

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

NOVENA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

14-18 de mayo de 2018

DOCUMENTO SAC-09-08

MODELO DE EVALUACIÓN EXPLORATORIO CON ESTRUCTURA ESPACIAL PARA EL ATÚN PATUDO

Juan L. Valero, Alexandre Aires-da-Silva, Mark N. Maunder, y Cleridy Lennert-Cody

ÍNDICE

Resumen	1
1. Introducción.....	2
2. Métodos.....	4
3. Resultados y discusión.....	5
4. Conclusiones.....	6
5. Direcciones futuras.....	7
Referencias.....	7
Anexo	26

RESUMEN

La evaluación actual de la población del atún patudo en el Océano Pacífico oriental (OPO) supone una sola población, y está estructurada como una sola área, pero toma en cuenta la estructura espacial en cierto grado mediante el uso del método de flotas-como-áreas. El supuesto subyacente de este método es que la población de patudo está mezclada aleatoriamente en el OPO, sin dinámica espacial local. Sin embargo, los estudios de marcado indican desplazamientos limitados y fidelidad regional del patudo en ciertas zonas del OPO, en particular en la zona ecuatorial desde alrededor de las islas Galápagos hasta 120°O. Estos desplazamientos limitados, combinados con la heterogeneidad espacial del esfuerzo de pesca y de la captura, sugieren que podrían existir patrones locales de reducción de subpoblaciones de patudo en el OPO. Una característica recurrente en las evaluaciones del patudo en el OPO desde 2003 es un aumento del reclutamiento estimado, a partir de mediados de los años 1990, que resulta en un patrón aparente de dos regímenes de reclutamiento, con las estimaciones a partir de mediados de los años 1990 aproximadamente el doble de aquellos del periodo anterior. Se han propuesto varias hipótesis acerca de la causa de este patrón, incluyendo procesos ecológicos, biológicos, y pesqueros, y artificios del modelado. En el presente estudio evaluamos una hipótesis de “discrepancia espacial”, que postula que el patrón resulta de una especificación errónea espacial en el modelo de evaluación de la población. La característica más notable del patrón es que el aumento de la captura cerquera en una amplia zona ecuatorial no se ve reflejada subsecuentemente en una reducción de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) palangrera, usada como índice principal de abundancia relativa en la evaluación de la población de patudo. Esto podría deberse a los desplazamientos relativamente limitados del patudo, que conducen a reducciones locales, y a que el índice de CPUE palangrera mide la abundancia en una zona más amplia, o diferente, que aquella donde ocurrió el aumento de la captura cerquera.

Se usaron dos enfoques para investigar el impacto de configuraciones espaciales alternativas sobre la evaluación del patudo y para determinar cuáles configuraciones podrían eliminar el patrón de dos regímenes de reclutamiento. El primero evalúa la consistencia entre la captura y el índice de abundancia para distintas áreas espaciales, usando un modelo de producción con estructura por edad (*age-structured production model*, ASPM). El segundo evalúa el desempeño de un modelo de evaluación estadístico integrado más completo, aplicado solamente al área donde ocurrió la mayor parte del aumento de la captura cerquera. Los resultados preliminares señalan que el cambio aparente de régimen de reclutamiento ocurre en varias áreas, aun cuando se usa el ASPM, lo cual indica que el patrón es independiente de la composición por talla de las capturas. Los modelos que incluyen dinámica local de captura y los índices de CPUE palangrera locales asociados eliminan el patrón de dos regímenes y estiman poblaciones más reducidas en esas áreas. Estos resultados sugieren que deberían ser consideradas escalas espaciales más finas que aquellas usadas actualmente en el caso base de la evaluación del patudo. Los impactos del uso de esta estructura espacial alternativa en la evaluación sobre las tendencias y la condición de la población estimadas sugieren que se deberían considerar medidas espaciales en la ordenación del patudo en el OPO. Una evaluación con estructura espacial debería ser desarrollada para mitigar los problemas existentes en el modelo, tales como el patrón de dos regímenes de reclutamiento, y para permitir la evaluación de medidas de ordenación alternativas.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El atún patudo (*Thunnus obesus*) se encuentra distribuido por todas las aguas oceánicas tropicales y templadas del Océano Pacífico, aunque se logran las capturas más grandes hacia los extremos oriental y occidental de la cuenca oceánica (Figura 1). El patudo ha sido objetivo principal de las pesquerías palangreras japonesas desde los años 1950 (Miyabe y Bayliff 1998; Miyake *et al.* 2004), y antes de 1994 la pesquería palangrera capturaba aproximadamente el 90% de la captura total. Sin embargo, con el desarrollo de la pesquería cerquera sobre dispositivos agregadores de peces (plantados) a mediados de la década de 1990, dirigida principalmente al atún barrilete (*Katsuwonus pelamis*), las capturas cerqueras crecieron de forma dramática, del 10% o menos al 60% o más del total en un periodo de dos años (Figura 2; Fonteneau *et al.* 2013). Existen diferencias importantes entre las dos pesquerías en la composición por talla de sus capturas (Figura 3) y en sus zonas de operación. Las redes de cerco capturan mayormente patudo pequeño, principalmente entre 5°N y 5°S, mientras que las capturas palangreras, que están compuestas por peces grandes, están distribuidas geográficamente de forma más continua, pero son relativamente bajas entre 160°O y 180° (Schaefer *et al.* 2015). En el Océano Pacífico oriental (OPO), los cerqueros rara vez capturan patudo al norte de 10°N, pero una porción de la captura palangrera de patudo es tomada al norte de dicho paralelo (Aires-da-Silva *et al.* 2017).

La evaluación actual del patudo en el OPO (Aires-da-Silva *et al.* 2017) supone una sola población. Aunque este modelo poblacional de una sola unidad no está estructurado espacialmente, toma en cuenta la estructura espacial en cierto grado mediante el uso del método de “flotas-como-áreas” (ver, por ejemplo, Cope y Punt 2011; Hurtado-Ferro *et al.* 2014), que supone varias pesquerías que se definen mediante una partición de los datos y que actúan sobre la población con distintas capturabilidades y selectividades. El supuesto subyacente de este método es que la población de patudo se encuentra mezclada al azar en el OPO, sin dinámica espacial local, con la excepción de una posible partición espacial por edad.

Los desplazamientos y la estructura de poblacional potencial de patudo en el OPO han sido discutidos por Schaefer (2009), Schaefer y Fuller (2009), y Schaefer *et al.* (2015). Los análisis de datos de marcas convencionales y archivadores indican una dispersión limitada por latitud, cierta fidelidad regional, y una dispersión extensa longitudinal hacia el este (Schaefer *et al.* 2015). Una de las zonas de mayor fidelidad y “viscosidad” (por la tendencia de los peces de permanecer en una zona particular, a diferencia de dis-

persión; ver Schaefer *et al.* 2015) de desplazamientos es el OPO ecuatorial entre aproximadamente 90°O y 115°O (Schaefer y Fuller 2009; Schaefer *et al.* 2015) (Figura 4).

Una característica recurrente de las evaluaciones del patudo en el OPO desde 2003 (Harley *et al.* 2005; Fonteneau y Ariz 2008; Aires-da-Silva 2017) es un aumento repentino del reclutamiento estimado a partir de mediados de los años 1990, que resulta en un patrón aparente de dos regímenes de reclutamiento, con las estimaciones a partir de 1995 aproximadamente el doble de aquéllas antes de ese año (Figura 5). Aunque este patrón desapareció casi completamente en la evaluación de 2014 (Aires-da-Silva y Maunder 2014), apareció de nuevo en las evaluaciones subsiguientes. Se han propuesto varias hipótesis para explicar este patrón (Aires-da-Silva *et al.* 2010), entre ellas un cambio de régimen ambiental (Fonteneau y Ariz 2008), capturas sobre objetos flotantes subestimadas en el período antes de 1994 (Fonteneau y Ariz 2008), tasas de mortalidad natural más altas que aquellas supuestas en los modelos de evaluación (Fonteneau y Ariz 2008), crecimiento denso-dependiente (S. Hoyle, com. pers.), cambios en los patrones de migración (S. Harley, com. pers.), y un artificio del modelado causado por las grandes capturas de individuos pequeños por la pesquería de cerco (Maunder *et al.* 2010). Aunque cualquiera de estas hipótesis podría explicar el patrón de dos regímenes de reclutamiento, solamente algunas han sido evaluadas, y su plausibilidad sigue en duda. Hasta la fecha, dos análisis han corregido el patrón: en primer lugar, permitir mortalidades previamente consideradas inverosímilmente altas para el patudo mediano y grande (Maunder *et al.* 2010), y en segundo lugar, una hipótesis de “discrepancia espacial” (Aires-da-Silva *et al.* 2010), que postula que el patrón puede ser explicado por una especificación espacial errónea en el modelo de evaluación que no toma en cuenta reducciones locales. En la próxima sección se describe esta hipótesis.

1.2. La hipótesis de “discrepancia espacial”

Según esta hipótesis, el patrón de dos regímenes resulta de una especificación espacial errónea en el modelo de evaluación de la población; es decir, es un artificio del modelo, causado por el supuesto que el patudo en el OPO forma una sola población homogénea. Esta hipótesis parece ser consistente con los principales eventos históricos en la pesquería del patudo en el OPO. En particular, el cambio en la estimación de reclutamientos coincidió con la expansión muy rápida de la pesquería cerquera sobre plantados en el OPO ecuatorial a mediados de los años 1990. Esto resultó en competencia con la pesquería palangrera, que había operado en los caladeros ecuatoriales durante varias décadas. Las tasas de captura palangrera reducidas (ver Aires-da-Silva y Maunder 2010) y aparentes conflictos de arte entre las pesquerías palangrera y cerquera (ver, por ejemplo, Skillman *et al.* 1993) resultaron en un éxodo paulatino de los palangreros de las zonas de pesca ecuatoriales centrales hacia el oeste, sur, y norte. Es posible que los palangreros hayan también trasladado su esfuerzo de pesca a caladeros menos explotados o a distintas subpoblaciones de patudo en el OPO a partir de mediados de los años 1990. Análisis espaciales preliminares de los cambios históricos en la distribución del esfuerzo palangrero y cerquero, y cierta información anecdótica, apoyan esta serie de eventos históricos. Además, los indicios en los datos de marcado de desplazamientos limitados y mezcla limitada de patudo en el OPO ecuatorial (Figura 4) (Schaefer y Fuller 2009; Schaefer *et al.* 2015) sugieren que el patudo juvenil explotado por la pesquería sobre plantados podría no ser vulnerable a los palangreros en esos caladeros nuevamente ocupados al llegar a una edad mayor. Esto también explicaría el hecho que el aumento de la captura cerquera no parece reducir la CPUE palangrera, y por lo tanto el índice de abundancia relativa, ya que el índice de CPUE palangrera mide la abundancia en una zona más amplia, o diferente (Figuras 1 y 6), que aquella donde ocurrió el aumento de la captura cerquera.

Si la hipótesis de una discrepancia espacial es correcta, una evaluación del patudo estructurado por edad debería minimizar, o quizás eliminar, el patrón de dos regímenes de reclutamiento. Aires-da-Silva y Maunder (2010) probaron el impacto de esta hipótesis sobre los resultados de la evaluación del patudo

mediante un ajuste de modelos con separación espacial e independientes para cuatro áreas del OPO (Figura 6), y que resultó en diferentes tendencias y niveles de reducción entre áreas y una corrección parcial del patrón de dos regímenes, lo cual es deseable para eliminar especificaciones erróneas y sesgos potenciales del modelo.

1.3. Objetivos

Es importante identificar la fuente del patrón de dos regímenes en la evaluación del patudo, particularmente si se debe a una especificación errónea del modelo, no sólo para los fines de la evaluación de la población sino también para el trabajo actual de evaluación de estrategias de ordenación (EEO) en la CIAT (Maunder *et al.* 2016), ya que el modelo operativo para el trabajo de EEO se basa en el modelo de evaluación de poblaciones. Es sumamente importante para el trabajo de EEO que los modelos operativos sean realistas, y es deseable eliminar especificaciones erróneas potenciales del modelo, y los sesgos potenciales resultantes, en las evaluaciones de poblaciones para mejorar la precisión del asesoramiento de ordenación basado en dichas evaluaciones.

Este informe presenta los resultados de la aplicación de modelos exploratorios de evaluación de poblaciones con estructura espacial al atún patudo en el OPO con distintas complejidades del modelo, usos de los datos, y configuraciones espaciales. El objetivo principal es evaluar el impacto de configuraciones espaciales alternativas sobre la evaluación del patudo, y determinar cuáles configuraciones eliminan el patrón de dos regímenes de reclutamiento.

2. MÉTODOS

Se usó la plataforma de modelado *Stock Synthesis* (SS - Versión 3.3; Methot y Wetzel 2013) para modelar la dinámica poblacional del atún patudo en el OPO con diferentes complejidades del modelo y configuraciones espaciales. Si bien la actual evaluación poblacional de patudo (Aires-da-Silva *et al.* 2017) es realizada una versión previa de SS (2.23b), comparaciones entre las dos versiones para el modelo de caso base produjeron resultados muy similares. Se usaron dos métodos para investigar el impacto de configuraciones espaciales alternativas sobre la evaluación del patudo y para determinar cuáles configuraciones podrían eliminar el patrón de dos regímenes de reclutamiento. El primero evalúa la consistencia entre la captura y el índice de abundancia para distintas áreas espaciales, usando un modelo de producción estructurado por edad (*age-structured production model*; ASPM) (ver detalles y aplicación al patudo en Minte-Vera *et al.* (2017)); el segundo evalúa el desempeño de un modelo de evaluación estadístico integrado más completo, aplicado solamente al área donde ocurrió el aumento de la captura cerquera.

2.1. Modelo de producción estructurado por edad (ASPM)

A fin de explorar sistemáticamente el efecto de configuraciones espaciales alternativas sobre los resultados del modelo, se usaron tres bandas latitudinales (5°N-5°S, 10°N-5°S y 10°N-10°S) y cuatro meridianos (95°O, 100°O, 110°O, y 120°O) para dividir al OPO en 12 cuadrículas de 6 áreas (Figura 7), para un total de 72 áreas individuales. Se ajustó un ASPM independiente (o sea, sin movimiento entre áreas y sin parámetros estimados compartidos) para cada área, usando capturas totales por área agregadas por flota (cerco y palangre) y CPUE palangrera nominal (no estandarizada). El ASPM estimó las desviaciones del reclutamiento, biomasa, y mortalidad por pesca, por trimestre, para cada una de las 72 áreas durante 1975-2015 (Anexo 1).

2.2. Modelo integrado

Se aplicó un modelo de evaluación de poblaciones estadístico integrado, usando datos de 1975-2016 y una escala temporal trimestral, al área entre 5°N y 5°S desde 110°O hasta 85°O, denominada el área Central (Figura 6), que fue también usada por Aires-da-Silva y Maunder (2010). Se modificó la definición de las pesquerías usadas en la evaluación de caso base (Aires-da-Silva *et al.* 2017) con base en su sola-

pamiento espacial con el área Central (Figura 8). Los datos incluyeron, para las pesquerías palangreras, capturas, CPUE estandarizada, y composiciones por talla de 1975-2016. En el caso de las pesquerías de cerco, se usaron solamente datos de captura y composición por talla posteriores a 1993, correspondientes a la expansión de las pesquerías sobre plantados en el OPO ecuatorial; antes de 1993 hubo poco o ningún solapamiento espacial con el área Central (Waters 1999).

Al correr el modelo integrado se usaron los mismos supuestos que en la evaluación de caso base de 2017 con respecto al crecimiento, reproducción, selectividad, mortalidad natural, y la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt. Se usaron tres ponderaciones alternativas de los datos de composición de tallas ($\lambda = 0.05$, $\lambda = 1$, y ponderación iterativa), siguiendo el método de Francis (2011). En la evaluación de caso base actual (Aires-da-Silva et al. 2017) se redujo la ponderación de los datos de composición por talla para todas las pesquerías ($\lambda = 0.05$). Aumentar la ponderación de dichos datos ($\lambda = 1$) empeora el patrón de dos regímenes y tiene un gran impacto sobre los resultados de la evaluación, conduciendo a una condición más pesimista del estado de la población.

2.3. Comparación entre el modelo integrado y el ASPM

Se compararon los resultados de la evaluación estadística integrada para el área Central con aquellos del ASPM con la configuración espacial más cercana, el área al este de 110°O entre 5°N y 5°S (Figura 7, Cuadrícula C), cuya única diferencia espacial es que dicho ASPM incluye el área entre 85°O y la costa. Otra diferencia es que el modelo integrado usa CPUE palangrera estandarizada, mientras que el ASPM usa CPUE nominal. Para tomar en cuenta esta diferencia, se corrió el ASPM con la CPUE estandarizada del área Central también.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Modelo de producción estructurado por edad (ASPM)

Los primeros intentos con el ASPM sin estimar las desviaciones del reclutamiento no produjeron ajustes buenos a la CPUE palangrera (Figura 9), y no se presentan los resultados en este informe. Los intentos subsiguientes que sí estimaron las desviaciones del reclutamiento produjeron ajustes razonables a la CPUE palangrera (ver, por ejemplo, Figura 10 y Figuras A1-A12 del Anexo). Esto sugiere que las estimaciones de reclutamiento están impulsando las estimaciones de tendencias de la abundancia más que la captura, lo cual es problemático si se depende del efecto de la captura sobre los índices de abundancia relativa para informar la abundancia absoluta (Minte-Vera *et al.* 2017). En el caso de la mayoría de las 12 combinaciones de 6 áreas posibles (Figura 7), algunas de las áreas tienen datos insuficientes o demasiado escasos para resultados coherentes, especialmente las áreas costeras al norte y al sur de las áreas ecuatoriales, y en menor grado las áreas al norte y al oeste de las áreas ecuatoriales (Figura 7 y Anexo). Esto sugiere que, al menos en una división sistemática del OPO, seis áreas son demasiadas, y que menos áreas, o el uso de otros criterios para definir las áreas espaciales (tal como el nivel de solapamiento entre las pesquerías de cerco y palangre, ver sección de Direcciones Futuras), podría posiblemente ser un método mejor para delinear áreas espaciales. En el caso de las combinaciones de áreas con suficientes datos, los resultados son generalmente consistentes, con reducciones mayores de la biomasa en las áreas ecuatoriales (Anexo, Figuras A13-A24), mientras que las otras áreas muestran trayectorias planas de la biomasa o reducciones menores. Los resultados generales indican que el patrón de dos regímenes de reclutamiento aparece en varias combinaciones de áreas (ver Anexo, Figuras A25-A36) si se usa el ASPM, lo cual indica que el patrón de reclutamiento es independiente de las composiciones de tallas, que no se usan en el ASPM.

3.2. Modelo integrado

Los resultados del modelo integrado señalan una tendencia decreciente más empinada del cociente de

biomasa reproductora (la razón de la biomasa reproductora de la población actual a aquella de la población sin pesca; *spawning biomass ratio*, SBR), y una población más reducida (Figura 11) en el área Central de lo que estima la evaluación de caso base para el OPO entero (Figura 12). Las estimaciones de reclutamiento en el área Central (Figura 11) no muestran el patrón de dos regímenes típico de modelos previos (Figura 12). Estos resultados son consistentes con aquellos de Aires-da-Silva y Maunder (2010).

Ponderaciones alternativas de los datos no afectan los resultados generales. En la evaluación de caso base actual, se reduce la ponderación de los datos de composición por talla para todas las pesquerías ($\lambda = 0.05$), ya que aumentar su ponderación ($\lambda = 1$) empeora el patrón de dos regímenes y tiene un impacto grande sobre los resultados de la evaluación, conduciendo a una condición más pesimista de la población que con $\lambda = 0.05$. Por contraste, en el área Central la ponderación alternativa de los datos de composición por talla no causó cambios significativos en las tendencias del reclutamiento ni en el SBR (Figura 13). Una ponderación de los datos usando el método de Francis (2011) resultó en valores más altos de λ para todas las pesquerías, de alrededor de 0.5 en el caso de las pesquerías de cerco y entre 0.8 y 2.5 en el caso de las pesquerías palangreras.

Considerando el alto grado aparente de viscosidad y las tasas de mezcla bajas del patudo en el OPO ecuatorial, indicado por los datos de marcado, y que el área Central es el área con la mayor discrepancia espacial entre el aumento de las capturas cerqueras y la reducción del esfuerzo palangrero, el uso del área Central para evaluar la estructura espacial del patudo en el OPO parece un método razonable.

En el futuro se podrían evaluar otros supuestos acerca de la estructura espacial, tales como aquellos definidos de análisis de árbol de regresión multivariado en las distribuciones de frecuencia de talla de patudo y datos de CPUE (Lennert-Cody *et al.* 2010) u otros criterios tales como el nivel de solapamiento entre las pesquerías de cerco y de palangre (ver sección de Direcciones Futuras).

3.3. Comparación del modelo integrado y el ASPM

Las tendencias decrecientes de la biomasa reproductora estimada por el modelo integrado y el ASPM son similares, aunque la escala de la biomasa es mayor en el caso del ASPM (Figura 14). El uso del ASPM con la CPUE palangrera estandarizada produce estimaciones intermedias entre los dos modelos (Figura 14). Surge un patrón similar cuando se comparan los SBR, con una población más reducida para el modelo integrado y el ASPM que usa CPUE estandarizada (Figura 15). Ambos modelos de ASPM estiman un reclutamiento promedio más alto que el modelo integrado (Figura 16, panel superior). Aunque no es evidente el patrón de dos regímenes en el modelo integrado, es evidente en el ASPM, independientemente de si se usa CPUE estandarizada o nominal (Figura 16, panel inferior). El modelo integrado estima selectividades por área y reclutamiento informado por varias fuentes, tales como CPUE, captura, y composiciones por talla, mientras que el ASPM usa selectividades fijas cerqueras y palangreras agregadas (con base en la evaluación de caso base de 2017, Aires-da-Silva *et al.* 2017) y estima el reclutamiento a partir del índice palangrero y la captura únicamente. Esto sugiere que intentar resolver la discrepancia espacial entre las capturas cerqueras y el índice de CPUE palangrera mediante el uso de áreas más pequeñas podría funcionar tan solo parcialmente a menos que se incluyan los datos de composición por talla, que no son usados en el ASPM.

4. CONCLUSIONES

Aunque se han propuesto varias hipótesis para explicar el patrón aparente de dos regímenes de reclutamiento en las evaluaciones de patudo, la hipótesis de una discrepancia espacial es la más plausible hasta la fecha. Los resultados del presente trabajo son consistentes con aquellos de Aires-da-Silva y Maunder (2010), y demuestran que una desagregación espacial de la evaluación de patudo elimina el patrón de dos regímenes, que parece ser un artificio de tratar el OPO como una sola área homogénea en la evaluación. No desagregar la evaluación en el espacio causa una discrepancia espacial entre el au-

mento sustancial de las capturas cerqueras en la región ecuatorial a mediados de los años 1990 (que conduce a reducciones locales) y la falta de cambio en los índices de CPUE palangrera agregadas a nivel del OPO entero. El modelo de caso base detecta un aumento de las capturas en los años 1990, pero la CPUE palangrera, el impulsor principal de la evaluación, permanece relativamente plana a nivel del OPO entero, lo cual fuerza al modelo a aumentar el reclutamiento para explicar el aumento de la captura sin reducción en el índice de abundancia. Los modelos que reflejan la dinámica local de las capturas y los índices de CPUE palangrera locales asociados eliminan el patrón de dos regímenes de reclutamiento, y resultan en una mayor reducción de las poblaciones en esas áreas. Esto es consistente con los resultados del modelo integrado de este estudio, así como aquellos de Aires-da-Silva y Maunder (2010). Los resultados sugieren que, además de las medidas actuales de ordenación para el patudo en el OPO, se deberían evaluar medidas de ordenación espaciales alternativas.

5. DIRECCIONES FUTURAS

Se podrían evaluar en el futuro otros supuestos sobre la estructura de la población, tales como aquellos obtenidos recientemente de análisis de árbol de regresión multivariado en las distribuciones de frecuencia de talla de patudo y datos de CPUE (Lennert-Cody *et al.* 2010). Se podrían usar los análisis espaciales de la discrepancia entre la distribución espacial de las pesquerías cerquera y palangrera para definir áreas.

Un factor que posiblemente esté causando la correspondencia entre el aumento de la captura cerquera y los índices de abundancia basados en la CPUE palangrera es la forma en que se estandarizan esos índices. El índice actual se basa en un modelo lineal generalizado sencillo que asigna una ponderación igual a cada punto de datos en el análisis (estratos de 1°x1°-mes-anzuelos por canasta) y supone que la estructura de tallas representada por el índice es igual que aquella de la captura. Un método más apropiado podría ser usar un modelo espaciotemporal que suma sobre áreas y trata los datos de composición apropiadamente (Maunder *et al.* 2017).

Aunque este estudio se enfocó solamente en el OPO, los beneficios de continuar la colaboración con la Secretaría de la Comunidad del Pacífico (SPC) en una evaluación del patudo a lo largo del Pacífico entero son claros, particularmente debido a los extensos desplazamientos de juveniles del Pacífico central al OPO. Se podrían incorporar nuevos datos de marcado en un modelo de dinámica poblacional con estructura espacial, que debería ayudar a evaluar los sesgos potenciales que resulten del método actual de realizar evaluaciones separadas para el OPO y el Pacífico central y occidental. Datos de marcado serían útiles no sólo para ayudar a definir las áreas, sino también para estimar los desplazamientos entre áreas.

Mejores conocimientos de la estructura espacial y dinámica del patudo tanto en el OPO como en el Pacífico entero mejorarían no sólo el asesoramiento científico para la ordenación derivado de las evaluaciones de poblaciones, sino también la construcción y refinamiento de los modelos operativos para el trabajo de EEO por el personal de la CIAT. Los modelos operativos son generalmente más complejos que los modelos de evaluación porque necesitan describir todos los estados de naturaleza posibles para probar la robustez de las estrategias alternativas de ordenación. Por lo tanto, es importante incluir estructura espacial en el modelo operativo para el atún patudo.

REFERENCIAS

- Aires-da-Silva A. and M. Maunder, 2010. An evaluation of spatial structure in the stock assessment of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Document BET-01-02b. External review of IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California, USA. 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva A. and M. Maunder. 2014. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2013 and outlook for the future.

- Aires-da-Silva, A., M. N. Maunder, and P. K. Tomlinson. 2010. An investigation of the trend in the estimated recruitment for bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean. Document BET-01-06. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Document BET-01-02b. External review of IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California, USA. 3-7 May 2010.
- Aires-da-Silva, A., Minte-Vera, C., and M.N. Maunder. 2017. Status of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean in 2016 and outlook for the future. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. SAC-08-04a.
- Aires-da-Silva, A. M., Maunder, M. N., Schaefer, K. M., and Fuller, D. W. 2015. Improved growth estimates from integrated analysis of direct aging and tag-recapture data: An illustration with bigeye tuna (*Thunnus obesus*) of the eastern Pacific Ocean with implications for management. Fisheries Research, 163: 119-126.
- Cope, J.M., Punt, A.E., 2011. Reconciling stock assessment and management scales under conditions of spatially varying catch histories. Fish. Res. 107, 22–38.
- Fonteneau, A., and Ariz, J. 2008. An overview of 10 years of IATTC bigeye stock assessments in the Eastern Pacific Ocean. In 'The 9th Stock assessment review meeting, La Jolla, 12–16 May 2008'. (Inter-American Tropical Tuna Commission: La Jolla, San Diego, CA.)
- Fonteneau, A., Chassot, E., Bodin, N., 2013. Global spatio-temporal patterns in tropical tuna purse seine fisheries on drifting fish aggregating devices (DFADs): taking a historical perspective to inform current challenges. Aquat. Living Resour. 26,37–48.
- Francis, R. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can J Fish Aquat Sci. 68: 1124-1138.
- Hurtado-Ferro, F., Punt, A.E. and Hill, K.T. 2014. Use of multiple selectivity patterns as a proxy for spatial structure. Fisheries Research 158, 102–115.
- Lennert-Cody, C., M.N. Maunder, and A. Aires-da-Silva. 2010. Preliminary analysis of spatial-temporal pattern in bigeye tuna length-frequency distributions and catch-per-unit-effort trends. BET-01-02. External review of IATTC bigeye tuna assessment, La Jolla, California, USA, 3-7 May, 2010.
- Maunder, M.N., and Piner, K.R. 2015. Contemporary fisheries stock assessment: many issues still remain. ICES Journal of Marine Science (2015), 72(1), 7–18. doi:10.1093/icesjms/fsu015.
- Maunder, M.N., Aires-da-Silva, A. and Lennert-Cody, C.E. Summary of issues in the Eastern Pacific Ocean Bigeye Tuna assessment. 2010. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Document BET-01-01. External review of IATTC bigeye tuna assessment. La Jolla, California, USA. 3-7 May 2010.
- Maunder, M. N., Aires-da-Silva, A., Minte-Vera, C and Valero, J. L. 2016. Current and future research on management strategy evaluation (MSE) for tunas and related species in the Eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 7th Scient. Adv. Com. Meeting. SAC-07.
- Maunder, M.N., Thorson, J.T., Lee, H.H., Kai, M., Chang, S.K., Kitakado, T., Albertsen, C.M., Lennert-Cody, C.E., Aires-da-Silva, A.M., Piner, K.R. 2017. The need for spatial-temporal modeling of catch-per-unit-effort data when used to derive indices of relative abundance to include in stock assessment models. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., 8th Scient. Adv. Com. Meeting. SAC-08-05d.
- Methot, R. D. 2005. Technical description of the Stock Synthesis II assessment program. NOAA Fisheries. http://www.sefsc.noaa.gov/sedar/download/S16_AW_04.pdf
- Methot, R.D., and Wetzel, C.R. 2013. Stock Synthesis: A biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. Fish Res. 142: 86-99.
- Minte-Vera, C. V., Maunder, M. N., Aires-da-Silva, A. M., Satoh, K., Uosaki, K. Get the biology right, or use size-composition data at your own risk. 2017. Fisheries research. 192: 114-125.
- Miyabe, N., Bayliff, W.H., 1998. A review of information on the biology, fisheries, and stock assessment of bigeye tuna, *Thunnus obesus*, in the Pacific Ocean. Inter-Am. Trop. Tuna Comm. Spec. Rep. 9, 129–170.
- Miyake, M.P., Miyabe, N., Nakano, H., 2004. Historical trends of tuna catches in the world. FAO Fish. Tech. Pap. 467, 74 pp.

