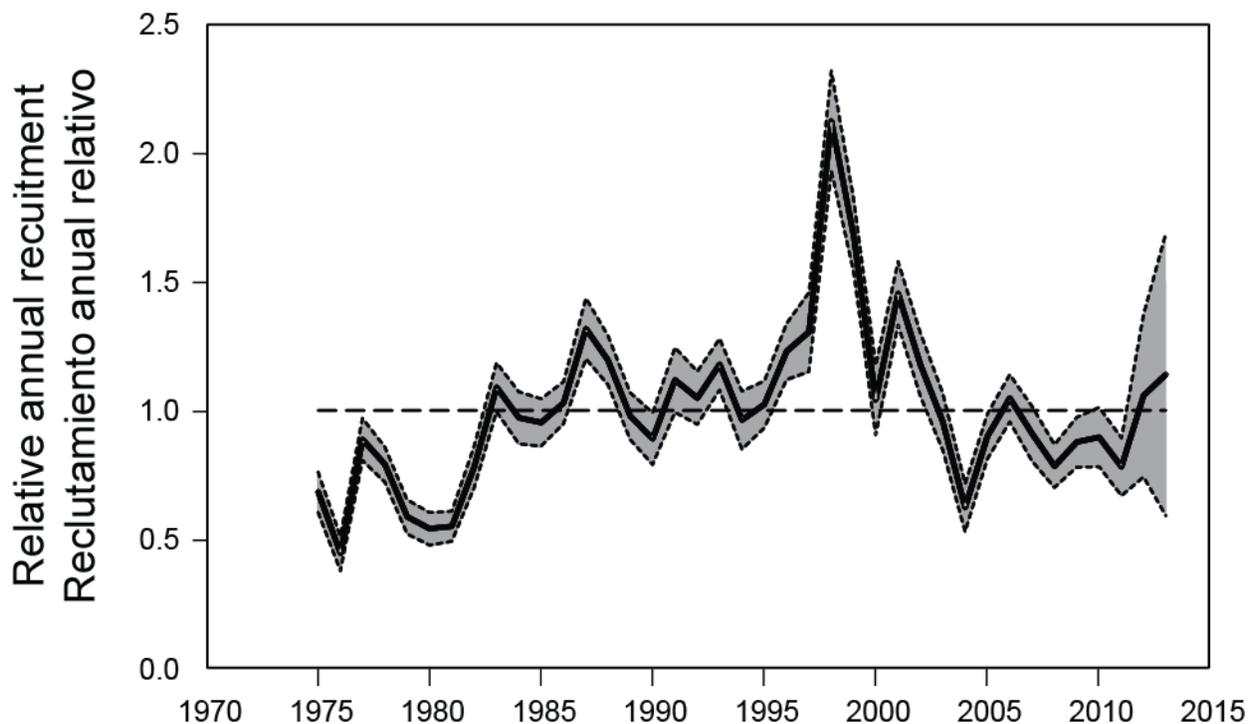
Los cálculos de RMS indican que, al menos en teoría, se podría incrementar las capturas si se dirigiera el esfuerzo de pesca hacia la pesca con palangre y a los lances sobre aleta amarilla asociado con delfines. Esto incrementaría también los niveles de SBR.

El RMS ha sido estable durante el período de la evaluación (1975-2013) ([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 correspondiente al RMS.

Si se supone una relación población-reclutamiento, el pronóstico es más pesimista, y se estima que el esfuerzo actual se encuentra por encima del nivel de RMS ([Tabla 1](#)). Las evaluaciones previas han indicado que la condición de la población es también sensible al valor supuesto para el tamaño medio de los peces más viejos, y se obtienen resultados más pesimistas si se suponen valores mayores para este parámetro. Con los niveles actuales de mortalidad por pesca (2011-2013), se predice que la biomasa reproductora aumentará por encima del nivel de RMS ([Figura 4](#)). 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. Además, se predice que la biomasa reproductora permanecerá por debajo del nivel de RMS si se supone una relación población-reclutamiento ([Figura 5](#)). Si el esfuerzo de pesca continúa en los niveles recientes, se predice que se incrementarán tanto la biomasa reproductora ([Figura 4](#)) como las capturas de las pesquerías de superficie ([Figura 8](#)), suponiendo reclutamiento promedio y que no existe una relación población-reclutamiento (caso base). Se predicen capturas ligeramente más altas si en realidad sí existe dicha relación ([Figura 8](#)).

