

**COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL**

**COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR**

**OCTAVA REUNIÓN**

La Jolla, California (EE.UU.)

8-12 de mayo de 2017

**DOCUMENTO SAC-08-04a**

**CONDICIÓN DEL ATÚN PATUDO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL EN 2016 Y  
PERSPECTIVAS PARA EL FUTURO**

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

**RESUMEN EJECUTIVO**

1. La evaluación del atún patudo en el Océano Pacífico oriental (OPO) en 2016 es similar a la evaluación previa.
  2. 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, aunque las resoluciones han continuado desde 2009, la tendencia recuperativa no se ha mantenido durante 2010-2013, y el cociente de biomasa reproductora (SBR) disminuyó paulatinamente a su nivel histórico mínimo de 0.16 al principio de 2013. Esta disminución podría estar relacionada a los reclutamientos inferiores al promedio en 2007 y 2008, y coincide con una serie de eventos de La Niña particularmente fuertes. Más recientemente, se estima que el SBR aumentó de forma importante, de 0.16 en 2013 a 0.26 al principio de 2017; 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. Este incremento puede ser atribuido al reclutamiento fuerte de 2012.
  3. Existe incertidumbre con respecto a los niveles de reclutamiento y biomasa recientes y futuros. Con los niveles actuales de mortalidad por pesca, y si el esfuerzo y la capturabilidad continúan en los niveles recientes y persiste el reclutamiento promedio, se predice que la biomasa reproductora se estabilizará alrededor del SBR actual de 0.26, por encima del nivel correspondiente al RMS (0.21).
  4. Según la evaluación de caso base, las tasas recientes de mortalidad por pesca ( $F$ ) están por debajo del nivel correspondiente al RMS ( $F_{RMS}$ ), mientras que las biombras reproductoras recientes están por encima de dicho nivel. Estas interpretaciones están sujetas a incertidumbre, pero no rebasan los puntos de referencia límite; sin embargo, son altamente sensibles a los supuestos correspondientes al parámetro de inclinación ( $h$ ) de la relación población-reclutamiento, la ponderación asignada a los datos de composición por talla, en particular los de palangre, la curva de crecimiento, y las tasas supuestas de mortalidad natural ( $M$ ) del patudo adulto. Los resultados son más pesimistas si se supone una relación población-reclutamiento y tasas más bajas de  $M$  para el patudo adulto tal como se demostró en evaluaciones previas.
1. Los temas siguientes deberían ser prioritarios en investigaciones futuras de la evaluación de la población de patudo:
    - a. investigación de las causas de especificación errónea del modelo responsables del patrón de

reclutamiento en dos etapas en la evaluación del patudo.

- b. Formulación de una curva de crecimiento más representativa de los datos.
- c. Ponderación de los distintos conjuntos de datos.
- d. Definiciones de las pesquerías.
- e. Estructura de la población. El personal de la CIAT realizará también investigaciones dirigidas a mejorar la estructura espacial en el modelo actual de evaluación del patudo en el OPO, así como la mejor forma de incorporar los datos de marcado disponibles. Además, continuara su colaboración con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) en una evaluación del patudo a escala del Pacífico entero. Se incorporarán los nuevos datos de marcado en un modelo de dinámica poblacional con estructura por edad, que ayudará a evaluar los sesgos potenciales que resultan del enfoque actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el Océano Pacífico central y occidental (OPOC).
- f. Mejorar las estimaciones de mortalidad natural.

## RESUMEN DE LA EVALUACIÓN

Este informe presenta los resultados clave de una evaluación actualizada de la población del atún patudo (*Thunnus obesus*) 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 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 patudo 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, con desplazamientos netos mínimos de peces entre el OPO y el Océano Pacífico central y occidental. Los resultados son consistentes con aquéllos de otros análisis del patudo a escala del Pacífico entero. Sin embargo, recientemente se obtuvieron grandes cantidades de datos de marcas electrónicas del *Pacific Tuna Tagging Programme* de la SPC, que ha enfocado sus esfuerzos entre 180° y 140°O desde 2008. Las marcas recuperadas indican claramente que existen desplazamientos longitudinales extensos de patudo a través del límite occidental de la zona de ordenación de la CIAT en 150°O, en particular de oeste a este. El personal de la CIAT continuará colaborando con la SPC en investigaciones de un modelo de evaluación del patudo a escala del Pacífico entero. Se incorporarán los nuevos datos de marcado en un modelo de dinámica poblacional con estructura por edad, que ayudará en la evaluación actual de sesgos potenciales que resultan de hacer caso omiso al intercambio de peces a través del límite OPOC-OPO en el enfoque actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el OPOC.