- Schaefer, K. M., D. W. Fuller. 2002. Movements, behavior, and habitat selection of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern equatorial Pacific, ascertained through archival tags. Fish. Bull. 100: 765-788.
- Schaefer, K.M. 2009. Stock structure of bigeye, yellowfin, and skipjack tunas in the eastern Pacific Ocean. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Stock Assess. Rep. 9. 203-221
- Schaefer, K.M. and D.W. Fuller. 2009. Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean, as determined from conventional and archival tagging experiments initiated during 2000-2005. IATTC Bulletin, Vol. 24(2).
- Schaefer, K., Fuller, D., Hampton, J., Caillot, S., Leroy, B., and Itano, D. 2015. Movements, dispersion, and mixing of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) tagged and released in the equatorial Central Pacific Ocean, with conventional and archival tags. Fisheries Research, 161:336-355.
- Skillman, A., R., Boggs, C. H., and Pooley, S. 1993. Fishery interaction between the tuna longline and other pelagic fisheries in Hawaii. NOAA Technical Memorandum NMFS 189.
- Watters, G.M. 1999. Geographical distributions of effort and catches of tunas by purse-seine vessels in the eastern Pacific Ocean during 1965-1998. IATTC Data Report 10.

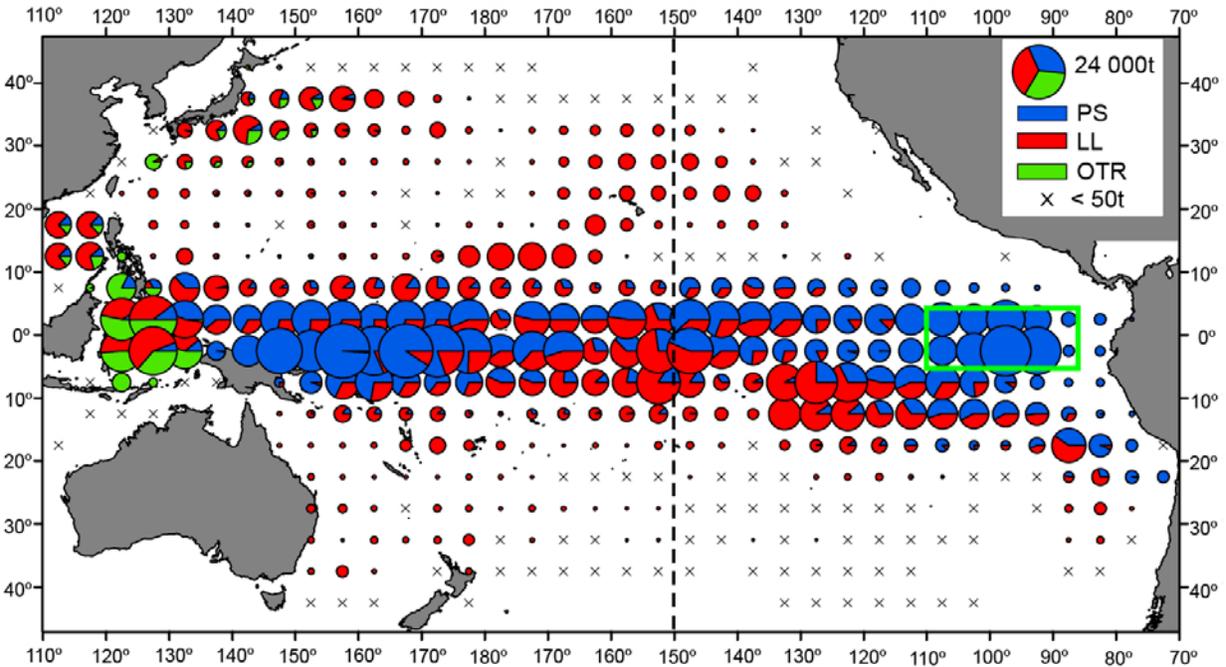


FIGURE 1. Distribution of the catches of bigeye tuna in the Pacific Ocean, by 5° x 5° area and gear type, 2008-2012. The sizes of the circles are proportional to the catch. The vertical dashed line at 150°W marks the western boundary of the eastern Pacific Ocean (EPO). The green rectangle represents the Central area used in this study (modified from Schaefer *et al.* 2015). PS: purse seine; LL: longline; OTR: other gears.

FIGURA 1. Distribución de las capturas de atún patudo en el Océano Pacífico, por área de 5° x 5° y tipo de arte, 2008-2012. El tamaño de los círculos es proporcional a la captura. La línea de trazos vertical en 150°O marca el límite occidental del Océano Pacífico oriental de (OPO). El rectángulo verde representa el área Central usada en el presente estudio (modificado de Schaefer *et al.* 2015). PS: red de cerco; LL: palangre; OTR: otras artes.

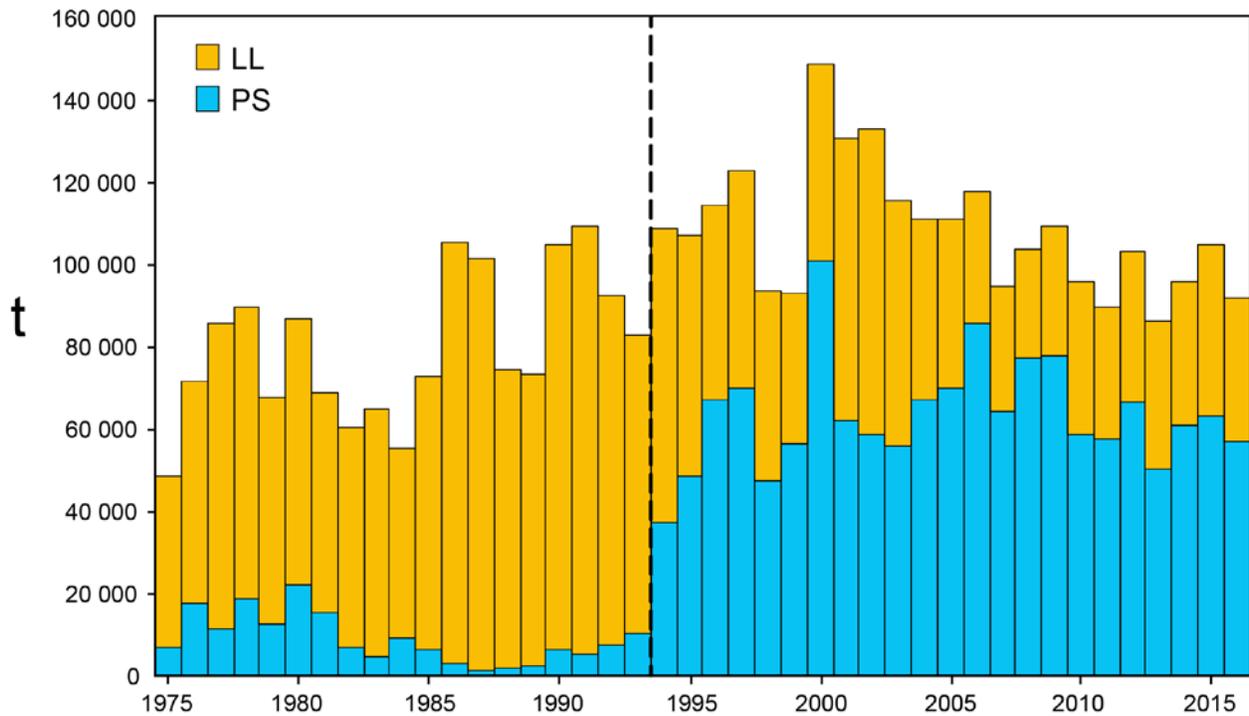


FIGURE 2. Annual catches of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean, by gear, 1975-2016, showing the sudden change (dashed vertical line) resulting from the introduction of fish-aggregating devices (FADs) in the early 1990s. PS: purse seine; LL: longline.

FIGURA 2. Capturas anuales de atún patudo en el Océano Pacífico oriental, por arte, 1975-2016, mostrando el cambio súbito (línea de trazos vertical) que resultó de la introducción de los dispositivos agregadores de peces (plantados) a principios de la década de 1990. PS: red de cerco; LL: palangre.

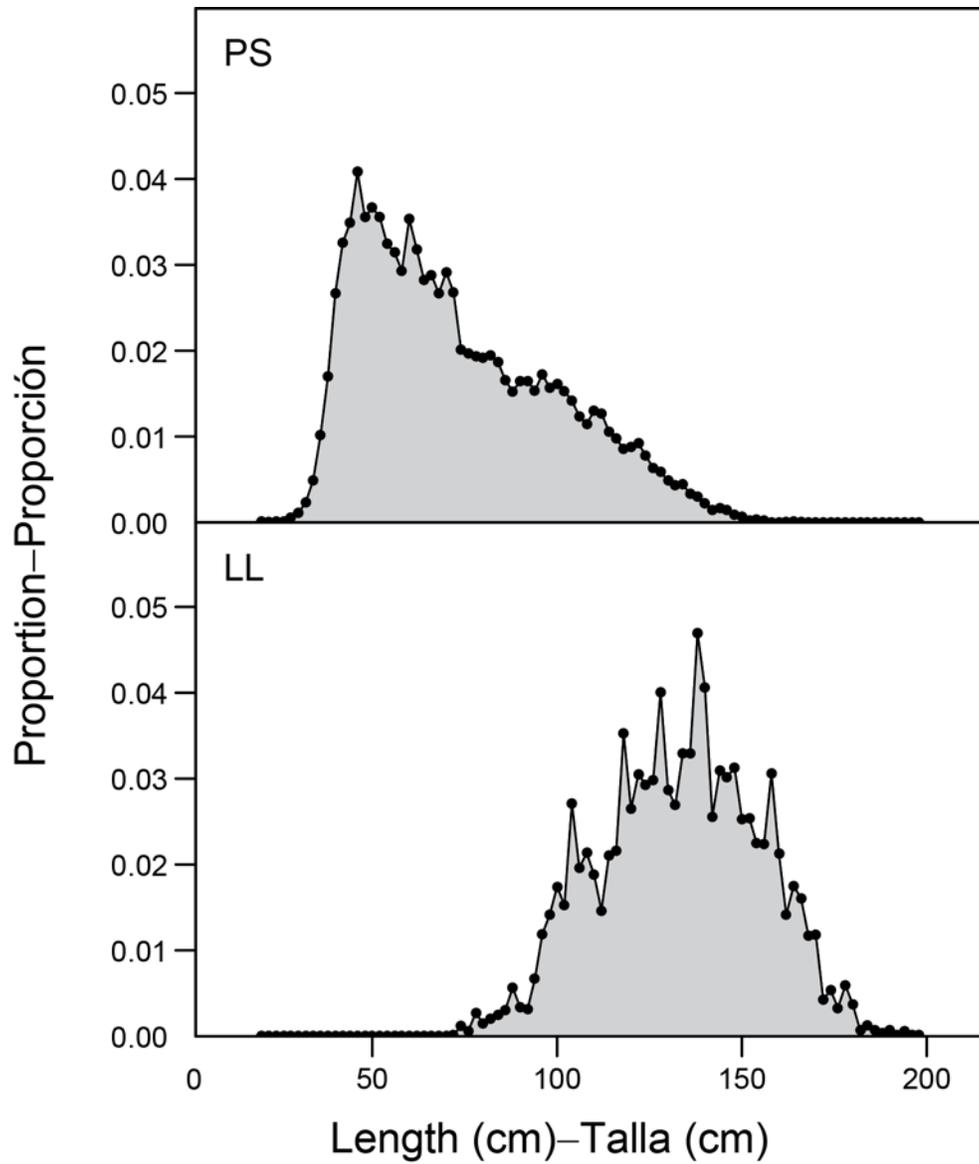


FIGURE 3. Length compositions of bigeye tuna caught in the Central area, by fleet, 1975-2016. PS: purse seine; LL: longline.

FIGURA 3. Composiciones por talla del atún patudo capturado en el área Central, por flota, 1975-2016. PS: red de cerco; LL: palangre.

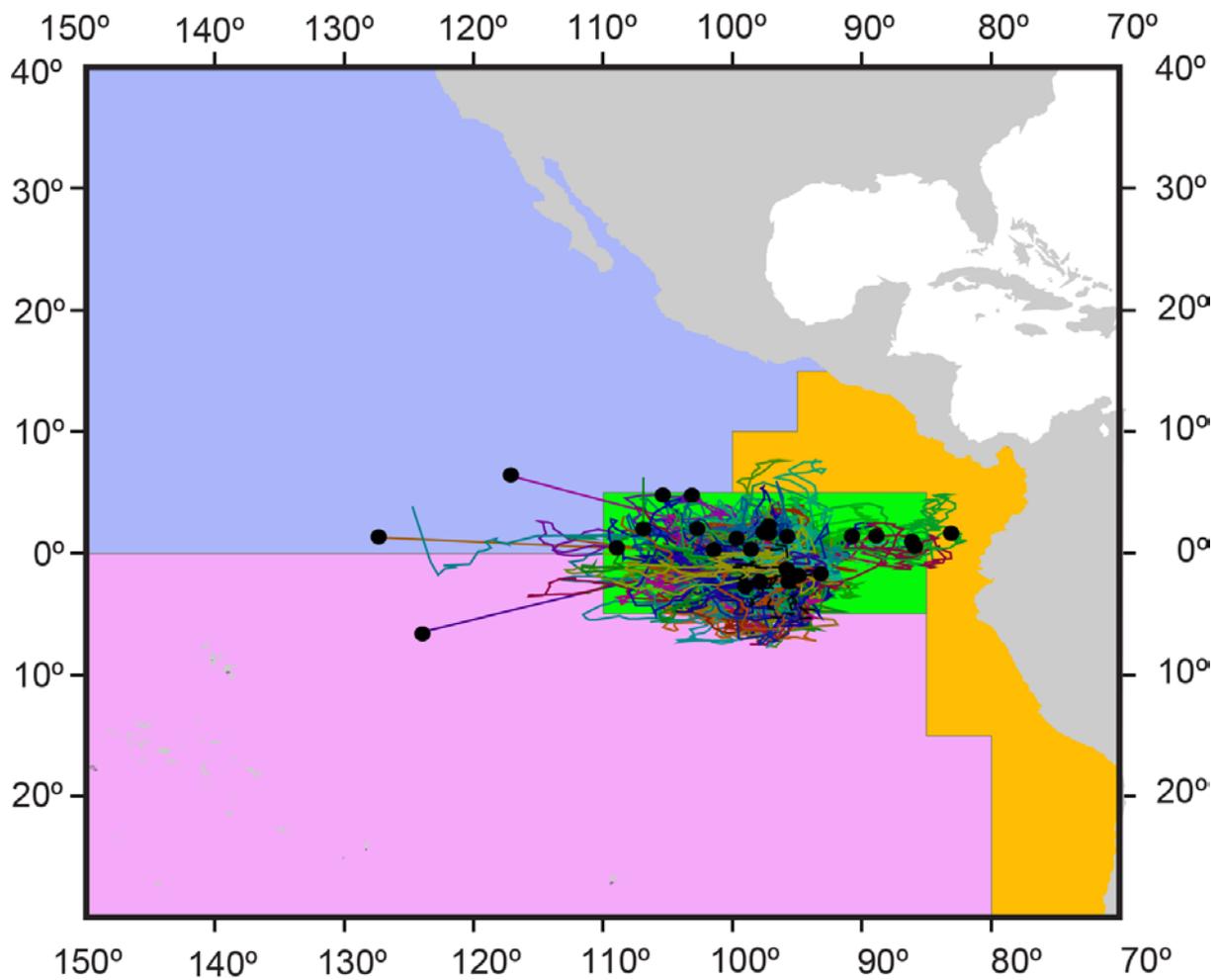


FIGURE 4. Movement paths of bigeye tuna at liberty for 30 days or longer, inferred from archival tagging data from 2000-2006 (Schaefer and Fuller 2009).

FIGURA 4. Rutas de desplazamiento de atunes patudo en libertad durante 30 o más días, inferidas a partir de datos de marcas archivadoras de 2000-2006 (Schaefer y Fuller 2009).

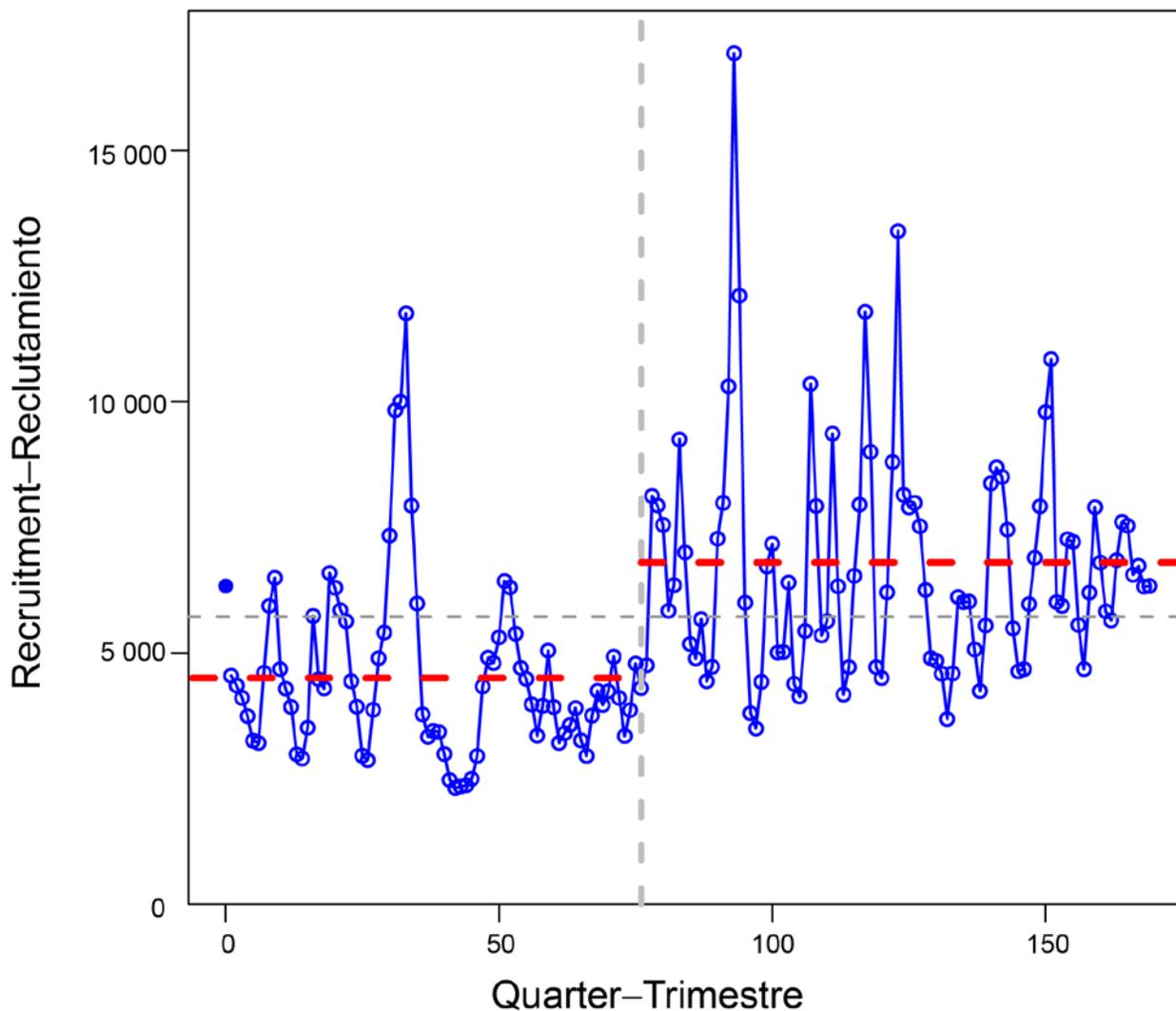


FIGURE 5. Time series of estimated recruitment, in thousands of fish, during 1975-2016, showing apparent two-regime pattern before and after 1995.

FIGURA 5. Serie temporal de reclutamientos, en miles de peces, estimados durante 1975-2016, mostrando el patrón aparente de dos regímenes antes y después de 1995.

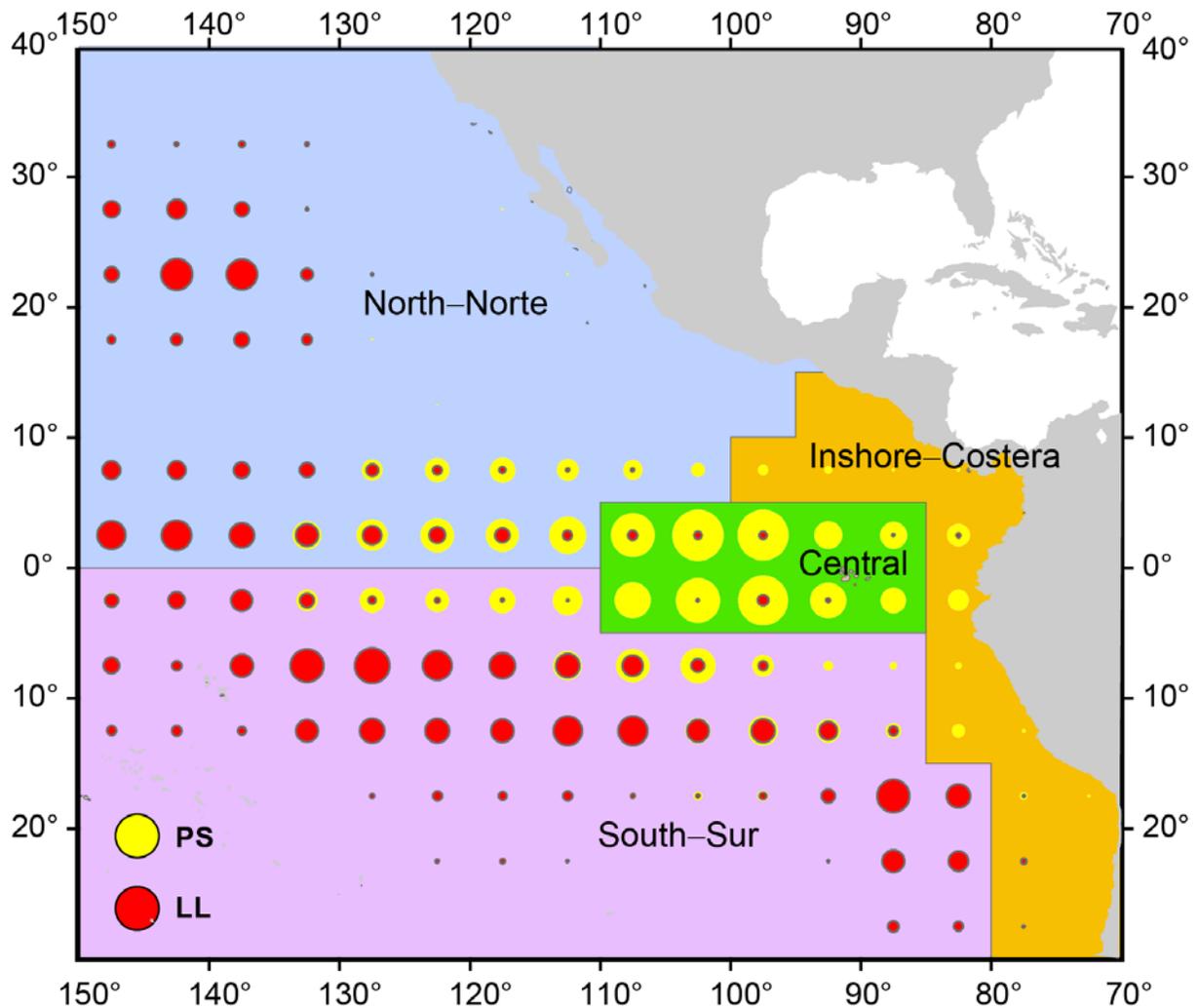


FIGURE 6. Spatial distribution of the catches of bigeye tuna in the eastern Pacific Ocean, 2000-2006, by gear and sub-stock (North, South, Central, and Inshore). The sizes of the circles are proportional to the catch (from Aires-da-Silva and Maunder 2010). PS: purse seine; LL: longline.

FIGURA 6. Distribución espacial de las capturas de atún patudo en el Océano Pacífico oriental, 2000-2006, por arte y sub-población (Norte, Sur, Central, y Costera). El tamaño de los círculos es proporcional a la captura (de Aires-da-Silva y Maunder 2010). PS: red de cerco; LL: palangre.

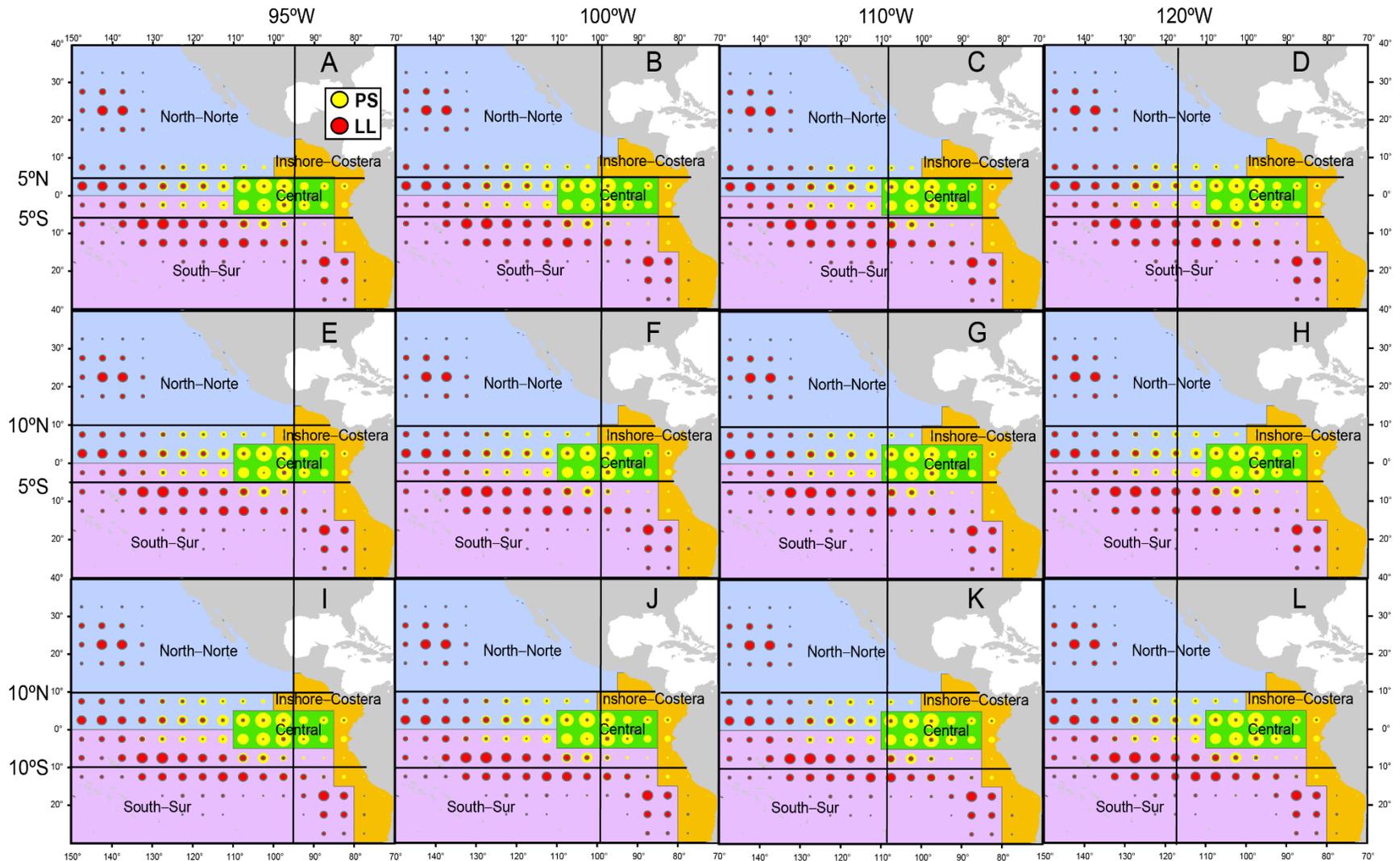


FIGURE 7. The 72 combinations of 12 grids (A-L) and six areas used for the age-structured production models (ASPM). PS: purse seine; LL: longline.

