

# COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

## 87ª REUNIÓN (REANUDADA)

La Jolla, California (EE.UU.)

27-29 de octubre de 2014

### DOCUMENTO IATTC-87 INF-B

## DESARROLLO DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN PARA EL ATÚN ALETA AZUL EN LAS REGIONES ESTE Y OESTE DEL OCÉANO PACÍFICO: FACTORES POR CONSIDERAR Y ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA PESCA

Mark N. Maunder y Alexandre Aires-da-Silva

### 1. RESUMEN

La población del atún aleta azul del Pacífico se encuentra muy reducida y, debido a la naturaleza altamente migratoria de la especie, las capturas necesitan ser limitadas en ambos lados del Océano Pacífico a fin de asegurar la sustentabilidad de la población. La población es explotada por varios países, usando una variedad de métodos que capturan aleta azul de distintas edades, lo cual complica la ordenación de esta población. El presente documento comenta varios factores por considerar al desarrollar medidas de conservación para el atún aleta azul en las regiones oriental y occidental del Océano Pacífico. También evalúa el impacto sobre la biomasa reproductora de distintos escenarios de reducción de captura.

### 2. INTRODUCCIÓN

Las capturas de atún aleta azul del Pacífico (PBF) necesitan ser limitadas en ambos lados del Océano Pacífico a fin de asegurar la sustentabilidad de la población. La evaluación actual de la población realizada por el Comité Científico Internacional (ISC) usando *Stock Synthesis* (Methot y Wetzel 2013), y análisis suplementales adicionales por Maunder *et al.* (2014), concluyeron que la población está severamente reducida y que las tasas de mortalidad por pesca son muy altas. Los puntos de referencia límite propuestos, basados en mortalidad por pesca y en biomasa, han sido rebasados. Una porción de la población migra del Océano Pacífico occidental (WPO) al Océano Pacífico oriental (OPO) y de vuelta nuevamente. Por lo tanto, las pesquerías en ambos lados del Océano Pacífico pueden impactar la población reproductora. El presente documento comenta varios factores por considerar al desarrollar medidas de conservación para el atún aleta azul del Pacífico en las regiones oriental y occidental del Océano Pacífico. También evalúa el impacto sobre la biomasa reproductora de distintos escenarios de reducción de captura.

### 3. CUESTIONES POR CONSIDERAR

#### 3.1. Migración

Una porción del aleta azul del Pacífico en el Pacífico occidental migra al OPO a la edad de aproximadamente uno o dos años; permanecen en el OPO un año o más y luego, a la edad de 4 o 5 regresan al Pacífico occidental, donde comienzan a desovar. La proporción de la población que migra al OPO cambia probablemente de un año al otro y está posiblemente relacionado con las condiciones ambientales. Este patrón de migración significa que la captura de aleta azul joven en el Pacífico occidental influye sobre la captura de aleta azul en el OPO y viceversa, y las capturas en ambos lados del Océano Pacífico impactarán la biomasa reproductora; por lo tanto, cualquier medida de conservación necesita tomar este patrón en consideración. Medidas de conservación tomadas en un lado del Océano Pacífico no deberían ser invali-

dadas por una falta de medidas de conservación al otro lado. Reducir la captura de aleta azul juvenil<sup>1</sup> en un lado del Océano Pacífico incrementará el número de juveniles que migra al otro lado, e incrementará las capturas a menos que se reduzca el esfuerzo en ese lado.

### 3.2. Variabilidad del reclutamiento

Varias pesquerías de aleta azul del Pacífico están dirigidas a solamente una o dos clases de edad. Esto significa que la captura en estas pesquerías fluctuará conforme a la fuerza de la cohorte (clase anual). El reclutamiento del aleta azul del Pacífico muestra una variabilidad moderada, lo cual afectará la captura correspondientemente, dado un nivel de esfuerzo relativamente constante. Con cuotas de captura constantes, esto puede significar que alcanzar la cuota requerirá más o menos tiempo (o esfuerzo), según la fuerza del reclutamiento. La variabilidad del reclutamiento también dificulta la evaluación del impacto de las medidas de ordenación. Por ejemplo, una reducción de la captura podría no ser debida a una reducción de la mortalidad por pesca; podría ser simplemente debida a una reducción de la abundancia. Estimaciones de la mortalidad por pesca podrían ser un mejor indicador del impacto de una acción de ordenación.

### 3.3. Relación población-reclutamiento

El impacto de una acción de ordenación depende de muchos factores. Un factor es la fuerza de la relación población-reclutamiento. Si el reclutamiento es muy dependiente del tamaño de la población reproductora (es decir, la inclinación ( $h$ ) de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt es baja), entonces, a medida que se recupera la población reproductora, el reclutamiento medio también aumentará. Sin embargo, con la posible excepción de los años más recientes, hay pocos indicios de que exista una relación fuerte entre el reclutamiento y el tamaño de la población reproductora del aleta azul del Pacífico (Figura 1); por lo tanto, es posible que cuando la población reproductora se recupere, el reclutamiento, en promedio, seguirá igual. Por lo tanto, cualquier aumento de las capturas será debido a un mayor rendimiento por recluta (es decir, aprovecha el crecimiento individual). Si no se cambia la distribución del esfuerzo entre las pesquerías, entonces es posible que no aumenten mucho las capturas a largo plazo de la pesquería. Sin embargo, debería haber menos riesgo y una captura por unidad de esfuerzo (CPUE) mayor debido al mayor tamaño de la población, que son de beneficio en sí.

La ausencia de una relación población-reclutamiento significa también que, pese a reducciones de la abundancia de adultos, las tasas de captura en las pesquerías de juveniles no han disminuido. Si se usan sólo las tasas de captura de juveniles para evaluar la condición de la población, el resultado será por ende engañoso.

El reclutamiento debe depender en cierto grado del tamaño de la población reproductora, aún si sólo cuando la población reproductora está reducida a niveles muy bajo. Ya que se estima que la biomasa reproductora del aleta azul del Pacífico se encuentra en tan solo el 3-5% de la biomasa virgen, existe la preocupación que la explotación se está acercando a un « precipicio » jamás observado previamente de la relación población-reclutamiento. Por ejemplo, la extensión espacial o temporal del desove podría encontrarse reducida, lo cual podría reducir sustancialmente el reclutamiento. De ser ese el caso, de acuerdo al principio precautorio, es crítico que los reproductores restantes sean protegidos y que el tamaño de la población reproductora sea incrementado lo más rápidamente posible.

Un escenario que incluye una relación población-reclutamiento podría causar que la población se recupere a una biomasa mayor que aquellos escenarios sin dicha relación, y podría además cambiar el impacto de las pesquerías que capturan aleta azul del Pacífico adulto.

---

<sup>1</sup> El Comité del Norte de la WCPFC ha definido aleta azul del Pacífico juvenil en un contexto de ordenación para el Pacífico central y occidental como peces de menos de 30 kg. Esta definición es inconsistente con la curva de madurez usada en el modelo de evaluación de la población y con el hecho que todo el aleta azul del Pacífico en el OPO es juvenil (o sea, sexualmente inmaduro). Existen cantidades sustanciales de juveniles de más de 30 kg en ambos lados del Océano Pacífico; por lo tanto, 30 kg debería ser considerado solamente una referencia basada en recomendaciones previas de ordenación, y no una definición de juveniles.

### **3.4. Controles de esfuerzo o captura**

Debido a la variabilidad del reclutamiento y a variaciones en la proporción del aleta azul del Pacífico que se desplaza a través del OPO, los controles de esfuerzo y captura tendrán impactos diferentes. En un sistema basado en captura, la mortalidad por pesca de las pesquerías que capturan un número limitado de clases de edad aumentará o disminuirá según la fuerza del reclutamiento. Esto puede ser particularmente peligroso para especies valiosas y fáciles de capturar, como el aleta azul del Pacífico, cuando el reclutamiento es bajo en años consecutivos. Un sistema de control de esfuerzo podría ser preferible para asegurar que se mantenga la mortalidad por pesca en un nivel razonable, ya que la captura fluctúa con la abundancia. No obstante, no se entiende completamente la relación entre captura y esfuerzo en estas pesquerías, y, además, el esfuerzo podría ser más difícil de medir y controlar que la captura.

### **3.5. Años de comparación**

Cuando la situación involucra varias pesquerías, surgirá siempre incertidumbre y controversias acerca de cuánto limitar cada pesquería. Frecuentemente se selecciona un periodo de años como referencia, y se reducen los límites de captura en proporción con la captura (o esfuerzo) promedio en esos años. Un periodo de años distinto producirá niveles de captura diferentes para cada pesquería. El Comité del Norte (NC) de la Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central ha usado 2002-2004 en el pasado como referencia en evaluaciones y asesoramiento de ordenación. Las tendencias de las capturas en los últimos años en el Pacífico occidental y el OPO son muy diferentes, por lo que usar 2010-2012, por ejemplo, como referencia en lugar de 2002-2004 ejercería un efecto sobre los niveles relativos de captura entre los dos lados del Océano Pacífico (Figura 2).