Un reto importante para el modelado, reconocido en la investigación del patudo a escala del Pacífico entero, es la posible especificación errónea en el modelo que resulta de suponer tasas de crecimiento comunes para el patudo en el Pacífico entero, mientras que los estudios disponibles indican diferencias regionales. El personal de la SPC ha construido recientemente un modelo de evaluación a escala del Pacífico

entero para probar la sensibilidad del asesoramiento de ordenación para el OPOC al supuesto de que se puede en efecto hacer caso omiso a la dinámica del patudo en el OPO al realizar evaluaciones de la población del OPOC (McKechnie *et al.* 2015). Los resultados indican que la dinámica del patudo en el OPOC estimada por el modelo del Pacífico entero no es sustancialmente diferente de aquella estimada por el modelo que incluye sólo el OPOC, y que es por lo tanto razonable seguir haciendo recomendaciones de ordenación a la Comisión de Pesca del Pacífico Central y Occidental (WCPFC) sobre la base de modelos de evaluación regionales para el OPOC.

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 y CPUE de las pesquerías de superficie, e incluyen datos nuevos de 2016. Se dispone de datos nuevos o actualizados de la captura palangrera de China (2015), Japón (2013-2015), Corea (2015), Taipéi Chino (2013-2015), Estados Unidos (2014-2015), Polinesia Francesa (2015), Vanuatu (2015), y otras naciones (2014-2016). Se dispone de datos de captura palangrera de 2016 para China, Japón, Taipéi Chino, y Corea a partir de las estadísticas de los informes mensuales. En el caso de las capturas palangreras sin datos de captura nuevos para 2016, se supuso que las capturas eran iguales que en 2015. Se dispone de datos de CPUE nuevos o actualizados de la flota palangrera japonesa para 2014-2016. Se dispone de datos nuevos de frecuencia de talla de la pesquería de cerco para 2016, y se actualizaron los datos de años previos. Se dispone también de datos de frecuencia de talla nuevos o actualizados de la flota palangrera comercial japonesa (2013-2015).

Una característica prominente de la serie de tiempo de estimaciones de reclutamientos de patudo es que los picos máximos de 1982-1983 y 1998 coinciden 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 reclutamientos inferiores al promedio en 1999 y 2000. El reclutamiento fue superior al promedio entre 2001 y 2006, y fue particularmente fuerte en 2005; fue seguido por reclutamiento inferior al promedio en 2007 y 2008. El periodo de 2009 a 2016 fue dominado por reclutamientos superiores al promedio; fue particularmente fuerte en 2012. Las estimaciones más recientes (2014-2016) son altamente inciertas, y deben ser consideradas con cautela, ya que el patudo recién reclutado está representado en solamente unos pocos conjuntos de datos de frecuencia de talla.

Dentro de la gama de biomásas reproductoras estimadas por la evaluación de 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.

Durante 2005-2008, el cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*, o SBR: el cociente de la biomasa reproductora actual a aquella de la población no explotada) aumentó paulatinamente, a 0.25 al principio de 2009, debido probablemente al efecto combinado de reclutamiento superior al promedio durante 2001-2006, las resoluciones de conservación de atunes de la CIAT que comenzaron en 2004, y la reducción del esfuerzo de pesca palangrero en el OPO durante 2004-2008. No obstante, aunque las soluciones han continuado desde 2009, la tendencia recuperativa no se mantuvo durante 2010-2013, y el SBR disminuyó paulatinamente a un nivel histórico bajo de 0.16 al principio de 2013 (Figura 2). Esta disminución podría estar relacionada con los reclutamientos inferiores al promedio en 2007-2008, y coincide con una serie de eventos de La Niña particularmente fuertes. Más recientemente, se estima que el SBR aumentó de forma importante, de 0.16 en 2013 a 0.26 al principio de 2017; en el modelo, este aumento es impulsado principalmente por el incremento reciente de la CPUE de las pesquerías palangreras que capturan patudo adulto. Este incremento puede ser atribuido al reclutamiento fuerte de 2012.

Han ocurrido cambios importantes en la cantidad de mortalidad por pesca ( $F$ ) causada por las pesquerías

que capturan 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, pero ha disminuido en los últimos años. En el caso de los peces de más de unos 15 trimestres de edad,  $F$  aumentó inicialmente también, pero luego fluctuó alrededor de un nivel constante (Figura 3). 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 4). Los descartes de patudo pequeño tienen un impacto pequeño pero detectable sobre la merma de la población.

