

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

SÉPTIMA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

09-13 de mayo de 2016

DOCUMENTO SAC-07-04a

CAMBIOS EN LOS DATOS DE PALANGRE DE FRECUENCIA DE TAMAÑO Y SUS EFECTOS SOBRE LOS MODELOS DE EVALUACIÓN DE POBLACIONES DE LOS ATUNES ALETA AMARILLA Y PATUDO

Carolina V. Minte-Vera, Alexandre Aires-da-Silva, Keisuke Satoh, y Mark N. Maunder

ÍNDICE

Resumen .....	1
1. Introducción.....	2
2. Métodos.....	3
3. Resultados y discusión .....	4
4. Conclusiones y recomendaciones .....	7
Reconocimientos .....	8
Referencias .....	8

RESUMEN

Se usan los modelos estadísticos integrados de evaluación de poblaciones con estructura por edad para evaluar las poblaciones de los atunes aleta amarilla y patudo en el Océano Pacífico oriental (OPO). De los muchos pedazos de información que requieren los modelos, los datos de frecuencia de talla de las flotas palangreras figuran entre los más esenciales. Para ambas especies, los índices de abundancia principales son los CPUE estandarizado de las flotas palangreras. Los datos de frecuencia de talla indican los tamaños seleccionados por las pesquerías palangreras. Ya que no existen datos de frecuencia de edad, las frecuencias de talla, a través una curva de crecimiento, informan al modelo acerca de las edades que conforman los índices de abundancia relativa. Además, en el caso del atún patudo, las pesquerías palangreras fueron las pesquerías principales hasta mediados de los años 1990, cuando comenzaron las pesquerías cerquera sobre dispositivos agregadores de peces (plantados cerrar plan paréntesis. En años recientes, aproximadamente un tercio de las capturas de atún patudo es tomado por palangreros. La CIAT ha usado tradicionalmente los datos de frecuencia de talla de la flota japonesa para representar las flotas palangreras en los modelos. Fue evidente un patrón en los datos de frecuencia de talla, principalmente para el atún patudo, que consistió en la captura de peces pequeños antes de 1990 y de peces grandes posteriormente. Este patrón resultó en residuales positivos para los peces pequeños antes de 1990 y positivos posteriormente. Japón y el personal de la CIAT colaboraron para investigar las posibles causas de este patrón. Da conclusión fue que parecía ser causado por una combinación de conversión de los datos de peso desagallado y eviscerado sin procesar a azul del de complementar los datos de frecuencia de talla de las flotas

comerciales con observaciones tomadas de buques de entrenamiento<sup>1</sup>. Subsecuentemente, Japón revirtió los datos no convertidos por tipo de buque (comercial y de entrenamiento) a la CIAT. Estos datos están ahora disponibles en que fueron medidos originalmente, es decir, como talla furcal o peso desagallado y eviscerado. En este documento exploramos la mejor forma de incorporar los nuevos datos de frecuencia de tamaño en los modelos de evaluación de poblaciones del aleta amarilla y patudo en el OPO. El análisis no incluye los datos más recientes o una reevaluación de la ponderación de los datos de composición. Por lo tanto, los resultados no deberían ser usados para asesoramiento de ordenación.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las evaluaciones de las poblaciones de los atunes aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y patudo (*T. obesus*) en el Océano Pacífico oriental (OPO) son emprendidos usando modelos estadísticos integrados de evaluación de poblaciones con estructura por edad (*Stock Synthesis* Versión 3.23b (SS3); Methot y Wetzel 2013). Los modelos combinan en un marco unificado una cantidad sustancial de información, incluyendo datos de capturas retenidas, descartes, índices de abundancia, y la composición por tamaño de las capturas de las varias pesquerías. Además, los modelos requieren supuestos acerca de procesos tales como crecimiento, reclutamiento, desplazamientos, mortalidad natural, mortalidad por pesca, y estructura de la población. Ambos modelos usan las capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería palangrera como índice principal de abundancia. Uno de los pedazos de información clave usado en ambos modelos son los datos de frecuencia de tamaño de las flotas palangreras. Estos datos informan al modelo sobre los tamaños seleccionados por la flota palangrera, y por lo tanto no relacionados con los cuales no relacionados con los índices de CPUE. La frecuencia de tamaño también informa la variabilidad del reclutamiento. Además, las pesquerías palangreras han sido históricamente las pesquerías principales de patudo, y actualmente todavía responden de un tercio de las extracciones totales de la población.

La CIAT tradicionalmente ha usado los datos de frecuencia de tamaño de la flota japonesa para representar las flotas palangreras en los modelos. Normalmente, Japón proporciona los datos de tamaño como frecuencias de talla. Fue evidente un patrón en estos datos, principalmente para el patudo pero en cierto grado para el aleta amarilla, que consistió en peces más pequeños capturados antes de 1990 y peces más grandes posteriormente (Aires-da-Silva y Maunder 2011). Este patrón resultó en residuales positivos (frecuencias mayores de lo esperado por el modelo) para los peces más pequeños antes de 1990 y negativos posteriormente (Figura 1, Aires-da-Silva *et al.* 2010). Ya que la premisa para el modelo de evaluación de poblaciones es que son los datos son correctos, se cambió el modelo para acomodar este patrón. En el modelo de evaluación del patudo, donde el patrón era más evidente, se establecieron dos bloques de selectividad para las pesquerías palangreras, con la división alrededor de mayo de 1990. Como consecuencia, los índices de la CPUE estandarizada de las flotas palangreras fueron también divididas, formando una serie temprana y una tardía, con capturabilidades diferentes. Se supusieron selectividades asintóticas para dos pesquerías: palangrera tardía central (1993-2014) palangrera tardía del sur (1993-2014). Para el resto de las pesquerías palangreras se supuso una función de selectividad más flexible, que puede tomar formas que varían de domos a asintóticos. Sin embargo, persistieron las preocupaciones acerca del patrón residual en los datos de composición de palangre, y sin un entendimiento claro de la causa. Fue también evidente en el modelo un cambio del patrón de reclutamiento estimado alrededor de 1990, señalando algún tipo de error en la especificación del modelado de los datos de frecuencia de talla. Se redujo sustancialmente en la evaluación del patudo la ponderación de los datos de frecuencia de talla de todas las pesquerías, lo cual mitigó el patrón de cambio de reclutamiento y el patrón de residuales.

Japón y el personal de la CIAT colaboraron para investigar las posibles causas de este patrón. La conclusión

---

<sup>1</sup> Buques pertenecientes a las prefecturas japonesas usados para enseñar la pesca y capacitar a las tripulaciones (Okamoto 2014).

del estudio fue que es poco probable que las diferencias en la composición por talla entre los períodos antes y después de 1990 sean reales, pero podrían ser un artefacto de la metodología predominante de muestreo y notificación de tallas ([Satoh et al. 2016](#)). En los años antes de 1990, los principales datos de talla sin procesar de patudo, y en menor grado de aleta amarilla, obtenidos de la flota comercial japonesa eran pesos de pescado desagallado y eviscerado, pero a partir de 1990 fue talla furcal. Los datos de peso desagallado y eviscerado fueron convertidos en talla furcal antes de ser entregados a la CIAT. Para la mayoría de los años, se obtuvieron también datos de talla de buques de entrenamiento, que podrían tener una selectividad diferente que los buques comerciales. En algunos años los únicos datos disponibles eran de buques de entrenamiento. Los datos entregados a la CIAT fueron una combinación de estos tres tipos de datos.

Consecuente a las conclusiones de [Satoh et al. \(2016\)](#), en febrero de 2016 Japón entregó los datos sin procesar a la CIAT. Todos los datos de frecuencia de tamaño de Japón de 1967 a 2014 en la base de datos de la CIAT fueron reemplazados por el nuevo conjunto de datos, que incluye información sobre el tipo de buque (comercial o entrenamiento) y tipo de medición (talla o peso). Se añadieron los datos de 2014, pero no se usaron para esta investigación, a fin de permitir comparaciones de los resultados con los modelos de caso base más recientes ([Aires-da-Silva y Maunder 2015](#); [Minte-Vera et al. 2015](#)), cuando no se disponía de información de talla de palangreros en 2014. En el presente documento, exploramos la mejor forma de incorporar los nuevos datos de frecuencia de talla en los modelos de evaluación de poblaciones del aleta amarilla y patudo en el OPO. El análisis no incluye los datos más recientes ni una reevaluación de la ponderación de los datos de composición, lo cual constituye el próximo paso esencial. Por lo tanto, los resultados no deberían ser usados para asesoramiento de ordenación.

## 2. MÉTODOS

Para la presente investigación se usaron los modelos de caso base para el aleta amarilla y patudo de las evaluaciones de poblaciones de 2015 ([Aires-da-Silva y Maunder 2015](#); [Minte-Vera et al. 2015](#)). Se ejecutó el modelo varias veces con distintas combinaciones de datos de composición por talla y supuestos de selectividad (Tabla 1). Cuando se supuso que los datos tenían una selectividad diferente de los datos comerciales de frecuencia de talla, fueron incluidos en los modelos como “*survey*” (estudio), el término usado en SS3 para una pesquería que no tenga captura asociada, lo cual permite flexibilidad en el modelado de estos datos. En el caso del patudo, se exploró el supuesto de bloques de tiempo para selectividad y capturabilidad, al igual que en el caso base. Se ponderaron los nuevos datos multiplicando los tamaños de muestra por el mismo factor de ponderación usado en los modelos de evaluación de poblaciones para 2015.

No se cuenta actualmente con factores de conversión de peso desagallado y eviscerado específicos para el OPO. Usamos los factores de conversión desarrollados por [Langley et al. \(2006\)](#) para el Pacífico entero:

$$\text{Patudo: } w = 1.3264 * GGw^{0.969} \text{ (Ecuación 1)}$$

$$\text{Aleta amarilla: } w = 1.2988 * GGw^{0.968} \text{ (Ecuación 2)}$$

donde  $w$  es el peso entero, en kilogramos, y  $GGw$  es el peso del pescado desagallado y eviscerado en los buques congeladores de temperatura ultrabaja (ULT). Procesar el pescado antes de congelarlo a ULT incluyó cortar el opérculo y la cola, que se retenían cuando el pescado era meramente refrigerado ([Langley et al. 2006](#)). Por lo tanto, son necesarios factores de conversión diferentes para pescado refrigerado y pescado congelado a ULT. Los buques congeladores ULT fueron introducidos en la flota japonesa en 1966, y para 1980 todos los buques japoneses de aguas lejanas eran ULT ([Langley et al. 2006](#)). Ya que los datos no contienen información sobre el tipo de procesamiento realizado, y la mayoría de los datos son del

periodo después de 1980, supusimos la conversión de ULT para el periodo entero<sup>2</sup>. Se usaron tres conjuntos de datos para derivar estos factores de conversión, uno de ellos del OPO tropical, que incluyó aproximadamente el 10% de los datos. Los ajustes son dominados por datos del Pacífico occidental obtenidos por observadores australianos a bordo de buques japoneses pescando en la Zona Económica Exclusiva (ZEE).

