

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

SEXTA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

11-15 de mayo de 2015

DOCUMENTO SAC-06-05

CONDICIÓN DEL ATÚN PATUDO EN EL OCÉANO PACÍFICO
ORIENTAL EN 2014 Y PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO

Alexandre Aires-da-Silva y Mark N. Maunder

Este informe presenta la evaluación más reciente de la población del atún patudo (*Thunnus obesus*) en el Océano Pacífico oriental (OPO). Se usó en la evaluación un modelo de evaluación de poblaciones estadístico integrado con estructura por edad (*Stock Synthesis* 3.23b).

El atún patudo 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 sustancialmente más bajas cerca del límite occidental del OPO (150°O); las capturas palangreras son más continuas, pero relativamente bajas entre 160°O y 180°. El patudo no es capturado frecuentemente con arte de cerco en el OPO al norte de 10°N, pero una porción sustancial de las capturas palangreras de patudo en el OPO proviene del norte de ese paralelo. Se realiza la evaluación como si existiera una sola población de patudo en el OPO, y ocurrieran desplazamientos mínimos de peces entre el OPO y el Océano Pacífico central y occidental. Sus resultados son consistentes con aquéllos de otros análisis del atún patudo a escala del Pacífico entero. Sin embargo, se ha acumulado recientemente una gran cantidad de datos de marcado convencional y electrónico del Programa de Marcado de Atún del Pacífico, que ha enfocado sus esfuerzos de marcado de patudo entre 180° y 140°O desde 2008. Las marcas recuperadas demuestran claramente que ocurren extensos desplazamientos longitudinales de patudo que atraviesan el límite de ordenación de la CIAT en 150°O, en particular de oeste a este. El personal de la CIAT está colaborando con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) en una evaluación actualizada del patudo a escala del Pacífico entero. Esta investigación incorporará los nuevos datos de marcado en un modelo de dinámica poblacional con estructura espacial, lo cual ayudará a evaluar los sesgos potenciales ocasionados por el enfoque actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el Océano Pacífico central y occidental.

Este modelo es el mismo que se usó en la evaluación completa previa realizada en 2014 ([Informe de Evaluación de Stocks de la CIAT 15](#)), que incluyó varias mejoras. En primer lugar, se introdujo una nueva curva de crecimiento de Richards estimada externamente a partir de un análisis integrado de datos de otolitos y observaciones de marcado y recaptura. Esta curva redujo en particular la incertidumbre acerca del tamaño medio de los peces más viejos (parámetro L_2). Además, los parámetros que determinan la varianza de la talla por edad fueron asimismo tomados de las nuevas estimaciones de crecimiento derivadas externamente. Los análisis diagnósticos con la configuración de caso base previa del modelo indicaron una influencia dominante de los datos de composición por talla en la determinación de la productividad (parámetro R_0) de la población de patudo, y se descubrieron también conflictos entre los conjuntos de datos. Como consecuencia, se mejoró en la evaluación completa previa la ponderación asignada a los distintos conjuntos de datos. Concretamente, se redujo la ponderación de los datos de composición por talla de todas las pesquerías. Además, el número de series de datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) usado como índices de abundancia fue reducido a fin de minimizar las tendencias conflictivas entre los conjuntos de datos. En lugar de ajustar a un total de diez series de CPUE (dos de cerco y ocho de palangre), se seleccionó un conjunto reducido de índices de abundancia como la mejor representación de las tenden-

cias de la población de patudo (los periodos temprano y tardío de las pesquerías palangreras central y del sur).

La evaluación de la población requiere una cantidad sustancial de información. Se analizaron datos de capturas retenidas, descartes, 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, y mortalidad por pesca. Se actualizaron los datos de captura y CPUE de las pesquerías de superficie, e incluyen datos nuevos de 2014. Se dispone de datos nuevos o actualizados de la captura palangrera de China (2013), Japón (2008-2013), Corea (2013), Taipéi Chino (2011-2013), Estados Unidos (2012-2013), Polinesia Francesa (2013), y Vanuatu (2013-2014). Se dispone de datos de captura palangrera de 2014 para China, Japón, Taipéi Chino, y Corea a partir de las estadísticas de los informes mensuales. En el caso de las pesquerías palangreras sin nuevos datos de captura para 2014, se supuso que las capturas en 2014 fueron iguales a las de 2013. Se dispone de datos nuevos o actualizados de CPUE para la flota palangrera japonesa (2008-2013). Se dispone de datos nuevos de frecuencia de talla de la pesquería de cerco para 2014, y actualizaciones de 2013, más datos de frecuencia de talla nuevos o actualizados (2011-2013) de la flota palangrera japonesa.