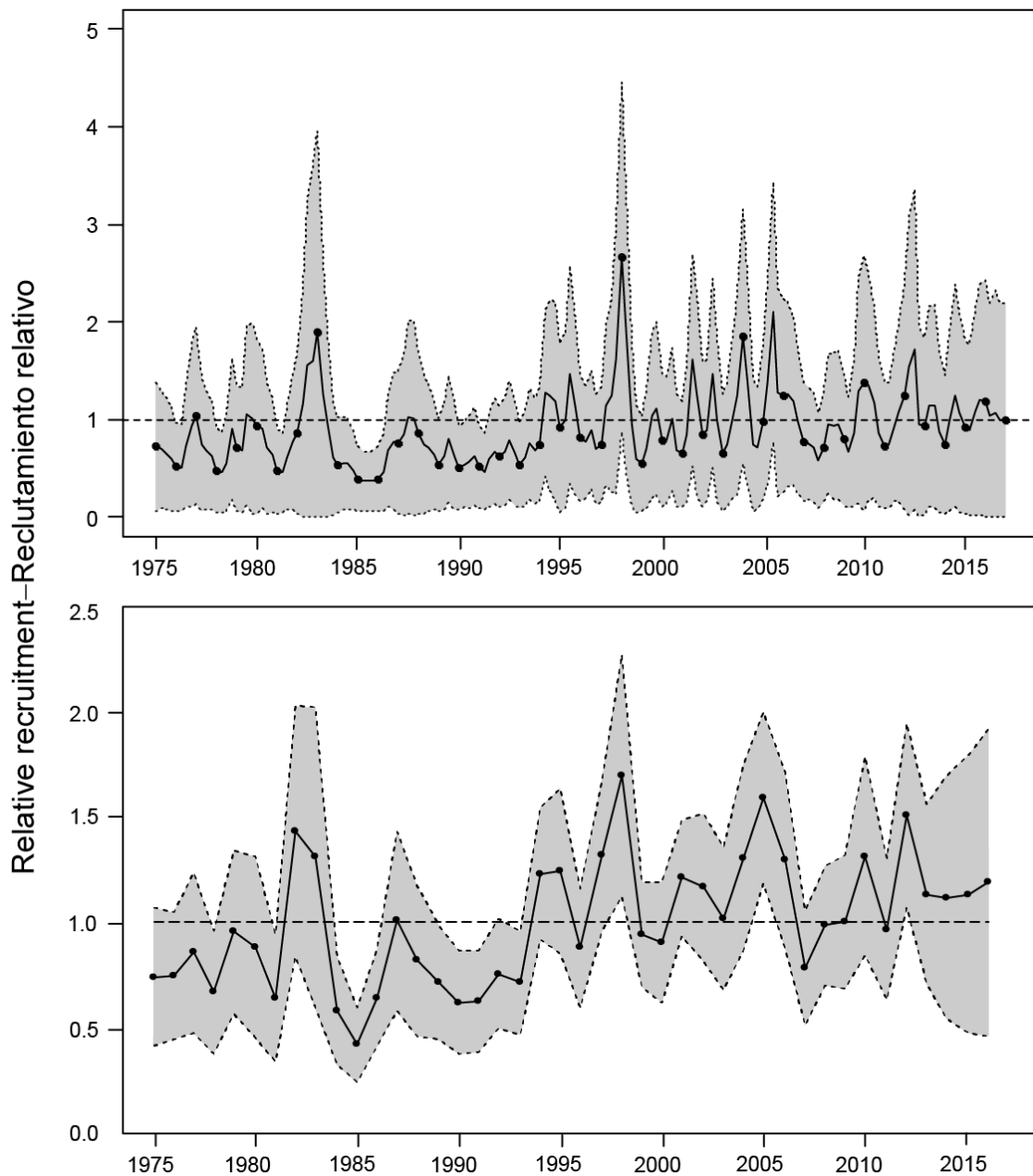
Según los resultados del caso base, al principio de 2017 la biomasa reproductora ( $S$ ) de patudo en el OPO estuvo un 23% por encima del nivel correspondiente al rendimiento máximo sostenible (RMS;  $S_{RMS}$ ), y se estima que las capturas recientes están un 11% por debajo del nivel de RMS. Si la mortalidad por pesca es proporcional al esfuerzo de pesca, y se mantienen los patrones actuales de selectividad por edad, el nivel de mortalidad por pesca correspondiente al RMS ( $F_{RMS}$ ) es un 15% mayor que el nivel de esfuerzo actual (Tabla 1).

La estimación más reciente de la evaluación de caso base 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). Similarmente, el modelo de caso base actual indica que los puntos de referencia límite 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 incluyen  $F > F_{RMS}$  y  $S < S_{RMS}$ , pero no rebasan los puntos de referencia límite. Cabe notar que los intervalos de confianza consideran solamente la incertidumbre en la estimación de parámetros, y no incluyen incertidumbre en los parámetros fijos o la estructura del modelo. Tal como se ilustra en la evaluación previa, las interpretaciones de la condición de la población dependen fuertemente de los supuestos acerca del parámetro de inclinación ( $h$ ) de la relación población-reclutamiento, los niveles supuestos de mortalidad natural ( $M$ ) de adultos, y juveniles, la curva de crecimiento, 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 (el peso al cual debería idealmente ser capturado para maximizar el rendimiento por recluta). 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).

