

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

SÉPTIMA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

09-13 de mayo de 2016

DOCUMENTO SAC-07-06a(i)

EVALUACIÓN EXPLORATORIA DE LA POBLACIÓN DE DORADO (*CORYPHAENA HIPPURUS*) EN EL OCÉANO PACÍFICO SUDESTE

Alexandre Aires-da-Silva, Juan L. Valero, Mark. N. Maunder, Carolina V. Minte-Vera, Cleridy Lennert-Cody, Marlon H. Román, Jimmy Martínez-Ortiz, Edgar J. Torrejón-Magallanes, y Miguel N. Carranza

ÍNDICE

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Datos	6
3. Supuestos y parámetros.....	10
4. Configuraciones de la estructura del modelo	11
5. Resultados	13
6. Cantidades de ordenación	17
7. Análisis de rendimiento por recluta	18
8. Direcciones futuras	19
Referencias.....	21
Figuras	25

RESUMEN

El dorado (*Coryphaena hippurus*) se encuentra ampliamente distribuido por todas las aguas tropicales y subtropicales de los océanos del mundo. Es una de las especies más importantes capturadas en las pesquerías artesanales de las naciones costeras del Océano Pacífico oriental (OPO), alcanzando desde Chile en el sur hasta México en el norte. Las estadísticas pesquerías disponibles indican que el OPO es la región dominante en la producción global de dorado. Se considera la especie altamente resistente a la sobrepesca debido a su alta productividad en todos los océanos del mundo. Sin embargo, son necesarias evaluaciones de las poblaciones para obtener una mejor vista general de la condición de las poblaciones de la especie y desarrollar puntos de referencia para la ordenación. Estados costeros Miembros de la CIAT han solicitado investigaciones colaborativas y asesoramiento del personal de la CIAT en la investigación regional del dorado, en particular en evaluaciones de poblaciones. Se han realizado tres Reuniones Técnicas de la CIAT sobre el dorado, en Ecuador, Perú, y Panamá, en 2014, 2015, y 2016, respectivamente. Se identificó una cantidad grande y diversa de datos biológicos y de la pesca para el dorado disponible de Estados Miembros de la CIAT, y se discutieron supuestos acerca de la estructura de la de las poblaciones, así como las metodologías e indicadores de condición de población por usar. Se consideró que los datos disponibles eran suficientes para intentar una evaluación convencional de la población de dorado en el Océano Pacífico suroriental (al sur de la línea ecuatorial; OPO sur). En el caso de las pesquerías de dorado al norte de la línea ecuatorial (por ejemplo, Colombia, Centroamérica, o México), la situación actual de

datos limitados impide el uso de evaluaciones convencionales. Son necesarios mejores programas de recolección de datos de dorado para esas pesquerías.

Este estudio presenta una evaluación exploratoria de la población de dorado en el Océano Pacífico sudeste. La extensión geográfica de la evaluación es la región «núcleo» de la población de dorado en el OPO, situada frente a Perú y Ecuador. En esta región, el dorado es principalmente blanco de pesquerías palangreras artesanales dirigidas de ambos Estados, pero la especie es también capturada incidentalmente en las pesquerías atuneras de cerco. La evaluación es implementada en la plataforma de modelado *Stock Synthesis*, con intervalos mensuales de tiempo, y cubre el periodo de julio de 2007 a junio de 2015. Los datos de captura usados provienen de Perú, Ecuador, y las capturas incidentales cerqueras. Se ajusta el modelo a (i) datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de las pesquerías artesanales ecuatorianas, (ii) datos de composición de talla de las pesquerías artesanales peruanas, así como las capturas incidentales cerqueras (sexos combinados), y (iii) datos de composición por talla de las pesquerías artesanales ecuatorianas (sexos separados). El intervalo mensual de tiempo permite que la reducción causada por la captura y medida por la CPUE informe las estimaciones de abundancia absoluta.

La evaluación produce un buen ajuste a la CPUE y los datos de composición por talla de Ecuador. Aunque el ajuste a los datos de composición por talla es bueno, los patrones residuales para unos meses en la pesquería ecuatoriana sugieren que es necesario más trabajo para capturar los procesos (por ejemplo, crecimiento y/o selectividad) que podrían explicar la falta de ajuste. Aunque los resultados de la evaluación contribuyen a los conocimientos de la dinámica poblacional del dorado y su historial de explotación en el OPO, el personal de la CIAT no puede formar conclusiones acerca de la condición de la población, porque no se han definido puntos de referencia objetivo o límite para el dorado en el OPO. No obstante, se presentan y discuten algunas cantidades de ordenación para consideración. Las capturas recientes están cercanas a las estimaciones del rendimiento máximo sostenible (RMS) de la evaluación de la población. No obstante, los análisis de rendimiento por recluta (RPR) indican que la curva de rendimiento es muy plana, y la mortalidad por pesca necesaria para lograr el RMS no está bien definida. Un [estudio complementario](#) presenta una evaluación de estrategia de ordenación (EEO) exploratoria para el dorado en el OPO sur. En general, este estudio señala que *Stock Synthesis* es una herramienta prometedora para realizar evaluaciones de la población de esta especie en el OPO. Son necesarias investigaciones adicionales a para refinar el modelo y los datos usados, y para priorizar la recolección de datos nuevos para evaluar el dorado. Se podrían considerar en el futuro análisis que amplíen el alcance espacial de la evaluación e incluyan datos de más pesquerías (por ejemplo, Centroamérica, México, y Chile).

El presente informe incluye una serie de recomendaciones para investigaciones futuras para mejorar los análisis de evaluación de la población de dorado en el OPO. Queda por desarrollar una evaluación convencional de la población de dorado en el OPO norte (al norte de la línea ecuatorial). Desgraciadamente, los datos de pesca de dorado disponibles de los Estados costeros del norte son todavía muy limitados, en particular, se sabe poco de la captura total y de potenciales índices relativos de abundancia (ej. tasas de captura o CPUE). Se podría aplicar un enfoque de estimador de reducción mensual en estas situaciones de datos limitados, siempre que se disponga de ciertos datos mínimos de CPUE.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El dorado (*Coryphaena hippurus*) Linnaeus, 1758, es una especie epipelágica y principalmente oceánica con una amplia distribución por todas las aguas tropicales y subtropicales de los océanos del mundo (Palko *et al.*, 1982). Conocida también como *mahi mahi*, *dolphinfish*, *doradilla*, *lampuga*, *palometa*, y *perico*, es

una las especies más importantes capturadas en las pesquerías artesanales de las naciones costeras del Océano Pacífico oriental (OPO). La especie es considerada altamente resistente a la sobrepesca debido a su alta productividad en todos los océanos del mundo (Palko *et al.*, 1982). En el OPO en particular, el dorado de la muestra altas tasas de crecimiento durante una vida muy corta (aproximadamente tres años), madurez temprana (50% de madurez a una edad de 0.5-1 año), fecundidad alta, y la capacidad de desovar durante todo el año en algunas áreas (Martínez-Ortiz y Zúñiga-Flores, 2012).

En el OPO el dorado es explotado por las flotas de casi todas las naciones costeras, desde Chile en el sur hasta México en el norte, y hasta ocasionalmente en las aguas sudoccidentales de Estados Unidos, en el extremo norte de la distribución del recurso (Dapp *et al.*, 2013; Lasso y Zapata, 1999; Martínez-Ortiz y Zúñiga-Flores, 2012; Norton, 1999; Solano-Sare *et al.*, 2008). Las estadísticas pesqueros disponibles indican que el OPO es la región dominante en la producción global del dorado, con entre el 47 y 70% de las capturas mundiales totales durante 2001-2012 (Aires-da-Silva *et al.*, 2014). Se estima que la captura total anual media de dorado en el OPO fue de unas 71,000 toneladas (t) durante 2008-2012 ([Figura 1](#)).

1.2. La CIAT y el dorado

A pesar de la importancia de la pesquería de dorado en el OPO, existe gran incertidumbre acerca de la condición de la población (SFP, 2013). Se intentó una evaluación de la población en 1991, aplicando un análisis de población virtual basado en talla a datos ecuatorianos (Patterson y Martínez, 1991), pero los resultados de esa investigación son anticuados. La explotación del dorado se ha desarrollado mucho desde los 1990, con nuevas pesquerías que han aparecido y son ahora dominantes en términos de volumen de captura (por ejemplo, las pesquerías artesanales en Perú, que tomaron entre el 57 y 81% de las extracciones totales estimadas de dorado en el OPO durante 2000-2012; [Aires-da-Silva et al. 2014](#)).

El alto valor de las exportaciones de dorado también ha resultado en un interés creciente en la certificación y ecoetiquetado del producto para ciertas pesquerías. Esto, sumado a la demanda existente de una evaluación de la población de dorado, ya que la mayoría de las certificaciones pesqueras exigen evaluaciones exhaustivas de las poblaciones y un sistema de ordenación que funcione, que incluía puntos de referencia (objetivo y límite), y reglas de control de explotación. Son difíciles de determinar sin evaluaciones convencionales de las poblaciones, o al menos conocimientos de la dinámica de la población y la pesca al nivel necesario para realizar una evaluación de la población.

La Convención de Antigua establece que una de las funciones de la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) es «adoptar *medidas apropiadas para evitar, limitar y reducir al mínimo posible ... los efectos sobre las especies asociadas o dependientes*». El dorado es capturado incidentalmente en la pesquería atunera de cerco en el OPO (Martínez-Rincon *et al.*, 2009), en aunque en muy pequeñas cantidades (<5%) comparado con el volumen total de capturas comerciales en el OPO (Aires-da-Silva *et al.*, 2014). En este contexto, algunos Estados costeros Miembros de la CIAT han solicitado investigaciones colaborativas y asesoramiento del personal de la CIAT sobre la investigación del dorado, en particular la evaluación de poblaciones (Aires-da-Silva *et al.*, 2014). Consecuente a esta solicitud, se celebraron tres reuniones técnicas de la CIAT sobre el dorado. La [primera reunión](#), celebrada en Manta, Ecuador, en 2014, ayudó a establecer el foro de investigación colaborativa necesario para trabajar en el dorado a la amplia escala regional del OPO (Anónimo, 2015). Además, se identificó una cantidad grande y diversa de datos biológicos y pesqueros para el dorado disponible de países miembros de la CIAT. La segunda reunión, celebrada en Lima, Perú, en 2015, condujo a avances significativos en dos temas importantes que necesitan ser abordados para la ordenación regional del dorado en el OPO (Anónimo, 2016): 1) supuestos acerca de la estructura de la población, y 2) cuáles metodologías e indicadores de condición de la población usar. En 2016 se celebró una tercera reunión, en Panamá. Esta reunión se enfocó en la evaluación de necesidades de datos y métodos de evaluación para pesquerías de dorado en el OPO con datos limitados.

1.3. Modelo conceptual de historia de vida para el dorado en el OPO

Un resultado importante de la segunda reunión sobre el dorado fue la elaboración por expertos regionales de un modelo conceptual hipotético de la estructura y dinámica poblacionales del dorado en el OPO ([Figura 2a](#)), basado en análisis de conjuntos de datos complementarios tales como los datos de observadores de buques cerqueros grandes (clase 6 de la CIAT; capacidad de acarreo mayor de 363 t), datos de CPUE palangrera artesanal, y compilaciones de capturas mensuales de los países centroamericanos. Los estudios genéticos disponibles son preliminares, pero indican una alta variabilidad genética dentro del OPO, y la mayoría señalan la necesidad de muestras de mayor tamaño y un mejor muestreo espaciotemporal. En este momento, no existen pruebas claras que exista más de una población de dorado en el OPO, pero cierta información sugiere que podrían existir dos sub-poblaciones, costera y oceánica (Téllez and Caballero, 2017). De ser este el caso, la sub-población costera (o «más residente») sería más disponible durante el año entero hacia la costa ligeramente al norte de la línea ecuatorial, mientras que la sub-población oceánica se trasladaría estacionalmente hacia las zonas costeras del OPO alrededor de octubre-noviembre

La temporada de pesca de dorado para la flota palangrera artesanal comienza alrededor de octubre-diciembre, alcanza su nivel máximo alrededor de diciembre, y termina alrededor de febrero-marzo (Martínez-Ortiz *et al.* 2015). Esto coincide con cambios oceanográficos en las aguas oceánicas frente a Perú y Ecuador, entre 2°S y 10°S desde 90°O hasta 105°O ([Figura 2b](#)), y particularmente con la isoterma de 23°C, con la cual el dorado se encuentra principalmente asociado. Cuando comienza la temporada de dorado, las aguas subtropicales con temperaturas superficiales (TSM) moderadas (20-25°C) se encuentran al sur del Frente Ecuatorial y al oeste de la masa de agua fría (16-20°C) asociada al afloramiento y el sistema de la Corriente de Humboldt frente a Perú. A medida que estas aguas más cálidas se acercan a la costa, la masa de agua fría se encoge, y el dorado se vuelve vulnerable al arte palangrero artesanal. Para febrero-marzo, cuando termina la temporada de pesca de dorado, el agua más fría está restringida a la zona a lo largo de la costa peruana, y queda poco hábitat de menos de 25°C disponible en el Pacífico ecuatorial y tropical.

Las capturas de dorado por buques cerqueros, aunque responden de menos del 5% de las capturas totales conocidas de la especie en el OPO, pueden ser usadas para ampliar la distribución espacial aproximada del dorado indicada por los datos de la pesquería artesanal. El esfuerzo cerquero está ampliamente distribuido en el OPO, y el dorado está presente en casi todas las áreas de operación de la flota cerquera ([Figura 2c](#)); además, todos los viajes de los buques cerqueros grandes son acompañados por observadores, que vienen registrando las capturas incidentales por especie y categoría de talla (0-30 cm, 30-60 cm, y >60 cm) desde 2005. El tamaño de madurez del dorado es alrededor de los 60 cm, por lo que las dos primeras categorías de talla son indicativas de peces juveniles, y la tercera de adultos.

La frecuencia de las capturas incidentales de dorado en la pesquería de cerco es máxima en la pesquería sobre objetos flotantes (OBJ). La captura por lance (en número de peces) en dicha pesquería es máxima cerca de la costa en los trimestres primero y cuarto del año, es decir, desde octubre hasta marzo ([Figura 2d](#)). En el cuarto trimestre, existe apenas esfuerzo cerquero sobre objetos flotantes, y por lo tanto apenas captura, en las áreas costeras al sur de la línea ecuatorial, pero esto se ve compensado por las grandes capturas de la pesquería palangrera artesanal ([Figuras 2b, 2d](#)). Las pesquerías sobre delfines (DEL) y no asociada (NOA), con su distribución más costera y más al norte, amplían el panorama hacia el norte, y confirman estos patrones espaciales ([Figura 2e](#)). En esas dos pesquerías, la captura por lance es máxima en los trimestres primero y cuarto en las áreas costeras, con grandes concentraciones hacia el extremo norte, alrededor de Baja California, y en el sur, frente a Ecuador y Perú, donde las corrientes de California y Humboldt ejercen su mayor influencia. En las aguas centroamericanas, el dorado está presente frente a Nicaragua, Costa Rica y el norte de Panamá, con una interrupción aparente en la distribución frente al sur de México y Guatemala, que parece ser más continua en el segundo trimestre (abril-junio).

La proporción de lances sobre objetos flotantes con capturas de dorado pequeño y grande en distintas áreas del OPO ([Figura 2f](#)) muestra un patrón estacional marcado similar en todas las zonas excepto las costeras. La dinámica estacional y anual de la población de dorado es fácil de describir. Desde enero hasta mayo la proporción de lances con peces pequeños (juveniles eclosionados entre aproximadamente octubre y enero) aumenta constantemente; alrededor de junio, cuando los peces tienen unos 6 meses de edad y miden unos 50 cm, pasan a la categoría de "peces grandes", y la proporción de lances con peces grandes aumenta marcadamente. Luego disminuye desde octubre hasta diciembre, principalmente al sur de la línea ecuatorial ([Figura 2e](#); áreas 6-9), y en el área 2, mientras que frente a Centroamérica y Colombia (áreas 4 y 5) permanece más o menos igual, debido muy probablemente a desplazamientos hacia las zonas costeras. Desde enero hasta marzo se observa una disminución marcada en los adultos en todas las zonas, a medida que se agota la cohorte eclosionada un año antes.

Compilar las capturas mensuales de los países costeros del OPO ayuda a elucidar la dinámica del dorado en las zonas costeras en el hemisferio norte (Informe [DOR-02](#): Tabla 1). En Panamá y Costa Rica, se logran las capturas máximas de dorado durante octubre-enero, con un pico en noviembre, pero con un pico secundario alrededor de mayo. En Colombia, se obtienen las capturas máximas durante diciembre-marzo, con el pico en febrero. Más al norte, en Guatemala, se captura dorado durante todo el año, con un pico en noviembre, mientras que en Baja California Sur, México, donde también se captura dorado durante el año entero, las capturas son máximas durante septiembre-noviembre, con el pico en octubre.

En conclusión, la información disponible no brinda pruebas fuertes de que exista más de una población de dorado en el OPO, aunque existen indicaciones de cierta estructura espacial ([Figura 2a](#)). La información actual indica que la región «núcleo» de la población de dorado yace al sur de la línea ecuatorial, frente a Ecuador y Perú, donde los peces adultos van para reproducirse y alimentarse. La pesquería que opera en esa zona explota principalmente una cohorte anual, de entre unos 10 y 16 meses de edad. La distribución de la captura a lo largo del año en distintas zonas sugiere que podrían existir dos sub-poblaciones en el OPO, con una sub-población oceánica que se desplaza estacionalmente hacia la costa, y unas sub-población más residente en la región costera. La mayoría de las capturas y de los datos disponibles provienen del hemisferio sur, donde es evidente una estacionalidad marcada, que resulta de los encuentros periódicos de aguas tropicales con la fría Corriente de Humboldt. Existen ciertos indicios de una estacionalidad similar en el hemisferio norte, bajo la influencia de la Corriente de California, pero no se dispone de datos de las zonas frente a México, al norte de 10°N, que se podrían usar para investigar esta hipótesis. Entre aproximadamente 5°N y 10°N, la dinámica de dorado parece ser diferente, con la sub-población costera (o "más residente"), más disponible durante todo el año.

1.4. Objetivos de la evaluación

Este informe presenta una evaluación exploratoria del dorado en el OPO al sur de la línea ecuatorial (OPO sur) que construye sobre las discusiones en las dos primeras reuniones técnicas de la CIAT y los conjuntos de datos y conocimientos resultantes. Durante la segunda reunión, se discutió que una evaluación exploratoria podría comenzar por enfocarse en la región «núcleo» de la población de dorado en el OPO, para la cual se dispone de los mejores datos de pesca, y de donde proviene la mayoría de la captura. En esta región, frente a Perú y Ecuador, el dorado es explotado principalmente por pesquerías palangreras artesanales dirigidas de esas dos naciones, pero es también capturado incidentalmente en las pesquerías atuneras de cerco, y juntas estas tres pesquerías responden de alrededor del 90% de la captura total de dorado en el OPO (Aires-da-Silva *et al.*, 2014). Además, son las únicas pesquerías para las cuales se dispone de series de tiempo moderadamente largas de datos de pesca (por ejemplo, captura y esfuerzo, captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada, y composición de la captura) para análisis de evaluación de poblaciones. Las pesquerías de otras naciones costeras del OPO también capturan dorado, pero, hasta donde se sabe, en cantidades mucho menores. Algunas de estas naciones (Chile y Costa Rica, por ejemplo)

han iniciado recientemente programas de recolección de datos de dorado; incluir estos datos y ampliar la extensión espacial de esta evaluación podrían ser considerados en el futuro (ver sección 8.2).

El objetivo principal de este trabajo de evaluación es explorar la utilidad potencial de la plataforma de modelado *Stock Synthesis* (Methot y Wetzel, 2013) para la evaluación del dorado en el OPO. Aunque los resultados de la evaluación contribuyen a los conocimientos de la dinámica poblacional del dorado y su historial de explotación en el OPO, el personal de la CIAT no puede formar conclusiones acerca de la condición de la población, porque no se han definido puntos de referencia, ni objetivo ni límite, para el dorado en el OPO. No obstante, se presentan y discuten para consideración algunas cantidades de ordenación. Además, un estudio complementario presenta una evaluación de estrategia de ordenación (EEO) para el dorado en el OPO ([Valero et al. 2016](#)).

2. DATOS

En lo sucesivo se describen las pesquerías que explotan el dorado en el OPO, y los datos de esas pesquerías que se usaron en la evaluación. Tras considerar la calidad de las distintas fuentes de datos disponibles, se decidió que la evaluación de la población debería cubrir el periodo de 2007-2015, ya que las fuentes de datos disponibles para este son consideradas bastante fiables. Para mejorar la definición de la dinámica poblacional del dorado a lo largo del tiempo en la evaluación estacional del modelo (ver Sección 4), es conveniente usar año pesquero (AP), que en este caso comienza el 1 de julio y termina el 30 de junio, en lugar de año calendario (AC). Por lo tanto, el periodo histórico de la evaluación se extiende desde el mes 1 del AP 2007 (julio de 2007) al mes 12 del AP 2014 (junio de 2015).

En la Figura 3 se presentan los datos usados en el modelo de evaluación de poblaciones, por tipo, pesquería, y año pesquero incluido en el modelo. Asimismo presentados en lo sucesivo son las fuentes de los datos obtenidos del periodo antes de 2007. Aunque no se usaron estos datos tempranos en la evaluación, se presentan para ilustrar cómo se construyen series de tiempo de datos de dorado.

2.1. Definiciones de las pesquerías

En el OPO sur, el dorado es principalmente el blanco de pesquerías palangreras artesanales dirigidas de Perú y Ecuador, pero es también capturado incidentalmente en las pesquerías atuneras de cerco. El modelo de evaluación de poblaciones no tiene estructura espacial, en el sentido que no se define ninguna pesquería con base en consideraciones espaciales, excepto al grado implícito en la distribución espacial de las pesquerías ecuatorianas y peruanas. No obstante, estas tres pesquerías son definidas por separado en la presente evaluación para que sus capturas estén asociadas a curvas de selectividad de tamaño separadas ([Tabla 1](#)). A continuación se describen los diferentes conjuntos de datos que describen las capturas de dorado de estas pesquerías.

2.2. Captura

A continuación se describen las series de tiempo de capturas históricas de dorado obtenidas para la evaluación de la población de fuentes en Perú, Ecuador, y la CIAT. No hay información disponible sobre descartes de dorado, y por lo tanto en el presente informe el término «captura» se refiere a captura retenida, y por ende descargas observadas.

2.2.1. Perú (Pesquería F1)

El dorado es explotado por pesquerías artesanales en aguas costeras y oceánicas frente a Perú (Pesquería F1 en la evaluación). La disponibilidad del recurso es altamente estacional, ocurriendo generalmente entre septiembre y marzo, y está asociada a TSM cálidas (21-30°C). Durante esos meses, el dorado forma un 90% del volumen total de descargas de la pesquería artesanal peruana (Solano-Sare *et al.*, 2008). El Instituto del Mar de Perú (IMARPE) cuenta con algunos registros de descargas que datan de fines de la

década de 1980, pero la expansión más importante de la pesquería peruana ocurrió a principios de los 2000, consecuente a la mayor disponibilidad de dorado en 1998 que coincidió con el evento fuerte de El Niño de ese año. Aunque Perú tiene las mayores capturas de dorado en el OPO, es segundo a Ecuador en términos de exportaciones (fileteado y fresco) a Estados Unidos (Aires-da-Silva *et al.*, 2014). Información de varias fuentes indica que la mayor parte de la captura peruana es consumida en el país.

Para esta evaluación, IMARPE contribuyó datos oficiales de descargas de capturas, recolectados por el Despacho de Estadística del Ministerio de Producción (PRODUCE), de dorado capturado por las pesquerías artesanales peruanas durante 2000-2015. Se dispone de estadísticas anuales solamente para el periodo de 2000-2005, pero posteriormente están disponibles por mes. Usando esta combinación de datos anuales y mensuales, se intentó construir una serie de tiempo mensual histórica de las capturas peruanas de dorado para el periodo de enero de 2000 a diciembre de 2015 (Figura 4a). Se obtuvieron estimaciones mensuales para 2000-2005 mediante la aplicación de los datos anuales a las proporciones mensuales medias de las capturas disponibles para 2006-2015 (Figura 4f).

2.2.2. Ecuador (Pesquería F2)

El dorado es explotado por las pesquerías artesanales ecuatorianas, principalmente la pesquería palangrera multiespecífica dirigida a una variedad de especies de peces pelágicos grandes, lo que incluye el dorado, los atunes, peces picudos, y tiburones. Esta pesquería (Pesquería F2 en la evaluación) comenzó paulatinamente a mediados de los años 1970, pero experimentó una gran expansión durante los años 1990 y 2000. Las áreas tradicionales de pesca, que se encontraban inicialmente a menos de 40 millas náuticas (mn) de la costa, se han extendido gradualmente a lo largo del tiempo hasta 1,400 mn del continente al oeste de las islas Galápagos, estableciendo lo que ahora se conoce como la «pesquería oceánica-artesanal» en Ecuador. Al igual que en el Perú, estas pesquerías son altamente estacionales: la pesquería palangrera dirigida al dorado opera principalmente durante octubre-febrero, con capturas máximas en diciembre y enero. El dorado forma más del 65% de las descargas estimadas de especies de peces pelágicos grandes por las pesquerías artesanales en Ecuador, y del 35 a 40% de las exportaciones de peces pelágicos a Estados Unidos (Martínez-Ortiz y Zúñiga-Flores, 2012). La pesquería palangrera de atunes, peces picudos, y tiburones (TBS) tiene lugar durante el año entero, pero las capturas de estas especies disminuyen mucho durante la temporada del dorado porque los buques palangreros cambian su arte para capturar dorado, usando los anzuelos *doraderos* más pequeños. Martínez-Ortiz *et al.* (2015) describen extensamente la pesquería artesanal ecuatoriana de pelágicos grandes, incluyendo la composición por especies y dinámica espaciotemporal.

Se intentó construir una serie de tiempo mensual histórica de las capturas de dorado de las pesquerías ecuatorianas durante el periodo de enero de 1987 a junio de 2015 (Figura 4b). Para los años más recientes (2008-2015), se extrajeron las estadísticas de captura de las bases de datos del sistema de seguimiento de descargas de Ecuador para las pesquerías artesanales (*Sistema de Control y Monitoreo; SCM*), operado por la Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP) (Martínez-Ortiz *et al.*, 2015). Se obtuvieron las estimaciones de descargas del periodo temprano de estadísticas pesqueras publicadas por el Instituto Nacional de Pesca (INP).¹

2.2.3. Captura incidental en las pesquerías atuneras de cerco (Pesquería F3)

El dorado es capturado incidentalmente en las pesquerías atuneras de cerco en el OPO (Pesquería F3 en la evaluación). Existen tres tipos de lance cerquero atunero (sobre atunes asociados a delfines, asociados

¹ Instituto Nacional de Pesca Ecuador (1999) Estadísticas de los Desembarques Pesqueros en el Ecuador 1985-1997. Departamento Procesamiento de Datos división de Biología y Evaluación de Recursos Pesqueros. Marín de López C, Ormaza-González F y Arriaga-Ochoa L (eds). INP. 152 pp.

a objetos flotantes, y atunes no asociados); el dorado es capturado predominantemente en lances sobre objetos flotantes (97% de la captura total en peso). Los observadores de la CIAT a bordo de buques cerqueros grandes han tomado datos sobre en capturas incidentales de dorado desde 1993 (Figura 4c), y los registros disponibles para la evaluación cubren el periodo de 1993-2015. No se dispone de datos de capturas incidentales por buques más pequeños (clases 1- 5; capacidad de acarreo menos de 363 t), por lo que fueron estimadas mediante la aplicación de las tasas de captura por lance de los buques grandes (clase 6) a los lances por los buques más pequeños (23% del número total de lances cerqueros).

2.2.4. Otras pesquerías

Existen otras fuentes de mortalidad por pesca de dorado en el OPO que fueron discutidas en las reuniones técnicas de la CIAT. En el OPO sur, las pesquerías peruanas y ecuatorianas son claramente las fuentes predominantes de las extracciones de dorado, y estos datos están incluidos en la presente evaluación. Sin embargo, existen algunos datos adicionales fiables sobre el dorado de pesquerías chilenas que podrían ser añadidos al modelo del OPO sur en mejoras futuras de la presente evaluación (Anónimo, 2016). Las flotas palangreras de aguas lejanas que pescan atunes y peces picudos también tienen capturas incidentales de dorado. La resolución [C-11-08](#) de la CIAT estableció un programa de observadores científicos para los buques palangreros de más de 20 metros de eslora total, que cubriría al menos el 5% del esfuerzo pesquero (definido como días efectivos de pesca, excluidos los días de tránsito) por dichos buques, comenzando en 2013. Por lo tanto, es posible que en el futuro se disponga de datos adicionales fiables sobre las capturas incidentales de dorado por estas flotas.

2.2.5. Capturas durante el periodo de la evaluación (AP 2007-2014)

En la Figura 4d se ilustran las capturas anuales totales de dorado durante el periodo de la evaluación. La captura anual media fue aproximadamente 61,000 t durante el periodo de la evaluación, con el 82%, 16%, y 2% de las capturas tomadas por Perú, Ecuador, e incidentalmente en la pesquería cerquera atunera, respectivamente. Mientras que las capturas anuales totales alcanzaron su máximo en el AP 2009 en unas 76,000 t, la captura más baja fue de aproximadamente 39,000 t durante el AP 2010. Las capturas mensuales de dorado en el OPO sudeste muestran un patrón estacional pronunciado que generalmente alcanza un pico en diciembre (Figura 4e).

2.3. Índices de abundancia

Se usaron datos de CPUE de las pesquerías palangreras artesanales peruanas y ecuatorianas para producir un conjunto de candidatos de índice de abundancia relativa. Los cambios reales en la abundancia del dorado que se supone están representados en los datos de CPUE podrían ser confundidos con cambios a lo largo del tiempo en las prácticas de pesca y/o efectos espaciotemporales. «Estandarización de captura-esfuerzo (o captura)» es el procedimiento que toma en cuenta (o sea, elimina) el impacto sobre las tasas de captura de cambios a lo largo del tiempo en factores aparte de la abundancia (Maunder y Punt, 2004). Se usaron modelos aditivos generalizados (MAG) para la estandarización de captura-esfuerzo de los datos de CPUE de dorado; a continuación se resumen los resultados, que se presentan en detalle en el anexo A.

