

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

SEXTA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

9-13 de mayo de 2016

DOCUMENTO SAC-07-05d

**EVALUACIÓN ACTUALIZADA Y ORDENACIÓN DEL ATÚN ALETA AZUL DEL
PACÍFICO**

Mark N. Maunder

1. RESUMEN

Una nueva evaluación ha sido desarrollada para el atún aleta azul del Pacífico por el grupo de trabajo del ISC sobre el atún aleta azul. La evaluación es una mejora sustancial comparada con las evaluaciones previas, pero las implicaciones para la ordenación son generalmente las mismas: la población se encuentra en niveles muy bajos, y la mortalidad por pesca es más alta que cualquier punto de referencia razonable. Se ha tomado ya acción sustancial de ordenación en ambos lados del Océano Pacífico para restablecer la población, y la evaluación indica que estas acciones son adecuadas. Sin embargo, existen todavía varios problemas con el ajuste del modelo a los datos y la incertidumbre acerca de la relación entre el reclutamiento y el tamaño de la población reproductora. En el presente documento investigamos la robustez de los resultados del modelo de evaluación con respecto a estos problemas y discutimos las implicaciones para la ordenación de los resultados de la evaluación. Nuestro análisis alternativo, que comienza en 1980, estima el crecimiento, e incluye selectividad con variabilidad temporal para la pesquería palangrera japonesa. Es más optimista que en la evaluación de caso base, pero apoya la conclusión general que la población se encuentra en niveles muy bajos y la mortalidad por pesca es más alta que cualquier punto de referencia razonable. Las preocupaciones principales acerca de la población son (1) los niveles extremadamente bajos de biomasa reproductora, (2) incertidumbre acerca de cómo el reclutamiento está relacionado con la biomasa reproductora, y (3) dos de los tres últimos reclutamientos están en los niveles más bajos observados desde 1980 según el índice de reclutamiento basado en la CPUE curricana, que se ha demostrado ser fiable. Por lo tanto, se recomienda que se tomen acciones adicionales para proteger la población reproductora.

2. INTRODUCCIÓN

Evaluaciones recientes de la población del atún aleta azul del Pacífico (*Thunnus orientalis*) indican claramente que se encuentra en niveles muy bajos y que la mortalidad por pesca es más alta que cualquier punto de referencia razonable (ISC 2012, 2014; Maunder *et al.* 2014). Se han tomado acciones severas de ordenación en ambos lados del Océano Pacífico para restablecer la población. Las evaluaciones previas han sido problemáticas y no se puede depender de ellas para predecir las tasas de restablecimiento con la ordenación actual. No obstante, todos los modelos alternativos que fueron investigados también indicaron que la población se encuentra altamente reducida. Por lo tanto, el grupo de trabajo del Comité Científico Internacional (ISC) produjo un modelo de evaluación mejorado (ISC 2016, resumen ejecutivo), que es mucho mejor que los modelos previos, pero presenta todavía a algunos problemas que podrían afectar las predicciones de restablecimiento. En el presente estudio investigamos la robustez del modelo de evaluación a estos problemas. También discutimos las implicaciones para la ordenación de la evaluación actual.

3. EVALUACIÓN

Se realizó la evaluación del atún aleta azul del Pacífico con el software *Stock Synthesis* (Methot y Wetzel 2013), que implementa el enfoque integrado al modelado (Maunder y Punt 2013) y se ajusta a índices de abundancia relativa basados en datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) y composición por talla de varias pesquerías. Las evaluaciones previas produjeron ajustes pobres a muchos de estos conjuntos de datos, pero una amplia gama de supuestos en el modelo produjo resultados similares, lo cual indica que la población se encuentra en niveles muy bajos y que la mortalidad por pesca es más alta que cualquier punto de referencia razonable (ISC 2012, 2014; Maunder *et al.* 2014). La nueva evaluación (ISC 2016, resumen ejecutivo) mejoró los ajustes a muchos de los conjuntos de datos, pero los ajustes a algunos de los conjuntos de datos clave siguieron problemáticos. En particular, el modelo de evaluación de caso base no puede ajustarse al aumento de la CPUE de la pesquería palangrera japonesa que comenzó en 2002 (Figura 1) ni a los datos de composición por talla recientes (Figura 2) de esta pesquería.

En primer lugar investigamos la evaluación de la población mediante una inspección de los datos de composición por talla. Este análisis actualiza el de Maunder *et al.* (2014). La interpretación de los datos de frecuencia de tallas es problemática debido a variación temporal del crecimiento y la selectividad, y a que las composiciones por talla de cohortes consecutivas se fusionan a medida que envejecen los peces. Por lo tanto, las observaciones siguientes son solamente una indicación de lo que podría estar ocurriendo en la pesquería. A pesar de estas limitaciones, las observaciones podrían brindar indicaciones de cómo se debería modelar la población para fines de evaluación. En las Figuras 3 y 4 se ilustran los datos de composición por talla de las pesquerías palangreras de Japón y Taipei Chino, respectivamente. La flota japonesa generalmente captura peces más pequeños que la flota de Taipei Chino, y en los datos japoneses se pueden observar modas múltiples, que presuntamente representan cohortes de peces de la misma edad. Los datos de Taipei Chino consisten generalmente en una sola moda, excepto en los últimos pocos años, cuando se puede ver una segunda moda entrando a la pesquería. Se puede observar una cohorte fuerte entrar en la pesquería japonesa, comenzando en 2000 y creciendo por la pesquería, pero a partir de 2002 el pico de la moda que representa esta cohorte no crece más, lo cual indica que la cohorte o dejó de crecer, o ya no fue seleccionada por la pesquería, o es suplantada por cohortes más jóvenes. Desde 2002 hasta 2005, la desviación estándar de la distribución normal que representa la cohorte aumenta de 8.8 cm a 15.0 cm, lo cual indica que la distribución normal podría estar representando un número creciente de cohortes. Se puede observar una cohorte pasar por los datos de palangre de Taipei Chino comenzando en 2002, con tamaños ligeramente mayores de aquellos observados en los datos palangreros japoneses del mismo año. No obstante, el promedio de la distribución normal que representa esta cohorte no aumenta después de 2004. Una segunda cohorte fuerte parece entrar en la pesquería palangrera japonesa comenzando en 2002, con una moda en aproximadamente 176 cm, y podría estar acompañada por otra cohorte en 2003, reclutada en aproximadamente el mismo tamaño de 176 cm. Estas cohortes parecen seguir creciendo por la pesquería hasta el último año de datos en 2012, con una moda en aproximadamente 235 cm. Se puede observar una cohorte fuerte pasar por la pesquería de Taipei Chino, comenzando en 2006 con un tamaño ligeramente mayor (217 cm) que aquel observado en la pesquería japonesa (207 cm) el mismo año. Sin embargo, la moda en 2012 es aproximadamente la misma para ambas pesquerías. Se pueden observar otras cohortes entrar en la pesquería japonesa en los últimos años, incluyendo 2007 y 2010. Se puede observar una cohorte fuerte en la pesquería de Taipei Chino en 2014, pero no queda claro si es la misma cohorte que se observan entrando a la pesquería japonesa en 2010.