FIGURA 7. Las 72 combinaciones de 12 rejillas (A-L) y 6 áreas usadas para los modelos de producción estructurados por edad (ASPM). PS: red de cerco; LL: palangre.

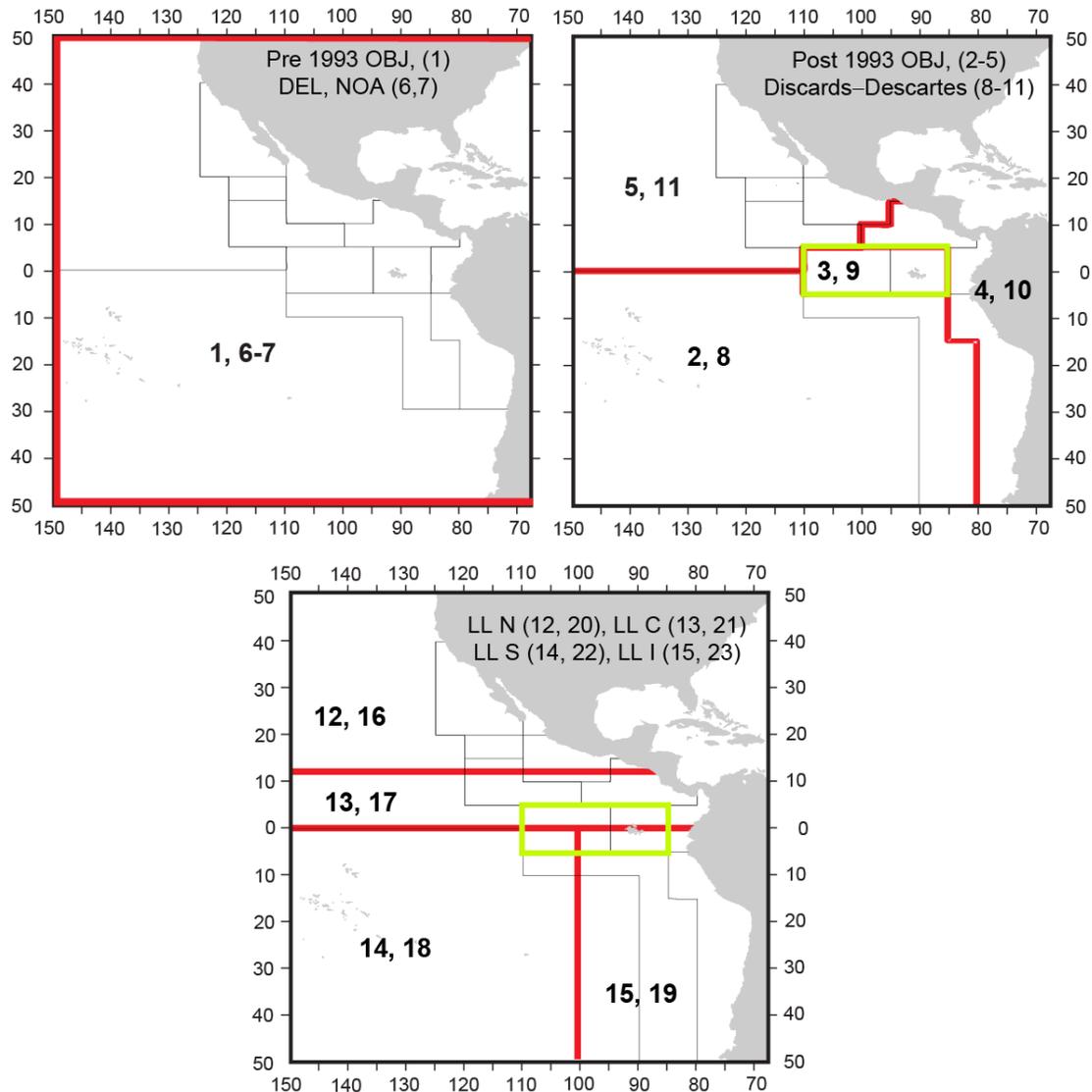


FIGURE 8. Fisheries defined for the Central area (green rectangle) and for the base case stock assessment of bigeye tuna in the EPO (Aires-da-Silva *et al.* 2017). The thin lines indicate the boundaries of 13 length-frequency sampling areas, the bold red lines the boundaries of each fishery defined for the base case stock assessment, and the numbers the fisheries to which the latter boundaries apply. The Central area does not include fisheries 1, 6, 7, 12 and 16. Fisheries: purse-seine (PS) on floating objects (OBJ), unassociated tunas (NOA), dolphins (DEL); LL: longline.

FIGURA 8. Pesquerías definidas para el área Central (rectángulo verde) y para la evaluación de caso base de la población de atún patudo en el OPO (Aires-da-Silva *et al.* 2017). Las líneas delgadas indican los límites de 13 zonas de muestreo de frecuencia de tallas, las líneas gruesas rojas los límites de cada pesquería definida para la evaluación de caso base, y los números las pesquerías correspondientes a esos límites. El área central no incluye las pesquerías 1, 6, 7, 12 y 16. Pesquerías: red de cerco (PS) sobre objetos flotantes (OBJ), atunes no asociados (NOA), delfines (DEL); LL: Palangre.

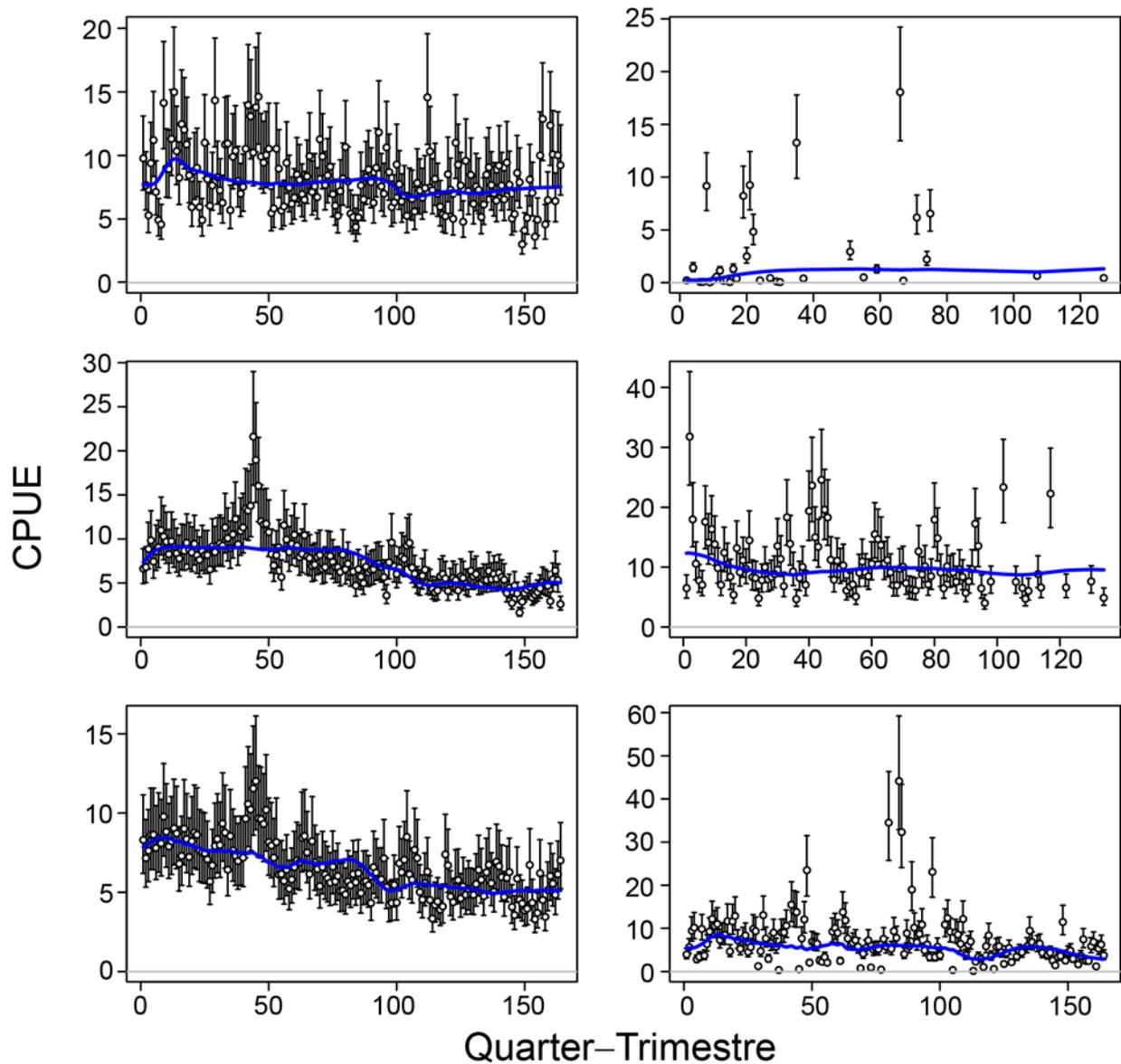


FIGURE 9. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid A (Figure 7), without estimation of recruitment deviates.

FIGURA 9. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula A (Figura 7), sin estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

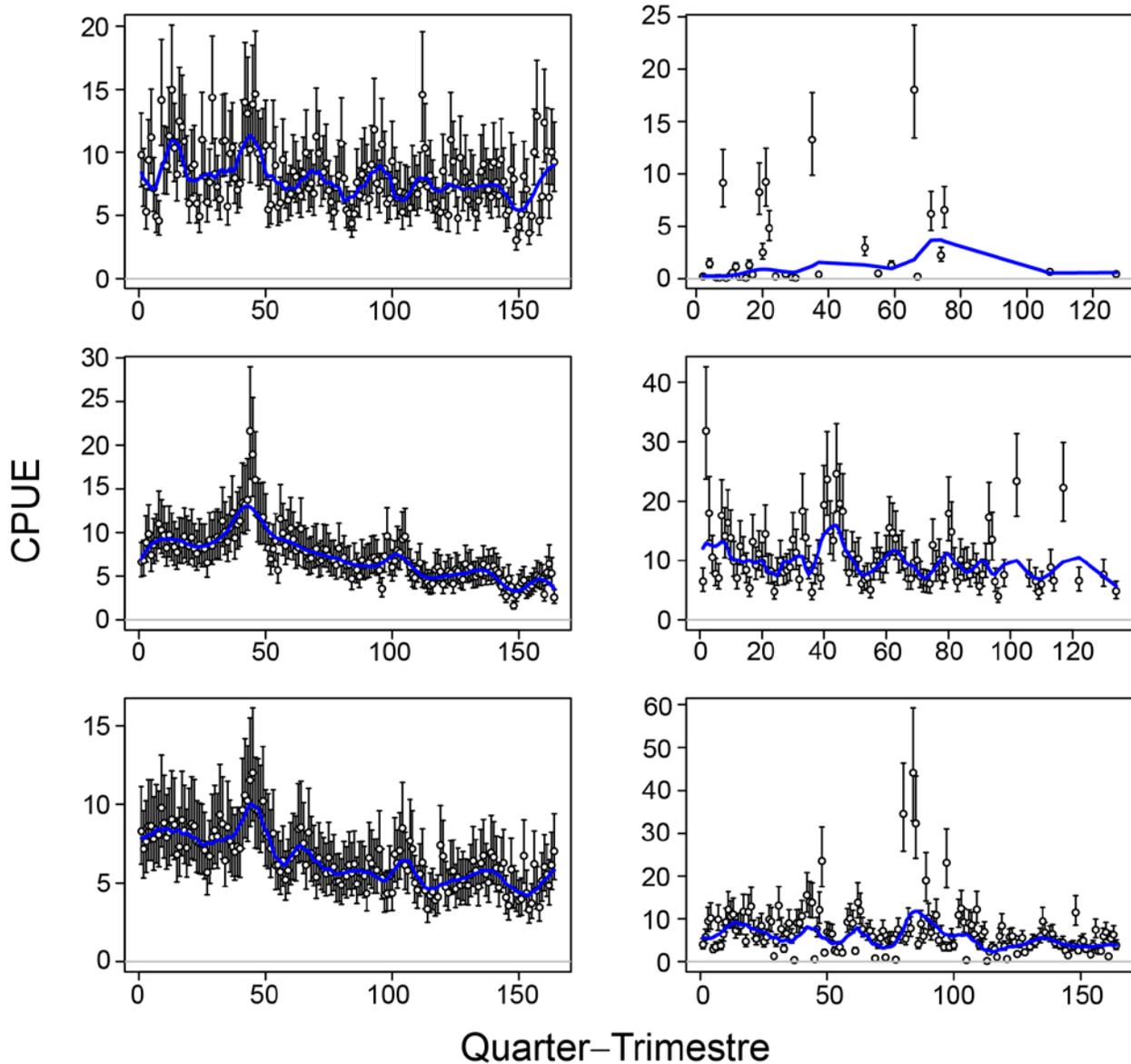


FIGURE 10. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid A (Figure 7), with estimation of recruitment deviates.

FIGURA 10. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula A (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

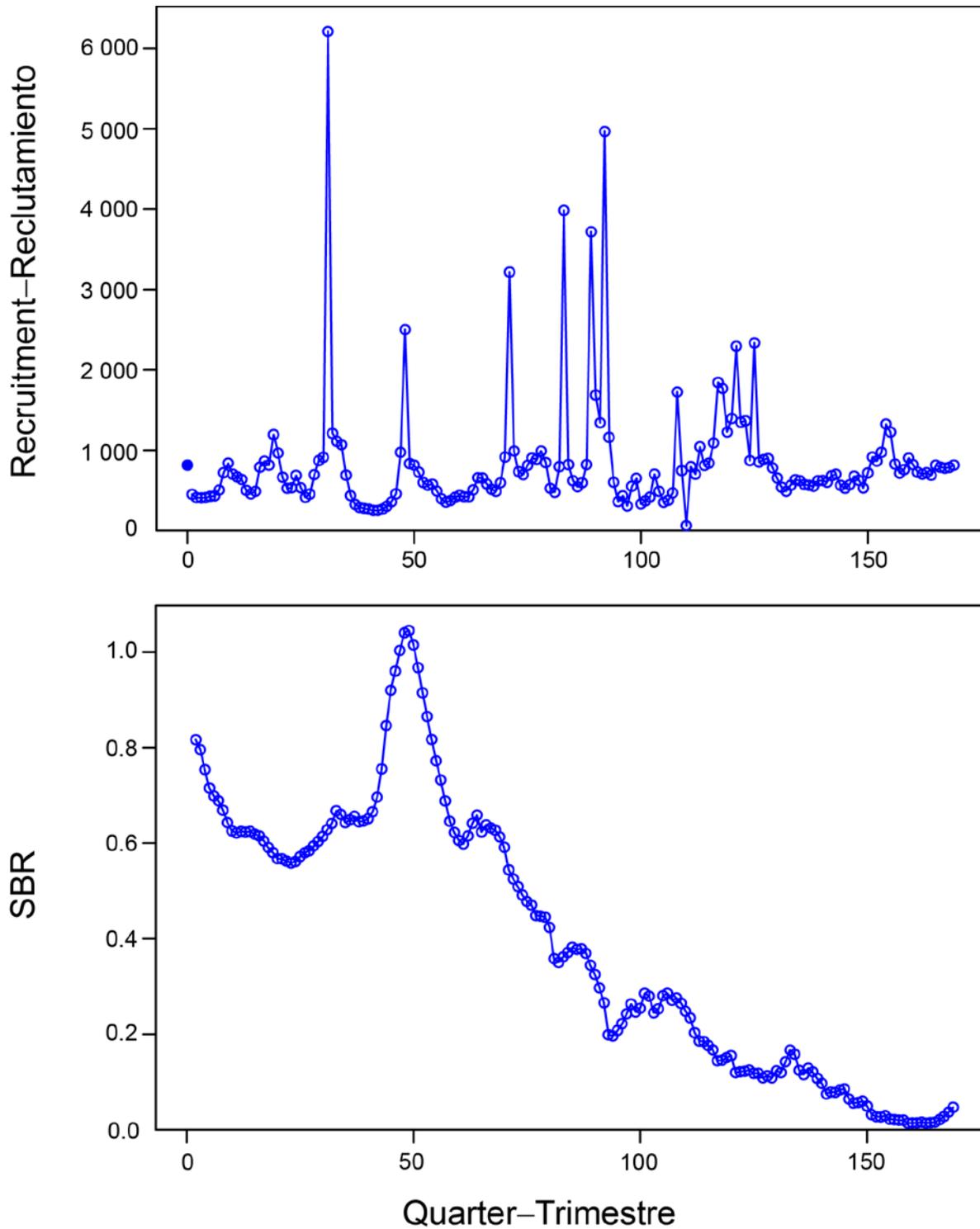


FIGURE 11. Estimates from the integrated model of quarterly recruitment, in thousands of fish (top panel), and spawning biomass ratio (SBR, bottom panel) of bigeye tuna in the Central area, 1975-2016.

FIGURA 11. Estimaciones del modelo integrado del reclutamiento trimestral, en miles de peces, (panel superior) y cociente de biomasa reproductora (SBR, panel inferior) de atún patudo en el área Central, 1975-2016.

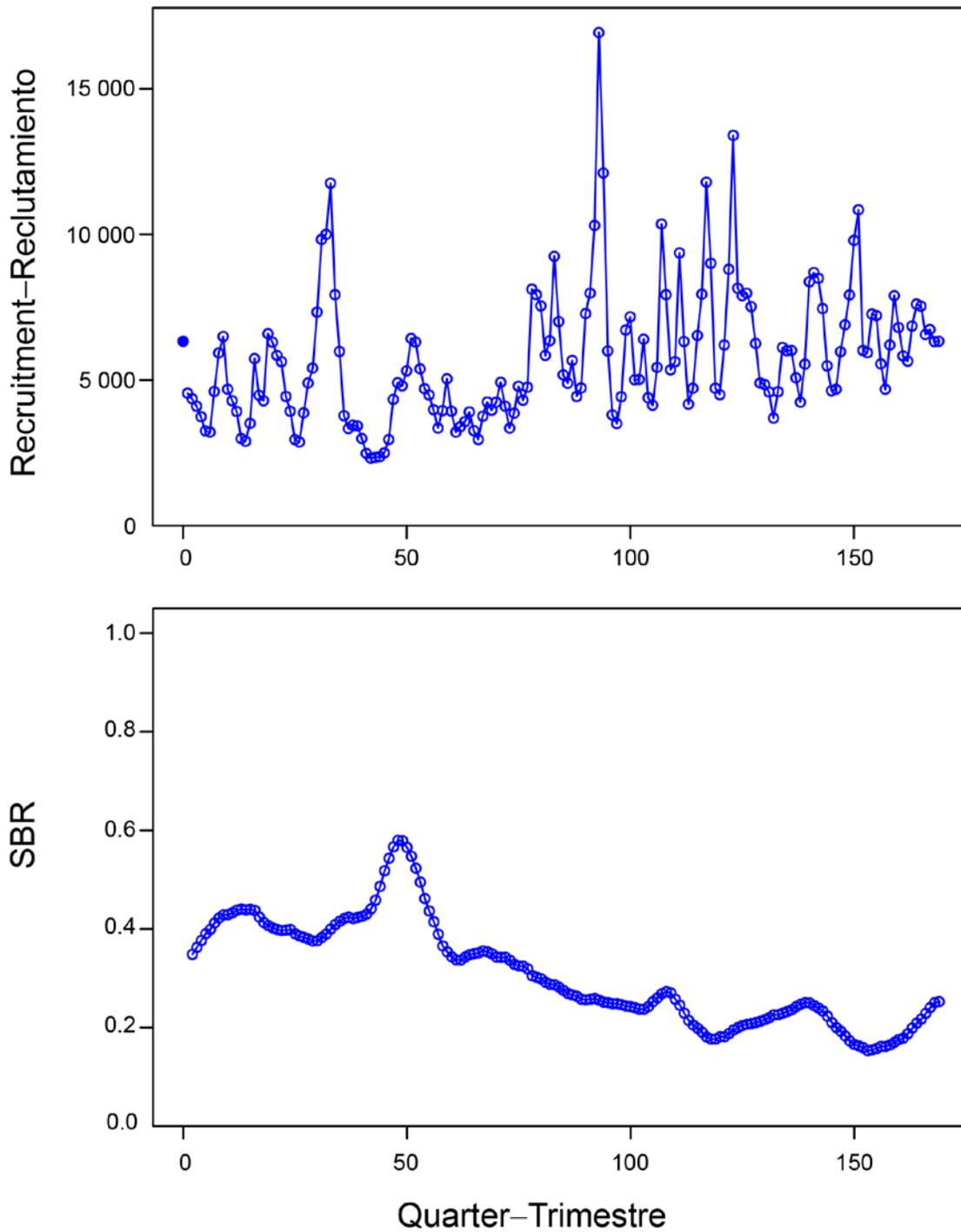


FIGURE 12. Estimates from the base case assessment model of quarterly recruitment, in thousands of fish, (top panel) and spawning biomass ratio (SBR, bottom panel) of bigeye tuna in the EPO, 1975-2016.
FIGURA 12. Estimaciones del modelo de evaluación de caso base del reclutamiento trimestral, en miles de peces, (panel superior) y cociente de biomasa reproductora (SBR, panel inferior) de atún patudo en el OPO entero, 1975-2016.

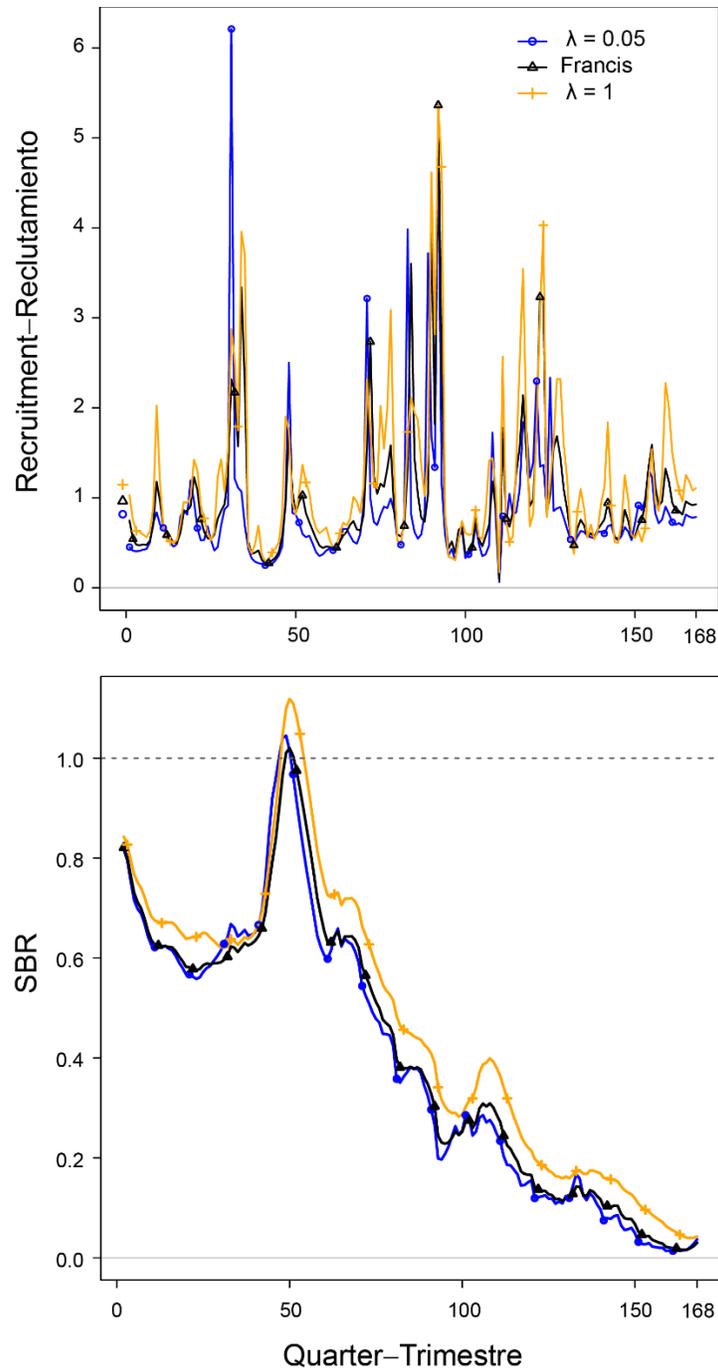


FIGURE 13. Estimates from the integrated model of quarterly recruitment, in millions of fish (top panel), and spawning biomass ratio (SBR, bottom panel) of bigeye tuna in the EPO with different weightings of the length-composition data: $\lambda = 0.05$ for all fisheries, as in the 2017 base case model; iterative weighting (Francis method) by fishery; $\lambda = 1$ for all fisheries.

FIGURA 13. Estimaciones del modelo integrado del reclutamiento trimestral (panel superior) y cociente de biomasa reproductora (SBR, panel inferior) del atún patudo en el OPO con distintas ponderaciones de los datos de composición por talla: $\lambda = 0.05$ para todas las pesquerías, al igual que en el modelo de caso base de 2017; ponderación iterativa (método de Francis) por pesquería; $\lambda = 1$ para todas las pesquerías.

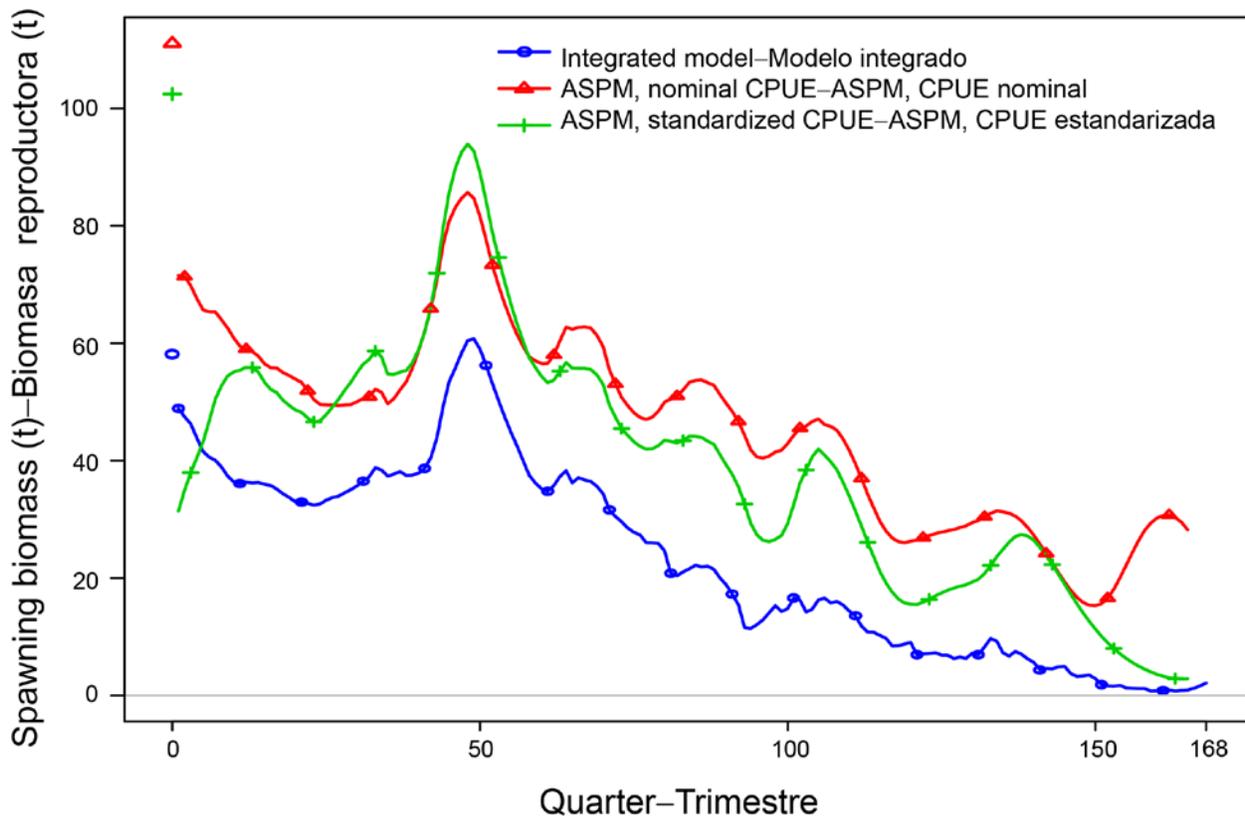


FIGURE 14. Estimated spawning biomass, in tons, of bigeye tuna in the Central area from the integrated model (blue line), and in the closest matching spatial area from the ASPM using nominal (red line) and standardized (green line) CPUE.

FIGURA 14. Biomasa reproductora estimada, en toneladas, de atún patudo en el área Central del modelo integrado (línea azul), y del área más parecida del modelo ASPM usando CPUE nominal (línea roja) y estandarizada (línea verde).