Una característica prominente de la serie de tiempo de estimaciones de reclutamiento de patudo es que los picos máximos del reclutamiento de 1983 y 1998 coincidieron con los eventos de El Niño más fuertes del periodo histórico de la evaluación ([Figura 1](#)). Hubo un período de reclutamiento anual superior al promedio durante 1994-1998, seguido por un período de reclutamiento inferior al promedio durante 1999-2000. Los reclutamientos fueron superiores al promedio entre 2001 y 2006, y fueron particularmente fuertes en 2005. Más recientemente, los reclutamientos fueron inferiores al promedio durante 2007-2009, y han fluctuado alrededor del promedio durante 2010-2013. La estimación más reciente del reclutamiento anual (2014) es ligeramente superior al promedio. No obstante, esta estimación es altamente incierta, y debe ser considerada con cautela, debido a que el patudo recién reclutado está representado en solamente unos pocos conjuntos de datos de frecuencia de talla.

Han ocurrido cambios importantes en la cantidad de mortalidad por pesca causada por las pesquerías que capturan atún patudo en el OPO. En promedio, desde 1993 la mortalidad por pesca de patudo de menos de unos 15 trimestres de edad ha aumentado sustancialmente, y la de los de más de unos 15 trimestres de edad también ha aumentado, pero en menor grado ([Figura 2](#)). El aumento de la mortalidad por pesca de los peces más jóvenes fue causado por la expansión de las pesquerías de cerco que capturan atún en asociación con objetos flotantes. Queda claro que la pesquería de palangre ejerció el mayor impacto sobre la población antes de 1995, pero con la reducción del esfuerzo de palangre, y la expansión de la pesquería sobre objetos flotantes, en la actualidad el impacto de la pesquería de cerco sobre la población de patudo es mucho mayor que aquél de la pesquería de palangre ([Figura 3](#)). Los descartes de patudo pequeño tienen un impacto pequeño pero detectable sobre la merma de la población.

Dentro de la gama de biomásas reproductoras estimadas por la evaluación del caso base, la abundancia de los reclutas de patudo no parece estar relacionada con el potencial reproductor de las hembras adultas en el momento de cría.

Desde el principio de 2005, el cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*, o SBR: el cociente de la biomasa reproductora actual a aquélla de la población no explotada) aumentó paulatinamente a 0,30 al principio de 2010. Esto puede ser atribuido al efecto combinado de una serie de reclutamientos superiores al promedio desde 2001, las resoluciones de conservación de atunes de la CIAT, y una reducción del esfuerzo de pesca palangrera en el OPO durante 2004-2009. No obstante, aunque las soluciones han continuado desde 2009, la tendencia reconstructiva no continuó durante 2010-2013, y el SBR disminuyó paulatinamente a un nivel histórico bajo de 0,19 al principio de 2013 ([Figura 4](#)). Esta disminución podría estar relacionada con un período dominado por reclutamientos inferiores al promedio que comenzó a fines de 2007 y coincide con una serie de eventos de La Niña particularmente fuertes. Más recientemente, se estima que el SBR ha aumentado ligeramente, de 0.19 en 2013 a 0.22 al principio de 2015; en el

modelo, este aumento es impulsado principalmente por el incremento reciente de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las pesquerías palangreras que capturan patudo adulto.

Al principio de 2015, la biomasa reproductora del patudo en el OPO parece haber sido un 6% mayor que S_{RMS} , y las capturas recientes fueron un 13% inferiores al rendimiento máximo sostenible (RMS) Si la mortalidad por pesca (F) es proporcional al esfuerzo de pesca, y se mantienen los patrones actuales de selectividad por edad, F_{RMS} es aproximadamente un 14% mayor que el nivel de esfuerzo actual ([Tabla 1](#)).

Según los resultados del caso base, la estimación más reciente indica que la población de patudo en el OPO no se encuentra sobrepescada ($S < S_{RMS}$), y que no está ocurriendo sobrepesca ($F < F_{RMS}$) ([Figura 5](#)). Se estima que la explotación actual se encuentra 14% por encima de los puntos de referencia objetivo de RMS. Similarmente, el modelo actual de caso base indica que los puntos de referencia límite provisionales de $0.38 S_{RMS}$ y $1,6 F_{RMS}$, 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 ($h = 0.75$), no han sido rebasados ([Figura 5](#)). Sin embargo, estas interpretaciones están sujetas a incertidumbre, tal como indican los intervalos de confianza aproximados alrededor de la estimación más reciente en las gráficas de fase, que permiten $F > F_{RMS}$. Además, dependen fuertemente de los supuestos acerca del parámetro de inclinación de la relación población-reclutamiento, los niveles supuestos de mortalidad natural de los adultos, y la ponderación asignada a los datos de composición por talla.

El RMS de patudo en el OPO podría ser maximizado si el patrón de selectividad por edad fuese similar a aquél de las pesquerías de palangre, porque capturan peces más grandes de un peso cercano al crítico. Antes de la expansión de la pesquería sobre objetos flotantes que comenzó en 1993, el RMS fue mayor que el RMS actual, y la mortalidad por pesca fue mucho menos que F_{RMS} ([Figura 6](#)).