Las cohortes grandes entran a la pesquería palangrera japonesa alrededor de los 176 cm, o unos seis años de edad, por lo que las cohortes fuertes de 2000, 2002, y 2003 originaron en 1994, 1996, y 1997, respectivamente. El índice del reclutamiento señala reclutamientos fuertes en 1994 y 1996, pero no en 1997 (Figura 5). Interesantemente, se estima que la cohorte de 1996 observada con mayor fuerza en los datos de composición de palangre no era tan fuerte como indica el índice.

El modelo de evaluación de poblaciones no se ajusta a una serie consecutiva de años con CPUE japonesa creciente (Figura 1). Este aumento comienza en 2002, más o menos al mismo tiempo que la segunda cohorte fuerte entra a la pesquería japonesa, y la moda de la primera cohorte fuerte no parece aumentar. La CPUE japonesa disminuyó bruscamente en 2006, y la CPUE disminuye generalmente a partir de entonces. La disminución ocurre cuando la cohorte grande alcanza el tamaño de 206 cm, el rango superior de los tamaños observados en los datos desde 1993¹ hasta 2006. Esto podría indicar un cambio completo en la forma en que opera la pesquería. Parece que la flota japonesa dirige su esfuerzo a cohortes fuertes, y cambia de una cohorte fuerte a otra, presuntamente debido a consideraciones económicas (por ejemplo, tasas de captura y distancia a puerto). La composición por talla sugiere que la flota japonesa inicialmente apuntó a la cohorte fuerte que entró a la pesquería en 2000, pero luego cambió a la próxima cohorte fuerte (o las dos) que entró/entraron a la pesquería en 2002 (y 2003), pero ya que no hubo cohortes fuertes subsiguientes, siguió apuntando a esa cohorte hasta 2011. Apuntar a cohortes implica que la selectividad del modelo de evaluación (una combinación de selectividad de arte y disponibilidad) cambia a lo largo del tiempo, y por lo tanto estas observaciones sugieren que el modelo debería incluir variación temporal en la selectividad de la pesquería palangrera japonesa. Esto es problemático, porque la selectividad está asociada al índice principal de abundancia, y añadir variación temporal en la selectividad reduce el contenido informativo del índice. El grupo de trabajo del ISC realizó una evaluación con selectividad temporalmente variable para la pesquería japonesa palangrera, pero no la eligió como su modelo de evaluación de caso base, sino que eligió presentarla como análisis de sensibilidad. Este análisis resultó en mejores ajustes al índice de abundancia basado en la CPUE palangrera japonesa.

Hay varios otros problemas en la evaluación de caso base. En primer lugar, ocurrieron varios cambios alrededor de 1980: la proporción de la captura de aleta azul que fue tomada en el OPO disminuyó, comenzó el índice del reclutamiento basado en la CPUE de la pesquería curricanera, el índice de abundancia basado en la CPUE palangrera japonesa usada en la evaluación fue dividido en 1975, y hay pocos datos fiables de composición de talla disponibles de los años 1970 y 1980. Por lo tanto, un modelo que comenzase en 1980 podría ser más fiable. En segundo lugar, el modelo todavía tiene dificultades para ajustar los datos de composición de talla de palangre japoneses, aún con selectividad temporalmente variable, y esto podría ser debido a un crecimiento mal especificado en el modelo. Por lo tanto, estimar los parámetros de crecimiento y la variación de los parámetros de talla por edad podría mejorar el ajuste del modelo. Ejecutamos un modelo (el modelo « alternativo ») que incluye estos cambios y también modela la variación temporal en la selectividad de la pesquería palangrera japonesa y la compara con los resultados del modelo de caso base para evaluar la robustez del asesoramiento de ordenación. El modelo alternativo puede ajustar el incremento de la CPUE palangrera japonesa que comienza en 2002 (Figura 6) y generalmente se ajusta mejor a los datos de composición por talla palangreros japoneses (Figura 7). La tendencia general de la biomasa reproductora es aproximadamente igual que en el caso base, excepto una mayor disminución inicial que comienza en 1980, pero el nivel de disminución es menor, aunque se estima que la población está todavía altamente reducida (Figura 8). Las estimaciones del reclutamiento son muy similares, con la evaluación alternativa estimando un reclutamiento ligeramente mayor en algunos años (Figura 5). La estructura por edad en 2014 es algo diferente del caso base, con una mayor abundancia de todos de peces de seis años o más de edad (Figura 9). La estructura por edad final es importante, porque esas edades contribuirán a biomásas reproductoras futuras.

4. ORDENACIÓN

La CIAT no cuenta con puntos de referencia para la ordenación del atún aleta azul del Pacífico, pero el Comité del Norte de la Comisión de Pesca del Pacífico Central y Occidental (WCPFC) sí tiene un objetivo de restablecimiento (interpretado por el grupo de trabajo sobre el aleta azul del ISC como una

¹ Los datos de composición por talla de 1969-1992 de la flota palangrera japonesa no fueron usados en el modelo

probabilidad de 60% de alcanzar la biomasa reproductora mediana durante el período abarcado por el modelo de evaluación (SSB_{MED}), estimada por la evaluación actual, antes de 2024). La nueva evaluación de caso base proyecta que la población se restablecerá al nivel objetivo del Comité del Norte dentro del nivel de probabilidad establecido, aún con reclutamientos bajos. Sin embargo, las estimaciones de la biomasa en los años tempranos usadas para calcular el objetivo de restablecimiento son inciertas y podrían estar sesgadas. La evaluación alternativa tiene mayor abundancia para 2014 y mayor reclutamiento y, si se realizan proyecciones, se espera que sean más optimistas en términos de biomasa absoluta futura. La evaluación alternativa comienza en 1980, por lo que el punto de referencia de SSB_{MED} se refiere a una serie distinta de años, ya que la biomasa antes de 1980 fue mayor, se espera que la SSB_{MED} del modelo alternativo sea más baja que el caso base, resultando en una alta probabilidad de restablecimiento a SSB_{MED} .

El escenario de proyección de reclutamiento bajo es el más pesimista, más aún que hasta el escenario de población-reclutamiento. Sin embargo, existe poca información acerca de la relación población-reclutamiento; de hecho, existen pocas pruebas que exista tal relación para ningún desovador pelágico altamente fecundo. Aún si existe esa relación, es probablemente más compleja de lo que representan los modelos de Beverton-Holt y Ricker comúnmente usados. La distribución espacial y temporal de los desovadores es probablemente más importante que la abundancia absoluta de los desovadores, tal como argumentan Maunder y Deriso (2013). Por lo tanto, es incierto en cuál nivel de población reproductora podría comenzar a reducirse el reclutamiento del aleta azul del Pacífico norte, y podría variar de acuerdo a las condiciones ambientales.