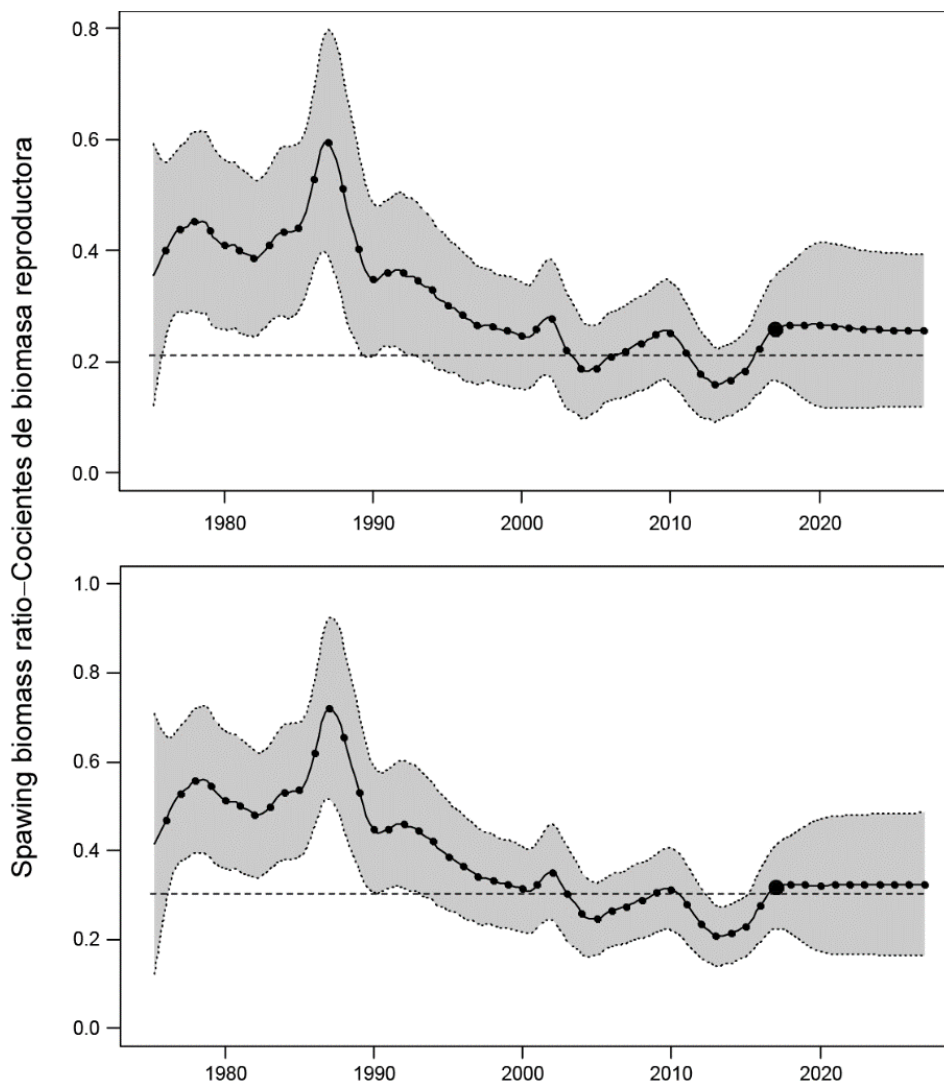
Con los niveles actuales de mortalidad por pesca, y si el esfuerzo y la capturabilidad continúan en los niveles recientes y persiste el reclutamiento promedio, se predice que la biomasa reproductora se estabilizará alrededor del SBR actual de 0.26, por encima del nivel correspondiente al RMS (0.21) (Figura 2). Se estima que, con los niveles actuales de esfuerzo de pesca, las capturas serán similares en el futuro (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.



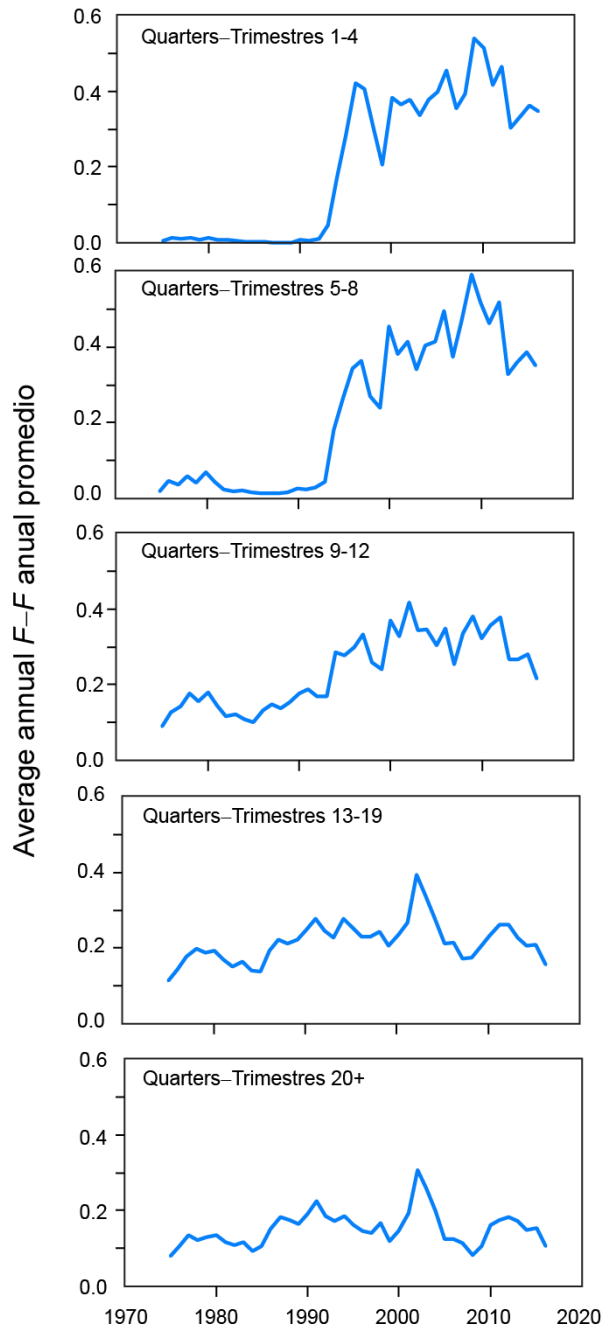
**FIGURE 1.** Estimated quarterly (top panel) and annual (bottom panel) recruitment of bigeye tuna to the fisheries of the EPO. The estimates are scaled so that the estimate of virgin recruitment is equal to 1.0 (dashed horizontal line). The solid line shows the maximum likelihood estimates (MLE) of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