Con los niveles actuales de mortalidad por pesca, y si persisten los niveles recientes de esfuerzo y capturabilidad y niveles de reclutamiento medios, se predice que la biomasa reproductora seguirá aumentando, y alrededor de 2022 se estabilizará en un SBR de 0.25, nivel mayor que aquel correspondiente al RMS (0.21) ([Figura 4](#)). Se estima que las capturas serán menores en el futuro con los niveles actuales de esfuerzo de pesca si se supone una relación población-reclutamiento, particularmente en el caso de las pesquerías de superficie ([Figura 7](#)).

Estas simulaciones se basan en el supuesto que los patrones de selectividad y capturabilidad no cambiarán en el futuro. Cambios en las prácticas con respecto a los objetivos de la pesca, o una mayor capturabilidad de patudo a medida que disminuye la abundancia (por ejemplo, capturabilidad dependiente de la densidad) podrían resultar en diferencias de los resultados aquí predichos.

Resultados clave

1. Los resultados de esta evaluación indican una tendencia recuperativa del atún patudo en el OPO durante 2005-2009, subsiguiente a las resoluciones de conservación de atún de la CIAT iniciadas en 2004. No obstante, la disminución de la biomasa reproductora que comenzó a principios de 2010 redujo la biomasa tanto sumaria como reproductora a su nivel histórico mínimo al principio de 2013, y persistió durante 2013. Esta disminución podría estar relacionada con una serie reciente de reclutamientos inferiores al promedio que coinciden con una serie de eventos fuertes de La Niña. Más recientemente, se estima que el SBR ha aumentado ligeramente, de 0.19 en 2013 a 0.22 al principio de 2015; en el modelo, este aumento es impulsado principalmente por el incremento reciente de la CPUE de las pesquerías palangreras que capturan patudo adulto. Con los niveles actuales de mortalidad por pesca, y si continúan los niveles recientes de esfuerzo y capturabilidad y persisten los niveles medios de reclutamiento, se predice que la biomasa reproductora seguirá recuperándose y se estabilizará alrededor de 0.25, por encima del nivel correspondiente al RMS (0.21).
2. Existe incertidumbre con respecto a los niveles de reclutamiento y biomasa recientes y futuros.
3. Se estima que las tasas recientes de mortalidad por pesca están por debajo del nivel correspondiente al

RMS, mientras que los niveles recientes de la biomasa reproductora han estado ligeramente por encima de dicho nivel. Estas interpretaciones son inciertas, y altamente sensibles a los supuestos correspondientes al parámetro de inclinación de la relación población-reclutamiento, las tasas supuestas de mortalidad natural del patudo adulto, la curva de crecimiento, y la ponderación asignada a los datos de composición por talla, en particular los de palangre. Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento, tasas más bajas de mortalidad natural del patudo adulto, y una talla mayor de los peces más viejos, y si se asigna una ponderación mayor a los datos de composición por talla, en particular los de las pesquerías de palangre.

4. El personal de la CIAT está colaborando con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) en una evaluación actualizada del patudo a escala del Pacífico entero. Esta investigación incorporará los nuevos datos de mercado en un modelo de dinámica poblacional con estructura espacial, lo cual ayudará a evaluar los sesgos potenciales ocasionados por el enfoque actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el Océano Pacífico central y occidental.