A fin de evitar distribuciones en forma de sierra (picos grandes seguidos por hoyos a intervalos regulares de tamaño) en los datos convertidos, causadas por la aplicación de la conversión a datos de baja resolución (Langley *et al.* 2006), dividimos cada clase de peso desagallado y eviscerado de 1 kg en 10 intervalos a espacios iguales. Se aplicó entonces el factor de conversión a cada intervalo, y se añadió el 10% de la frecuencia de la clase de peso original a la clase de peso convertida.

En la Ejecución 1, el peso desagallado y eviscerado fue también transformado en talla, usando la tabla de conversión descrita por Satoh *et al.* (2016).

En los modelos SS3, se produce una matriz de transición de tallas para computar el peso entero esperado del modelo de talla por edad y la variabilidad de la talla por edad y la relación talla-peso. La relación talla-peso usada en el modelo de evaluación de poblaciones para el patudo (Aires-da-Silva y Maunder 2010) proviene de Nakamura y Uchiyama (1966):

$$w = 3.661 \times 10^{-5} l^{2.90182}$$

donde  $w$  = peso entero, en kilogramos, y  $l$  = talla furcal, en centímetros.

La relación talla-peso usada en el modelo de evaluación de poblaciones para el aleta amarilla (Aires-da-Silva y Maunder 2012) proviene de Wild (1986):

$$w = 1.387 \times 10^{-5} l^{3.086}$$

Se incluyen las frecuencias de peso en los modelos SS3 como “datos de tamaño generalizados”. Se usaron intervalos desiguales para satisfacer el supuesto de los modelos SS3 que ningún intervalo de datos de tamaño en las frecuencias de tamaño generalizadas consiste en más de un intervalo de tamaño de población. En los modelos de evaluación de poblaciones de tanto el aleta amarilla como el patudo, se definen los intervalos de tamaño de población como 2 cm de talla furcal. En el caso de los peces más grandes, los intervalos de peso necesitan ser mayores de 1 kg para incluir solamente un intervalo de talla de población en SS3. Se supuso que la clase de tamaño más grande fue una clase de tamaño acumuladora (que contiene todos los peces de ese tamaño o mayores).

Se agrupa la información tanto de talla como de peso en trimestres. No se corrigieron los tamaños por cualquier crecimiento que pueda ocurrir durante este intervalo de tiempo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la mayoría de los años del periodo de la evaluación (1975-2014), los datos de tamaño japoneses nuevamente entregados en la base de datos de la ciudad reemplazaron sencillamente datos existentes, pero añadiendo la información de tipo de buque y medición; la excepción fue el periodo de 2000 a 2006, cuando se incluyeron datos adicionales de tanto el aleta amarilla como el patudo (Figura 2). La mayoría de los datos del período y área (OPO) de la evaluación están ahora disponibles a resolución más fina (5° de latitud por 10° de longitud) que en el pasado (Figura 3). Las series más largas son aquellas de los buques

---

<sup>2</sup> Otros factores de conversión disponibles en la literatura se basan en investigaciones japonesas a principios de los años 1970 y anteriormente (Morita 1973; Kimimura y Honma 1959; Kume y Shiohama 1964). En ese periodo la mayoría de los buques refrigeraba el pescado, por lo que esos factores de conversión no son apropiados para usar aquí.

de entrenamiento: incluyen muestras de ambas especies para el periodo entero, pero suelen dominar en los diez primeros años y son más numerosos para el patudo. Se dispone de datos de frecuencia de peso para 1975-1999, pero suelen dominar en los años 1980. Se comenzó a tomar datos de talla furcal en los buques comerciales en 1986, y estos datos dominan desde principios de los años 1990. Los pescadores vienen pidiendo medir el pescado a bordo desde mediados de los años 1970; inicialmente se solicitaron datos de peso, pero para mediados de los 1990 el requisito cambió a medir tallas (Okamoto 2014). En el caso de patudo, todas las medidas de talla disponibles para el OPO de los buques comerciales fueron tomadas a bordo de los buques, usando calibre, mientras que se obtuvieron los datos de peso a bordo o mediante muestreo en puerto (Okamoto 2014). No se cuenta con información en la base de datos de la CIAT que indique si los datos de peso provinieron de a bordo o de muestreo en puerto; sin embargo, Okamoto (2014) reportó que desde 1987, cuando se comenzó a registrar información sobre lugar de muestreo, los datos de talla de patudo obtenidos a bordo de buques comerciales predominan en el OPO, mientras que la mayoría de los datos de tamaño disponibles para el Océano Pacífico central y occidental proviene de muestreos en puerto. Además, se dispone de información sustancial de frecuencia de pesos del Océano Pacífico central y occidental, que alcanzan hasta los años 1960. Principalmente por estos dos motivos, se otorga preferencia al uso de datos de frecuencia de peso en las evaluaciones de las poblaciones de aleta amarilla y patudo de la Comisión de Pesca del Pacífico Central y Occidental (WCPFC) (Sam McKechnie com. pers.; Harley *et al.* 2014; McKechnie 2014).

Las Ejecuciones 1 (GGw convertido en peso entero) y 2 (GGw convertido en talla) fueron diseñadas para imitar los modelos de evaluación de poblaciones usados en 2015 (“caso base SAC6”), en los que se incluyó en el ajuste toda la información nueva disponible, suponiendo la misma selectividad independientemente del tipo de dato de tamaño. Para ambas especies, transformar el peso desagallado y eviscerado en talla o en peso entero no causó ninguna diferencia en las estimaciones de biomasa relativa o cantidades de ordenación (Figura 4, Tabla 2). En el caso del aleta amarilla, la trayectoria de la biomasa en las Ejecuciones 1 y 2 fue igual que en el caso base SAC6; en el caso del patudo, la biomasa relativa fue mayor y las cantidades de ordenación más optimistas que en el caso base SAC6 (Figura 4, Tabla 2). Se ha demostrado en el pasado que los datos de frecuencia de talla (principalmente de la pesquería palangrera del sur tardía) tienen un impacto grande sobre la estimación de la abundancia del patudo (Aires-da-Silva y Maunder 2014), y es necesario aplicar una ponderación adecuada a estos datos (Francis 2011). Aplicamos la ponderación usada en el caso base SAC6, pero esto podría no ser apropiado porque, al ajustar a todos los nuevos tipos de datos como series separadas, la cantidad de datos ha aumentado relativa al caso base SAC6, en el que se combinaron los datos en una serie. Las diferencias entre las dos especies en cuanto al impacto de los nuevos datos sobre las estimaciones de las trayectorias de la biomasa relativa podrían deberse a dos motivos: (i) las pesquerías palangreras responden de aproximadamente un tercio de las extracciones totales de patudo, pero solamente el 1% del aleta amarilla; y (ii) se redujo mucho la ponderación de los datos de composición por talla del patudo debido a preocupaciones sobre la fiabilidad de los datos indicada por el patrón residual.

En el caso del aleta amarilla, los ajustes del modelo a los datos de composición por tamaño indican que no todos los tipos de datos son consistentes entre sí en la pesquería palangrera principal (del sur), pero sí lo son en la pesquería del norte. En las Ejecuciones 1 y 2 (Figura 5), las distribuciones de las frecuencias de talla de los buques de entrenamiento y comerciales en la pesquería del norte son similares; ambas incluyen peces grandes, y en general se ajusta bien a ellos. El modelo es también capaz de ajustarse bien a las frecuencias de peso desagallado y eviscerado convertido en peso entero o talla para la pesquería del norte. En el caso de la pesquería palangrera del sur, las frecuencias de talla de los buques de entrenamiento y comerciales son en promedio menores y ligeramente mayores, respectivamente, que lo que predice el modelo. Los datos de peso desagallado y eviscerado, convertido en peso entero (Ejecución 1) o talla furcal (Ejecución 2), contienen frecuencias más bajas de peces más grandes, y más altas de peces

más pequeños, que lo esperado, lo cual indica que a bien los datos de peso desagallado y eviscerado o el factor de conversión usados no son consistentes con los datos de talla. La pesquería palangrera del sur es la pesquería principal en cuanto a extracciones de aleta amarilla; es además un factor clave de la evaluación, ya que se supone que la CPUE estandarizada de esta pesquería es el principal índice de abundancia. La selectividad de esta pesquería es asintótica, mientras que la de la pesquería del norte tiene forma de domo. Es posible que diferencias espaciales en la relación talla-peso, así como el diferente supuesto de selectividad, contribuyan a las diferencias en los ajustes. Cuando se suponen funciones de selectividad diferentes para cada tipo de dato y buque (Ejecución 3, Figura 5b), los ajustes mejoran para los datos de frecuencia de peso y los datos de frecuencia de talla de los buques de entrenamiento, tal como se espera, pero empeoran en el caso de los datos de frecuencia de talla de los buques comerciales.

Los resultados son similares para las Ejecuciones 1 y 2 del patudo: las frecuencias de talla de los buques de entrenamiento y comerciales son en general mayores y menores, respectivamente, que aquellas predichas por el modelo, y los datos de peso y talla no parecen ser consistentes entre sí. En la Figura 6a se ilustran los datos totales de frecuencia de tamaño observados y las predicciones del modelo correspondientes a la pesquería palangrera del sur; se obtuvieron resultados similares para la pesquería palangrera central (Figura 6b). Además, se observaron también cambios en las distribuciones de tamaño dentro de tipos de dato entre los periodos temprano (1975-1992) y tardío (1993-2014), pero no todos en la misma dirección (Figuras 6a y b). El peso desagallado y eviscerado convertido en talla furcal o peso muestra frecuencias mayores en el periodo temprano que en el tardío para los tamaños mayores, mientras que los datos de frecuencia de talla comerciales indican lo contrario: los tamaños mayores dominan en el periodo tardío. En el caso de los buques de entrenamiento, las frecuencias de talla muestran un patrón diferente entre los periodos temprano y tardío, con una dominancia marcada de peces pequeños en el periodo tardío. Cuando se suponen funciones de selectividad diferentes para cada tipo de datos (Ejecución 3), la mejora esperada del ajuste ocurrió en el caso de los datos de frecuencia de peso y de los datos de frecuencia de talla de los buques de entrenamiento (Figura 6c), pero hubo también una mejora considerable en el ajuste de los datos de frecuencia de talla de los buques comerciales, que son ahora menos afectados por los otros datos de frecuencia de tamaño.

En el caso tanto del patudo como del aleta amarilla, existen patrones residuales claros que dependen del tipo de datos (Figuras 7a y b). Los ajustes de la Ejecución 4, en la que se supuso que todos los datos de frecuencia de tamaño representan la flota palangrera comercial bien, mostraron una tendencia a largo plazo de residuales positivos de las frecuencias de talla de los buques comerciales en las clases de talla mayores. En el caso de las frecuencias de peso la tendencia es la contraria: los residuales positivos se encuentran en las clases de peso menores. El patrón residual de los datos de los buques de entrenamiento depende de la especie: en el caso del patudo, pero no del aleta amarilla, los residuales positivos suelen estar concentrados en las clases de talla más pequeñas.