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



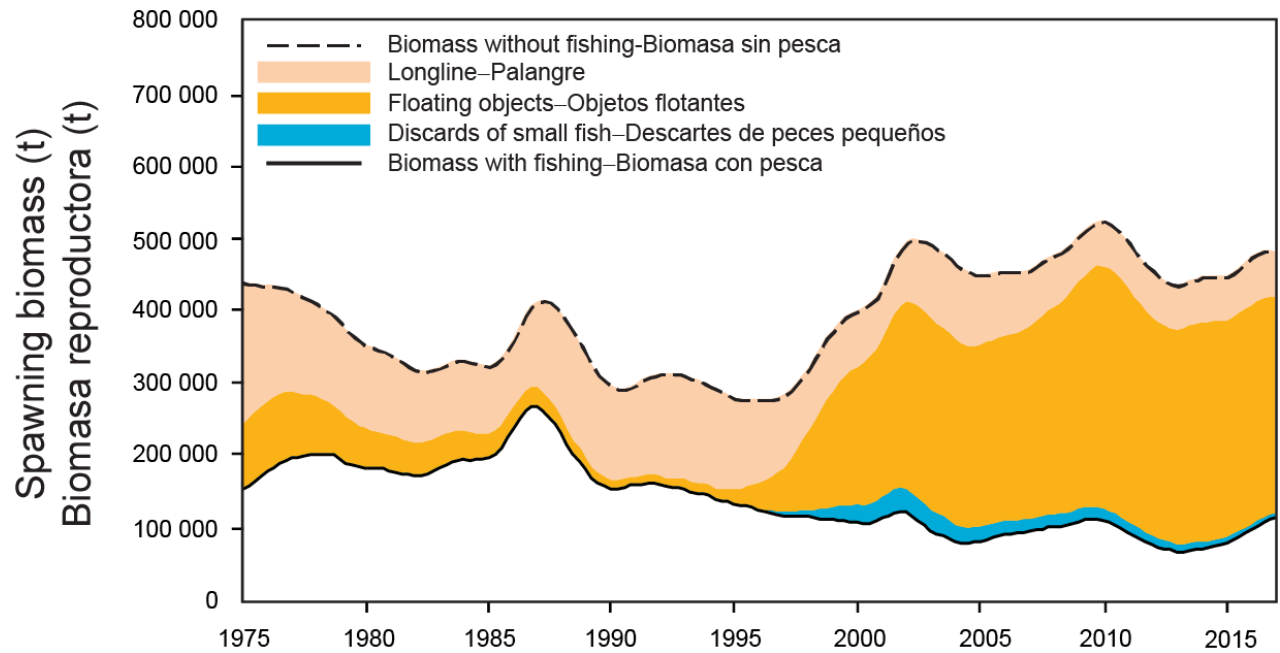
**FIGURE 2.** Estimated spawning biomass ratios (SBRs) of bigeye tuna in the EPO, including projections for 2017-2027 based on average fishing mortality rates during 2014-2016, from the base case (top panel) and the sensitivity analysis that assumes a stock-recruitment relationship ( $h = 0.75$ , bottom panel). The dashed horizontal line (at 0.21 and 0.30, respectively) identifies the SBR at MSY. The solid line 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 recruitment is average during the next 10 years. The shaded area indicates the approximate 95-percent confidence intervals around those estimates.

**FIGURA 2.** Cocientes de biomasa reproductora (SBR) estimados de atún patudo en el OPO, incluyendo proyecciones para 2017-2027 basadas en las tasas medias de mortalidad por pesca durante 2014-2016, del caso base (recuadro superior) y el análisis de sensibilidad que supone una relación población-reclutamiento ( $h = 0.75$ , recuadro inferior). La línea de trazos horizontal (en 0.21 y 0.30, respectivamente) identifica  $SBR_{RMS}$ . La línea sólida ilustra las estimaciones de verosimilitud máxima, y las estimaciones a partir de 2017 (el punto grande) señalan el SBR que se predice ocurrirá si las tasas de mortalidad por pesca continúan en el promedio observado durante 2014-2016 y el reclutamiento es promedio durante los 10 años próximos. El área sombreada representa los intervalos de confianza de 95% alrededor de esas estimaciones.