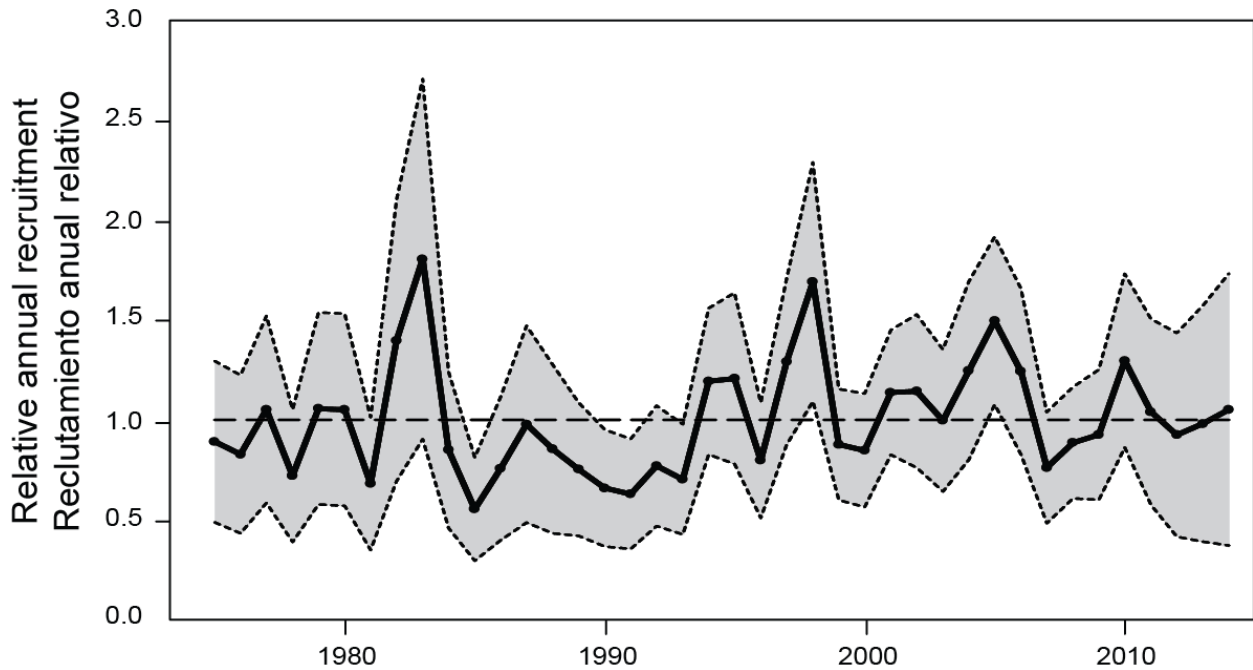


FIGURE 1. Estimated annual recruitment of bigeye tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the estimate of virgin recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line shows the maximum likelihood estimates of recruitment, and the shaded area indicates the approximate 95% intervals around those estimates.

FIGURA 1. Reclutamiento estimado de atún patudo a las pesquerías del OPO. Se escalan las estimaciones para que la estimación de reclutamiento virgen equivalga a 1,0 (línea de trazos horizontal). La línea sólida indica las estimaciones de reclutamiento de verosimilitud máxima, y el área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% aproximados de esas estimaciones.

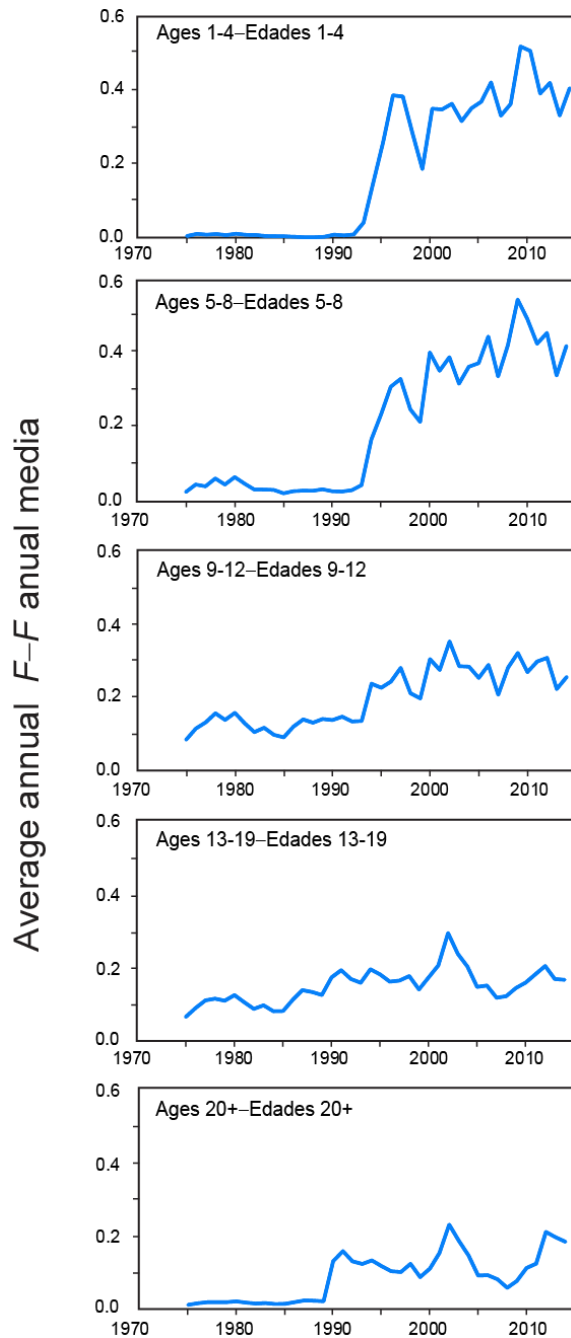


FIGURE 2. Average annual fishing mortality, by all gears, of bigeye tuna recruited to the fisheries of the EPO. Each panel illustrates the average fishing mortality rates that affected the fish within the range of ages indicated in the title of each panel. For example, the trend illustrated in the top panel is an average of the fishing mortalities that affected the fish that were 1-4 quarters old.

FIGURA 2. Mortalidad por pesca anual media, por todas las artes, de atún patudo reclutado a las pesquerías del OPO. Cada recuadro ilustra las tasas medias de mortalidad por pesca que afectaron a los peces de la edad indicada en el título de cada recuadro. Por ejemplo, la tendencia ilustrada en el recuadro superior es un promedio de las mortalidades por pesca que afectaron a los peces de entre 1 y 4 trimestres de edad.