En el caso del aleta amarilla, las cantidades de ordenación eran más optimistas cuando se excluyeron los datos de frecuencia de peso o cuando se minimizó su efecto al suponer una función de selectividad diferente para ellos (Ejecuciones 3, 5-7, Tabla 2). Las trayectorias de la biomasa son muy similares para todas las ejecuciones (Figura 8). Se observó la diferencia máxima para el periodo histórico (desde 1975 hasta aproximadamente 2000) en las Ejecuciones 3 y 5-7, que o bien excluyeron los datos de frecuencia de peso o minimizaron sus efectos.

En el caso del patudo, se obtuvo la diferencia máxima en las cantidades de ordenación cuando se sustituyó el supuesto de dos periodos de tiempo para cada serie palangrera con el supuesto de una serie para el periodo de tiempo entero con la misma capturabilidad y selectividad (Ejecuciones 3-7, Figura 8). Este nuevo supuesto es justificado por el hecho que el patrón residual que motivó la inclusión de los bloques de tiempo fue probablemente un artefacto de la mezcla de tipos de datos incompatibles usados para

componer las frecuencias de talla palangreras que se usaron en el modelo de evaluación de poblaciones.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La provisión de datos sin procesar de frecuencia de tamaño de las flotas palangreras japonesas, con información sobre el tipo de buque de origen, representa un gran avance en la mejora de las evaluaciones de las poblaciones de aleta amarilla y patudo en el OPO. Es muy probable que los patrones residuales llamativos del patudo en los modelos de evaluación anteriores, que consistieron en residuales positivos para las clases de talla pequeña en los años tempranos y para las clases mayores en los años posteriores, resulten de la mezcla de tipos de datos y la forma en que la proporción de cada tipo cambió a lo largo del tiempo.

Los datos de peso desgallado y eviscerado necesitan ser convertidos para poder ser usados en la evaluación de poblaciones, pero cualquier conversión introducirá probablemente mayores sesgos e incertidumbre. Para el OPO en particular, los datos de frecuencia de peso convertidos no parecen compatibles con los datos de frecuencia de talla de las mismas pesquerías y especies. El peso promedio de los datos de frecuencia de peso suele ser menor de lo que esperan los modelos que también incorporan datos de frecuencia de talla y suponen la misma selectividad para ambos tipos de datos. Recomendamos que los datos de frecuencia de peso sean excluidos de los modelos de caso base para tanto el patudo como el aleta amarilla. Se puede realizar un análisis de sensibilidad con estos datos incluidos. Preferiblemente, se debería desarrollar un factor de conversión específico para el OPO.

Los datos de frecuencia de talla de los buques de entrenamiento no representan bien la flota comercial, y no deberían ser usados para ese propósito. Sin embargo, podrían contener información potencialmente de interés. Ya que las frecuencias de talla de los buques de entrenamiento son en promedio menores que aquellas de los buques comerciales, podrían contener información que se puede usar para estimar la variación temporal en el reclutamiento, por ejemplo. Recomendamos que se incluyan los datos de frecuencia de talla de los buques de entrenamiento en los modelos de caso base; serán incluidos en el modelo como provenientes de un “*survey*” (en la terminología de SS3), a fin de tener flexibilidad en el modelado de su selectividad como función separada de las selectividades de otras pesquerías en el modelo. La función de selectividad para estos datos debería ser una que puede tomar formas de domo a asintótica. Al suponer que los datos provienen de un estudio, no tendrán capturas asociadas. La ponderación de los datos de frecuencia de talla de los buques de entrenamiento debería también ser evaluada para evitar desequilibrios de exceso de datos de frecuencia de talla relativos a datos de CPUE.

En el caso del patudo, recomendamos que se eliminen los bloques de tiempo para las flotas palangrera flotas y que se trate la serie de CPUE como una serie continua desde 1975 hasta la actualidad, ya que el patrón temporal de residuales que motivó la inclusión de los bloques es probablemente artificial. Ahora que la causa más probable del patrón residual en los datos de frecuencia de talla de palangre ha sido identificada, se debería reevaluar la ponderación de estos en la evaluación del patudo.

En conclusión, recomendamos que los datos de frecuencia de tamaño de las flotas palangreras sean incluidos en los modelos de evaluación de poblaciones del patudo y aleta amarilla como sigue:

1. **Modelo de caso base:** tratar las frecuencias de talla de la flota comercial y de la flota de entrenamiento como un estudio (*survey*) con su propia función de selectividad; sin bloques de tiempo para selectividad o capturabilidad de la serie de CPUE palangrera estandarizada.
2. **Modelo de sensibilidad:** igual que para el modelo de caso base, más la inclusión del peso procesado convertido en peso entero usando la ecuación 1 o 2. Preferiblemente, se debería desarrollar un factor de conversión específico para el OPO.
3. **Ponderación de datos:** se debería reevaluar la ponderación de los datos de frecuencia de talla y de

peso antes de adoptar un modelo para usar para asesoramiento de ordenación.

## RECONOCIMIENTOS

Estamos agradecidos a Koji Uosaki, del Instituto Nacional de Investigación de Pesquerías de Ultramar, y Nick Vogel, del Programa de Recolección de Datos y Bases de Datos de la CIAT, por manejar las bases de datos; y a Sam McKechnie y John Hampton por sus aclaraciones con respecto al uso de datos japoneses de frecuencia de tamaño en la evaluación de las poblaciones de atún patudo en el Océano Pacífico central y occidental. Estamos especialmente agradecidos a Christine Patnode por su ayuda con las figuras.

## REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A., and Maunder, M.N. 2010. [Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2008 and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 10:116:228.
- Aires-da-Silva, A., and M.N. Maunder, 2011. [Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2009 and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 11: 17-156.
- Aires-da-Silva, A., and M.N. Maunder. 2012. [Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean in 2010 and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 12:3:110.
- Aires-da-Silva, A., and M.N. Maunder. 2014. [Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2012 and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 14:31-17
- Aires-da-Silva, A., and M.N. Maunder. 2015. [Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2014 and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 16:1-17
- Aires-da-Silva, A., M.N. Maunder, and C.E. Lennert-Cody. 2010. [An investigation of the longline length-frequency residual pattern in the stock assessment of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean](#). IATTC. External Review of IATTC Bigeye Tuna Assessment. BET-01-05 (Draft).
- Francis, R.I.C.C. 2011. Data weighting in statistical stock assessment models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 68:1124-1138.
- Harley, S., Davies, N., Hampton, J., and S. McKechnie. 2014. Stock assessment of bigeye tuna in the western and central Pacific Ocean. Western and Central Pacific Fisheries Commission. WCPFC-SC10-2014/SA-WP-01.
- Kimimura, T., and M. Honma. 1959. The relationships between length and weight of landings of yellowfin from the Pacific Ocean. Report of Nakai Regional Fisheries Research Laboratory 11: 88-107.
- Kume, S., and T. Shiohama. 1964. On the conversion between length and weight of bigeye tuna landings in the Pacific Ocean (preliminary report). Report of Nakai Regional Fisheries Research Laboratory 20: 59-67.
- Langley, A., H. Okamoto, P. Williams, N. Miyabe, and K. Bigelow. 2006. A summary of the data available for the estimation of conversion factors (processed to whole fish weights) for yellowfin and bigeye tuna. Western and Central Pacific Fisheries Commission. WCPFC-SC2-2006/ME IP-3.
- McKechnie, S. 2014. Analysis of longline size frequency data for bigeye and yellowfin tunas in the WCPO. Western and Central Pacific Fisheries Commission. WCPFC-SC10-2014/SA-IP-04.
- Methot, R.D., and C.R. Wetzel. 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fish. Res. 142: 86-99.
- Minte-Vera, C.V., A. Aires-da-Silva, and M.N. Maunder. 2015. [Status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean and outlook for the future](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Asses. Rep. 16:18-31
- Morita, Y. 1973. Conversion factors for estimating live weight from gilled-and-gutted weight of bigeye tuna and yellowfin tuna. Bull. Far Seas Fish. Res. Lab. 9: 109-121.
- Nakamura, E.L., and J.H. Uchiyama. 1966. Length-weight relations of Pacific tunas. In Manar, T.A.

- (editor), Proc., Governor's [Hawaii] Conf. Cent. Pacif. Fish. Resources: 197-201.
- Okamoto, H. 2014. [Overview of size data for bigeye tuna caught by Japanese longline fisheries in the Pacific Ocean](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Scientific Advisory Committee Fifth Meeting. SAC-05 INF-D
- Satoh, K., C.V. Minte-Vera, N.W. Vogel, A. Aires-da-Silva, C.E. Lennert-Cody, M.N. Maunder, H. Okamoto, K. Uosaki, T. Matsumoto, Y. Semba, and T. Ito. 2016. [An exploration into Japanese size data of tropical tuna species because of a prominent size-frequency residual pattern in the stock assessment model](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 7th Scient. Adv. Com. Meeting. SAC-07-03d.
- Wild, A 1986. [Growth of yellowfin tuna, \*Thunnus albacares\*, in the eastern Pacific Ocean based on otolith increments](#). Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull. 18: 423-482.

**TABLE 1.** Model runs performed to assess the best way to incorporate the size-frequency data from the Japanese longline fleet into the stock assessments of bigeye and yellowfin tunas. LLc: commercial longline vessels, LLt: longline training vessels, GGw: gilled-and-gutted weight.

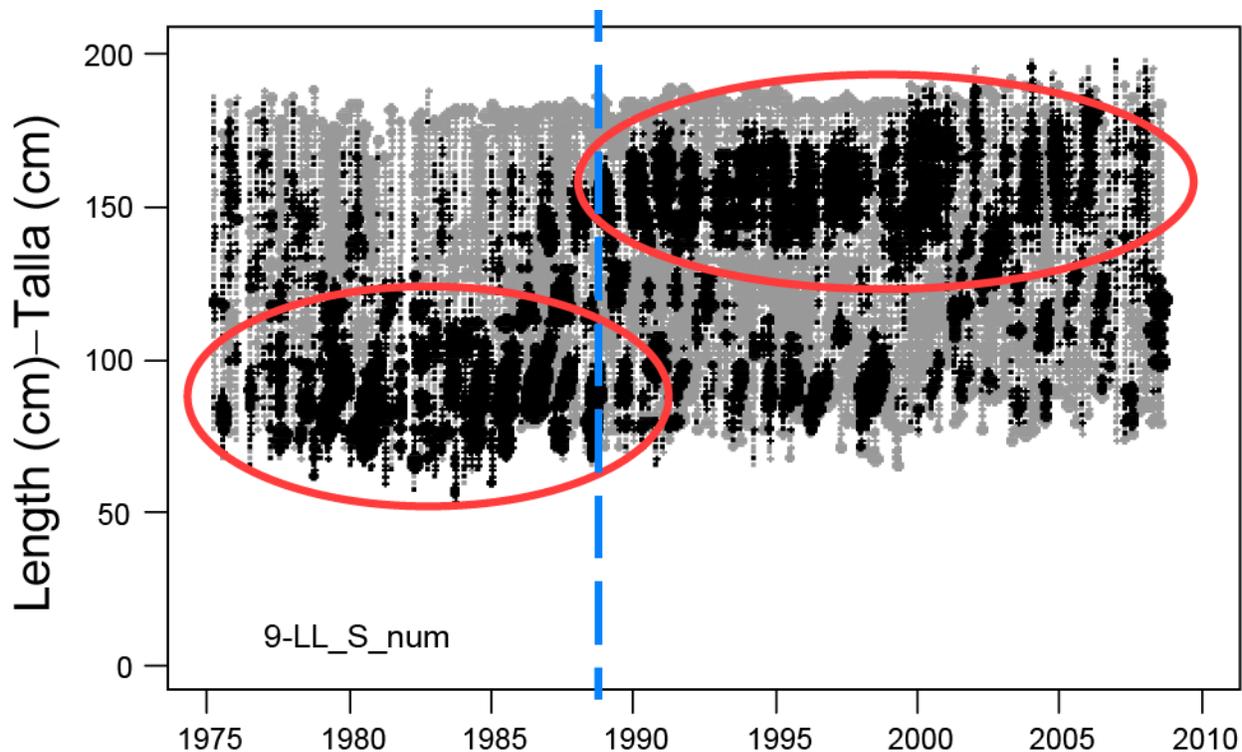
**TABLA 1.** Ejecuciones del modelo realizadas para evaluar la mejor forma de incorporar los datos de frecuencia de talla de la flota palangrera japonesa en las evaluaciones de las poblaciones de los atunes patudo y aleta amarilla. LLc: buques palangreros comerciales, LLt: buques palangreros de aprendizaje, GGw: peso desagallado y eviscerado.

