

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

QUINTA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

12 -16 de mayo de 2014

DOCUMENTO SAC-05-10a

**CONDICIÓN DEL ATÚN ALETA AZUL DEL PACÍFICO Y LA URGENTE
NECESIDAD DE ACCIÓN DE ORDENACIÓN**

Mark N. Maunder¹, Kevin, R. Piner², y Alexandre Aires-da-Silva¹

RESUMEN

La evaluación de la población del atún aleta azul del Pacífico (PBF) por el Comité Científico Internacional para los Atunes y Especies Afines en el Océano Pacífico Norte (ISC) es insatisfactoria porque el modelo no se ajusta adecuadamente a los datos, y este problema es agravado en el modelo de evaluación actualizado. La falta de ajuste a los índices principales de abundancia reproductora es particularmente preocupante. A pesar de estos defectos, los resultados del modelo son robustos a un gran número de supuestos alternativos. Un análisis de los datos externo al modelo apoya el asesoramiento de ordenación basado en el modelo. La población se encuentra altamente mermada y está padeciendo sobrepesca. Aunque no se comenta en el informe de evaluación consensuado, nuestro análisis independiente de los datos indica que la biomasa reproductora es sostenida por una sola cohorte que se está acercando al fin de su vida. Las proyecciones a futuro predicen que la población no crecerá bajo el escenario de reclutamiento bajo, lo cual es consistente con las estimaciones del reclutamiento reciente, a menos que se reduzcan las capturas de juveniles un 25 a 50%. Son necesarias reducciones similares para asegurar una alta probabilidad de alcanzar el 10% de la biomasa no explotada en 10 años, suponiendo reclutamientos medios. En conclusión, es necesaria acción urgente de ordenación para asegurar la sustentabilidad de las pesquerías del atún aleta azul del Pacífico.

1. INTRODUCCIÓN

Existe una preocupación considerable acerca del modelo usado actualmente para evaluar la población del atún aleta azul del Pacífico (PBF). El modelo desarrollado por el grupo de trabajo del ISC sobre el aleta azul del Pacífico no produce ajustes razonables a los índices principales de abundancia relativa y los datos de composición (Figura 1). Pese a inconsistencias en los datos, un gran número de análisis de sensibilidad arrojaron todos la misma designación de la condición de la población (sobrepescada y padeciendo sobrepesca). Esta consistencia en la condición de la población fue usada como base para el asesoramiento de ordenación.

Una actualización del modelo con datos recientes sigue señalando un mal ajuste a los datos y conflictos entre datos sets. En particular, las estimaciones de la biomasa reproductora actual fueron sensibles a la inclusión de datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las pesquerías palangreras de Japón y Taipei Chino, que tienen tendencias diferentes.

Para que el asesoramiento de ordenación sea exacto, es importante que el modelo de evaluación usado se ajuste adecuadamente a los principales componentes de datos. Por lo tanto, realizamos un análisis

¹ Comisión Interamericana del Atún Tropical, 8901 La Jolla Shores Drive, La Jolla, CA 92037-1508, EE.UU.

² NOAA Nacional Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Science Center, 8901 La Jolla Shores Drive, La Jolla, CA 92037-1508, EE.UU.

exploratorio de los datos de composición por talla del aleta azul del Pacífico de las pesquerías palangreras de Japón y Taipei Chino para averiguar por qué el modelo del ISC no se ajusta a los datos. Durante este proceso desarrollamos un método para estimar la biomasa reproductora fuera del modelo de evaluación de la población, y se comparan estas estimaciones externas con aquéllas del modelo. Finalmente, concluimos con un asesoramiento para mejorar la evaluación de la población y para gestionar la población.

2. DATOS DE COMPOSICIÓN

Se dispone de datos de composición por talla de las capturas de aleta azul del Pacífico para una variedad de pesquerías. Estos datos brindan información sobre la selectividad/disponibilidad a la pesca por talla/edad y la fuerza de las cohortes (reclutamiento), y pueden también brindar información sobre la mortalidad por pesca y la abundancia (Maunder y Piner en prensa), pero esta última puede ser altamente sensible a una especificación errónea en el modelo de procesos tales como la selectividad (Lee *et al.* En prensa). Es por lo tanto importante que los datos de composición sean modelados correctamente. Realizamos un análisis exploratorio de los datos de composición por talla del aleta azul del Pacífico de las pesquerías palangreras de Japón y Taipei Chino para averiguar por qué el modelo del ISC no se ajusta a los datos.

2.1. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa

A partir de 2000, se puede observar una moda clara, que probablemente representa una sola cohorte muy fuerte, atravesando los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa (Figura 2). Se puede ver la progresión modal más claramente si se corta el eje de talla y se miran solamente los siete últimos años (Figura 3). La moda podría representar dos o más cohortes consecutivas que son todas superiores al promedio debido a condiciones ambientales correlacionadas, pero el coeficiente de variación muy bajo (5%) de las tallas en esta moda y una moda menor subsiguiente sugiere que se trata de una sola cohorte (Figura 4). Los datos de composición por talla sugieren que existe una sola cohorte fuerte que está sosteniendo la biomasa reproductora, aunque los datos de algunos años sugieren más de una cohorte (Figura 5). Existen también diferencias en el tamaño de los peces capturados en distintas temporadas del año (Figura 6), pero los datos son escasos. Se capturan peces más pequeños fuera de la temporada principal de pesca, pero no parecen entrar en los datos de composición de la temporada principal como modas fuertes. No queda claro si la pesquería puede capturar eficazmente atunes pequeños o si existen dos patrones distintos de crecimiento. La captura fuera de la temporada principal es pequeña, por lo que los datos de composición de esas temporadas podrían no representar cohortes fuertes.

Los aletas azules del Pacífico grandes (200-250 cm) observados recientemente en los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa no han sido observados en grandes proporciones en ningunos de los datos disponibles para esta pesquería, que se remontan a los años 1950 (Figura 7). Esto sugiere que la flota palangrera japonesa viene dirigiendo su esfuerzo a la cohorte fuerte y por lo tanto su selectividad efectiva ha cambiado a lo largo del tiempo. La moda clara de esta cohorte fuerte en los datos de composición puede ser usada para estimar el crecimiento de los peces en la cohorte. No parecen haber crecido mucho entre 2008 y 2009 (Figura 8), pero en general crecieron más rápidamente, particularmente a edades mayores, que lo que supone el modelo de evaluación del ISC (Figura 8) o que estimaron Shimose y Takeuchi (2012) para machos y hembras (Figura 9).

La cohorte fuerte observada en los datos de composición por talla es consistente con la CPUE (Figura 10). La CPUE aumentó a partir de 2001 a medida que la cohorte fuerte comenzó a ingresar a la pesquería y disminuyó a partir de 2005 una vez que la cohorte se volvió plenamente vulnerable a la pesquería y no hubo otras cohortes fuertes para sostener la pesquería. Parece haber una cohorte que ingresó a la pesquería 2-3 años después (Figura 3) que causa un incremento de la CPUE, pero su efecto dura poco tiempo (Figura 10).

2.2. Taipei Chino

Los datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino muestran asimismo cierta

progresión modal (Figura 11), pero el patrón es menos claro que en los datos japoneses. A diferencia de la pesquería japonesa, la pesquería de Taipei Chino capturaba aleta azul del Pacífico grande (220-250 cm) en el pasado, antes de la cohorte fuerte reciente (Figura 7), pero los peces capturados en 2005-2007, antes de que pasara la cohorte fuerte por la pesquería de Taipei Chino, fueron más pequeños. No queda claro si la cohorte fuerte crece más rápidamente debido a condiciones ambientales, si proviene de una población con un patrón de crecimiento diferente, o si la pesquería de Taipei Chino está también dirigiendo su esfuerzo a la cohorte.

La correspondencia entre la CPUE de Taipei Chino y sus datos de composición no es clara. La CPUE aumenta a partir de 2009 (Figura 13), pero esto es varios años después de ingresar la cohorte fuerte a la pesquería.

3. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA REPRODUCTORA

La observación que la abundancia del aleta azul del Pacífico en las pesquerías palangreras, que también corresponde a la biomasa reproductora, es representada principalmente por una sola cohorte, brinda una oportunidad única para estimar la biomasa reproductora, porque el índice de abundancia basado en la CPUE japonesa representa esta sola cohorte. Por lo tanto, sin nada añadido debido a nuevas cohortes, la CPUE reciente representa una disminución de la abundancia de la cohorte fuerte que puede ser usada en un análisis de curva de captura para estimar la tasa de mortalidad total (Z) (Figura 14). Dado un valor supuesto de mortalidad natural (M), se puede calcular la mortalidad por pesca (F) ($F = Z - M$). Por consiguiente, con la captura (C) en peso de las pesquerías palangreras de Japón y Taipei Chino, se puede calcular la biomasa reproductora (SB) a partir de la ecuación de captura de Baranov, suponiendo que todos los aletas azules del Pacífico reproductores, esencialmente una cohorte, son plenamente vulnerables a las pesquerías palangreras.

$$SB = \frac{Z}{F(1 - \exp(-Z))} C$$

La estimación de Z , basada en los datos de CPUE de 2004 a 2010 solamente (para evitar los años tempranos cuando la cohorte podría no haber estado plenamente seleccionada, y los años tardíos que podrían haber sido más afectados por nuevas cohortes a medida que disminuía la abundancia de la cohorte fuerte), es 0,35. La evaluación del ISC supone que $M = 0,25$, lo cual resulta en una estimación de $F = 0,1$ para esta cohorte por las pesquerías palangreras. Las estimaciones consecuentes de la biomasa reproductora, en toneladas (t), son las siguientes:

Año	Captura (t)	Biomasa reproductora
2004	3281	38882
2005	3072	36414
2006	2099	24875
2007	3302	39136
2008	1794	21260
2009	2082	24674
2010	1139	13493

Se puede estimar la biomasa reproductora correspondiente a los años antes de 2004 y después de 2010 usando las estimaciones de biomasa reproductora para escalar el índice de abundancia relativa de la CPUE de la pesquería palangrera japonesa a la abundancia absoluta. Las estimaciones de abundancia del periodo de 2004-2010 son muy similares a aquellas estimadas por el modelo de evaluación (Figura 15), pero el índice de CPUE japonesa escalado no lo es, lo cual no es sorprendente dado que el ajuste del modelo de evaluación a este índice es malo. Las estimaciones de la biomasa reproductora son insensibles

al valor supuesto para la mortalidad natural, pero altamente sensibles al valor de la mortalidad por pesca (Figura 16).

4. CONCLUSIONES

4.1. Un historial plausible de la dinámica reciente del aleta azul del Pacífico

Nuestro análisis sugiere que los niveles recientes de biomasa reproductora han sido compuestos principalmente por una sola cohorte fuerte. La fuerza de esta cohorte es apoyada por un índice de reclutamiento basado en la CPUE de la pesquería japonesa de aleta azul con curricán (Figura 17). Las dos cohortes previas fueron muy débiles. Las cohortes subsiguientes fueron de fuerza moderada, pero no persistieron en los datos. Aproximadamente al mismo tiempo que fue desovada la cohorte fuerte, se desarrolló una pesquería de cerco de peces pelágicos pequeños en el Pacífico occidental que capturó grandes cantidades de aletas azules del Pacífico muy jóvenes (Figura 18). La alta tasa de explotación de esta pesquería, sumada a las otras pesquerías que capturan aleta azul del Pacífico de pequeño a mediano, podría impedir que ingresen nuevas cohortes a la biomasa reproductora.