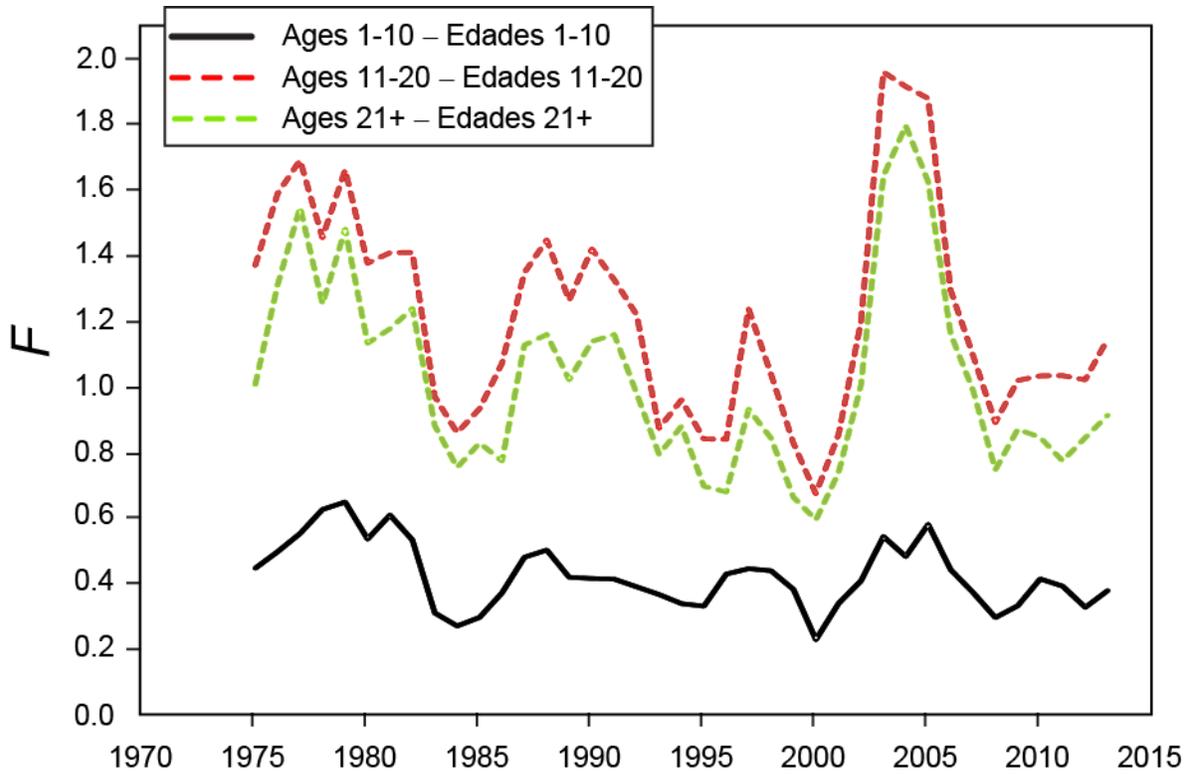
### **Resultados clave**

1. Existe incertidumbre acerca de los niveles recientes y futuros de reclutamiento y biomasa. Hubo dos, y posiblemente tres, regímenes distintos de productividad, y los niveles de RMS y la biomasa correspondiente al RMS podrían ser diferentes entre los regímenes. Es posible que la población haya cambiado en los diez últimos años de un régimen de productividad alto a uno intermedio.
2. Las tasas recientes de mortalidad por pesca están por debajo del nivel de RMS, y se estima que los niveles recientes de biomasa reproductora se encuentran en ese nivel. Tal como se señala en el [Informe de la condición de los stocks 14](#) y en evaluaciones previas, estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos relativos al parámetro de inclinación de la relación población-reclutamiento, el tamaño medio de los peces más viejos, y los niveles supuesto de mortalidad natural. Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento si se supone un valor más alto para el tamaño medio de los peces más viejos, y si se suponen tasas de mortalidad natural más bajas para el aleta amarilla adulto.
3. Los niveles recientes de biomasa reproductora predichos por la evaluación actual son más optimistas que aquellos de la evaluación previa ([Informe de la condición de los stocks 14](#)). Este resultado se debe a los niveles moderados de mortalidad por pesca del aleta amarilla de edad mediana desde 2008 estimado por la evaluación actual.
4. Incrementar el peso medio del aleta amarilla capturado podría incrementar el RMS.



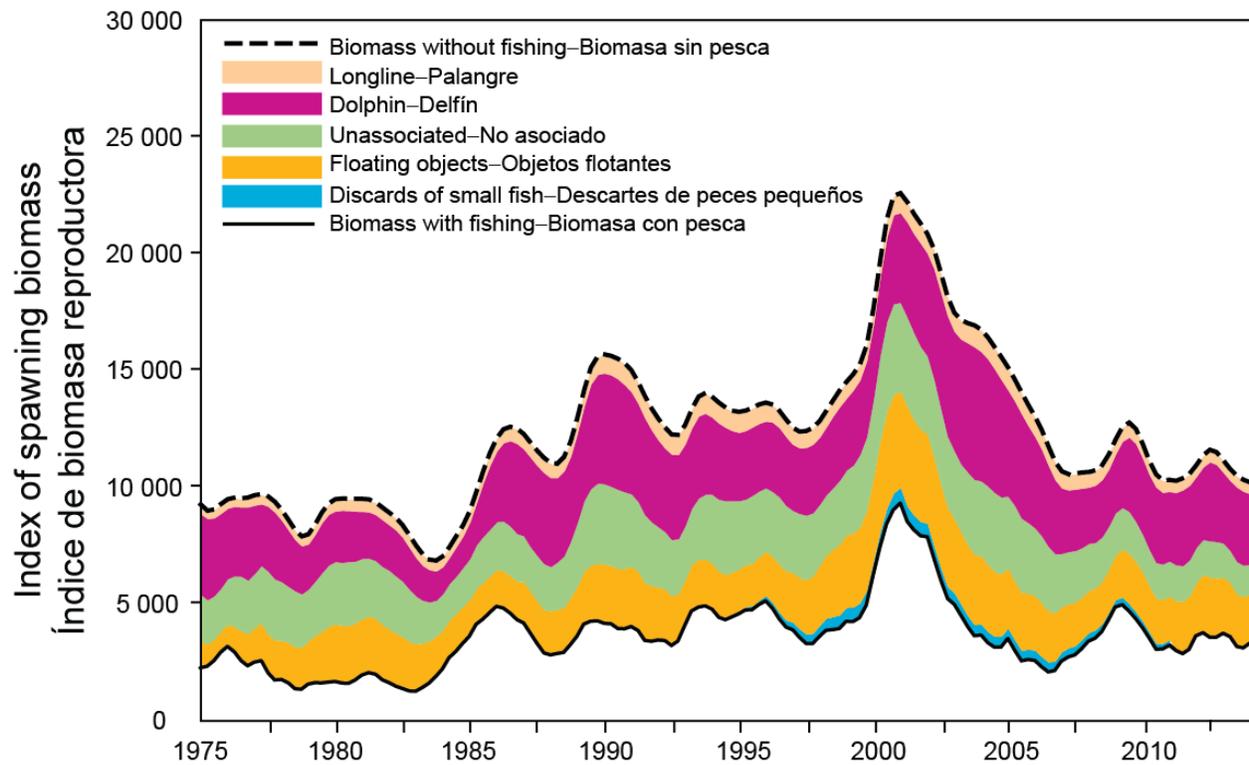
**FIGURE 1.** Estimated annual recruitment at age zero of yellowfin tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the average recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line illustrates the maximum likelihood estimates of recruitment, and the shaded area indicates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