**FIGURE 3.** 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, in quarters, 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.

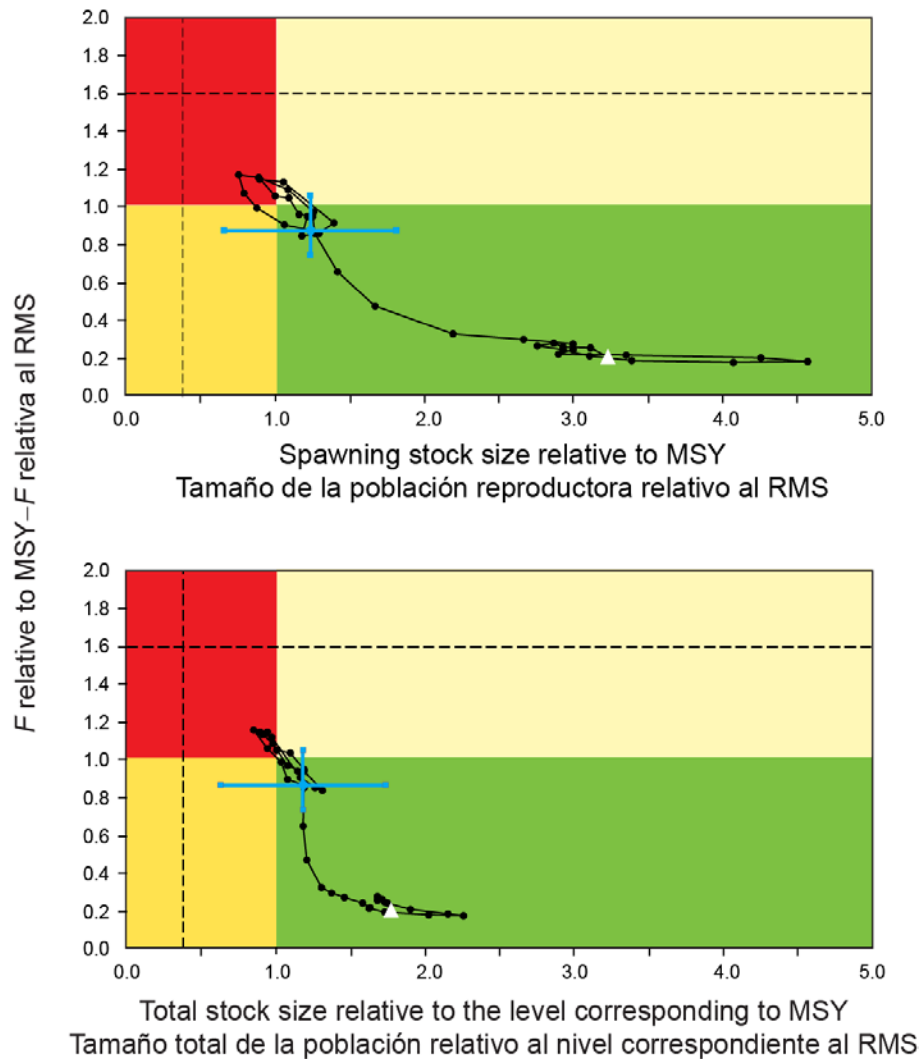
**FIGURA 3.** Mortalidad por pesca anual media, por todas las artes, de atún patudo reclutado a las pesquerías del OPO. Cada recuadro ilustra las tasas medias de mortalidad por pesca que afectaron a los peces de la edad, en trimestres, indicada en el título de cada recuadro. Por ejemplo, la tendencia 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 4.** 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.