2.3.1. Perú

Se usó un MAG para la CPUE de dorado en peso que supone una distribución gamma del error para estandarizar los datos de CPUE peruana. Las variables explicativas en el MAG fueron año, mes, y capacidad de acarreo del buque. No se dispone en esta etapa de información de posición geográfica (latitud y longitud) en los registros de viaje peruanos. Se intentó tomar en cuenta los efectos espaciales sobre la CPUE mediante la producción de índices de abundancia separados para tres regiones de pesca principales basadas en puerto de descarga: Norte (Paita); Central (Chimbote-Pucusana); y Sur (Ilo). Ya que los datos de CPUE a partir del AP 2010 podrían ser de mejor calidad que aquellos de años previos, se computaron por separado CPUE estandarizadas

para dos periodos de tiempo (AP 2003-2010 y 2011-2014; Figura A.1). En las [Figuras A.2-A.7](#) se ilustran los diagnósticos del modelo para el MAG producido para las distintas regiones y periodos de tiempo de la pesquería peruana.

2.3.2. Ecuador

Se usaron MAG para desarrollar un índice de CPUE estandarizada para la pesquería palangrera ecuatoriana dirigida al dorado durante los AP 2007-2014. Se exploraron varios MAG diferentes para los datos de captura: un MAG binomial negativo (BN) para conteos de peces (tomando el esfuerzo en consideración) ([Figura A.8](#)), y dos MAG diferentes para la CPUE en peso, uno basado en una distribución gamma con enlace logarítmico (*log link*) y el otro basado en una distribución lognormal ([Figuras A.9-A.10](#)). El MAG BN ajustado a los datos de conteo tuvo la forma siguiente para el lado derecho de la ecuación en el modelo:

$$= \text{efecto año-mes} + \text{superficie espacial 2-D lisa} + \text{término lineal para } \log(\text{esfuerzo})$$

donde el esfuerzo es en número de anzuelos y la superficie espacial lisa es función de la latitud y longitud de la posición de pesca. Los dos MAG para la CPUE en peso tenían la misma forma en el lado de la ecuación en el modelo:

$$= \text{efecto año-mes} + \text{superficie espacial 2-D lisa.}$$

Para los modelos de CPUE, se añadió una pequeña constante (un valor ligeramente inferior al valor de CPUE más bajo que no fuese cero) a los valores de la CPUE antes de ajustar el modelo, porque solamente el 1.6% de los viajes que usaron anzuelos doraderos no tuvieron captura de dorado; no se consideraron modelos delta- F o de cero inflado en este momento porque el porcentaje de observaciones con valor nulo es tan pequeño. Tras revisar los diagnósticos del modelo ([Figuras A.11-13](#)), y suponiendo que los datos de pesos sean más exactos que los datos de conteo, se seleccionó el modelo gamma. A juzgar por la puntuación generalizada de validación cruzada, la distribución gamma fue un mejor ajuste a los datos de CPUE que la distribución lognormal, pero no por el porcentaje de desviación explicado o R^2 ajustado. Sin embargo, las gráficas diagnósticas del modelo gamma lucieron ligeramente mejor que el modelo lognormal, y la distribución gamma tiene la ventaja de no necesitar corrección por sesgos para obtener predicciones retrotransformadas de la CPUE. No obstante, todos los tres modelos parecen padecer el mismo problema: sobrestiman con valores bajos y subestiman en los valores más altos. Sin embargo, esto no es sorprendente, en vista de las formulaciones de la varianza de todas las tres distribuciones. En investigaciones futuras se podrán explorar otras distribuciones, incluyendo una distribución truncada a la derecha (lo cual reduciría el énfasis en las capturas más grandes), y distribuciones de mezcla, con miras a capturar mejor las capturas más grandes sin afectar el ajuste de las capturas pequeñas. Estos datos, tanto conteos como CPUE (peso), están demasiado sobredispersados para las distribuciones de BN/gamma/lognormal, dados los predictores disponibles. Se señala que la pendiente del término lineal para $\log(\text{esfuerzo})$ en el modelo BN fue diferente de 1.0 (pendiente estimada = 0.455, error estándar = 0.0338; una pendiente estimada de aproximadamente 1.0 correspondería al $\log(\text{esfuerzo})$ como predictor estructural. Los índices estandarizados computados de estos tres modelos fueron a) ponderado con datos para el MAG BN; y b) ponderado por área para los MAG gamma y lognormal.

Hay diferencias en los índices estandarizados obtenidos de diferentes MAG (Anexo A). Tal como se describe en lo anterior, se seleccionó la CPUE estandarizada derivada del modelo gamma como el mejor índice disponible de abundancia relativa para calibrar el modelo de evaluación de población para el dorado ([Figura 5a](#)). La CPUE refleja principalmente la decadencia de una cohorte de dorado a lo largo del tiempo (meses) año tras año.

2.4. Datos de composición por talla

Se obtuvieron datos de composición por talla de las capturas de dorado de fuentes en Perú, Ecuador, y la CIAT. Se considera típicamente que estos datos informan el modelo de evaluación de poblaciones de la selectividad de las distintas pesquerías y la fuerza de las cohortes. A continuación se describen los datos de composición por talla de diferentes pesquerías.

2.4.1. Perú

Se dispone de datos de composición por talla de dorado, recolectados por IMARPE en los principales puertos donde las pesquerías artesanales peruanas descargan sus capturas, para los AP 2004-2014, pero no separados por sexo. El muestreo fue principalmente oportunista, ya que depende de la disponibilidad del dorado y la logística de acceso a las capturas para muestrearlas. Se midieron las frecuencias de talla de dorado como talla furcal al próximo centímetro inferior. Para la presente evaluación de la población se usaron solamente los datos de composición por talla para los que se cuenta con información mensual (AP 2007-2014, [Figura 6a](#)). Aunque estos datos son muy escasos a lo largo del periodo ([Figura 6a](#)), pueden ser informativos acerca de la selectividad de dorado por tamaño de la pesquería peruana.

2.4.2. Ecuador

Los datos de composición por talla de dorado de las pesquerías artesanales ecuatorianas fueron tomados en los puertos de Esmeraldas, San Pablo de Manta, y Anconcito, principalmente por muestreadores de la SRP, que registran la talla furcal, peso total, y sexo (Martínez-Ortiz y Zúñiga-Flores, 2012). Se dispone también de algunos datos de tamaño recolectados por observadores pesqueros. Para la presente evaluación se usaron solamente los datos mensuales de composición por talla de los AP 2008-2014, por sexo, de las pesquerías artesanales dirigidas al dorado.

Los datos de composición por talla de Ecuador ilustran la clara predominancia y progresión de una sola cohorte de dorado a lo largo de los meses de cada año pesquero ([Figura 6b](#)). Los dorados más pequeños (40-60 cm TF) comienzan a ser reclutados a la pesquería en junio-julio, y esta nueva cohorte es entonces el blanco de la pesquería hasta el fin de la temporada de pesca alrededor del marzo-abril. La talla media de los pescados en la captura aumenta paulatinamente a medida que avanza la temporada y la pesquería se dirige a una cohorte individual que está creciendo en tamaño ([Figura 6b](#)). Ocurre una reducción brusca del tamaño medio del pescado en la captura hacia el fin de la temporada de pesca, a medida que los reclutas de la cohorte siguiente ingresan a la pesquería.

2.4.3. Pesquería atunera de cerco

Desde 1993, los observadores de la CIAT estiman la composición por tamaño de las capturas de dorado en la pesquería atunera de cerco, clasificando los peces en tres categorías de tamaño (0-30 cm, 31-60 cm, > 60 cm) ([Figura 6c](#)). Aunque existen preocupaciones sobre la fiabilidad de estas estimaciones, fueron incluidas en el modelo de evaluación como aproximación de la selectividad de dorado por la pesquería atunera de cerco (AP 2007-2014).

3. SUPUESTOS Y PARÁMETROS

3.1. Información biológica

Definir los parámetros biológicos es un primer paso importante en la construcción de cualquier modelo de evaluación de poblaciones con estructura por edad. A continuación se describen los supuestos biológicos definidos en el modelo de evaluación de dorado.

3.1.1. Crecimiento

Se adoptó Goicochea *et al.* (2012) como el mejor estudio disponible para definir los parámetros de edad

y crecimiento para el dorado. Según ese estudio, que utiliza una técnica de determinación de edad basada en conteos de microincrementos en los otolitos obtenidos de dorados capturados en aguas del norte de Perú, el crecimiento del dorado es casi lineal durante su primer año de vida, alcanzando unos 80 cm TF a la edad de un año. Se estima el parámetro de talla asintótica en 128 y 147 TF para machos y hembras, respectivamente. Las curvas de crecimiento estimadas en este estudio para hembras y machos son supuestas en el modelo de evaluación de poblaciones ([Figura 7a](#)).

Otro componente importante del crecimiento usado en los modelos estadísticos de captura por talla con estructura por edad es la variación de la talla por edad. Se puede obtener información sobre la variabilidad de la talla por edad de los datos de edad por talla, disponibles de Goicochea *et al.* (2012). Desgraciadamente, las muestras de dorado no fueron tomadas al azar, sino para cubrir una gama de tamaños para producir información sobre la talla media por edad. Por lo tanto, los datos de otolitos no forman la mejor base para medir de forma fiable la variación de la talla por edad. Los parámetros que definen la variación de la talla por edad fueron estimados a partir de una inspección de cohortes identificables en los datos de composición por talla. Estas estimaciones fueron fijadas en el modelo de evaluación de poblaciones ([Figura 7b](#)).

Se usaron las relaciones talla-peso determinadas por Zúñiga-Flores (2014) para convertir tallas en pesos en la evaluación actual de la población ([Figura 8](#)). El estudio presenta relaciones talla-peso obtenidas de peces de ambos sexos muestreados en diferentes puertos en Ecuador. Para esta evaluación se usaron las relaciones estimadas para los puertos de Santa Rosa y Anconcito. Estos puertos están más cerca de los caladeros principales del sur explotados por la flota ecuatoriana, pero de mayor importancia es que se encuentran más cercanas a las áreas explotadas por las pesquerías artesanales peruanas, donde ocurre la mayoría de las extracciones.

3.1.2. Mortalidad natural (M)

Se han producido estimaciones de M para el dorado usando métodos indirectos (Martínez-Ortiz y Zúñiga-Flores, 2012; Zúñiga-Flores, 2014), pero estas estimaciones varían mucho ($0.43-2.5 \text{ año}^{-1}$) según la metodología usada. Un valor de M de 1 año^{-1} es considerado razonable para usar en la evaluación del dorado. Para una población virgen ($F=0$) o intensamente explotada ($F=2$), $M=1$ permite cierta supervivencia más allá de un año de edad (Figura 9).

3.1.3. Reclutamiento y reproducción

La ojiva de madurez de dorado estimada por Zúñiga-Flores (2014) fue usada en la evaluación. Se supone que el reclutamiento es independiente del tamaño de la población reproductora porque el dorado es un desovador pelágico altamente fecundo. En la parametrización de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt usada en el modelo de evaluación (ver sección 4), se define este supuesto fijando el parámetro de inclinación (h) en 1.

4. CONFIGURACIONES DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO

Se usó el modelo *Stock Synthesis* (SS – Versión 3.24f; Methot y Wetzel 2013) para evaluar la condición del dorado en el OPO sur. Consiste en un modelo estadístico de evaluación de poblaciones de captura por talla, con estructura por edad, integrado (ajustado a muchos tipos de datos diferentes). Para ajustarlo a los datos observados (índices de abundancia relativa y composiciones por tamaño) se busca un conjunto de parámetros de dinámica poblacional y pesca que maximizan una verosimilitud penalizada, dada la cantidad de captura tomada por cada pesquería. El concepto subyacente del modelo es que disminuciones mensuales de la CPUE son explicadas por la captura y por lo tanto brindan información sobre la abundancia absoluta supuesta en los estimadores estándar de reducción ([Maunder *et al.* 2015](#)).

En la [sección 3](#) se describen los principales supuestos y parámetros de la evaluación actual de la población

del dorado en el OPO sur. Se supone que se conocen los parámetros siguientes:

1. Talla media por edad, y variabilidad de la talla por edad ([Figura 7b](#));
2. Relación talla-peso ([Figura 8](#));
3. Tasa de mortalidad natural ($M = 1 \text{ año}^{-1}$ para ambos sexos);
4. Proporción de sexos de peces de edad 0 (poslarvales) (0.5)
5. Curva de madurez por talla ([Figura 10](#));
6. Inclinación (h) de la relación población-reclutamiento ($h = 1$).
7. Se seleccionó la serie de tiempo de CPUE de la pesquería artesanal ecuatoriana como el índice de abundancia más fiable para calibrar el modelo de evaluación de poblaciones. Por este motivo, se fijó su coeficiente de variación (CV) en 0.2.
8. Se supone que las curvas de selectividad de hembras de las pesquerías peruanas y ecuatorianas, que capturan dorado más grande, son asintóticas. Se permite a los machos una selectividad más baja que las hembras y una selectividad en forma de domo. Se supuso que la selectividad de la pesquería de captura incidental cerquera es asintótica.

Se estimaron los parámetros siguientes:

1. **Reclutamiento** a edad 0 (poslarval) que ocurrió durante diciembre-enero de cada año del periodo de 2007-2014 (incluye estimación de reclutamiento virgen - o promedio - y anomalías temporales mensuales del reclutamiento).
2. **Coefficientes de capturabilidad para la serie de tiempo de la CPUE ecuatoriana** usada como índice principal de abundancia. La disponibilidad del dorado podría estar fuertemente ligada a las condiciones ambientales, que son muy dinámicas frente a Ecuador y Perú, donde se logra la mayoría de las capturas de dorado, y esto podría afectar la capturabilidad del dorado por las flotas pesqueras sobre una base anual. Por lo tanto, se supone que la capturabilidad (Q) varía a lo largo del tiempo, con un parámetro de capturabilidad estimado para cada año pesquero (que se aplica principalmente a una sola cohorte).
3. **Parámetros que definen las curvas de selectividad** para las tres pesquerías definidas en el modelo. Ya que se dispone de los datos de composición por talla de dorado capturado por las pesquerías ecuatorianas por sexo, se estiman curvas de selectividad para ambos sexos por separado. En el caso del Perú, se agrupan los sexos en los datos de composición por talla, por lo que no se cuenta con información sobre la composición por sexos de la captura; por lo tanto, se fija la selectividad de los machos en el desfase (*offset*) entre machos y hembras estimado a partir de los datos ecuatorianos en una ejecución exploratoria del modelo.
4. **Tamaño inicial y estructura por edad de la población.** Las condiciones iniciales de la evaluación no pueden ser consideradas como sin pesca porque existe un historial de captura antes del periodo modelado en la evaluación. *Stock Synthesis* permite estimar una mortalidad por pesca inicial, para que el modelo tome en cuenta capturas antes del inicio del modelo. En la presente evaluación, se estima un parámetro inicial de mortalidad por pesca (para Perú, que domina las capturas). La intención no es describir ningún proceso particular en la dinámica de la pesquería, ni tampoco significa que se asigna toda la captura temprana a Perú, es simplemente una forma de iniciar el modelo de forma parca de una condición con pesca.

Una decisión importante que necesita ser tomada en los modelos estadísticos integrados de evaluación de poblaciones es la ponderación relativa asignada a los distintos componentes de datos. Francis (2011)

argumenta que la información sobre abundancia debería provenir principalmente de los índices de abundancia (CPUE) y no de los datos de composición. Siguiendo este método, se redujo la ponderación de las composiciones por tamaño de las diferentes pesquerías para que la CPUE ecuatoriana fuese el conjunto de datos principal que impulsa la dinámica poblacional y define la escala absoluta (R_0) en el modelo. Se aplicaron factores de ponderación multiplicativos (λ (*lambda*)) a las verosimilitudes de los datos de composición, como sigue: 0.05 para Perú, 0.5 para Ecuador, y 0.005 y para la pesquería atunera de cerco. De esta forma, se asigna la ponderación más alta a los datos ecuatorianos de composición por talla y por sexo, y la más baja a los datos de composición por talla de la CIAT.

Existe incertidumbre en los resultados de la evaluación actual de la población, porque los datos observados no representan perfectamente la población de dorado en el OPO sur, y también en el modelo, que podría no representar perfectamente la dinámica de la población de dorado o de las pesquerías que operan en el OPO. Se expresa la incertidumbre en intervalos de confianza aproximados y CV, que se estiman bajo el supuesto que el modelo sí representa perfectamente la dinámica del sistema. Ya que es poco probable que se satisfaga este supuesto, estos nuevos valores podrían subestimar la cantidad de incertidumbre en los resultados de la evaluación actual. Se investiga la incertidumbre en la estructura del modelo en varios análisis de sensibilidad.

Los aspectos importantes de la evaluación de caso base (1) y los tres análisis de sensibilidad (2-4) pueden ser resumidos como sigue:

1. **Evaluación de caso base:** se fijan la inclinación de la relación población-reclutamiento = 1 (ninguna relación entre población y reclutamiento); talla media por edad, y los parámetros que definen la variabilidad de la talla por edad; ajustada a la serie del tiempo de CPUE de la pesquería artesanal ecuatoriana; selectividades asintóticas basadas en talla para hembras capturadas por las pesquerías ecuatorianas y peruanas; ponderación de datos de composición por tamaño reducida para todas las pesquerías ($\lambda = 0.05$ para Perú, 0.5 para Ecuador, 0.005 para la pesquería atunera de cerco; ver anterior).

2. **Sensibilidad a valores alternativos de mortalidad natural (M)**

Se usaron valores de M de entre 0.1 año^{-1} y 1.6 año^{-1} como alternativas a la M de 1 año^{-1} supuesta en el caso base. Esta gama de alternativas se basa parcialmente en el amplio rango de valores reportados de para el dorado, desde 0.43 año^{-1} (Zúñiga, 2014) hasta 2.5 año^{-1} (método de Hoening aplicado a datos de Zúñiga, 2009).

3. **Sensibilidad a capturabilidad con variabilidad temporal**

El modelo de caso base estima que la capturabilidad (Q) de la CPUE ecuatoriana varía a lo largo del tiempo. Se realizó un análisis alternativo con la capturabilidad estimada como un solo parámetro sin desviaciones temporales (Q_{notv}).

4. **Sensibilidad a curvas de selectividad alternativas**

El caso base supone que la forma funcional de la selectividad es asintótica. Permitimos a la selectividad tener forma de domo en la pesquería peruana, donde se permite a la selectividad ser más baja para los peces más grandes.

5. RESULTADOS

5.1. Modelo de caso base

5.1.1. Ajuste del modelo

El modelo produce un ajuste razonablemente bueno a la CPUE ecuatoriana, que fue seleccionada como

índice principal de abundancia para calibrar el modelo ([Figura 11a](#)). Para todos los años, el modelo puede capturar la disminución de la CPUE, que mide principalmente la reducción mensual de una sola cohorte debido a mortalidad natural y explotación pesquera. En general, el modelo captura los altos valores de la CPUE al principio de la temporada de pesca (alrededor de septiembre), y sigue su disminución rápida a medida que avanza la temporada antes de decaer a cero alrededor de abril. Sin embargo, la calidad del ajuste del modelo varía entre años, particularmente el principio y fin de la temporada de pesca ([Figura 11b](#)). En algunos años (AP 2011 y 2013, por ejemplo), es incapaz de capturar los altos valores de la CPUE al principio de la temporada. Similarmente, es incapaz de ajustar los valores más bajos de la CPUE al fin de la temporada en la mayoría de los años. Esto podría ser causado por una especificación errónea en el modelo que necesita ser resuelta en el futuro. Por ejemplo, cambios rápidos en la disponibilidad a medida que el dorado entra y sale de los caladeros (Martínez-Ortiz *et al.*, 2015) o diferentes fechas de reclutamiento entre años. Estos procesos podrían ser especificados mejor en el modelo. Se podrían hacer mejoras en el futuro mediante el uso de las opciones de reclutamiento con selectividad temporal/estacional en *Stock Synthesis*.

Aunque, tal como se explicó anteriormente, los datos de CPUE de las pesquerías peruanas no fueron considerados suficientemente fiables para inclusión en el modelo de evaluación de población en esta etapa, fueron incluidos en el modelo para permitir comparaciones entre las tendencias en estos datos y las predicciones del modelo de abundancia relativa obtenidas del ajuste de los datos de CPUE ecuatorianos solamente. Es de destacar que las tendencias de la CPUE observadas en las tres regiones de pesca explotadas por las pesquerías peruanas en el período tardío (2011-2014) son razonablemente consistentes con el ajuste del modelo a la CPUE ecuatoriana ([Figura 11c](#)), pero esto no es sorprendente considerando que ambas pesquerías explotan la misma población de dorado y se solapan, al menos en algún punto durante la temporada de pesca. También apoya la opinión que la calidad de los datos obtenidos de las pesquerías artesanales peruanas ha mejorado desde 2010. Esta mejora debería continuar, particular mediante la obtención de datos georreferenciados (latitud y longitud) para los registros de captura y esfuerzo de los viajes de pesca. Esto permitirá tratar el espacio explícitamente en la estandarización de la CPUE, en lugar de separar por puerto principal de descarga, sustituto de área geográfica de operación.

El ajuste del modelo a los datos de composición por talla de la pesquería peruana de todos los años agrupados es bueno ([Figura 12a](#)). En el Anexo B se presenta el ajuste a los datos mensuales de composición por talla de las pesquerías artesanales de dorado peruana y ecuatoriana, así como los datos de composición por clase de tamaño de las capturas incidentales de los cerqueros atuneros. Se ajusta también muy bien a los datos mensuales de composición por talla de Perú ([Figura B.1](#)). En general, los picos de modales para cada cohorte predichos por el modelo corresponden muy bien con aquellos observados en los datos. Esto indica consistencia con la talla media por edad predicha por la curva de crecimiento supuesta del modelo, que fue derivada de dorado capturado por la pesquería peruana (Goicochea *et al.*, 2012). La variabilidad de la talla por edad predicha por el modelo es muy consistente con aquella observada en los datos, particularmente para los peces más grandes que son capturados hacia fines de la temporada. Sin embargo, la variabilidad de la talla por edad estimada por el modelo no es consistente con las proporciones observadas para peces más pequeños (por ejemplo, julio-octubre de 2007; [Figura B.1](#)).

El ajuste del modelo a los datos de composición por talla y por sexo de la pesquería ecuatoriana de todos los años agrupados es bueno para ambos sexos ([Figura 12b](#)). El ajuste a los datos mensuales de composición por talla de Ecuador es razonablemente bueno en la mayoría de los meses, particularmente aquellos en los que se logra la mayor parte de la captura (septiembre-febrero); sin embargo, en algunos años el ajuste a las modas principales de los datos es malo. Además, el modelo produce ajustes pobres

para otros meses, particularmente entre abril y agosto ([Figura B.3](#)). Esto podría resultar de varios procesos. En primer lugar, el modelo no estima el crecimiento, que se fija en las curvas de crecimiento de dorado capturado por la pesquería peruana (Goicochea *et al.* 2012). Aunque existe información de Ecuador sobre talla por edad, no fue incluida en la evaluación porque las edades fueron estimadas usando un método distinto basado en lectura de escamas, y no se cuenta con ningún estudio comparativo riguroso que haya evaluado ambas técnicas de determinación de edad (otolitos y escamas). Estimar el crecimiento dentro del modelo podría mejorar los ajustes del modelo a los datos de composición por talla de todas las flotas. En segundo lugar, podrían existir diferencias en el crecimiento dentro de cohortes que no son tomadas en cuenta en el modelo. En tercer lugar, los ajustes pobres al principio y fin de la temporada de pesca podrían resultar de cambios en la disponibilidad o selectividad a medida que los peces comienzan a estar disponibles a la pesquería o se dispersan al fin de la temporada de pesca. Podrían existir otros procesos, o combinaciones de procesos, que son responsables de esta falta de ajuste. Sin embargo, el hecho que los ajustes sean buenos cuando se agrupan los datos de todos los años y ambos sexos ([Figura 12b](#)), y asimismo buenos para los meses en los que se toma la mayoría de la captura, indica que el modelo está extrayendo peces de tamaños consistentes con los datos.

En la [Figura 13](#) se ilustran las curvas de selectividad estimadas para el dorado de distintas pesquerías.

5.1.2. Reclutamiento y biomasa

En la [Figura 14](#) se ilustran las estimaciones de caso base del reclutamiento anual de dorado en el OPO sur durante los AP 2007-2014. Existe variabilidad en el reclutamiento interanual. Aunque el parámetro que define la variabilidad de reclutamiento (σ_R) es fijo en la evaluación ($\sigma_R = 0.6$), la raíz del error cuadrado medio (RCM) de las desviaciones estimadas del reclutamiento es muy similar (0.56). Las desviaciones del reclutamiento no fueron limitadas (es decir, no se penalizó su desviación), la cual sugiere que la de la variabilidad supuesta del reclutamiento fue similar a aquella apoyada por los datos. Ya que los datos de captura y de composición por talla del AP 2015 no están disponibles para la evaluación, no es posible estimar con confianza el reclutamiento en 2014, que comienza a ocurrir al fin de año (diciembre y enero, tal como se define en el modelo). Por este motivo, se estima el reclutamiento de 2014 en condiciones medias (reclutamiento virgen, R_0). Se estima que, durante el periodo histórico de la evaluación (AP 2007-2014), los reclutamientos anuales máximos y mínimos ocurrieron en los AP 2008 y 2009, respectivamente. En el modelo de evaluación de poblaciones, se estima que el reclutamiento larval (a edad cero) ocurre durante diciembre-enero, a mediados del año pesquero (julio-junio). Por lo tanto, las cohortes anuales son reclutadas a la pesquería, y pasan por la misma, durante el año pesquero siguiente. Por ende, los reclutamientos máximos y mínimos fueron seguidos por las capturas anuales máximas y mínimas observadas, en los AP 2009 and 2010, respectivamente ([Figura 4d](#)).

Ocurren fluctuaciones estacionales (mensuales) pronunciadas en la biomasa de dorado en el OPO sur ([Figura 15](#)). En promedio, la biomasa sumaria anual (la biomasa total de peces de más de un mes de edad) alcanza un pico a fines del año calendario (septiembre-diciembre), y desciende rápidamente a sus valores mínimos alrededor de mayo-junio del año siguiente. Este patrón generalmente representa el peso total de una cohorte, que aumenta inicialmente porque las tasas de crecimiento son más altas que la mortalidad total, y luego disminuye a medida que disminuyen las tasas de crecimiento y/o aumenta la mortalidad. Según el caso base, y medido al principio de la temporada de desove (noviembre, tal como se define en el modelo), la biomasa sumaria del dorado ha permanecido bastante estable durante el periodo histórico de la evaluación, con un promedio de unas 90,000 t por año ([Figura 15](#)). Similarmente, la biomasa reproductora, asimismo medida al principio de la temporada de desove, ha permanecido muy estable durante el periodo histórico de la evaluación, con un promedio de unas 18,000 t ([Figura 16](#)). La precisión de las estimaciones de biomasa reproductora es muy alta (CV promedio = 0.1).

5.1.3. Mortalidad por pesca (F)

Las estimaciones de caso base de la tasa anual de mortalidad por pesca (F) variaron de 0.53 a 0.85 durante 2007-2014 (Figura 17.a). En la Figura 17.b se ilustran las tasas mensuales instantáneas de mortalidad por pesca por pesquería. Nótese que las tasas de mortalidad están en escala anual.

5.1.4. Diagnósticos del modelo

5.1.4.a Perfil R_0

Se aplicaron a la evaluación del dorado perfiles de verosimilitud del reclutamiento virgen, un método para diagnosticar ponderaciones excesivas de datos de composición por tamaño, conflictos de datos, y especificación errónea del modelo. El reclutamiento virgen (R_0 ; el reclutamiento de equilibrio en ausencia de pesca) es un parámetro común en las evaluaciones de poblaciones que fija la escala del tamaño de la población. La información sobre el tamaño de una población proviene de dos fuentes principales: 1) cómo la captura cambia los índices de abundancia relativa; y 2) cómo cambia la abundancia relativa en edades consecutivas de datos de composición por edad (o datos de composición por talla adecuadamente ajustados). Francis (2011) argumenta que la información de abundancia debería provenir principalmente de los índices de abundancia, y no de los datos de composición. El diagnóstico indica una sobreponderación de los datos de composición o especificación errónea del modelo cuando el componente de composición del perfil de verosimilitud para R_0 proporciona información sustancial sobre R_0 y entra en conflicto con información de los datos del índice de abundancia relativa. Se debería corregir la especificación errónea del modelo (por ejemplo, se debería modificar la curva de selectividad para la pesquería o estudio relacionado con esos datos de composición) o reducir la ponderación de los datos de composición, para que tengan poca información sobre R_0 .

Un perfil de verosimilitud del reclutamiento medio (R_0) mostró que los tipos de datos divergen con respecto a su información sobre niveles de la abundancia (Figura 19). Los datos de CPUE apoyan un R_0 más bajo que los datos de composición por tamaño, pero tanto los datos de CPUE como de composición por tamaño tienen pendientes de verosimilitud muy empinadas en valores no mucho más bajos que el R_0 estimado en el caso base (Figura 19). Los datos de composición por talla apoyan valores de R_0 más altos, pero no hay mucha información de composición por talla en valores altos de R_0 , es decir, la verosimilitud es muy plana. El perfil fue muy inestable, con problemas de convergencia en un número de valores intermedios. La divergencia en apoyo entre los datos de CPUE y composición por talla sugiere que es probable alguna especificación errónea en el modelo base, y se podrían añadir más procesos al modelado de los datos de CPUE y talla (por ejemplo, estimar crecimiento internamente en el modelo de evaluación en lugar de fijar a una curva derivada externamente, patrones alternativos de selectividad). Sin embargo, añadir procesos con parámetros estimables podría incrementar los problemas de convergencia. Independientemente de mejoras potenciales que se puedan realizar en el futuro, en el modelo de caso base la estimación de verosimilitud máxima de R_0 (log-verosimilitud negativa mínima) es impulsada principalmente por los datos de CPUE, no los datos de composición. No permitir a los datos de composición por talla dominar los datos de CPUE en el ajuste del modelo fue el principal efecto deseado para la ponderación de datos específica asignada a los distintos conjuntos de datos (índices de abundancia y datos de composición).