**FIGURA 1.** Reclutamiento anual estimado a edad cero del atún aleta amarilla a las pesquerías del OPO. Se escalan 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.



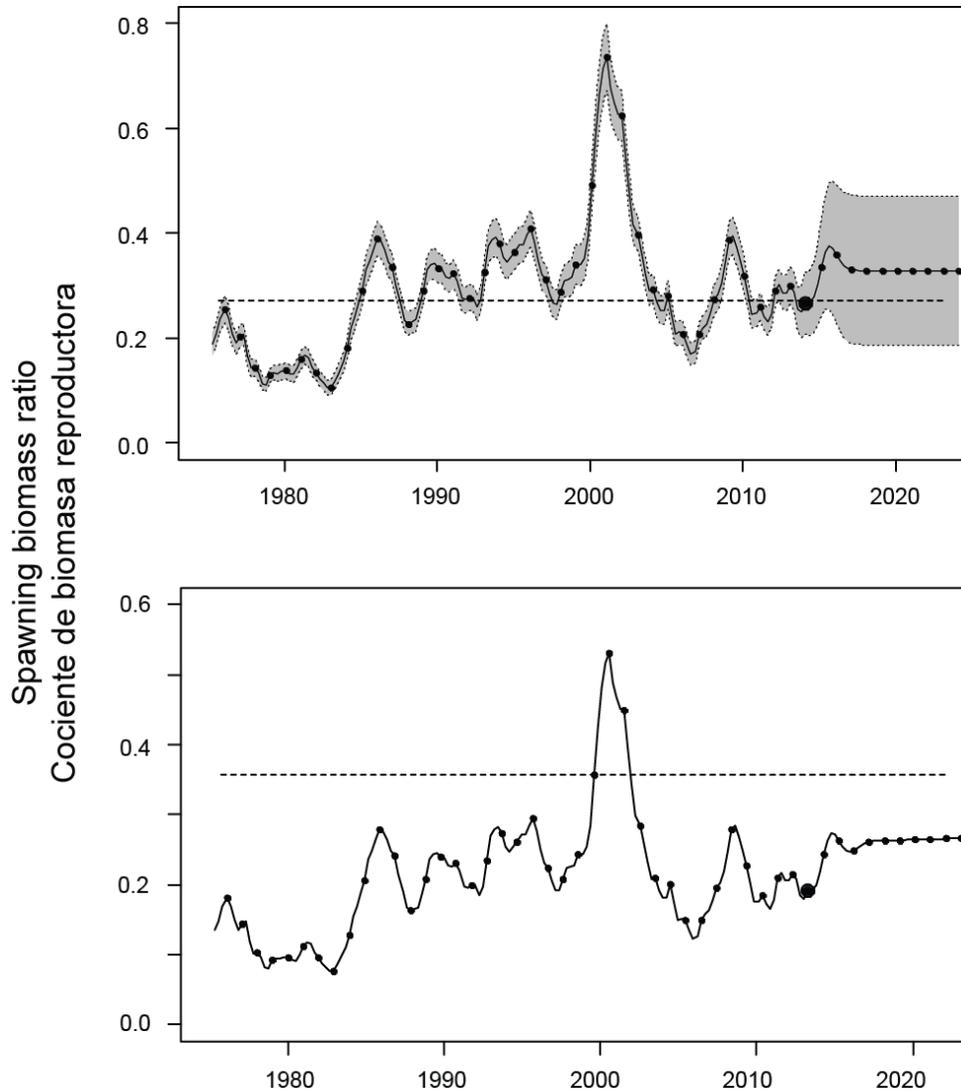
**FIGURE 2.** Average annual fishing mortality ( $F$ ) by age groups, by all gears, of yellowfin tuna recruited to the fisheries of the EPO. The age groups are defined by age in quarters.