El índice de reclutamiento basado en la CPUE curricanaera usado en el modelo parece representar bien la fuerza del reclutamiento. Aun cuando no es incluido en el procedimiento de ajuste (o sea, no incluido en la función de verosimilitud total usada para estimar los parámetros del modelo), las estimaciones del reclutamiento lo siguen generalmente (Figura 10). Esto indica que el índice es consistente con la información en los datos usados en el modelo de evaluación. Dos de los tres valores más recientes del índice de reclutamiento representan los niveles más bajos observados desde el comienzo del índice en 1980. Existen algunas diferencias en los años más recientes para los cuales el modelo de evaluación podría ser menos exacto porque se basa en menos años (edades) de datos. El modelo estima que los reclutamientos en 2014 y 2012 fueron el más bajo y el quinto más bajo, respectivamente, desde 1980. Estos reclutamientos bajos son motivo de preocupación, y sugieren que la biomasa reproductora y la distribución espacial y temporal de desove deberían ser objeto de protección adicional.

La ordenación se ha enfocado en reducir las capturas por las pesquerías de juveniles porque se estima que ejercen el mayor impacto sobre la población. Sin embargo, incluir una relación población-reclutamiento en el modelo incrementa el impacto de las pesquerías sobre los reproductores (Maunder y Aires-da-Silva 2014). Esto es otra prueba de que es importante proteger la población reproductora. No obstante, las proyecciones que usan una relación población-reclutamiento con una inclinación de 0.9 no fueron necesariamente más pesimistas que el escenario de reclutamiento bajo.

5. CONCLUSIÓN

El resultado que la población del aleta azul del Pacífico norte se encuentra en niveles muy bajos, y que la mortalidad por pesca es mayor que cualquier punto de referencia razonable, es robusto a los supuestos del modelo, y apoya resultados previos (ISC 2012, 2014; Maunder *et al.* 2014). Se proyecta que la población se restablecerá bajo las acciones actuales de ordenación (ISC 2016, Resumen ejecutivo). Sin embargo, debido a incertidumbre acerca de la relación entre el reclutamiento y el tamaño de la población reproductora, y de cuándo el reclutamiento podría ser afectado por el nivel bajo de abundancia de reproductores, existe preocupación acerca de la abundancia de los reproductores.

La interpretación de los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa aquí presentada es algo diferente de aquella descrita en Maunder *et al.* (2014), que identificaron una sola cohorte que ingresó a la pesquería en 2000 y pasó por la pesquería. Aquí, identificamos no sólo esa cohorte sino también una (o dos) cohorte(s) que ingresó a la pesquería en 2002 (y 2003) y que formó la mayor parte de la captura palangrera japonesa en años subsiguientes. Sin embargo, sigue en pie la interpretación que la biomasa reproductora es apoyada por una o unas pocas cohortes, y proteger los reproductores debería ser prioritario.

Será necesario trabajo adicional para mejorar la evaluación de la población. Una prioridad es evaluar la selección de cohortes específicas como blanco del esfuerzo palangrero. Esto podría implicar analizar los datos en escala espacial más fina; por ejemplo, una separación espacial de los datos de palangre de Taipei Chino los hizo compatibles con los otros datos. La variación temporal del crecimiento podría ser otra área importante para investigaciones futuras, particularmente en vista de que cohortes observadas en los datos de composición por talla de las pesquerías palangreras de Taipei Chino parecen alcanzar tallas máximas diferentes, aunque esto podría ser causado por la selección de cohortes específicas como blanco de la pesca.

6. RECONOCIMIENTOS

Agradecemos al grupo de trabajo sobre el aleta azul del ISC, que reunió todos los datos para el modelo de evaluación de la población y comentó sobre los análisis contenidos en el presente informe. Shuya Nakatsuka hizo comentarios que mejoraron el informe.

REFERENCIAS

- ISC (International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean) 2012. Stock assessment of Pacific bluefin tuna in 2012. Pacific Bluefin Tuna Working Group. http://isc.fra.go.jp/pdf/Stock_assessment/PBF_stock_assessment_report_2012.pdf
- ISC (International Scientific Committee for Tuna and Tuna-Like Species in the North Pacific Ocean) 2014. Stock assessment of bluefin tuna in the Pacific Ocean in 2014. Report of the Pacific Bluefin Tuna Working Group http://isc.fra.go.jp/pdf/2014_Intercessional/Annex4_Pacific%20Bluefin%20Assmt%20Report%202014-%20June1-Final-Posting.pdf
- Maunder, M.N. and Aires-da-Silva, A. 2014. Developing conservation measures for bluefin tuna in the eastern and western regions of the Pacific Ocean: factors to consider and fishery impact analysis. IATTC Stock Assessment Report 15: 74-99.
- Maunder, M.N. and Deriso, R.B (2013) A stock–recruitment model for highly fecund species based on temporal and spatial extent of spawning. Fisheries Research, 146: 96–101.
- 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 Stock Assessment Report 15: 47-73.
- Maunder, M.N. and Punt A.E. (2013) A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. Fisheries Research 142: 61– 74.
- 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.