Run Ejecución	Description Descripción	Additional changes for bigeye Cambios adicionales para patudo
SAC 6 BC	Base case model for the 2015 stock assessments presented at the 6th Scientific Advisory Committee meeting (SAC 6) Modelo de caso base para las evaluaciones de 2015 presentadas en la 6ª reunión del Comité Científico Asesor (SAC 6)	
1	LLc (length + GGw converted to whole weight) + LLt (length) selectivity shared by all size-frequency data types LLc (talla + GGw convertido en peso entero) + LLt (talla) selectividad compartida por todos los tipos de datos de frecuencia de tamaño	Time blocks for selectivity and catchability Bloques de tiempo para selectividad y capturabilidad
2	LLc (length + GGw converted to length) + LLt (length) selectivity shared by all size-frequency data types LLc (talla + GGw convertido en talla) + LLt (talla) selectividad compartida por todos los tipos de datos de frecuencia de tamaño	Time blocks for selectivity and catchability Bloques de tiempo para selectividad y capturabilidad
3	As Run 1, each size-frequency data type with its own selectivity Igual que 1, cada tipo de dato de frecuencia de talla con su propia selectividad	No time blocks Sin bloques de tiempo
4	= 1 = 1	No time blocks Sin bloques de tiempo
5	As Run 4, no LLc weight Igual que 4, sin pesos de LLc	
6	As Run 5, LLt length with its own selectivity Igual que 5, talla de LLt con su propia selectividad	
7	As Run 6, no LLt length Igual que 6, sin tallas de LLt	

**TABLE 2.** MSY and related quantities for the base case for [SAC 6](#) and for model runs performed to assess the best way to incorporate the size-frequency data from the Japanese longline fleet in the stock assessments of yellowfin and bigeye tunas, based on the average fishing mortality ( $F$ ) for 2012-2014. The models do not include the most recent data, nor a reevaluation the weighting of the size-composition data and should not be used for management advice.  $B_{\text{recent}}$  and  $B_{\text{MSY}}$  are defined as the biomass, in metric tons, of fish 3+ quarters old at the start of the first quarter of 2015 and at MSY, respectively, and  $S_{\text{recent}}$  and  $S_{\text{MSY}}$  are defined as indices of spawning biomass (therefore, they are not in metric tons).  $C_{\text{recent}}$  is the estimated total catch for 2014.

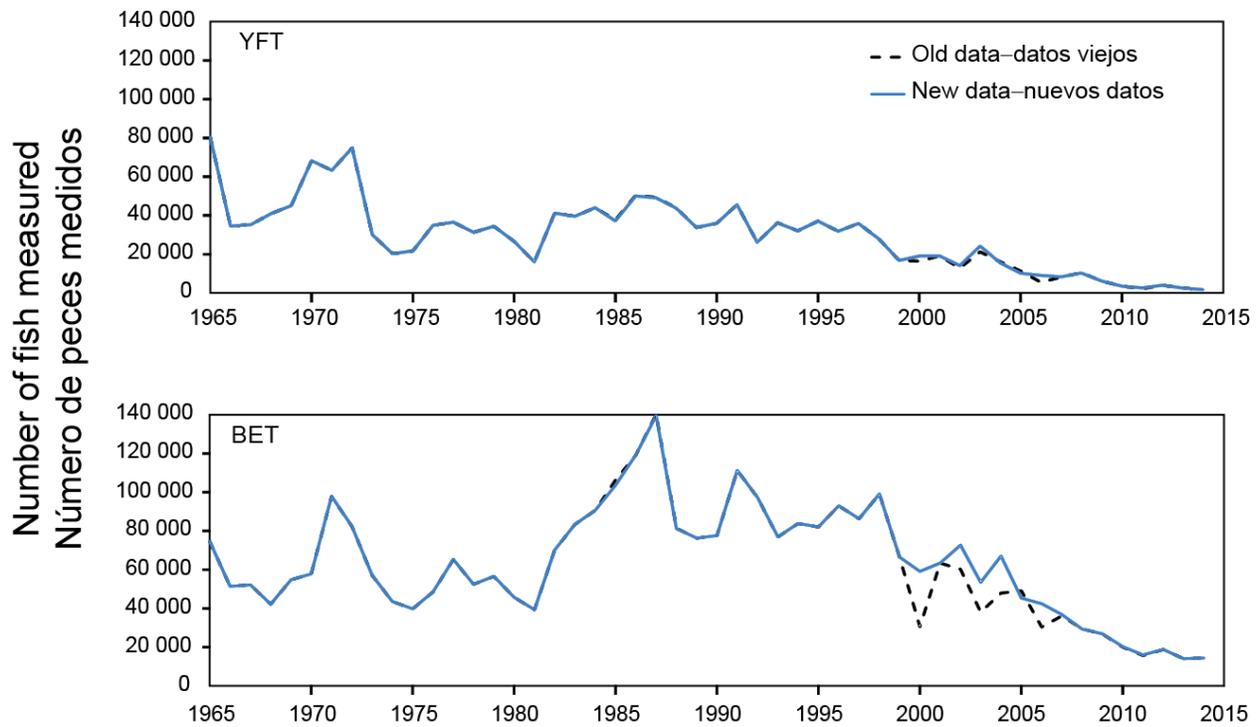
**TABLA 2.** RMS y cantidades relacionadas para el caso base de [SAC 6](#) y para las ejecuciones (*runs*) del modelo realizadas para evaluar la mejor forma de incorporar los datos de frecuencia de talla de la flota palangrera japonesa en las evaluaciones de los atunes aleta amarilla y patudo, basados en la mortalidad por pesca ( $F$ ) media de 2012-2014. Los modelos no incluyen los datos más recientes, ni tampoco una reevaluación de la ponderación de los datos de composición por tamaño, y no deben ser utilizados para asesoramiento de ordenación. Se definen  $B_{\text{recent}}$  y  $B_{\text{RMS}}$  como la biomasa, en toneladas, de peces de 3+ trimestres de edad al principio del primer trimestre de 2015 y en RMS, respectivamente, y  $S_{\text{recent}}$  y  $S_{\text{RMS}}$  como índices de biomasa reproductora (por lo tanto, no se expresan en toneladas).  $C_{\text{recent}}$  es la captura total estimada de 2014.

<b>Bigeye Patudo</b>	<b>SAC 6 BC</b>	<b>Run 1</b>	<b>Run 2</b>	<b>Run 3</b>	<b>Run 4</b>	<b>Run 5</b>	<b>Run 6</b>	<b>Run 7</b>
MSY-RMS	113,730	115,284	115,274	104,258	99,693	101,064	104,028	103,002
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	433,396	442,264	442,085	379,012	355,466	364,295	377,664	373,257
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	108,502	111,119	111,058	92,998	86,599	89,165	92,614	91,462
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.25	0.24	0.24	0.26	0.25	0.25	0.26	0.26
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.21	0.2	0.2	0.21	0.2	0.2	0.21	0.21
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.87	0.85	0.85	0.95	0.99	0.98	0.95	0.96
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.03	1.13	1.13	0.88	0.85	0.89	0.87	0.86
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	1.06	1.15	1.15	0.9	0.85	0.9	0.89	0.88
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.14	1.25	1.25	0.94	0.91	0.95	0.94	0.92
<b>Yellowfin Aleta amarilla</b>	<b>SAC 6 BC</b>	<b>Run 1 (= Run 4)</b>	<b>Run 2</b>	<b>Run 3</b>	<b>Run 4</b>	<b>Run 5</b>	<b>Run 6</b>	<b>Run 7</b>
MSY-RMS	275,258	274,909	274,728	284,147		279,161	282,820	281,444
$B_{\text{MSY}} - B_{\text{RMS}}$	368,336	368,824	368,627	381,732		374,174	380,219	376,924
$S_{\text{MSY}} - S_{\text{RMS}}$	3,469	3,478	3,492	3,553		3,495	3,550	3,523
$B_{\text{MSY}}/B_0 - B_{\text{RMS}}/B_0$	0.32	0.32	0.32	0.31		0.31	0.31	0.32
$S_{\text{MSY}}/S_0 - S_{\text{RMS}}/S_0$	0.27	0.27	0.27	0.26		0.26	0.26	0.26
$C_{\text{recent}}/\text{MSY} - C_{\text{recent}}/\text{RMS}$	0.86	0.86	0.86	0.84		0.85	0.84	0.85
$B_{\text{recent}}/B_{\text{MSY}} - B_{\text{recent}}/B_{\text{RMS}}$	1.12	1.10	1.10	1.17		1.14	1.16	1.16
$S_{\text{recent}}/S_{\text{MSY}} - S_{\text{recent}}/S_{\text{RMS}}$	0.99	0.98	0.97	1.09		1.04	1.07	1.06
$F$ multiplier-Multiplicador de $F$	1.11	1.10	1.08	1.28		1.20	1.25	1.22