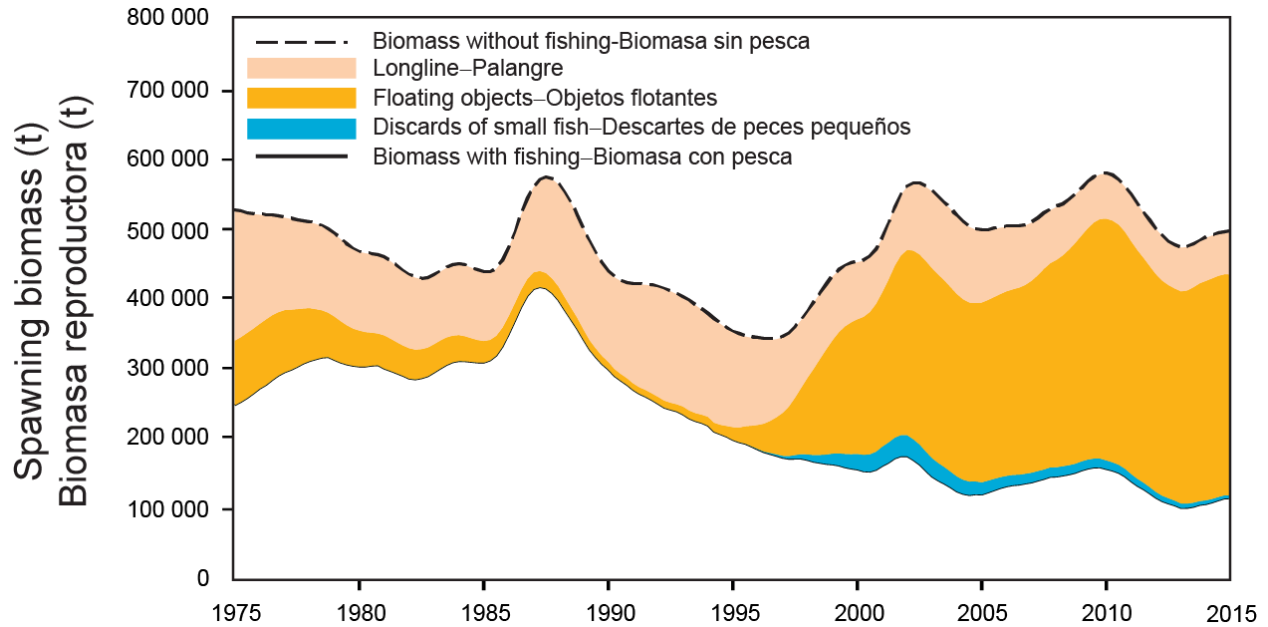


FIGURE 3. Trajectory of the spawning biomass of a simulated population of bigeye tuna that was not exploited (top line) and that predicted by the stock assessment model (bottom line). The shaded areas between the two lines show the portions of the impact attributed to each fishing method. t = metric tons.

FIGURA 3. Trayectoria de la biomasa reproductora de una población simulada de atún patudo no explotada (línea superior) y la que predice el modelo de evaluación (línea inferior). Las áreas sombreadas entre las dos líneas señalan la porción del efecto atribuida a cada método de pesca. t = toneladas métricas.