5.1.4.b Diagnóstico de producción por edad

El diagnóstico de modelo de producción con estructura por edad (*age-structured production model*, ASPM) fue propuesto por Maunder y Piner (2015) como forma de: (i) evaluar más a fondo las especificaciones erróneas del modelo, (ii) averiguar la influencia de los datos de composición sobre las estimaciones de abundancia absoluta y las tendencias de la abundancia, y (iii) verificar si la captura puede por sí misma explicar las tendencias de los índices de abundancia. El diagnóstico produce estimaciones de

abundancia similares a aquellas del análisis integrado completo, lo cual sugiere que existe información en los índices de abundancia relativa acerca de la abundancia absoluta y cómo es reducida por la captura ([Figura 20](#)). Esto es de esperar porque la CPUE mensual generalmente incluye una sola cohorte y es parecida a un estimador basado en reducción. Los ASPM estiman abundancia más baja y más variable. El reclutamiento anual puede ser estimado en el diagnóstico (ASPM-Rdev) porque la estimación de la reducción es esencialmente aplicada a cada cohorte para estimar su fuerza inicial. Las estimaciones de biomasa son más bajas, pero la variación en la biomasa es aproximadamente igual que en el modelo integrado completo. Estos resultados sugieren que los datos de composición ejercen cierta influencia sobre las estimaciones de abundancia absoluta, pero no tanta como se descubrió en muchas otras evaluaciones de especies de vida corta que no presentan la señal fuerte de una reducción de cohorte año tras año observada en los datos y modelo de evaluación de dorado.

6. CANTIDADES DE ORDENACIÓN

6.1. Modelo de caso base

Actualmente, no existen puntos de referencia (objetivo o límite) definidos para el dorado en el OPO. En el caso del atún, la CIAT evalúa la condición de la población sobre la base de cálculos basados en biomasa reproductora y el rendimiento máximo sostenible (RMS). En la presente evaluación exploratoria de la población, se presentan ciertas cantidades relacionados con la biomasa o el RMS, y se comenta su aplicabilidad potencial a la ordenación del dorado en el OPO.

Se ha usado el cociente de biomasa reproductora (*spawning biomass ratio*, SBR; el cociente de la biomasa reproductora actual la aquella de la población en ausencia de pesca), descrito por Watters y Maunder (2001), para definir puntos de referencia muchas pesquerías. Tiene un límite inferior de cero. Si está cerca de cero la población ha sido gravemente reducida y está probablemente sobreexplotada. Si el SBR es uno, o ligeramente menos que uno, la pesquería probablemente no ha reducido la población reproductora. Si el SBR es más que uno, es posible que la población haya comenzado un régimen de producción incrementada.

Esta definición del SBR de Watters y Maunder (2001) puede ser considerada una cantidad *estática*, ya que está relacionada con el estatus de equilibrio de la población en ausencia de pesca. En lo sucesivo, para diferenciarlo del concepto de SBR *dinámico* descrito a continuación, esta medida de SBR estático es denominada sSBR. Se calculó el sSBR de dorado como la razón de la biomasa reproductora (S) en un año dado a aquel de la población en ausencia de pesca, ambos medidos al principio de la temporada de desove (noviembre). Las estimaciones de sSBR producidas por el modelo de caso base son bastante estables durante el periodo de la evaluación, con un promedio de aproximadamente 0.20 ([Figura 18](#)). Este valor coincide con la estimación del modelo de caso base del sSBR correspondiente al RMS ($sSBR_{RMS} = S_{RMS}/S_{F=0}$).

Varios estudios (por ejemplo, Clark 1991, Francis 1993, Thompson 1993, Mace 1994) sugieren que algunas poblaciones de peces son capaces de producir el RMS si el sSBR es aproximadamente 0.3 a 0.5, y que otros no son capaces de producir el RMS si la biomasa reproductora durante un período de explotación es menos de aproximadamente 0.2. Desgraciadamente, los tipos de dinámica poblacional que caracterizan las poblaciones de atunes y otras especies altamente productivas tales como el dorado no fueron generalmente considerados en esos estudios, y sus conclusiones son sensibles a supuestos acerca de la relación entre la biomasa adulta y el reclutamiento y las tasas de mortalidad natural y crecimiento. El efecto de especificar erróneamente el SBR que produce el RMS y usar puntos de referencia basados en RMS para la ordenación podría ser evaluado mediante trabajos de simulación similares a aquel de [Valero et al. \(2016\)](#).

Un concepto *dinámico* de SBR (Wang et al. 2009), en lo sucesivo denominado dSBR, puede también ser considerado para el dorado. Específicamente, el SBR puede ser computado como la razón de la biomasa

reproductora al principio de la temporada de desove con y sin pesca. Usar *d*SBR produce estimaciones del SBR más altas que aquellas computadas con el método estático (*s*SBR) ([Figura 21](#)).

Se están implementando ampliamente los puntos de referencia precautorios, descritos en el Código de Conducta para la Pesca Responsable de la FAO y los acuerdos de la ONU sobre poblaciones de peces, como guías para la ordenación pesquera. Se define el rendimiento máximo sostenible (RMS) como la captura o rendimiento promedio máximo a largo plazo que se puede tomar de una población o complejo de poblaciones con la mortalidad por pesca constante bajo las condiciones ecológicas y ambientales prevalentes y al mismo tiempo mantener el reclutamiento en niveles promedio. La estimación de caso base del RMS es 89,211 t, 17% mayor que la captura anual total máxima registrada de unas 76,000 t. Sin embargo, ya que la curva de rendimiento es plana, la mortalidad por pesca necesaria para obtener el RMS es tres veces mayor que la mortalidad por pesca actual (ver [sección 7](#)).

6.1.1. Sensibilidad a configuraciones alternativas del modelo

En series de tiempo de cantidades de interés (biomasa reproductora, SBR, reclutamiento; [Figuras 23-26](#), [Tabla 2](#)) re resumieron los resultados de un análisis de sensibilidad a la configuración del modelo.

1. Sensibilidad a valores alternativos de mortalidad natural (*M*)

El modelo de caso base supone una *M* de 1 año⁻¹, pero el perfil de verosimilitud en *M* indica que los datos de CPUE y composición por talla apoyan valores de *M* más bajos, alrededor de 0.6 año⁻¹ ([Figura 22](#), panel superior) para los datos de talla y alrededor de 0.24 año⁻¹ para la CPUE. Aunque se han reportado valores bajos de hasta 0.43 año⁻¹ para el dorado (Zúñiga-Flores 2014), los valores apoyados por el perfil de verosimilitud en *M* son sospechosos por varios motivos. Por un lado, *M* es notoriamente difícil de estimar (Lee *et al.* 2011), aún en casos con tipos de datos informativos (como composiciones por edad) e historiales de explotación (historial largo de explotación con niveles variables de explotación), ninguno de los cuales es el caso con el dorado. Por otro lado, el perfil de *M* está condicionado en una especificación correcta del modelo y, tal como se comentó anteriormente, el perfil de *R*₀ indica que es errónea en algún nivel. En la [Figura 22](#), panel inferior, se ilustra el RMS esperado con distintos niveles de *M*.

2. Sensibilidad a capturabilidad con variabilidad temporal

Estimar la capturabilidad (*Q*) como un solo parámetro sin desviaciones temporales resulta en una variabilidad del reclutamiento ligeramente mayor ([Figura 23](#)), pero las series de tiempo de reclutamiento a edad 0 ([Figura 24](#)), biomasa reproductora ([Figura 25](#)), y SBR ([Figura 26](#)), no son marcadamente diferentes del caso base.

3. Sensibilidad a curvas de selectividad alternativas

Permitir a la pesquería peruana tener una selectividad en forma de domo resulta en selectividades estimadas en forma de domo, pero los resultados fueron muy similares al modelo de caso base ([Figuras 23-26](#)).

7. ANÁLISIS DE RENDIMIENTO POR RECLUTA

Se realizó un análisis de rendimiento por recluta (RPR) usando el modelo *Stock Synthesis*, que hace que el análisis de RPR sea consistente con los supuestos de la evaluación de la población. Se usó el análisis de RPR para investigar el impacto de vedas estacionales y el impacto de una talla legal mínima (TLM). Para implementar el análisis de RPR, se ejecutó de nuevo el modelo *Stock Synthesis*, usando las mortalidades por pesca como parámetros, y fue verificado por asegurar que los resultados sean los mismos que cuando se usó el método híbrido (un método eficaz de resolver la ecuación de captura) para implementar la mortalidad por pesca. Usar las mortalidades por pesca como parámetros permite fijar las tasas de

mortalidad por pesca para el análisis de RPR y manipularlas para implementar el TLM través de una curva de retención de filo de cuchillo. Generalmente, las vedas estacionales pueden ser manipuladas si se cambia la mortalidad por pesca durante los meses de veda a cero. Investigamos TLM de 80, 90, 100, y 110 cm, con tasas de mortalidad (seleccionadas arbitrariamente para fines ilustrativos solamente) de cero y 30% para los peces descartados por ser de tamaño inferior al TLM. Investigamos demorar el comienzo de la temporada y vedar la temporada temprano. Se realiza el análisis de RPR usando el rendimiento absoluto, que es equivalente al RMS porque la evaluación de la población supone que el reclutamiento es independiente del tamaño de la población, y todos los escenarios usan el mismo reclutamiento medio.

La curva de rendimiento que resulta del análisis de RPR tiene una cumbre muy plana, y las tasas de mortalidad que maximizan el RPR son aproximadamente tres veces mayores que las tasas de mortalidad por pesca actuales (multiplicador de $F = 3$) (Figura 27). No obstante, no se recomienda una estrategia de pesca dirigida a maximizar el rendimiento por recluta porque la curva de rendimiento es muy plana, e incrementar la mortalidad por pesca por un factor de tres resultaría en poca ganancia en términos de rendimiento. Análisis basados en proyecciones con el esfuerzo al nivel actual o en la implementación de ordenación retrospectivamente pueden ser más útiles (ver Valero *et al.* 2016). El rendimiento máximo de equilibrio podría ser incrementado moderadamente si se implementara un TLM, aún con una tasa de mortalidad de descartes de 30% (Tabla 3). La mortalidad de descartes ejerce una influencia moderada sobre el rendimiento máximo de equilibrio. Un TLC causa solamente un pequeño incremento del SBR en el momento de desove (noviembre). Las vedas estacionales tienen menos impacto sobre el rendimiento de equilibrio máximo, pero un impacto mayor sobre el SBR, que el TLM (Tabla 4). Demorar el comienzo de la temporada de pesca es de mayor beneficio en términos de tanto el rendimiento de equilibrio máximo y el SBR correspondiente.,

8. DIRECCIONES FUTURAS

Las siguientes cuestiones relacionadas con la evaluación de la población de dorado en el OPO, presentadas en ningún orden en particular, precisan investigación adicional:

8.1. Crecimiento

Estimar el crecimiento dentro del modelo de evaluación, usando datos de edad y tamaño no sólo de Perú sino también de Ecuador. Esto precisaría una comparación de las distintas metodologías usadas en Perú (basadas en otolitos) y Ecuador (basadas en escamas). Explorar diferencias potenciales en el crecimiento entre cohortes (crecimiento por cohorte). Podría ser necesaria una curva de crecimiento más flexible.

8.2. Extensión espacial de la evaluación

El dorado es explotado por las flotas de casi todas las naciones costeras en el OPO, desde Chile en el sur hasta México en el norte. La evaluación exploratoria actual de la población vale para el OPO sur, ya que usa datos de Perú y Ecuador solamente. Las investigaciones futuras deberían considerar incluir datos de otras flotas de otras naciones costeras en el OPO sur, en particular Chile, que también explota el recurso.

Queda por desarrollar una evaluación convencional de la población de dorado en el OPO norte - el OPO al norte de la línea ecuatorial. Desgraciadamente, los datos de pesca de dorado disponibles de las naciones costeras del norte son muy limitados; en particular, se sabe poco de la captura total y de potenciales índices relativos de abundancia (CPUE, por ejemplo). Se podría aplicar un enfoque de estimador de reducción mensual en estas situaciones de datos limitados si se dispone de algunos datos mínimos de CPUE.

Se sabe poco acerca del grado de conectividad entre las poblaciones de dorado del OPO norte y del OPO sur, pero la escala geográfica de las evaluaciones de dorado en el OPO debería evolucionar a medida que mejoran los conocimientos de la estructura de las poblaciones en el OPO y de otras áreas. A medida que

se obtengan series de datos del OPO norte, se podrían realizar evaluaciones convencionales para una población potencial en el OPO norte, o a la larga una evaluación del dorado a escala del OPO entero.

8.3. Integración de la evaluación de la población y estrategias alternativas de ordenación

La cantidad, tipo, y calidad de los datos disponibles varían limitados mucho entre las naciones costeras que pescan dorado en el OPO (CIAT 2014). Aunque los datos podrían impedir, en algunas instancias, realizar una evaluación integrada del tipo aquí presentado, propiedades emergentes de la evaluación (por ejemplo, tendencias estacionales fuertes de la CPUE, progresión modal estacional fuerte en tamaños, etc.) podrían permitir la implementación de reglas de control de extracción sencillas basadas en datos limitados, y estrategias de ordenación basadas en datos disponibles o fáciles de obtener podrían ser probadas formalmente de manera integrada con evaluaciones disponibles de la población, como en Valero et al. (2016).

8.4. Recolección de datos

Mejorar tanto el proceso de recolección de datos y la calidad de los datos recolectados. Por ejemplo, georreferenciar las capturas en Perú podría mejorar la estandarización de la CPUE. Información más básica, tal como CPUE mensual y datos de composición por talla, sería muy informativa. Obtener más información sobre las estadísticas de captura, incluyendo extracciones por pesquerías recreacionales, y estimaciones de capturas probablemente no reportadas.

8.5. Marcado

Los programas de marcado producirían información de gran valor, por ejemplo, estimaciones independientes de la mortalidad por pesca, mortalidad natural, y desplazamientos al norte y sur de la línea ecuatorial, y los datos podrían ser integrados con los datos de otolitos y escamas para estimar las tasas de crecimiento, al igual que en análisis similares realizados con atunes (Aires-da-Silva *et al.* 2016). Determinar los desplazamientos de dorado al norte y al sur de la línea ecuatorial, si es que ocurren, es importante para conceptualizar la historia de vida de la especie y su impacto potencial sobre la estructura de la población en el OPO. Se debe tener cuidado al diseñar programas de marcado cuyo objetivo es describir patrones de desplazamiento a largo plazo en un periodo de cambios rápidos en el medio ambiente, como por ejemplo el evento reciente de El Niño, que podría resultar en descripciones sesgadas de los desplazamientos del dorado. Por ejemplo, en años recientes las capturas de dorado han estado por debajo del nivel normal en Ecuador y por encima del mismo en Perú, aunque esta evaluación supone que todo el dorado en la zona forma parte de una sola población. Las capturas en Centroamérica han sido también más bajas que en años recientes, aunque no queda claro todavía si estos peces forman una población diferente de aquellos del OPO sur.

8.6. Entradas y salidas de las zonas de pesca y cuándo ocurren

Persisten dudas importantes acerca del proceso de cómo y cuándo el dorado entra y sale de las zonas de pesca, que se confunde con la mortalidad por pesca. Mejores conocimientos de esta dinámica permitirían un modelo conceptual mejor de los procesos al principio y fin de la temporada de pesca, y brindarían información sobre cómo parametrizar los procesos de la evaluación de la población (por ejemplo, selectividad y capturabilidad). Un supuesto importante en esta evaluación es que el recurso está completamente disponible al arte de pesca durante parte del año (la temporada de pesca de dorado). Violar este supuesto pueden resultar en sesgos. Se podrían realizar estudios de marcado para investigar dichas violaciones.

8.7. Diferencias de proporciones de sexos en la captura

Los participantes en la segunda Reunión Técnica sobre Dorado compartieron información sobre las proporciones de sexos de dorado por área. Se presentó y discutió una compilación de los datos

disponibles, con un enfoque en la identificación de los procesos subyacentes de cambios aparentes en las proporciones de sexos del dorado. No queda claro si la variabilidad de las proporciones de sexos se debe a procesos biológicos (por ejemplo, proporciones de sexos al eclosionar, diferencias en tasas de mortalidad natural), pesqueros (tasas de disponibilidad o explotación) o muestreo (por ejemplo, posible identificación errónea de machos y hembras inmaduras). Se exploró el impacto de algunas de esas alternativas durante la construcción del modelo, y finalmente fue modelado con los machos menos seleccionados que las hembras y permitiendo selectividades en forma de domo para los machos. Sin embargo, se ignoran las causas subyacentes de las diferencias en las proporciones de sexos y son necesarias investigaciones adicionales para identificarlas.

8.8. Disponibilidad o reclutamiento

No queda claro si diferencias interanuales en la CPUE se deben principalmente a cambios en disponibilidad, cambios en el reclutamiento entre años, o una combinación de los dos. Similarmente, cambios intra-anales en la capturabilidad podrían deberse a desplazamientos dentro y fuera de la zona de pesca o variación temporal en el reclutamiento o crecimiento. Son asimismo necesarias investigaciones adicionales de los impulsores potenciales del reclutamiento o cambios en disponibilidad, tales como los efectos potenciales entre las TSM y esos procesos.

REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A., Lennert-Cody, C.E., Maunder, M.N., Román-Verdesoto, M., Minte-Vera, C., Vogel, N.W., Martínez-Ortiz, J., Carvajal, J.M., Guerrero, P.X., and Sondheimer, F. 2014. Preliminary results from IATTC collaborative research activities on dorado in the eastern Pacific Ocean and future research plan. Document SAC-05-11b. Inter-American Tropical Tuna Commission, Scientific Advisory Committee, Fifth Meeting: 1-27.
- 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.
- Dapp, D., Arauz, R., Spotila, J.R., and O'Connor, M.P. 2013. Impact of Costa Rican longline fishery on its bycatch of sharks, stingrays, bony fish and olive ridley turtles (*Lepidochelys olivacea*). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 448: 228-239.
- Francis, R. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. *Can J Fish Aquat Sci*. 68: 1124-1138.
- Goicochea, C., Mostacero, J., and Moquillaza, P. 2012. Age and growth of *Coryphaena hippurus* (Linnaeus) in the northern Peruvian Sea, February 2010. *Inf Inst Mar Perú*. 39.
- IATTC (2015). [Report of the 1st Inter-American Tropical Tuna Commission Technical Meeting on Dorado](#). Manta, Ecuador, October 14–16, 2014.
- Lasso, J., and Zapata, L. 1999. Fisheries and biology of *Coryphaena hippurus* (Pisces: Coryphaenidae) in the Pacific coast of Colombia and Panama. *Scientia Marina*. 63: 387-399.
- Lee, H.H., Maunder, M.N., Piner, K.R. and Methot, R.D., 2011. Estimating natural mortality within a fisheries stock assessment model: an evaluation using simulation analysis based on twelve stock assessments. *Fisheries Research*, 109(1), pp.89-94.
- 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., Minte-Vera, C., Lennert-Cody, C., Valero, J.L., and Martínez-Ortiz, J. 2015. A step-by-step illustration of the basis for the monthly depletion estimator in a Stock

- Synthesis model for dorado. Inter-American Tropical Tuna Commission. 2nd Technical Meeting on Dorado, Lima, Peru, 27-29 October 2015.
- Martínez-Ortiz, J., Aires-da-Silva, A.M., Lennert-Cody, C.E., and Maunder, M.N. 2015. The Ecuadorian artisanal fishery for large pelagics: species composition and spatio-temporal dynamics. *Plos One*. 10.
- Martínez-Ortiz, J., and Zúñiga-Flores, M. 2012. Estado actual del conocimiento del recurso dorado (*Coryphaena hippurus*) Linnaeus, 1758 en aguas del Océano Pacífico Suroriental (2008-2011). Informe Técnico Final del proyecto titulado: "Dinámica de la población: la pesca y la biología del dorado en Ecuador". MAGAP-MSC-EPESPO 2012. 122 pp.
- Martínez-Rincon, R.O., Ortega-García, S., and Vaca-Rodríguez, J.G. 2009. Incidental catch of dolphinfish (*Coryphaena* spp.) report by the Mexican tuna purse seiners in the eastern Pacific Ocean. *Fish Res.* 96: 296-302.
- Maunder, M.N., and Punt, A.E. 2004. Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish Res.* 70: 141-159.
- 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.
- Norton, J.G. 1999. Apparent habitat extensions of dolphinfish, *Coryphaena hippurus*, in response to climate transients in the California Current. *Scientia Marina*. 63: 239-260.
- Palko, B.J., Beardsley, G.L., and Richards, W.J. 1982. Synopsis of the biological data on dolphin-fishes, *Coryphaena hippurus* Linnaeus and *Coryphaena equiselis*, Linnaeus. NOAA Technical Report NMFS Circular 443. FAO Fisheries Synopsis No. 130.
- Patterson, K.R., and Martínez, J. 1991. Exploitation of the dolphin fish *Coryphaena hippurus* L. off Ecuador: analysis by length-based virtual population analysis.
- SFP. 2013. SFP Global Sustainability Overview of Pacific Ocean Fisheries that Supply Mahi mahi.
- Solano A., A. Tresierra, V. García, C. Goicochea, V. Blaskovic', B. Buitrón & G. Chacón. (2015). Biología y pesquería del perico o dorado *Coryphaena hippurus* en febrero, 2010. *Bol. Inst. Mar. Perú*. 42(1): 1-46.
- Solano-Sare, A., Tresierra-Aguilar, A., García-Nolasco, V., Dioses, T., Marín, W., Sánchez, C., and Wosnitza-Mendo, C. 2008. Biología y pesquería del Perico. Instituto del Mar del Perú. 23 pp..
- Téllez, R.T. and Caballero, S. (2017). Seasonal variation of dolphinfish stocks (*Coryphaena hippurus*) in the Pacific coast of Colombia. *Oceanography & Fisheries*, 3(1), pp.1-11
- Valero, J.L., Aires-da-Silva, A., Maunder, M.N., Mente-Vera, C.V. and Martínez-Ortiz, J. (2016). Exploratory management strategy evaluation (MSE) of Dorado (*Coryphaena hippurus*) in the South Eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Scientific Advisory Committee, Seventh Meeting.
- Wang, S.P., Maunder, M.N., Aires-da-Silva, A. and Bayliff, W.H., 2009. Evaluating fishery impacts: application to bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 99(2), pp.106-111.
- Zúñiga-Flores, M.S. 2014. Determinación e interpretación de los parámetros poblacionales, edad, crecimiento y reproducción del dorado (*Coryphaena hippurus*) capturado en aguas del Océano Pacífico Sur-Oriental durante 2008-2012. Reporte final de la consultoría para World Wildlife Fund/ ViceMinisterio de Acuicultura y Pesca (MAGAP), Ecuador. 73 pp.

TABLE 1. Fisheries defined for the stock assessment of dorado in the South EPO. LL = longline; PS = purse-seine. Survey: fishery defined in Stock Synthesis with no catch associated with it, but with other data sources available (CPUE in the case of the dorado model).

TABLA 1. Pesquerías definidas para la evaluación del dorado en el OPO sur. LL = palangre; PS = red de cerco. Estudio: pesquería definida en *Stock Synthesis* sin captura asociada, pero con otras fuentes de datos disponibles (CPUE en el caso del modelo de dorado).

	Name	Nombre	Gear	Fishing years
			Arte	Años pesqueros
Fishery-Pesquería				
F1	Peru	Perú	LL	2007-2014
F2	Ecuador	Ecuador	LL	2007-2014
F3	PS-bycatch	PS-captura incidental	PS	2007-2014
Survey-Estudio				
S1	Peru_N-early	Perú_N-temprana	LL	2007-2010
S2	Peru_N-late	Perú_N-tardía	LL	2011-2014
S3	Peru_C-early	Perú_C- temprana	LL	2007-2010
S4	Peru_C-late	Perú_C- tardía	LL	2011-2014
S5	Peru_S-early	Perú_S- temprana	LL	2007-2010
S6	Peru_S-late	Perú_S- tardía	LL	2011-2014

TABLE 2. Model summaries for main analyses of sensitivity to different configurations of the base case (see Section 6.1.1). *M*: natural mortality; *Q*notv: catchability, no temporal variation; Dome: dome-shaped size selectivity curve for the Peruvian fishery. *S* is the spawning stock biomass, and *B* is the summary biomass (defined as the biomass of fish 1+ months old), in metric tons (t). MSY is the estimated maximum sustainable yield, in metric tons.

TABLA 2. Resúmenes del modelo de los principales análisis de sensibilidad a distintas configuraciones del caso base (ver sección 6.1.1). *M*: mortalidad natural; *Q*notv: capturabilidad, sin variabilidad temporal; Dome: curva de selectividad por tamaño en forma de domo para la pesquería peruana. *S* es la biomasa de la población reproductora, y *B* la biomasa sumaria (definida como la biomasa de peces de 1+ meses de edad), en toneladas (t). RMS es el rendimiento máximo sostenible estimado, en toneladas.

	Base case Caso base	Sensitivity analyses-Análisis de sensibilidad			
		1		2	3
		<i>M</i> _0.43	<i>M</i> _1.6	<i>Q</i> notv	Dome
S_0 (t)	90,045	205,001	62,015	85,577	89,952
B_0 (t)	254,687	545,880	192,791	242,067	254,429
S_{MSY} (t)- S_{RMS} (t)	17,987	15,336	22,351	17,196	17,893
MSY (t)-RMS (t)	89,211	79,502	100,530	84,490	89,010
S_{2014}/S_0	0.22	0.08	0.38	0.23	0.22
S_{MSY}/S_0 - S_{RMS}/S_0	0.20	0.07	0.36	0.20	0.20
S_{2014}/S_{MSY} - S_{2014}/S_{RMS}	1.10	1.00	1.07	1.16	1.11

TABLE 3. Results of the yield-per-recruit analysis with different minimum legal sizes (MLSs) and discard mortality rates.

TABLA 3. Resultados del análisis de rendimiento por recluta con diferentes tallas legales mínimas (TLM) y tasas de mortalidad de descartes.

MLS-TLM (cm)	Discard mortality rate Tasa de mortalidad de descartes	MSY RMS	% base MSY % de RMS base	SBR
None- Ninguna	0	89,770	100	0.18
80	0	105,791	118	0.19
80	0.3	99,241	111	0.18
90	0	115,300	128	0.20
90	0.3	101,948	114	0.19
100	0	116,348	130	0.21
100	0.3	98,942	110	0.19
110	0	108,835	121	0.21
110	0.3	94,924	106	0.19

TABLE 4. Results of the yield-per-recruit (YPR) analysis with different months of closure. (**NOTE:** these analyses were conducted using an early version of the base case assessment model, and therefore do not exactly match the results of the other YPR analyses).

TABLA 4. Resultados del análisis de rendimiento por recluta (RPR) con diferentes meses de veda. (**NOTA:** se realizaron estos análisis con una versión temprana del modelo de evaluación de caso base, y por lo tanto no concuerdan exactamente con los resultados de los otros análisis de RPR).

Closure	Veda	MSY	% base MSY	SBR
		RMS	% RMS base	
None	Ninguna	72,326	100	0.17
Jan-May	Ene-May	75,138	104	0.25
Jan-Jun	Ene-Jun	76,882	106	0.25
Jan-Jul	Ene-Jul	78,169	108	0.24
Jan-Aug	Ene-Ago	77,756	108	0.22
Jan-Sep	Ene-Sep	74,653	103	0.19
Aug-Dec	Ago-Dic	71,647	99	0.15
Sep-Dec	Sep-Dic	72,285	100	0.16
Oct-Dec	Oct-Dic	72,540	100	0.17

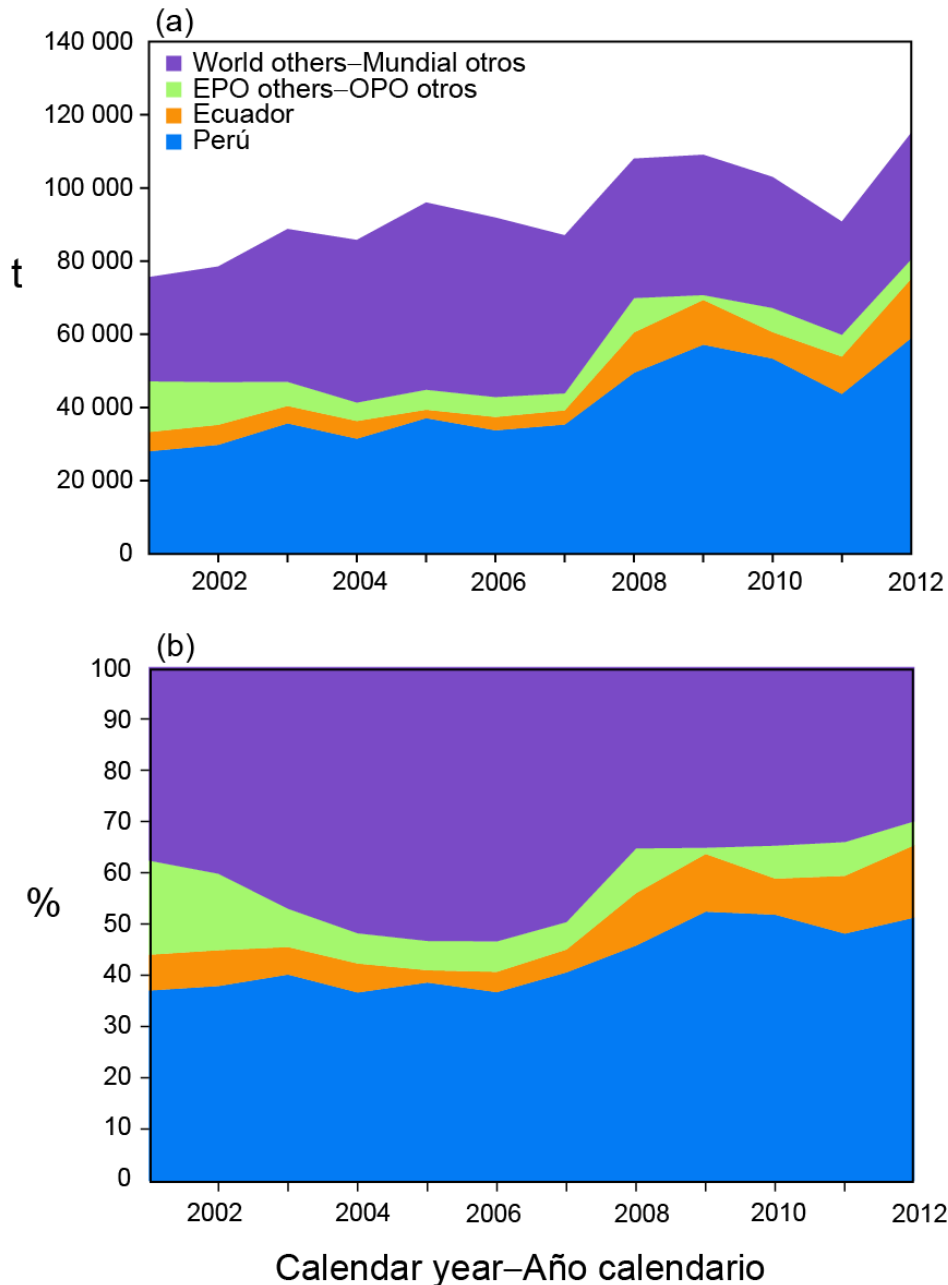


FIGURE 1. World catches of dorado, 2001-2012, by weight (a) and percentage (b). Source: Aires-da-Silva *et al.* (2014). Catch statistics were compiled from the following sources: 1) FAO FishStat database, 2) US import trade records (United States International Trade Commission, USITC), and 3) statistics reported by EPO coastal nations.