4.2. Asesoramiento con respecto a la evaluación

Se debería considerar el desempeño relativamente malo del modelo actual de evaluación al brindar asesoramiento detallado basado en los resultados del modelo. No obstante, la conclusión general – que la biomasa reproductora actual es muy baja y que son necesarias reducciones sustanciales de la mortalidad por pesca de los peces jóvenes – es robusta a las incertidumbres de la evaluación.

4.3. Investigaciones futuras

Es necesario un esfuerzo sustancial para mejorar la evaluación de la población de una manera que resultaría en un mejor ajuste a los datos. Nuestras investigaciones de los datos descubrieron que muchas, o todas, de las pesquerías dirigen su esfuerzo a la cohorte fuerte. Por lo tanto, se debería considerar para todas las pesquerías una selectividad adicional que varía a lo largo del tiempo, ya que los procesos estáticos del modelo son responsables de gran parte de la falta de ajuste del modelo. Los datos de CPUE de la pesquería palangrera de Taipei Chino no parecen ser consistentes con sus datos de composición ni con los datos de CPUE de la pesquería palangrera japonesa, que se considera ser un índice más fiable de la abundancia, y deberían por lo tanto ser omitidos del análisis hasta que se identifiquen los motivos de las inconsistencias.

Los cambios siguientes deberían ser implementados de inmediato:

1. Modelar selectividad que varía a lo largo del tiempo para todas las flotas que capturan juveniles de más de una clase de edad. Un enfoque posible sería el APV híbrido de McCall y Teo (2013).
2. Crear un bloque de tiempo para selectividad palangrera japonesa que comienza en 2000 y forzar la selectividad a ser asintótica, a fin de asegurar que se mantenga en el análisis la información sobre la cohorte fuerte y la falta de otras cohortes.
3. Estimar el parámetro que determina la talla máxima, a fin de asegurar que el crecimiento sea consistente con las modas de composición por talla de la cohorte fuerte.

Cambios a mayor plazo incluyen:

1. Dividir los datos de la pesquería palangrera japonesa en áreas que capturan peces pequeños y áreas que capturan peces grandes.
2. Investigar la posibilidad de crecimiento que varía a lo largo del tiempo o distintas subpoblaciones con distintas tasas de crecimiento.
3. Considerar permitir a la mortalidad natural cambiar por edad estacional en lugar de edad anual.

4.4. Asesoramiento de ordenación

La población del aleta azul del Pacífico se encuentra en niveles muy bajos, y la población reproductora consiste principalmente en una sola cohorte que se está acercando al fin de su vida. Esto es consistente con los resultados de la evaluación que estima que la población se cifra en una fracción extremadamente baja de su nivel no explotado (2-5%). La biomasa reproductora actual podría ser menos que 10.000 t, aproximadamente un cuarto del nivel más bajo alcanzado por el atún aleta azul del sur, y el nivel de merma es asimismo más bajo que para esa otra especie (Ana Parma com. pers.). Los reclutamientos más recientes parecen haber sido inferiores al promedio histórico. No queda claro si la reducción reciente de los reclutamientos está relacionada con una baja abundancia de reproductores, condiciones ambientales, o es simplemente variabilidad sin tendencia. Las perspectivas de una recuperación de la población dependerán del nivel de reclutamiento futuro.

Las proyecciones a futuro realizadas por el grupo de trabajo del ISC para el aleta azul predicen que la población no crecerá si el reclutamiento futuro está por debajo del promedio histórico (escenario de reclutamiento bajo), a menos que se reduzcan las capturas de juveniles entre 25 y 50%. Son necesarias reducciones similares para asegurar una alta probabilidad de alcanzar el 10% de la biomasa no explotada en 10 años, aun con reclutamiento en el promedio histórico. Es muy probable que sean necesarias reducciones sustanciales e inmediatas de la mortalidad por pesca de juveniles para asegurar la viabilidad de las pesquerías de aleta azul del Pacífico.

Se estima que las pesquerías palangreras, que se dirigen a los adultos reproductores, ejercen un impacto muy limitado sobre la biomasa de la población reproductora (Figura 19), por lo que se puede conseguir el mayor beneficio si se limitan las otras pesquerías, dirigidas a los juveniles. Sin embargo, no se debería permitir a las flotas palangreras incrementar sus capturas, a fin de evitar perder los beneficios de la reducción de la captura de juveniles. Una advertencia con respecto al bajo impacto de la mortalidad por pesca de adultos tiene que ver con los niveles extremadamente bajos de la biomasa reproductora actual. En estos niveles, es posible que el reclutamiento se vea perjudicado. Es posible que sea necesaria considerar proteger la población reproductora limitada hasta que reducciones de la F juvenil permitan a más peces llegar a ser reproductores.

Se estima que las flotas pesqueras del Océano Pacífico oriental (OPO) contribuyen solamente un 20% del impacto de la pesca sobre la población (Figura 19), a pesar de que las capturas recientes de aleta azul del Pacífico en el OPO son de magnitud similar a aquellas del Océano Pacífico occidental (Figura 18), por dos motivos principales. En primer lugar, el análisis evalúa el impacto de la pesca sobre la biomasa reproductora, y el impacto de cualquier reducción de la captura tardará varios años en aparecer en el análisis. En segundo lugar, el impacto de una pesquería está relacionado con la cantidad de la captura y también con la edad de los peces capturados. Las pesquerías del OPO capturan peces de mayor edad que la pesquería cerquera de pelágicos pequeños en el Pacífico occidental. Se puede calcular el impacto sobre la biomasa reproductora de la captura de una tonelada de peces de una cierta edad mediante el inverso del peso medio a esa edad, con un ajuste por la mortalidad natural entre esa edad y la edad de madurez de los peces. Se realizaron estos cálculos relativos a la edad 5, cuando casi todos los peces son maduros (Figura 20). Por ejemplo, una tonelada de peces de edad 1 ejerce un impacto aproximadamente el doble de una tonelada de peces de edad 2, por lo que simplemente capturar el mismo tonelaje un año más tarde reduciría el impacto a la mitad. Estos cálculos pueden ayudar a interpretar el impacto de cada pesquería con base en su curva de selectividad estimada (Figura 21). La meta de ordenación para el aleta azul del Pacífico debería ser reducir la mortalidad por pesca para que los juveniles puedan alcanzar la biomasa reproductora sin ser capturados. Es importante que cualquier reducción de la mortalidad por pesca de peces muy jóvenes no sea contrarrestada por la captura de estos peces en las otras pesquerías que los capturan a edad mayor, y se debería por lo tanto reducir las capturas en todas las pesquerías. Cabe asimismo notar que una captura reducida no significa necesariamente una mortalidad por pesca reducida. Si la abundancia ha disminuido, capturas reducidas podrían ser simplemente consecuencia de una biomasa reducida, y no de una reducción de la mortalidad por pesca. Es particularmente importante

considerar esto en vista de las bajas estimaciones recientes del reclutamiento (Figura 17).

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al grupo de trabajo del ISC sobre el aleta azul del Pacífico, que reunió todos los datos para el modelo de evaluación de la población y brindó comentarios sobre los análisis en el presente informe.

REFERENCIAS

- Lee, H-H., Piner, K. R., Methot, R. D., and Maunder, M. N. (in press). Use of likelihood profiling over a global scaling parameter to structure the population dynamics model: an example using blue marlin in the Pacific Ocean. Fisheries Research.
- MacCall, A.D. and Teo, S.L.H. 2013. A hybrid stock synthesis-Virtual population analysis model of Pacific bluefin tuna. Fisheries Research, 142: 22-26.
- Maunder, M.N. and Piner, K. R. (in press) Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. ICES Journal of Marine Science
- Shimose, T. and Takeuchi, Y. 2012. Updated sex specific growth parameters for Pacific bluefin tuna *Thunnus orientalis*. ISC/12-1/PBFWG/12.

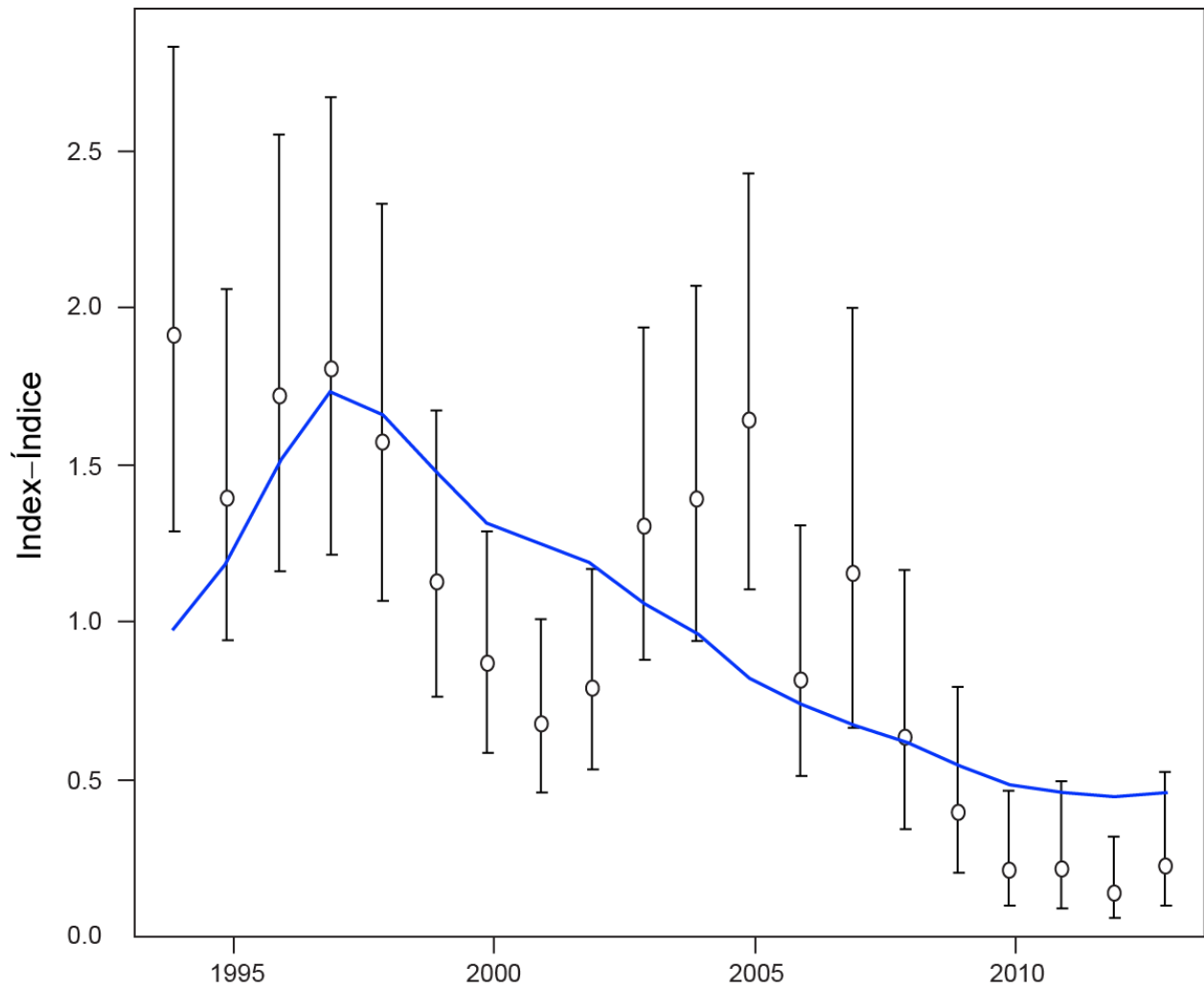


FIGURE 1a. Fit of the ISC stock assessment model to the Japanese longline CPUE indices of abundance.