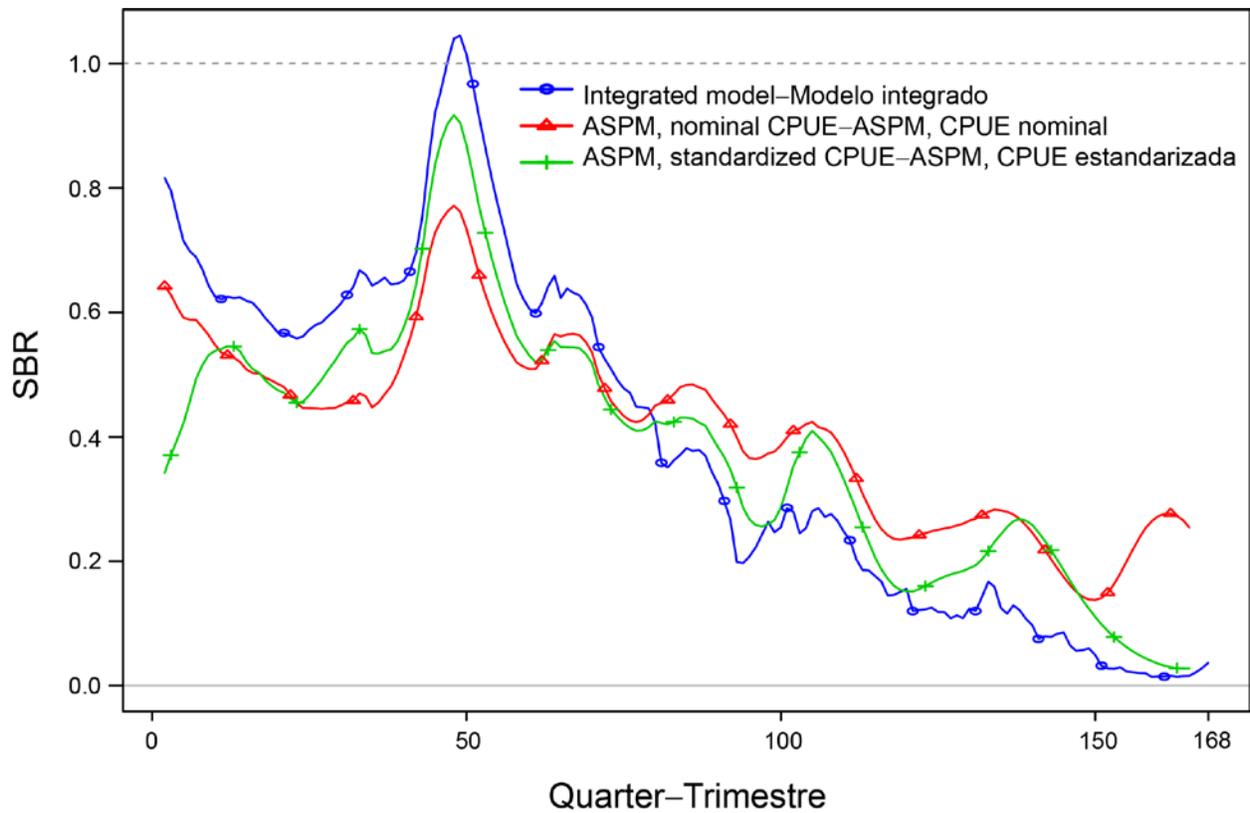


FIGURE 15. Spawning biomass ratio (SBR) of bigeye tuna in the EPO from the integrated model (blue line) and from the ASPM using nominal (red line) and standardized (green line) CPUE.

FIGURA 15. Cociente de biomasa reproductora (SBR) de atún patudo en el EPO del modelo integrado (línea azul), y del modelo ASPM usando CPUE nominal (línea roja) y estandarizada (línea verde).

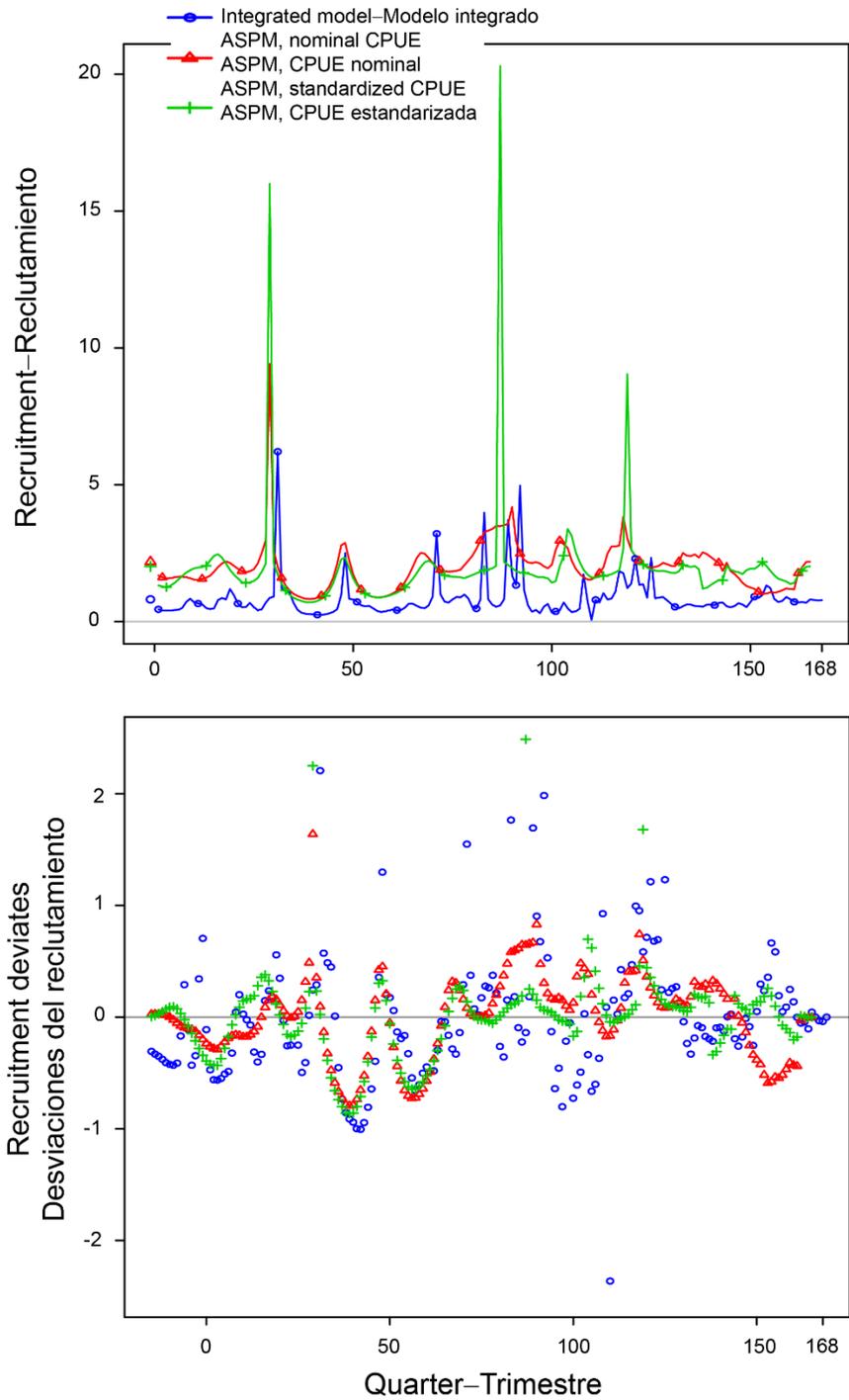


FIGURE 16. Quarterly recruitment (top panel) and recruitment deviates (bottom panel) of bigeye tuna in the EPO, from the integrated model (blue circles) and from the ASPM using nominal (red triangles) and standardized (green crosses) CPUE.

FIGURA 16. Reclutamiento trimestral (panel superior) y desviaciones del reclutamiento (panel inferior) del atún patudo en el OPO, del modelo integrado (círculos azules) y del modelo ASPM usando CPUE nominal (triángulos rojos) y estandarizada (cruces verdes).

APPENDIX – ANEXO

Results of the Age-Structured Production Model (ASPM)
 Resultados del modelo de producción con estructura por edad (ASPM)

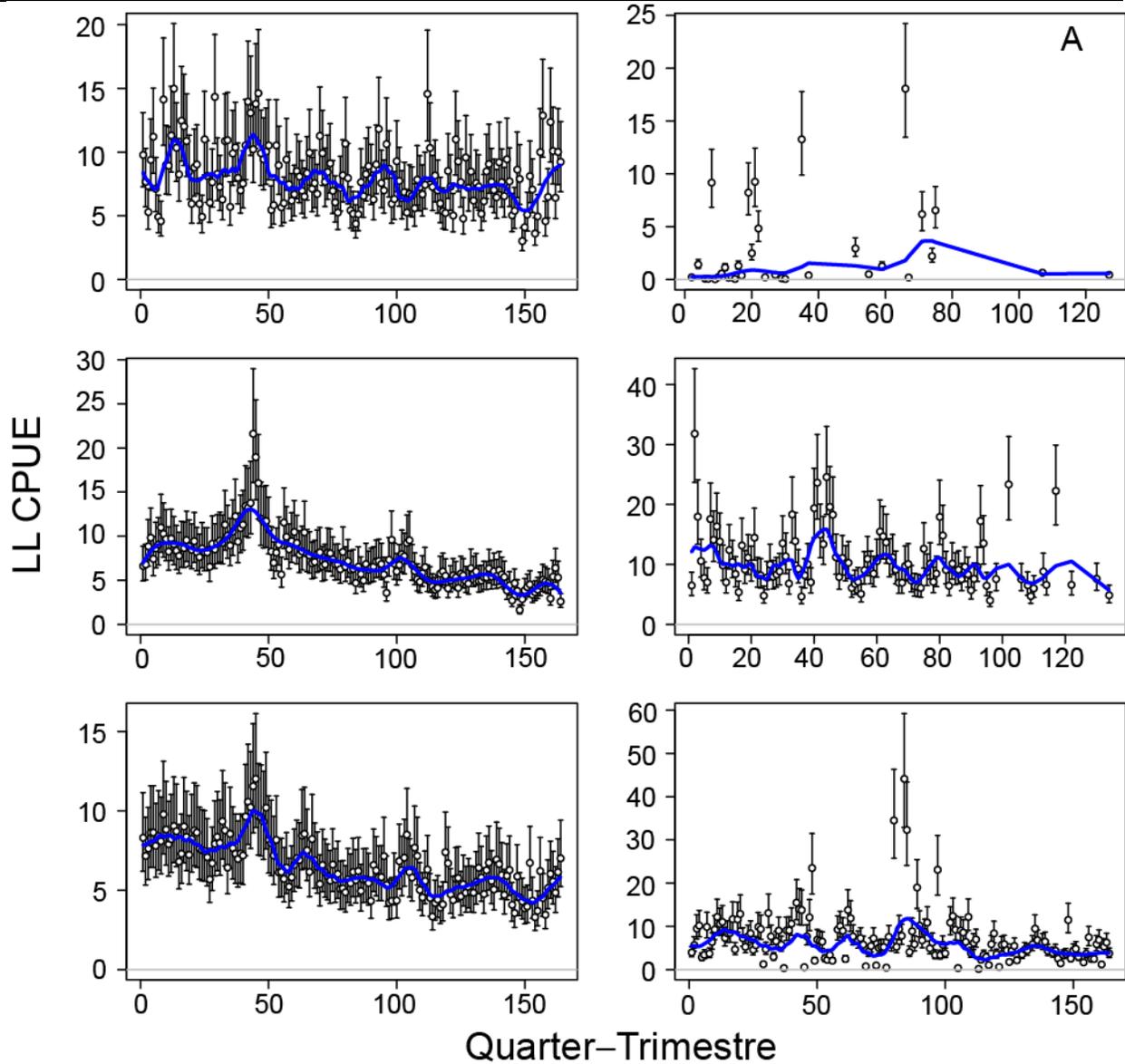


FIGURE A1. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid A (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A1. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula A (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

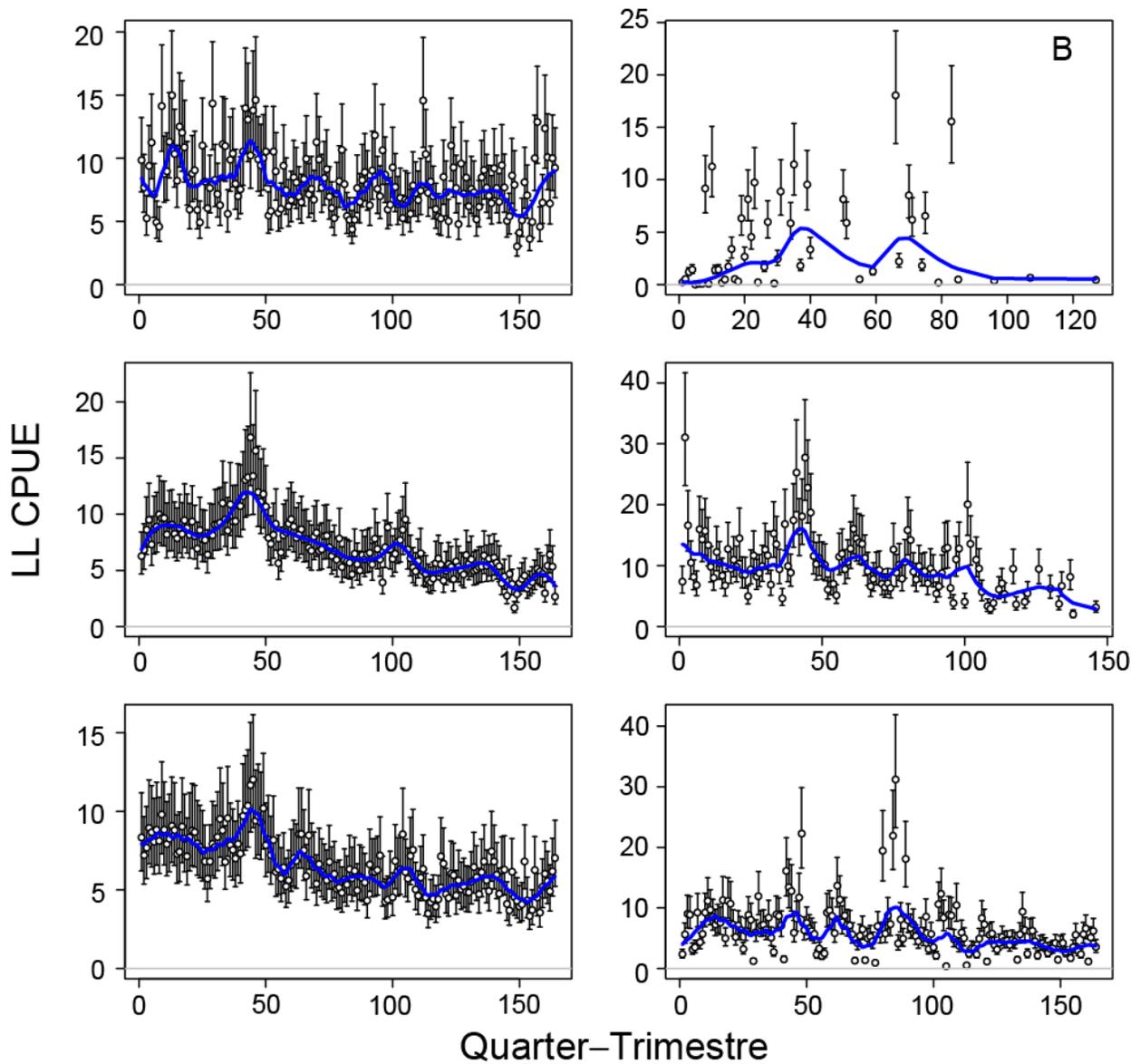


FIGURE A2. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid B (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A2. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula B (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

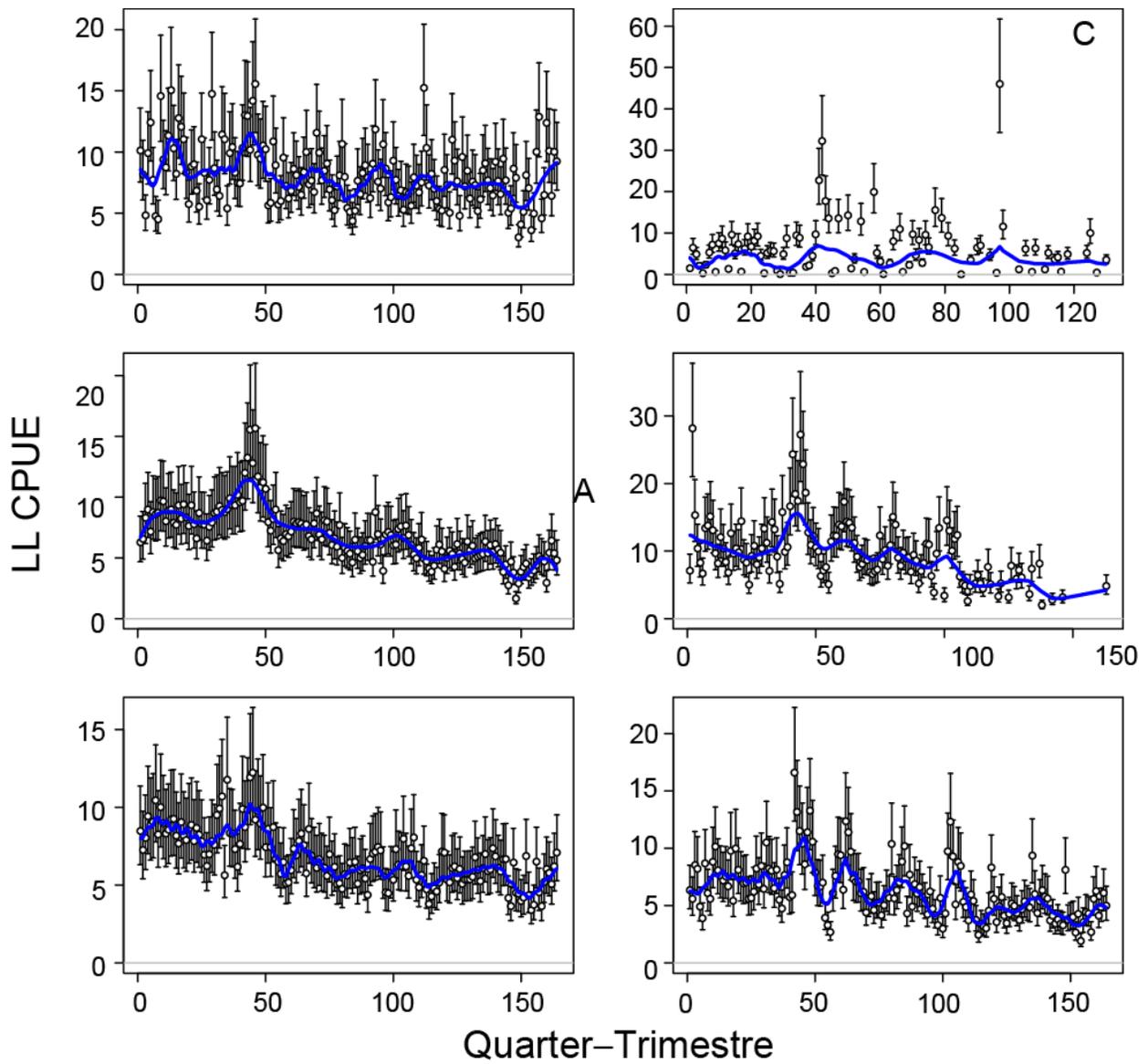


FIGURE A3. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid C (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A3. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula C (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

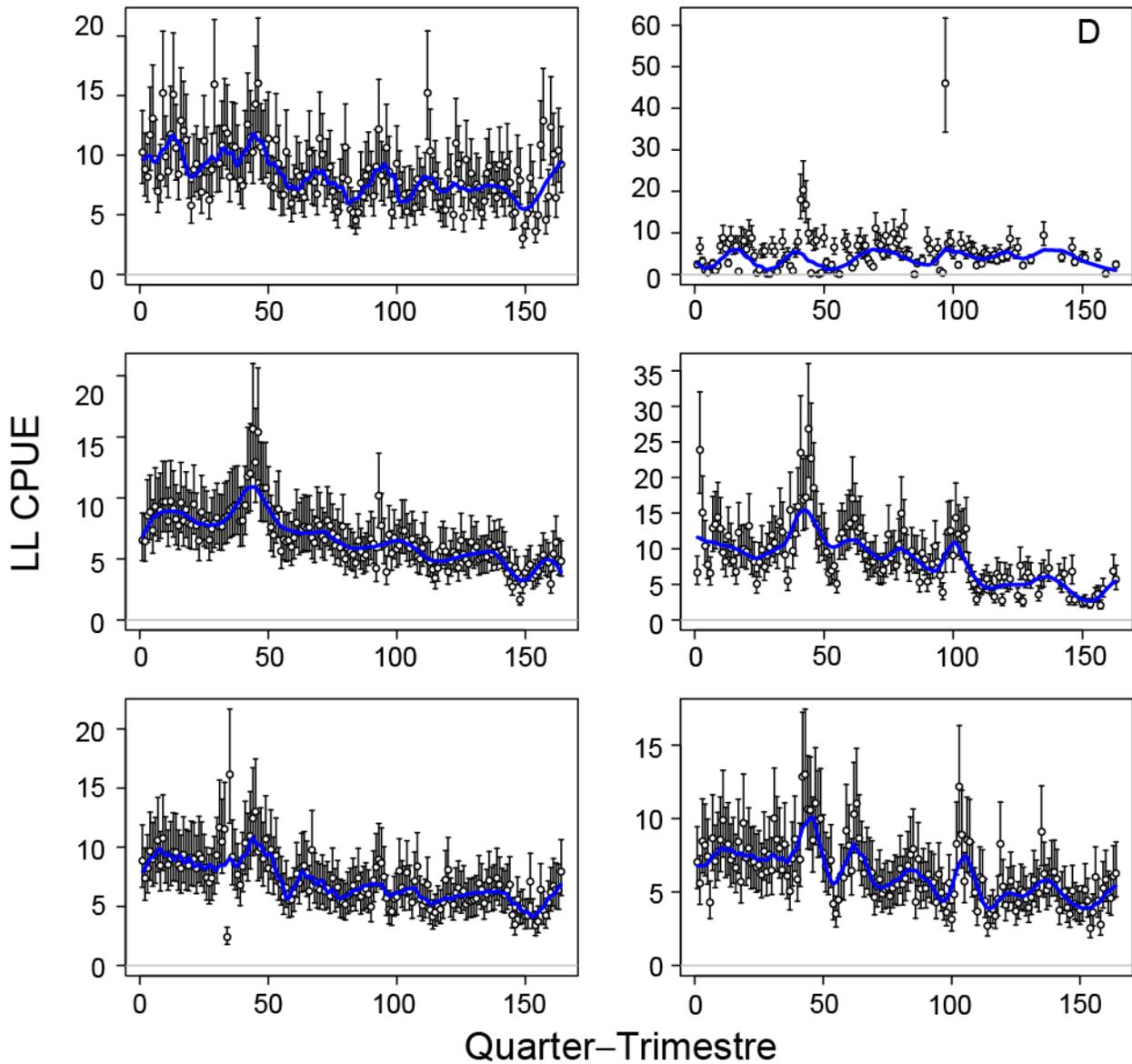


FIGURE A4. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid D (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A4. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula D (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

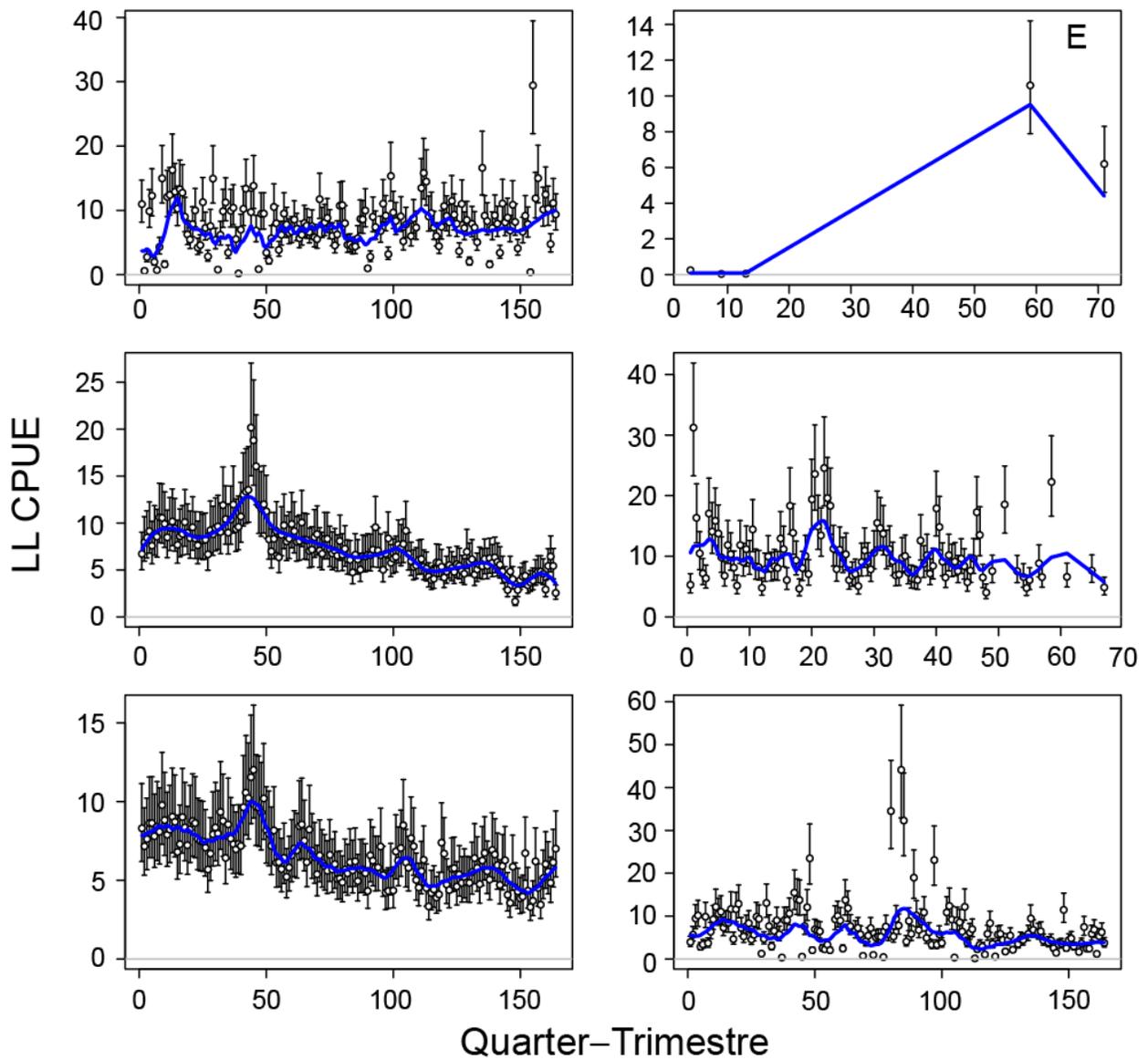


FIGURE A5. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid E (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A5. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula E (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

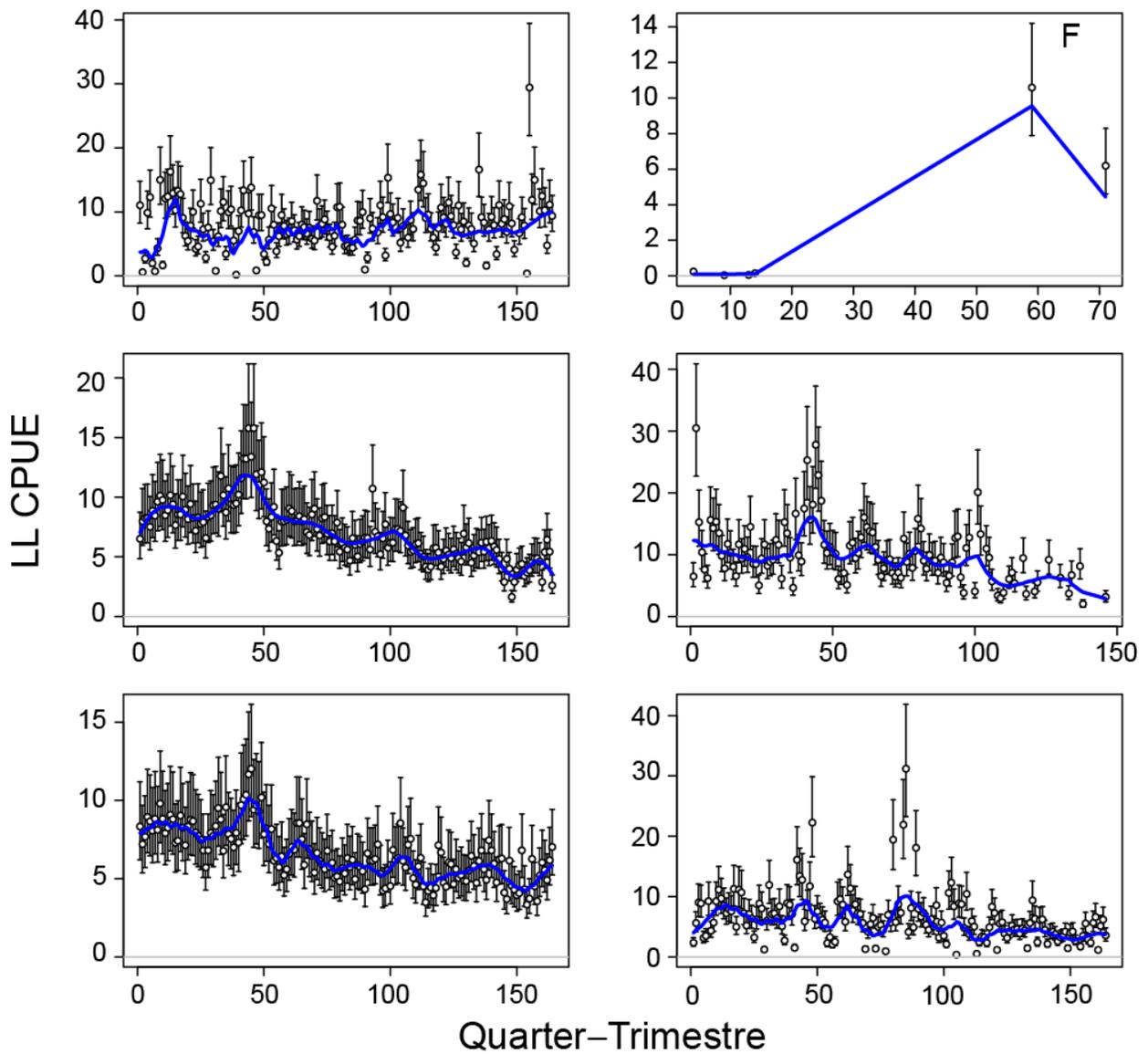


FIGURE A6. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid F (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A6. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula F (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