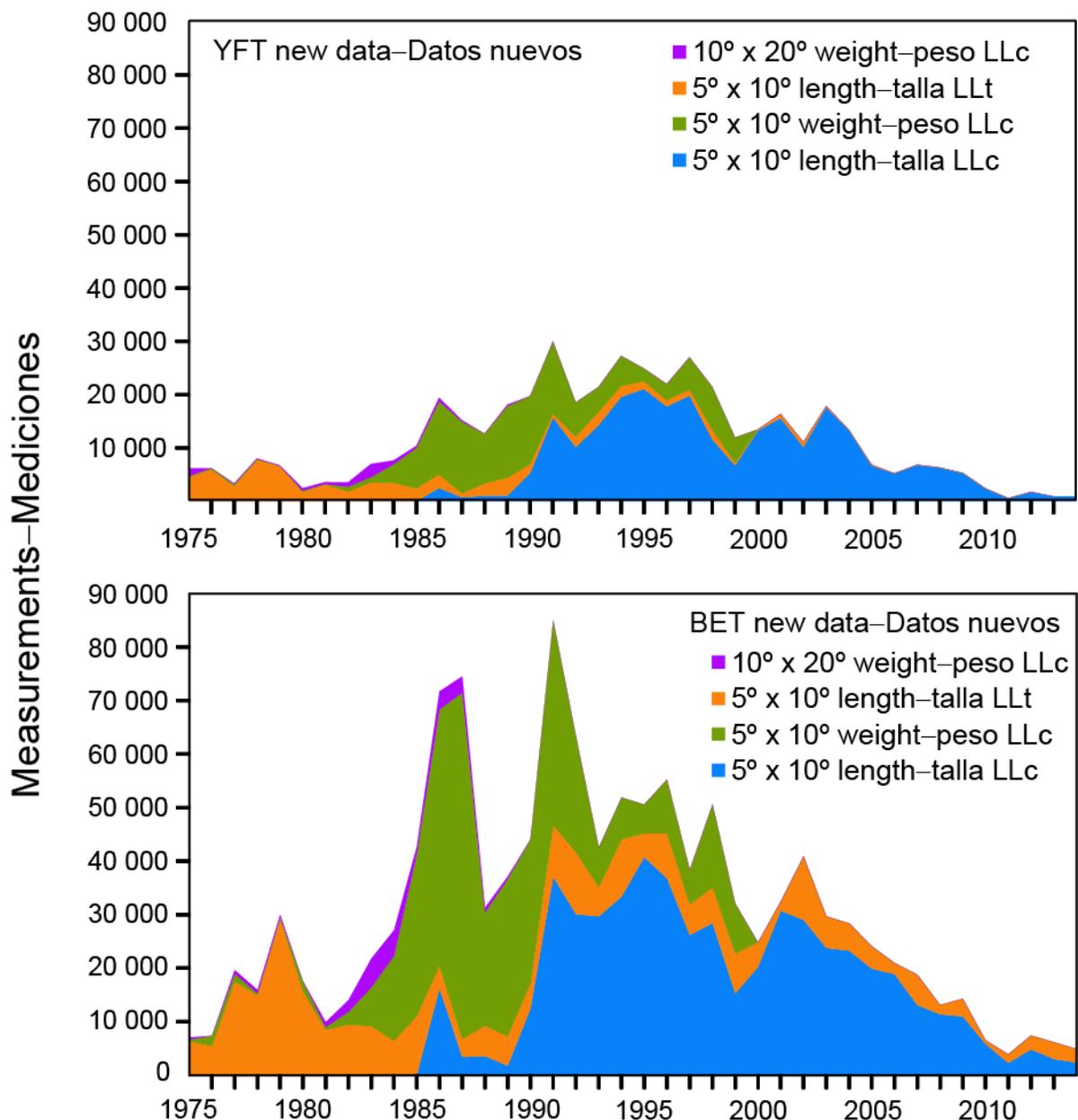
**FIGURE 1.** Pearson residual plots for the model fit to the length-composition data for the Southern longline fishery assumed in the base-case assessment in Aires-da-Silva and Maunder (2009). The gray and black circles represent observations that are lower and higher, respectively, than the model predictions. The sizes of the circles are proportional to the absolute values of the residual. The ovals identify clusters of prominent residual patterns. The dashed vertical line indicates where the residual pattern seems to change. From Aires-da-Silva *et al.* (2010).

**FIGURA 1.** Gráficas de los residuales del ajuste del modelo a los datos de composición por talla de la pesquería palangrera del sur supuestos en la evaluación de caso base en Aires-da-Silva y Maunder (2009). Los círculos grises y negros representan observaciones más bajas y más altas, respectivamente, que las predicciones del modelo. El tamaño de los círculos es proporcional a los valores absolutos de residual. Los óvalos identifican conglomerados de patrones prominentes de residuales. La línea de trazos vertical indica dónde el patrón de residuales parece cambiar. De Aires-da-Silva *et al.* (2010).



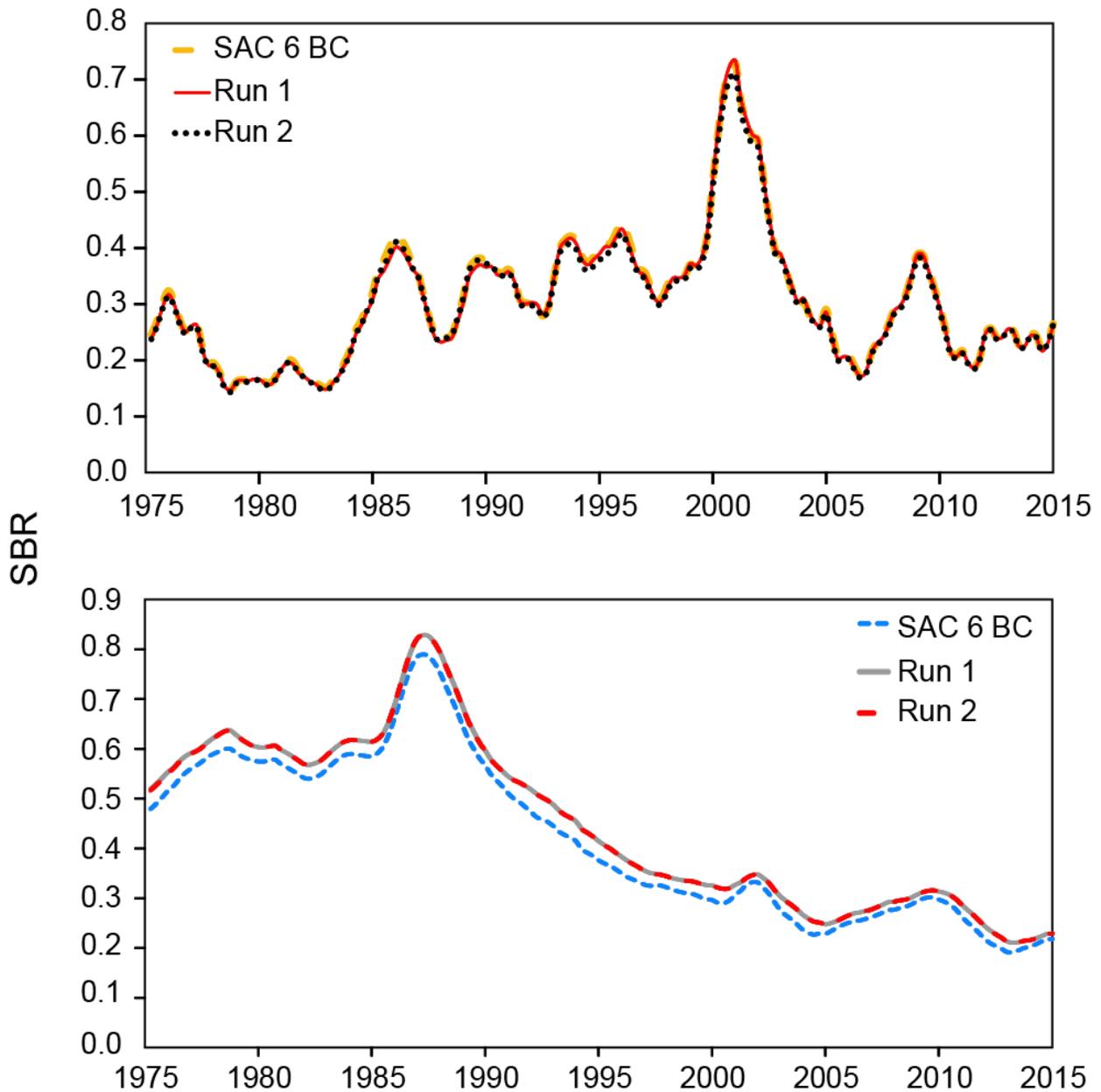
**FIGURE 2.** Number of size measurements for yellowfin (YFT, top panel) and bigeye (BET, bottom panel) tunas in the IATTC database before (old data) and after (new data) the submission of detailed data by Japan.

**FIGURA 2.** Número de mediciones de tamaño de aleta amarilla (YFT, panel superior) y patudo (BET, panel inferior) en la base de datos de la CIAT, antes (datos viejos) y después (datos nuevos) de la entrega de datos detallados por Japón.



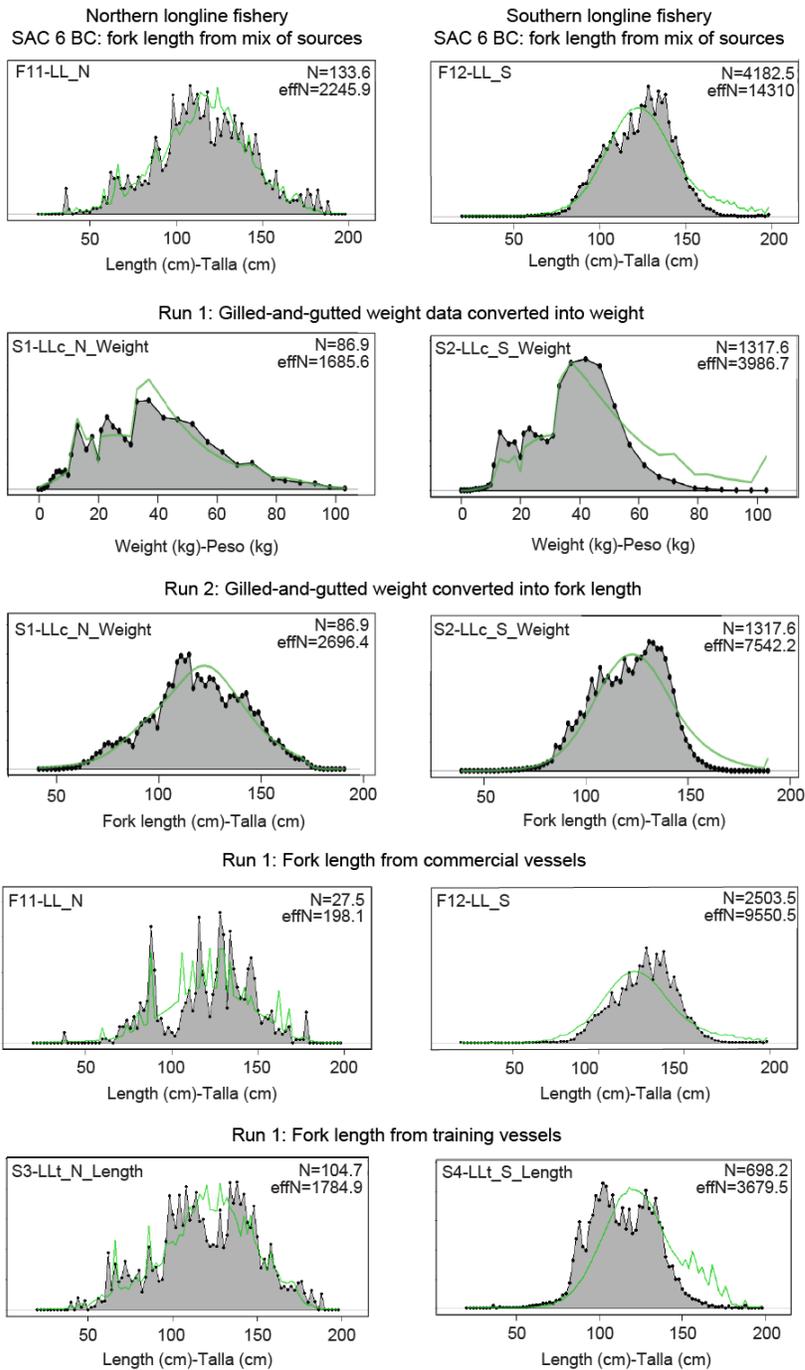
**FIGURE 3.** Number of size measurements of fish from the EPO during the stock assessment period (1975-2014), by species (yellowfin (YFT), top panel; bigeye (BET), bottom panel), type of vessel (LLc: commercial longline vessel; LLt: longline training vessel), spatial resolution ( $10^{\circ} \times 20^{\circ}$  or  $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ ), and measurement type (weight: gilled-and-gutted weight; length: fork length).