FIGURA 1a. Ajuste del modelo de evaluación del ISC a los índices de abundancia basados en la CPUE de la pesquería palangrera japonesa.

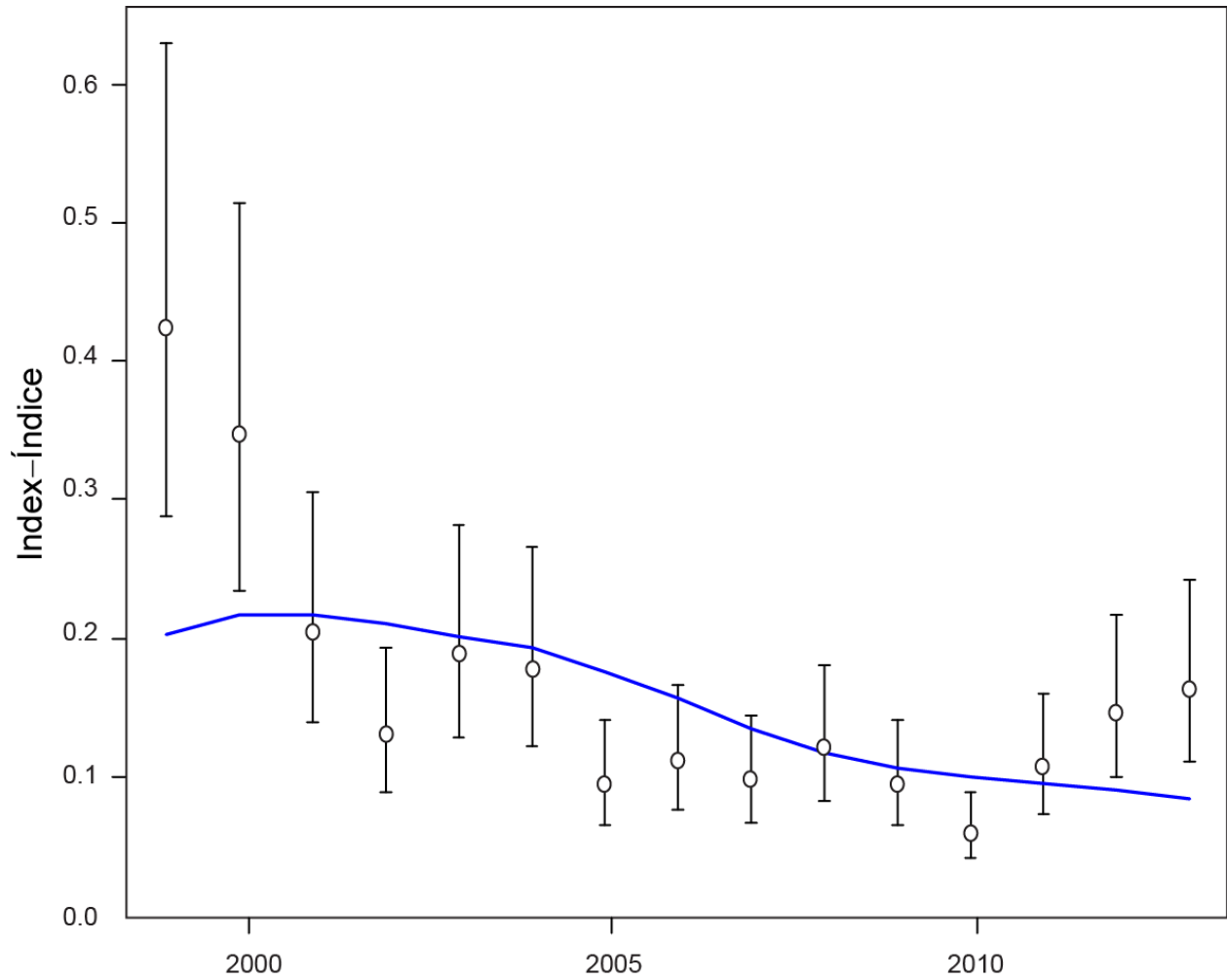


FIGURE 1b. Fit of the ISC stock assessment model to the Chinese Taipei longline CPUE indices of abundance.

FIGURA 1b. Ajuste del modelo de evaluación del ISC a los índices de abundancia basados en la CPUE de la pesquería palangrera de Taipei Chino.

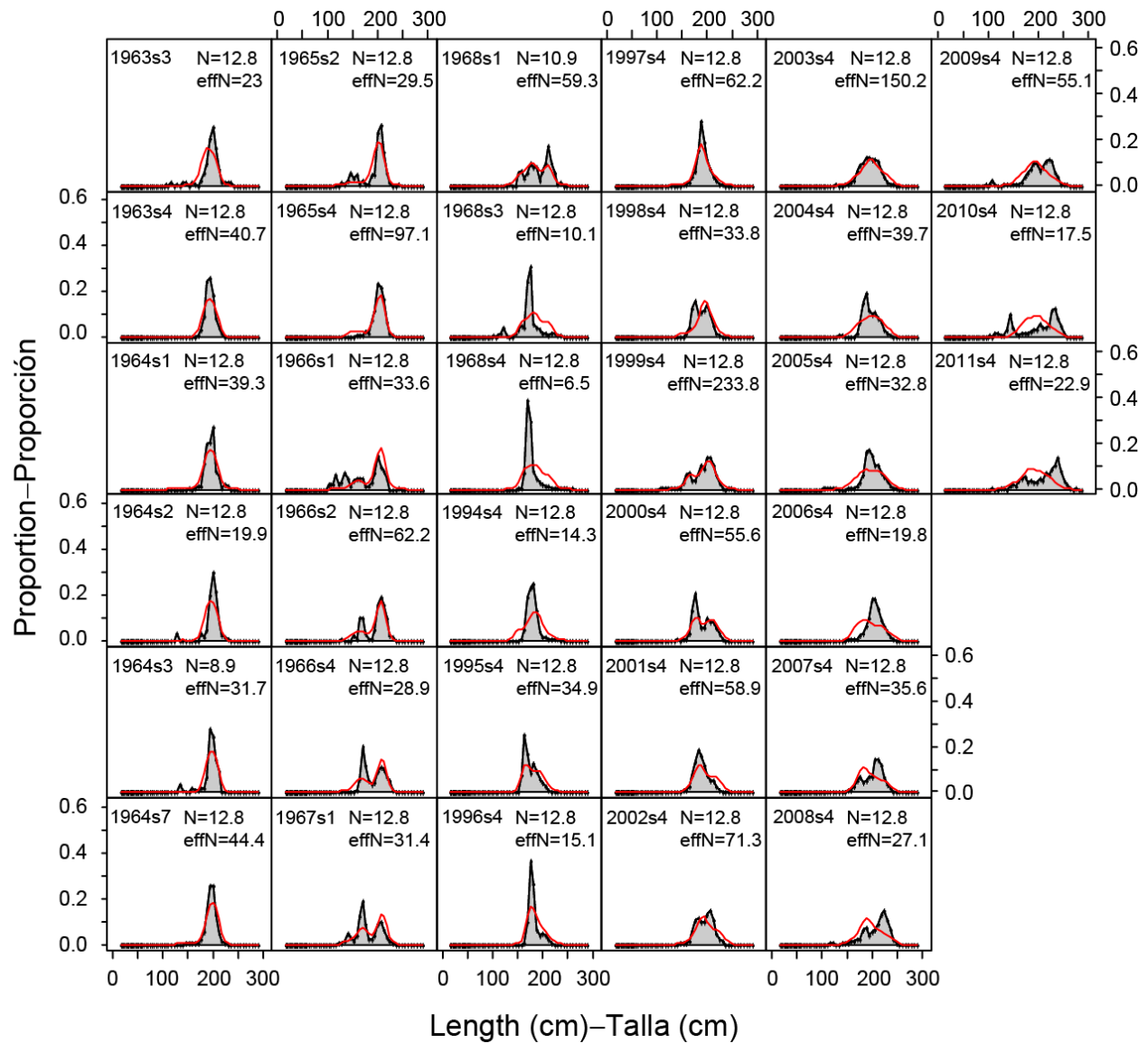


FIGURE 1c. Fit of the ISC stock assessment model to the Japanese longline length-composition data.

FIGURA 1c. Ajuste del modelo de evaluación del ISC a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa.

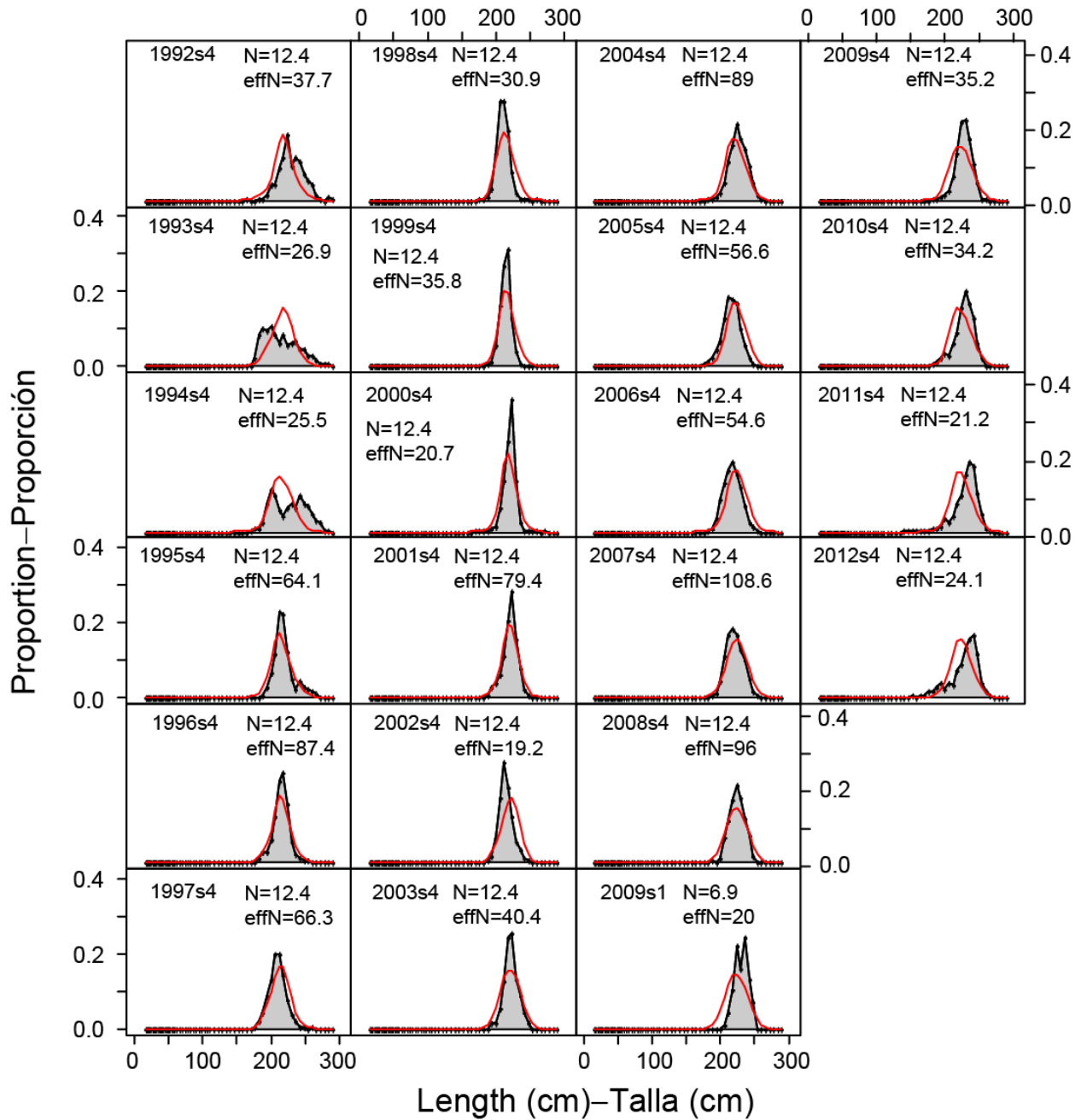


FIGURE 1d. Fit of the ISC stock assessment model to the Chinese Taipei longline length-composition data.