### **3.6. Biomasa reproductora baja**

La biomasa reproductora actual del aleta azul del Pacífico es muy baja, e integrada por solamente unas pocas cohortes. La necesidad inmediata es de incrementar la biomasa reproductora para reducir el riesgo de un colapso del reclutamiento. Esto se puede lograr mediante una reducción de la cantidad de biomasa reproductora capturada o un aumento del número de peces reclutados a la población reproductora, o una combinación de los dos. Reducir la captura de peces de edad 0 y edad 1 puede incrementar la biomasa reproductora, pero estos peces tardarán varios años en ingresar a la población reproductora. Aunque se estima que las pesquerías de aleta azul del Pacífico juvenil ejercen el impacto más importante sobre la biomasa reproductora, la urgente necesidad de incrementar la biomasa reproductora significa que limitar la captura de reproductores al mayor grado posible podría ser la mejor acción de ordenación a corto plazo.

### **3.7. Rendimiento por recluta**

El rendimiento máximo sostenible (RMS) que se puede obtener de una población es una función del rendimiento por recluta (RPR; el rendimiento (captura) medio obtenido de un solo recluta (pez)) y la relación población-reclutamiento (ver descripción detallada en Maunder 2008). En vista de la falta de indicios de una relación población-reclutamiento para el aleta azul del Pacífico, el RMS es esencialmente una función del RPR. El RPR es un balance entre la mortalidad natural y el crecimiento: cuando los peces son jóvenes, la tasa de crecimiento de peces individuales es mayor que la tasa de mortalidad natural, por lo que el peso total de todos los peces vivos en la cohorte aumenta, pero a medida que envejecen los peces, el crecimiento desacelera y es menor que la mortalidad natural, por lo que el peso total de todos los peces vivos en la cohorte disminuye. En alguna edad intermedia (la edad crítica) la cohorte alcanza su peso total máximo, y capturar todos los peces a esa edad maximizaría el RPR. Sin embargo, no es generalmente posible capturar todos los peces a una cierta edad, y el RPR ha de ser calculado a partir de un patrón de selectividad y una tasa de mortalidad por pesca. En general, para calcular el RPR máximo, que equivale al RMS si el reclutamiento es independiente del tamaño de la población, se usa la tasa de mortalidad por pesca que maximiza el RPR para un cierto patrón de selectividad.

Existen varias pesquerías que capturan aleta azul del Pacífico, y cada una captura una gama de edades distinta. Por lo tanto, el RPR máximo cambia según la distribución del esfuerzo entre las pesquerías (por

ejemplo, Maunder 2002). En general, las pesquerías que capturan peces jóvenes producirán un RPR menor que aquéllas que capturan peces intermedios o viejos. Según los objetivos de ordenación, la repartición del esfuerzo entre las pesquerías y el RPR consiguiente podría ser un factor importante por considerar.

### **3.8. Tamaño legal mínimo**

Se ha usado tamaño legal mínimo (TLM) como herramienta de ordenación para muchas poblaciones, y se usa a menudo en pesquerías recreativas porque es fácil de aplicar. Es a menudo diseñado para permitir a los peces desovar al menos una vez, y así proteger la biomasa reproductora, o evitar la captura de peces pequeños, y así mejorar el RPR.

No se ha aplicado un TLM estricto al aleta azul del Pacífico, pero limitar las acciones de ordenación a peces de menos de 30 kg conlleva problemas similares a los de un TLM. En primer lugar, a menos que una pesquería pueda controlar completamente su selectividad, o a menos que la tasa de supervivencia de peces descartados sea alta, es muy difícil implementar y evaluar un TLM: es más práctico limitar las capturas de pesquerías que generalmente capturan juveniles. Así es como se implementa la ordenación para juveniles en el OPO, ya que la pesquería captura solamente juveniles, aún si son de más de 30 kg. Ya que el aleta azul del Pacífico suele formar cardúmenes de peces del mismo tamaño, es posible dirigir el esfuerzo a peces de aproximadamente un cierto tamaño con algunos métodos de pesca (red de cerco, por ejemplo), pero no queda claro que sea posible evitar peces de menos de 30 kg en todas las pesquerías. Tampoco queda claro si sería fácil aplicar un TLM de este tipo, o lo que sería la tasa de supervivencia de los descartes de las distintas pesquerías. Además, es poco probable que los descartes serían reportados por aquellas pesquerías con cobertura por observadores baja o inexistente, incrementando así la incertidumbre acerca de la mortalidad total de la pesquería y degradando la calidad de la evaluación de la población. Un TLM va también en contra de la Resolución C-13-01, que requiere que todo el atún patudo, barrilete, y aleta amarilla capturado en la pesquería de cerco sea retenido (excepto pescado considerado no apto para consumo humano por motivos aparte de su tamaño).

### **3.9. Impactos de la pesca**

La evaluación del impacto de acciones de ordenación aplicadas al aleta azul del Pacífico es complicada por el número y diversidad de las pesquerías que explotan la población. Muchas de estas pesquerías capturan solamente unas pocas clases de edad, y por lo tanto la selectividad del arte necesita ser tomada en consideración al evaluar las acciones de ordenación (Wang *et al.* 2009). En vista de la naturaleza compleja del ciclo vital del aleta azul del Pacífico (por ejemplo, migración a través del Océano Pacífico) y la amplia gama de pesquerías, y con el incremento de la biomasa reproductora como objetivo de la ordenación, es difícil conceptualizar cómo las acciones de ordenación impactarán la biomasa reproductora. Por ejemplo ¿resultará la misma reducción porcentual de captura en cada pesquería en la misma reducción relativa del impacto sobre la biomasa reproductora? El impacto de la pesca dependerá de la tasa de mortalidad natural, que es difícil de estimar e incierta para la mayoría de las especies. Es típicamente alta y particularmente difícil de estimar para individuos jóvenes, y puede mostrar una variación temporal sustancial. Algunas pesquerías capturan aleta azul del Pacífico muy joven, y es probable que las estimaciones de su impacto relativo sean inciertas.

## **4. MÉTODOS**

Los Miembros de la CIAT solicitaron varias proyecciones para evaluar la influencia de distintos niveles de captura en el Pacífico occidental y el OPO. Se usó el modelo de evaluación del ISC de 2014 usado de referencia, desarrollado en *Stock Synthesis* (Methot y Wetzel 2013), para realizar estas proyecciones. Se extendió el modelo 50 años al futuro, siguiendo el método de Maunder *et al.* (2006) para asegurar que se lograra equilibrio, y se fijó la captura en estos años en el nivel supuesto para cada pesquería. Nótese que las medidas de ordenación fueron implementadas a partir del segundo semestre de 2013, lo cual es diferente de la forma en la que la ordenación será implementada en la práctica.

El primer escenario (0) fue diseñado para aproximar el escenario 6 del NC, descrito en el informe sobre la evaluación de la población del ISC de 2014, que reduce la captura de peces de <30 kg en el Pacífico occidental y la captura total en el OPO. Para aproximar la reducción redujimos la captura en las pesquerías que capturan principalmente peces de <30 kg (todas las pesquerías del Pacífico occidental excepto las de palangre y las de cerco dirigidas a los atunes y no a los pelágicos pequeños). Se supone que todas las pesquerías del OPO capturan juveniles. Los escenarios probados fueron:

Escenario	Reducción	Nivel de referencia	Pesquerías
0 (a)	50%	Pacífico occidental: promedio 2002-2004 OPO todas: 5,500 t OPO deportiva: promedio 2002-2004	Pacífico occidental: <30 kg OPO: todas
0 (b)	Pacífico occidental: 50% OPO: 10, 20, 30% <sup>2</sup>	Pacífico occidental: promedio 2002-2004 OPO: promedio 2010-2012	Pacífico occidental: <30 kg OPO: todas
1	10, 20, 30%	promedio 2002-2004	<30 kg
2	10, 20, 30%	promedio 2010-2012	<30 kg
3	10, 20, 30%	promedio 2002-2004	todas
4	10, 20, 30%	promedio 2010-2012	todas

Varios de los escenarios fueron repetidos con el reclutamiento reducido al promedio de 1980-1989, una reducción de aproximadamente 33%, y usando una inclinación (*h*) de la relación población-reclutamiento de 0.85.

El NC especificó un plan de recuperación para el atún aleta azul del Pacífico comenzando en 2015, con la meta inicial de restaurar la biomasa reproductora de población a la mediana histórica de aproximadamente 42,500 t en un plazo de 10 años con una probabilidad de al menos 60%. Por lo tanto, usamos este nivel de biomasa reproductora como referencia al presentar los resultados.