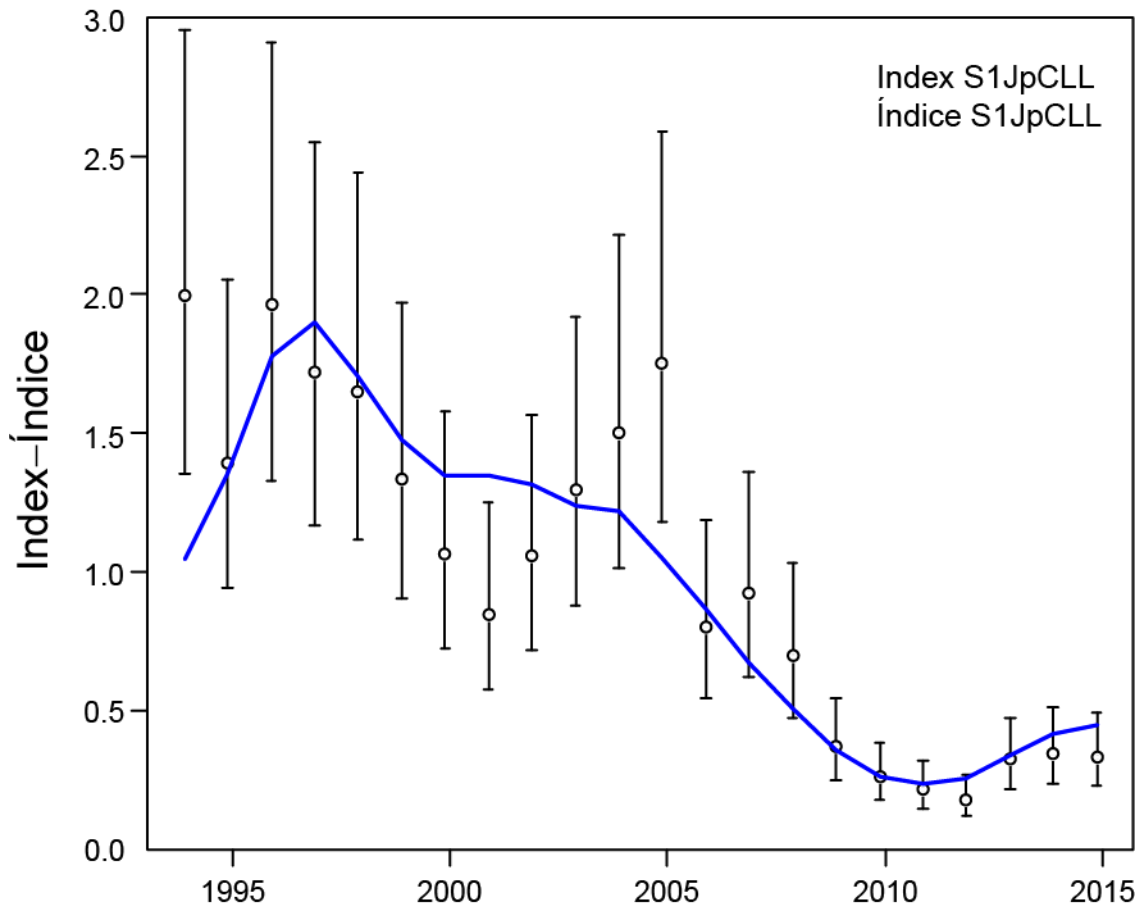


FIGURE 1. Fit of the base-case model to the index of abundance based on Japanese longline CPUE, 1994-2015.

FIGURA 1. Ajuste del modelo de caso base al índice de abundancia basado en la CPUE palangrera japonesa, 1994-2015.

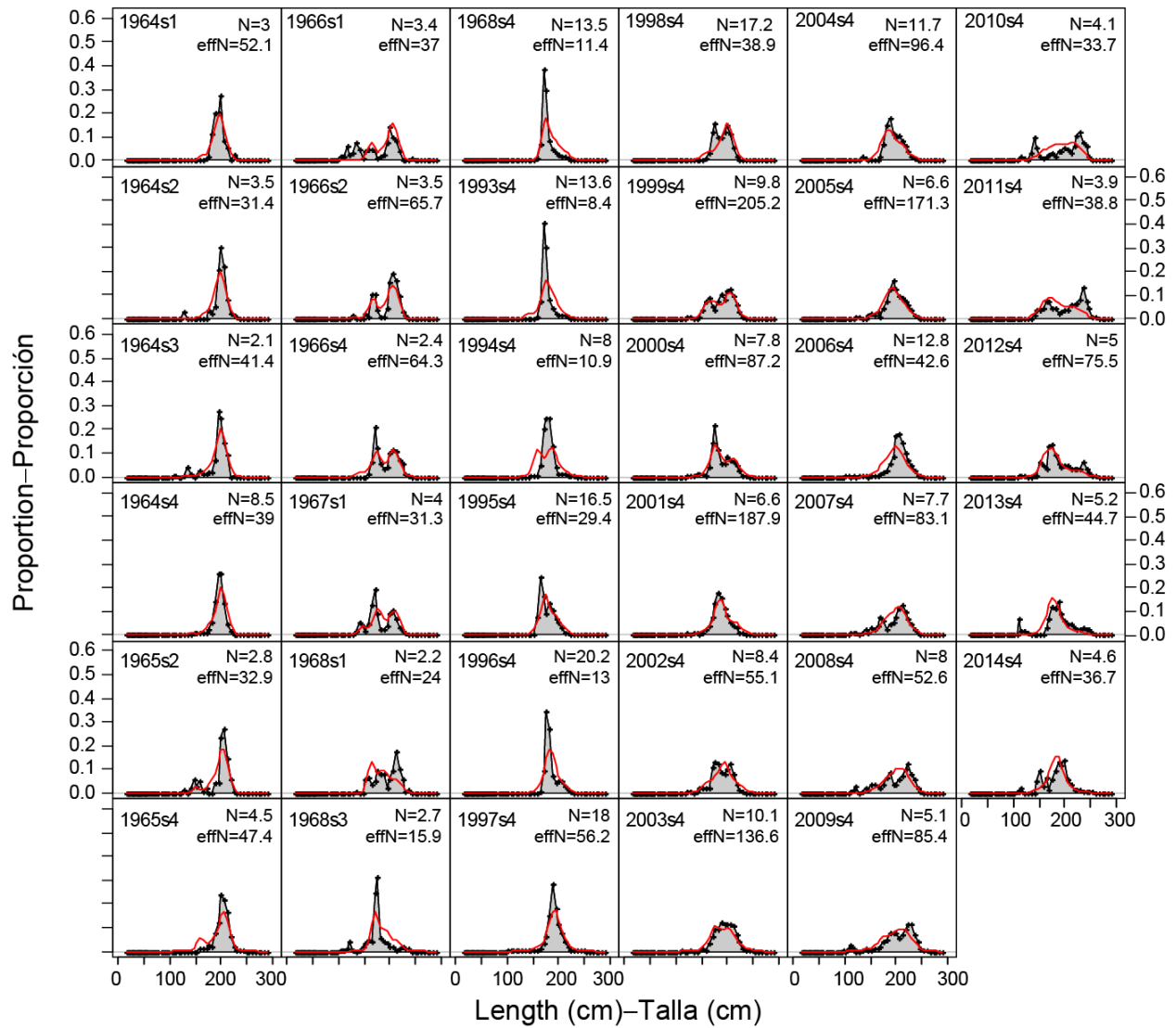


FIGURE 2. Fit of the base-case model to the Japanese longline length-composition data for selected years. s = quarter.

FIGURA 2. Ajuste del modelo de caso base a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa, en años seleccionadas. s = trimestre.