FIGURA 1. Capturas mundiales de dorado, 2001-2012, por peso (a) y porcentaje (b). Fuente: Aires-da-Silva *et al.* (2014). Las estadísticas de captura fueron compiladas de las siguientes fuentes: 1) base de datos FishStat de FAO, 2) registros de importaciones a EE.UU. (United States International Trade Commission, USITC), y 3) estadísticas reportadas por naciones costeras del OPO.

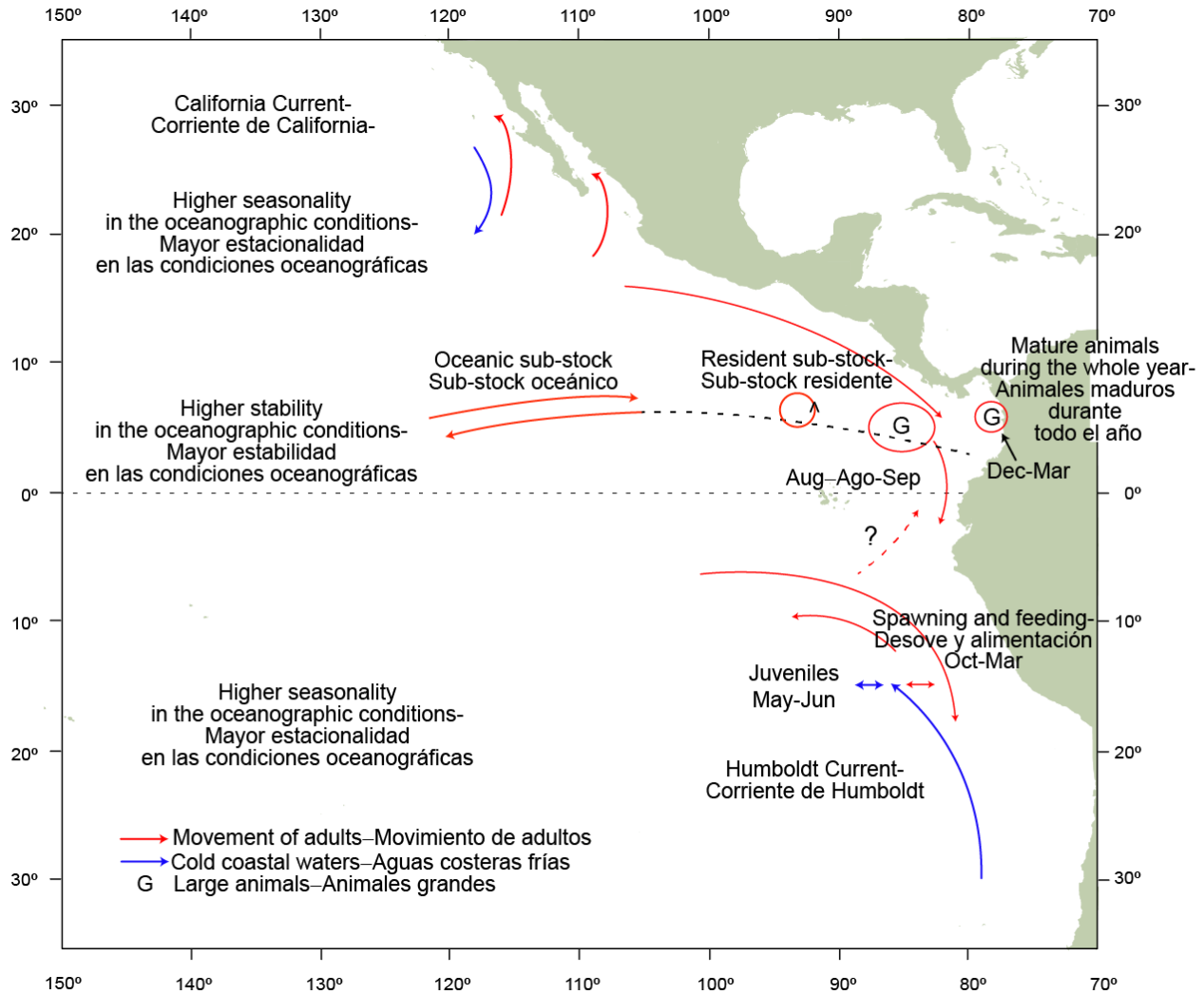


FIGURE 2a. Conceptual model of the movements and spatial distribution of dorado (2nd Technical Meeting on Dorado, 2015).

FIGURA 2a. Modelo conceptual de los desplazamientos y la distribución espacial del dorado (segunda Reunión Técnica sobre Dorado, 2015).

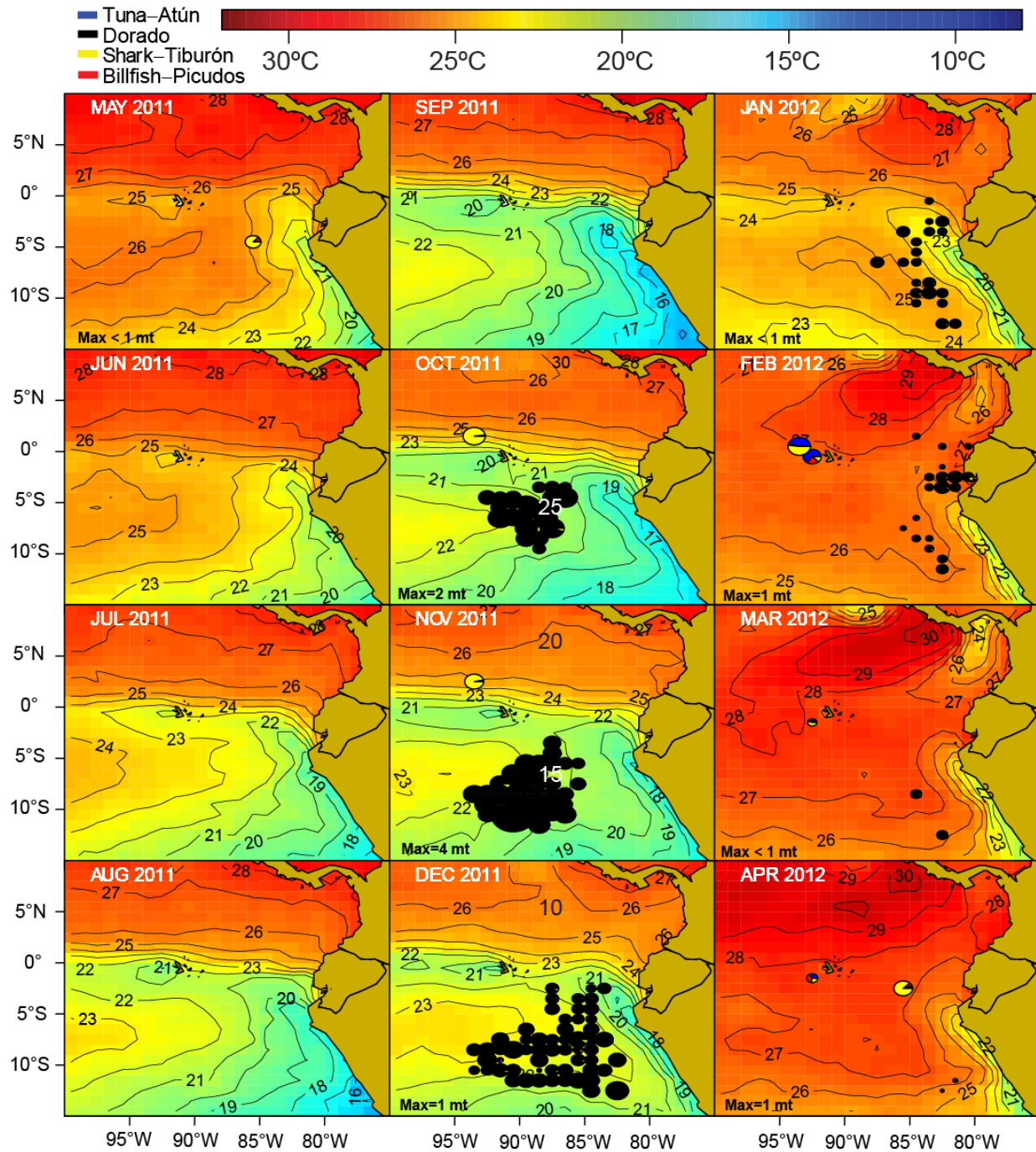


FIGURE 2b. Sea-surface temperatures and spatio-temporal distribution of the catches by the Ecuadorian artisanal longline fishery targeting dorado during the 2011 fishing year (from Martínez-Ortiz *et al.* 2015). **FIGURA 2b.** Temperatura superficial del mar y distribución espaciotemporal de las capturas de la pesquería palangrera artesanal ecuatoriana dirigida al dorado durante el año pesquero 2011 (de Martínez-Ortiz *et al.* 2015).

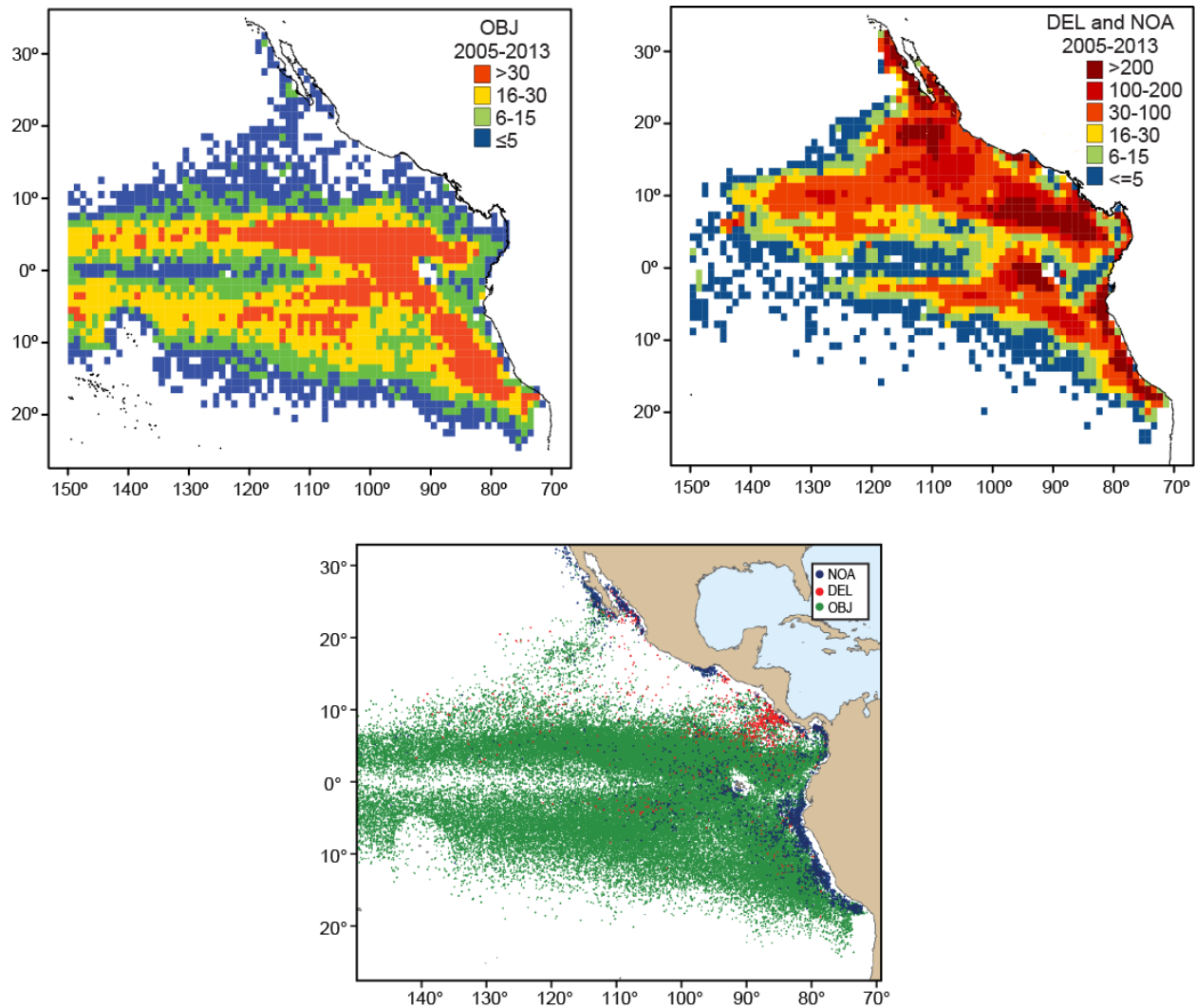


FIGURE 2c. Top: Number of floating-object (OBJ) sets (left panel) and dolphin (DEL) and unassociated (NOA) sets (right panel) by large purse-seine vessels, by 1° area, 2005-2013. Bottom: Spatial distribution of tuna purse-seine sets with capture of dorado, by set type, 1993-2013.

FIGURA 2c. Arriba: Numero de lances sobre objetos flotantes (OBJ; panel izquierdo) y sobre delfines (DEL) y no asociados (NOA) (panel derecho), por área de 1°, 2005-2013. Abajo: Distribución espacial de lances atuneros de cerco con captura de dorado, por tipo de lance, 1993-2013.

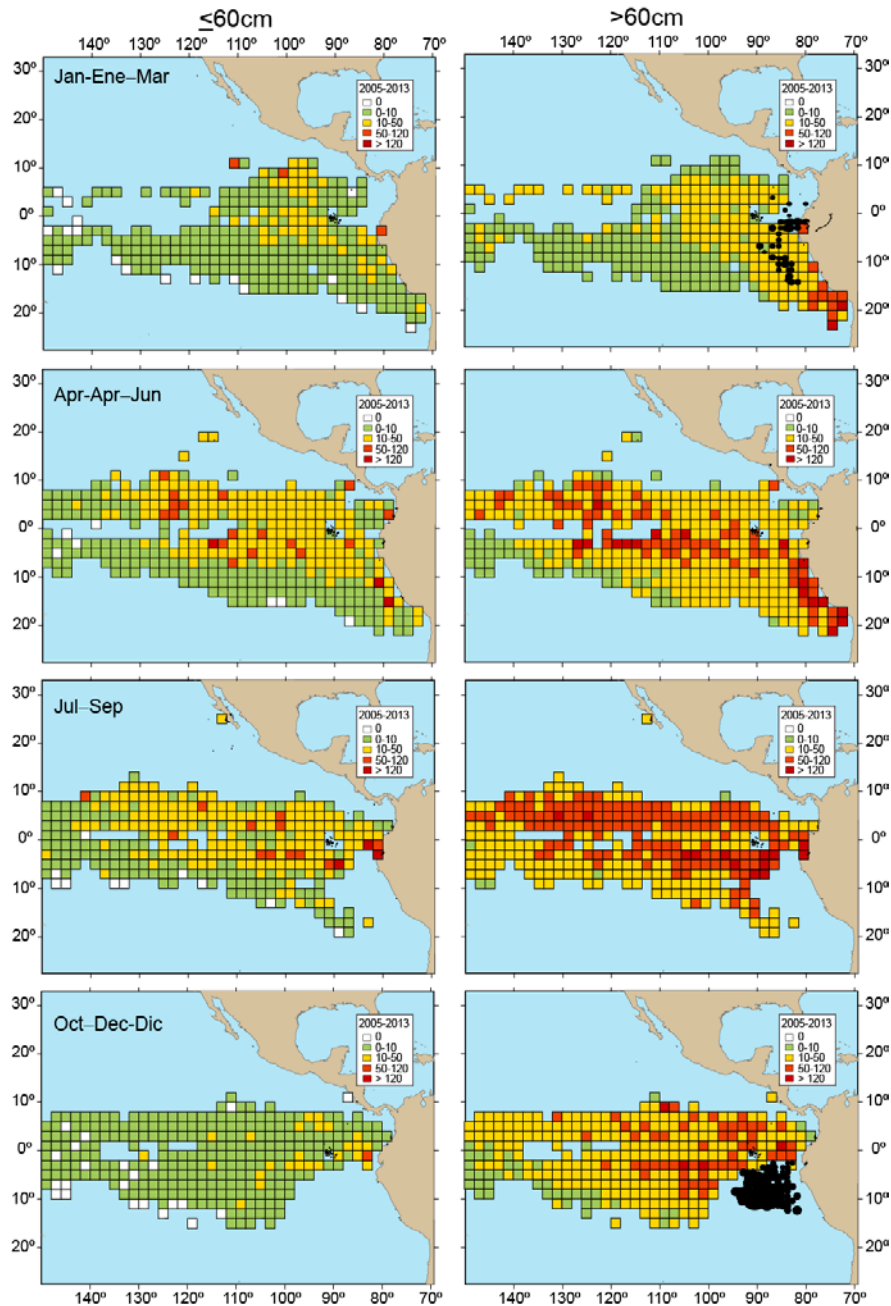


FIGURE 2d. Distribution, by $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ area and quarter, of the average catch per set, in numbers of fish, of small (≤ 60 cm, left panels) and large (> 60 cm, right panels) dorado in the purse-seine fishery on floating objects (OBJ) during 2006-2013 (IATTC observer data base). The black dots represent the catches by the Ecuadorian artisanal longline fishery targeting dorado during the 2011 fishing year (from Martínez-Ortiz *et al.* 2015).

FIGURA 2d. Distribución, por área de $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ y trimestre, de la captura promedio por lance, en número de peces, de dorado pequeño (≤ 60 cm, paneles izquierdos) y grande (> 60 cm, paneles derechos) en la pesquería de cerco sobre objetos flotantes (OBJ) durante 2006-2013 (base de datos de observadores de la CIAT). Los puntos negros representan las capturas de la pesquería palangrera artesanal ecuatoriana dirigida al dorado durante el año pesquero de 2011 (de Martínez-Ortiz *et al.* 2015).

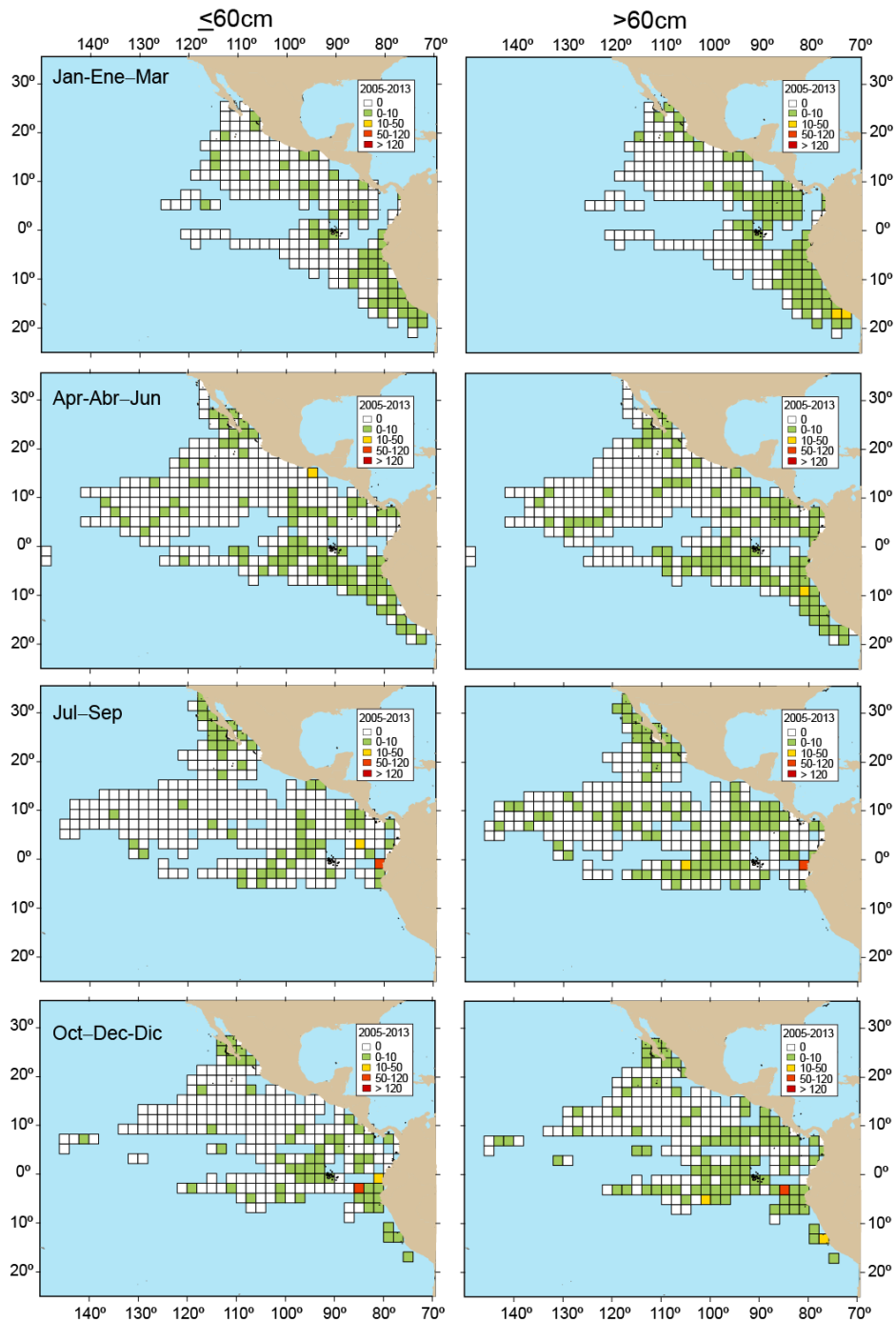


FIGURE 2e. Distribution, by 2°x2° area and quarter, of the average catch per set, in numbers of fish, of small (≤ 60 cm, left panels) and large (> 60 cm, right panels) dorado in the purse-seine fishery on unassociated schools (NOA) and dolphins (DEL) during 2006-2013 (IATTC observer data base).

FIGURA 2d. Distribución, por área de 2°x2° y trimestre, de la captura promedio por lance, en número de peces, de dorado pequeño (≤ 60 cm, paneles izquierdos) y grande (> 60 cm, paneles derechos) en las pesquerías de cerco sobre delfines (DEL) y no asociada (NOA) durante 2006-2013 (base de datos de observadores de la CIAT).

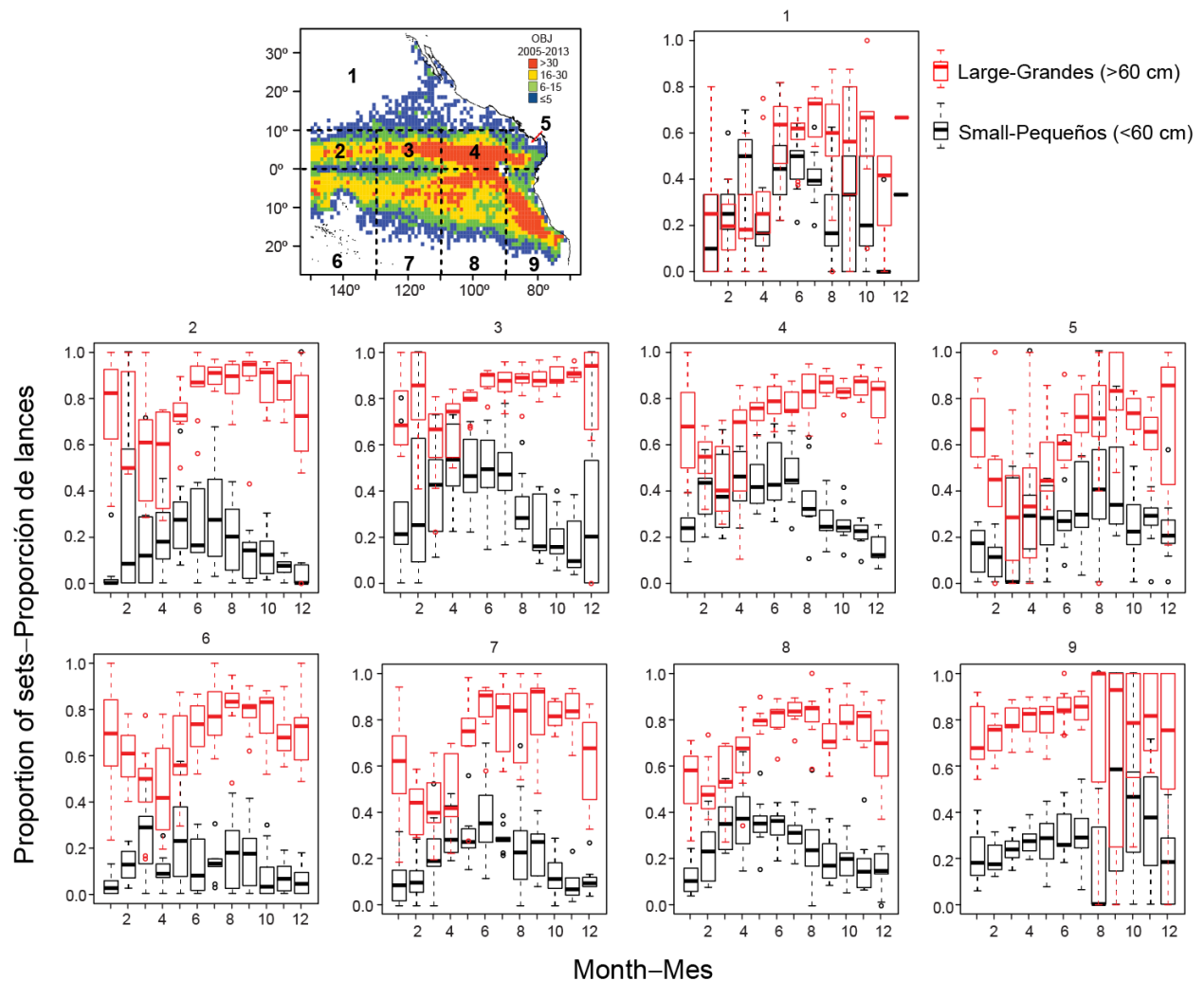


FIGURE 2f. Spatio-temporal distribution of the proportion of sets with catches of small (≤ 60 cm) or large (> 60 cm) dorado in the purse-seine fishery on floating objects (OBJ) (IATTC observer data base). The boxplots correspond to the nine areas shown in the map.

FIGURA 2f. Distribución espaciotemporal de la proporción de lances con capturas de dorado pequeño (≤ 60 cm) o grande (> 60 cm) en la pesquería de cerco sobre objetos flotantes (OBJ) (Base de datos de observadores de la CIAT). Las gráficas de caja corresponden a las nueve áreas indicadas en el mapa.