**FIGURA 2.** 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.



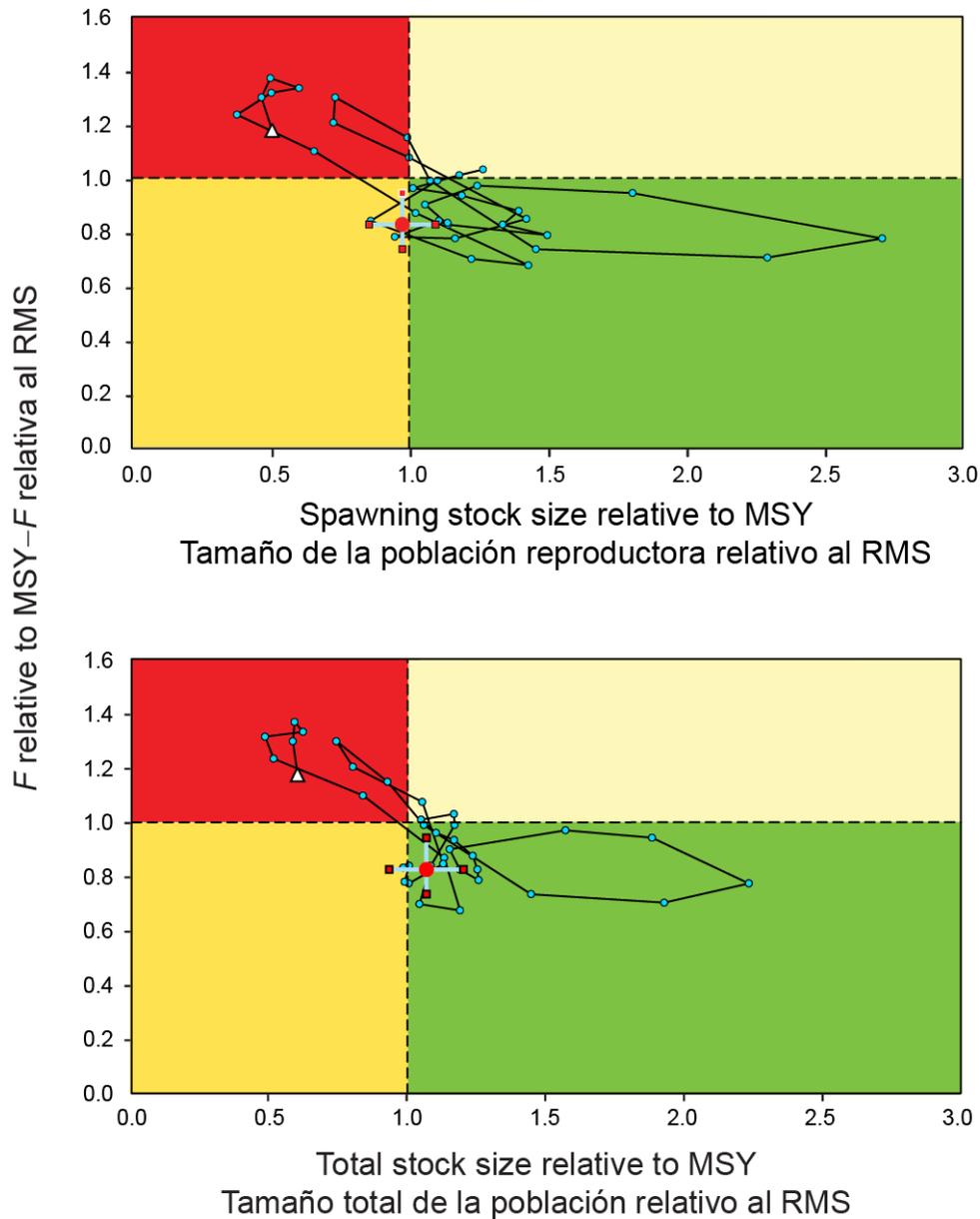
**FIGURE 3.** Biomass trajectory of a simulated population of yellowfin tuna that was never exploited (dashed line) and that predicted by the stock assessment model (solid line). The shaded areas between the two lines show the portions of the fishery impact attributed to each fishing method.