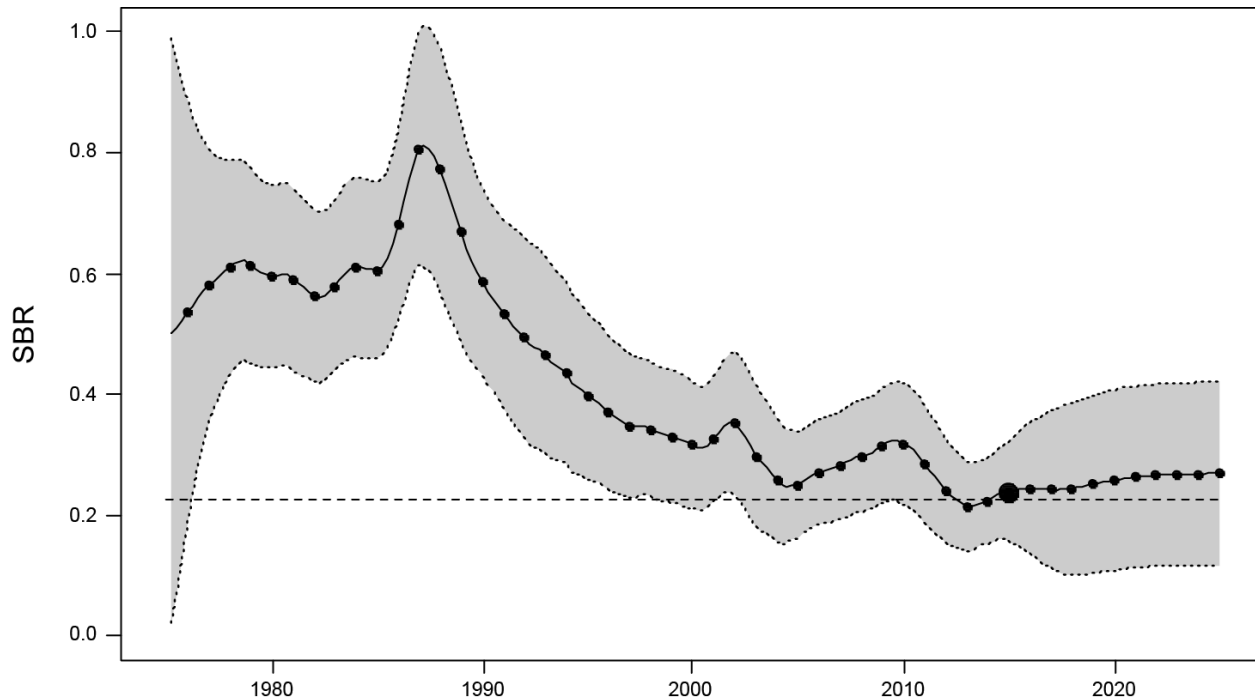


FIGURE 4. Estimated spawning biomass ratios (SBRs) of bigeye tuna in the EPO, including projections for 2015-2024 based on average fishing mortality rates during 2012-2014. The dashed horizontal line (at about 0.21) identifies the SBR at MSY. The solid line illustrates the maximum likelihood estimates, and the estimates after 2015 (the large dot) indicate the SBR predicted to occur if fishing mortality rates continue at the average of that observed during 2012-2014. The dashed lines are the 95-percent confidence intervals around these estimates.

FIGURA 4. Cocientes de biomasa reproductora (SBR) del atún patudo en el OPO, incluyendo proyecciones para 2015-2024 basadas en las tasas medias de mortalidad por pesca durante 2012-2014. La línea sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2015 (el punto grande) señalan el SBR predicho si las tasas de mortalidad por pesca continúan en el promedio observado durante 2012-2014. Las líneas de trazos representan los intervalos de confianza de 95% alrededor de esas estimaciones.