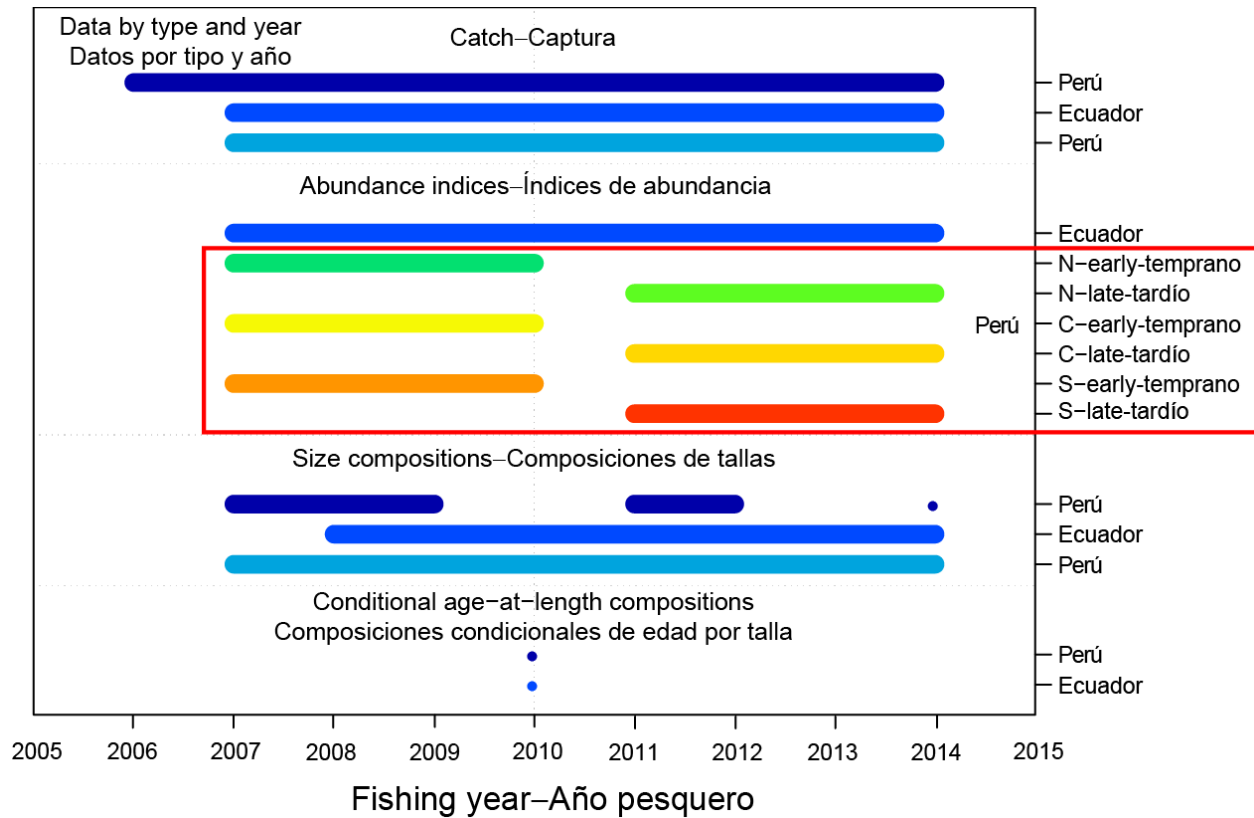


FIGURE 3. Types of data, by fishery and year, available for the assessment of dorado in the South EPO. The abundance indices inside the red square are not used in the model; they are included for comparative purposes only. The historic period of the assessment covers the 2007-2014 fishing years (July 2007-June 2015).

FIGURA 3. Tipos de datos, por pesquería y año, disponibles para la evaluación del dorado en el OPO sur. No se usaron en el modelo los índices de abundancia dentro del cuadro rojo; se incluyen para fines comparativos solamente. El periodo histórico de la evaluación cubre los años pesqueros de 2007 a 2014 (julio 2007-junio 2015).

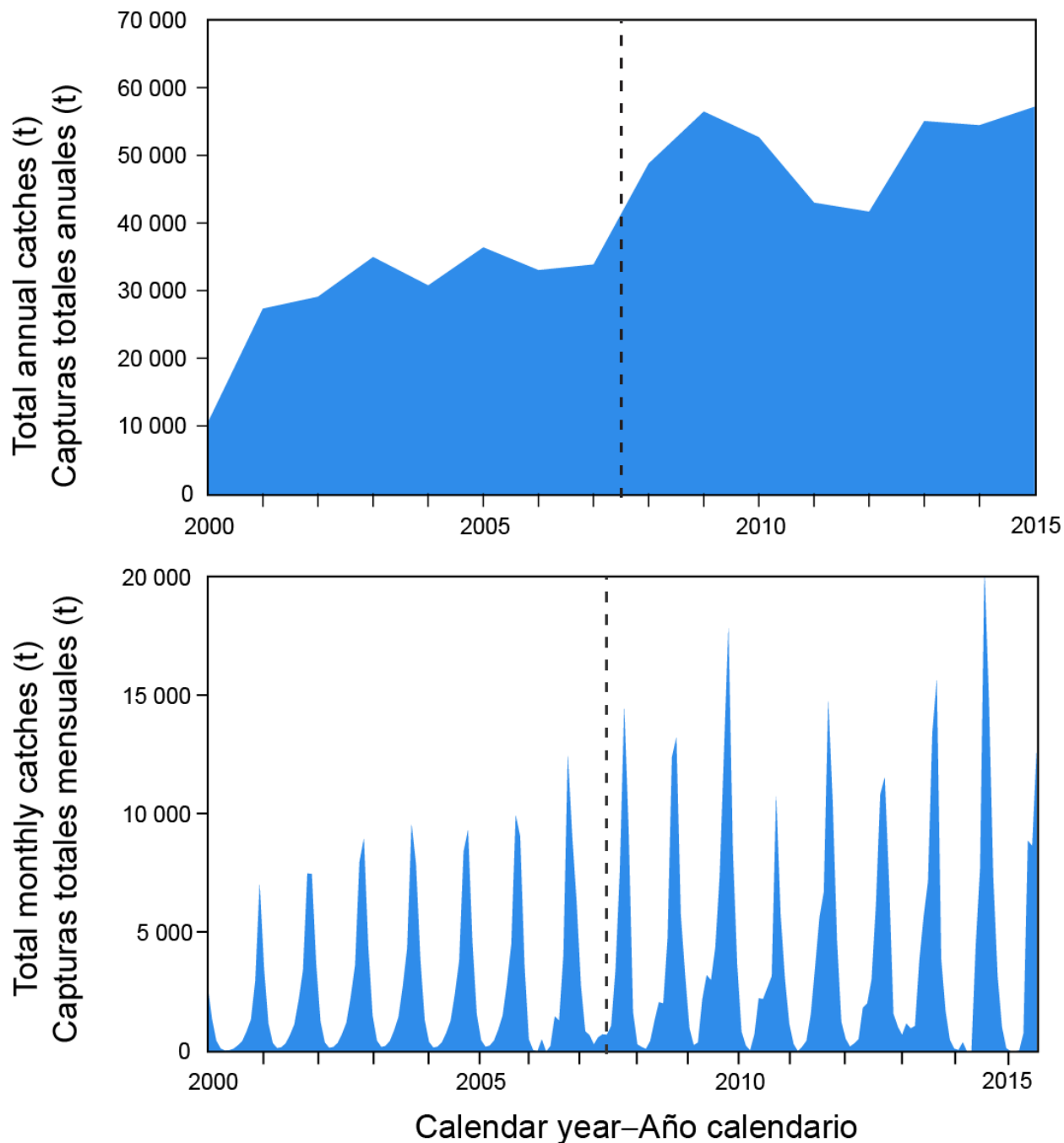


FIGURE 4a. Total annual (top) and monthly (bottom) catches of dorado by Peruvian artisanal fisheries, January 2000-December 2015, in tons. Monthly catch data for 2000-2005 are not available: they were estimated by applying the average monthly proportions of the available catches to the annual data (see Figure 4f).

FIGURA 4a. Capturas totales anuales (arriba) y mensuales (abajo) de dorado por las pesquerías artesanales peruanas, enero 2000-diciembre 2015, en toneladas. No se dispone de datos de capturas mensuales de 2000-2005: fueron estimadas mediante la aplicación de proporciones mensuales medias de las capturas disponibles a los datos anuales (ver Figura 4f).

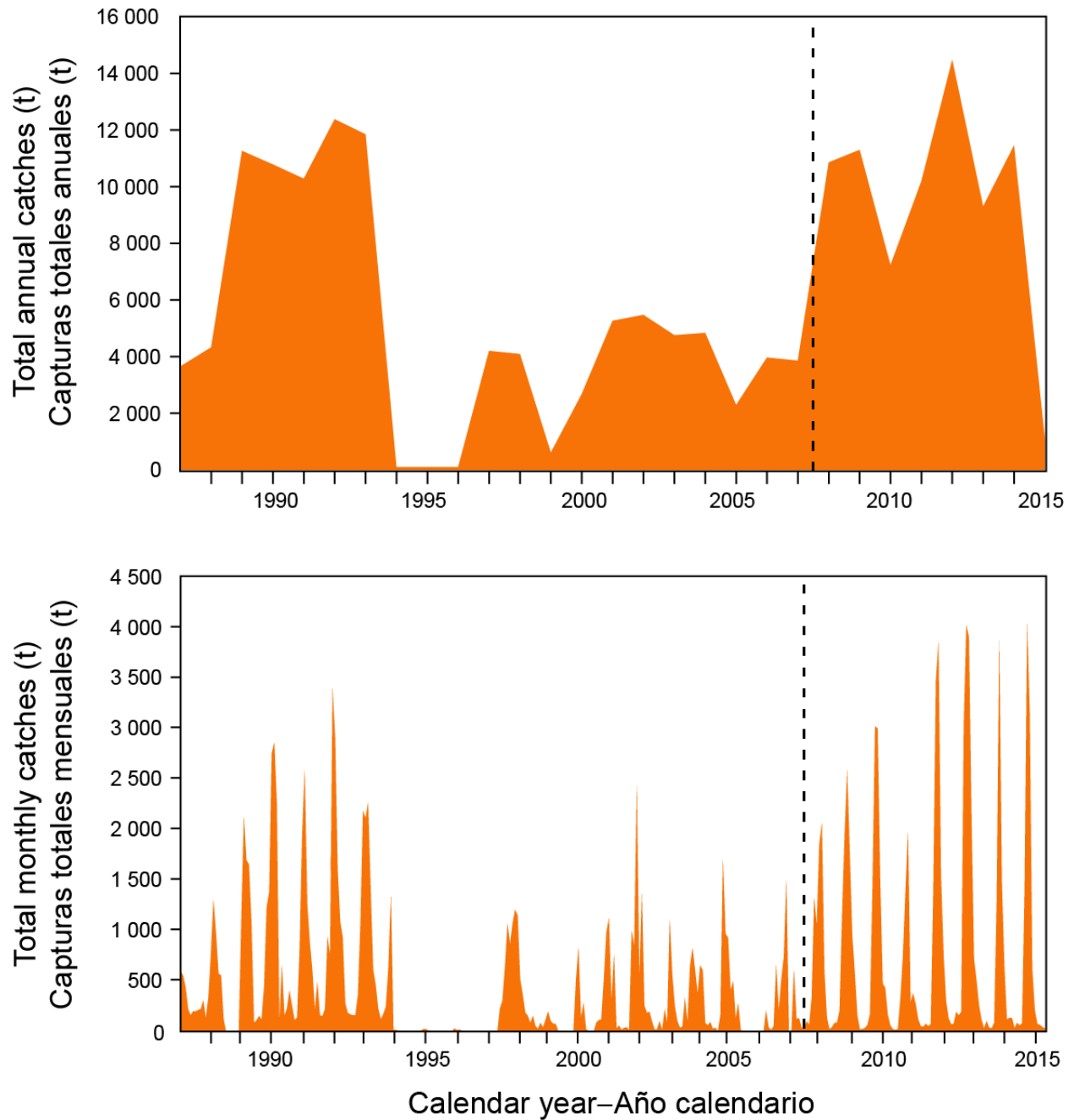


FIGURE 4b. Total annual (top) and monthly (bottom) catches of dorado by Ecuadorian artisanal fisheries, January 1987-June 2015, in tons.

FIGURA 4b. Capturas totales anuales (arriba) y mensuales (abajo) de dorado por las pesquerías artesanales ecuatorianas, enero 1987-junio 2015, en toneladas.

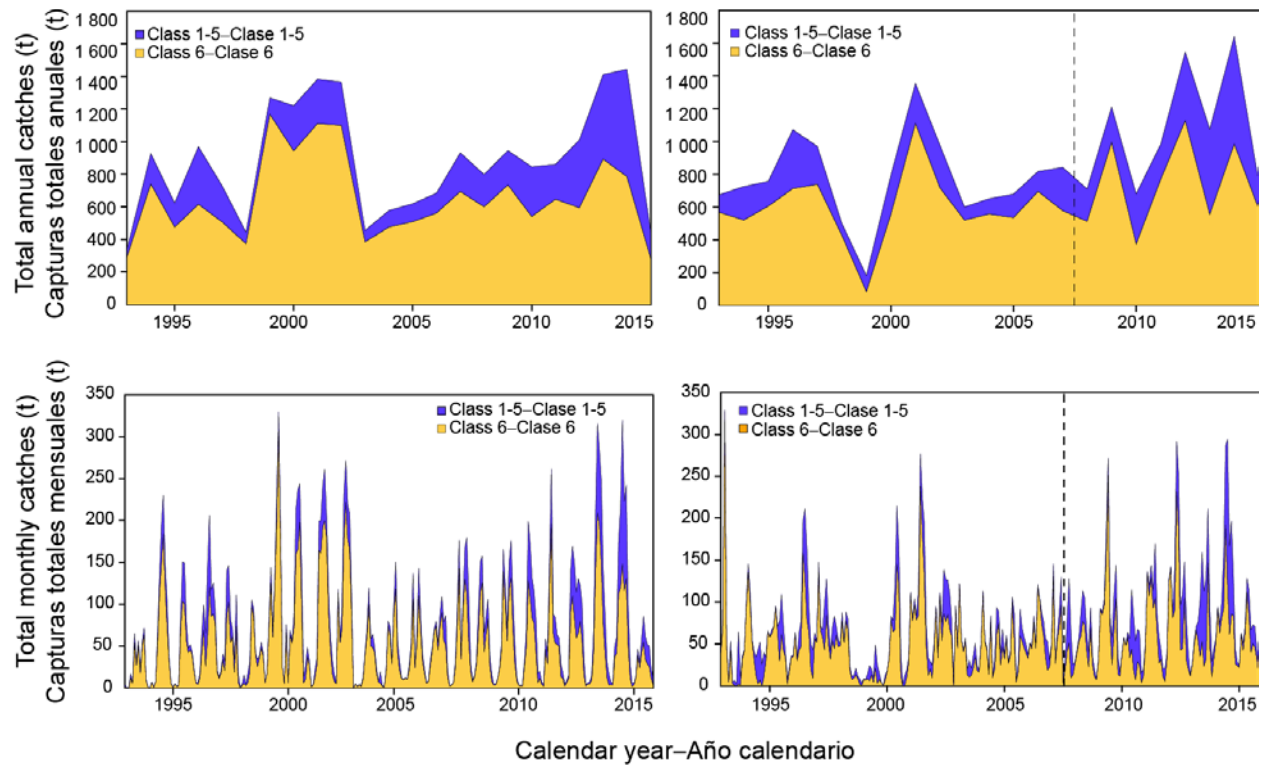


FIGURE 4c. Total annual (top) and monthly (bottom) bycatches of dorado by tuna purse-seine fisheries, north (left) and south (right) of the Equator, by vessel size class, January 1993-December 2015 (see section 2.2.3). IATTC vessel size classes: 1-5: carrying capacity <363 t; 6: carrying capacity >363 t.

FIGURA 4c. Capturas incidentales totales anuales (arriba) y mensuales (abajo) de dorado en las pesquerías atuneras de cerco, al norte (izquierda) y sur (derecha) de la línea ecuatorial, por clase de capacidad del buque, enero 1993-diciembre 2015 (ver sección 2.2.3). Clases de capacidad de la CIAT: 1-5: capacidad de acarreo <363 t; 6: capacidad de acarreo >363 t.

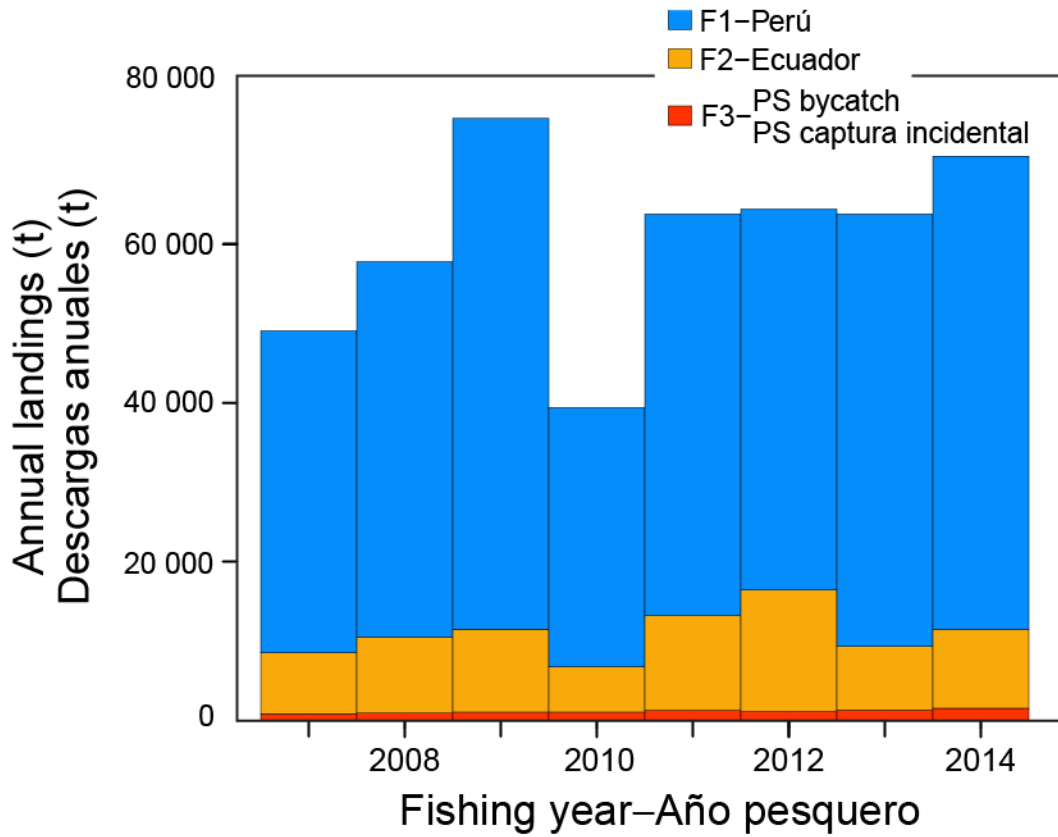


FIGURE 4d. Total annual landings of dorado in the South EPO, by fishery, fishing years 2007-2014 (July 2007-June 2015).

FIGURA 4d. Descargas anuales totales de dorado en el OPO sur, por pesquería, años pesqueros 2007-2014 (julio 2007-junio 2015).

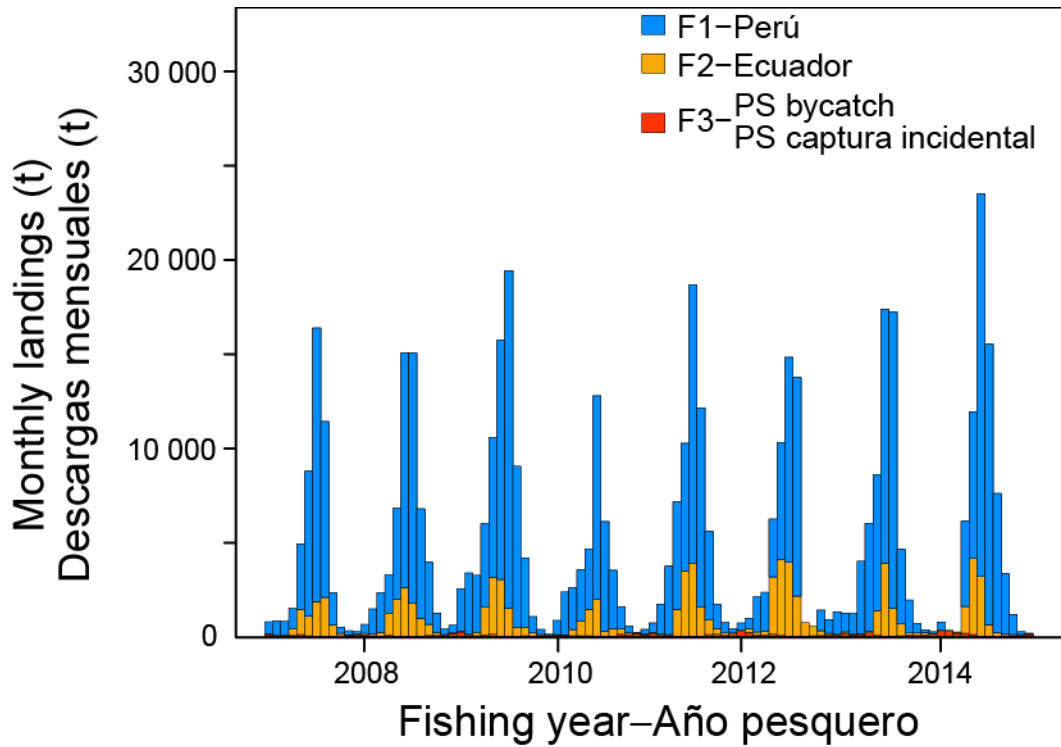


FIGURE 4e. Total monthly landings of dorado in the South EPO, by fishery, fishing years 2007-2014 (July 2007-June 2015).

FIGURA 4e. Descargas mensuales totales de dorado en el OPO sur, por pesquería, años pesqueros 2007-2014 (julio 2007-junio 2015).

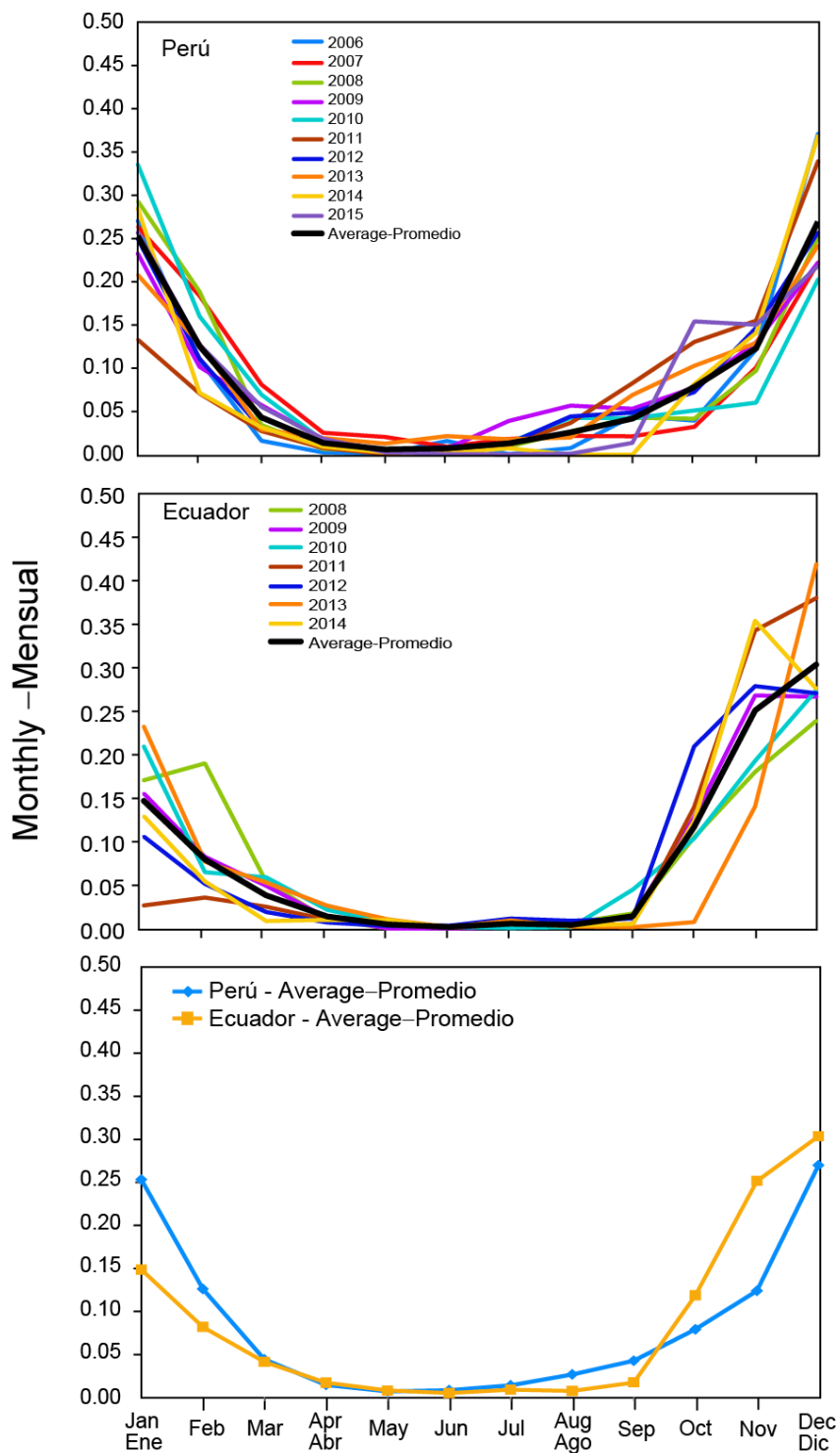


FIGURE 4f. Monthly proportions of dorado in the catches of the artisanal fisheries of Peru (2006-2015) and Ecuador (2000-2014).

FIGURA 4f. Proporciones mensuales de dorado en las capturas de las pesquerías artesanales de Perú (2006-2015) y Ecuador (2000-2014).

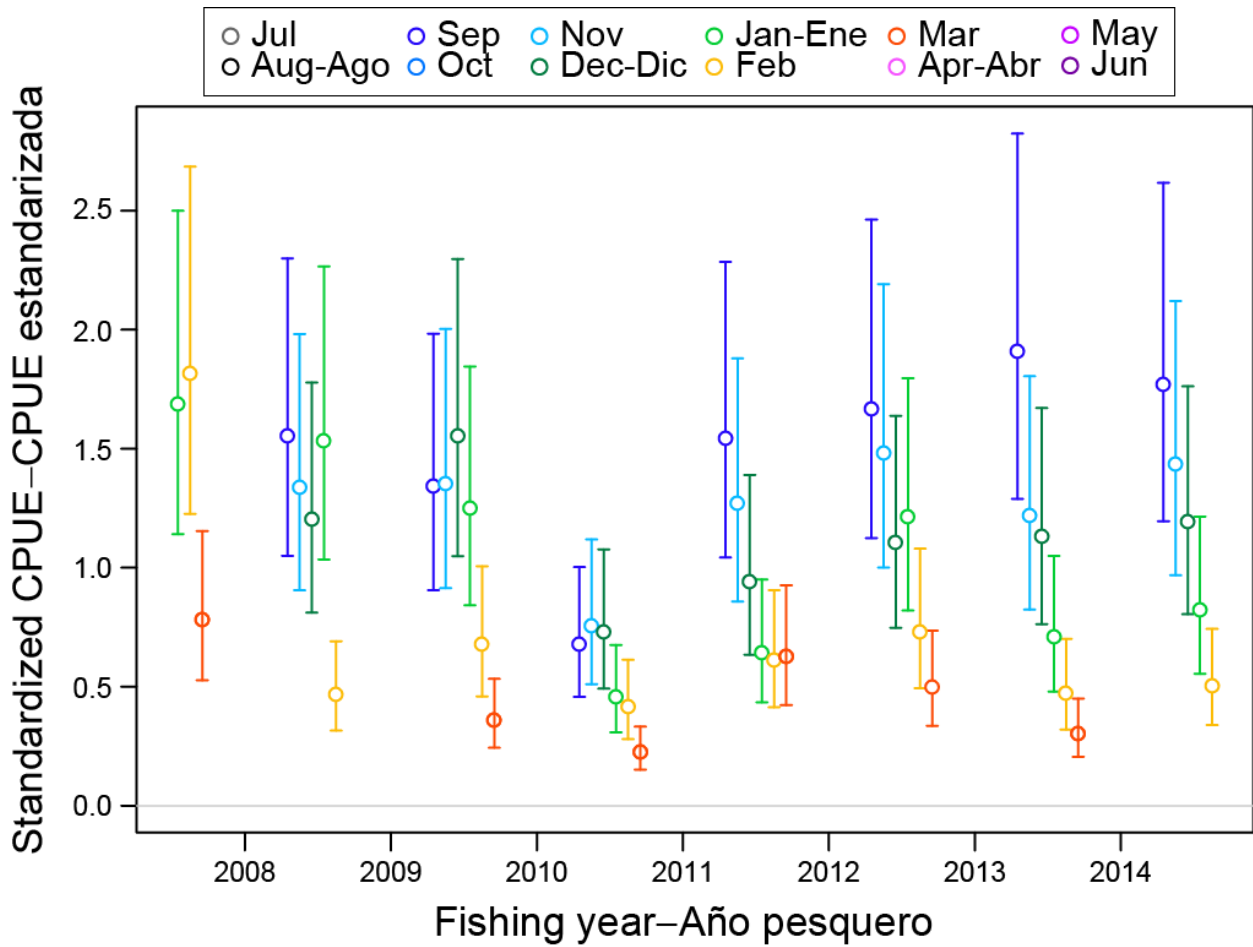


FIGURE 5a. Standardized CPUE of dorado from Ecuadorian artisanal fisheries, fishing years 2007-2014. The vertical lines represent the fixed confidence intervals (± 2 standard deviations) around the CPUE values.

FIGURA 5a. CPUE estandarizada de dorado de las pesquerías artesanales ecuatorianas, años pesqueros 2007-2014. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza fijos (± 2 desviaciones estándar) alrededor de los valores de la CPUE.