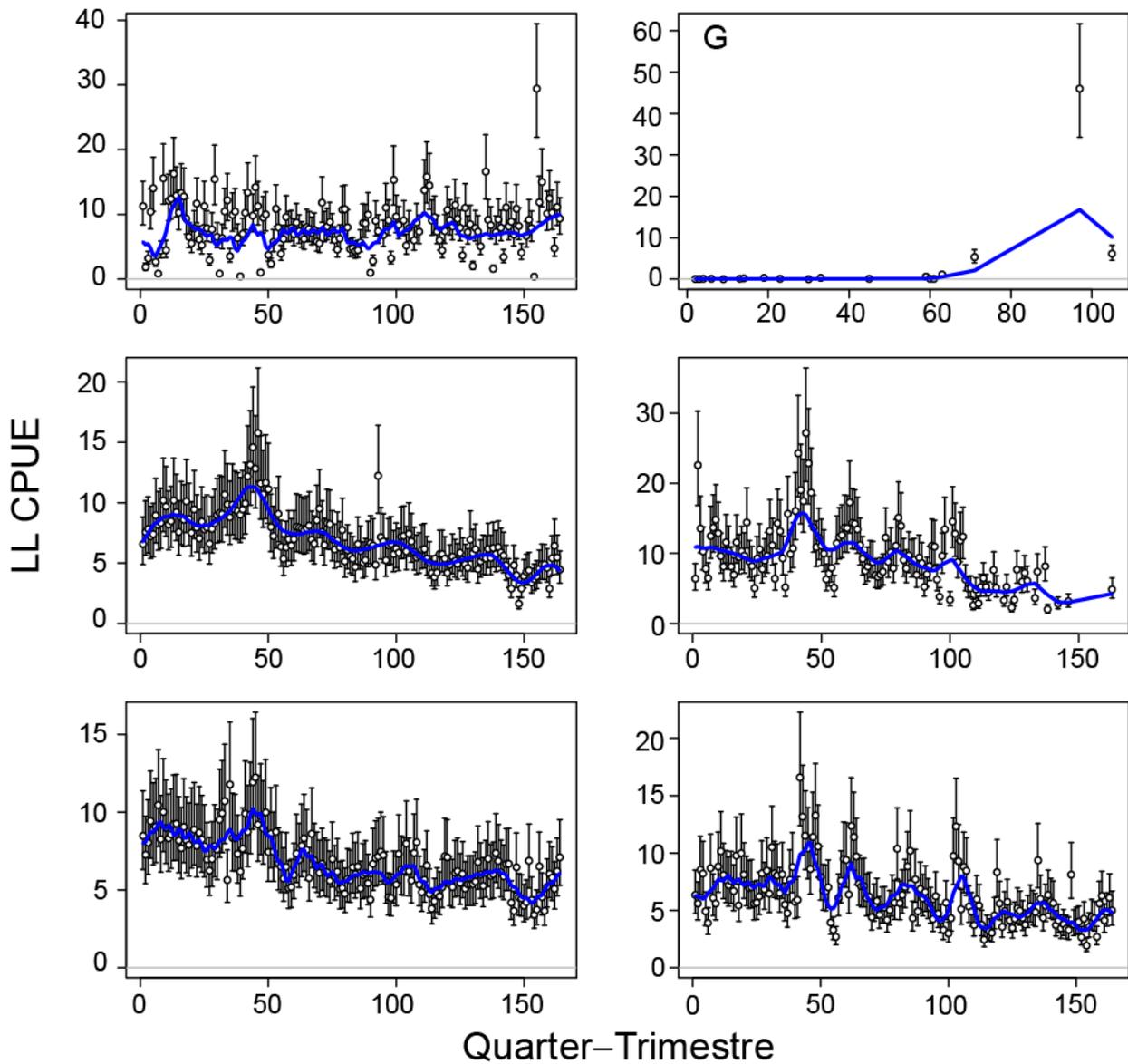


FIGURE A7. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid G (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A7. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula G (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

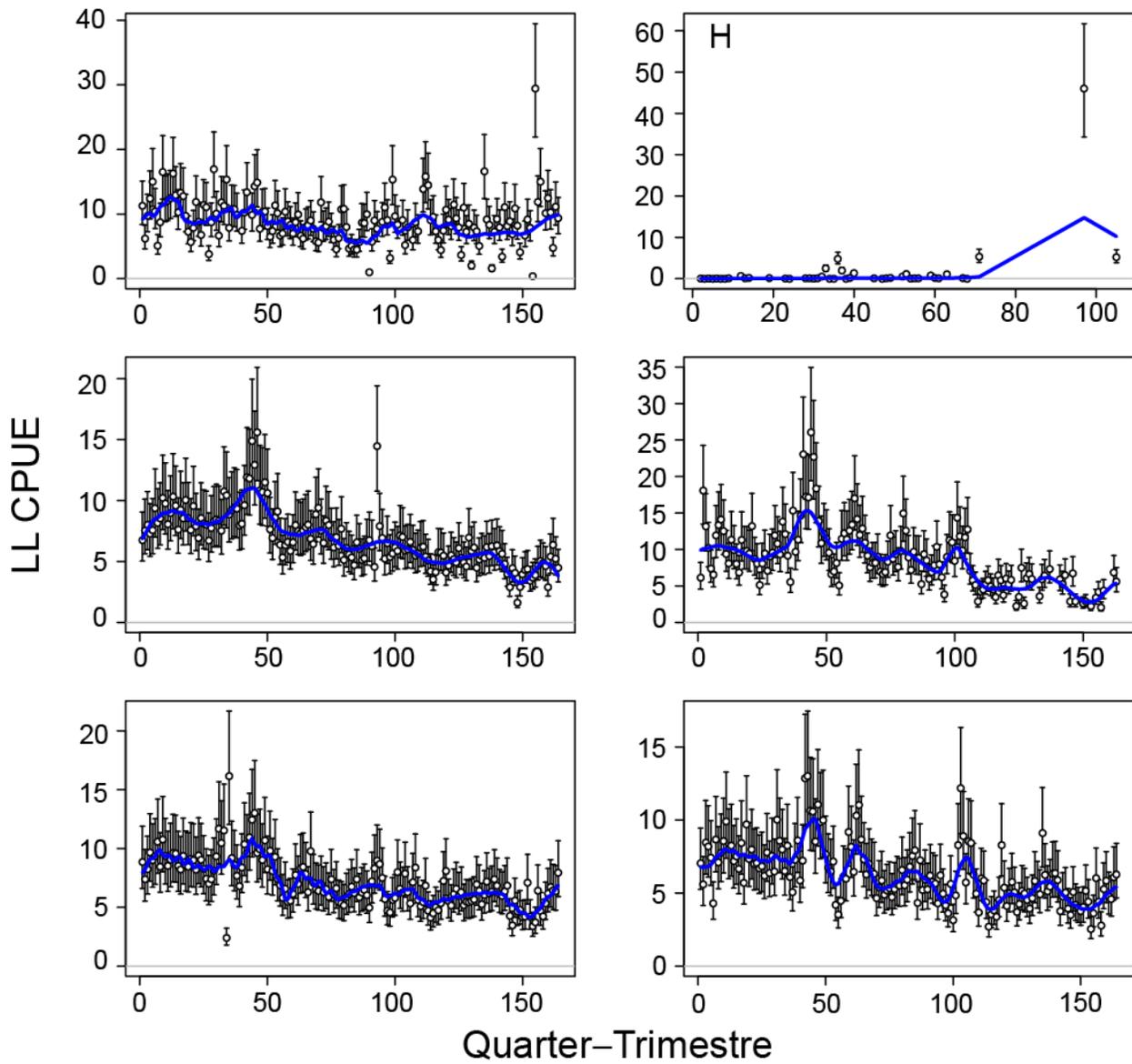


FIGURE A8. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid H (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A8. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula H (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

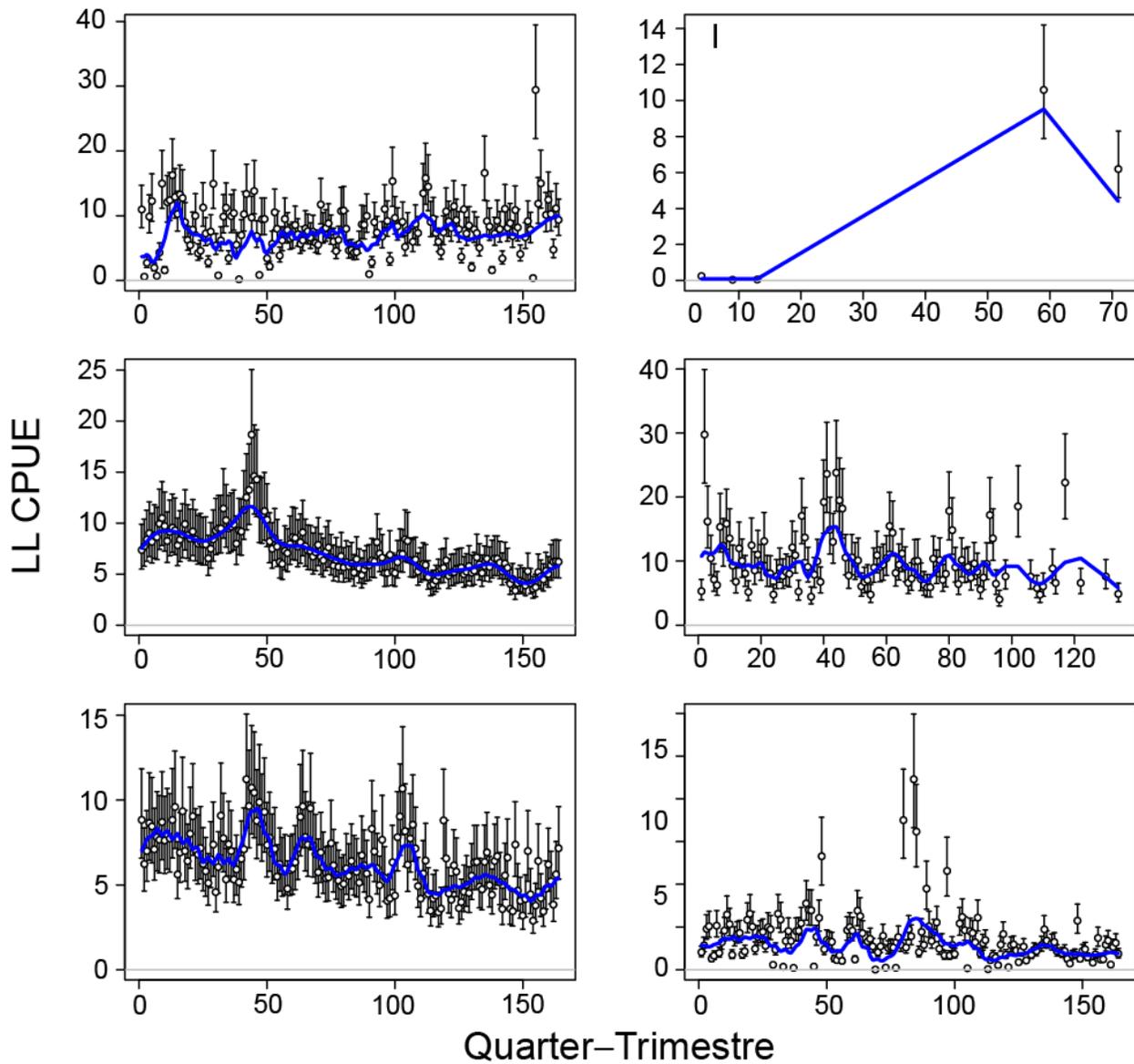


FIGURE A9. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid I (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A9. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula I (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

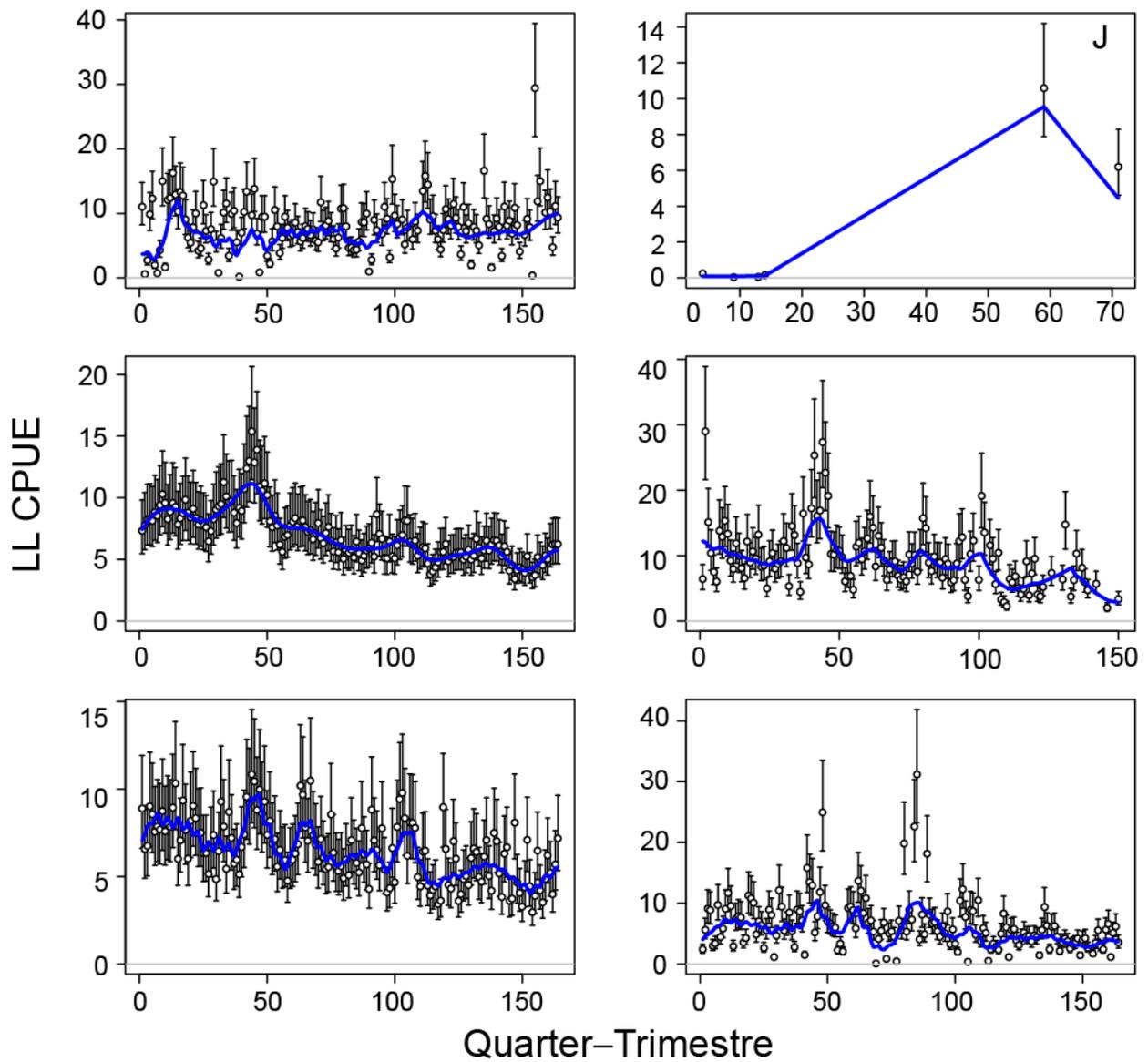


FIGURE A10. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid J (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A10. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula J (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

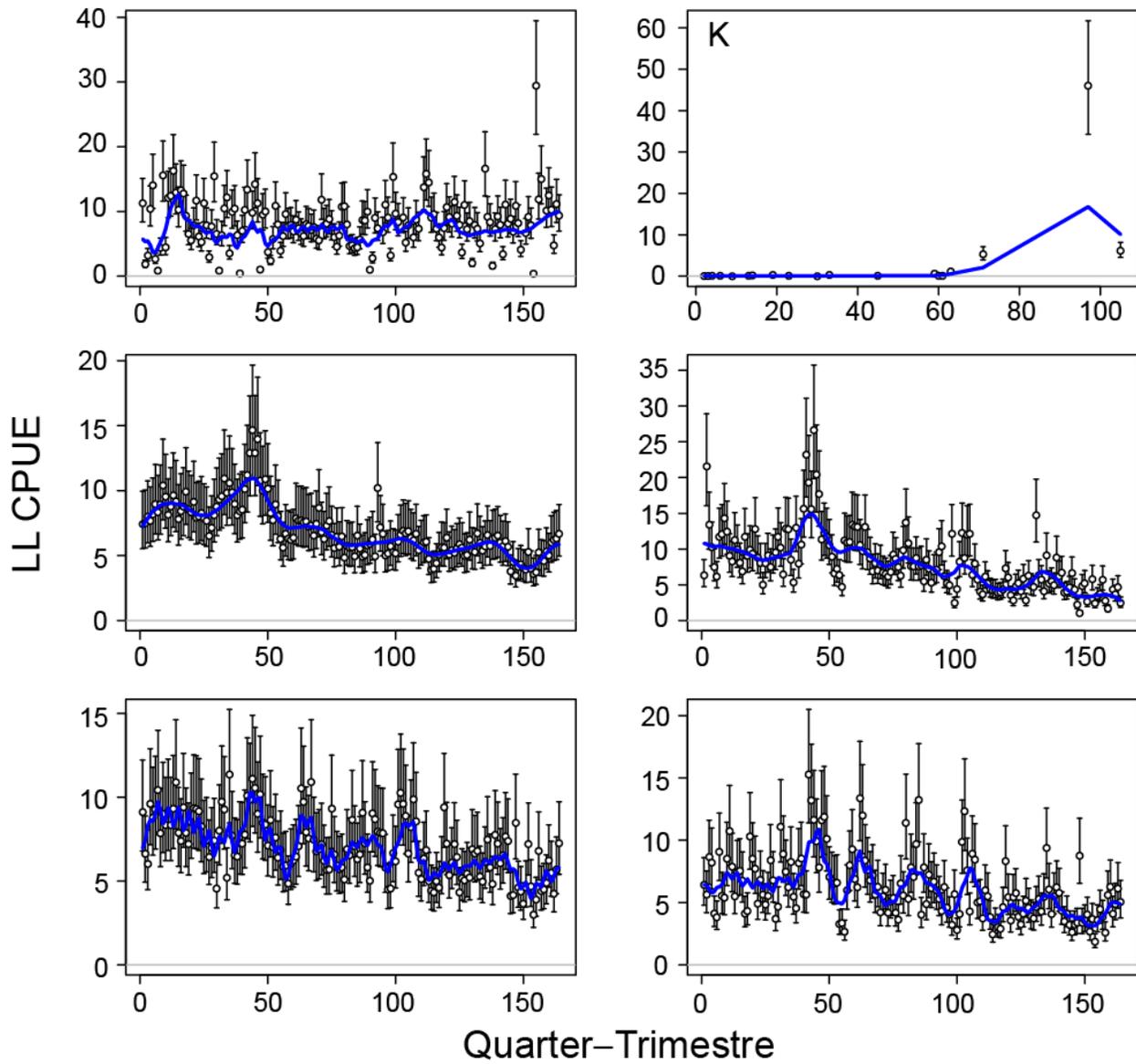


FIGURE A11. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid K (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A11. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula K (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

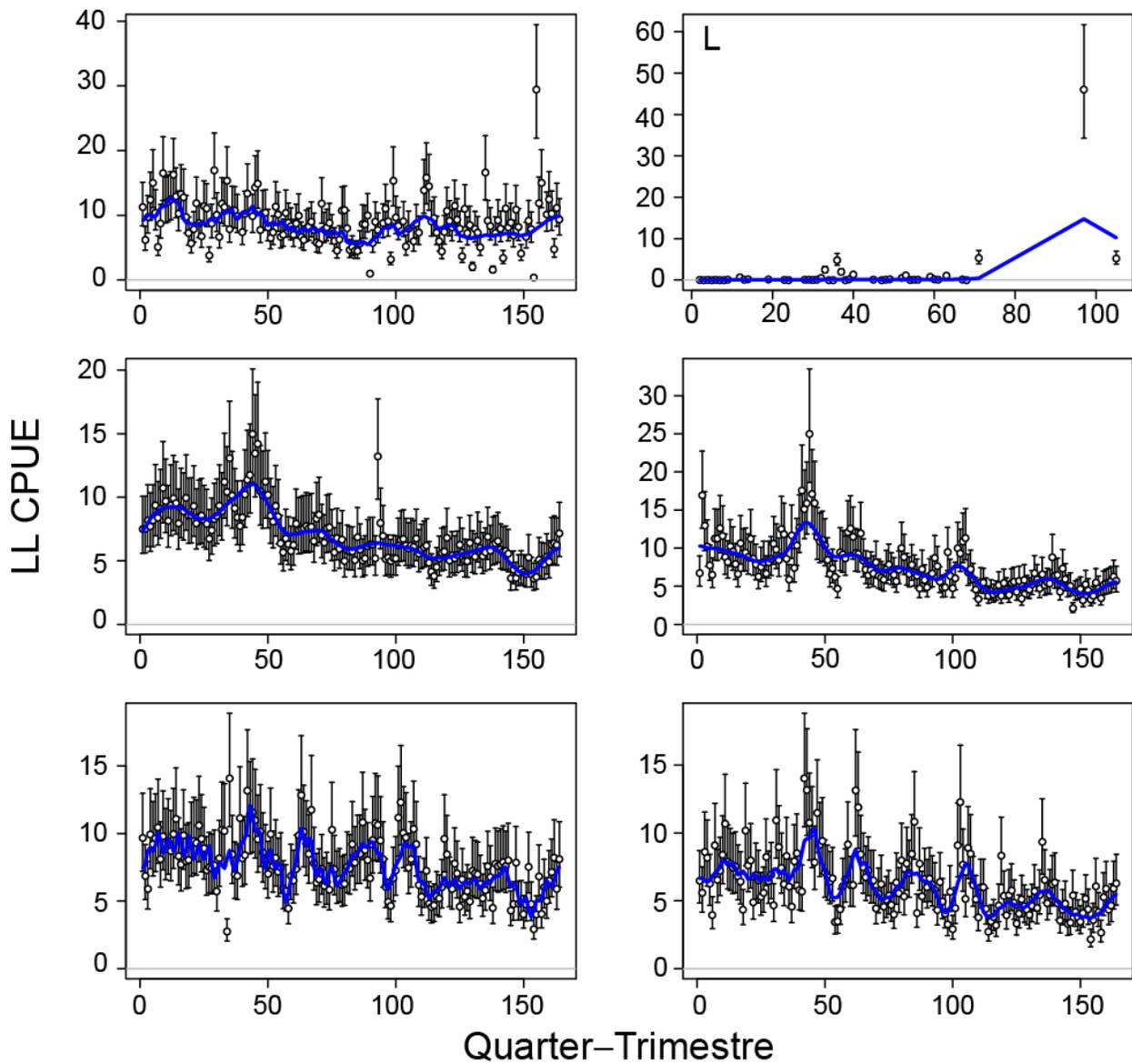


FIGURE A12. ASPM fits to longline CPUE for the six areas in grid L (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A12. Ajustes del ASPM a la CPUE palangrera correspondiente a las seis áreas en la cuadrícula L (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

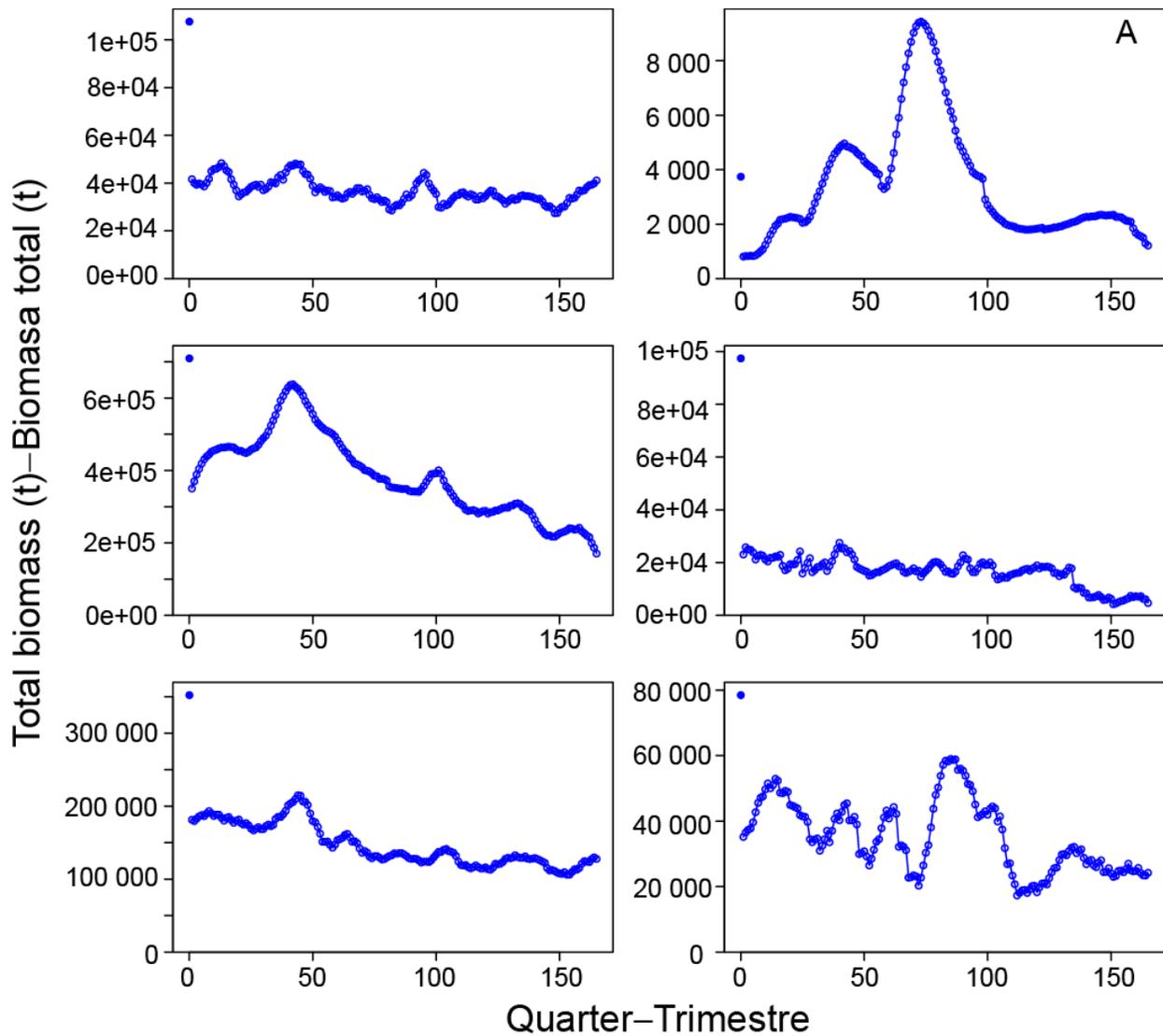


FIGURE A13. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid A (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A13. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula A (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