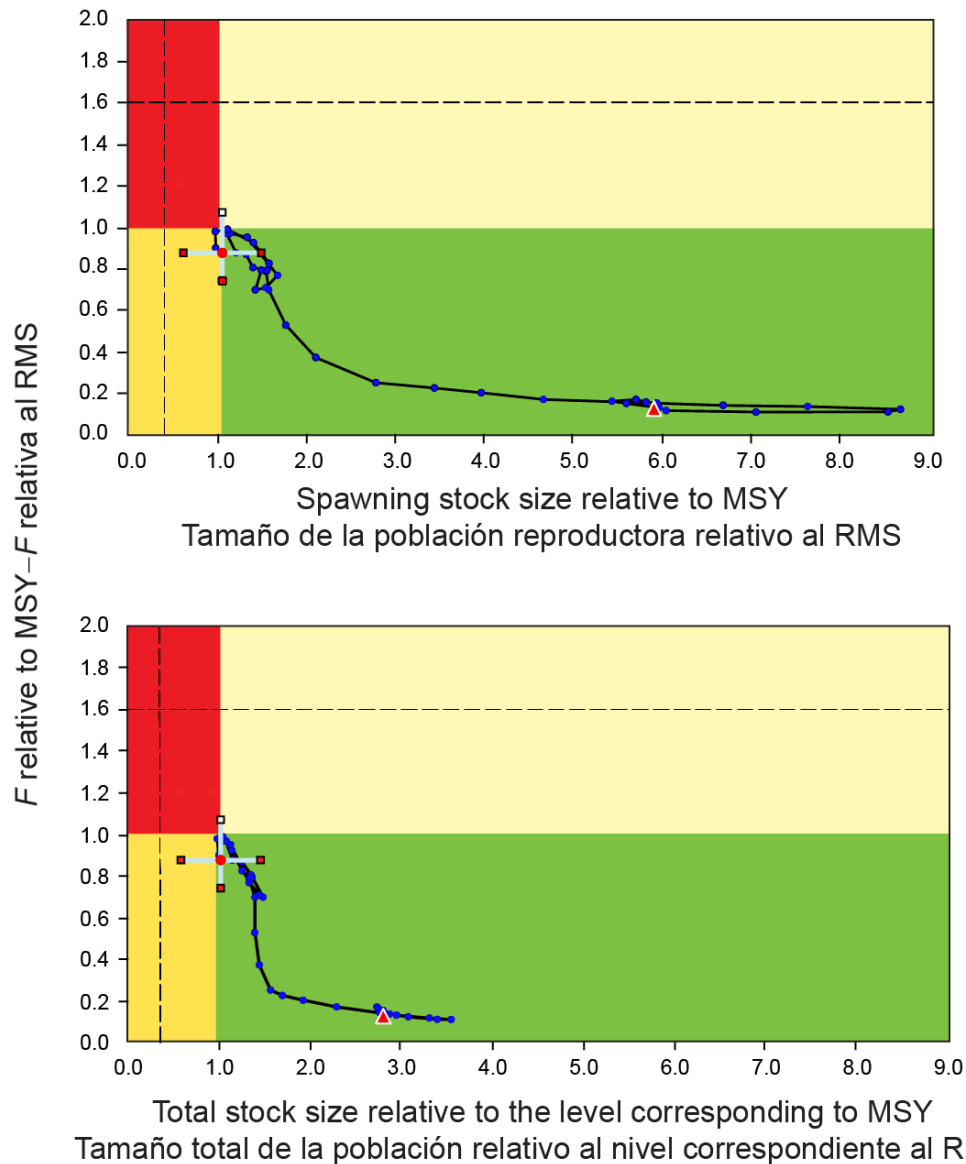


FIGURE 5. Kobe (phase) plot of the time series of estimates of spawning stock size and fishing mortality relative to their MSY reference points. The panels represent interim target reference points (S_{MSY} and F_{MSY} ; solid lines) and limit reference points (dashed lines) of $0.38 S_{MSY}$ and $1.6 F_{MSY}$, 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 fishing mortality rate over three years; the large 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) límite de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población reproductora y la mortalidad por pesca relativas a sus puntos de referencia de RMS. Los recuadros representan los puntos de referencia límite provisionales de $0,38 S_{RMS}$ y $1,6 F_{RMS}$, 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 un trienio; el punto grande indica la estimación más reciente. Los cuadros alrededor de la estimación más reciente representan el intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo es la primera estimación (1975).

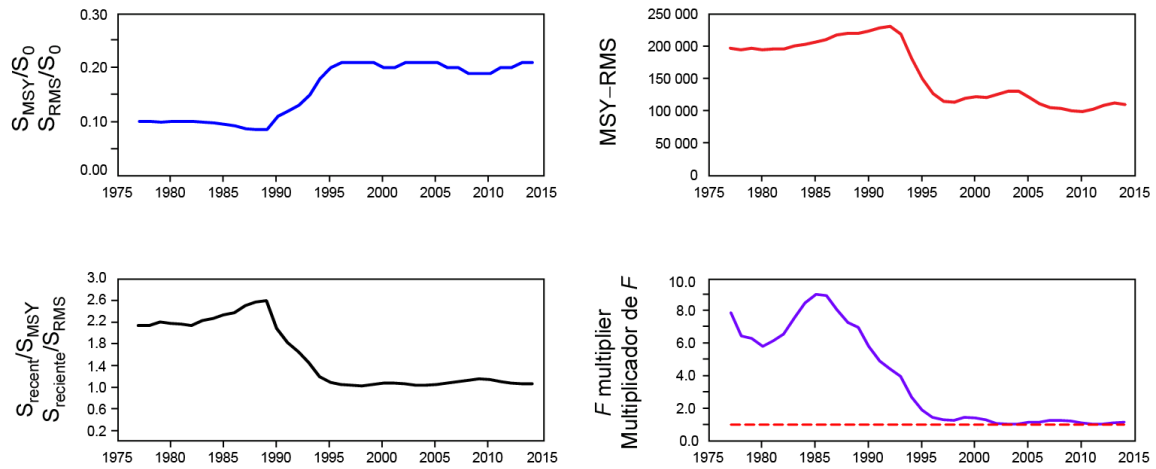


FIGURE 6. Estimates of MSY-related quantities calculated using the average age-specific fishing mortality for each year. (S_{recent} is the spawning biomass at the beginning of 2015.)

FIGURA 6. Estimaciones de cantidades relacionadas con el RMS calculadas usando la mortalidad por pesca por edad para cada año. ($S_{reciente}$ es la biomasa reproductora al principio de 2015.)