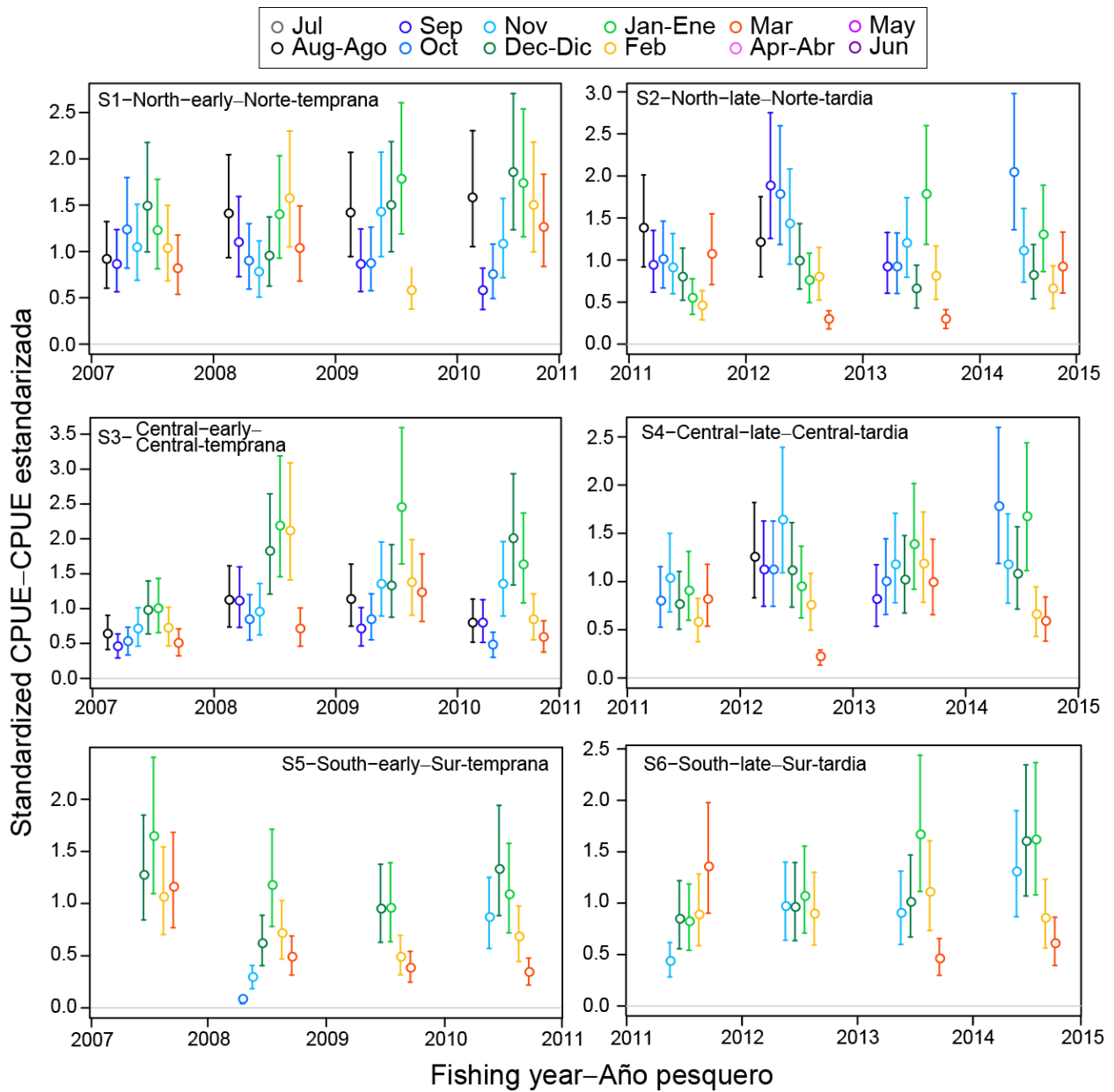


FIGURE 5b. Standardized CPUE of dorado from Peruvian artisanal fisheries, fishing years 2007-2014. The vertical lines represent the fixed confidence intervals (± 2 standard deviations) around the CPUE values.

FIGURA 5b. CPUE estandarizada de dorado de las pesquerías artesanales peruanas, años pesqueros 2007-2014. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza fijos (± 2 desviaciones estándar) alrededor de los valores de la CPUE.

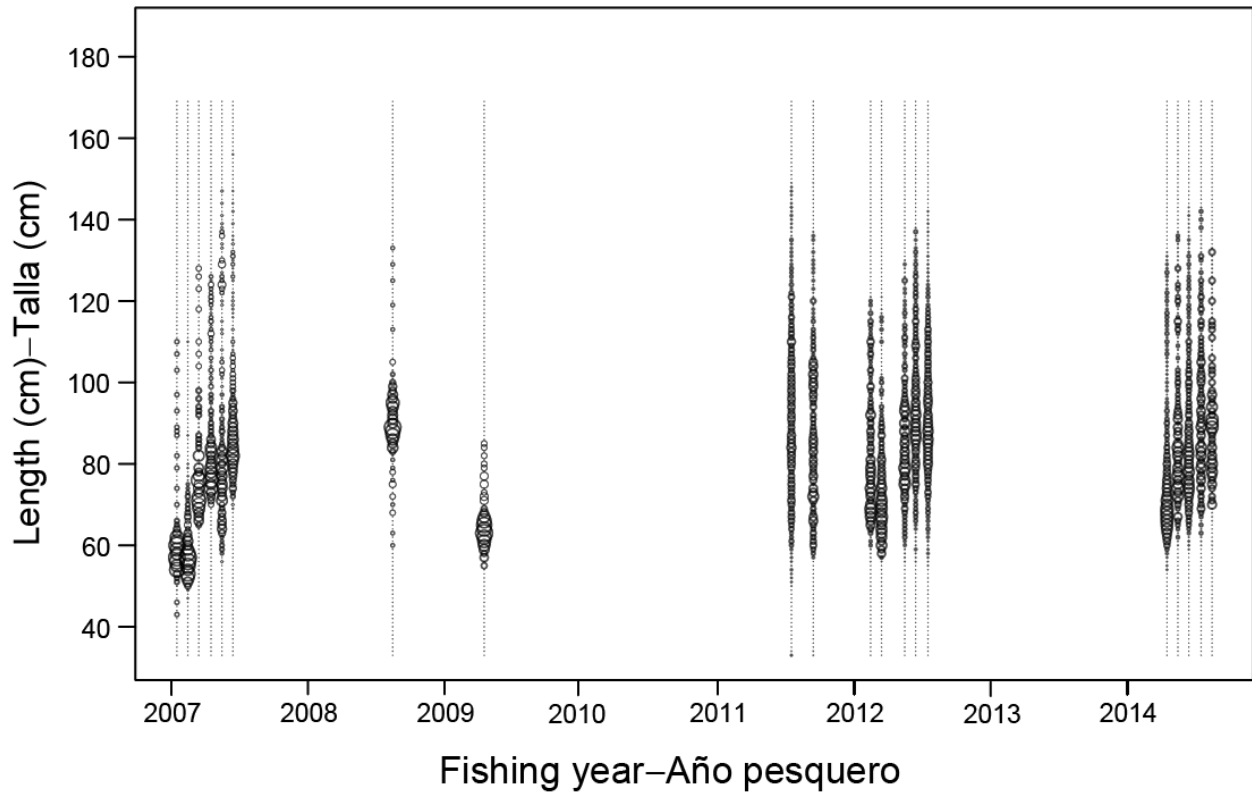


FIGURE 6a. Size compositions of dorado catches by Peruvian fisheries, by month, fishing years 2007-2014, sexes combined. The areas of the circles are proportional to the catches.

FIGURA 6a. Composiciones por talla de las capturas de dorado por las pesquerías peruanas, por mes, años pesqueros 2007-2014, sexos combinados. El área de los círculos es proporcional a las capturas.

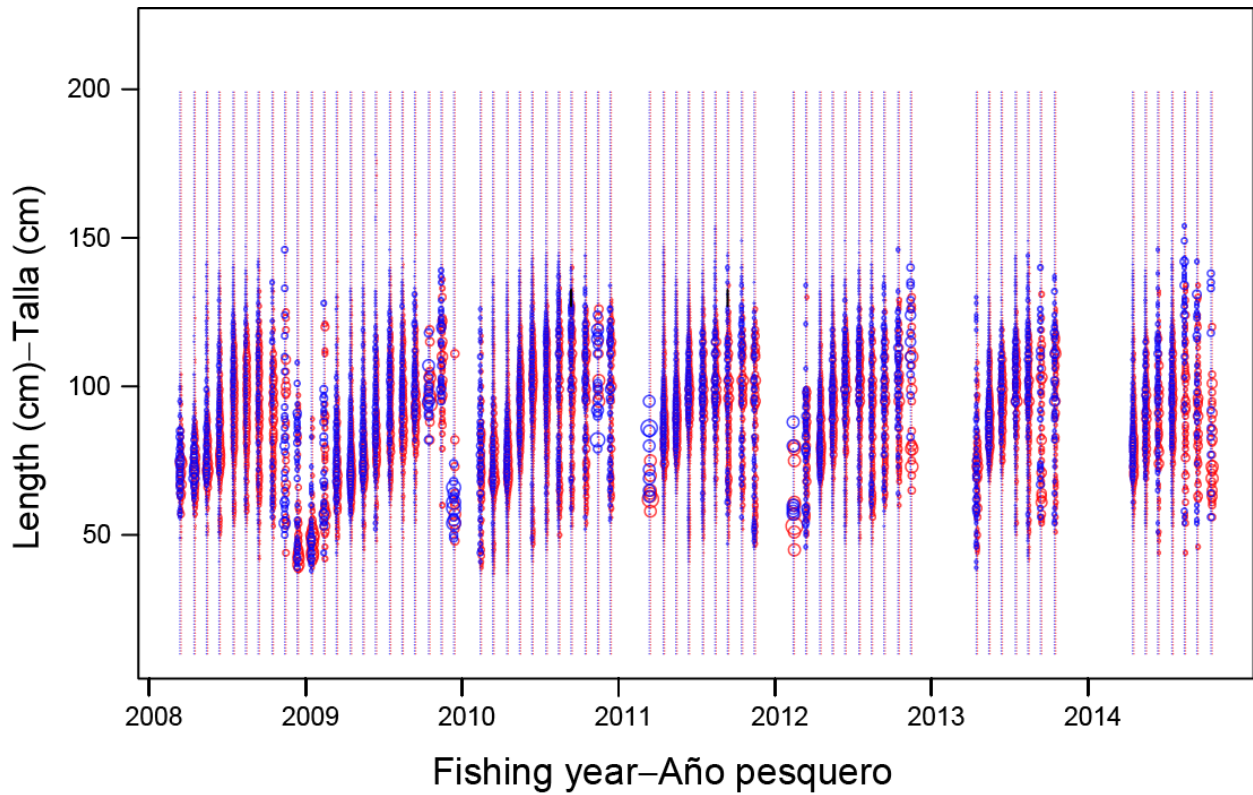


FIGURE 6b. Size compositions of dorado catches by Ecuadorian fisheries, by month, fishing years 2008-2014. Red and blue circles represent females and males, respectively. The areas of the circles are proportional to the catches.

FIGURA 6b. Composiciones por talla de las capturas de dorado por pesquerías ecuatorianas, por mes, años pesqueros 2007-2014. Los círculos rojos y azules representan hembras y machos, respectivamente. El área de los círculos es proporcional a las capturas.

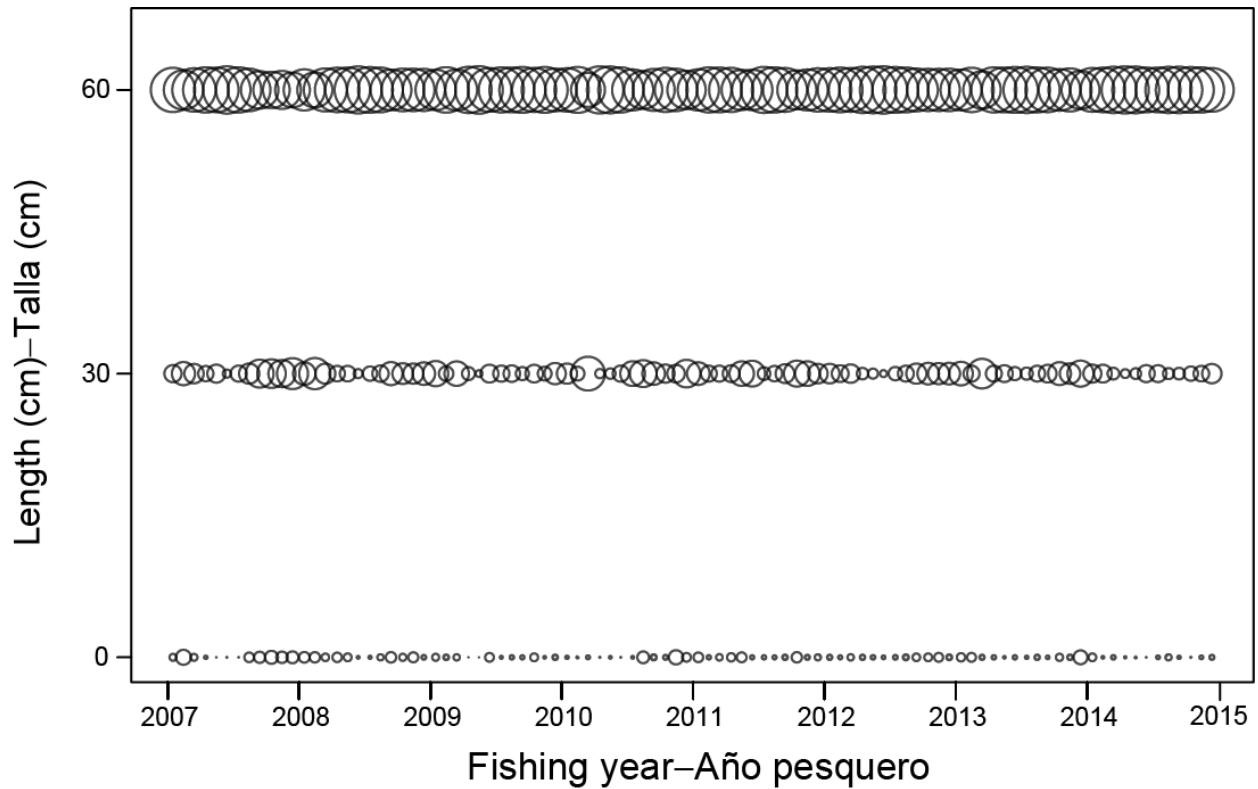


FIGURE 6c. Size compositions of dorado bycatches in the tuna purse-seine fisheries, fishing years 2007-2014, sexes combined. Fish are classified into three size categories (0-30 cm, 31-60 cm, > 60 cm FL). The areas of the circles are proportional to the catches.

FIGURA 6c. Composiciones por talla de las capturas incidentales de dorado en las pesquerías atuneras de cerco, años pesqueros 2007-2014, sexos combinados. Se clasifica el pescado en tres categorías de talla (0-30 cm, 31-60 cm, > 60 cm). El área de los círculos es proporcional a las capturas.

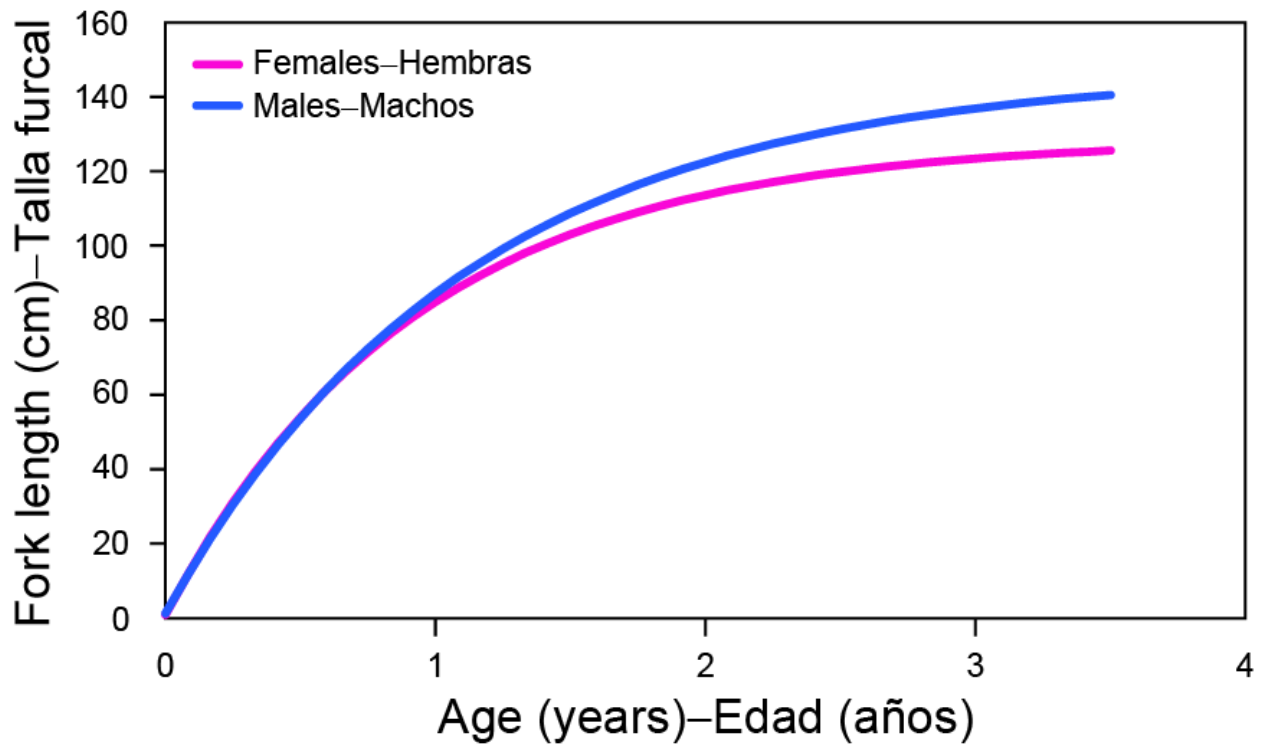


FIGURE 7a. von Bertalanffy growth curves for male and female dorado assumed in the stock assessment model (from Goicochea *et al.* 2012).

FIGURA 7a. Curvas de crecimiento de von Bertalanffy para machos y hembras de dorado supuestas en el modelo de evaluación (de Goicochea *et al.* 2012).

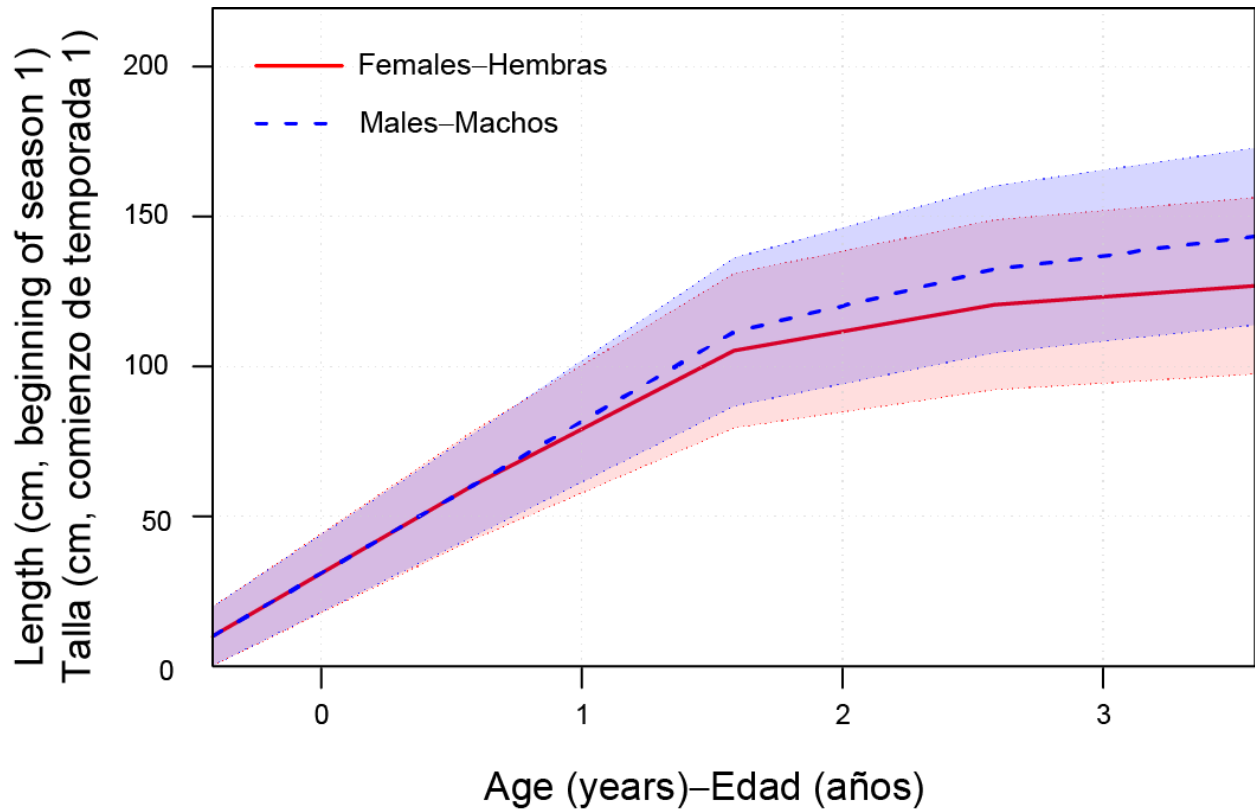


FIGURE 7b. Variability of the length-at-age assumptions in the stock assessment model for dorado. The shaded areas represent the variation of the length at age (± 2 standard deviations) around the mean lengths-at-age (solid line: females; dashed line: males).

FIGURA 7b. Variabilidad de los supuestos de talla por edad en el modelo de evaluación de dorado. Las zonas sombreadas representan la variación de la talla por edad (± 2 desviaciones estándar) alrededor de la talla media por edad (línea sólida: hembras; línea de trazos: machos).

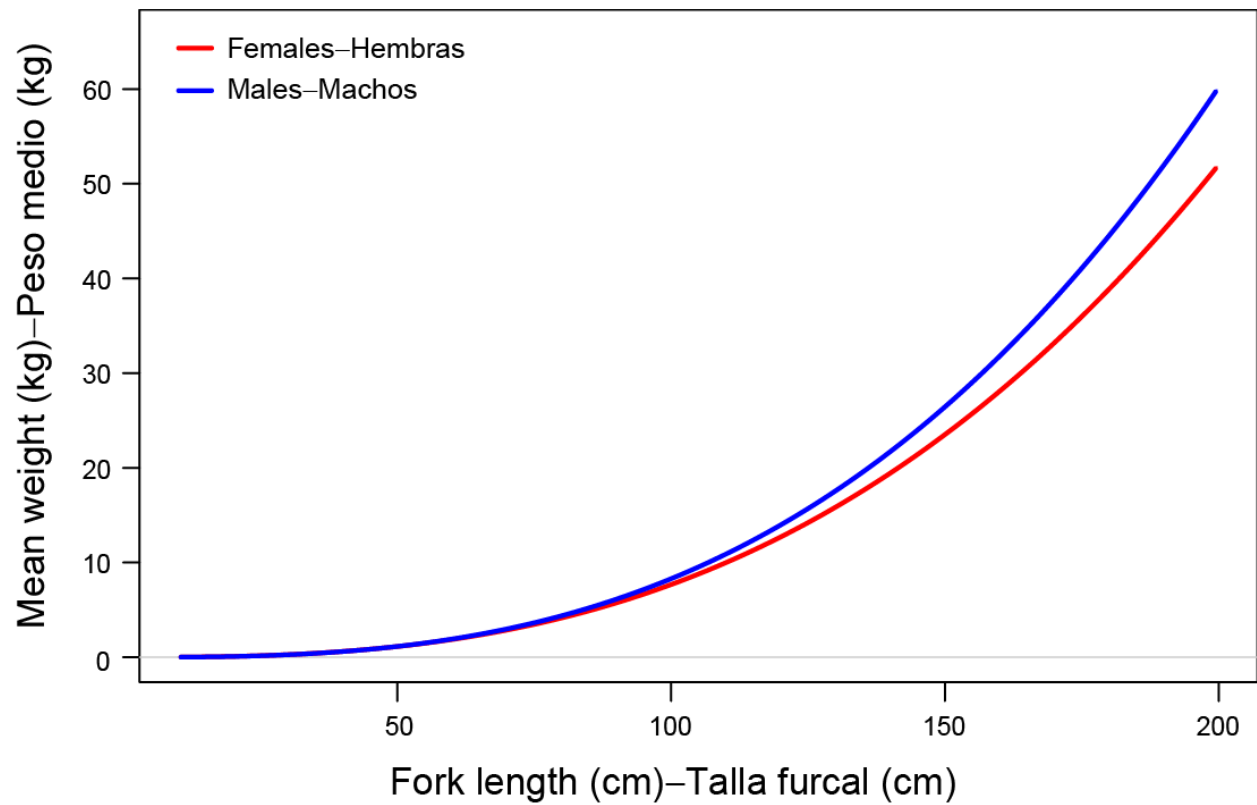


FIGURE 8. Length-weight relationship for dorado, by sex (from Zúñiga-Flores (2014)).
FIGURA 8. Relación talla-peso de dorado, por sexo (de Zúñiga-Flores (2014)).

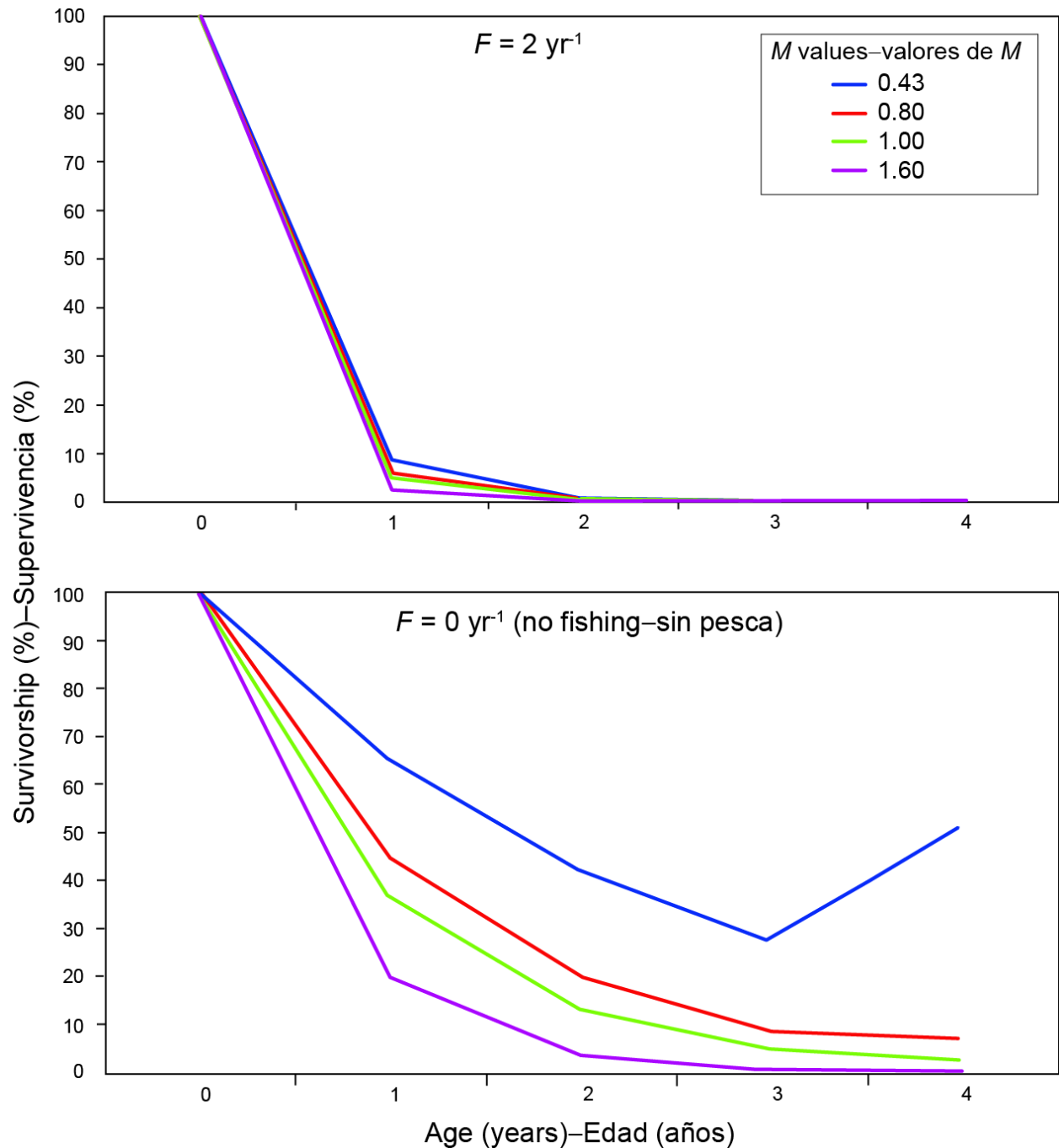


FIGURE 9. Percent survivorship of a cohort over time (in years) under different M values. Top: no fishing mortality ($F = 0$); bottom: under exploitation with $F = 2 \text{ yr}^{-1}$.

FIGURA 9. Supervivencia porcentual de una cohorte a lo largo del tiempo (en años) con distintos valores de M . Arriba: sin mortalidad por pesca ($F = 0$); abajo: con explotación, $F = 2 \text{ yr}^{-1}$.

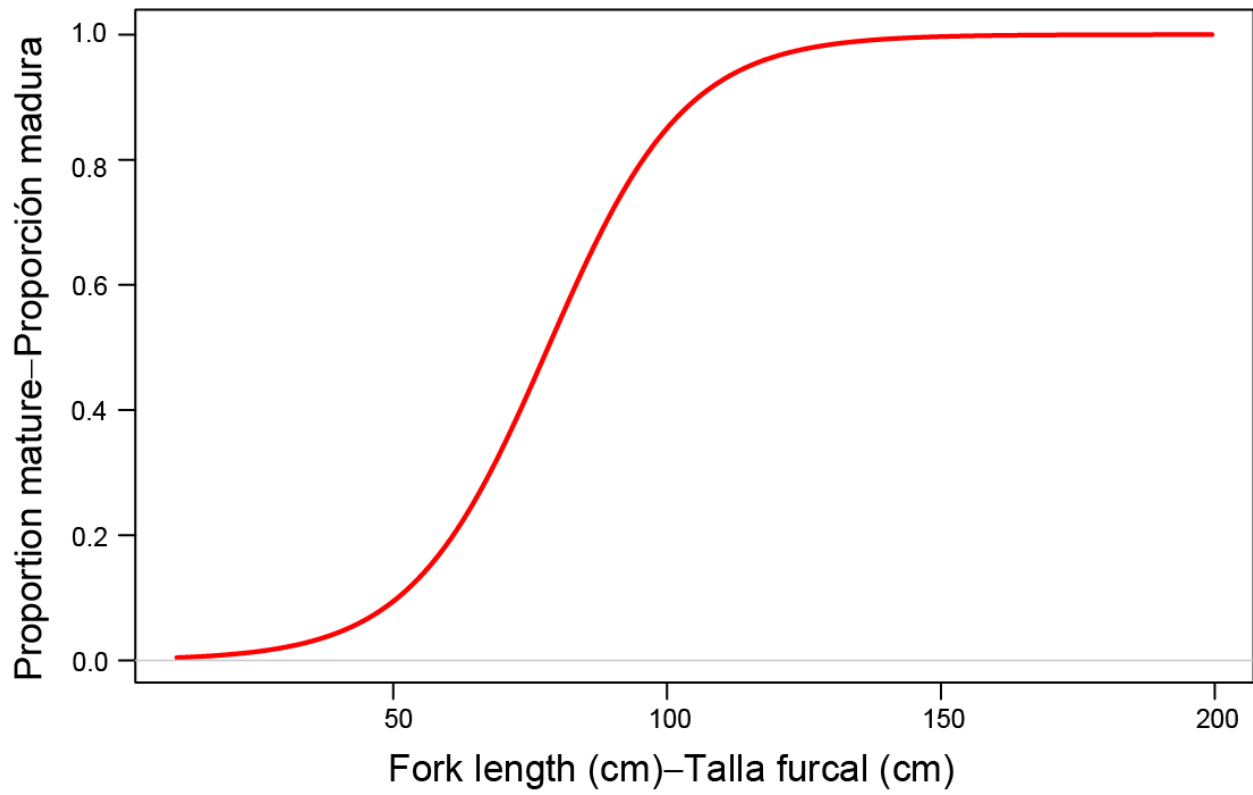


FIGURE 10. Length-maturity ogive for female dorado (from Zúñiga-Flores 2014).