**FIGURA 3.** Número de mediciones de tamaño de peces del OPO durante el periodo de la evaluación (1975-2014), por especie (aleta amarilla (YFT), panel superior; patudo (BET), panel inferior), tipo de buque (LLc: palangrero comercial; LLt: palangrero de aprendizaje), resolución espacial ( $10^{\circ} \times 20^{\circ}$  o  $5^{\circ} \times 10^{\circ}$ ), y tipo de medición (peso: peso desagallado y eviscerado; talla: talla furcal).



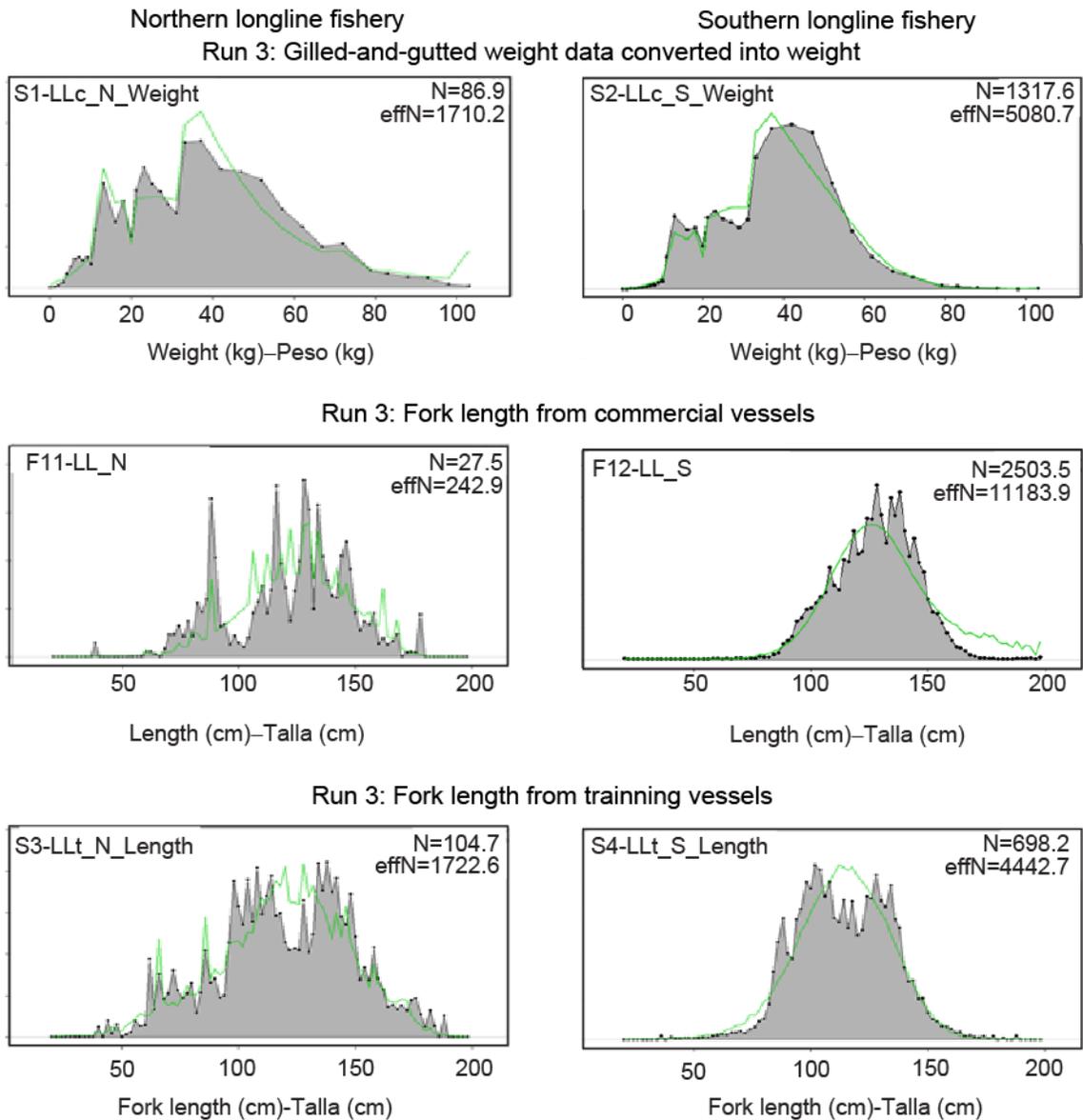
**FIGURE 4.** Spawning biomass ratio (SBR) from the base-case model for SAC 6 and from the two runs designed to mimic the base-case models but incorporating the new longline size-frequency data (Table 1), by species (yellowfin, top panel; bigeye, bottom panel).

**FIGURA 4.** Cocientes de biomasa reproductora (SBR) del modelo de caso base de SAC 6 y de las dos ejecuciones (*runs*) diseñadas para imitar los modelos de caso base reincorporando los nuevos datos de frecuencia de talla palangrera (Tabla 1), por especie (aleta amarilla, panel superior; patudo, panel inferior).



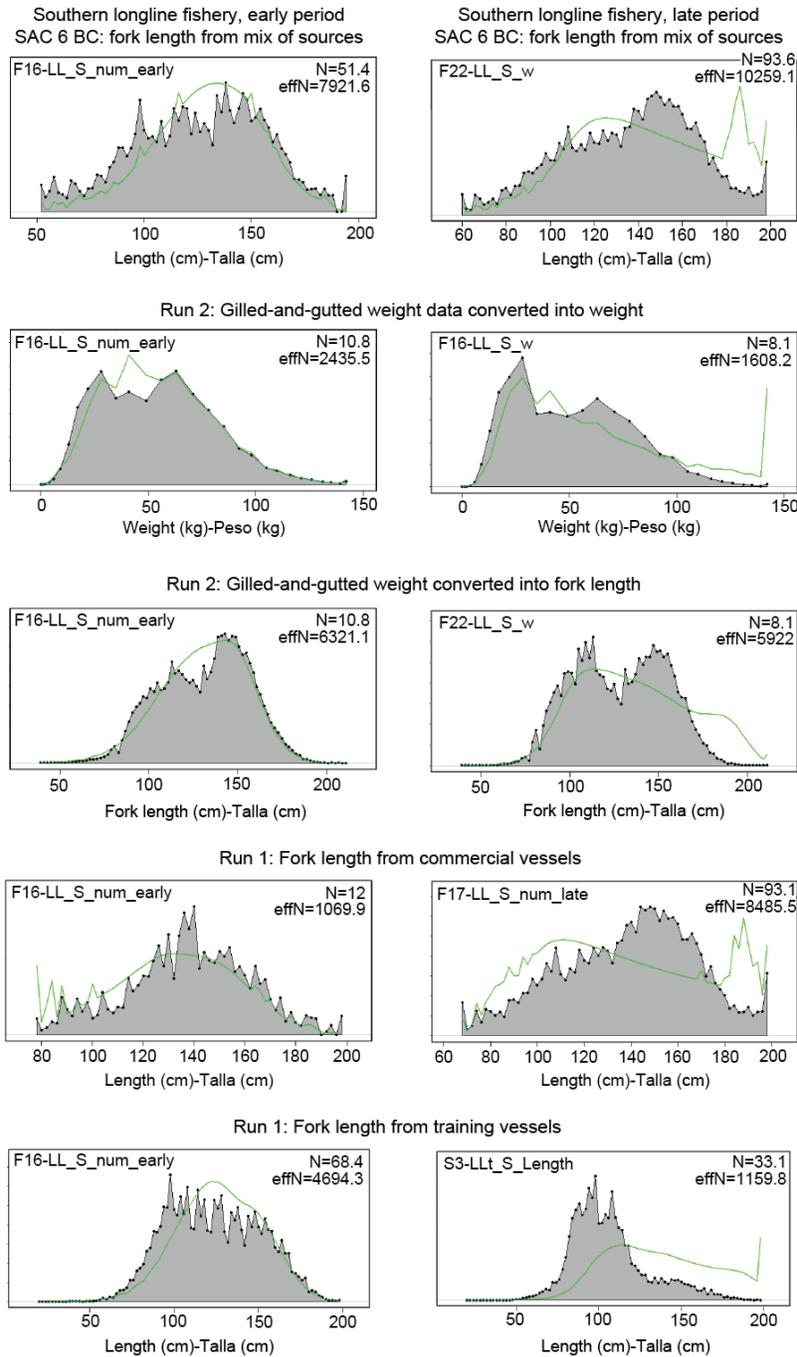
**FIGURE 5a.** Observed (grey area) and predicted (green lines) size frequencies of yellowfin, aggregated by fishery and data type, in the Northern and Southern longline fisheries, for the SAC 6 base case model and Runs 1 and 2 (Table 1). The four bottom plots for Run 2 (not shown) are similar to those for Run 1.

**FIGURA 5a.** Frecuencia de tamaño observada (área gris) y predicha (línea verde) de aleta amarilla, agrupado por pesquería y tipo de dato, en las pesquerías palangreras del norte y del sur, para el modelo del caso base de SAC 6 y las ejecuciones 1 y 2 (Tabla 1). Los gráficos de la ejecución 2 (no presentados) son similares a aquellos de la ejecución 1.