Se realizó un análisis de impacto de la pesca (Wang *et al.* 2009) para determinar el cambio relativo del impacto atribuido a cada tipo de pesquería y al OPO y al Pacífico occidental. Este análisis toma en consideración la edad de los peces capturados por cada pesquería, y mide el impacto sobre la biomasa reproductora.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 3 se ilustra la captura para cada escenario. Los escenarios basados en las capturas de 2010-2012 tienen captura de adultos más baja, mientras que la captura de juveniles es más similar en todos los escenarios. De hecho, en todos los casos, los escenarios basados en las capturas de 2002-2004 tienen una captura de adultos mayor que aquellos basados en las capturas de 2010-2012. Cabe notar que la recomendación de conservación del NC limita también la mortalidad por pesca al nivel de 2002-2004, por lo que la captura real de adultos en el Pacífico occidental podría ser inferior al promedio de 2002-2004 en los primeros años del periodo de proyección a medida que crece la población adulta. Las proyecciones aquí presentadas no tomaron en cuenta las restricciones de mortalidad por pesca y supusieron que los límites de captura serían plenamente aprovechados.

La recuperación más rápida, excepto en los primeros pocos años, y a un nivel de equilibrio más alto, ocurre en el escenario 0a (Tablas 1 y 2; Figuras 4 y 5). Los escenarios 0b con reducción de 10% y 20% condujeron a niveles de biomasa reproductora más altos que los escenarios 2 y 4 correspondientes, pero con una reducción de 30% los escenarios 2 y 4 resultaron en niveles más altos. Los escenarios 1 y 3 resultaron en los niveles de recuperación más bajos. No hubo mucha diferencia entre los escenarios 1 y 3 y entre los escenarios 2 y 4, lo cual indica que reducir la captura de adultos no afecta el nivel final de

<sup>2</sup> equivalente al 6%, 16%, y 27% del nivel de 5,500 t, respectivamente

recuperación. No obstante, los escenarios que no reducen la captura de reproductores muestran tasas de recuperación más lentas en los primeros años (Figura 6). Con reclutamiento medio, todos los escenarios se recuperan determinísticamente a por encima de la mediana histórica en 10 años, excepto el escenario 1, con una reducción de 10% (Tabla 1).

Como es de esperar, la recuperación es más lenta en los escenarios de reclutamiento bajo (Figura 7). Los escenarios 1 y 3, que se basan en las capturas de 2002-2004, predicen que la población colapsará. Los otros escenarios se recuperan determinísticamente a por encima de la mediana histórica en 10 años. De los escenarios probados, sólo el escenario 4 con una reducción de 30% se recupera cuando la inclinación de la relación población-reclutamiento es 0.85 (Figura 8). Inicialmente la población se recupera más lentamente que en los escenarios sin una relación población-reclutamiento, pero a la larga se recupera a un nivel más alto.

En la Tabla 3 se presenta el impacto de equilibrio relativo sobre la biomasa reproductora de los distintos grupos de pesquerías en los varios escenarios. Existe cierta variabilidad entre los escenarios. El impacto de las pesquerías del OPO ha variado a lo largo del tiempo (Figura 9), de un poco más de 40% a mediados de los años 1970 a menos de 15% a principios de los 2000, y el impacto es un poco menos que 20%. Se atribuye el cambio reciente en el impacto que comenzó a fines de los años 1990 a las pesquerías cerqueras de juveniles del Pacífico occidental, que aumentaron en los años 1990 (Figura 10). El impacto de equilibrio relativo entre pesquerías no es sensible al tamaño de la reducción ni a una reducción de la captura de adultos, pero es moderadamente sensible a los años de referencia para la reducción. El impacto histórico es sustancialmente diferente si se supone una relación población-reclutamiento (compárense las Figuras 10 y 11): el impacto de las pesquerías que capturan aleta azul del Pacífico grande aumenta en tamaños bajos de la población con una relación población-reclutamiento.

Una de las principales características de los escenarios es que el escenario 0 (escenario 6 del NC) en la forma en que es implementado implica que, en el Pacífico occidental, la captura de adultos aumenta mientras la captura de juveniles disminuye; por lo tanto, aunque la captura total es similar a otros escenarios, el impacto de equilibrio sobre la biomasa reproductora es menor. No obstante, el impacto a corto plazo es mayor que en algunos escenarios (Figura 6). El impacto histórico de las pesquerías que capturan aleta azul del Pacífico grande aumenta si se supone una relación población-reclutamiento. En nuestro análisis suponemos que todo el aleta azul del Pacífico capturado en la pesquería atunera de cerco en el Pacífico occidental fue considerado adulto para los fines de fijar cuotas, pero esto es solamente una aproximación, ya que algunos de estos peces son de menos de 30 kg o de menos de la edad de madurez supuesta en el modelo de evaluación de la población. Una preocupación es si estos peces son realmente adultos y contribuyen a la biomasa reproductora. Si no lo son, las pesquerías atuneras de cerco podrían estar capturando peces que no fueron capturados por las pesquerías de juveniles gracias a las restricciones de captura pero que todavía no han desovado. Por lo tanto, es imperativo obtener mejor información sobre la madurez para asegurar que estas pesquerías no estén ejerciendo un impacto sobre la biomasa reproductora mayor que la que se estima actualmente.

Cabe notar que el modelo actual de evaluación de la población del atún aleta azul del Pacífico en el que se basa este análisis no es considerado fiable (Maunder *et al.* 2014), y por lo tanto los resultados aquí presentados deberían ser considerados con cautela. Además, la ordenación fue implementada antes de lo que sería el caso en la práctica, y las restricciones sobre la mortalidad por pesca en el Océano Pacífico occidental no fueron modeladas. Las diferencias relativos entre los escenarios deberían ser más fiables que las estimaciones absolutas de los niveles de recuperación y los impactos de la pesca.

## 6. CONCLUSIÓN

El atún aleta azul del Pacífico se encuentra muy reducido, y es urgentemente necesaria una ordenación para asegurar su sustentabilidad (Maunder *et al.* 2014). Es necesaria acción de ordenación en ambos lados del Océano Pacífico. Toda acción de ordenación en un lado del Pacífico afectará la abundancia en el otro lado del Pacífico. La asignación de capturas entre las pesquerías es complicada porque capturan peces de

distintas edades, lo cual afecta su impacto, y los impactos relativos han cambiado a lo largo del tiempo. Las actuales acciones de ordenación en el Océano Pacífico occidental implican una captura incrementada de adultos reproductores, lo cual va en contra de la urgente necesidad de proteger la biomasa reproductora. Se deberían adoptar las restricciones de captura para el OPO descritas en las recomendaciones del personal de la CIAT (reducción de la captura comercial de 45% con respecto a los niveles de 2010-2012), y las restricciones de captura recomendadas por el NC deberían ser acompañadas por reducciones de la captura de adultos reproductores para evitar amenazas inmediatas a la población<sup>3</sup>.

## RECONOCIMIENTOS

Rick Deriso brindó asesoramiento sobre el manuscrito.

## REFERENCIAS

- Maunder, M.N. 2002. The relationship between fishing methods, fisheries management and the estimation of MSY. *Fish and Fisheries*, 3: 251-260.
- Maunder, M.N. 2008. Maximum Sustainable Yield. *In* Sven Erik Jørgensen and Brian D. Fath (Editor-in-Chief), *General Ecology*. Vol. 3 of *Encyclopedia of Ecology*, 5 vols. pp. 2292-2296 Oxford: Elsevier.
- Maunder M.N., Harley, S.J., and Hampton, J. 2006. Including parameter uncertainty in forward projections of computationally intensive statistical population dynamic models. *ICES Journal of Marine Science* 63: 969-979.
- Maunder, M.N., Piner, K.R., and Aires-da-Silva, A. 2014. Stock status of Pacific Bluefin tuna and the urgent need for management action. IATTC SAC-05-10a.
- Methot, R. D., and Wetzel, C. 2013. Stock Synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research*, 142: 86–99.
- Wang, S.-P., Maunder, M.N., Aires-da-Silva, A., and Bayliff, W.H. 2009. Evaluating fishery impacts: application to bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fisheries Research* 99: 106-111.