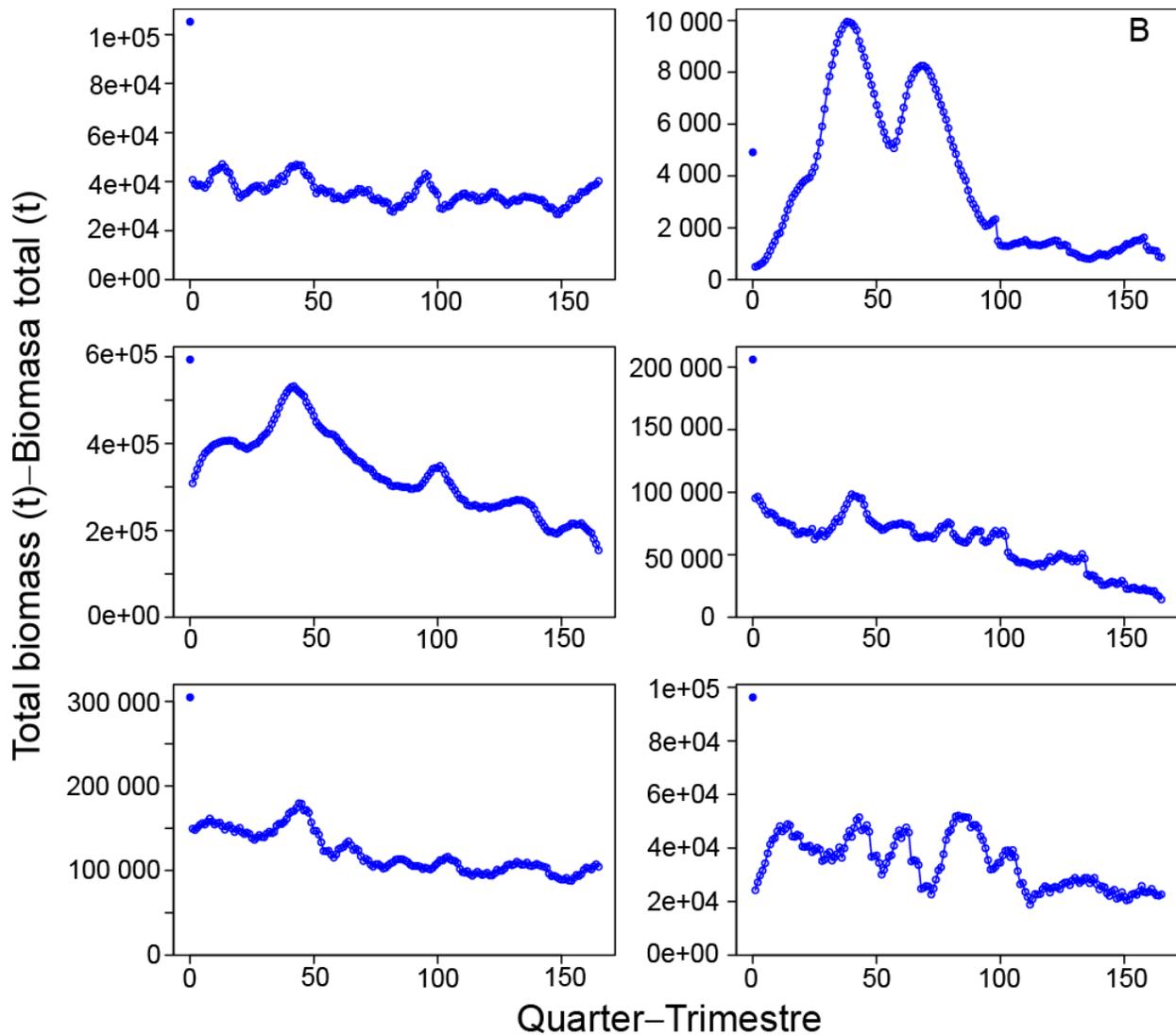


FIGURE A14. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid B (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A14. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula B (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

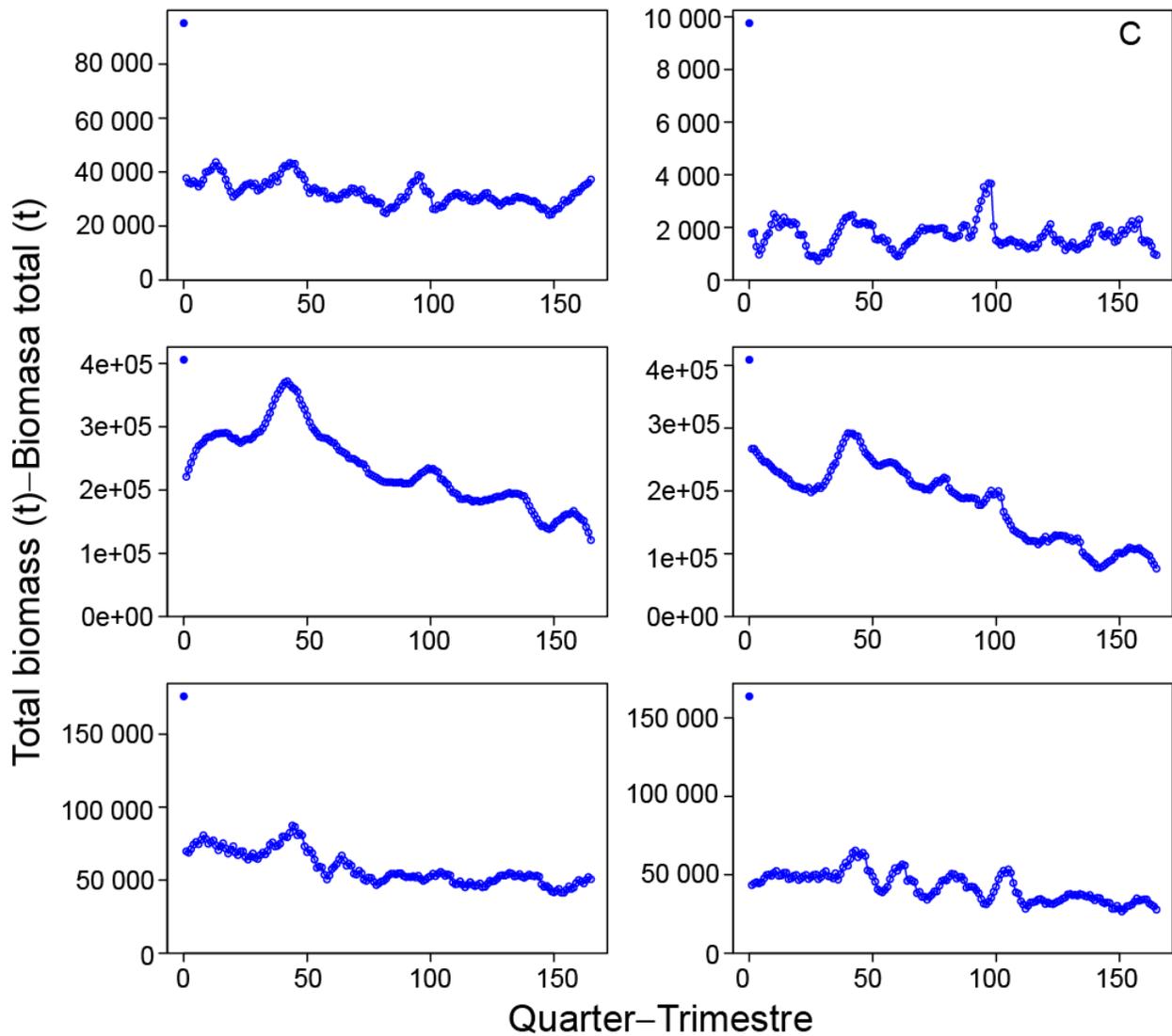


FIGURE A15. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid C (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A15. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula C (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

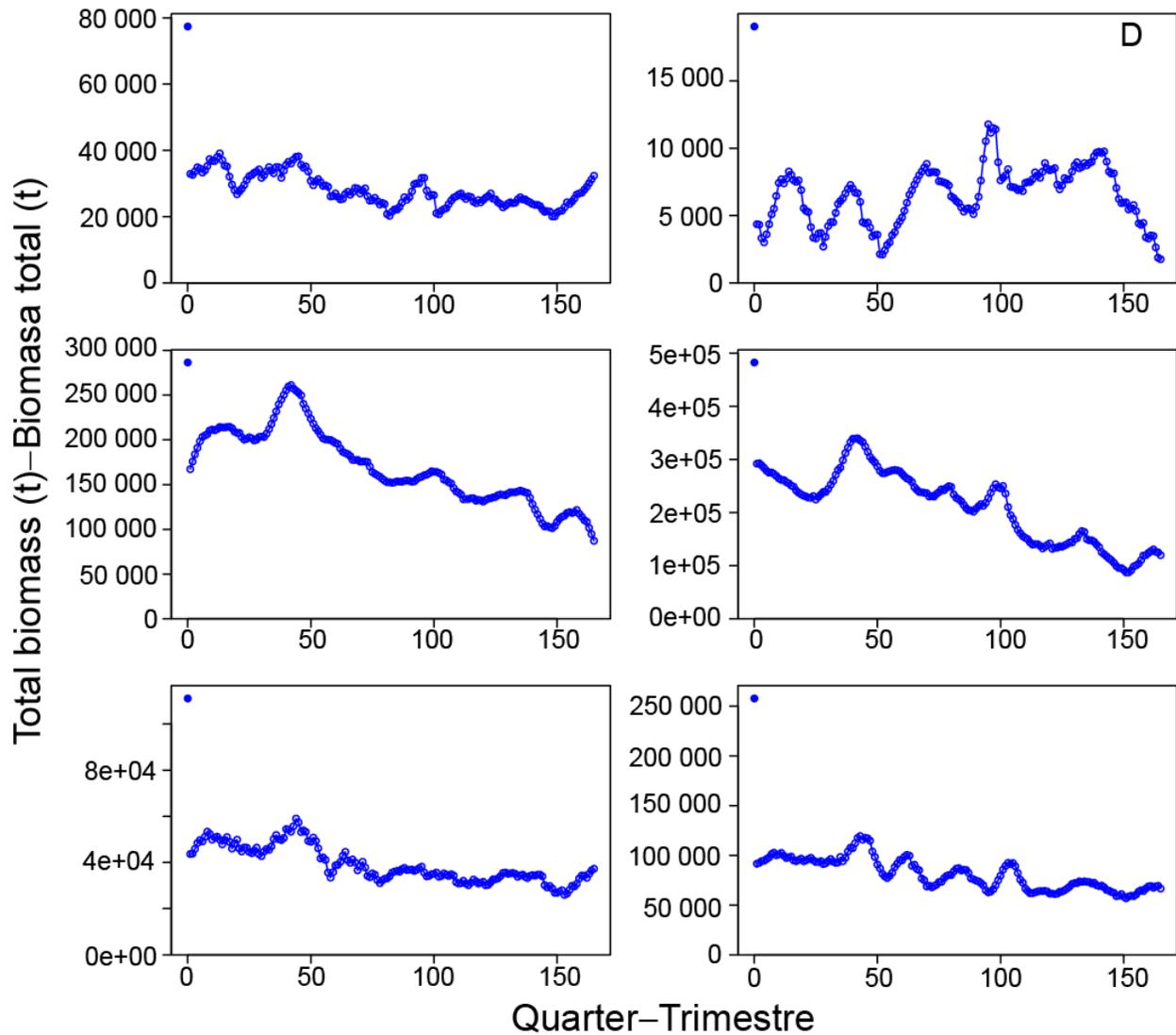


FIGURE A16. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid D (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A16. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula D (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

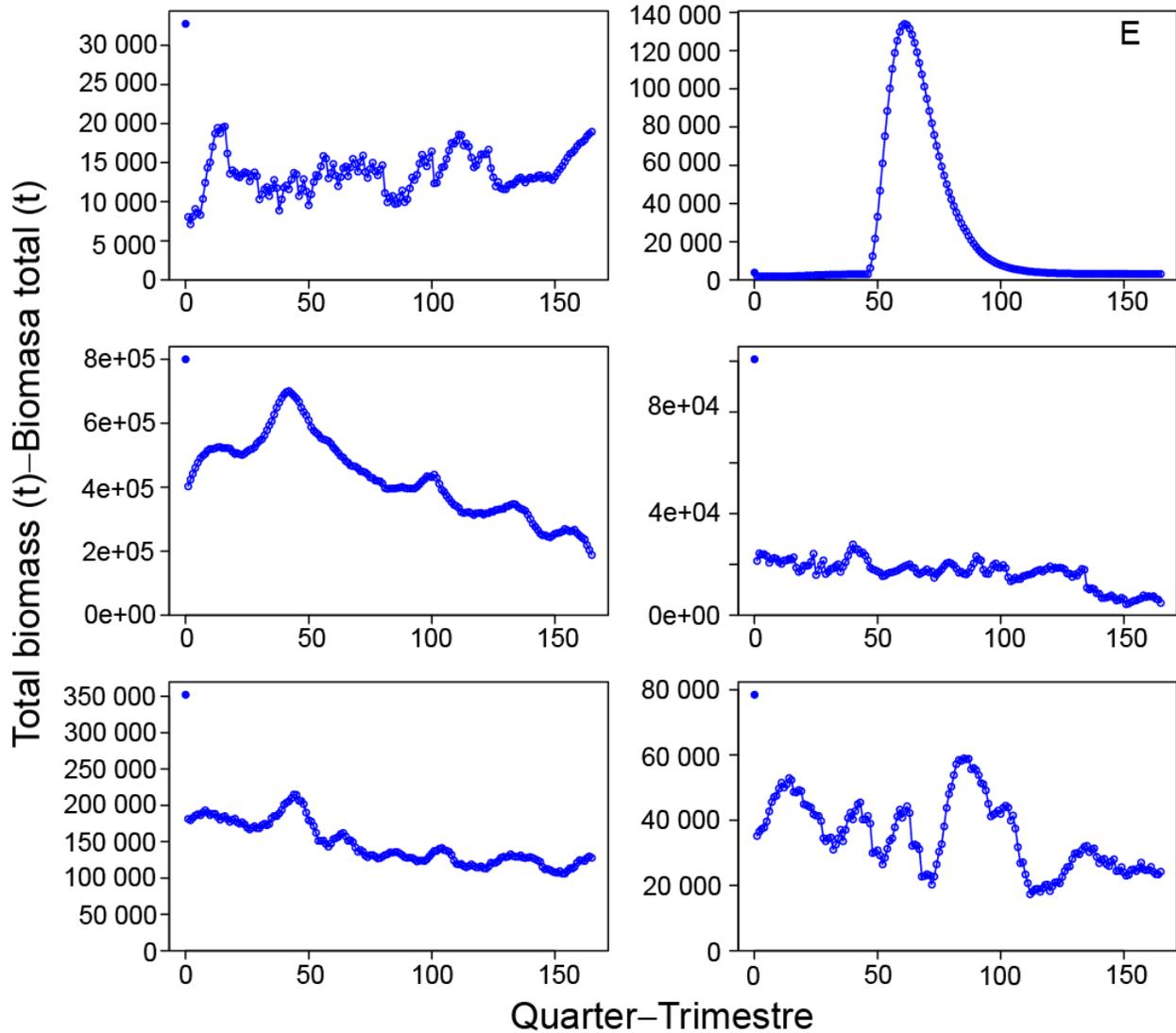


FIGURE A17. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid E (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A17. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula E (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

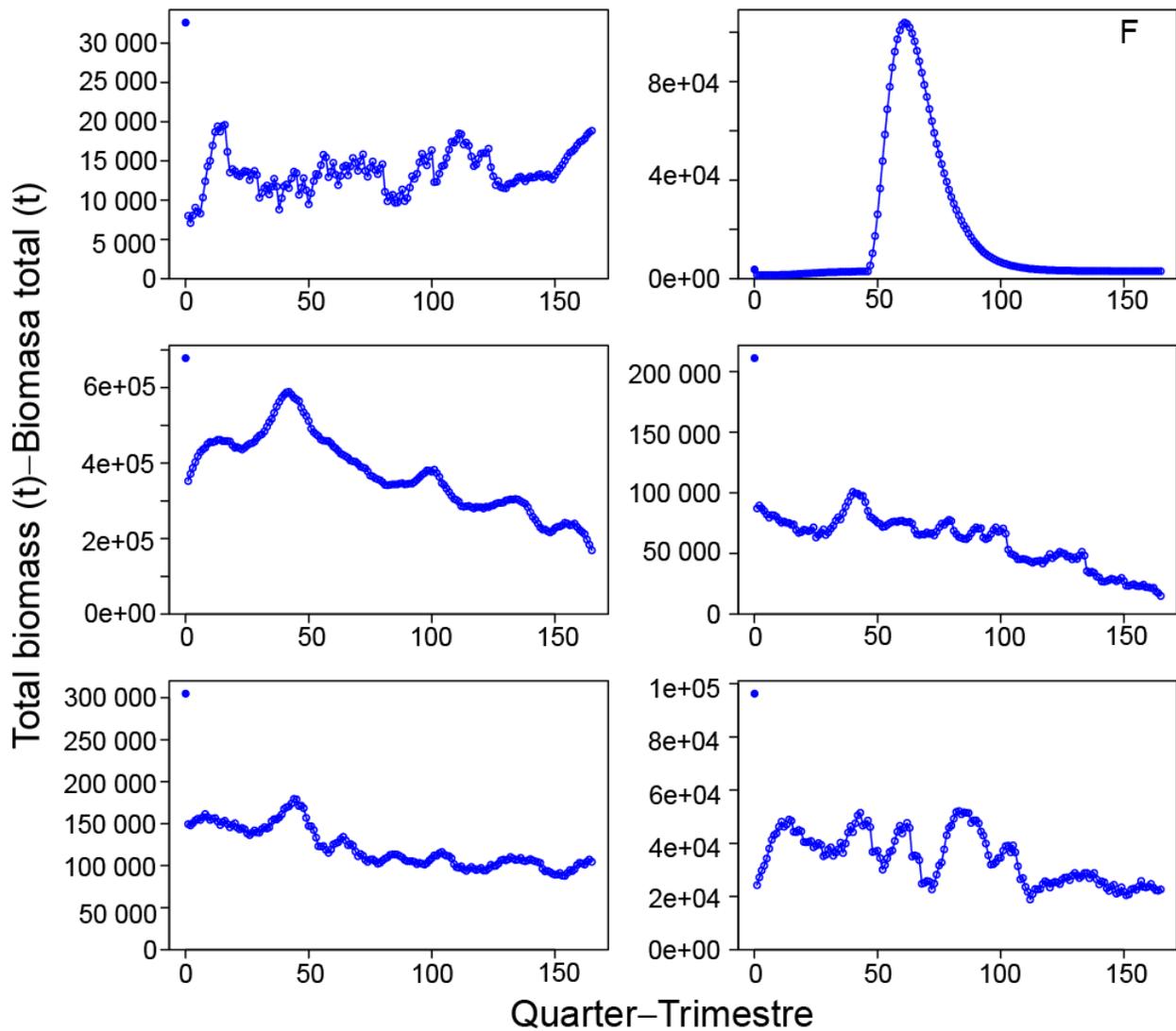


FIGURE A18. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid F (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A18. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula F (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

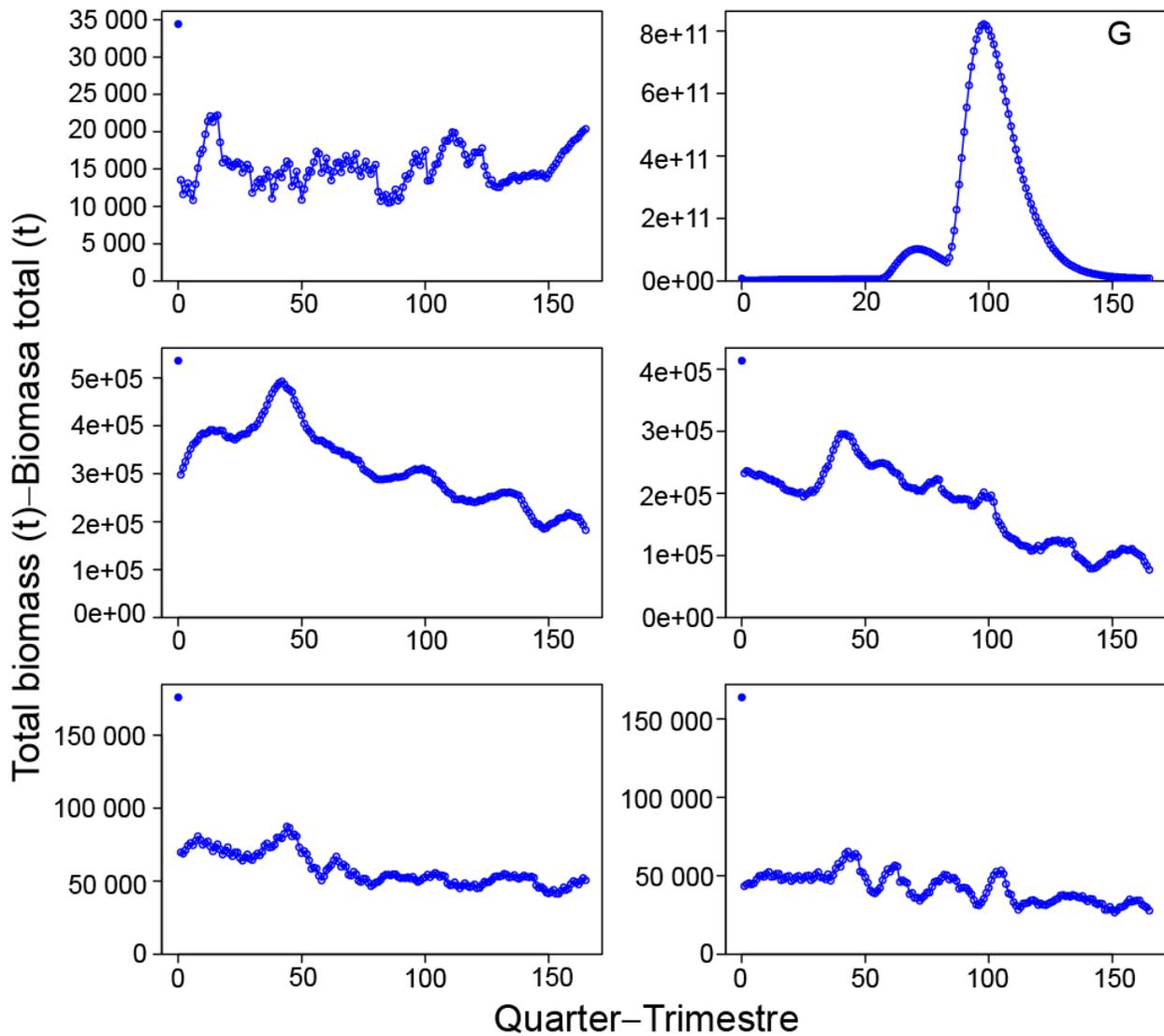


FIGURE A19. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid G (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A19. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula G (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

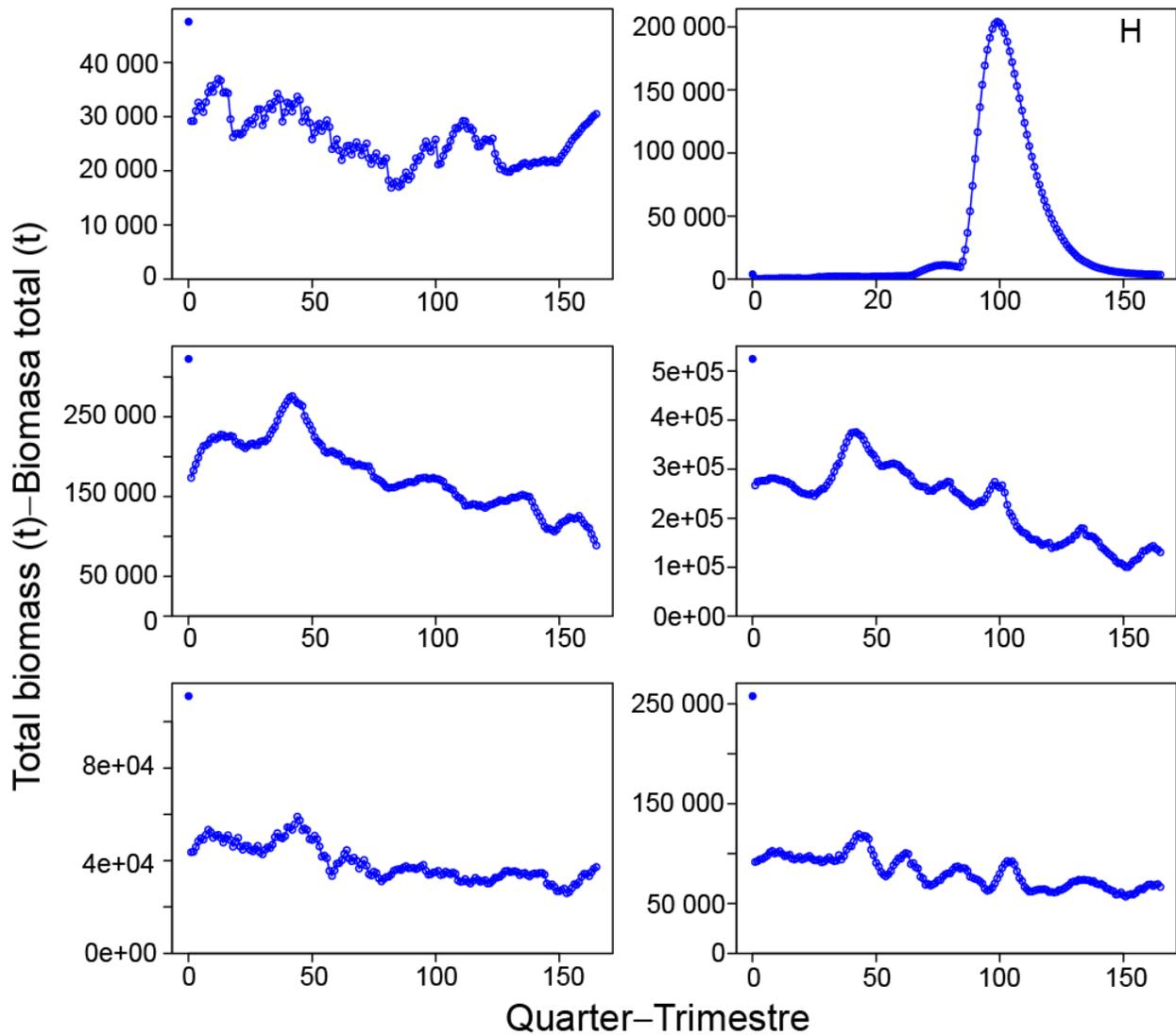


FIGURE A20. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid H (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A20. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula H (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

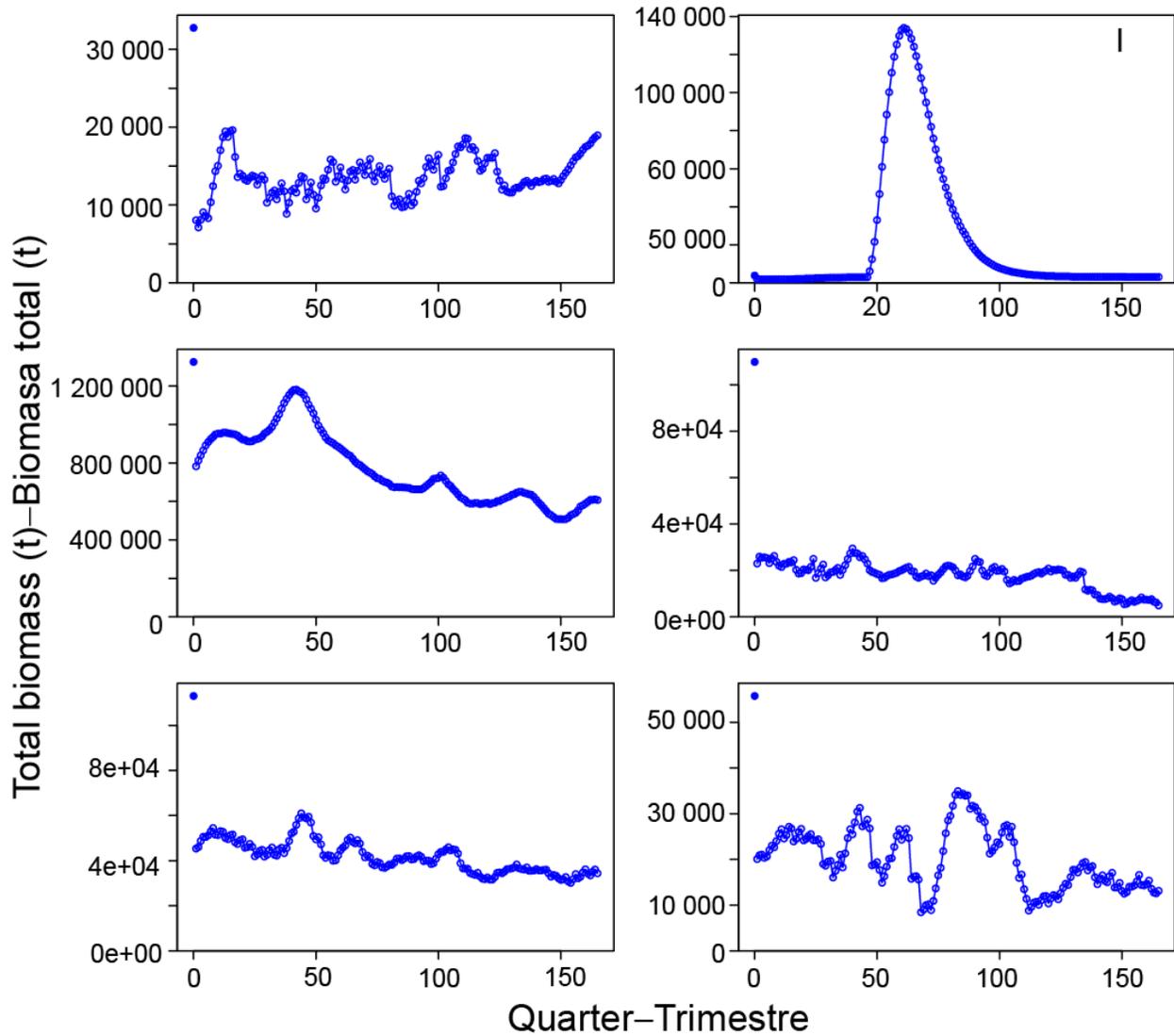


FIGURE A21. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid I (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A21. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula I (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