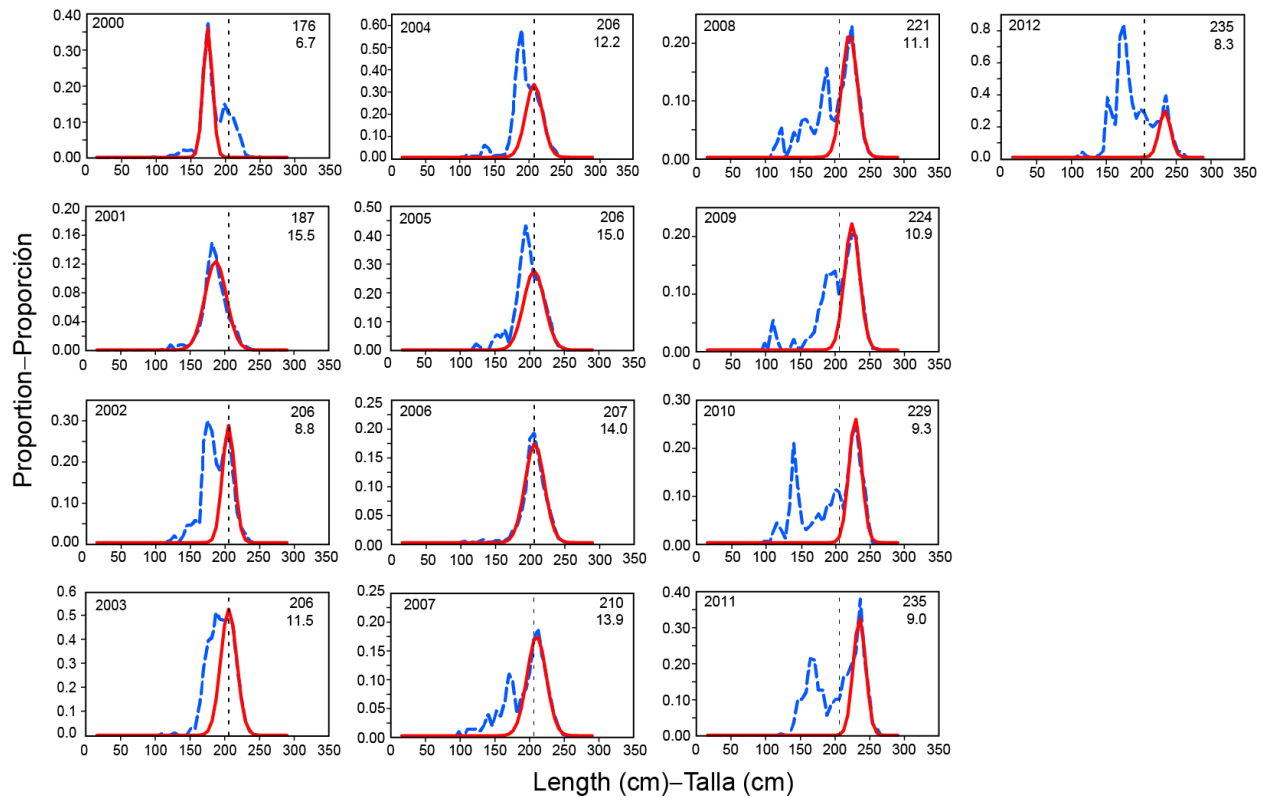


FIGURE 3. Japanese longline length-composition data for 2000-2012. The dashed line represents the observed length compositions; the solid line is a normal distribution fitted to a component of the data; and the numbers in the top right corner are the mean and standard deviation of the normal distribution. The vertical dashed line is at 206 cm.

FIGURA 3. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa, 2000-2012. La línea de trazos representa las composiciones por talla observadas; la línea sólida es una distribución normal ajustada a un componente de los datos; y los números en la esquina superior derecha son el promedio y la desviación estándar de la distribución normal. La línea de trazos vertical se encuentra en 206 cm.

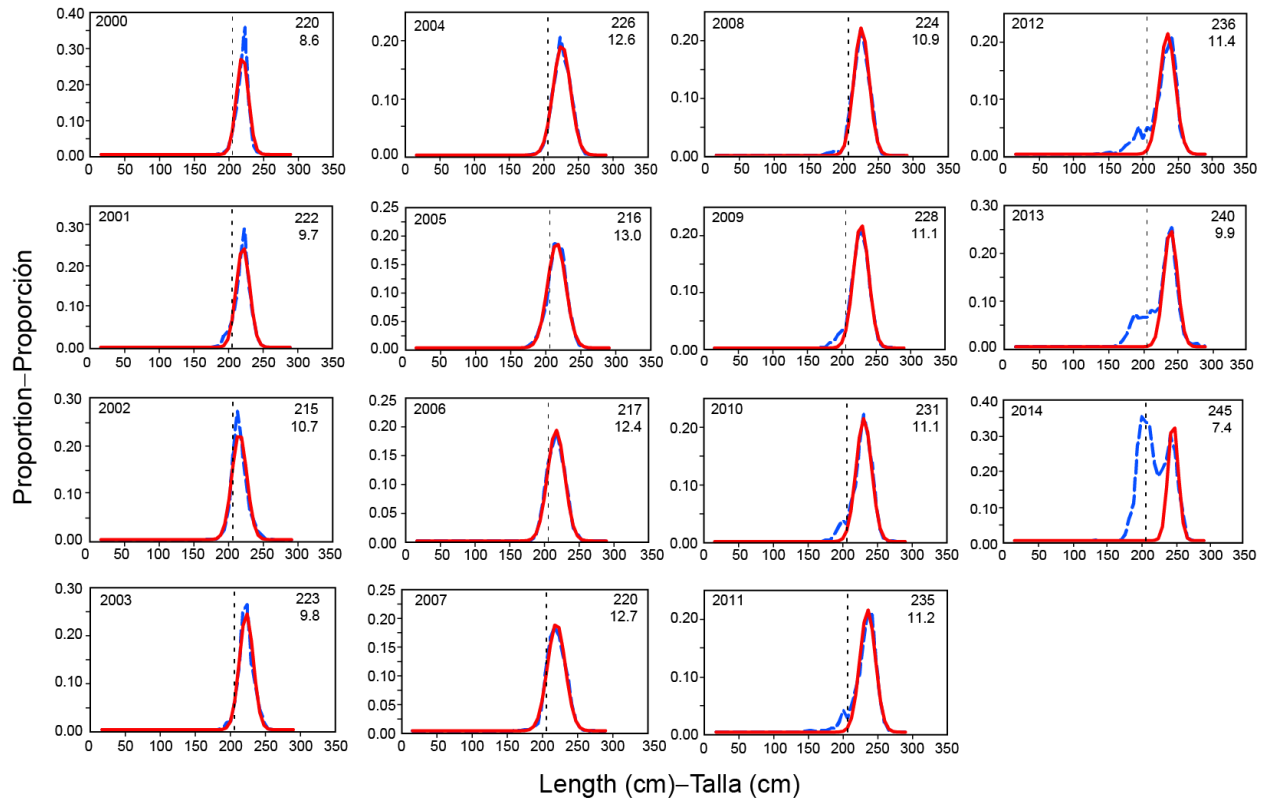


FIGURE 4. Chinese Taipei longline length composition data for 2000-2012. The dashed line represents the observed length compositions; the solid line is a normal distribution fitted to a component of the data; and the numbers in the top right corner are the mean and standard deviation of the normal distribution. The vertical dashed line is at 206 cm.

FIGURA 4. Datos de composición por talla de la pesquería palangrera de Taipei Chino, 2000-2012. La línea de trazos representa las composiciones por talla observadas; la línea sólida es una distribución normal ajustada a un componente de los datos; y los números en la esquina superior derecha son el promedio y la desviación estándar de la distribución normal. La línea de trazos vertical se encuentra en 206 cm.