FIGURA 1d. Ajuste del modelo de evaluación del ISC a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino.

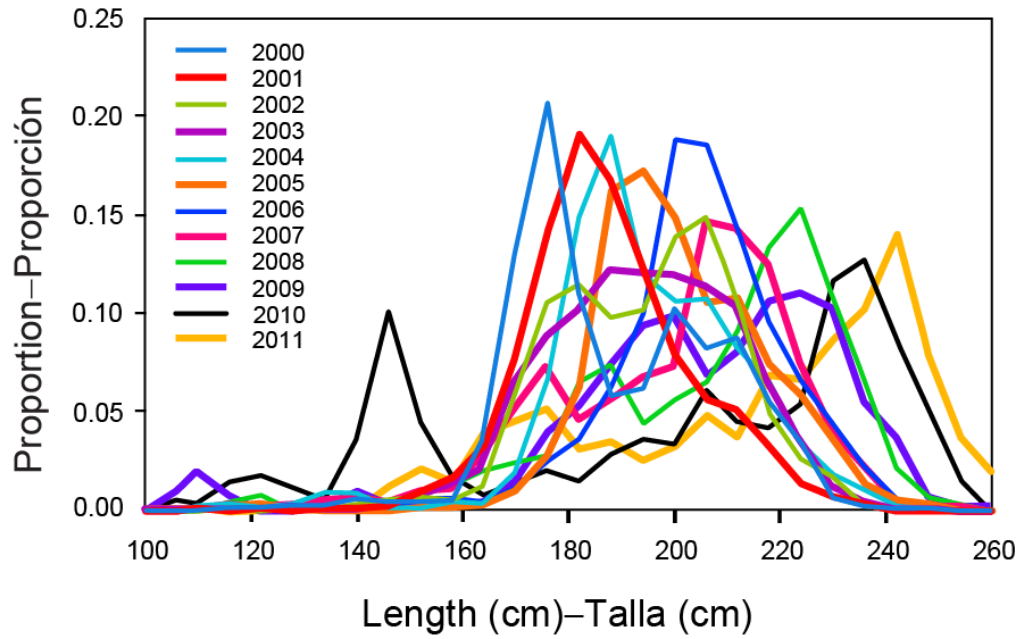


FIGURE 2. Japanese longline length-composition data, 2000-2011

FIGURA 2. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa, 2000-2011.

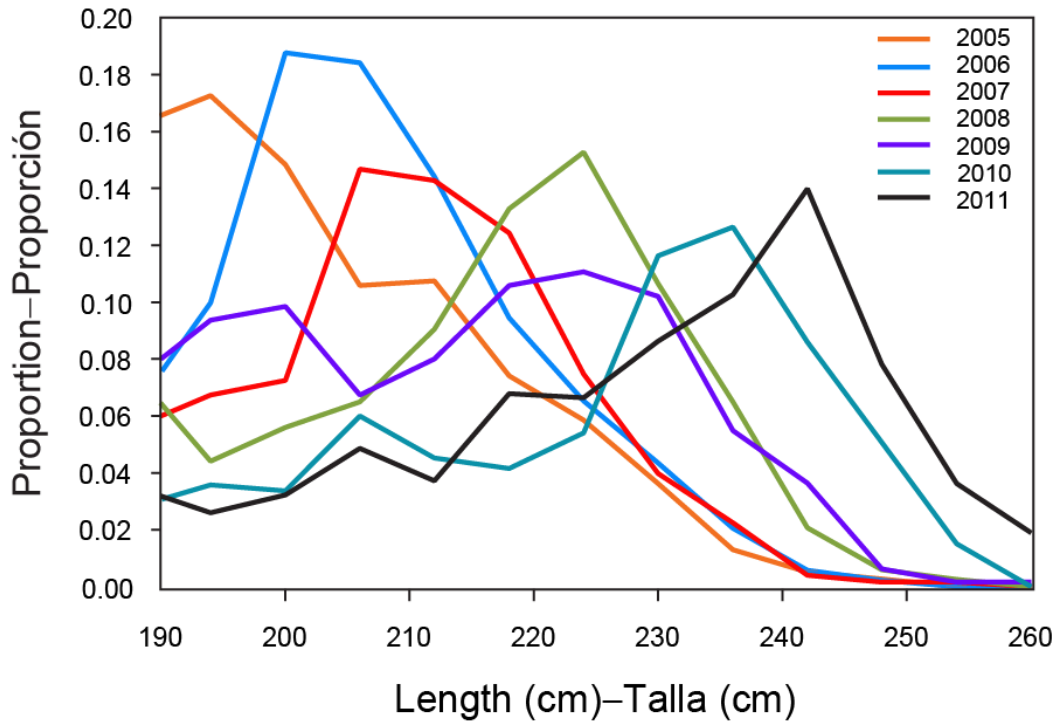


FIGURE 3. Japanese longline length-composition data, 2005-2011.

FIGURA 3. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa, 2005-2011.

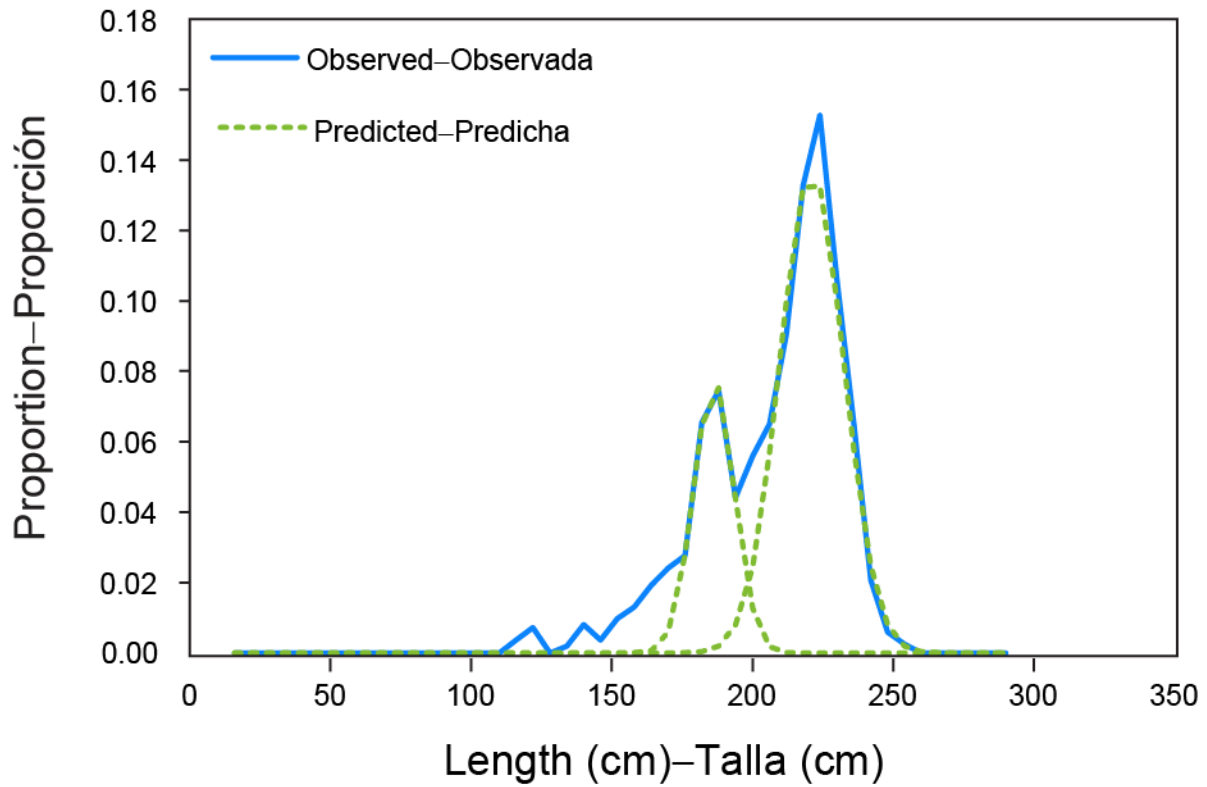


FIGURE 4. Fit of normal distributions to the 2008 Japanese longline length-composition data.
FIGURA 4. Ajuste de distribuciones normales a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa de 2008.

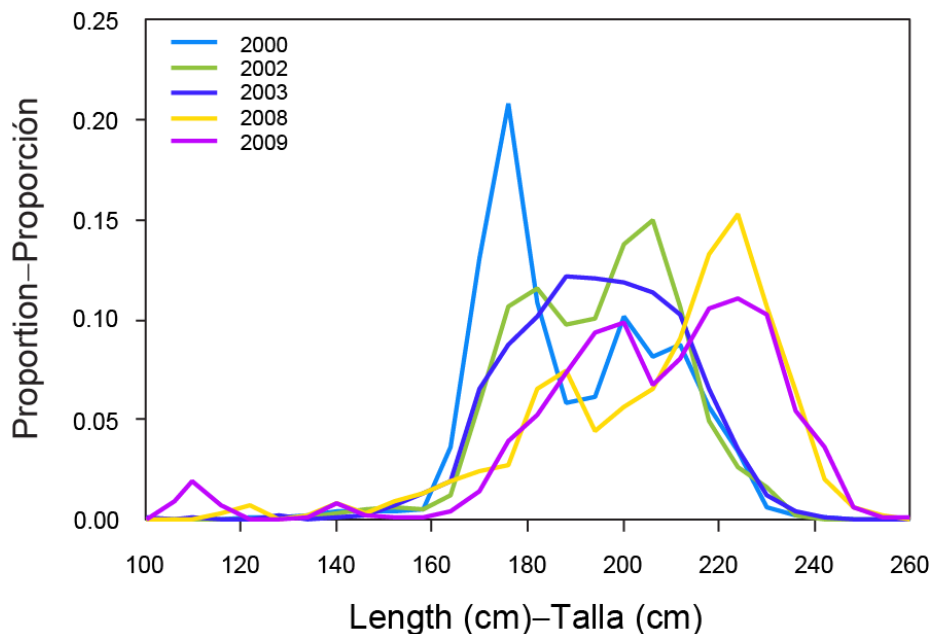


FIGURE 5. Japanese longline length-composition data that indicate multiple models.
FIGURA 5. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa que indican modelos múltiples.