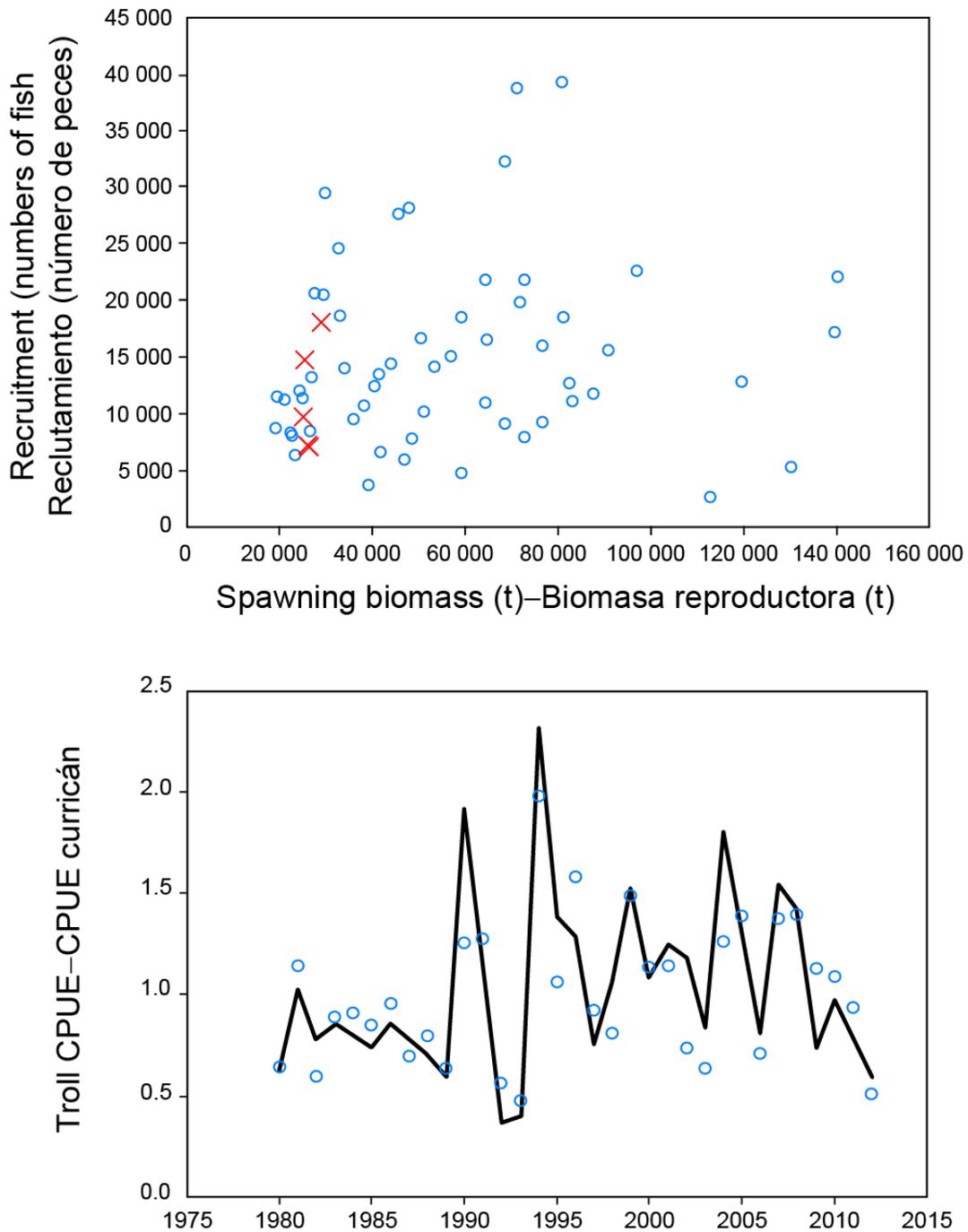
---

### <sup>3</sup> Recomendaciones del NC:

- El esfuerzo de pesca total por los buques que pescan atún aleta azul del Pacífico en la zona al norte de 20°N permanecerá por debajo de los niveles anuales medios de 2002-2004.
- Todas las capturas de atún aleta azul del Pacífico de menos de 30 kg serán reducidas al 50% de los niveles anuales medios de 2002-2004. Todo exceso del límite de captura será restado del límite de captura del año siguiente.
- Los CCM tomarán todas las medidas posibles para no incrementar las capturas de atún aleta azul del Pacífico de 30 kg o más de los niveles anuales medios de 2002-2004.

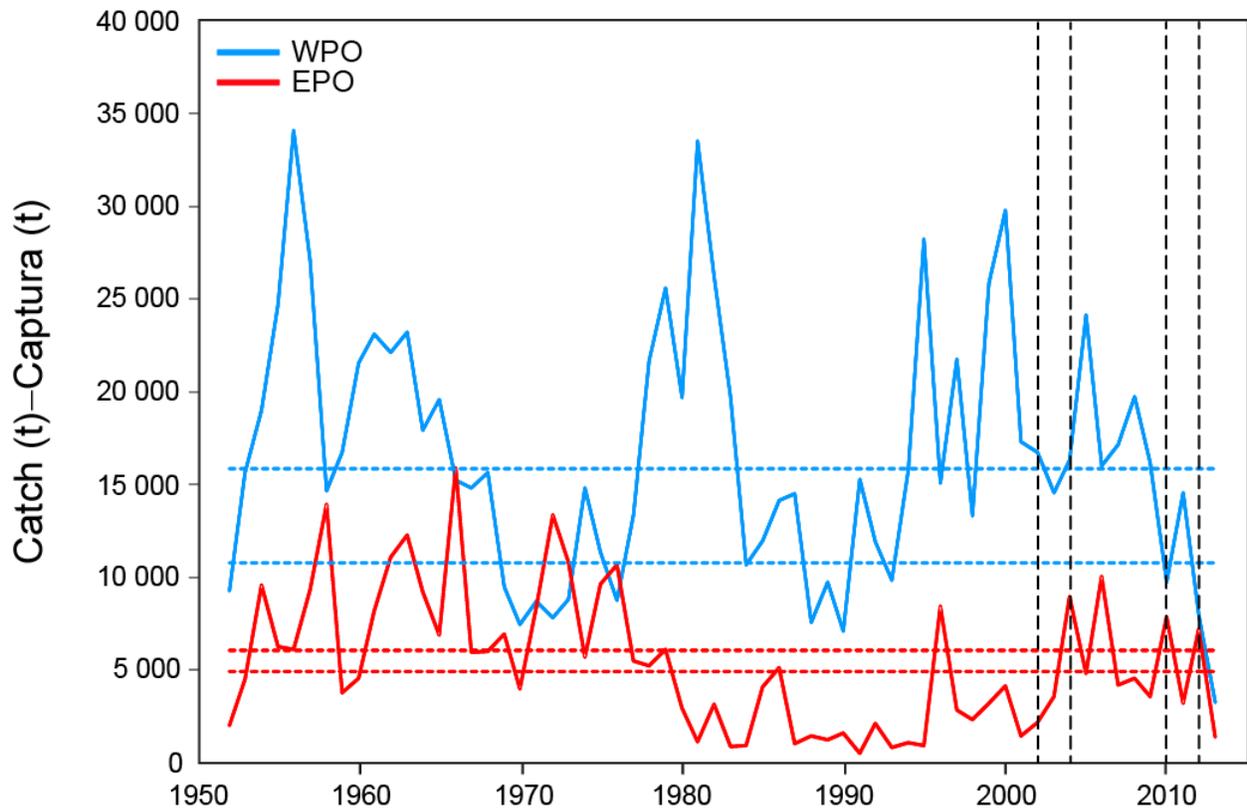
### Recomendaciones del personal de la CIAT:

- Limitar las capturas comerciales en 2014 a menos de 3,154 t (la captura comercial estimada en 2013), y las capturas no comerciales en 2014 a menos de 221 t, que se basa en el mismo método que fue aplicado a la captura comercial para determinar el límite recomendado.



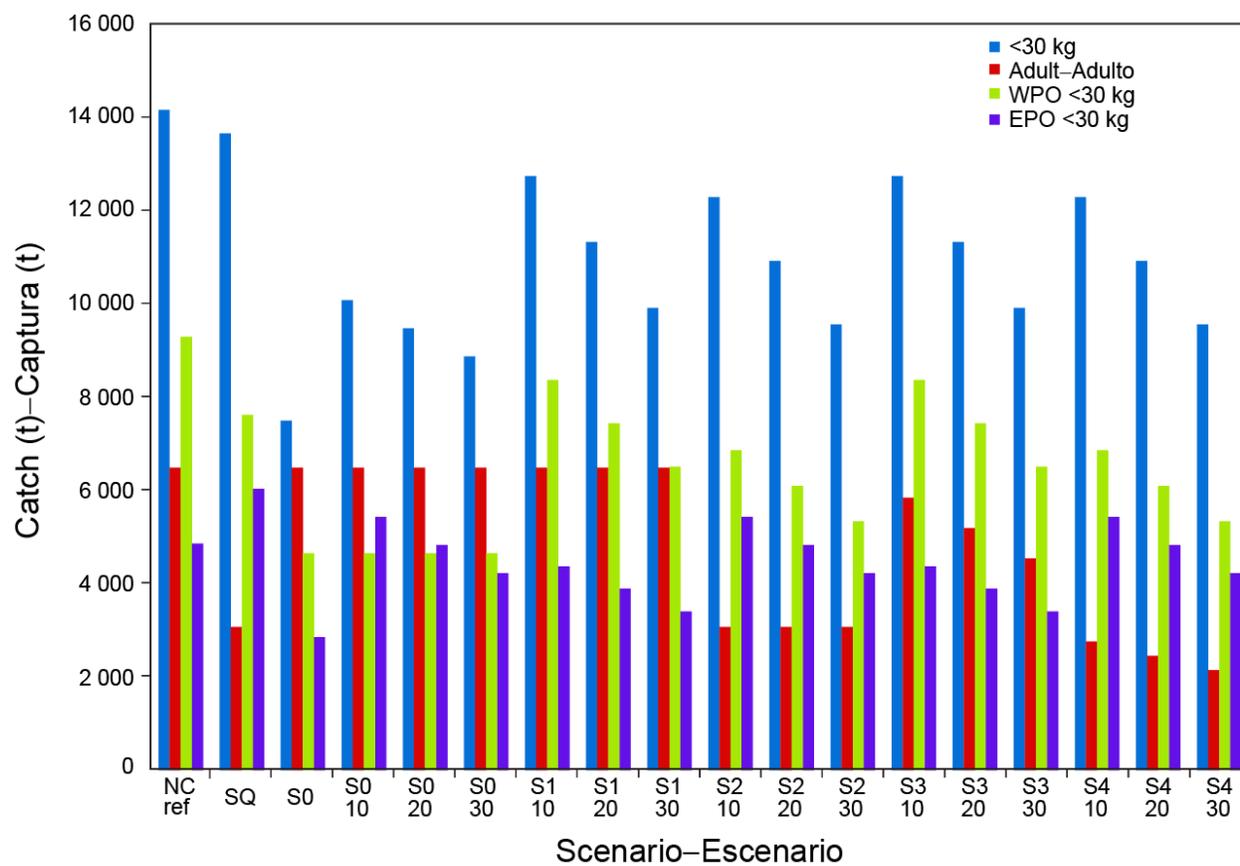
**FIGURE 1.** Stock-recruitment relationship (upper panel; years 2008-2012 are represented by x's) and the time series of the observed (circles) and predicted (solid line) recruitment index based on the troll fishery (lower panel).