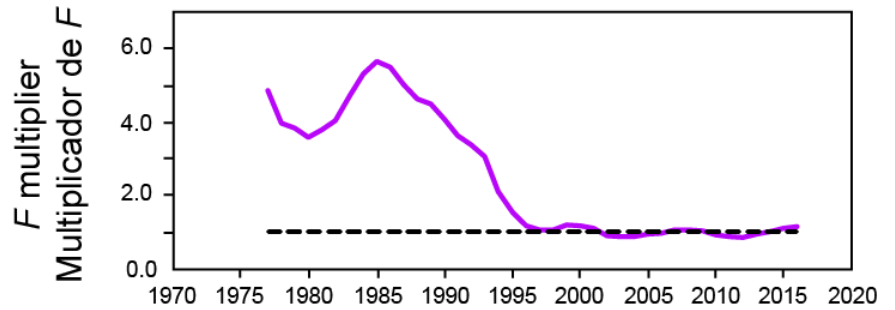
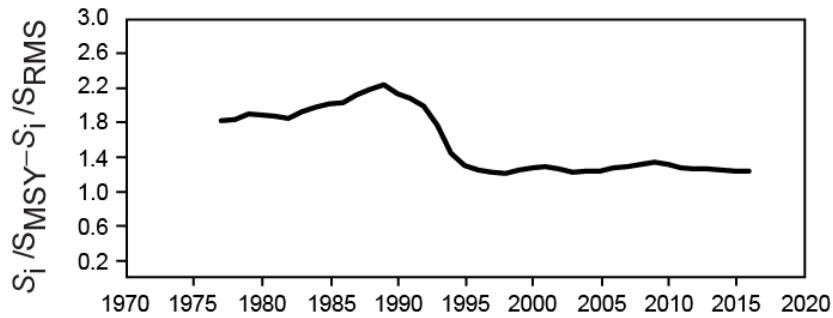
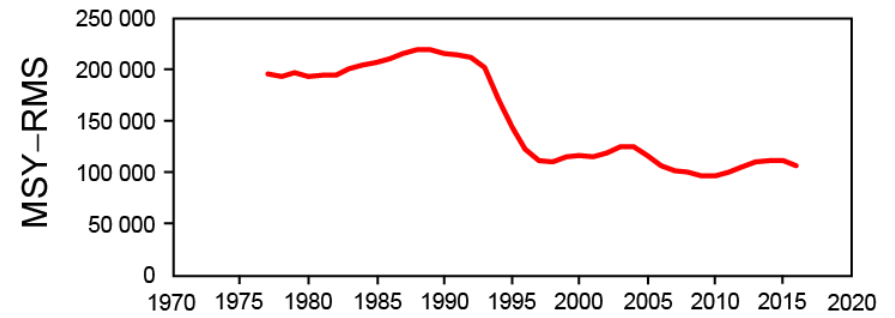
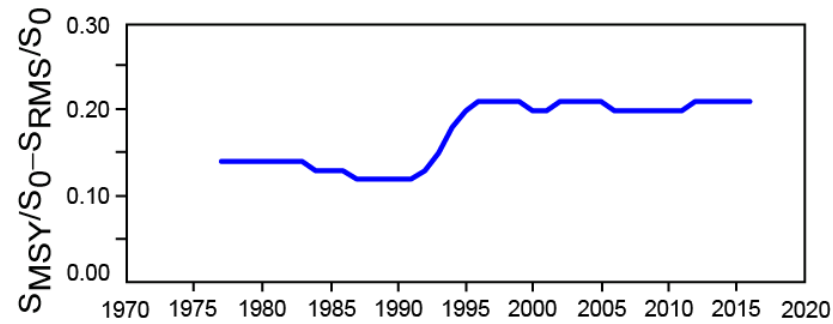
**FIGURA 4.** Trayectoria de la biomasa reproductora de una población simulada de atún patudo no explotada (línea superior) y la que predice el modelo de evaluación (línea inferior). Las áreas sombreadas entre las dos líneas señalan la porción del efecto atribuida a cada método de pesca. t = toneladas métricas.