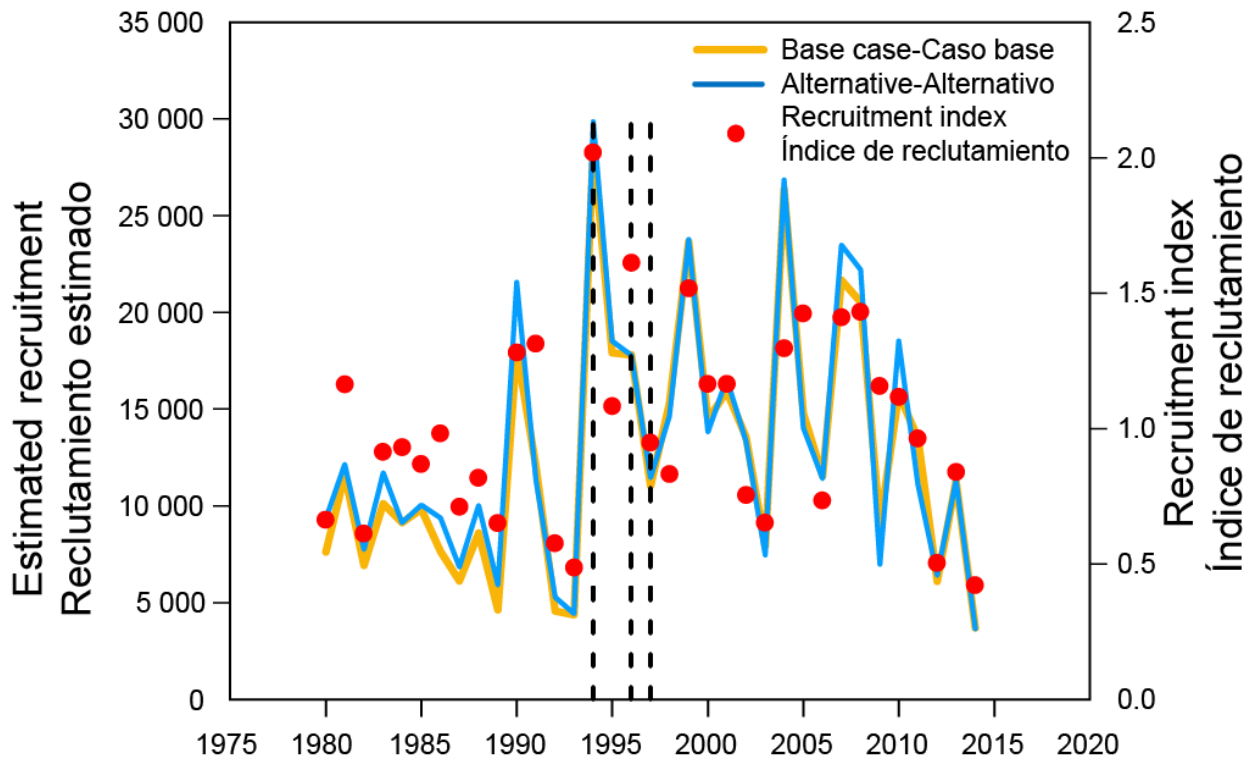


FIGURE 5. Comparison of the recruitment estimated by the alternative assessment model and the base case assessment model. The troll-CPUE-based recruitment index is provided for reference. The vertical dashed lines indicate 1994, 1996, and 1997, years of good recruitment to the longline fisheries.

FIGURA 5. Comparación del reclutamiento estimado por el modelo de evaluación alternativo y la evaluación de caso base. Se incluye para referencia el índice de reclutamiento basado en la CPUE curricanera. Las líneas de trazos verticales señalan 1994, 1996, y 1997, años de buen reclutamiento a las pesquerías palangreras.

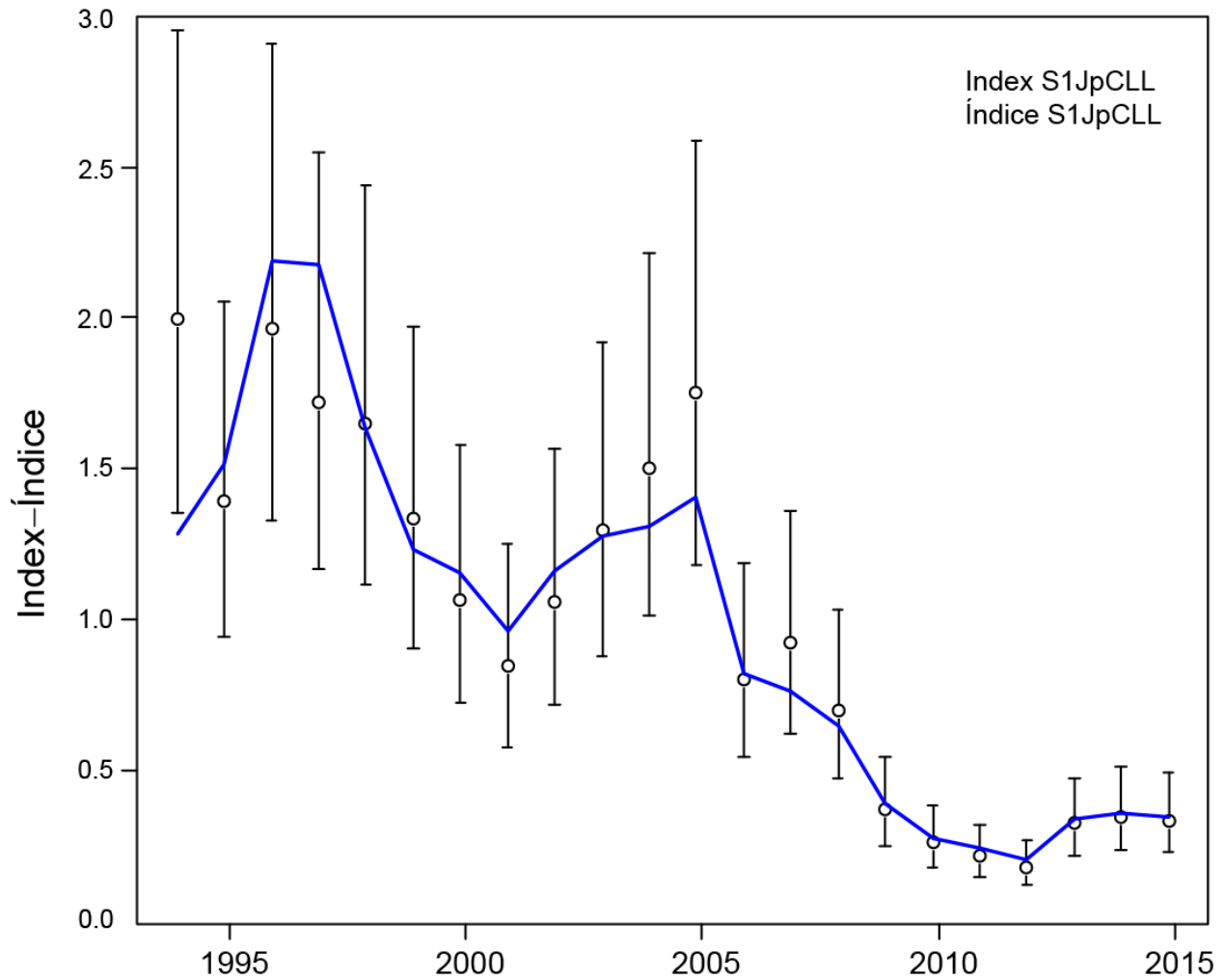


FIGURE 6. Fit of the alternative model to the Japanese longline CPUE based index of abundance, 1993-2015.

FIGURA 6. Ajuste del modelo alternativo al índice de abundancia basado en la CPUE palangrera japonesa, 1993-2015.