**FIGURA 1.** Relación población-reclutamiento (panel superior; años 2008-2012 representados por x) y la serie de tiempo del índice de reclutamiento observado (círculos) y predicho (línea sólida) basado en la pesquería de curricán (panel inferior).



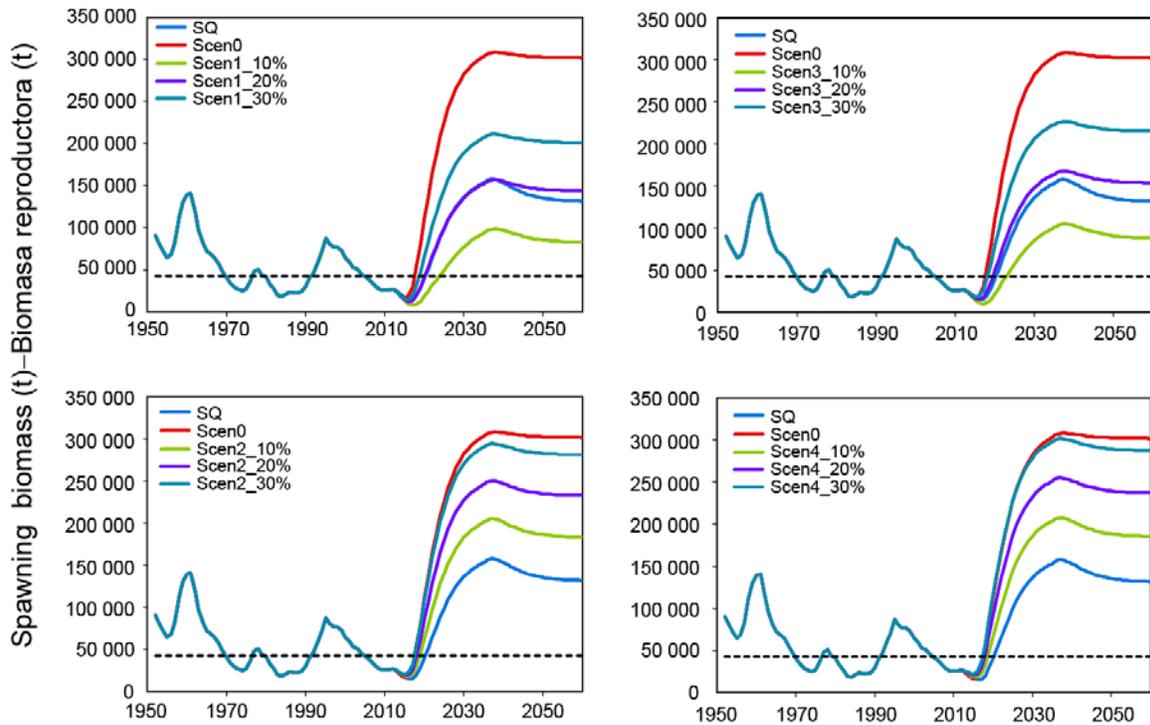
**FIGURE 2.** Catch of Pacific bluefin in the western (WPO) and eastern (EPO) Pacific Ocean. The horizontal dotted lines indicate the average catch during 2002-2004 and 2010-2012 (indicated by vertical dotted lines).

**FIGURA 2.** Captura de aleta azul del Pacífico en el Océano Pacífico occidental (WPO) y oriental (EPO). Las líneas de trazos horizontales indican la captura media durante 2002-2004 y 2010-2012 (indicada por líneas de trazos verticales).



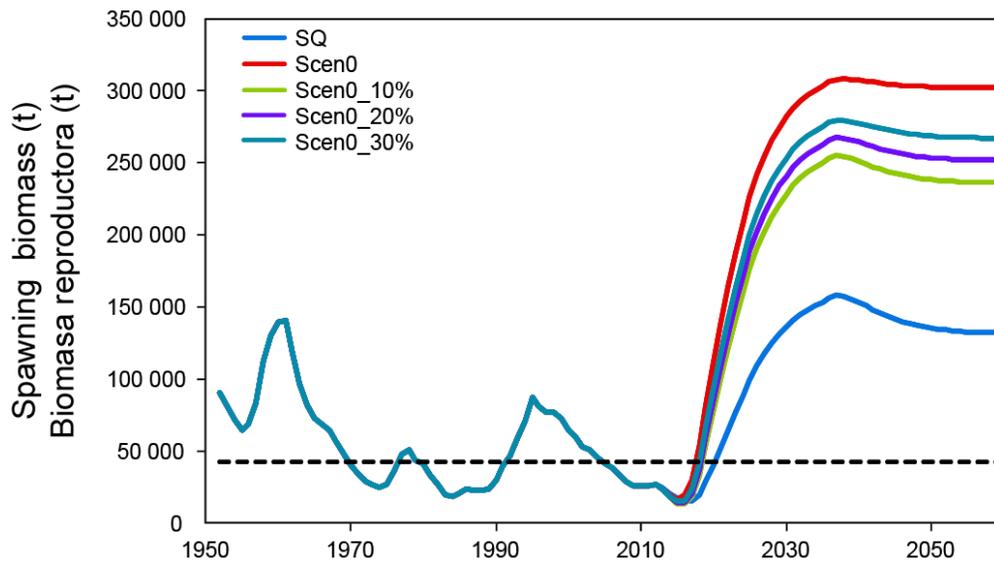
**FIGURE 3.** Future catch for each scenario, by category.

**FIGURA 3.** Captura future para cada escenario, por categoría.



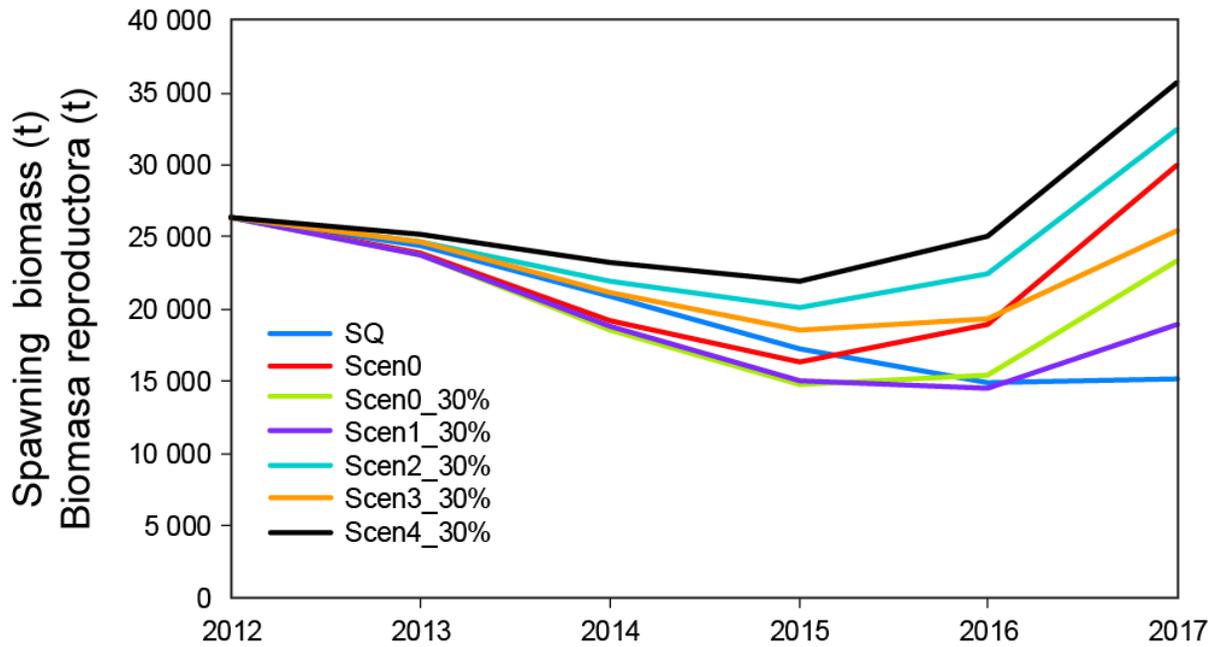
**FIGURE 4.** Projections of spawning biomass under different future catch scenarios. The horizontal dashed line is the spawning biomass rebuilding reference level used by the NC.