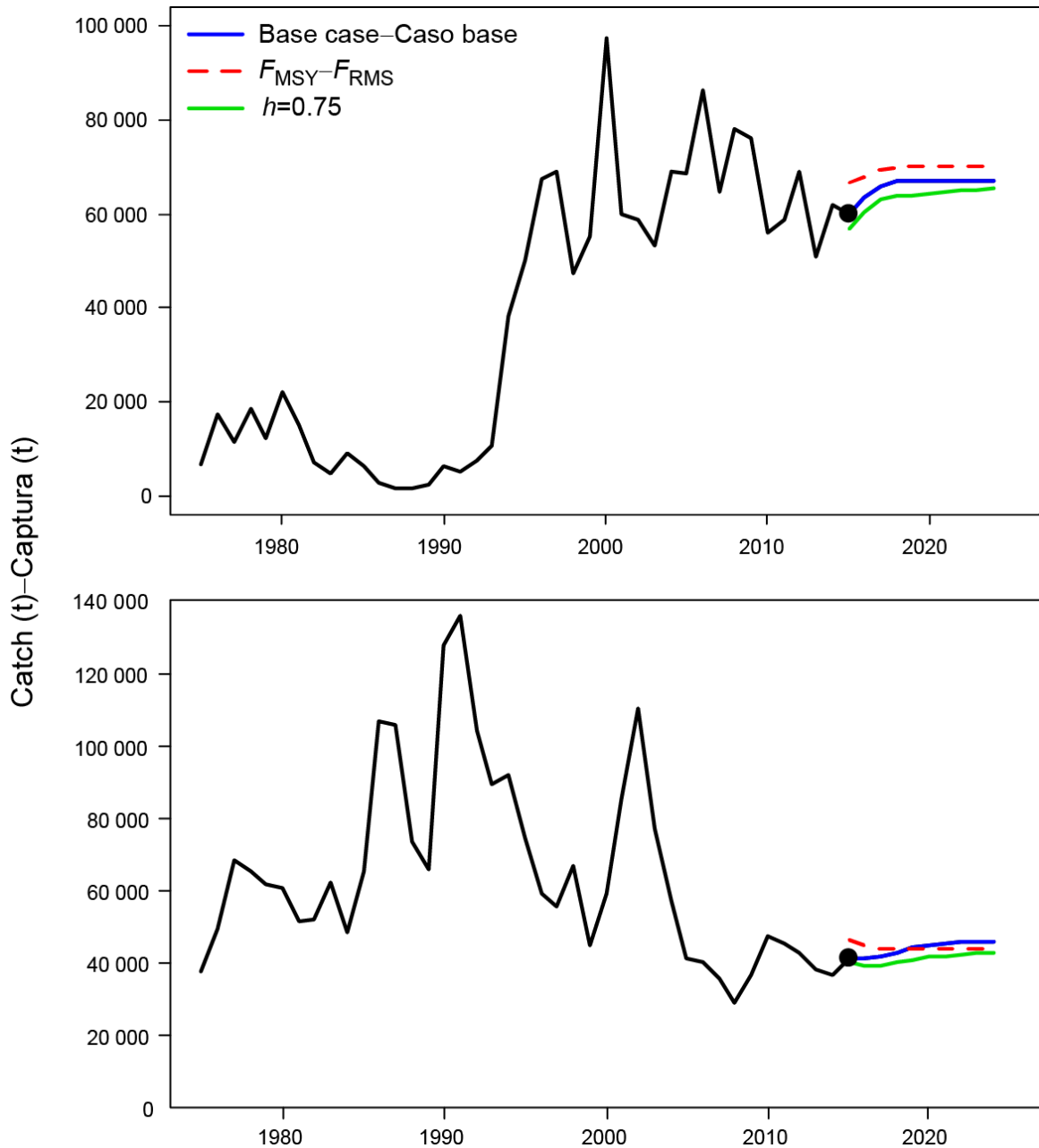


FIGURE 7. Historic and predicted annual catches of bigeye tuna during 2015-2024 for the surface (top panel) and longline (bottom panel), fisheries based on fishing mortality rates during 2012-2014. Predicted catches are compared between the base case, the analysis assuming F_{MSY} and the analysis in which a stock-recruitment relationship ($h = 0.75$) was used. t = metric tons.

FIGURA 7. Capturas anuales históricas y predichas de atún patudo durante 2015-2024 en las pesquerías de superficie (recuadro superior) y de palangre (recuadro inferior), basadas en las tasas de mortalidad por pesca durante 2012-2014. Se comparan las capturas predichas entre el caso base, el análisis que supone F_{MSY} y el análisis en el que se usa una relación población-reclutamiento ($h = 0.75$). t = toneladas métricas.

TABLE 1. Estimates of the MSY and its associated quantities for bigeye tuna for the base case assessment and the sensitivity analyses. All analyses are based on average fishing mortality during 2012-2014. B_{recent} and B_{MSY} are defined as the biomass of fish 3+ quarters old (in metric tons) at the beginning of 2015 and at MSY, respectively. S_{recent} and S_{MSY} are in metric tons. C_{recent} is the estimated total catch in 2014. The F multiplier indicates how many times effort would have to be effectively increased to achieve the MSY in relation to the average fishing mortality during 2012-2014.

TABLA 1. Estimaciones del RMS y sus cantidades asociadas para el atún patudo para la evaluación del caso base y los análisis de sensibilidad. Todos los análisis se basan en la mortalidad por pesca promedio de 2012-2014. Se definen B_{recent} y B_{RMS} como la biomasa de peces de 3+ trimestres de edad (en toneladas métricas) al principio de 2015 y en RMS, respectivamente. Se expresan S_{recent} y S_{MSY} en toneladas métricas. C_{recent} es la captura total estimada en 2014. El multiplicador de F indica cuántas veces se tendría que incrementar el esfuerzo para lograr el RMS en relación con la mortalidad por pesca media durante 2012-2014.

	Base case- Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	113,730	110,075
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	433,396	778,733
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	108,502	216,205
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.25	0.33
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.21	0.30
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.87	0.90
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.03	0.82
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	1.06	0.82
F multiplier-Multiplicador de F	1.14	0.92