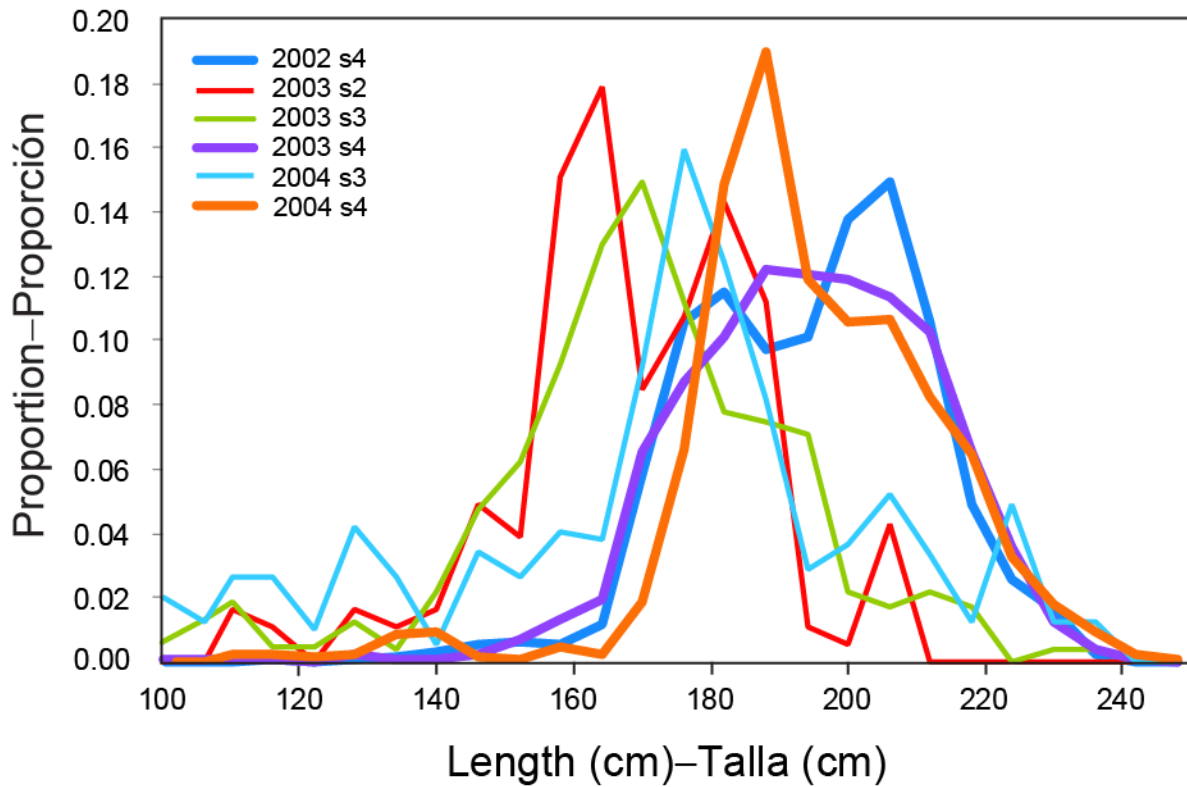


FIGURE 6. Japanese longline length-composition data for multiple seasons (s). The thick lines correspond to the the main fishing season (s4).

FIGURA 6. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa de múltiples temporadas (s). Las líneas gruesas corresponden a la temporada principal de pesca (s4).

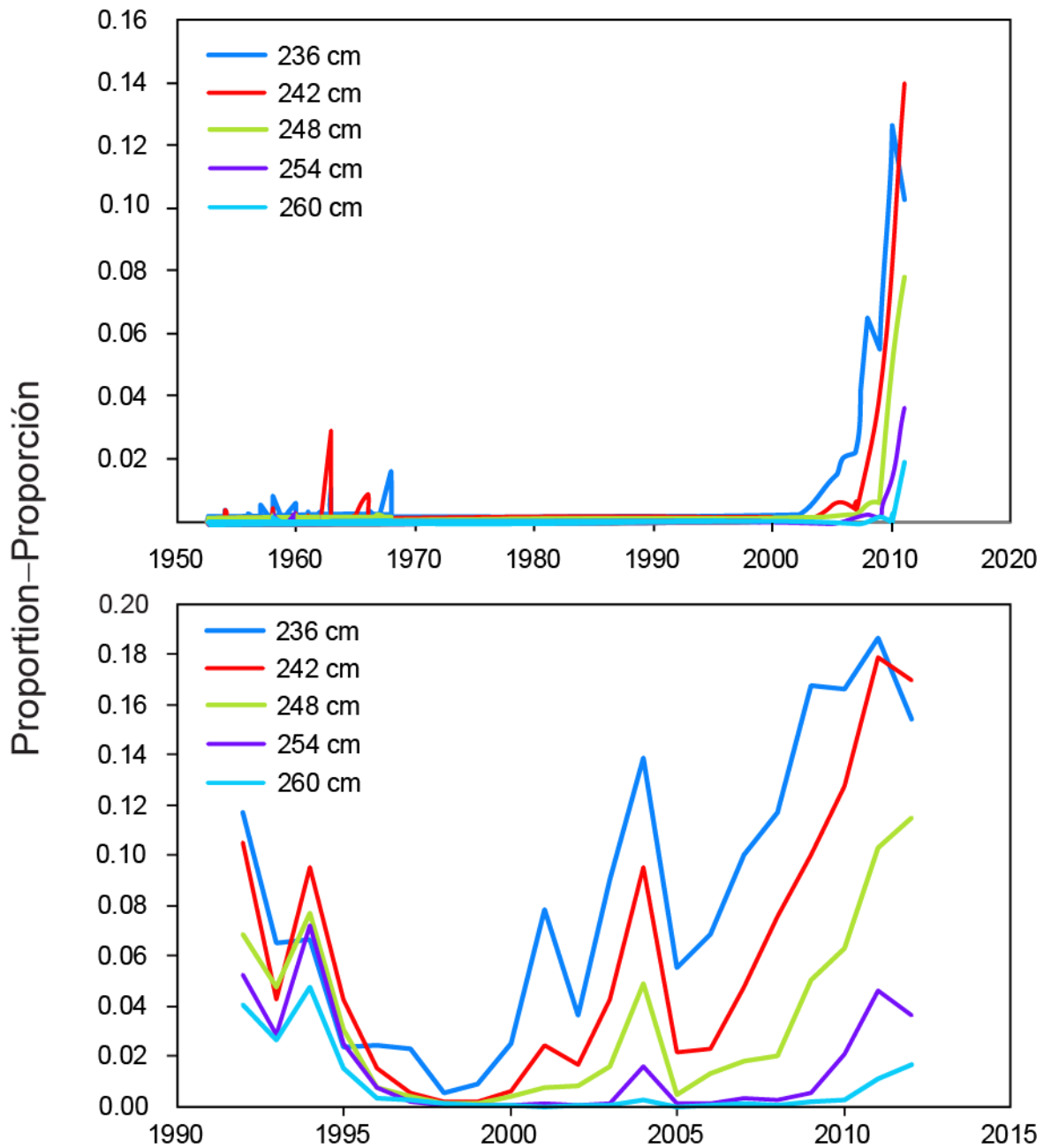


FIGURE 7. Proportions of the length-composition data at different lengths over time for the Japanese (upper panel) and Chinese Taipei (lower panel) longline fisheries.

FIGURA 7. Proporciones de los datos de composición por talla en distintas tallas a lo largo del tiempo correspondientes a las pesquerías palangreras de Japón (panel superior) y Taipei Chino (panel inferior).

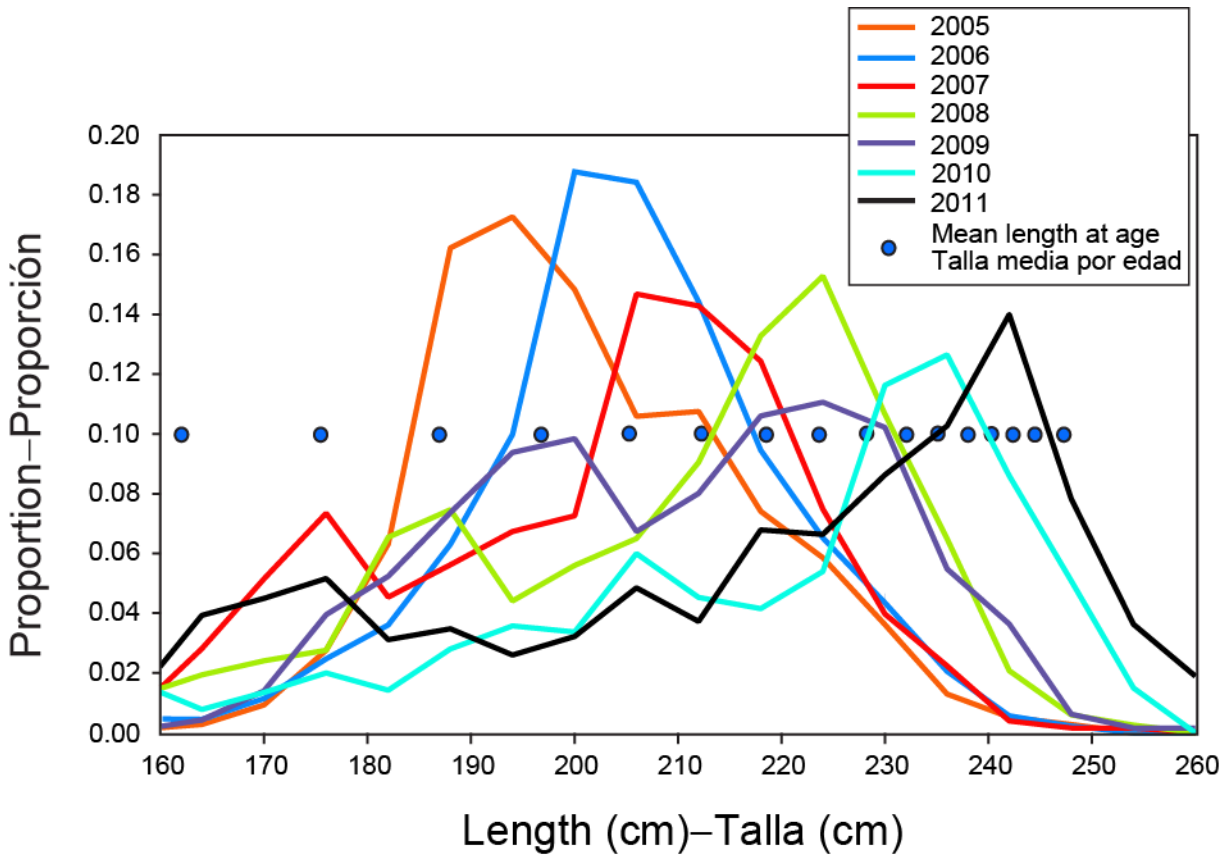


FIGURE 8. Comparison of mean length-at-age (dots) used in the ISC assessment model and the Japanese length-composition data.

FIGURA 8. Comparación de la talla media por edad (puntos) usada en el modelo de evaluación del ISC y los datos japoneses de composición por talla.