**FIGURA 4.** Proyecciones de la biomasa reproductora en distintos escenarios de captura futura. La línea de trazos horizontal representa el nivel de referencia de recuperación de la biomasa reproductora usado por el NC.

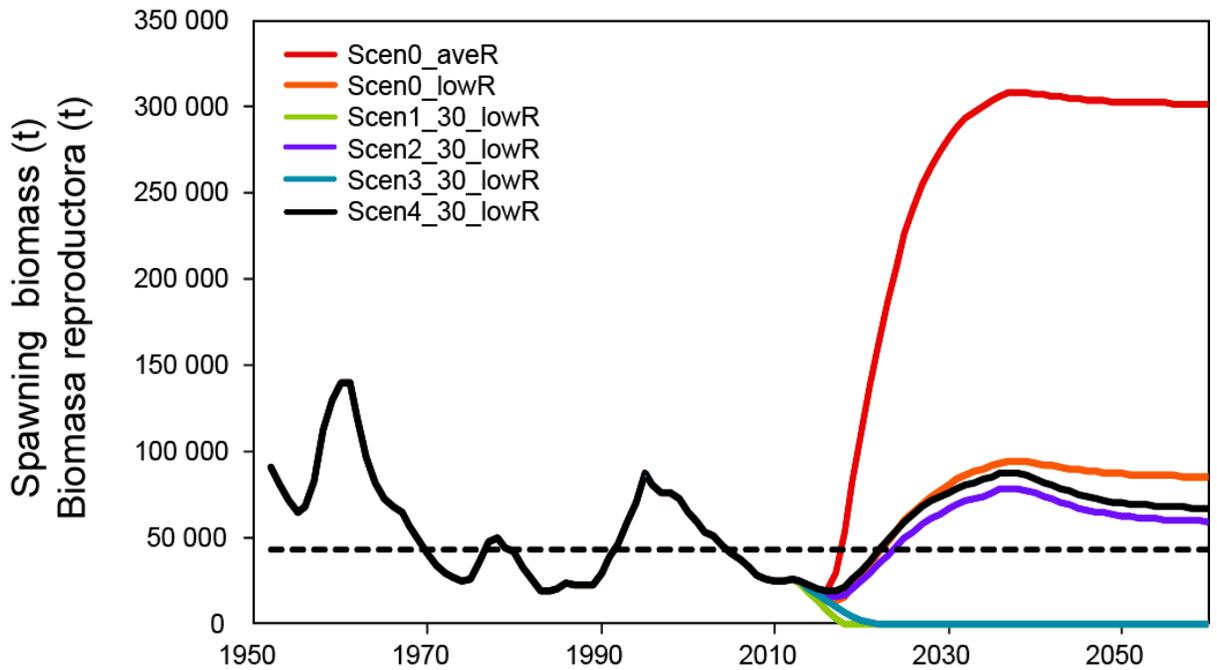


**FIGURE 5.** Projections of spawning biomass under different future EPO catch scenarios with WPO catch based on NC scenario 6. The horizontal dashed line is the spawning biomass rebuilding reference level used by the NC.

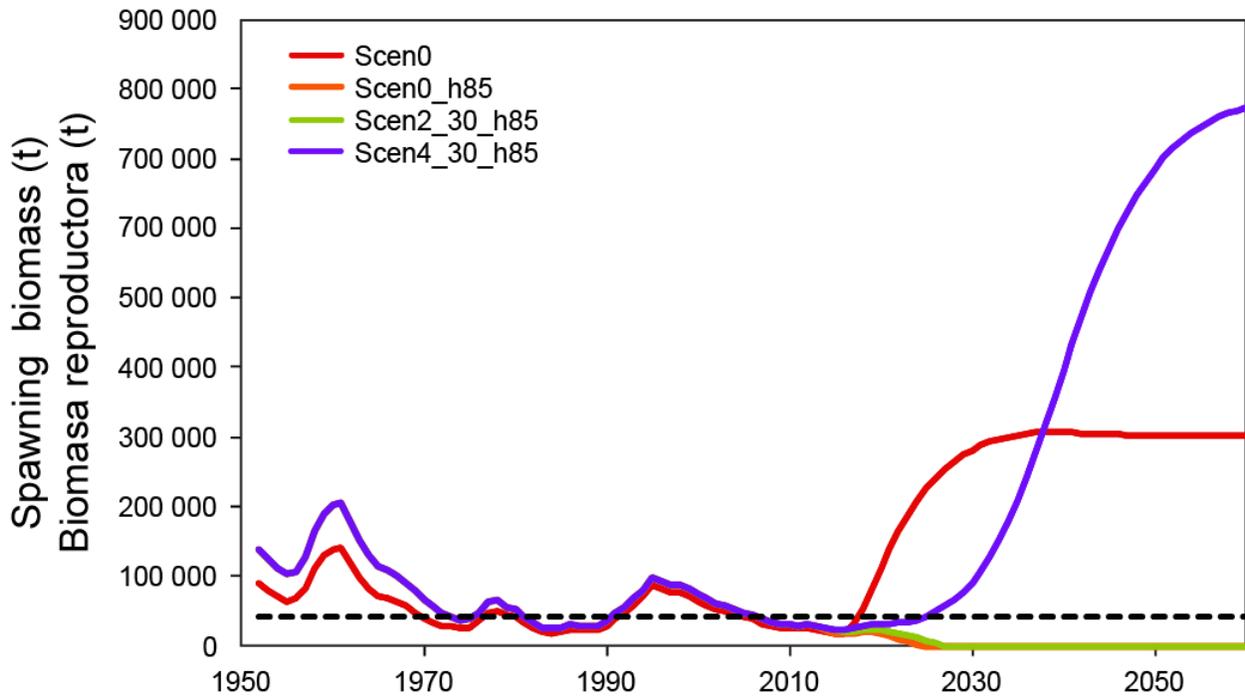
**FIGURA 5.** Proyecciones de la biomasa reproductora en distintos escenarios de captura futura en el OPO con captura del Pacífico occidental basada en el escenario 6 del NC. La línea de trazos horizontal representa el nivel de referencia de recuperación de la biomasa reproductora usado por el NC.



**FIGURE 6.** Projections of spawning biomass under different future catch scenarios, 2013-2017.  
**FIGURA 6.** Proyecciones de la biomasa reproductora en distintos escenarios de captura futura, 2013-2017.