**FIGURA 3.** 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.



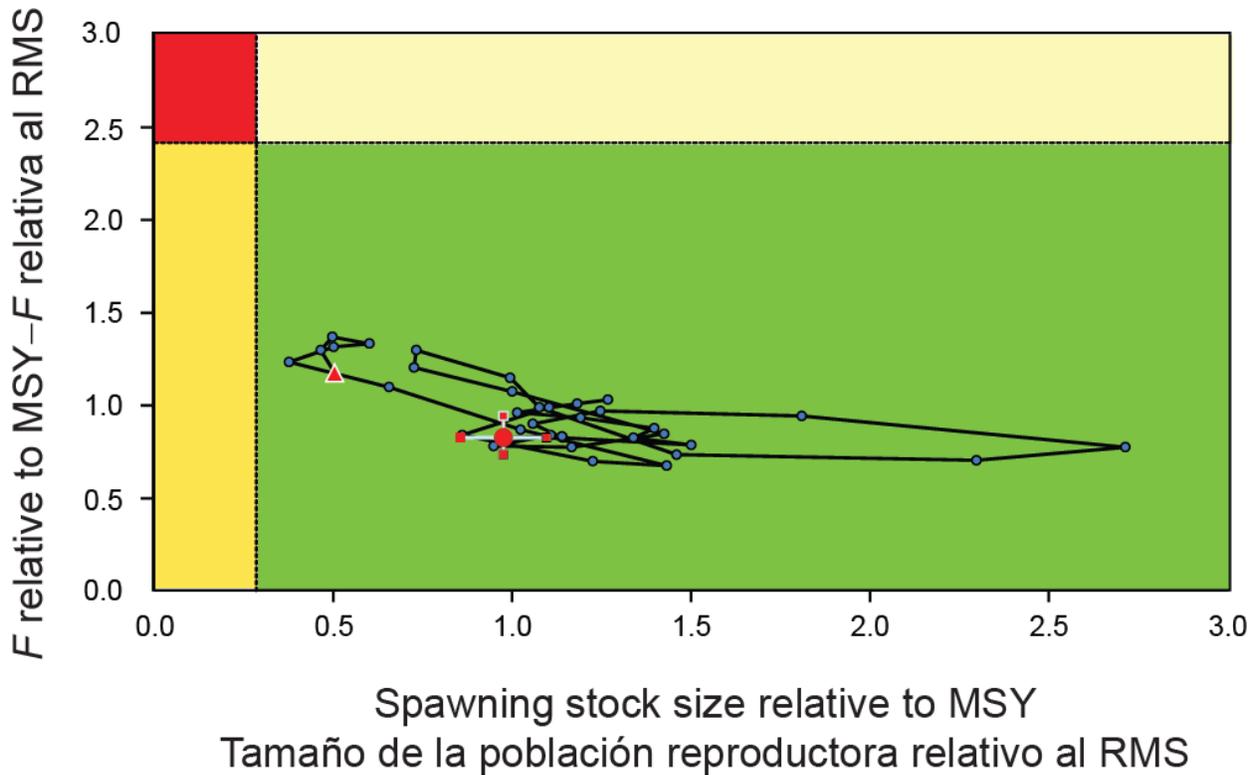
**FIGURE 4.** Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2014-2024 based on average fishing mortality rates during 2011-2013, from the base case (top) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ( $h = 0.75$ , bottom). The dashed 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 2014 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2011-2013, and average environmental conditions occur during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

**FIGURA 4.** Cocientes de biomasa reproductora (SBR) de atún aleta amarilla en el OPO, con proyecciones para 2014-2024 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2011-2013, 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 2014 (punto grande) indican el SBR que se predice ocurrirá con tasas de mortalidad por pesca en el promedio de aquellas observadas durante 2011-2013, 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.



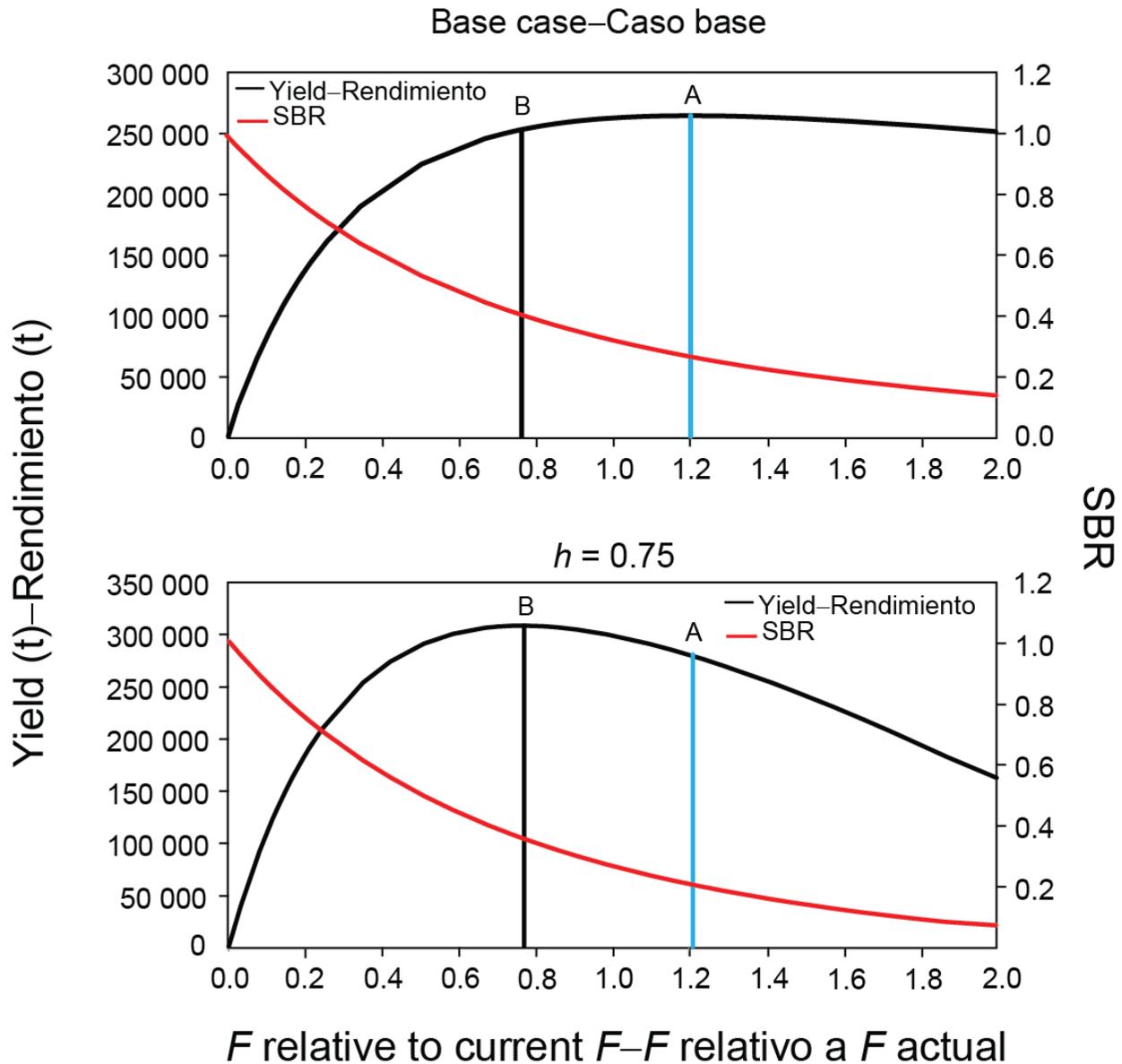
**FIGURE 5a.** Target Kobe (phase) plot of the time series of estimates of stock size (top: spawning biomass; bottom: summary biomass) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent proposed target reference points ( $S_{MSY}$  and  $F_{MSY}$ ). Each dot is based on 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 5a.** Gráfica de Kobe (fase) objetivo de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población (arriba: biomasa reproductora; abajo: biomasa sumaria) y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de RMS. Los paneles representan puntos de referencia objetivo propuestos ( $S_{RMS}$  and  $F_{RMS}$ ). 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).