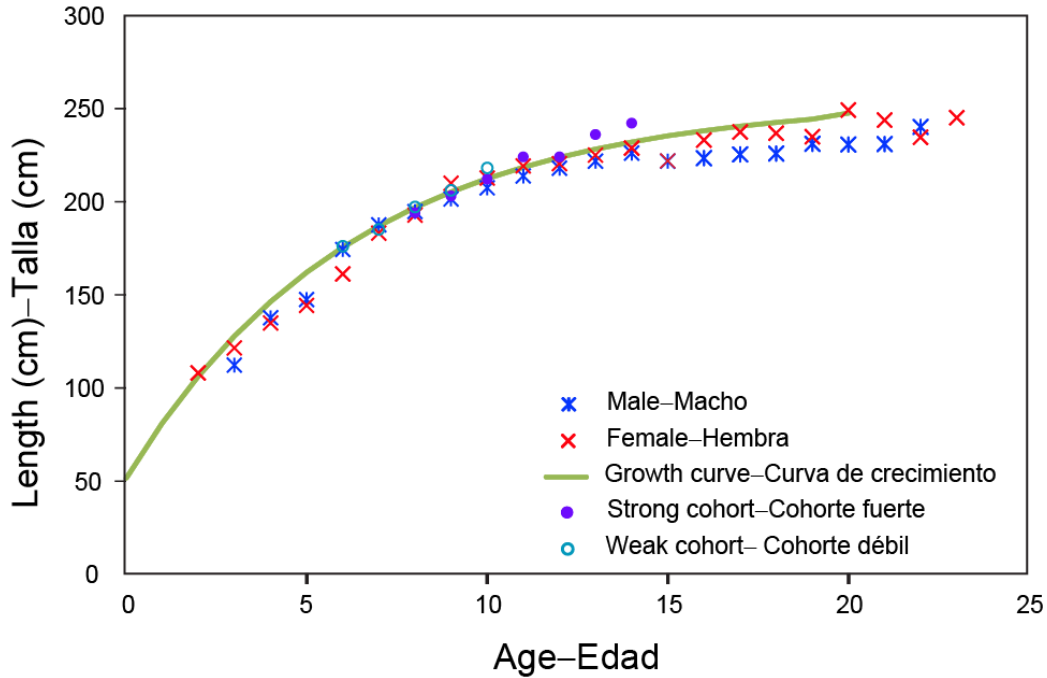


FIGURE 9. Comparison of mean length-at-age estimates for the strong and weak cohorts from the Japanese longline length-composition data, with the growth curve used in the ISC stock assessment model and sex-specific mean length-at-age from Shimose and Takeuchi (2012).

FIGURA 9. Comparación de las estimaciones de talla media por edad de las cohortes fuertes y débiles de los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa y la curva de crecimiento usada en el modelo de evaluación del ISC y la talla media por edad por sexo de Shimose y Takeuchi (2012).

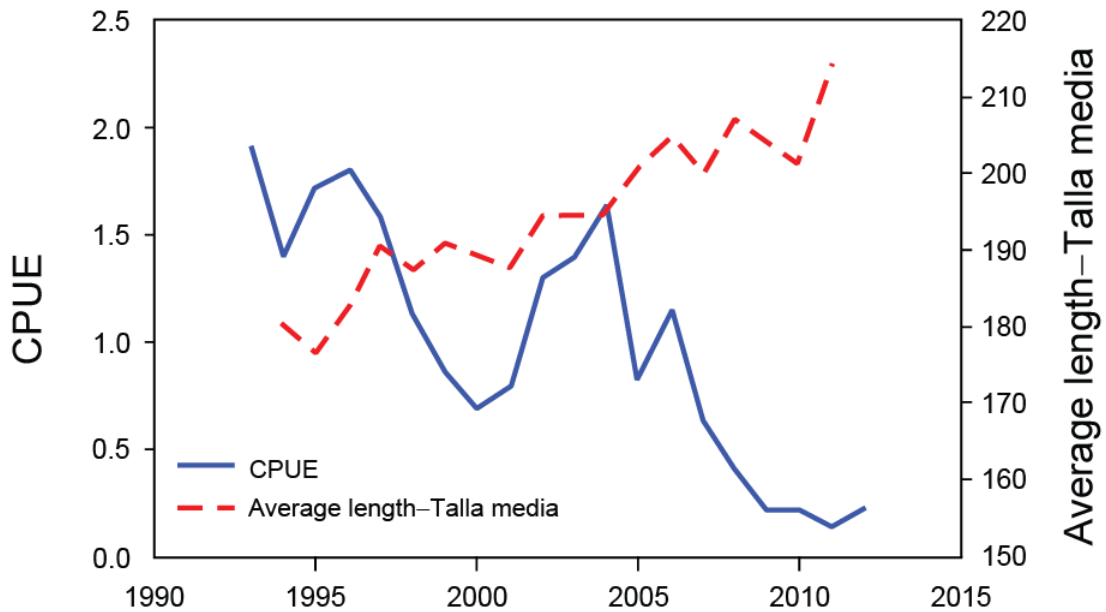


FIGURE 10. Comparison of mean length and CPUE from the Japanese longline fishery.

FIGURA 10. Comparación de talla media y CPUE de la pesquería palangrera japonesa.

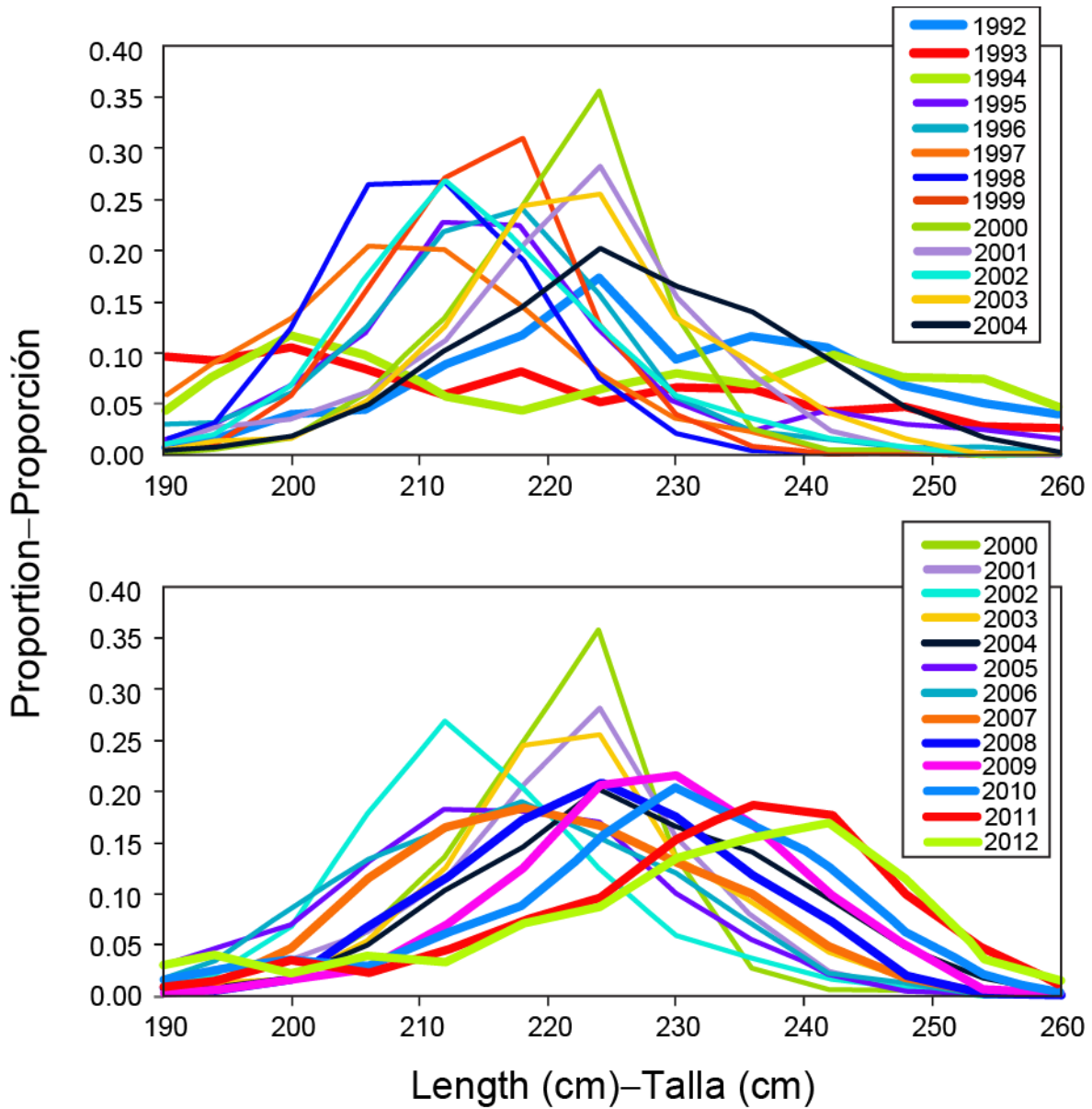


FIGURE 11. Length-composition data from the Chinese Taipei longline fishery. The thick lines represent early and late years that have large bluefin.

FIGURA 11 Datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino. Las líneas gruesas representan años tempranos y tardíos que incluyen aleta azul grande.

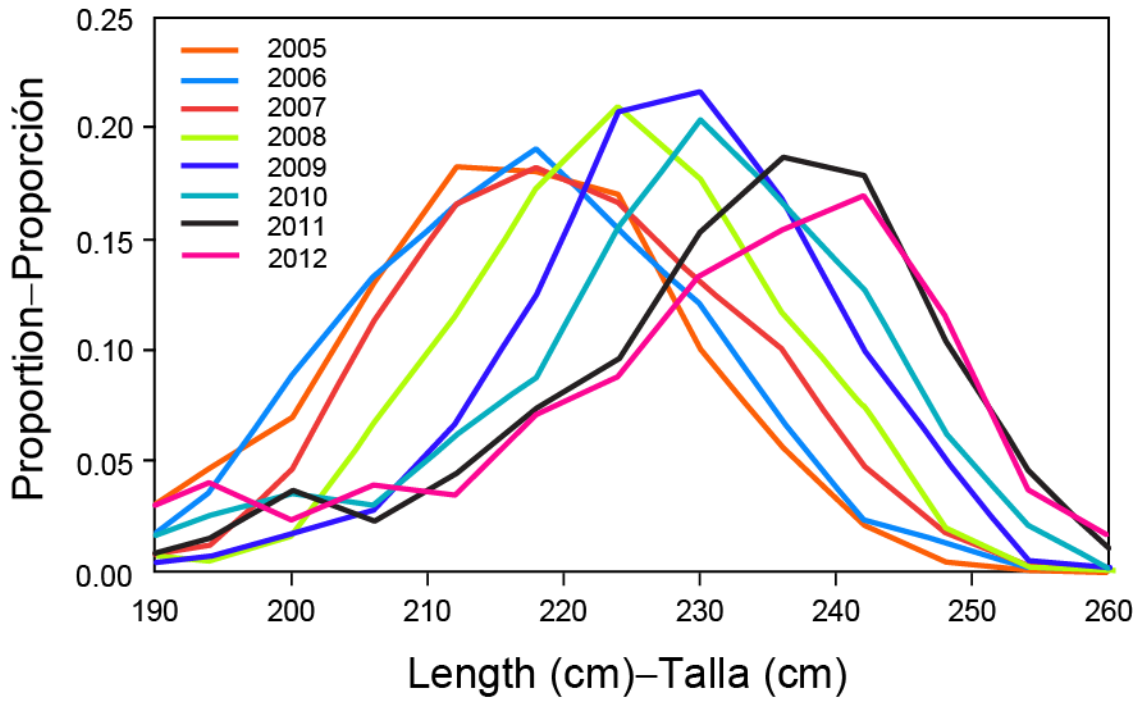


FIGURE 12. Chinese Taipei longline length-composition data, 2005-2012.

FIGURA 12. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino, 2005-2011.