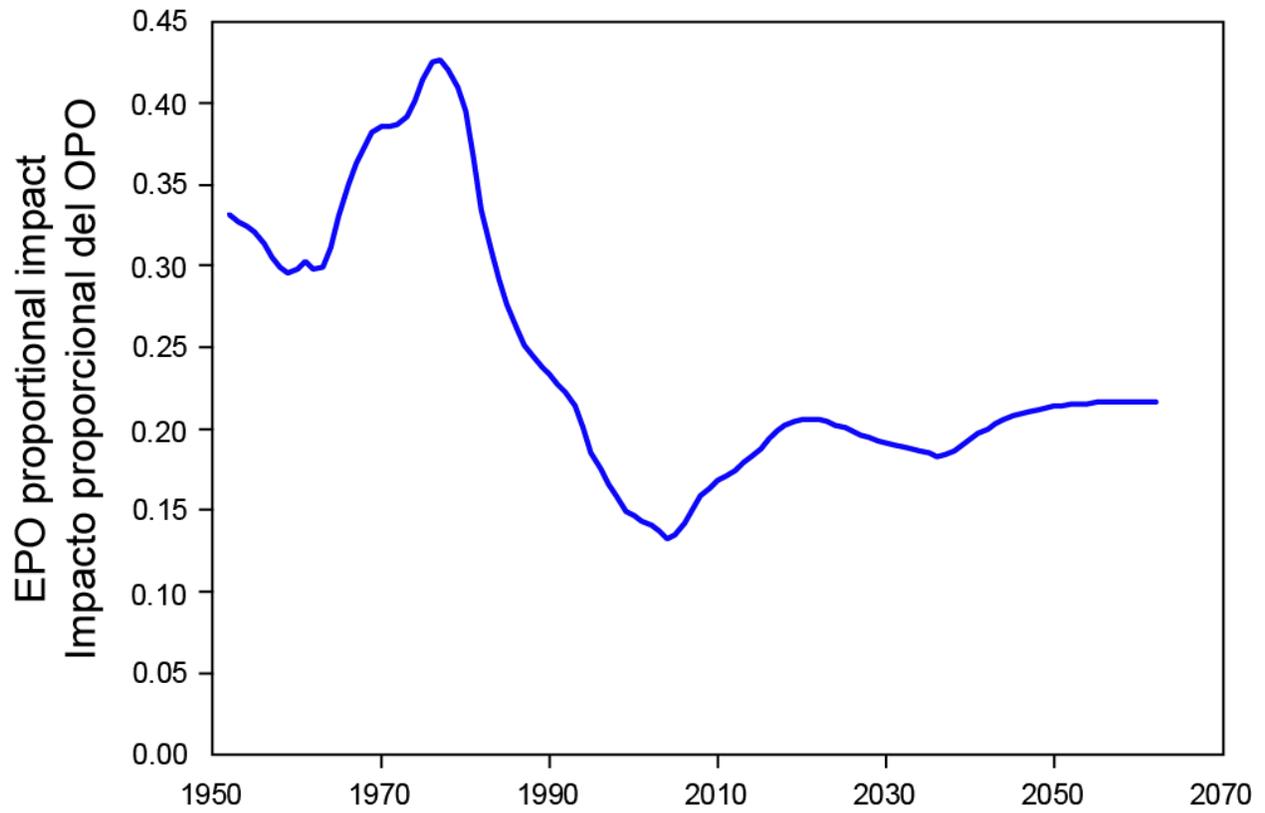


**FIGURE 7.** Projections of spawning biomass under different future EPO catch scenarios that assume low recruitment (except Scen0\_aveR, which has average recruitment). The horizontal dashed line is the spawning biomass rebuilding reference level used by the NC.  
**FIGURA 7.** Proyecciones de la biomasa reproductora en distintos escenarios de captura futura en el OPO que suponen reclutamiento bajo (excepto Scen0\_aveR, que supone reclutamiento medio). La línea de trazos horizontal representa el nivel de referencia de recuperación de la biomasa reproductora usado por el NC.



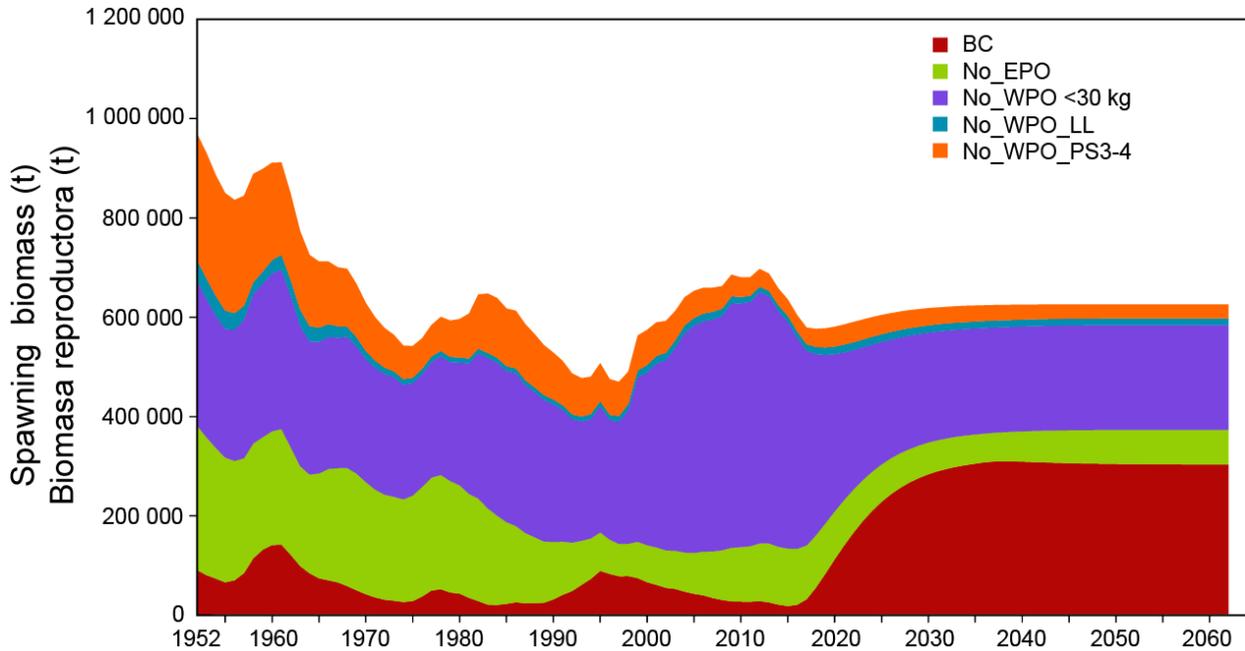
**FIGURE 8.** Projections of spawning biomass under different future EPO catch scenarios that assume a stock-recruitment steepness ( $h$ ) of 0.85 (except Scen0, which has average recruitment ( $h \approx 1$ )). The horizontal dashed line is the spawning biomass rebuilding reference level used by the NC.

**FIGURE 8.** Proyecciones de la biomasa reproductora en distintos escenarios de captura futura en el OPO que suponen una inclinación de la relación población-reclutamiento ( $h$ ) de 0.85 (excepto Scen0, que supone reclutamiento medio ( $h \approx 1$ )). La línea de trazos horizontal representa el nivel de referencia de recuperación de la biomasa reproductora usado por el NC.



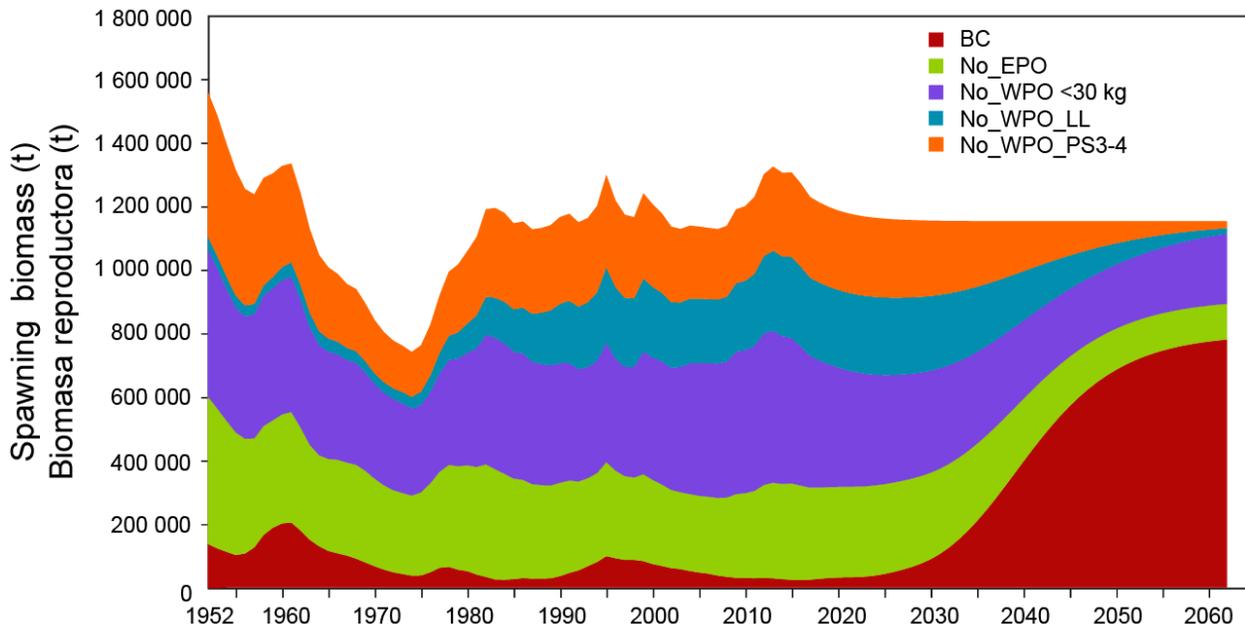
**FIGURE 9.** Proportion of the total fishery impact, historically and from scenario 0, attributed to the EPO fisheries.

**FIGURA 9.** Proporción del impacto total de la pesca, históricamente y del escenario 0, atribuida a las pesquerías del EPO.



**FIGURE 10.** Fishery impact from scenario 0 (NC scenario 6 approximation).

**FIGURA 10.** Impacto de la pesca del escenario 0 (aproximación del escenario 6 del NC).



**FIGURE 11.** Fishery impact from scenario 4 with 30% reduction in catch and stock-recruitment steepness ( $h$ ) of 0.85.