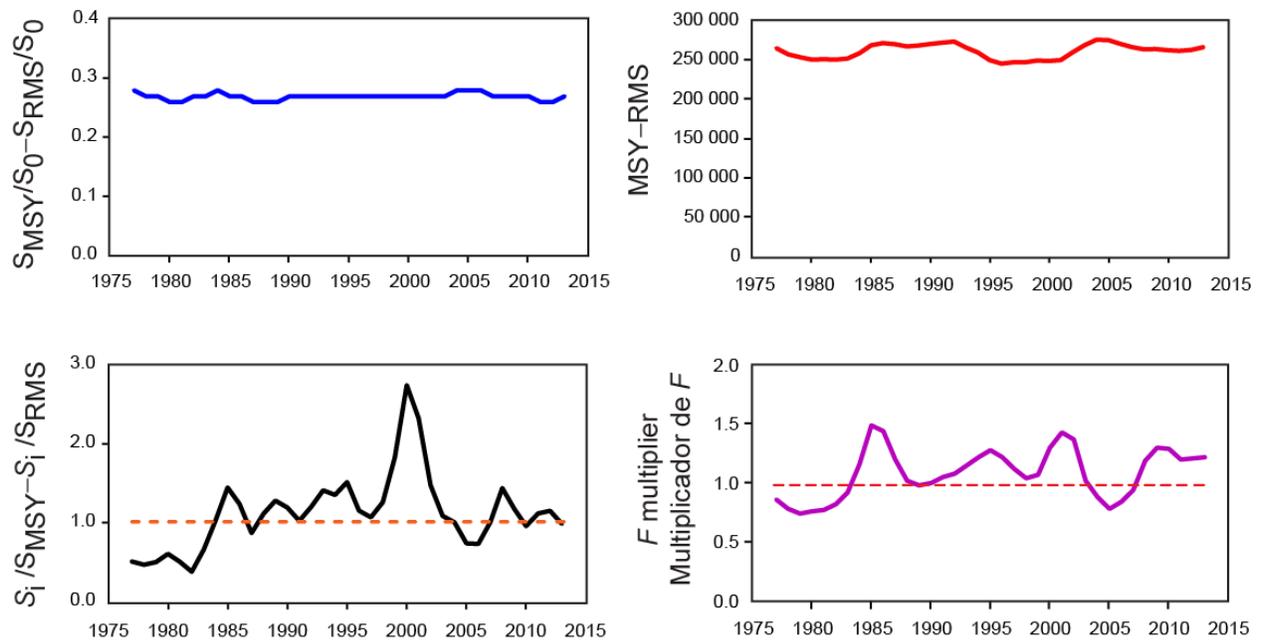
**FIGURE 5b.** Limit Kobe (phase) plot of the time series of estimates of spawning stock size and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent the proposed limit reference points of  $0.28 * S_{MSY}$  and  $2.42 * F_{MSY}$ , which correspond to a 50% reduction in recruitment 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 5b.** Gráfica de Kobe (fase) límite de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la biomasa reproductora de la población y la mortalidad por pesca en relación con sus puntos de referencia de RMS. Los recuadros representan los puntos de referencia límite propuestos 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).