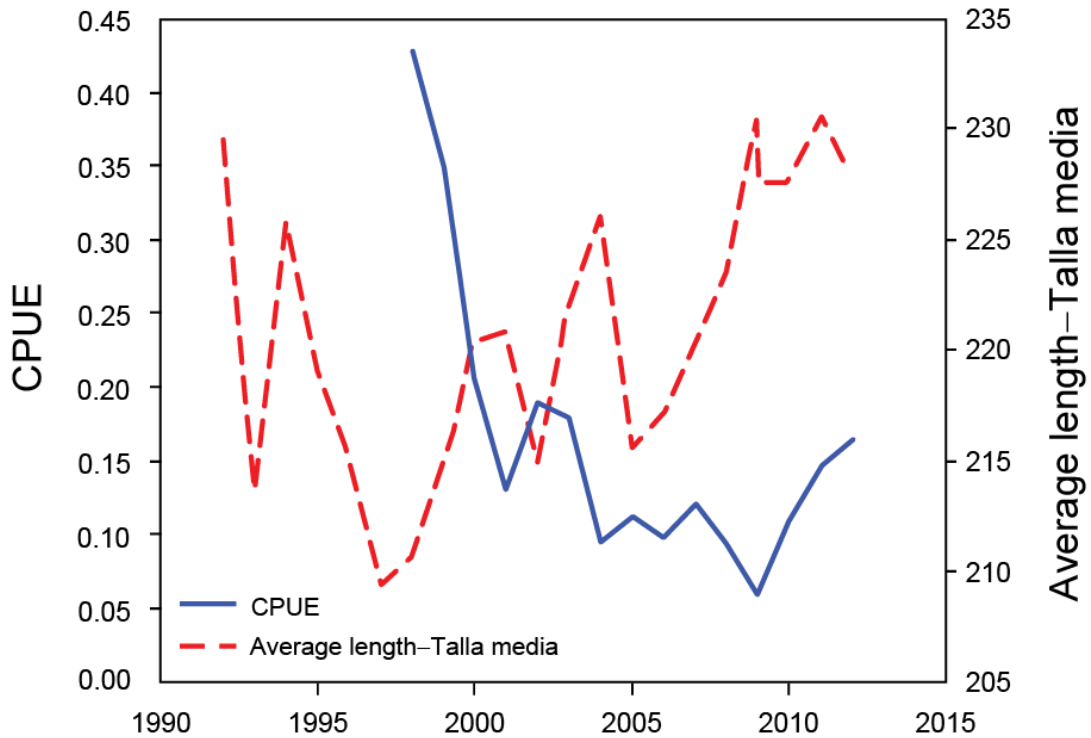


FIGURE 13. Comparison of mean length and CPUE from the Chinese Taipei longline fishery.

FIGURA 13. Comparación de talla media y CPUE de la pesquería palangrera de Taipei Chino.

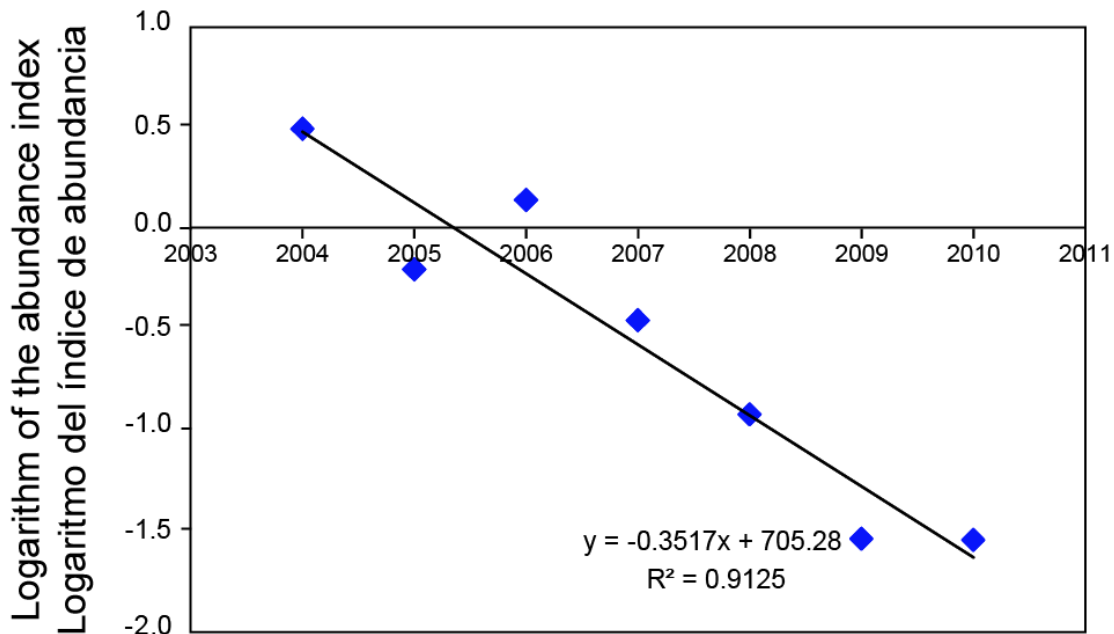


FIGURE 14. Catch curve analysis (log-linear regression) based on the Japanese longline CPUE index of relative abundance.

FIGURA 14. Análisis de curva de crecimiento (regresión logarítmica lineal) basado en el índice de abundancia relativa de la CPUE palangrera japonesa

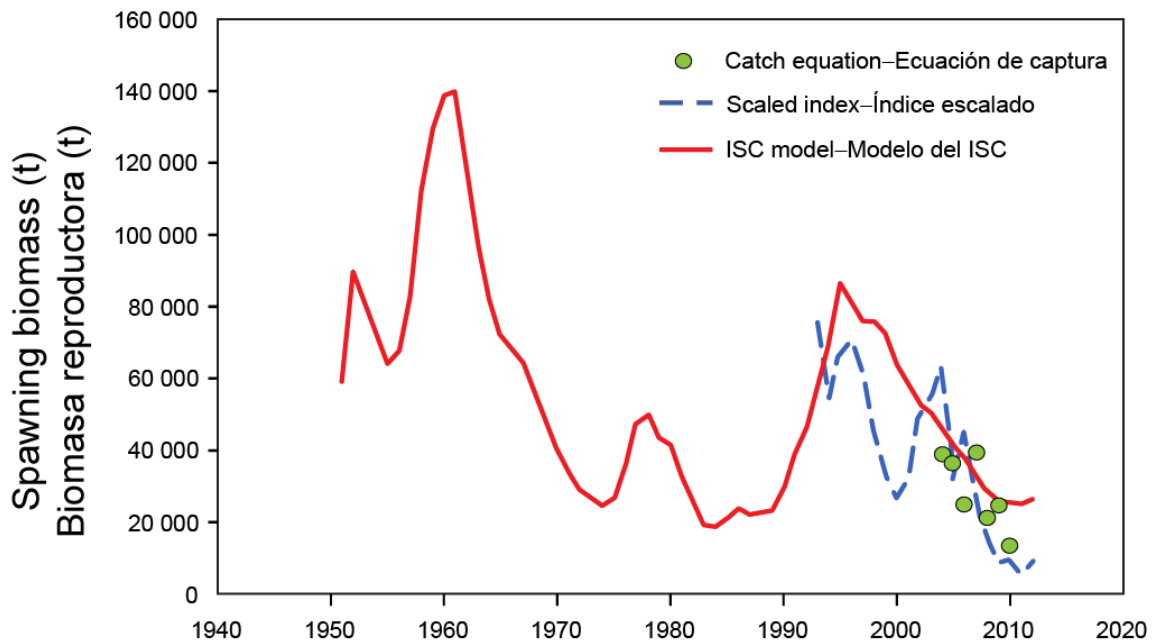


FIGURE 15. Comparison of the spawning biomass estimates from the catch equation with those of the scaled Japanese CPUE index and the estimates from the ISC stock assessment model.

FIGURA 15. Comparación de las estimaciones de biomasa reproductora de la ecuación de captura con aquellas de índice escalado de CPUE japonesa y las estimaciones del modelo de evaluación del ISC.

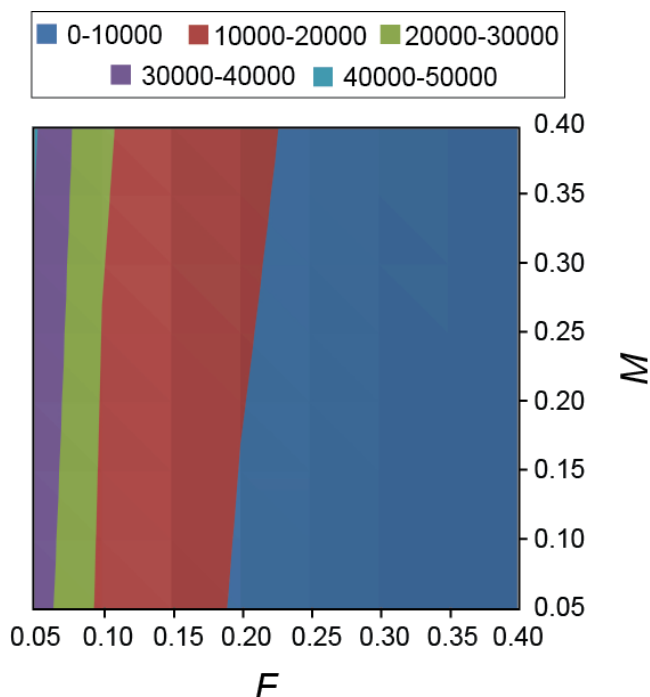


FIGURE 16. Contour plot of spawning biomass estimates, in metric tons, for different levels of longline fishing mortality (F) and natural mortality (M), based on average longline catch during 2008-2010.

FIGURA 16. Gráfica de contornos de estimaciones de biomasa reproductora, en toneladas, correspondientes a distintos niveles de mortalidad por pesca (F) palangrera y mortalidad natural (M), basadas en la captura palangrera media durante 2008-2010.

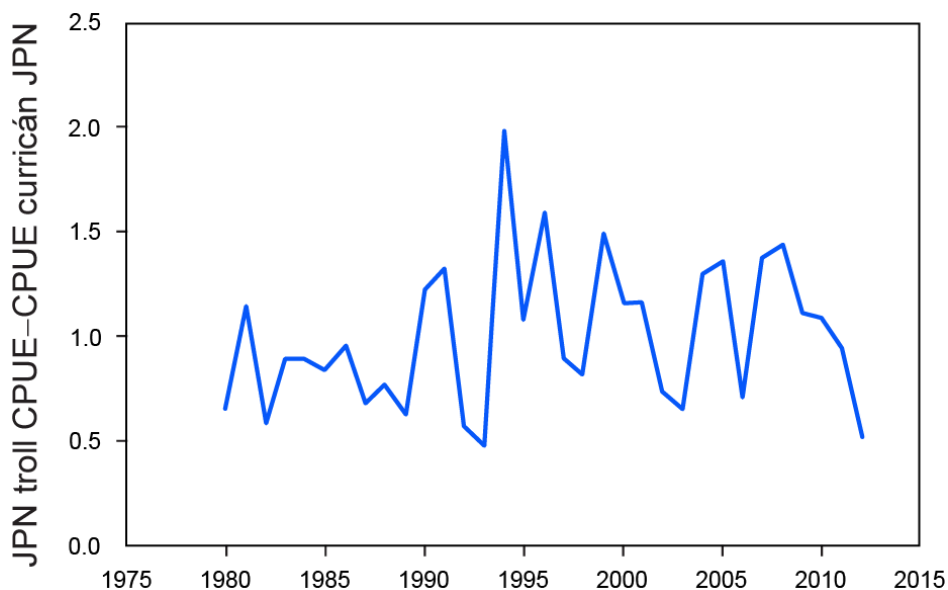


FIGURE 17. Index of relative recruitment of Pacific bluefin tuna based on the CPUE of the Japanese troll fishery.

FIGURA 17. Índice de reclutamiento relativo del atún aleta azul del Pacífico, basado en la CPUE de la pesquería japonesa con curricán.