FIGURA 10. Ojiva de talla-madurez para hembras de dorado (de Zúñiga-Flores 2014).

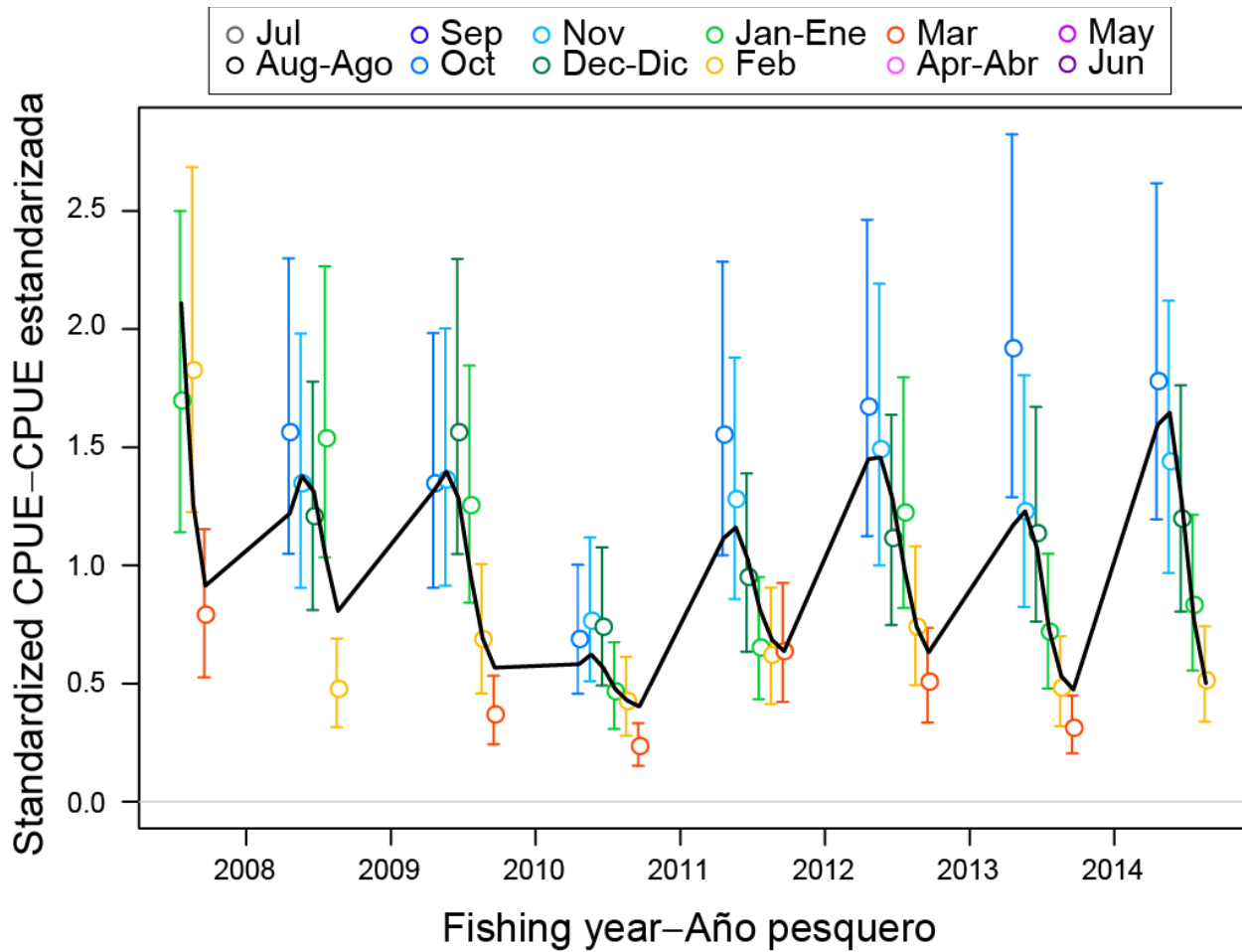


FIGURE 11a. Base-case model fit to the standardized CPUE data from the Ecuadorian artisanal fishery. The vertical lines represent the fixed confidence intervals (± 2 standard deviations) around the CPUE values.
FIGURA 11a. Ajuste del modelo de caso base a los datos de CPUE estandarizada de la pesquería artesanal ecuatoriana. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza fijos (± 2 desviaciones estándar) alrededor de los valores de la CPUE.

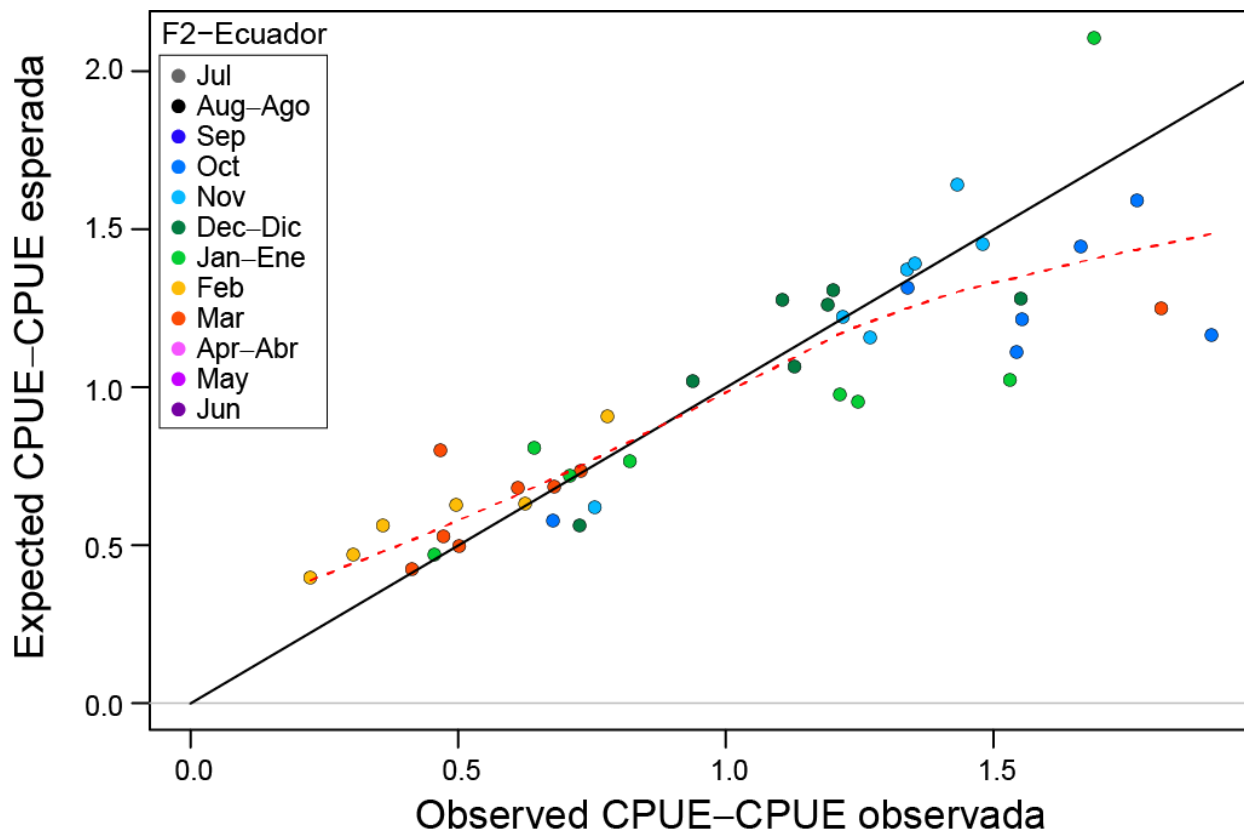


FIGURE 11b. Observed versus expected CPUE values for the Ecuadorian artisanal fishery. The solid black line represents a 1:1 relationship; the dashed red line is a smoother over the points.

FIGURA 11b. Valores observados y esperados de la CPUE de la pesquería artesanal ecuatoriana. La línea negra sólida representa una relación 1:1; la línea roja de trazos es un suavizador sobre los puntos.

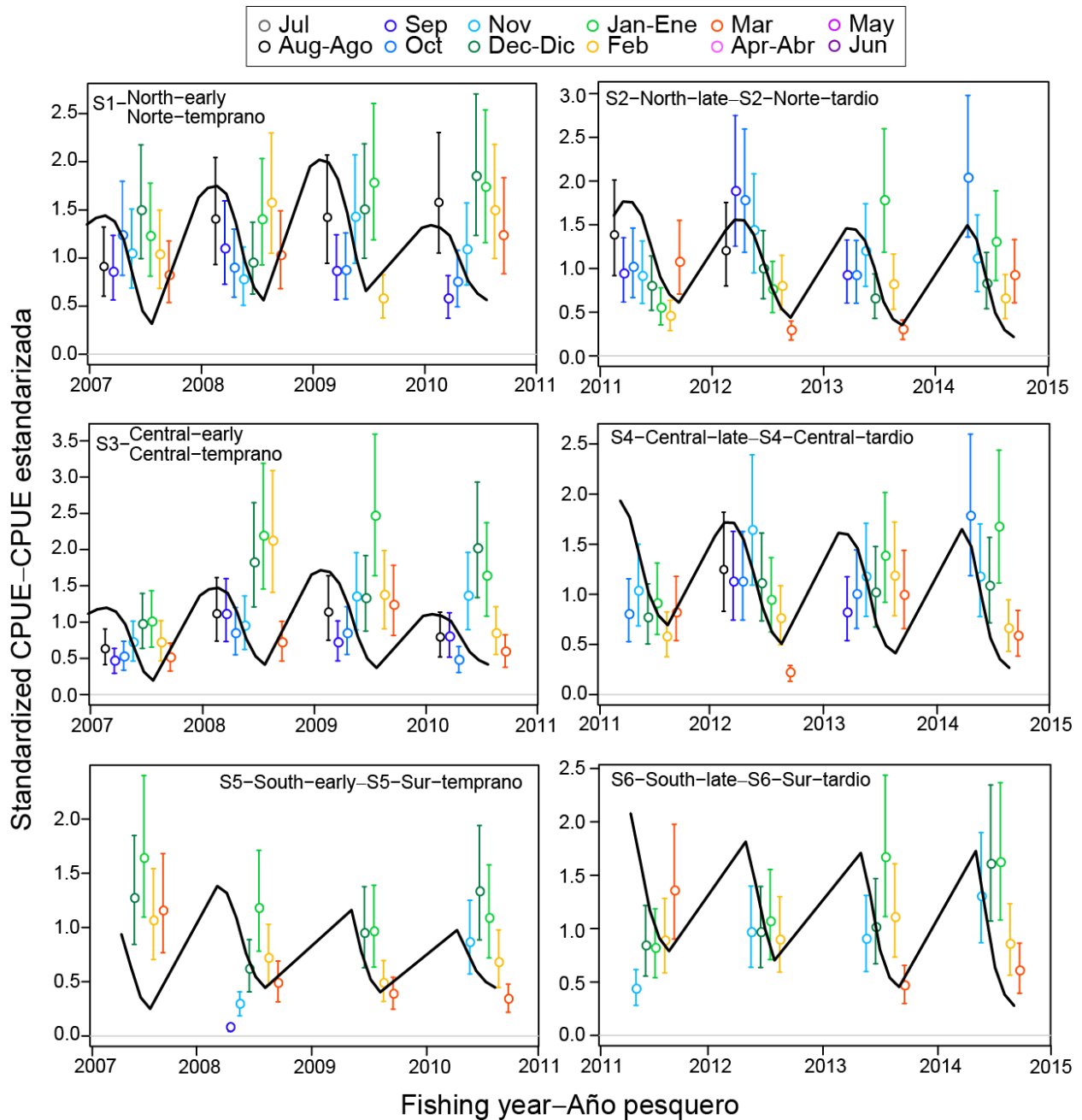


FIGURE 11c. Model fit to the standardized CPUE data from Peruvian artisanal fisheries operating in three regions: North (Paita), Central (Chimbote-Pucusana), and South (Ilo). The CPUE indices are separated at 2010 into early and late periods, corresponding to improvements in the quality of the data collected.

FIGURA 11c. Ajuste del modelo a los datos de CPUE estandarizada de las pesquerías artesanales peruanas que operan en tres regiones: Norte (Paita), Central (Chimbote-Pucusana), y Sur (Ilo). Se separan los índices de CPUE en dos periodos, temprano y tardío, correspondientes a mejoras en la calidad de los datos recolectados.

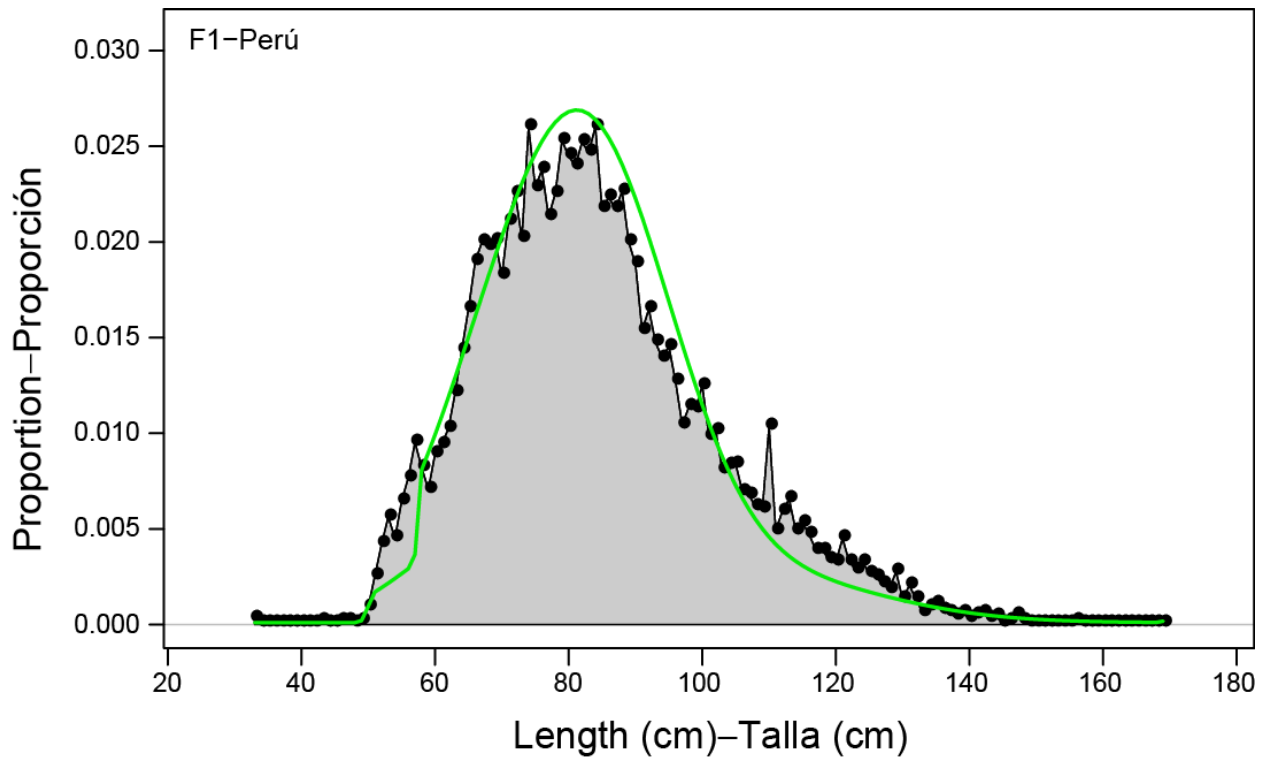


FIGURE 12a. Average observed (dots) and predicted (green line) length compositions of the catches taken by the Peruvian artisanal fishery (F1), both sexes combined.

FIGURA 12a. Composiciones por talla medias observadas (puntos) y predichas (línea verde) de las capturas de dorado de la pesquería artesanal peruana (F1), ambos sexos combinados.

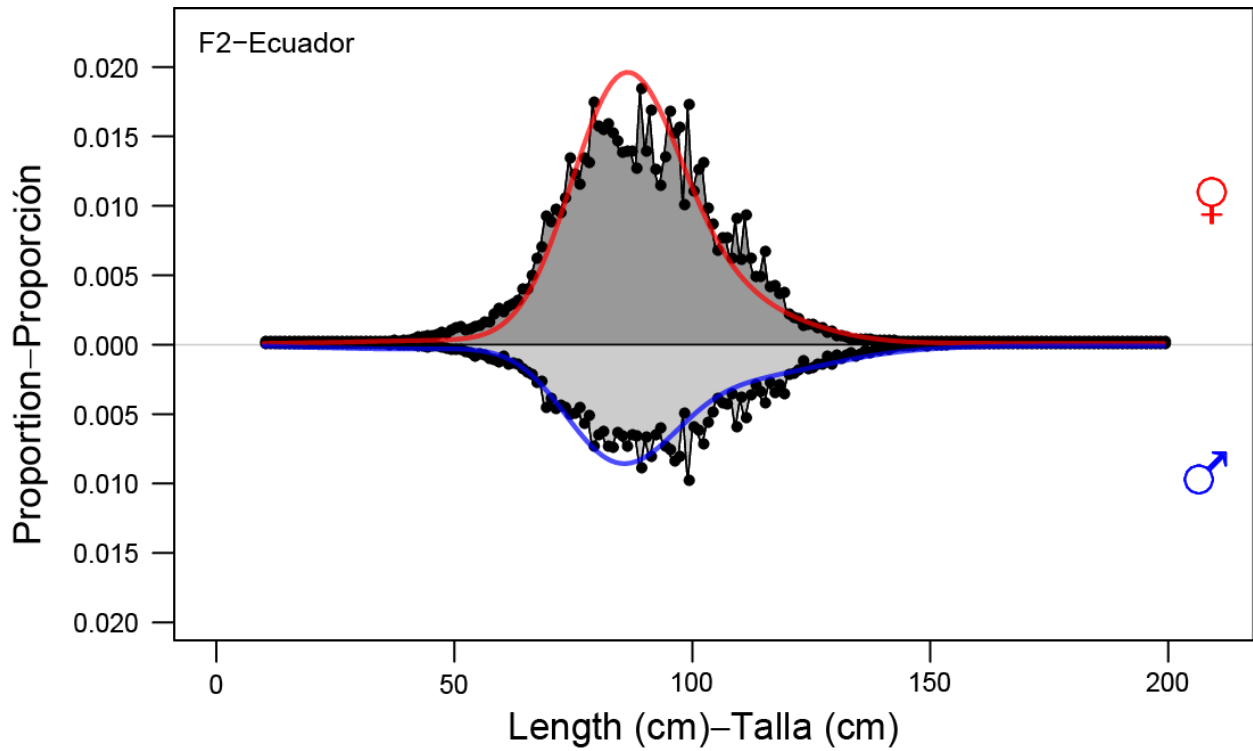


FIGURE 12b. Average observed (dots) and predicted (lines) length composition of the catches taken by the Ecuadorian artisanal fishery (F2), for females (red line) and males (blue line).

FIGURA 12b. Composiciones por talla medias observadas (puntos) y predichas (líneas) de las capturas de dorado de la pesquería artesanal ecuatoriana (F2), de hembras (línea roja) y machos (línea azul).

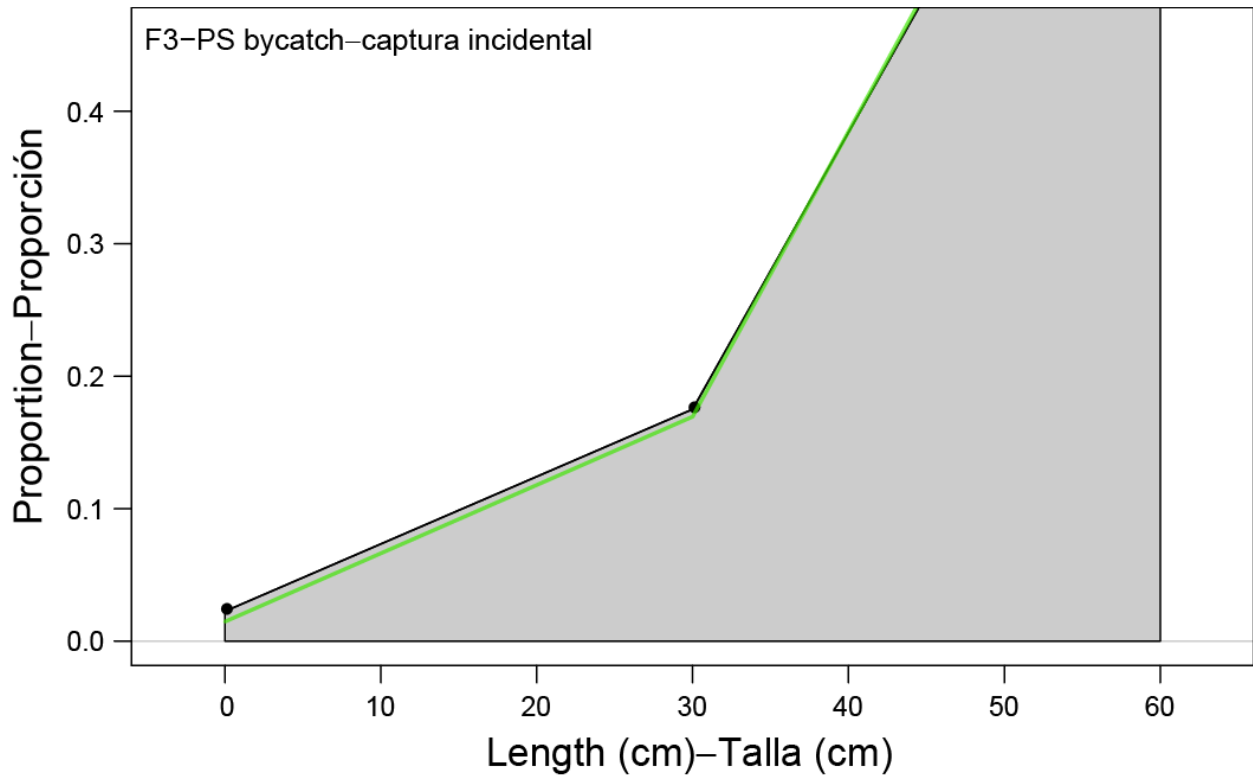


FIGURE 12c. Average observed (dots) and predicted (green line) length-class composition of the bycatches of dorado in the tuna purse-seine fishery (F3). Fish are classified into three size categories (0-30 cm, 31-60 cm, > 60 cm FL).

FIGURA 12c. Composiciones por talla medias observadas (puntos) y predichas (línea verde) de las capturas incidentales de dorado en la pesquería atunera de cerco (F3). Se clasifican los pescados en tres categorías de talla (0-30 cm, 31-60 cm, > 60 cm TF)

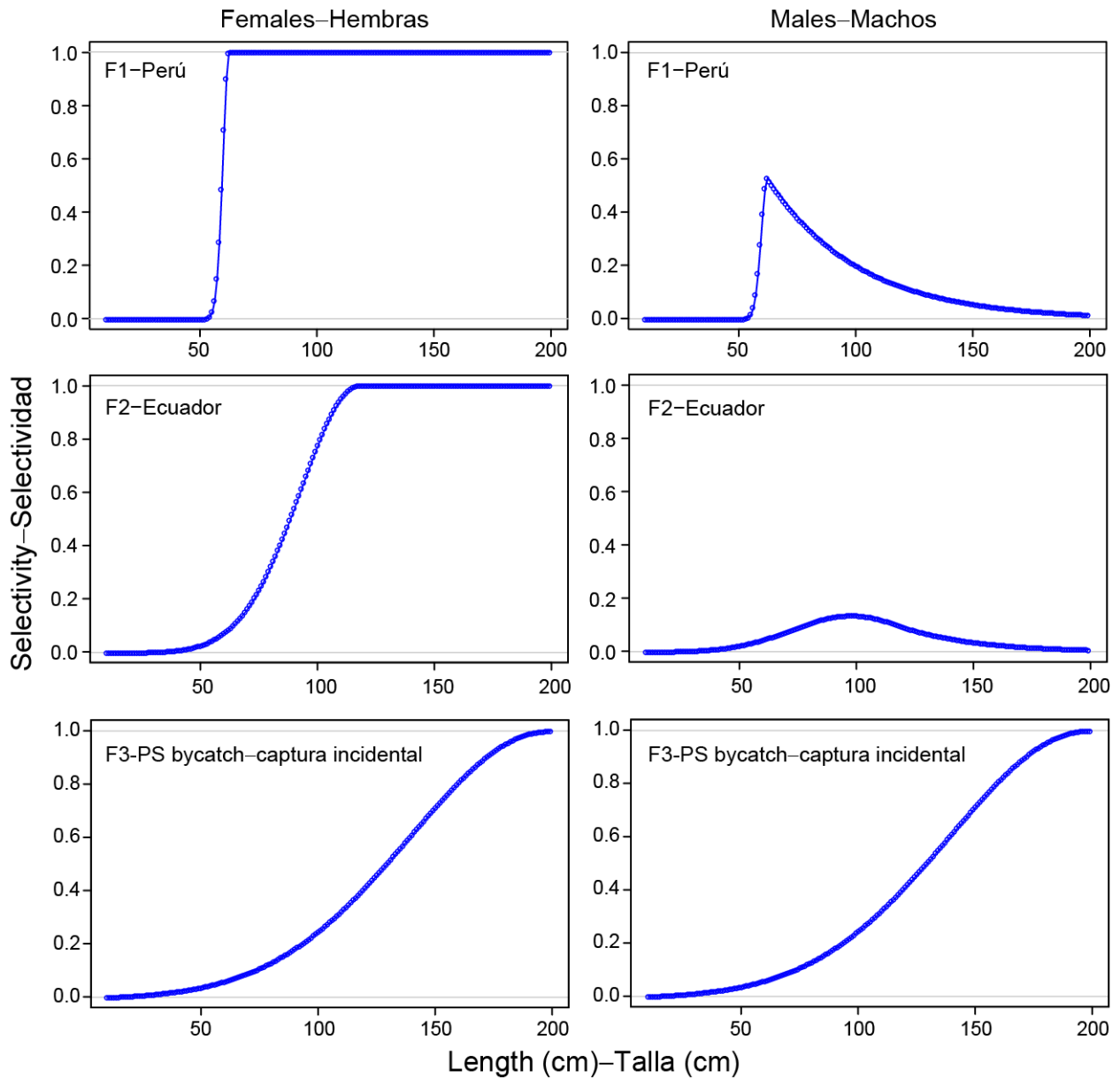


FIGURE 13. Size selectivity curves for the three dorado fisheries defined in the assessment. Left: females; right: males.

FIGURA 13. Curvas de selectividad por tamaño de las tres pesquerías de dorado definidas en la evaluación. Izquierda: hembras; derecha: machos.

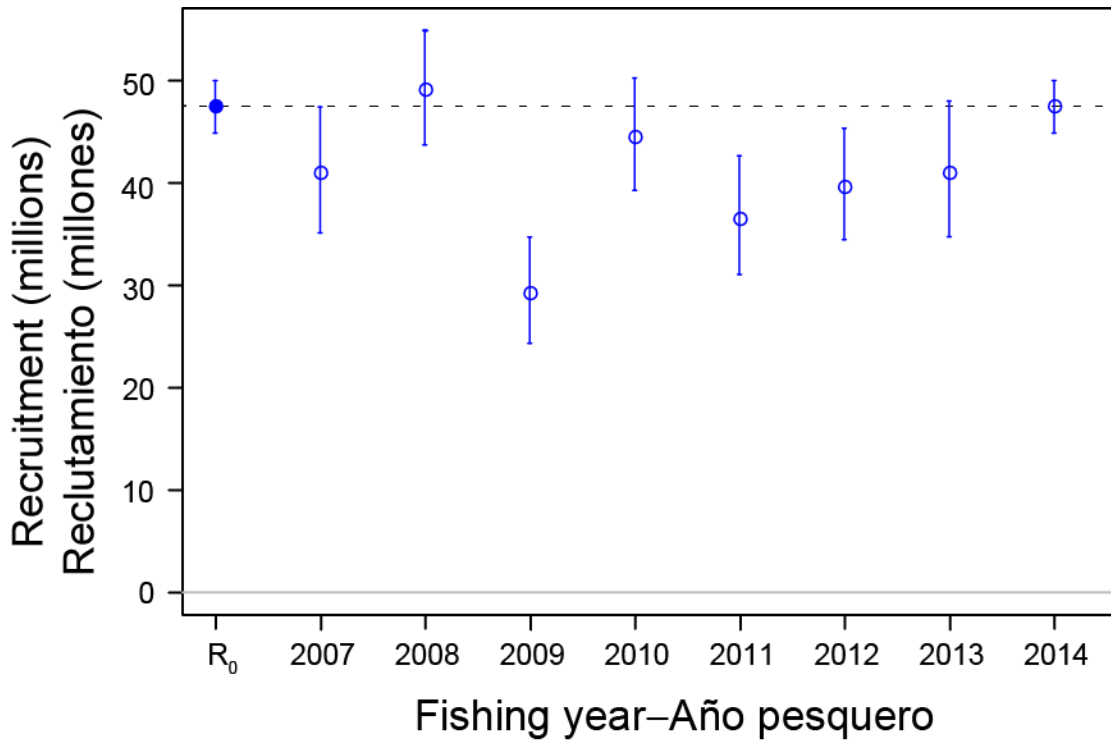


FIGURE 14. Estimates of the annual recruitment of dorado in the South EPO. The vertical lines represent the 95% confidence intervals around the recruitment estimates (open circles). The solid blue circle represents the estimate of virgin recruitment (R_0). In *Stock Synthesis*, age-0 recruitment is defined as post-larval fish.