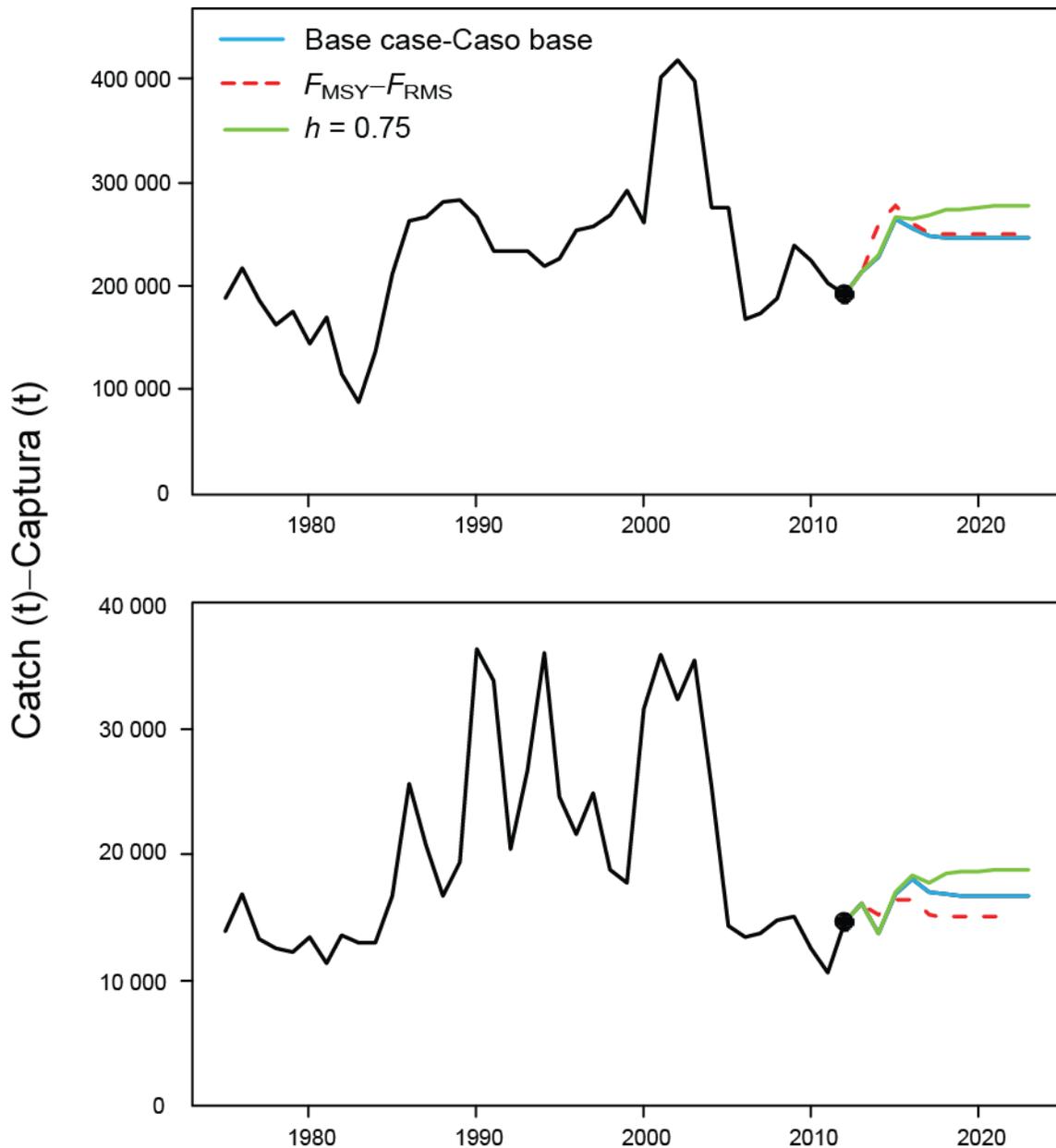


**FIGURE 6.** Yield and spawning biomass ratio (SBR) as a function of fishing mortality relative to the current fishing mortality. The vertical lines represent the fishing mortality corresponding to MSY for the base case and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ( $h = 0.75$ ). 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 (labeled  $h = 0.75$ ) of the stock-recruitment relationship while fishing with the current effort. The large dot indicates the most recent catch (2013).

**FIGURA 8.** Capturas históricas y proyectadas de atún aleta amarilla por las pesquerías de superficie (panel superior) y palangre (panel inferior) del caso base con la pesca en el nivel actual de esfuerzo, del caso base con la pesca en la mortalidad por pesca correspondiente al RMS ( $F_{RMS}$ ), y el análisis de sensibilidad a la inclinación (identificado como  $h = 0.75$ ) de la relación población-reclutamiento al pescar con el esfuerzo actual. El punto grande indica la captura más reciente (2013).

**TABLE 1.** MSY and related quantities for the base case and the stock-recruitment relationship sensitivity analysis, based on average fishing mortality ( $F$ ) for 2011-2013.  $B_{\text{recent}}$  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 2014 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 2013.

**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 2011-2013. Se definen  $B_{\text{recent}}$  y  $B_{\text{RMS}}$  como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2014 y en RMS, respectivamente, y  $S_{\text{recent}}$  y  $S_{\text{RMS}}$  como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas).  $C_{\text{recent}}$  es la captura total estimada de 2013.

	<b>Base case</b>	
<b>YFT</b>	<b>Caso base</b>	<b><math>h = 0.75</math></b>
MSY-RMS	265,996	306,515
$B_{\text{MSY}}- B_{\text{RMS}}$	362,582	584,135
$S_{\text{MSY}}- S_{\text{RMS}}$	3,442	6,321
$B_{\text{MSY}}/B_0- B_{\text{RMS}}/B_0$	0.32	0.37
$S_{\text{MSY}}/S_0- S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.35
$C_{\text{recent}}/\text{MSY}- C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.87	0.75
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}}- B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.07	0.67
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}}- S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	0.98	0.54
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.21	0.77