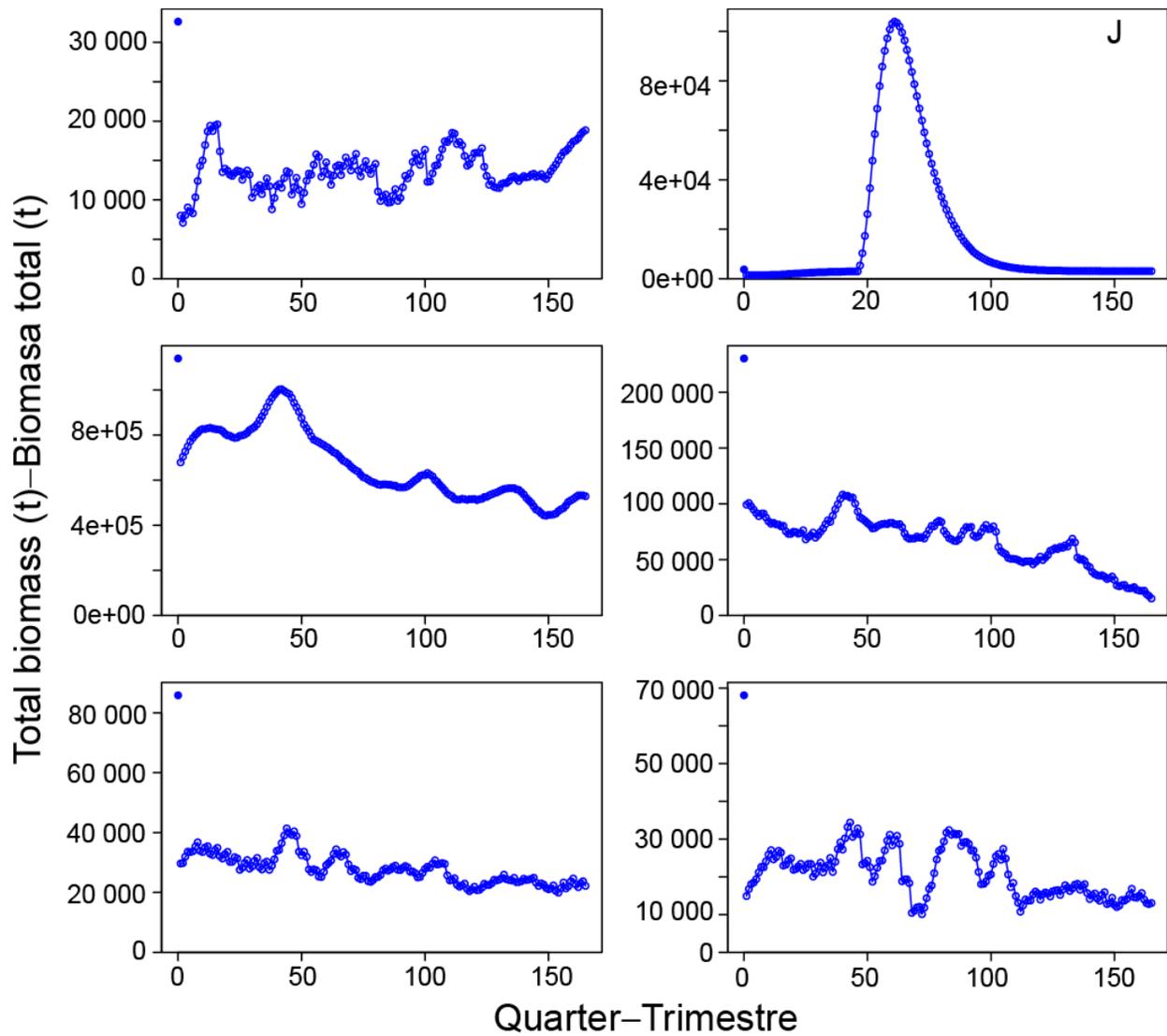


FIGURE A22. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid J (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A22. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula J (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

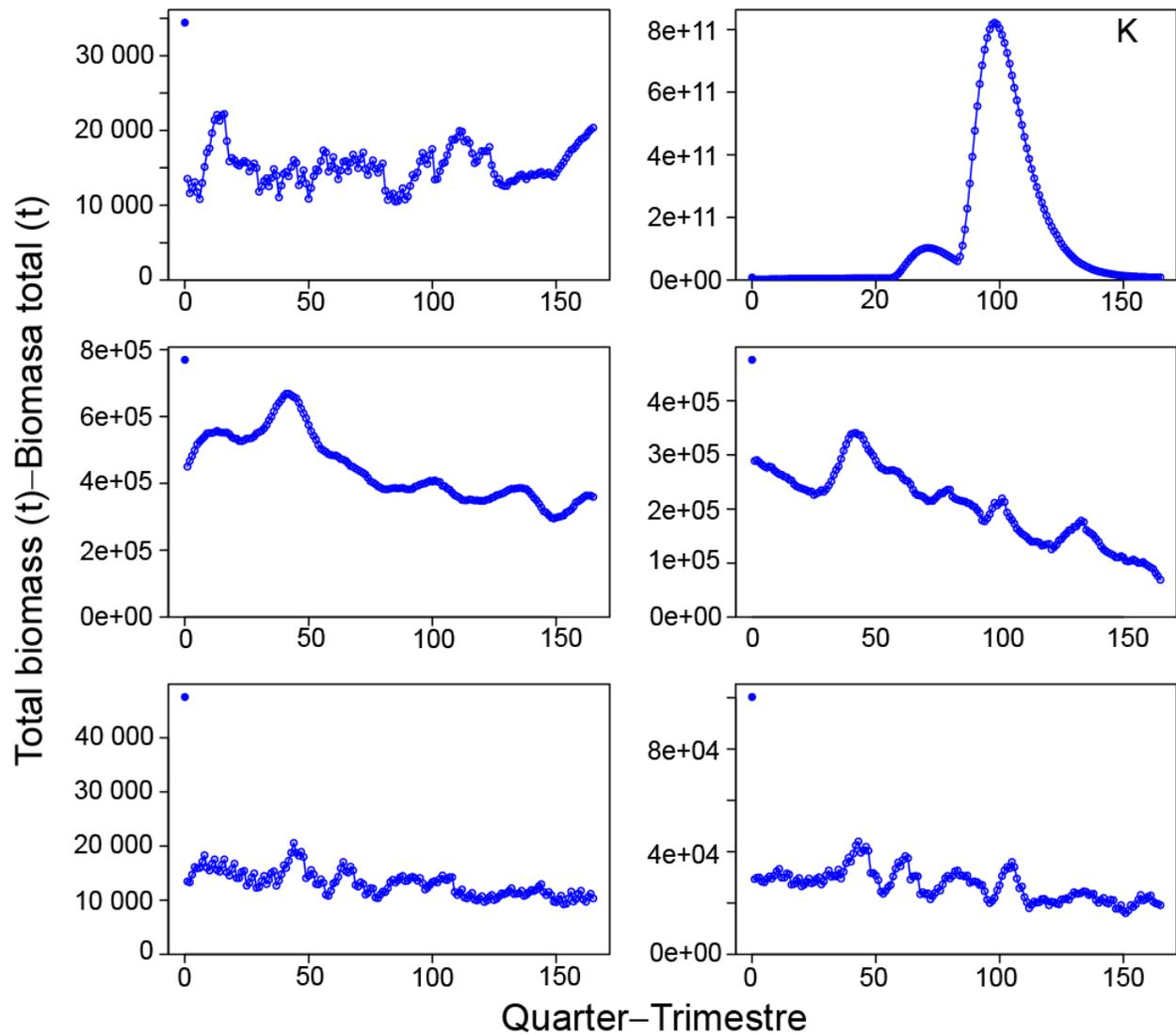


FIGURE A23. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid K (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A23. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula K (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

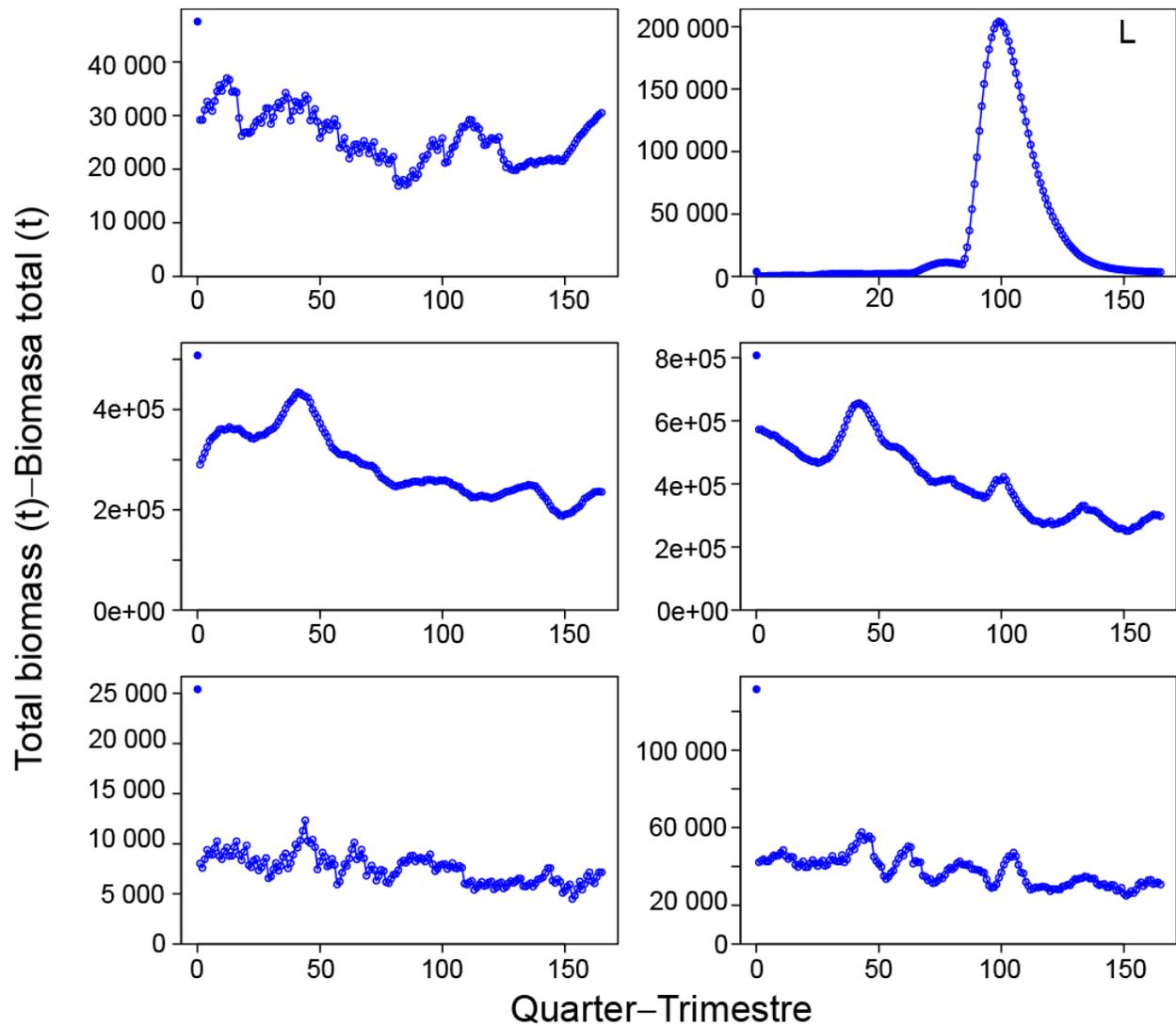


FIGURE A24. ASPM estimates of total biomass for the six areas in grid L (Figure 7), with estimates of recruitment deviates.

FIGURA A24. Estimaciones del ASPM de biomasa total correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula L (Figura 7), con estimaciones de las desviaciones del reclutamiento.

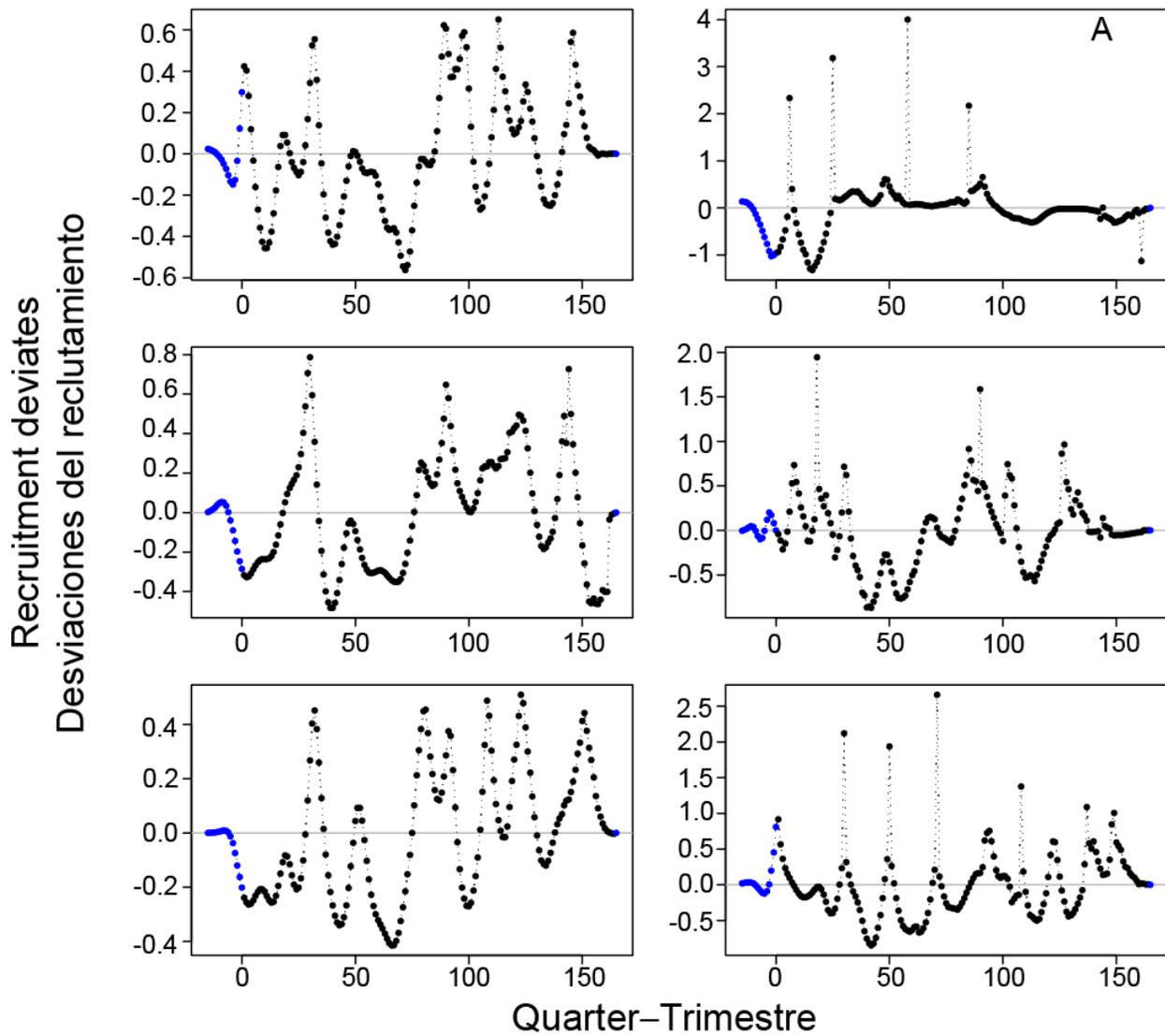


FIGURE A25. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid A (Figure 7).

FIGURA A25. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula A (Figura 7).

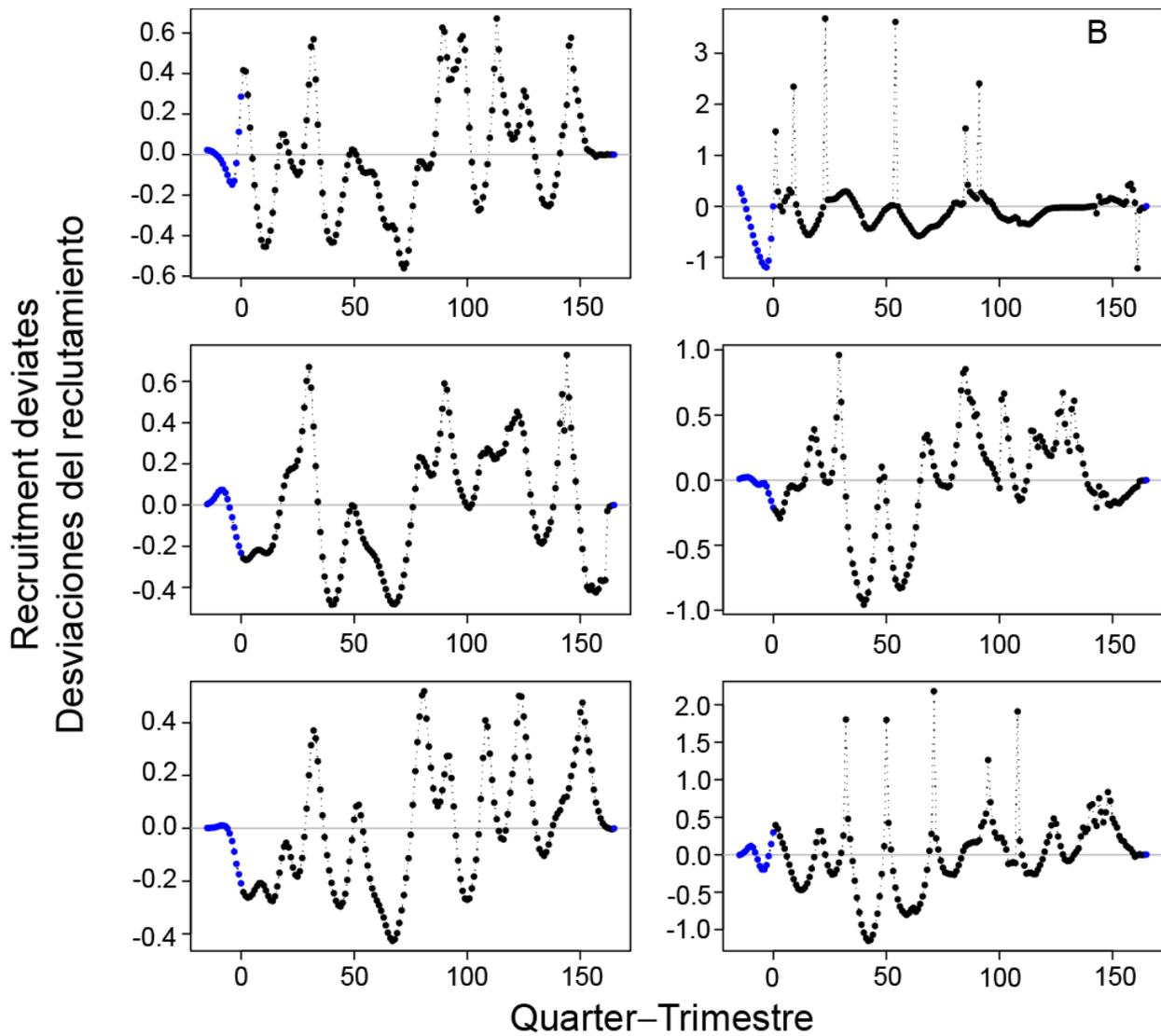


FIGURE A26. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid B (Figure 7).

FIGURA A26. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula B (Figura 7).

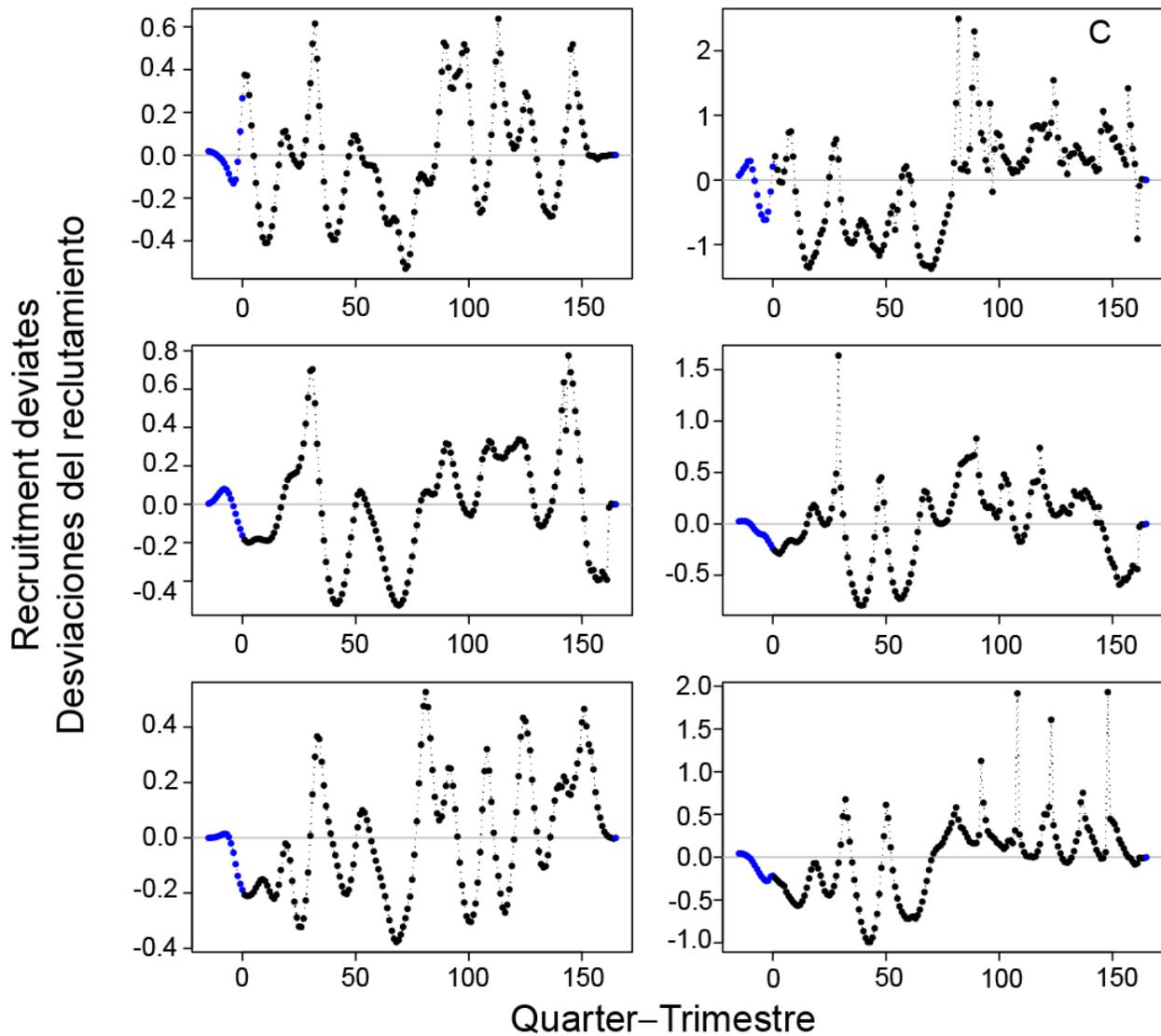


FIGURE A27. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid C (Figure 7).

FIGURA A27. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula C (Figura 7).

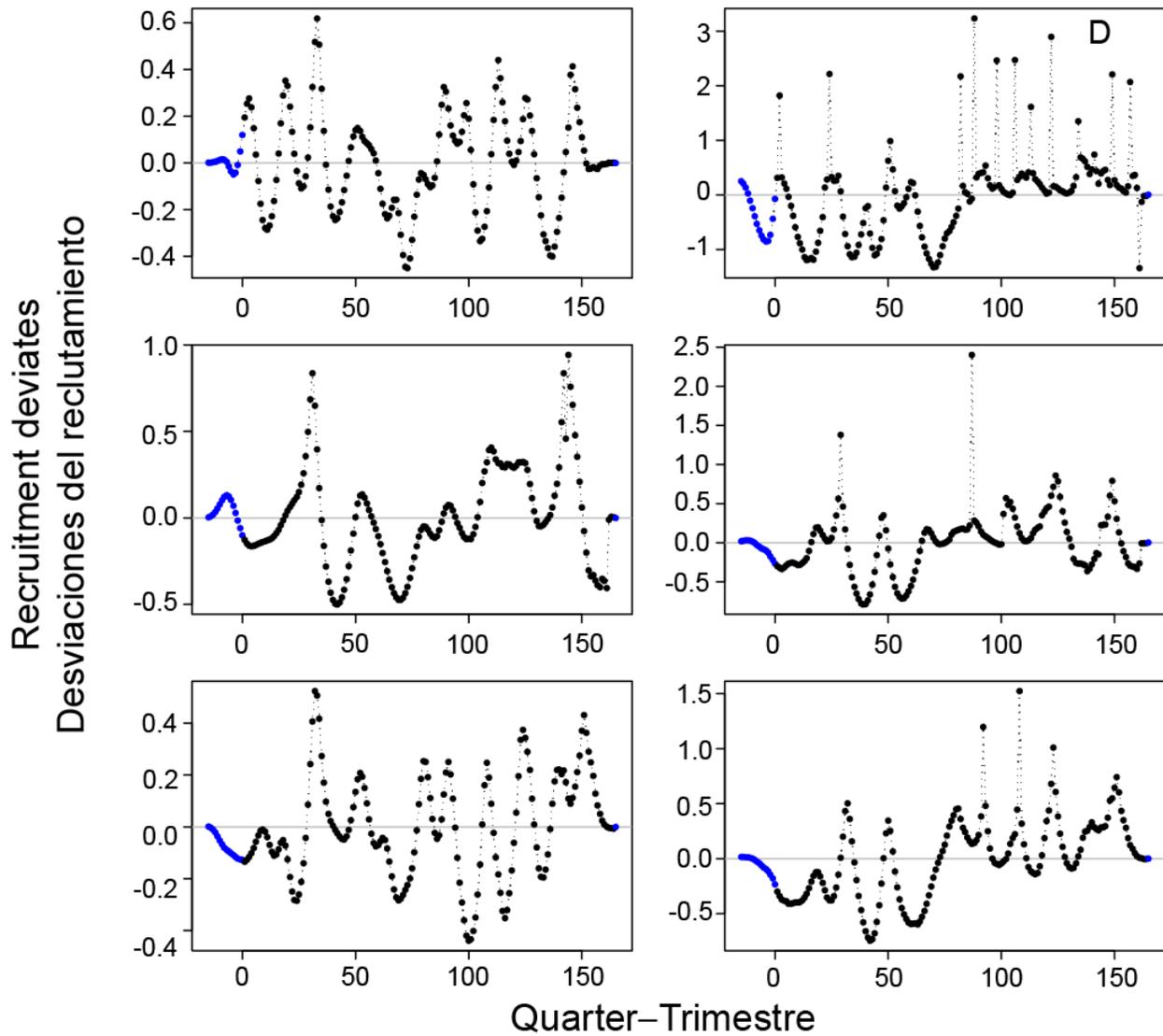


FIGURE A28. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid D (Figure 7).

FIGURA A28. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula D (Figura 7).