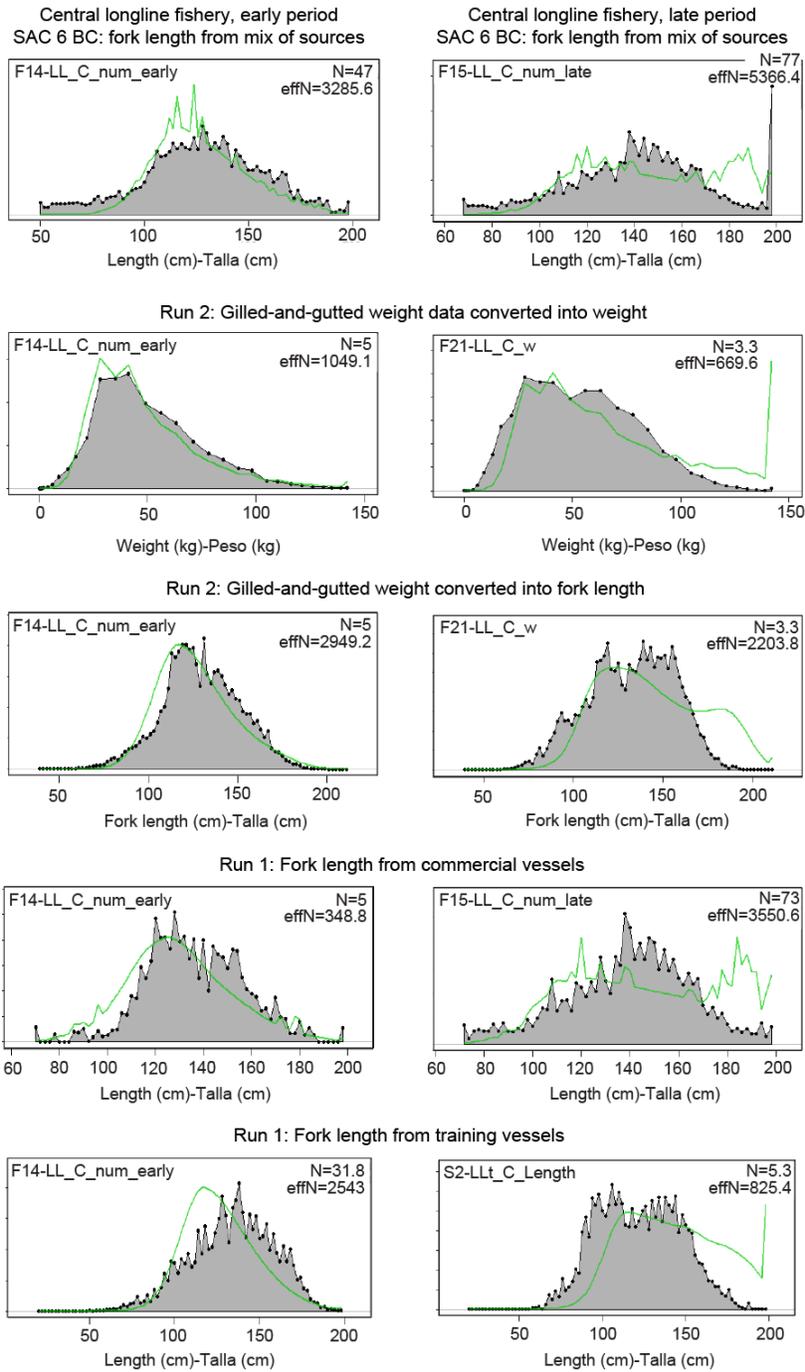
**FIGURE 5b.** Observed (grey area) and predicted (green lines) size frequencies of yellowfin, aggregated by fishery and data type, in the Northern and Southern longline fisheries used in Run 3 (Table 1) of the stock assessment model for yellowfin in the EPO.

**FIGURA 5b.** Frecuencias de tamaño observadas (área gris) y predichas (línea verde) de aleta amarilla, agrupadas por pesquería y tipo de dato, en las pesquerías palangreras del norte y del sur usadas en la ejecución 3 (Tabla 1) del modelo de evaluación de aleta amarilla en el OPO.



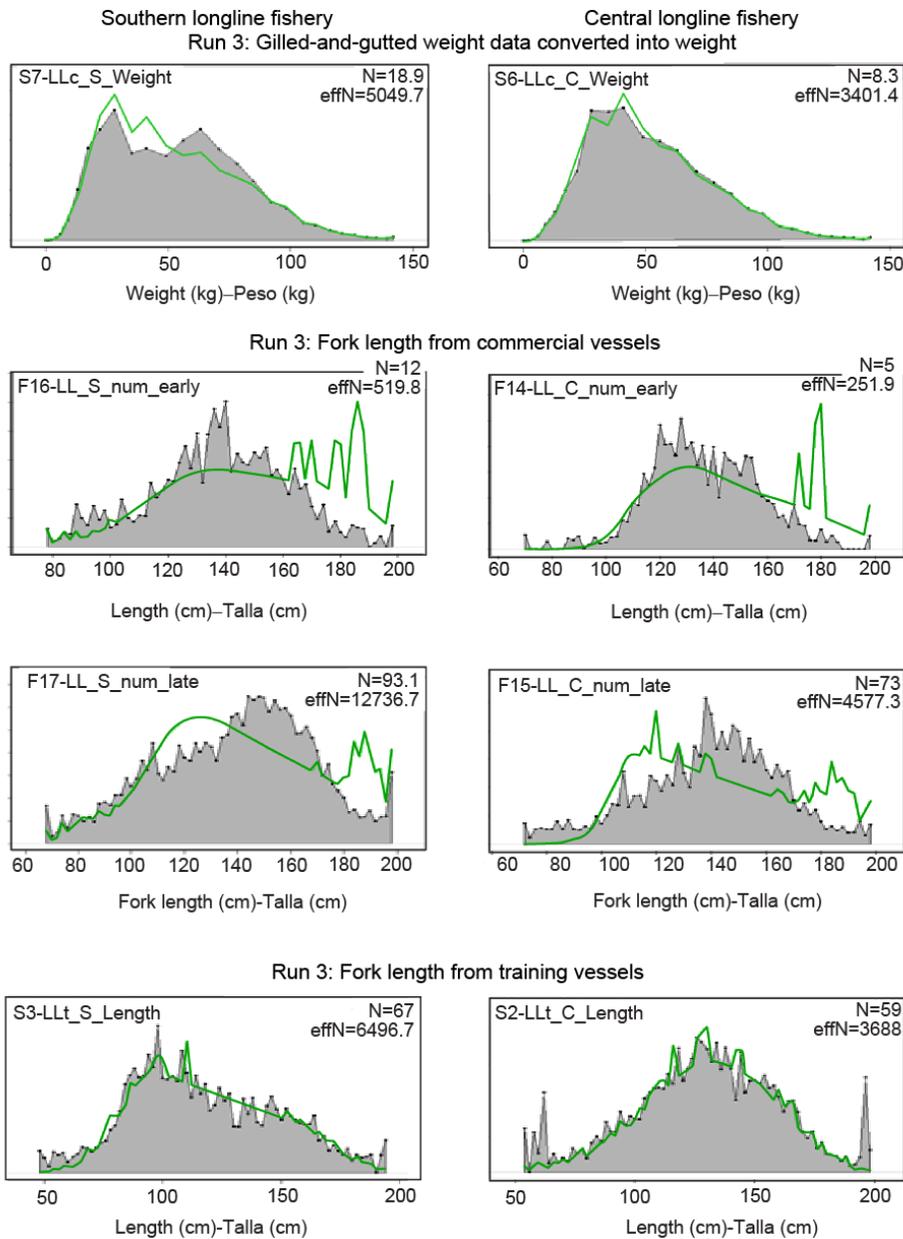
**FIGURE 6a.** Observed (grey area) and predicted (green lines) size frequencies of bigeye, aggregated by fishery and data type, for the Southern longline fishery (early and late period) used in the SAC 6 base case and Runs 1 and 2 (Table 1) of the stock assessment model for bigeye in the EPO. The four bottom plots for Run 2 (not shown) are similar to those for Run 1.

**FIGURA 6a.** Frecuencias de tamaño observadas (área gris) y predichas (línea verde) de patudo, agrupadas por pesquería y tipo de dato, de la pesquería palangrera del sur (periodos temprano y tardío) para el modelo del caso base de SAC 6 y las ejecuciones 1 y 2 (Tabla 1). Los gráficos de la ejecución 2 (no presentados) son similares a aquellos de la ejecución 1.



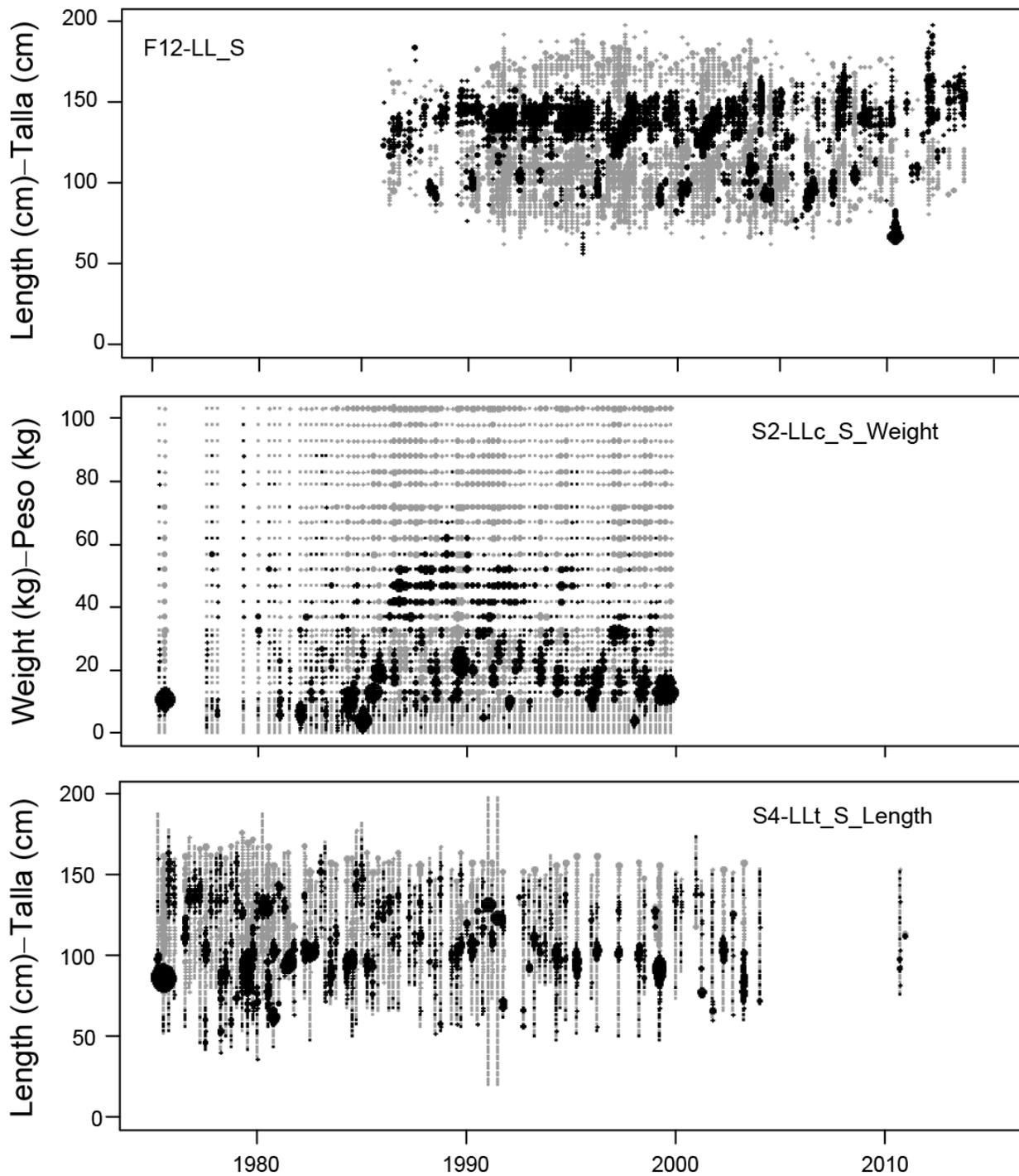
**FIGURE 6b.** Observed (grey area) and predicted (green lines) size frequencies of bigeye, aggregated by fishery and data type, for the Central longline fishery (early and late period) used in the SAC6 BC and Runs 1 and 2 (Table 1) of the stock assessment model for bigeye in the EPO. The four bottom plots for Run 2 (not shown) are similar to those for Run 1.