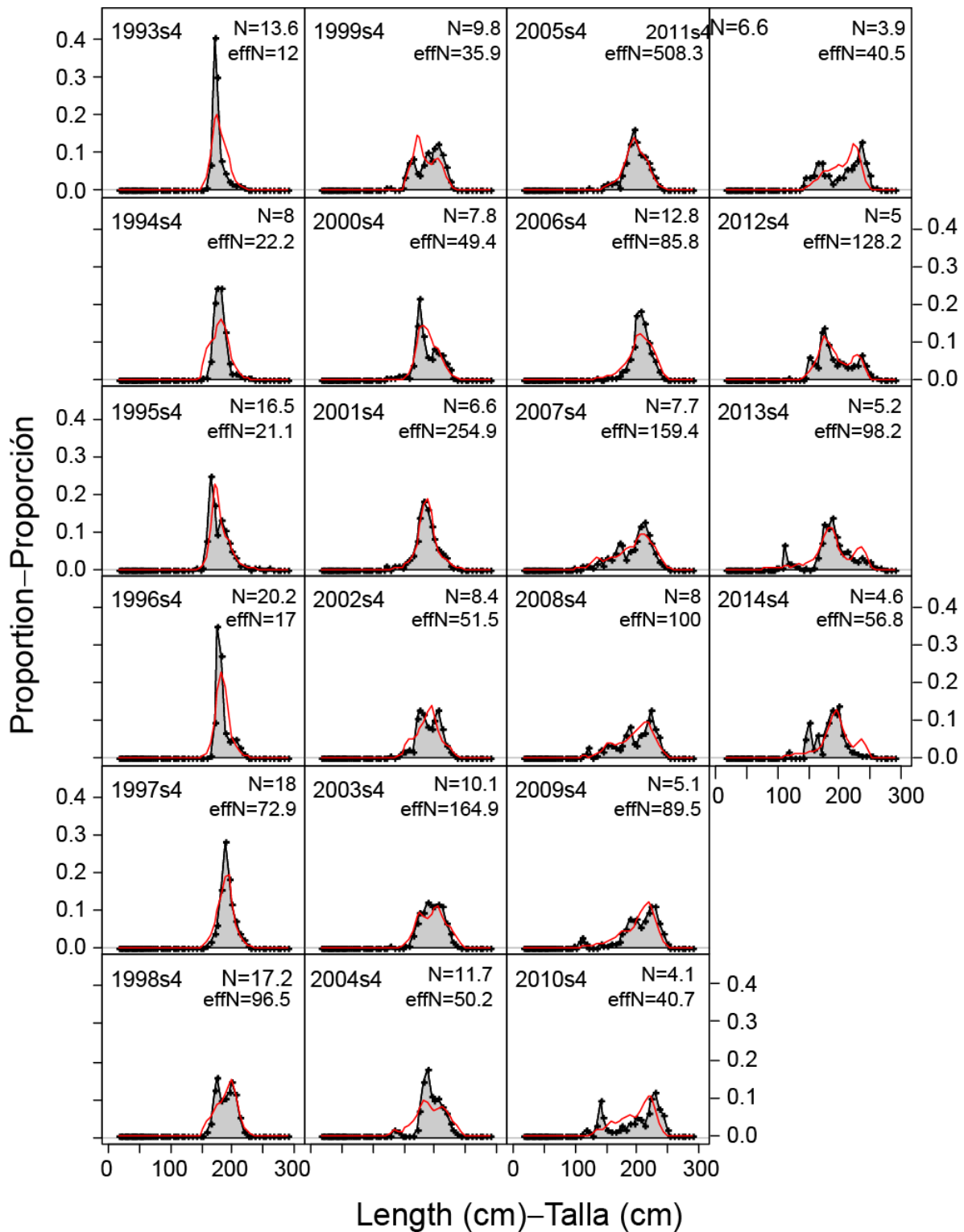


FIGURE 7. Fit of the alternative model to the Japanese longline length composition data, 1993-2014.

FIGURA 7. Ajuste del modelo alternativo de los datos de composición por talla de la pesquería palangrera japonesa, 1993-2014.

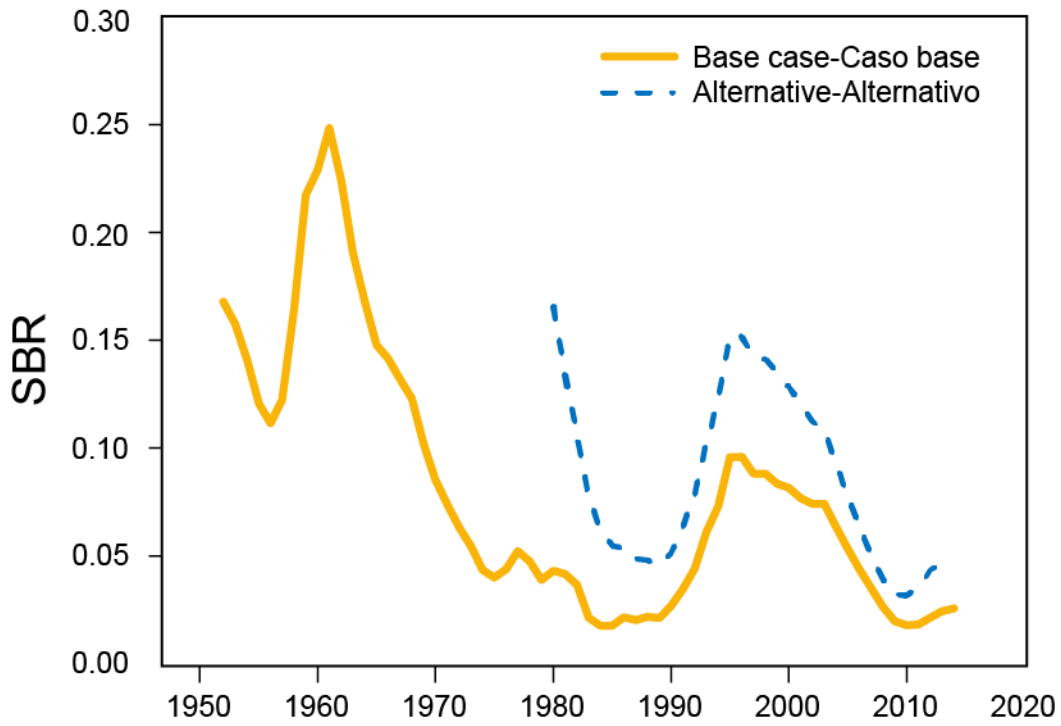


FIGURE 8. Comparison of the spawning biomass ratio (SBR) estimated by the alternative model and the base case model.

FIGURA 8. Comparación del cociente de biomasa reproductora (SBR) estimado por el modelo alternativo y el modelo de caso base.