**FIGURA 11.** Impacto de la pesca del escenario 4 con una reducción de 30% de la captura y una inclinación ( $h$ ) de la relación población-reclutamiento de 0.85.

**TABLE 1.** Spawning biomass (t) for various years under each scenario. Also included for reference purposes are the proposals of Mexico (Scen0\_MEX) and Japan (Scen0\_JPN).

**TABLA 1.** Biomasa reproductora (t) en varios años para cada escenario. Se incluyen también para referencia las propuestas de México (Scen0\_MEX) y Japón (Scen0\_JPN).

	SQ	Scen0	Scen0_MEX	Scen0_JPN
2013	24479	23868	23728	23834
2015	17290	16383	14537	15898
2017	15251	30018	22040	27930
2019	28362	81366	63205	76781
2021	51940	138193	112994	131920
2023	76891	187487	157764	180133
2031	140650	287813	253203	279265
2061	131364	301478	259150	290715
	Scen0_10%	Scen0_20%	Scen0_30%	
2013	23643	23699	23752	
2015	13609	14214	14845	
2017	18049	20669	23404	
2019	53420	59932	66453	
2021	99453	108516	117572	
2023	141499	152404	163190	
2031	234259	246958	259502	
2061	235893	251466	266881	
	Scen1_10%	Scen1_20%	Scen1_30%	
2013	23732	23781	23828	
2015	12971	13997	15003	
2017	7607	12911	18921	
2019	12514	29013	47346	
2021	24890	54082	83827	
2023	37574	78239	117627	
2031	81042	140025	193652	
2061	82423	143388	200983	
	Scen2_10%	Scen2_20%	Scen2_25%	Scen2_30%
2013	24540	24597	24624	24651
2015	18190	19126	19606	20094
2017	20406	26179	29243	32404
2019	45014	62357	71165	80031
2021	79726	107118	120679	134163
2023	112855	147455	164415	181201
2031	187488	232196	254078	275732
2061	183126	232710	256980	280988
	Scen3_10%	Scen3_20%	Scen3_30%	
2013	24004	24323	24636	
2015	14188	16395	18562	
2017	9540	17048	25398	

2019	15328	36268		58722	
2021	29302	63641		98953	
2023	43835	90122		134952	
2031	89047	152369		210578	
2061	87815	153141		215056	
	Scen4_10%	Scen4_20%	Scen4_25%	Scen4_30%	
2013	24723	24961	25079	25195	
2015	18830	20389	21177	21970	
2017	21456	28358	32009	35768	
2019	46885	66189	75992	85858	
2021	82293	112181	126970	141670	
2023	99651	153175	171459	189549	
2031	190425	237769	260921	283825	
2061	185401	237148	262482	287544	
	Scen0_lowR	Scen1_30_lowR	Scen2_30_lowR	Scen3_30_lowR	Scen4_30_lowR
2013	23853	23811	24632	24624	25181
2015	15169	13216	18924	17066	20913
2017	13418	3696	16277	9838	19585
2019	21436	1	20585	4297	25703
2021	35089	0	29829	914	36866
2023	48139	0	40127	1	48654
2031	83735	0	69110	0	78877
2061	85505	0	59477	0	67192
	Scen0_h85	Scen2_30_h85	Scen4_30_h85		
2013	27625	28417	29001		
2015	18307	22366	24404		
2017	17795	21358	24913		
2019	20884	23373	30053		
2021	15132	20310	32245		
2023	6857	14366	34482		
2031	0	0	105941		
2061	0	0	777322		

**TABLE 2.** Spawning biomass for various years under each scenario as a ratio of the average catch in 2010-2012. Also included for reference purposes are the proposals of Mexico (Scen0\_MEX) and Japan (Scen0\_JPN).

**TABLA 2.** Biomasa reproductora en varios años en cada escenario como proporción de la captura media de 2010-2012. Se incluyen también para referencia las propuestas de México (Scen0\_MEX) y Japón (Scen0\_JPN).

	SQ	Scen0_ISC	Scen0_MEX	Scen0_JPN
2013	1.00	0.98	0.97	0.97
2015	1.00	0.95	0.84	0.92
2017	1.00	1.97	1.45	1.83
2019	1.00	2.87	2.23	2.71
2021	1.00	2.66	2.18	2.54
2023	1.00	2.44	2.05	2.34
2031	1.00	2.05	1.80	1.99
2061	1.00	2.29	1.97	2.21
	Scen0_10%	Scen0_20%	Scen0_30%	
2013	0.97	0.97	0.97	
2015	0.79	0.82	0.86	
2017	1.18	1.36	1.53	
2019	1.88	2.11	2.34	
2021	1.91	2.09	2.26	
2023	1.84	1.98	2.12	
2031	1.67	1.76	1.85	
2061	1.80	1.91	2.03	
	Scen1_10%	Scen1_20%	Scen1_30%	
2013	0.97	0.97	0.97	
2015	0.75	0.81	0.87	
2017	0.50	0.85	1.24	
2019	0.44	1.02	1.67	
2021	0.48	1.04	1.61	
2023	0.49	1.02	1.53	
2031	0.58	1.00	1.38	
2061	0.63	1.09	1.53	
	Scen2_10%	Scen2_20%	Scen2_25%	Scen2_30%
2013	1.00	1.00	1.01	1.01
2015	1.05	1.11	1.13	1.16
2017	1.34	1.72	1.92	2.12
2019	1.59	2.20	2.51	2.82
2021	1.53	2.06	2.32	2.58
2023	1.47	1.92	2.14	2.36
2031	1.33	1.65	1.81	1.96
2061	1.39	1.77	1.96	2.14
	Scen3_10%	Scen3_20%	Scen3_30%	
2013	0.98	0.99	1.01	

2015	0.82	0.95		1.07	
2017	0.63	1.12		1.67	
2019	0.54	1.28		2.07	
2021	0.56	1.23		1.91	
2023	0.57	1.17		1.76	
2031	0.63	1.08		1.50	
2061	0.67	1.17		1.64	
Scen4_10%      Scen4_20%      Scen4_25%      Scen4_30%					
2013	1.01	1.02	1.02	1.03	
2015	1.09	1.18	1.22	1.27	
2017	1.41	1.86	2.10	2.35	
2019	1.65	2.33	2.68	3.03	
2021	1.58	2.16	2.44	2.73	
2023	1.30	1.99	2.23	2.47	
2031	1.35	1.69	1.86	2.02	
2061	1.41	1.81	2.00	2.19	
Scen0_ISC_lowR      Scen1_30_lowR      Scen2_30_lowR      Scen3_30_lowR      Scen4_30_lowR					
2013	0.97	0.97	1.01	1.01	1.03
2015	0.88	0.76	1.09	0.99	1.21
2017	0.88	0.24	1.07	0.65	1.28
2019	0.76	0.00	0.73	0.15	0.91
2021	0.68	0.00	0.57	0.02	0.71
2023	0.63	0.00	0.52	0.00	0.63
2031	0.60	0.00	0.49	0.00	0.56
2061	0.65	0.00	0.45	0.00	0.51
Scen0_h85      Scen2_30_h85      Scen4_30_h85					
2013	1.13	1.16	1.18		
2015	1.06	1.29	1.41		
2017	1.17	1.40	1.63		
2019	0.74	0.82	1.06		
2021	0.29	0.39	0.62		
2023	0.09	0.19	0.45		
2031	0.00	0.00	0.75		
2061	0.00	0.00	5.92		

**TABLE 3.** Equilibrium (after 50 years) percentage impact on the spawning biomass, by fishery group.

**TABLA 3.** Impacto porcentual de equilibrio (al cabo de 50 años) sobre la biomasa reproductora, por grupo de pesquerías.

		No_EPO	No_WPO<30 kg	No_WPO_LL	No_WPO_PS3-4
2010-2012	SQ	0.32	0.65	0.01	0.02
Scenario 0 (52%)	S0	0.65	0.04	0.09	0.09
	10% S0 10	0.55	0.03	0.07	0.07
	20% S0 20	0.57	0.04	0.08	0.08
	30% S0 30	0.59	0.04	0.08	0.08
	40% S0 40	0.62	0.04	0.08	0.08
Scenario 1	10% S1 10	0.70	0.03	0.06	0.06
	20% S1 20	0.70	0.03	0.06	0.06
	30% S1 30	0.70	0.03	0.07	0.07
Scenario 2	10% S2 10	0.65	0.01	0.03	0.03
	20% S2 20	0.65	0.01	0.03	0.03
	30% S2 30	0.65	0.01	0.03	0.03
Scenario 3	10% S3 10	0.71	0.02	0.05	0.05
	20% S3 20	0.72	0.02	0.05	0.05
	30% S3 30	0.72	0.02	0.05	0.05
Scenario 4	10% S4 10	0.65	0.01	0.02	0.02
	20% S4 20	0.66	0.01	0.02	0.02
	30% S4 30	0.66	0.01	0.02	0.02
Scenario 4	30% S2_30_h85	0.59	0.05	0.06	0.06