**FIGURA 6b.** Frecuencias de tamaño observadas (área gris) y predichas (línea verde) de patudo, agrupadas por pesquería y tipo de dato, de la la pesquería palangrera central (periodos temprano y tardío) usados en el caso base de SAC6 y las ejecuciones 1 y 2 (Tabla 1) del modelo de evaluación de patudo en el OPO. Los gráficos de la ejecución 2 (no presentados) son similares a aquellos de la ejecución 1.



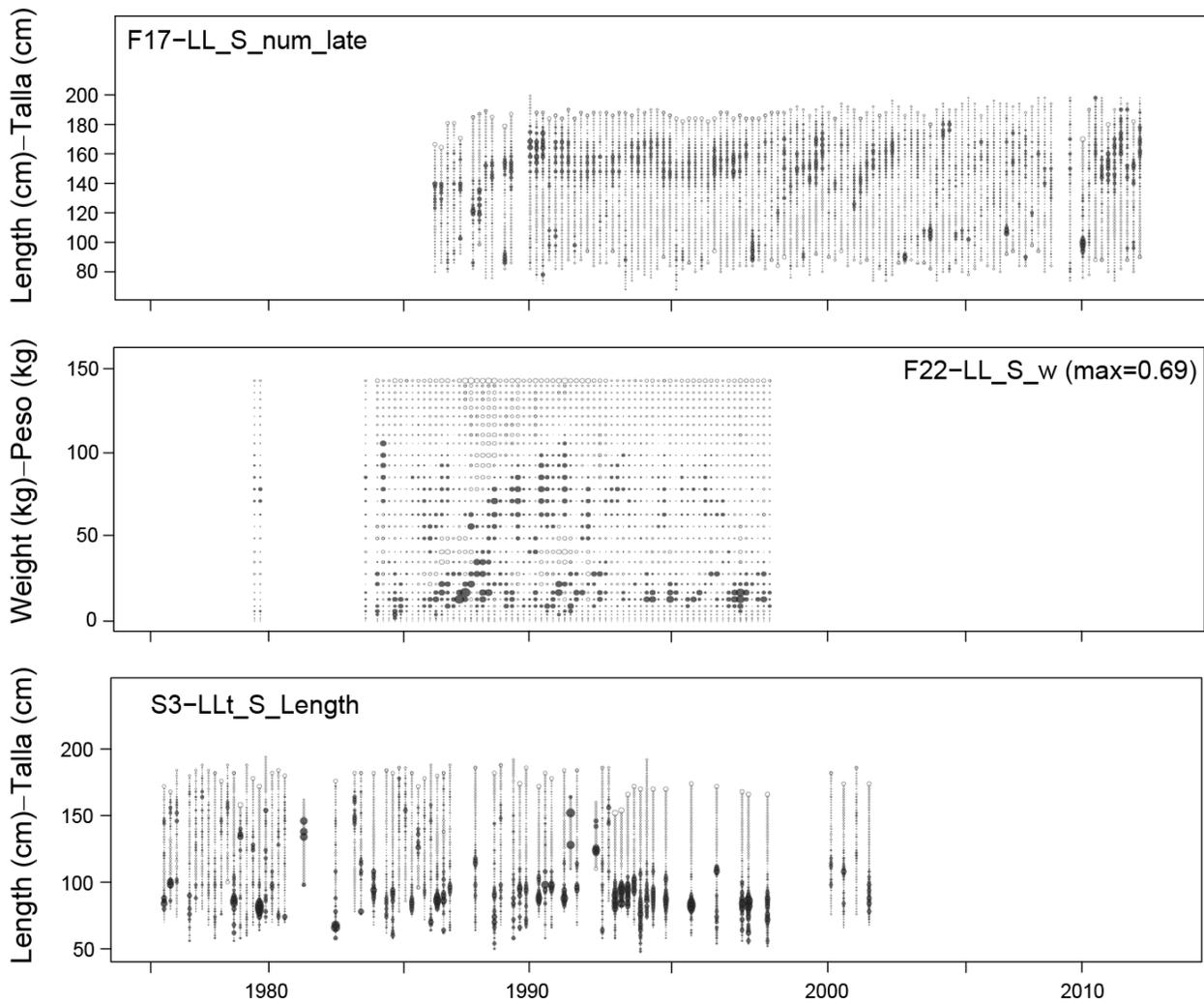
**FIGURE 6c.** Observed (grey area) and predicted (green lines) size frequencies of bigeye, aggregated by fishery and data type, for the Southern and Central longline fisheries for Run 3 of the bigeye stock assessment model in the EPO. The early and late periods are for the commercial vessels shown for comparison purposes to Run 1, as in Run 3 there are no time blocks of selectivity or catchability.

**FIGURA 6b.** Frecuencias de tamaño observadas (área gris) y predichas (línea verde) de patudo, agrupadas por pesquería y tipo de dato, de la ejecución 3 para las pesquerías palangreras del sur y central en el modelo de evaluación de patudo en el OPO. Se muestran periodos temprano y tardío para los buques comerciales para comparación con la ejecución 1, ya que la ejecución 3 no incluye bloques de tiempo para selectividad o capturarabilidad.



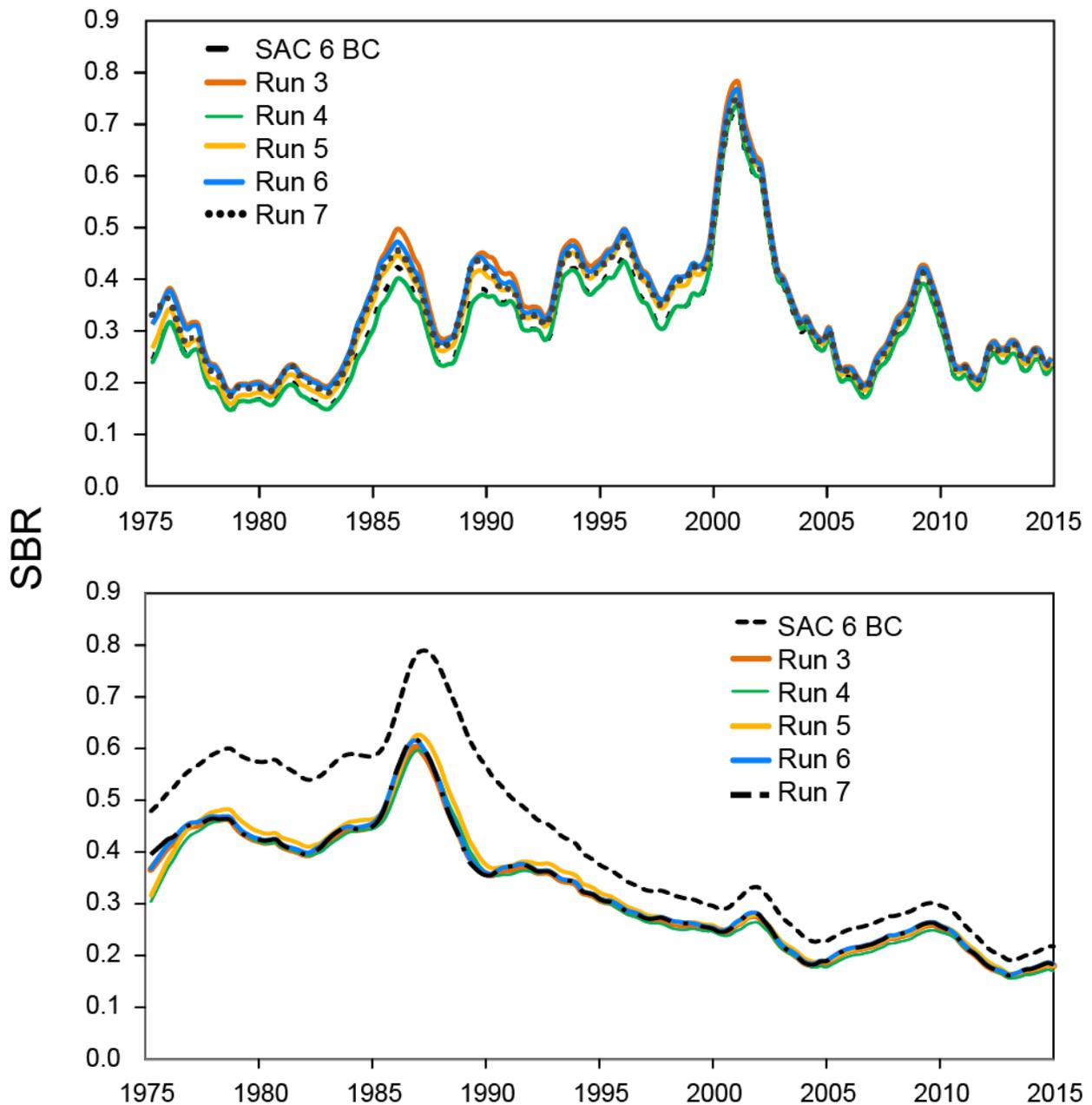
**FIGURE 7a.** Positive (black) and negative (gray) residuals for the size-frequency data of the Southern longline fishery for Run 1 of the model for yellowfin in the EPO. (LL and LLc: commercial longline vessel; LLt: longline training vessel).

**FIGURA 7a.** Residuales positivos (negro) y negativos (gris) de los datos de frecuencia de tamaño de la pesquería palangrera del sur para la ejecución 1 del modelo del aleta amarilla en el OPO. (LL y LLc: palangrero comercial; LLt: palangrero de aprendizaje).



**FIGURE 7b.** Positive (dark gray) and negative (white) residuals for the size-frequency data of the Southern longline fishery EPO for Run 4 of the model for bigeye in the EPO. (LL: commercial longline vessel; LLt: longline training vessel; w: weight).

**FIGURA 7a.** Residuales positivos (gris oscuro) y negativos (blanco) de los datos de frecuencia de tamaño de la pesquería palangrera del sur para la ejecución 4 del modelo de patudo en el OPO. (LL: palangrero comercial; LLt: palangrero de aprendizaje; w: peso).



**FIGURE 8.** Spawning biomass ratios (SBR) from the base-case model for SAC 6 and from the runs designed to investigate the best way of incorporating the new longline size-frequency data into the assessment model (Table 1), by species (yellowfin (YFT), top panel; bigeye (BET), bottom panel).

**FIGURA 4.** Cocientes de biomasa reproductora (SBR) del modelo de caso base de SAC 6 y de las ejecuciones diseñadas para investigar la mejor forma de incorporar los nuevos datos de frecuencia de talla palangrera en el modelo de evaluación (Tabla 1), por especie (aleta amarilla, panel superior; patudo, panel inferior).