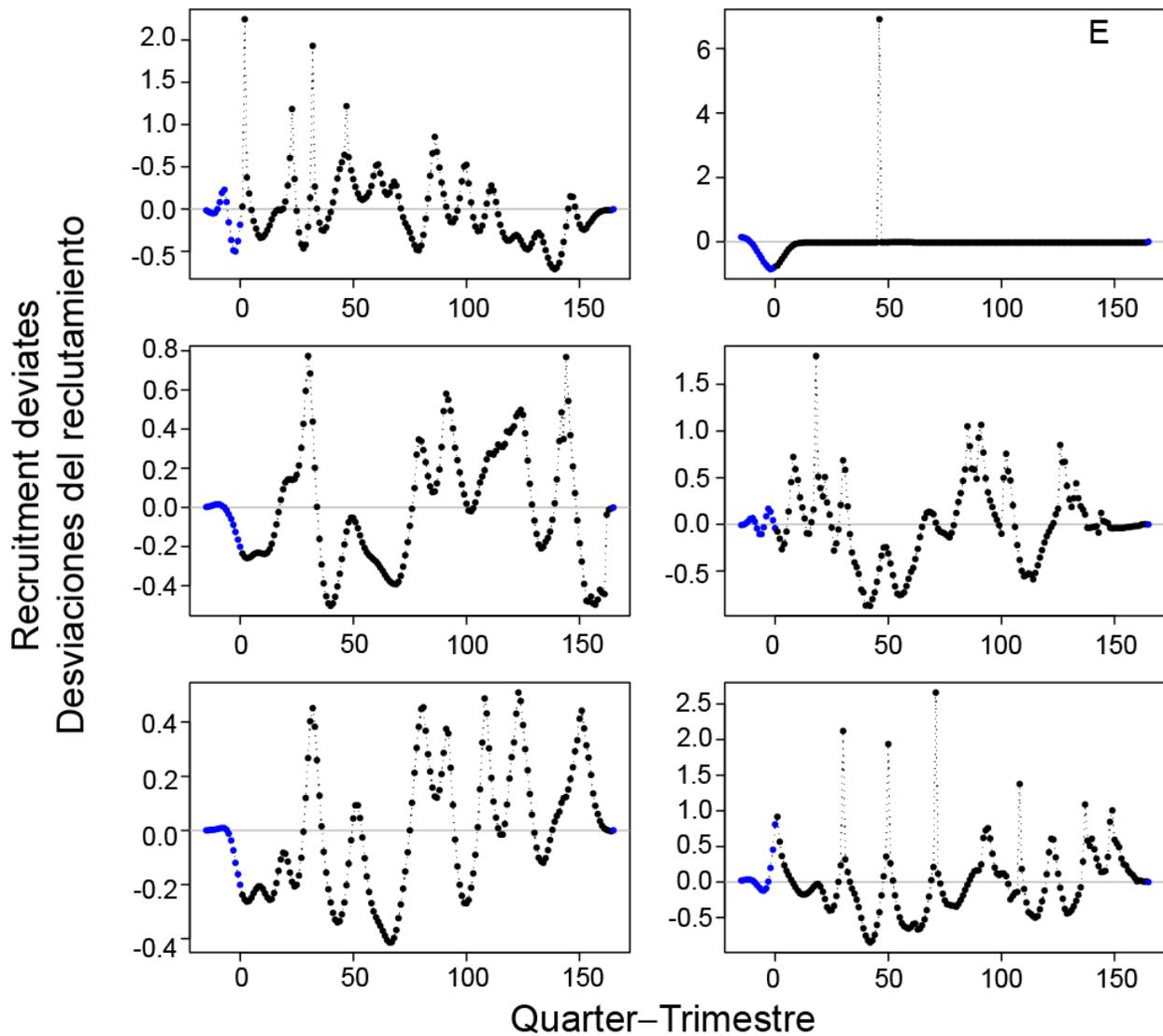


FIGURE A29. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid E (Figure 7).

FIGURA A29. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula E (Figura 7).

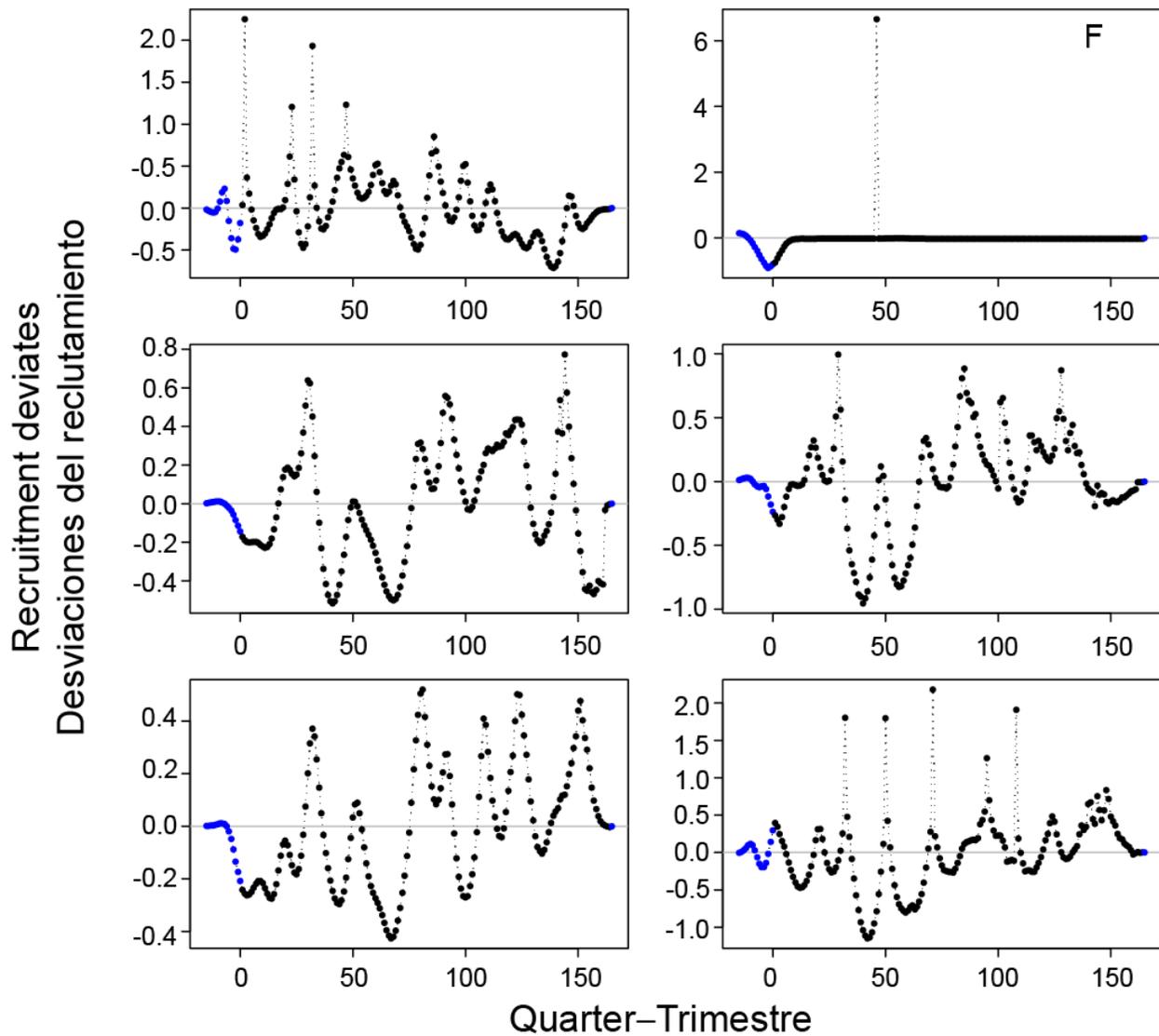


FIGURE A30. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid F (Figure 7).

FIGURA A30. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula F (Figura 7).

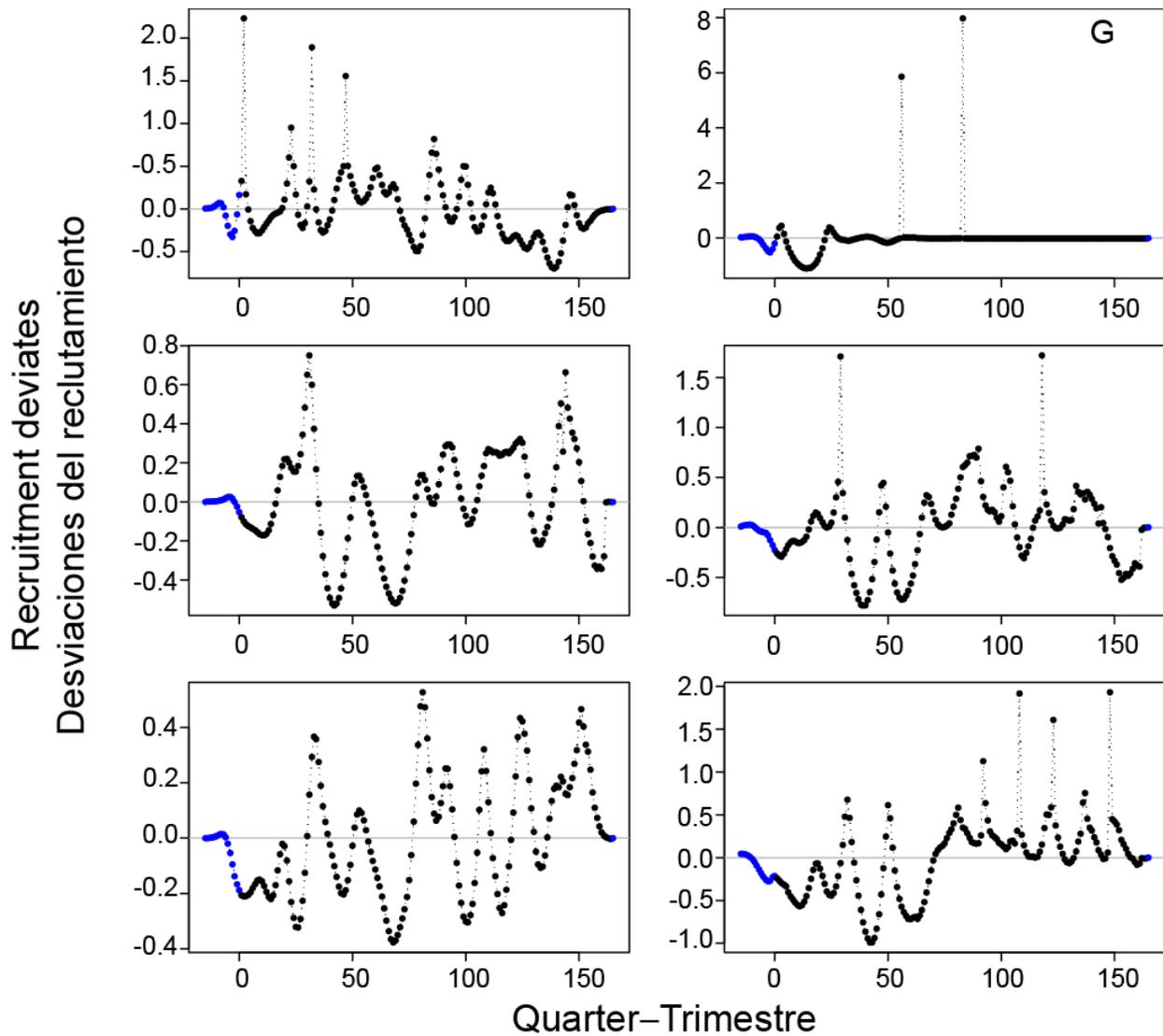


FIGURE A31. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid G (Figure 7).

FIGURA A31. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula G (Figura 7).

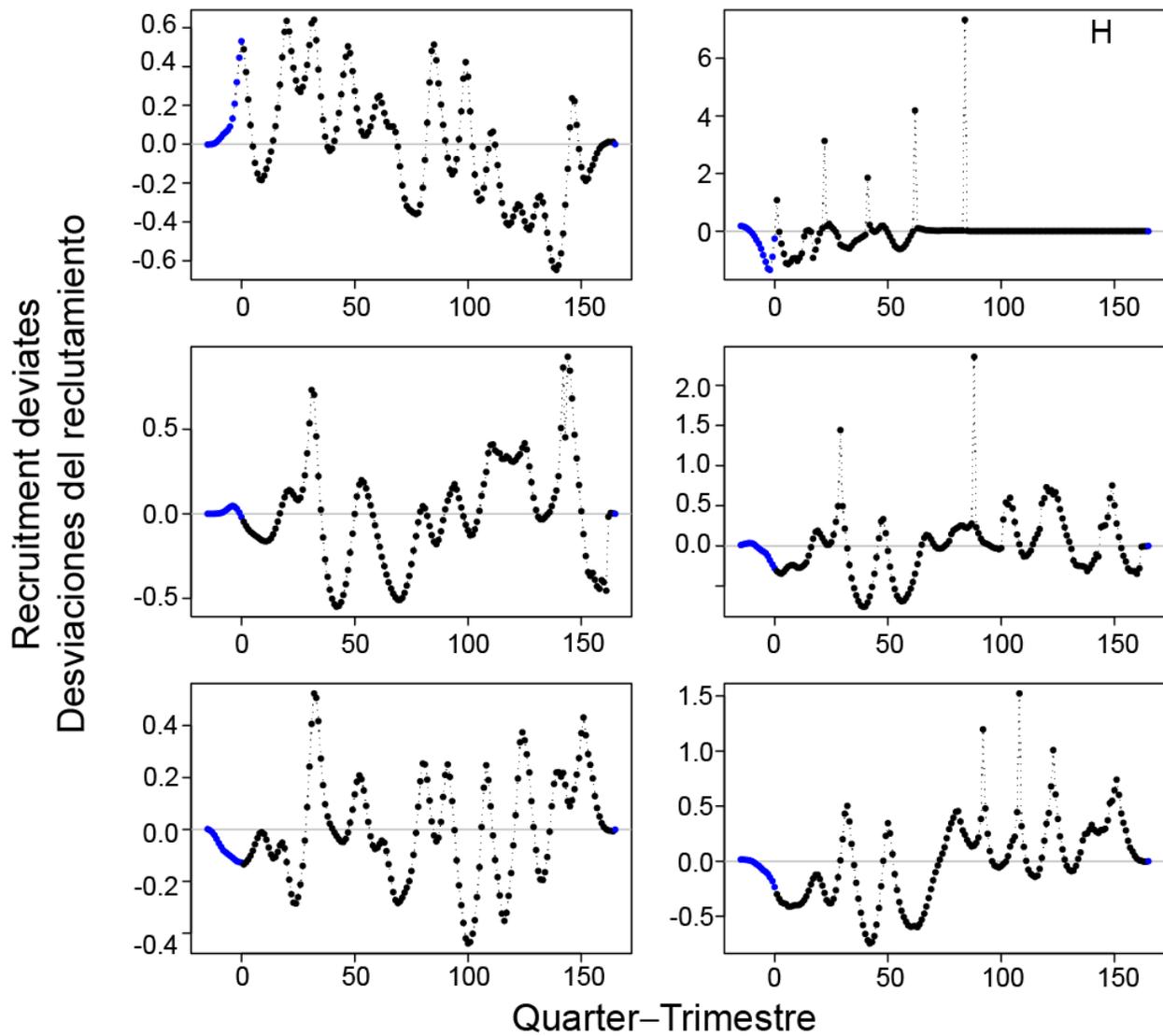


FIGURE A32. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid H (Figure 7).

FIGURA A32. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula H (Figura 7).

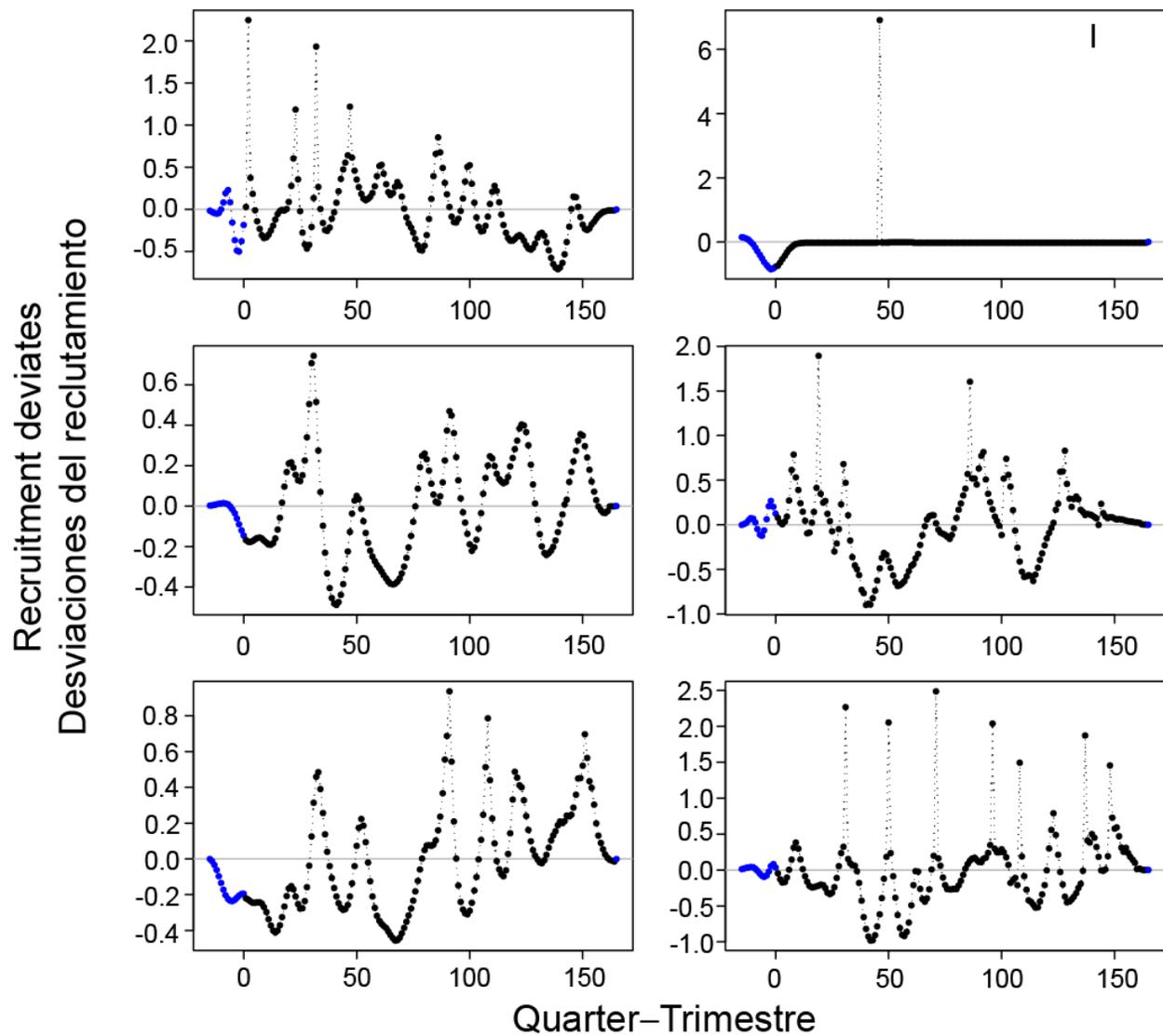


FIGURE A33. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid I (Figure 7).
FIGURA A33. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula I (Figura 7).

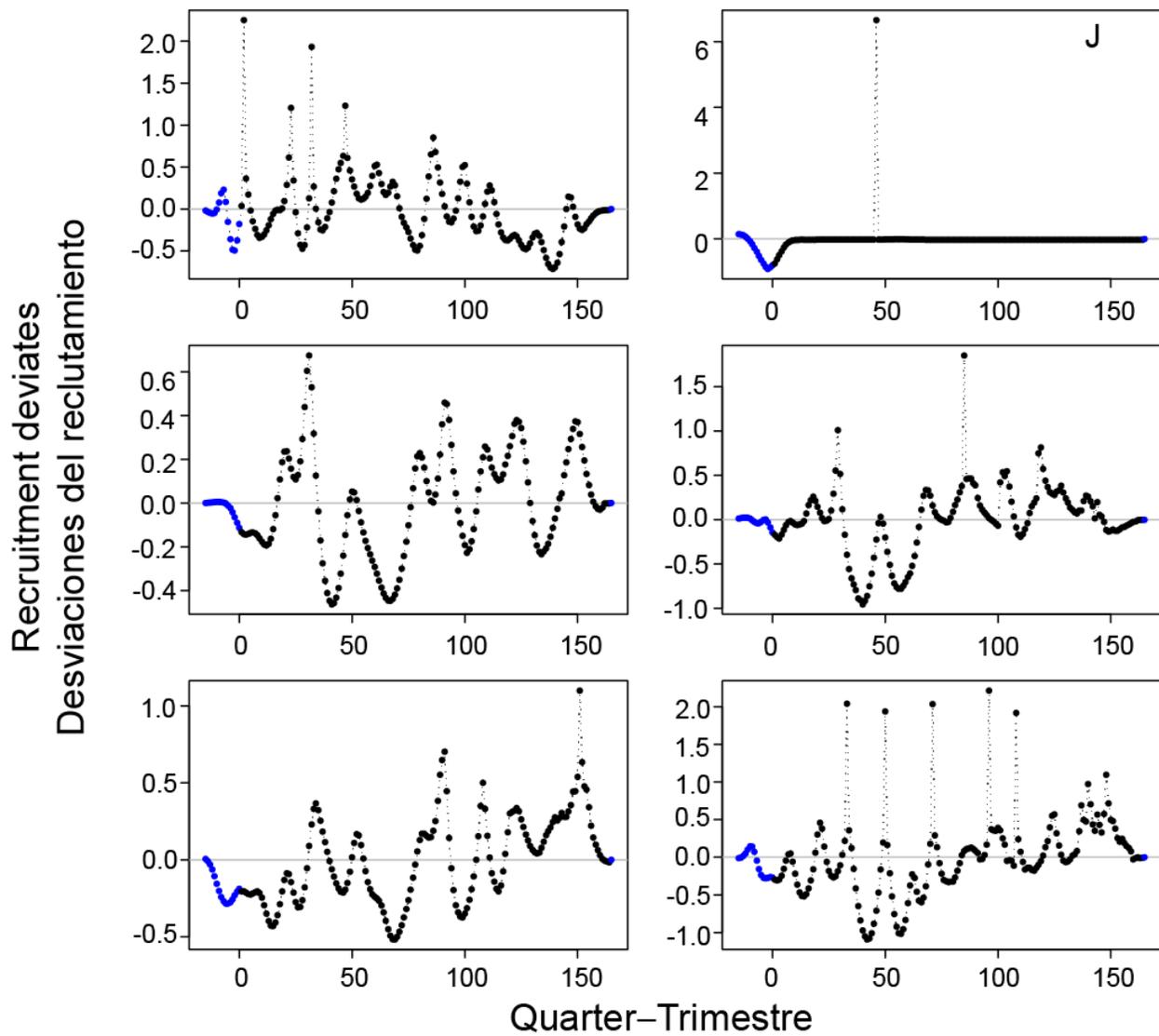


FIGURE A34. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid J (Figure 7).

FIGURA A34. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula J (Figura 7).

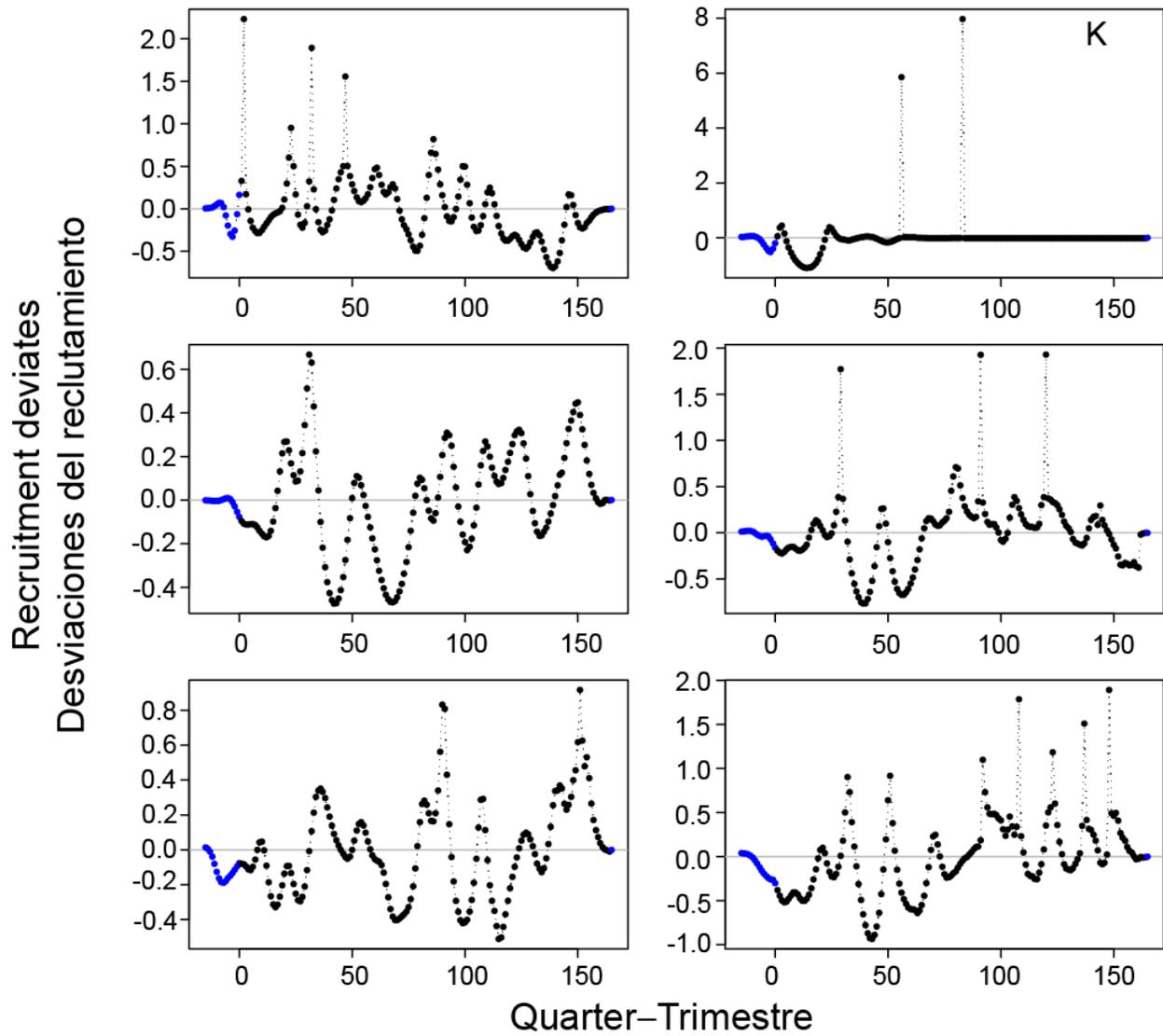


FIGURE A35. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid K (Figure 7).
FIGURA A35. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula K (Figura 7).

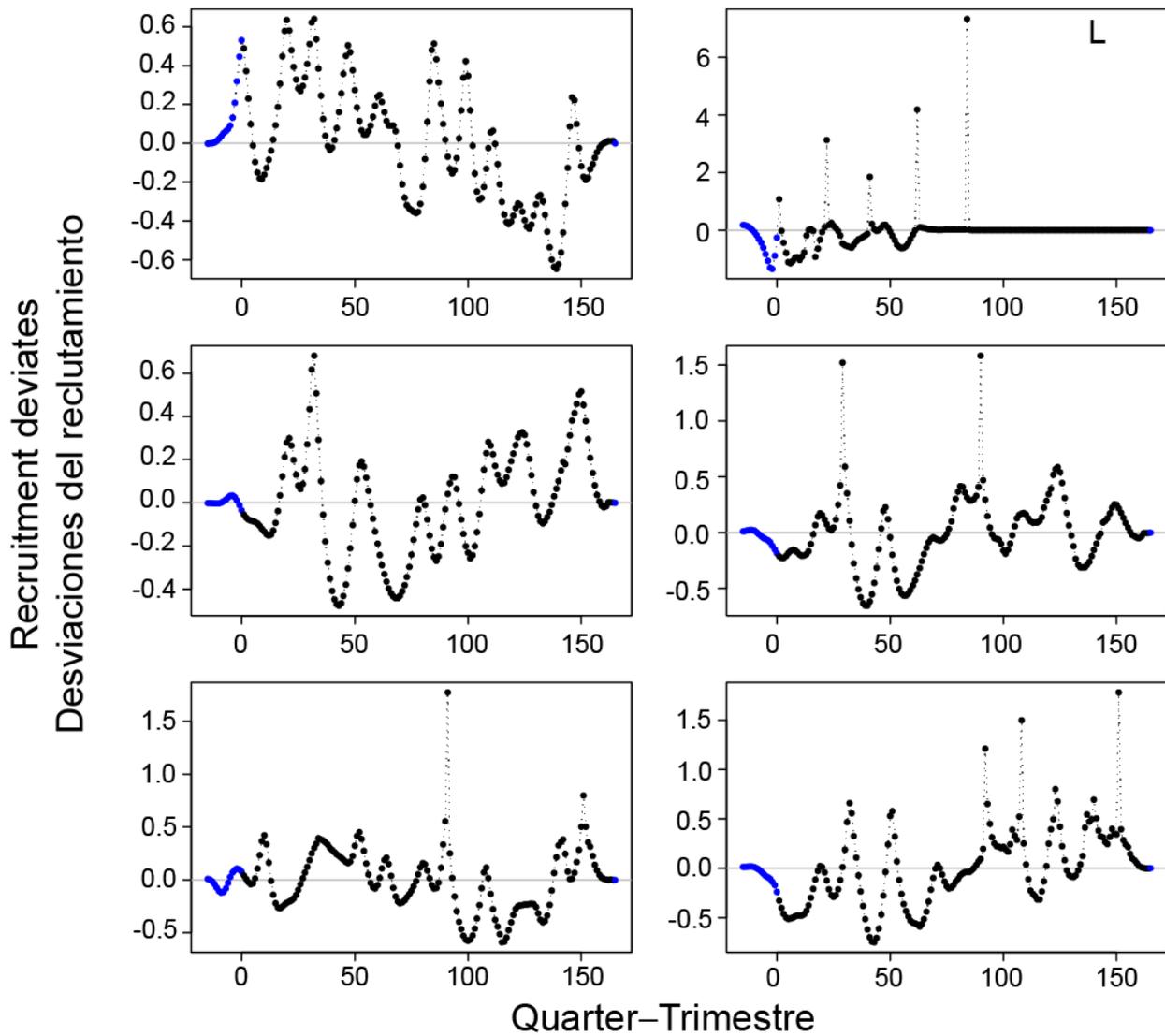


FIGURE A36. Quarterly recruitment deviates estimated by ASPM for the six areas in grid L (Figure 7).

FIGURA A36. Desviaciones trimestrales del reclutamiento estimadas por el ASPM correspondientes a las seis áreas en la cuadrícula L (Figura 7).