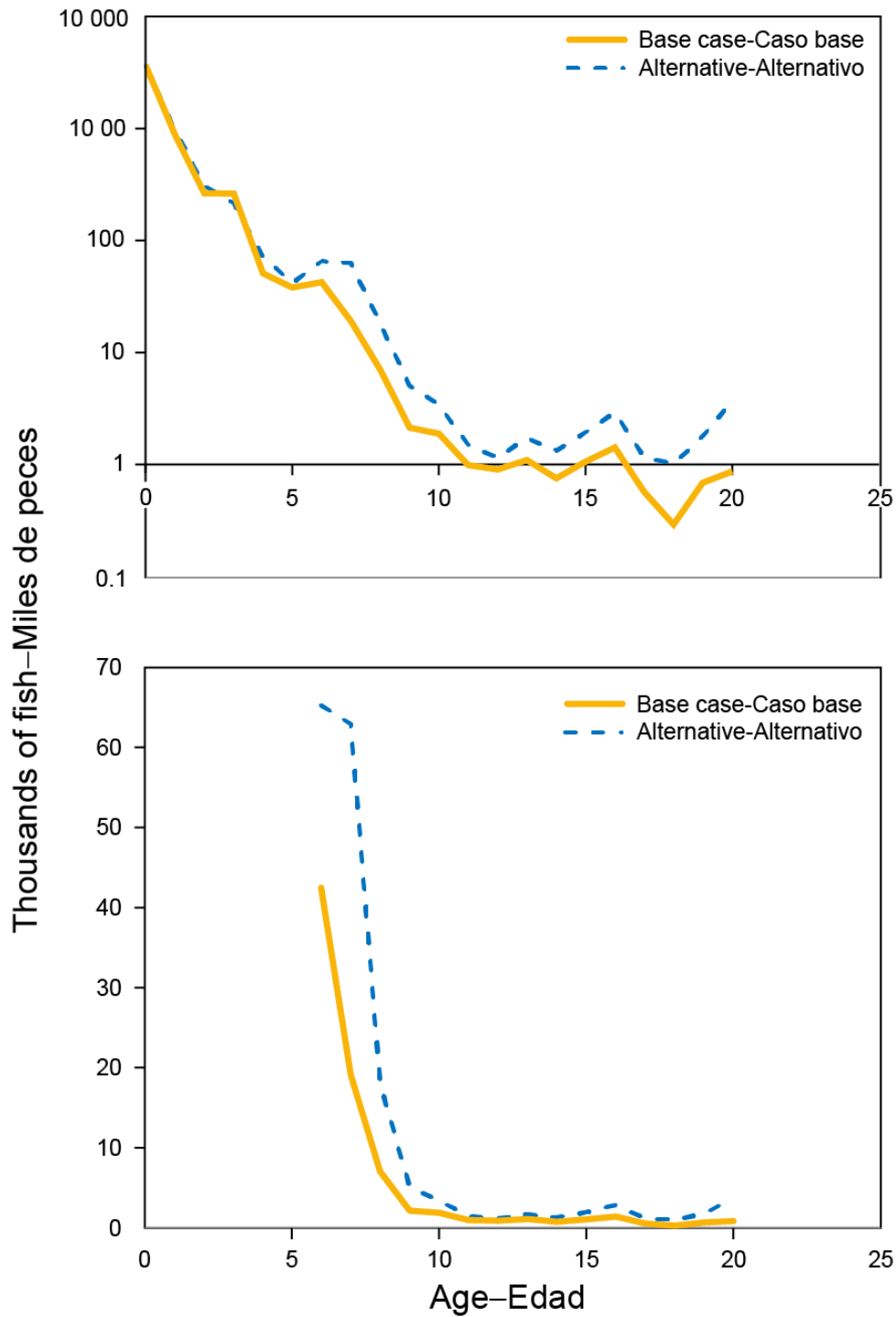


FIGURE 9. Comparison of the 2014 age structure estimated by the alternative model and the base case model. The upper panel uses a logarithmic scale, and the lower panel ignores fish less than 6 years old, to allow easier comparisons.

FIGURE 9. Comparación de la estructura por edad de 2014 estimada por el modelo alternativo y el modelo de caso base. El panel superior usa una escala logarítmica, y el panel inferior omite peces de menos de 6 años de edad, para facilitar la comparación.

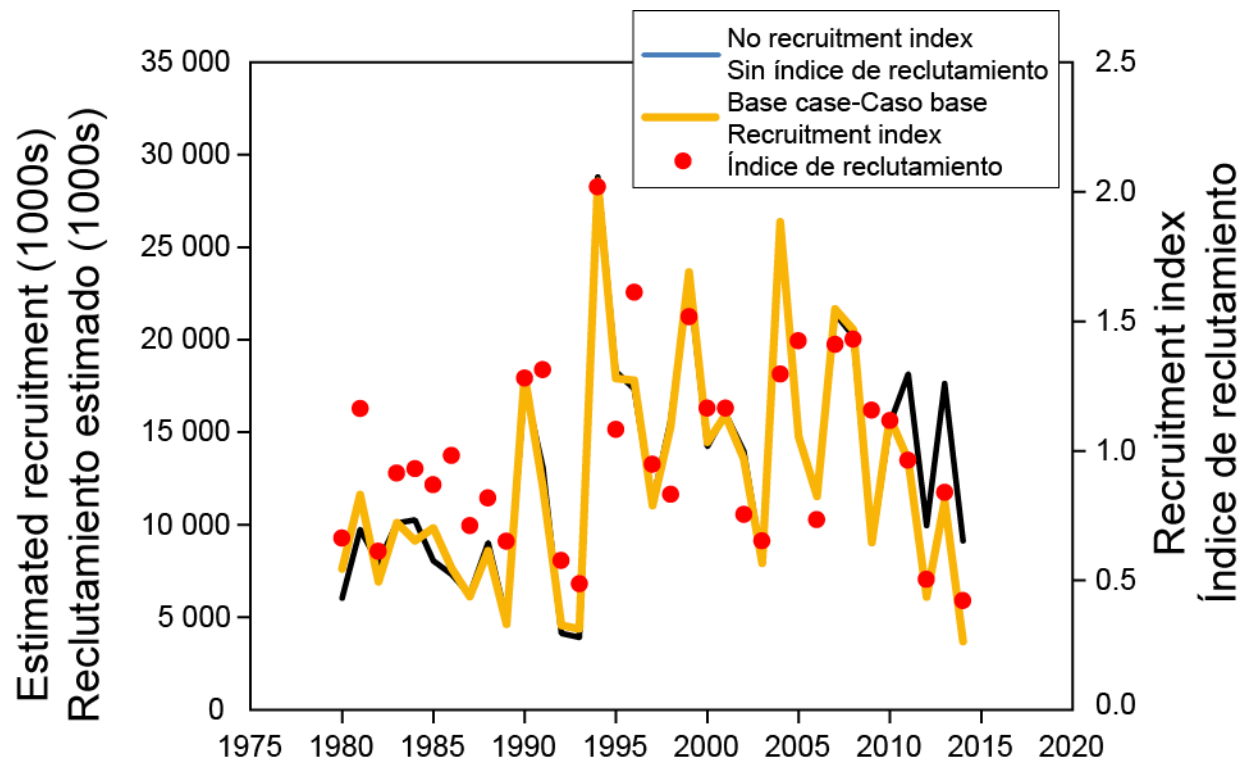


FIGURE 10. Comparison of the recruitment estimated by the base case model and the model that does not fit the troll-CPUE-based index of recruitment.

FIGURA 10. Comparación del reclutamiento estimado por el modelo de caso base y el modelo que no se ajusta al índice de reclutamiento basado en la CPUE curricanera.