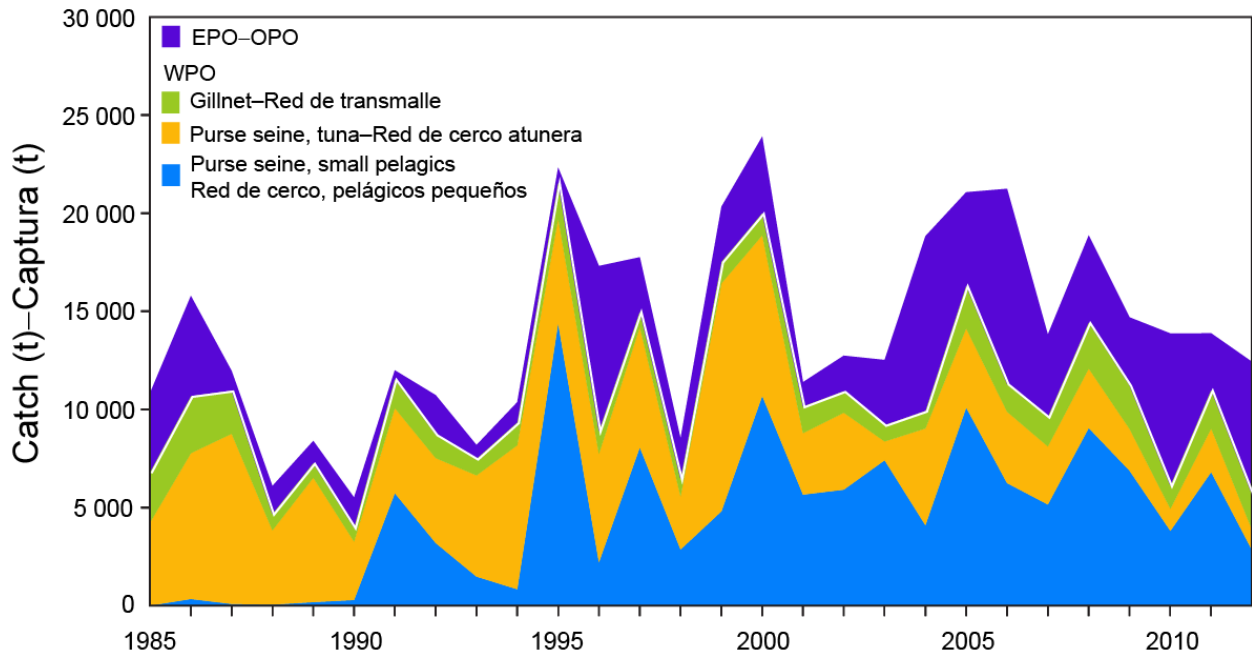


FIGURE 18. Catches by the main fisheries that catch juvenile Pacific bluefin tuna, 1985-2012.
FIGURA 18. Capturas de las las pesquerías principales que capturan atún aleta azul del Pacífico juvenil, 1985-2012.

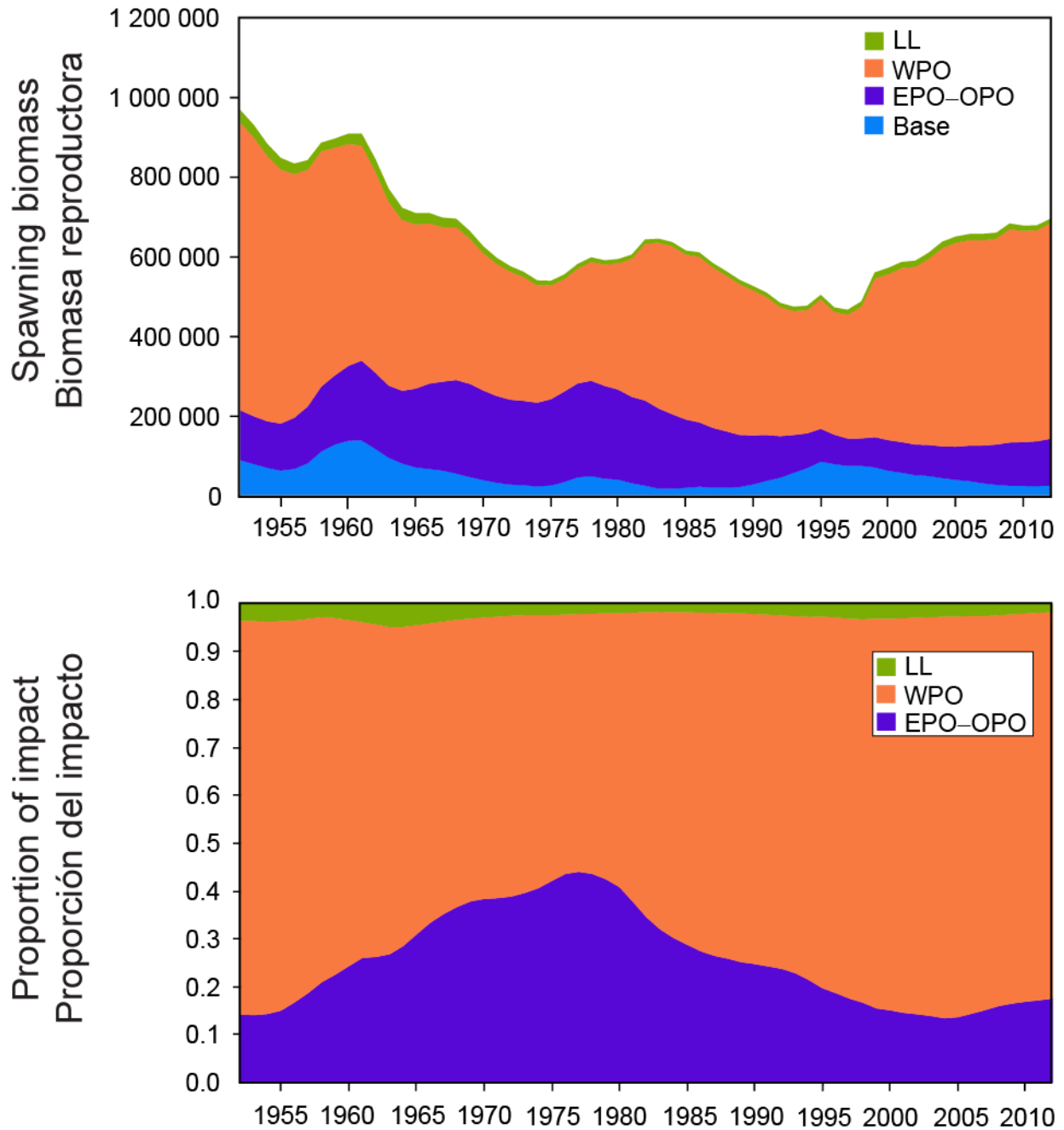


FIGURE 19. Impact of the longline (LL) fisheries, the WPO non-longline fisheries, and the EPO purse-seine and sport fisheries on the spawning biomass of Pacific bluefin tuna (upper panel), and their relative contribution to the fishery impact (lower panel), 1950-2013.

FIGURA 19. Impacto de las pesquerías palangreras (LL), las pesquerías no palangreras del Pacífico occidental (WPO), y las pesquerías de cerco y deportivas del OPO sobre la biomasa reproductora del atún aleta azul del Pacífico (panel superior), y su contribución relativa al impacto de la pesca (panel inferior), 1950-2013.

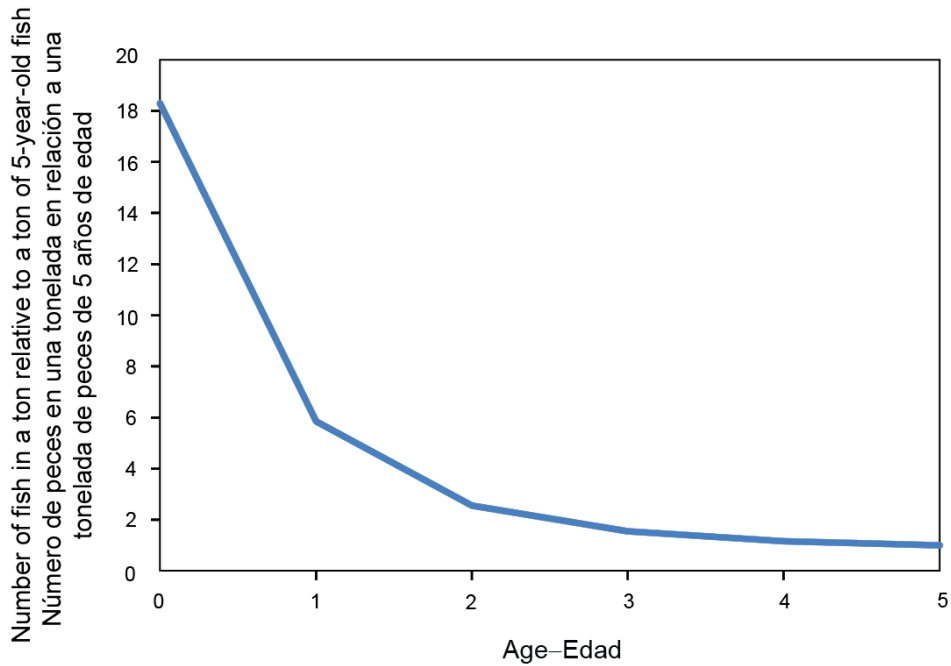


FIGURE 20. Relative impact on the spawning biomass of a catch of a ton of fish, by age.
FIGURA 20. Impacto relativo sobre la biomasa reproductora de la captura de una tonelada de pescado, por edad.

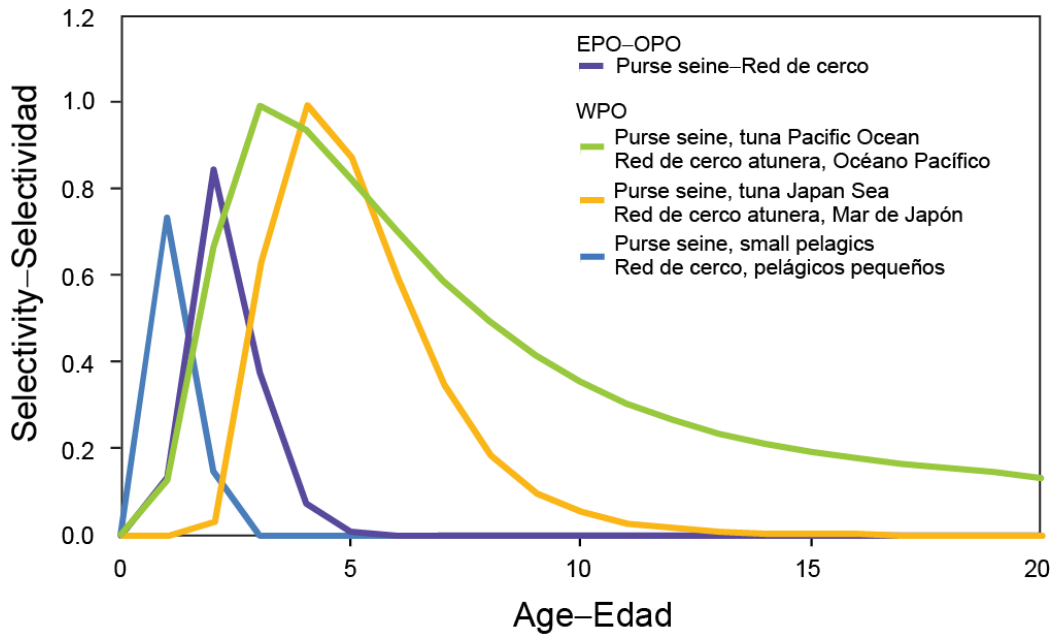


FIGURE 21. Estimated selectivity curves for the main fisheries that catch juvenile Pacific bluefin tuna.
FIGURA 21. Curvas de selectividad estimadas para las pesquerías principales que capturan atún aleta azul del Pacífico juvenil.