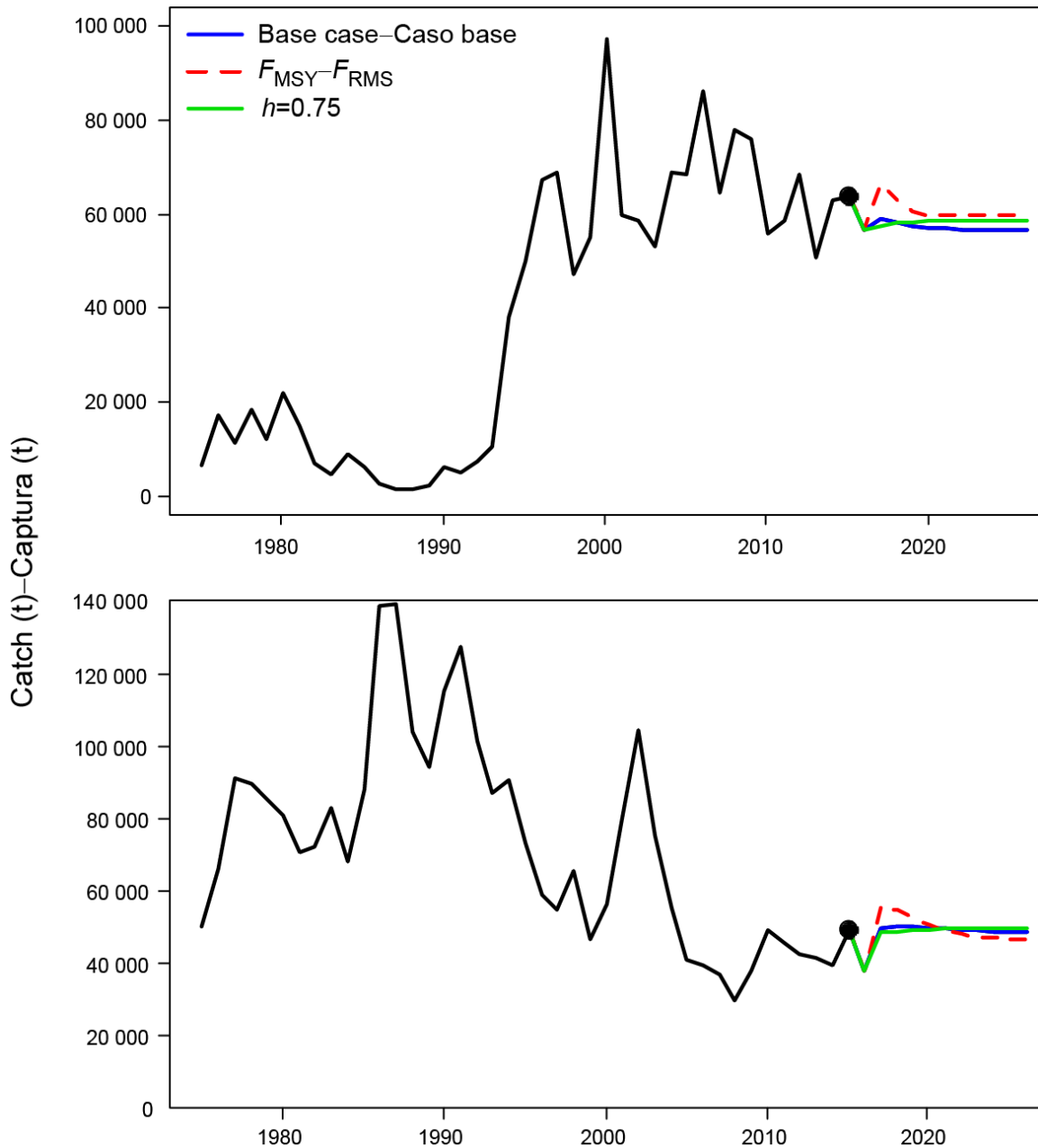
**FIGURE 5.** Kobe (phase) plot of the time series of estimates of spawning stock size (top panel: spawning biomass; bottom panel: total biomass aged 3+ quarters) and fishing mortality relative to their MSY reference points. The colored panels represent target reference points ( $S_{MSY}$  and  $F_{MSY}$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

**FIGURA 5.** Gráfica de Kobe (fase) de la serie de tiempo de las estimaciones del tamaño de la población reproductora (panel superior: biomasa reproductora; panel inferior: biomasa total de edad 3+ trimestres) y la mortalidad por pesca relativas a sus puntos de referencia de RMS. Los recuadros colorados representan los puntos de referencia objetivo provisionales ( $S_{RMS}$  y  $F_{RMS}$ ; líneas sólidas) y los puntos de referencia límite (líneas de trazos) 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 ( $h = 0.75$ ) de la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt. 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 su intervalo de confianza de 95% aproximado. El triángulo representa la primera estimación (1975).



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

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



**FIGURE 7.** Historic and projected annual catches of bigeye tuna over a period of 10 years by surface (top panel) and longline (bottom panel), based on fishing mortality rates during 2014-2016. Projected 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 proyectadas de atún patudo durante un decenio por las pesquerías de superficie (recuadro superior) y de palangre (recuadro inferior), basadas en las tasas de mortalidad por pesca durante 2014-2016. Se comparan las capturas proyectadas entre el caso base, el análisis que supone  $F_{RMS}$ , y el análisis en el que se usa una relación población-reclutamiento ( $h = 0.75$ ). t = toneladas.

**TABLE 1.** Estimates of the MSY and its associated quantities for bigeye tuna for different assumptions on steepness ( $h$ ). All analyses are based on average fishing mortality during 2014-2016.  $B_{\text{recent}}$  and  $B_{\text{MSY}}$  are defined as the biomass of fish 3+ quarters old (in metric tons) at the beginning of 2017 and at MSY, respectively.  $S_{\text{recent}}$  and  $S_{\text{MSY}}$  are in metric tons.  $C_{\text{recent}}$  is the estimated total catch in 2016. 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 2014-2016.

**TABLA 1.** Estimaciones del RMS y sus cantidades asociadas para el atún patudo correspondientes a distintos supuestos de la inclinación ( $h$ ). Todos los análisis se basan en la mortalidad por pesca promedio de 2014-2016. Se definen  $B_{\text{recent}}$  y  $B_{\text{RMS}}$  como la biomasa de peces de 3+ trimestres de edad (en toneladas) al principio de 2017 y en RMS, respectivamente. Se expresan  $S_{\text{recent}}$  y  $S_{\text{MSY}}$  en toneladas.  $C_{\text{recent}}$  es la captura total estimada en 2016. 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 2014-2016.

	Base case- Caso base	$h = 0.75$
MSY-RMS	106,201	108,635
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	391,298	748,975
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	96,360	207,133
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.26	0.34
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.21	0.30
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.89	0.87
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.18	1.02
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	1.23	1.04
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.15	1.05