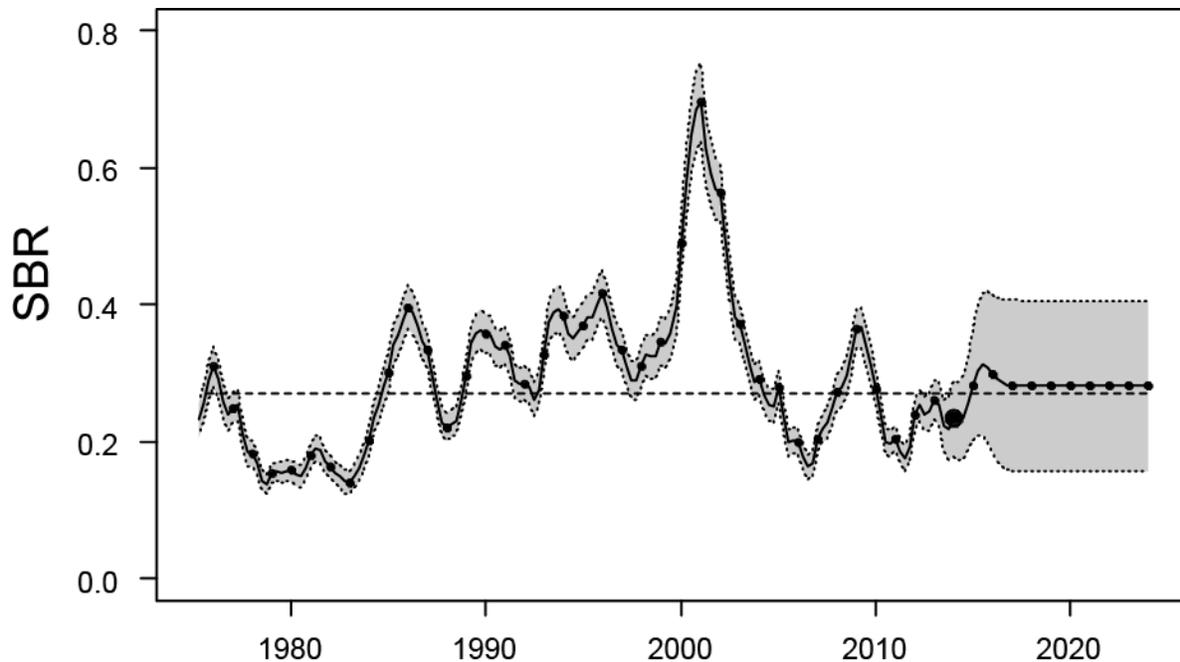
## Anexo A – Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad en el que se modificó el análisis de caso base para mejorar la precisión ( $CV = 0.20$ ) de la CPUE estandarizada de la pesquería palangrera del sur \ (F12), al igual que en la [evaluación previa](#). En el caso base actual se supuso un CV de 0.40. La convergencia del análisis de sensibilidad fue pobre. El ajuste a los datos es peor (verosimilitud total = 8728.05) que en el caso base actual (8712.46). El modelo es sensible a este supuesto (Tabla A1 y Figura A1). Las conclusiones principales de la evaluación actual del aleta amarilla son asimismo respaldadas por este análisis: los SBR actuales están por debajo de los niveles correspondientes al RMS ( $S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}} = 0.87$ ); el esfuerzo es inferior al nivel que soportaría el RMS (multiplicador de  $F = 1.05$ ); con los niveles actuales (2011-2013) de mortalidad por pesca y reclutamiento promedio, se predice que la biomasa reproductora aumentará por encima del nivel de RMS.

**TABLE A1.** MSY and related quantities based on average fishing mortality ( $F$ ) for 2011-2013 for a sensitivity analysis identical to the base case except that the CV for the standardized CPUE of the southern longline fishery (F12) is set to 20%.  $B_{\text{recent}}$  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 2014 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 2013.

**TABLA A1.** RMS y cantidades relacionadas para el caso base basados en la mortalidad por pesca ( $F$ ) media de 2011-2013 para un análisis de sensibilidad idéntico al caso base excepto que se fija el CV de la pesquería palangrera del sur en 20%. Se definen  $B_{\text{recent}}$  y  $B_{\text{RMS}}$  como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2014 y en RMS, respectivamente, y  $S_{\text{recent}}$  y  $S_{\text{RMS}}$  como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas).  $C_{\text{recent}}$  es la captura total estimada de 2013.

YFT	Sensitivity run	Base case Caso base
MSY-RMS	269,038	265,996
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	363,767	362,582
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,455	3,442
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.32	0.32
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.27
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.85	0.87
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	0.97	1.07
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	0.87	0.98
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.05	1.21



**FIGURE A1.** Spawning biomass ratios (SBRs) for yellowfin tuna in the EPO, including projections for 2014-2024 based on average fishing mortality rates during 2011-2013, for a sensitivity analysis identical to the base case except that the CV of the southern longline fishery is set to 20%. The dashed horizontal line (at 0.27) identifies the SBR at MSY. The solid curve illustrates the maximum likelihood estimates, and the estimates after 2014 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2011-2013, and average environmental conditions occur during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around those estimates.

**FIGURA A1.** Cocientes de biomasa reproductora (SBRs) de atún aleta amarilla en el OPO, con proyecciones para 2014-2024 basadas en las tasas de mortalidad por pesca medias durante 2011-2013, para un análisis de sensibilidad idéntico al caso base excepto que se fija el CV de la pesquería palangrera del sur en 20%. La línea de trazos horizontal (en 0.27) identifica el SBR correspondiente al RMS. La curva sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2014 (punto grande) indican el SBR que se predice ocurrirá con tasas de mortalidad por pesca en el promedio de aquellas observadas durante 2011-2013, 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.