FIGURA 14. Estimaciones del reclutamiento anual de dorado en el OPO sur. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza de 95% alrededor de las estimaciones de reclutamiento (círculos abiertos). El círculo azul sólido representa la estimación del reclutamiento virgen (R_0). En *Stock Synthesis*, se define el reclutamiento a edad 0 como peces poslarvales.

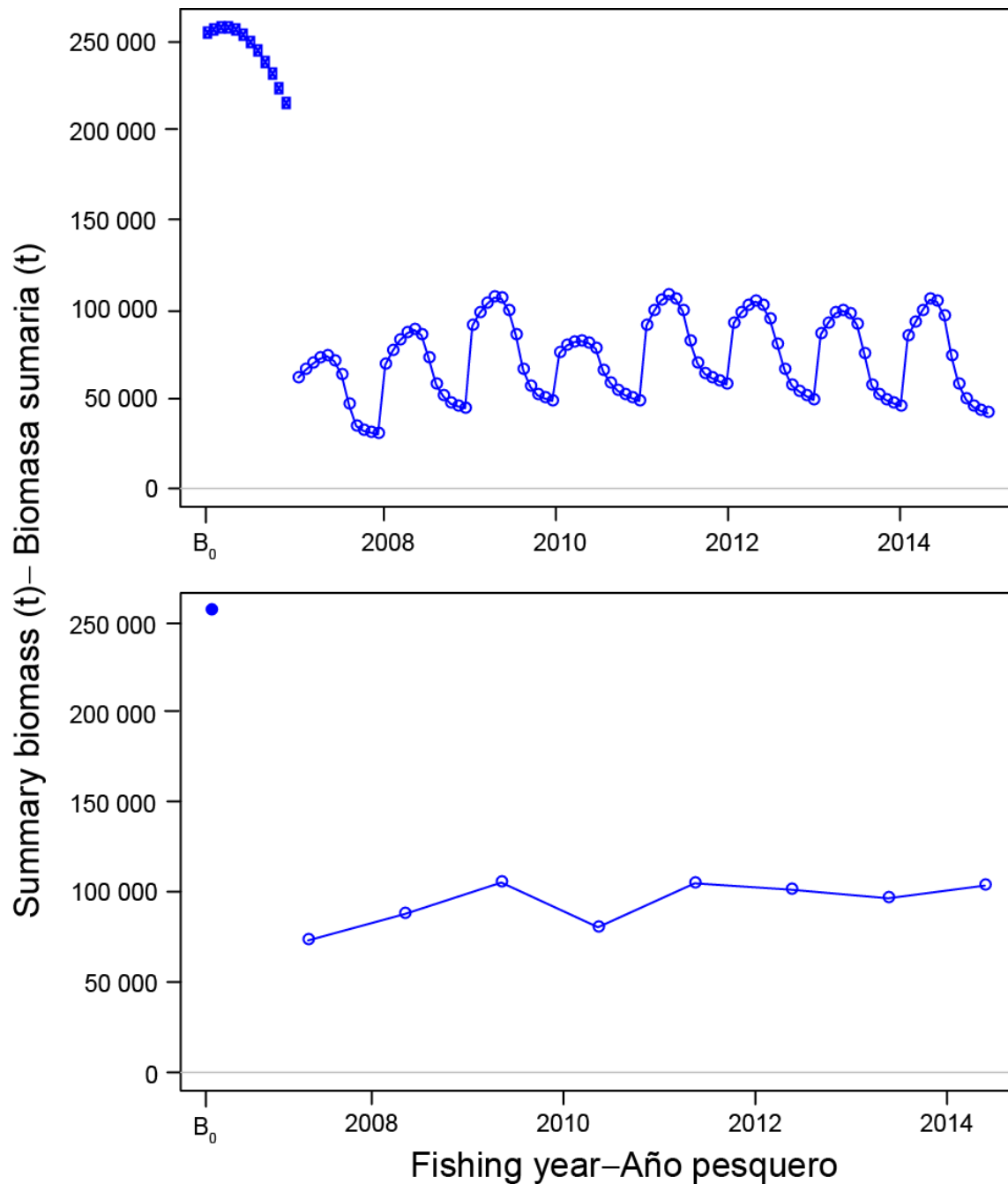


FIGURE 15. Estimates of the biomass of dorado 1+ months old (summary biomass) in the South EPO at the start of each month (top) and at the beginning of the spawning season (defined as the month of November in the assessment model; bottom). The blue dot represents the estimate of the virgin summary biomass (B_0) at the beginning of the spawning season.

FIGURA 15. Estimaciones de la biomasa de dorado de 1+ meses de edad (biomasa sumaria) en el OPO sur al principio de cada mes (arriba) y al principio de la temporada de desove (definido como el mes de noviembre en el modelo; abajo). El punto azul representa la estimación de la biomasa sumaria virgen (B_0) al principio de la temporada de desove.

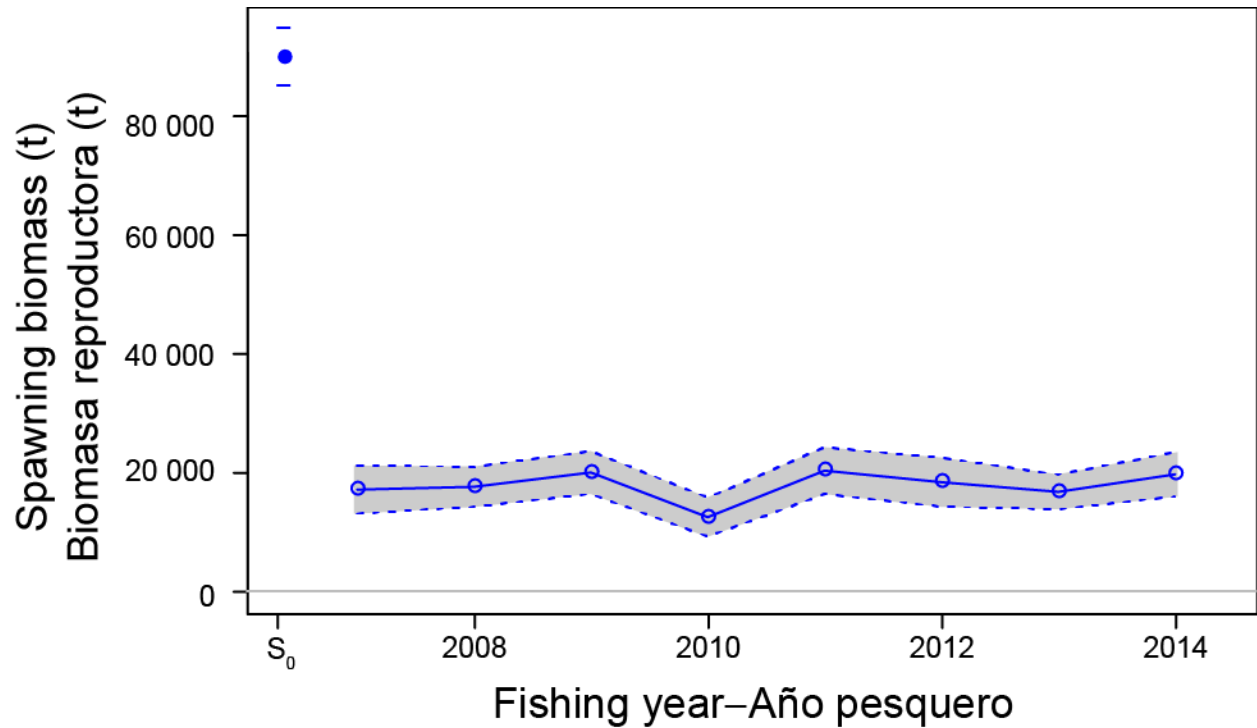


FIGURE 16. Estimated spawning biomass of dorado in the South EPO at the beginning of the spawning season in November. The solid blue line connects the maximum likelihood estimates (open circles), and the shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around these estimates. The blue dot represents the virgin spawning biomass.

FIGURA 16. Biomasa reproductora estimada de dorado en el OPO sur al principio de la temporada de desove en noviembre. La línea azul sólida conecta las estimaciones de verosimilitud máxima (círculos abiertos), y el área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% alrededor de estas estimaciones. El punto azul representa la biomasa reproductora virgen.

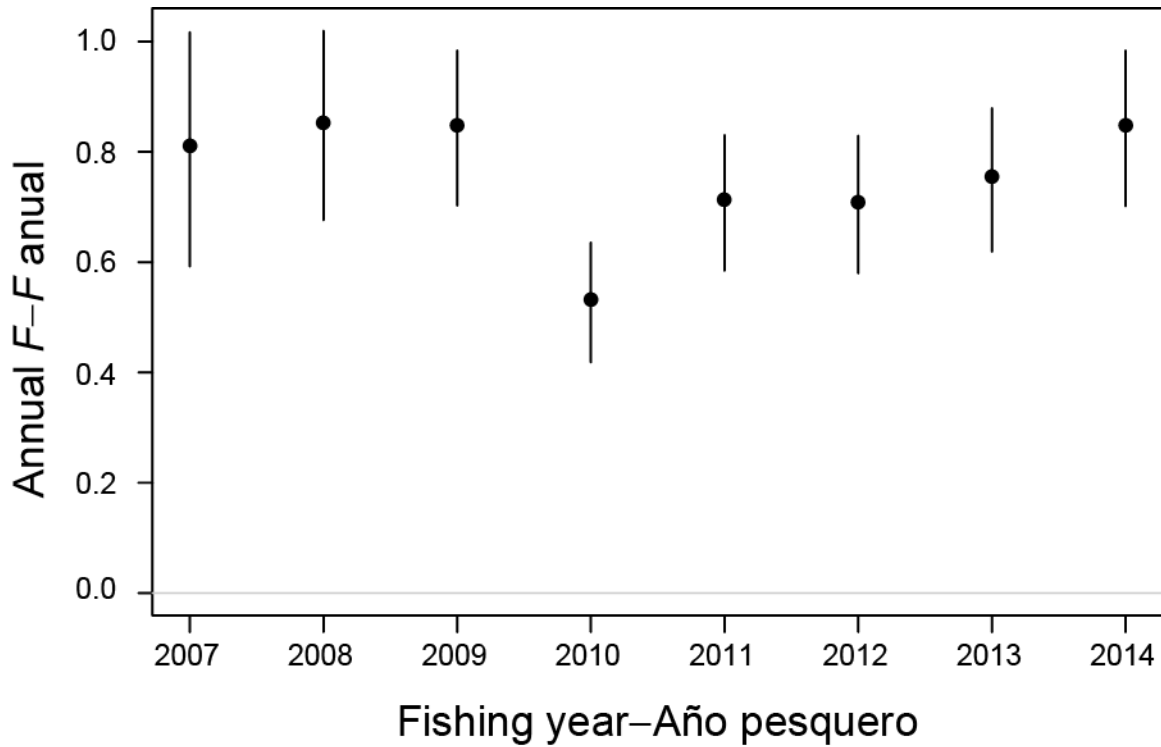


FIGURE 17a. Annual fishing mortality (F), for all fisheries, of dorado recruited to the fisheries of the South EPO.

FIGURA 17a. Mortalidad por pesca (F) anual, de todas las pesquerías, de dorado reclutado a las pesquerías del OPO sur.

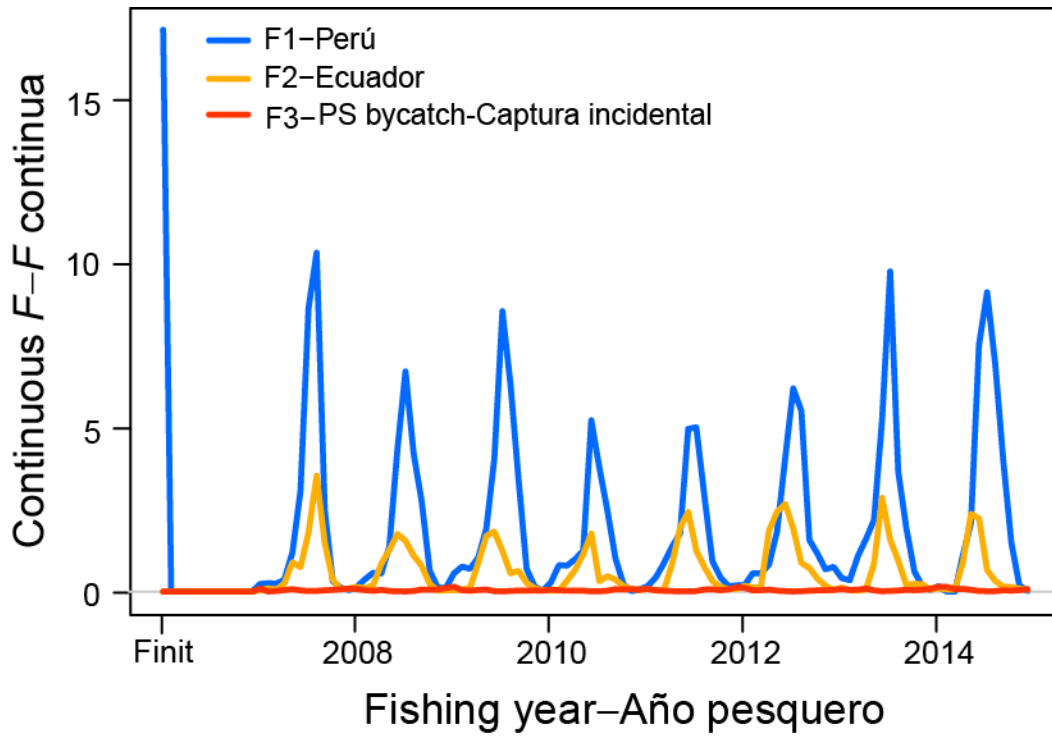


FIGURE 17b. Annualized monthly instantaneous fishing mortality (F), by fishery, for dorado recruited to the fisheries of the South EPO.

FIGURA 17b. Mortalidad por pesca instantánea mensual anualizada (F), por pesquería, de dorado reclutado a las pesquerías del OPO sur.

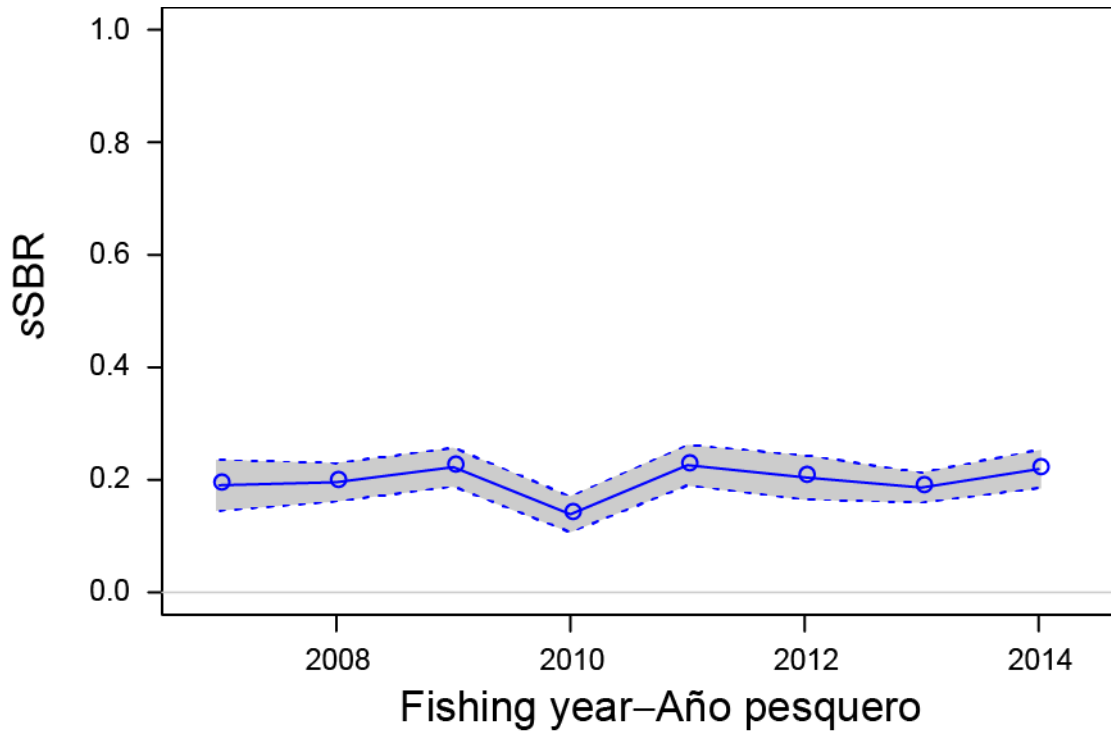


FIGURE 18. Estimated static spawning biomass ratios (sSBR) of dorado recruited to the fisheries of the South EPO. The solid blue line connects the maximum likelihood estimates (open circles), and the shaded area indicates the approximate 95% confidence intervals around these estimates.

FIGURA 18. Cocientes de biomasa reproductora estáticos (sSBR) estimados de dorado reclutado a las pesquerías del OPO sur. La línea azul conecta las estimaciones de verosimilitud máxima (círculos abiertos), y el área sombreada indica los intervalos de confianza de 95% alrededor de estas estimaciones.



FIGURE 19. Likelihood profile for the virgin recruitment (R_0) parameter estimated under the previous base case model configuration (Aires-da-Silva and Maunder 2011), which assumed the original input sample sizes of the size composition data ($\lambda = 1$). The lines represent the profiles for each of the two data components included in the model fit and for the total likelihood.

FIGURA 19. Perfil de verosimilitud del parámetro de reclutamiento virgen (R_0) estimado con la configuración previa del modelo de caso base (Aires-da-Silva y Maunder 2011), que supuso el tamaño de muestra de entrada original de los datos de composición por talla ($\lambda = 1$). Las líneas representan el perfil de cada uno de los dos componentes de datos incluidos en el ajuste del modelo y de la verosimilitud total.

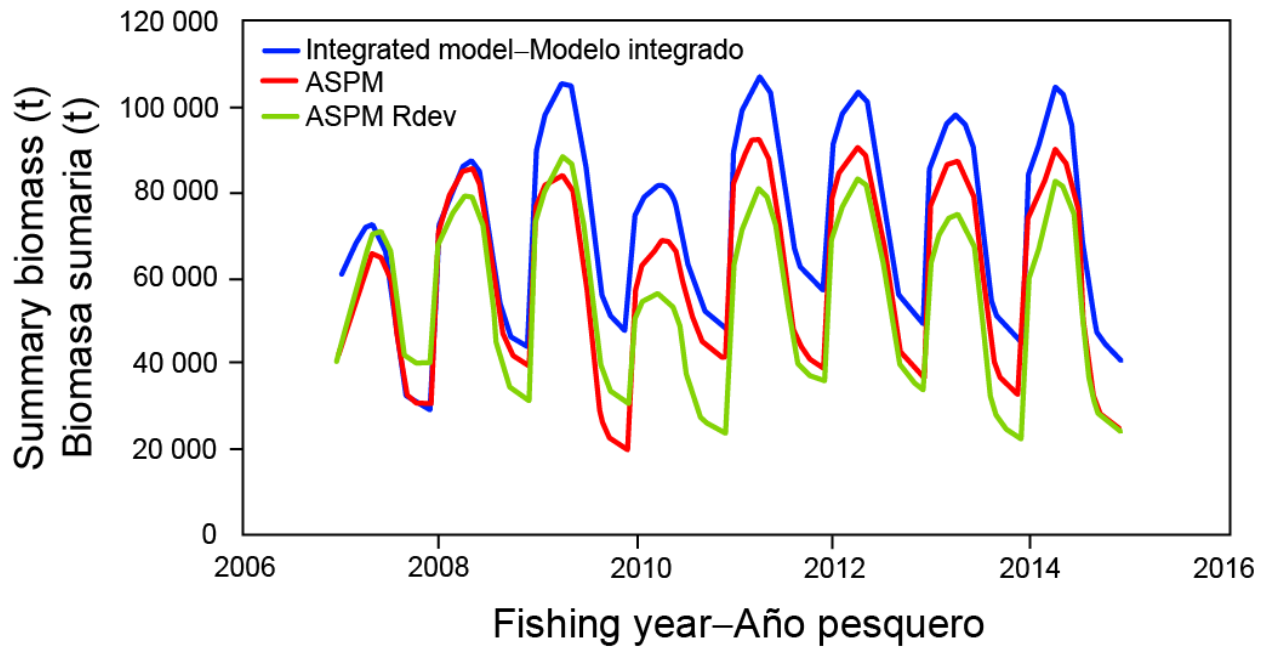


FIGURE 20. Age-structured production model (ASPM) diagnostic. The lines represent the estimates of the summary biomass from the integrated model (base case), the ASPM diagnostic, and the ASPM diagnostic with the recruitment deviations estimated (ASPM-Rdev). See section 5.1.4.b in text.

FIGURA 20. Diagnóstico de modelo de producción con estructura por edad (ASPM). Las líneas corresponden a las estimaciones de biomasa sumaria del modelo integrado (caso base), el diagnóstico ASPM, y el diagnóstico ASPM con las desviaciones del reclutamiento estimadas (ASPM-Rdev). Ver sección 5.1.4.b en el texto.

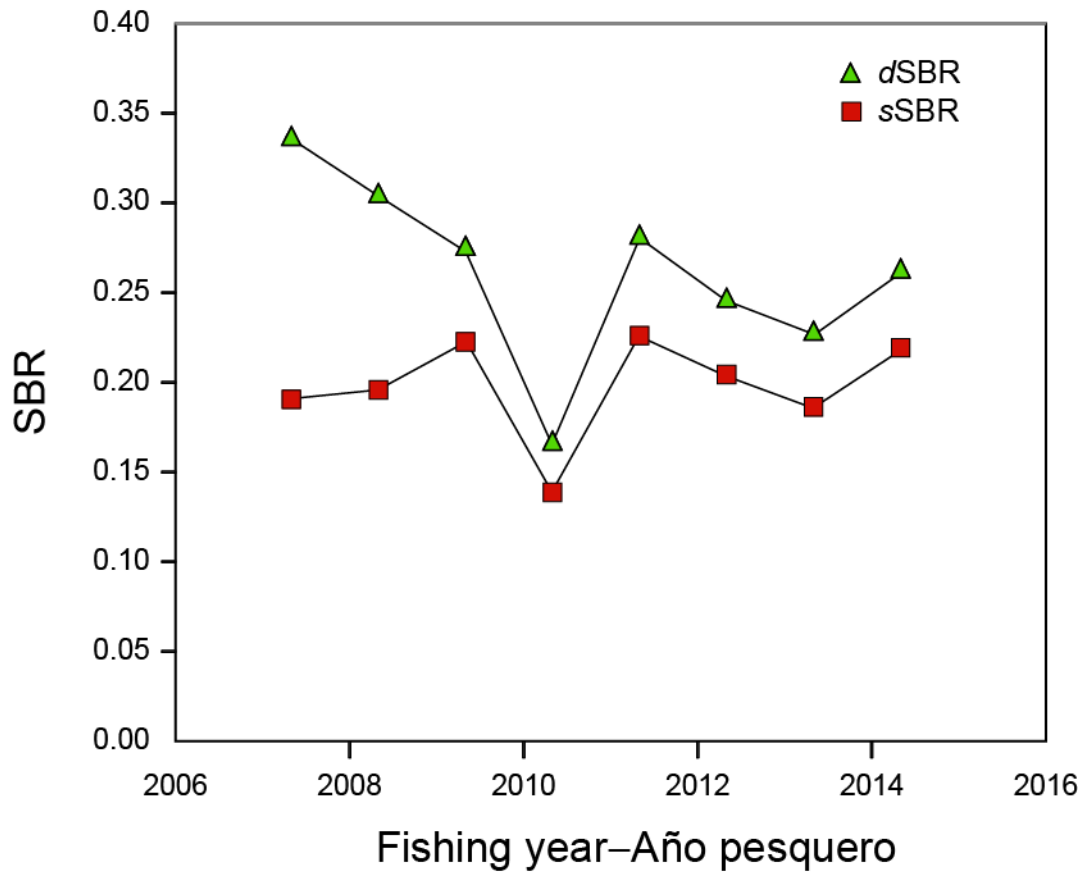


FIGURE 21. Estimates of the spawning biomass ratio (SBR) for the base case obtained using the static (sSBR) and dynamic (*d*SBR) methods. See section 6.1. in text.

FIGURA 21. Estimaciones del cociente de biomasa reproductora (SBR) del caso base obtenidas con el método estático (sSBR) y dinámico (*d*SBR). Ver sección 6.1 en el texto.

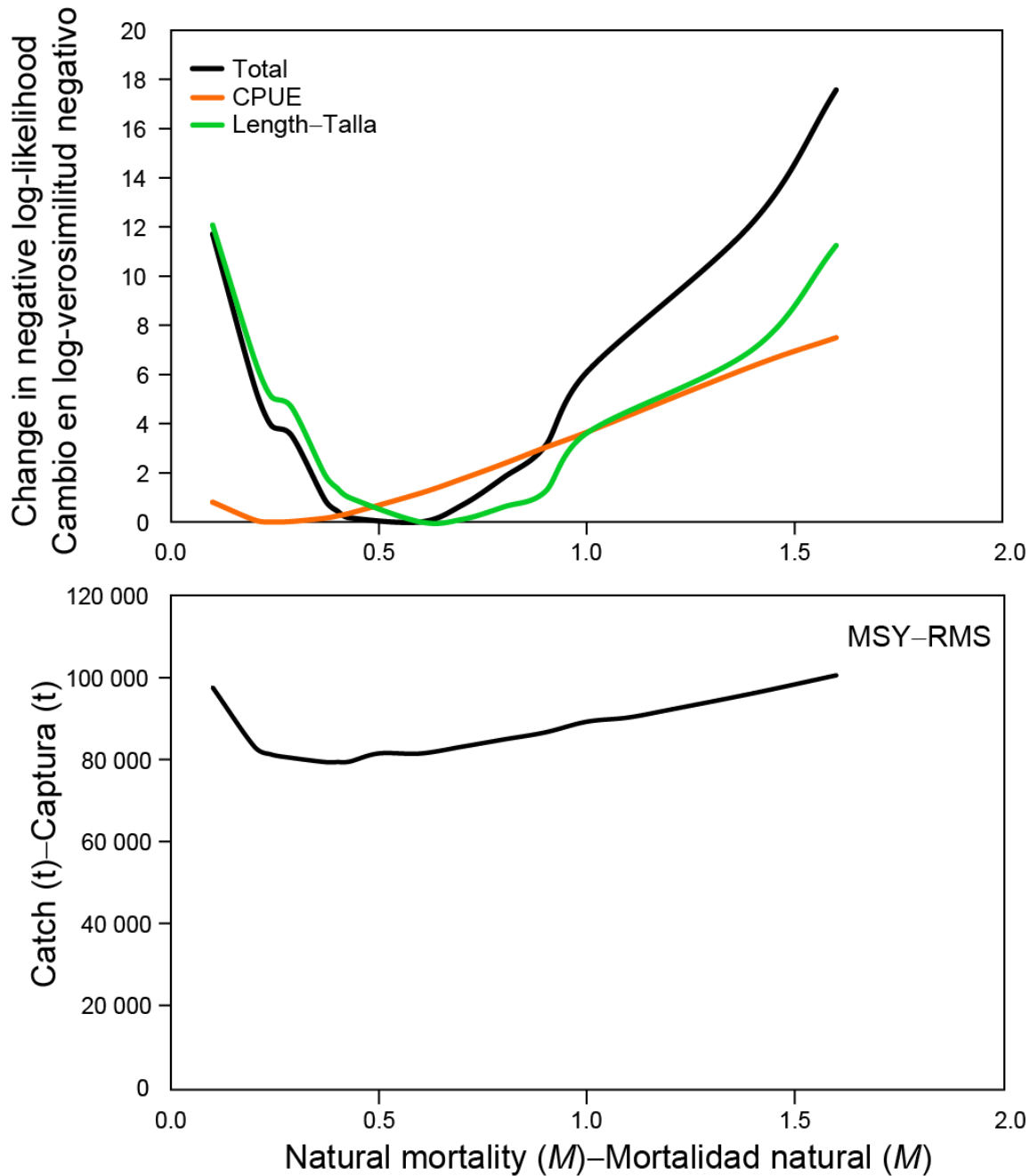


FIGURE 22. Top panel: Likelihood profile for the natural mortality (M) parameter estimated under the previous base case model configuration (Aires-da-Silva and Maunder 2011), which assumed the original input sample sizes of the size composition data ($\lambda = 1$). The lines represent the profiles for each of the two data components included in the model fit and for the total likelihood. Bottom panel: maximum sustainable yield (MSY), in metric tons.

FIGURA 22. Panel superior: Perfil de verosimilitud del parámetro de mortalidad natural (M) estimado con la configuración previa del modelo de caso base (Aires-da-Silva y Maunder 2011), que supuso el tamaño de muestra de entrada original de los datos de composición por talla ($\lambda = 1$). Las líneas representan el perfil de cada uno de los dos componentes de datos incluidos en el ajuste del modelo y de la verosimilitud total. Panel inferior: rendimiento máximo sostenible (RMS), en toneladas.

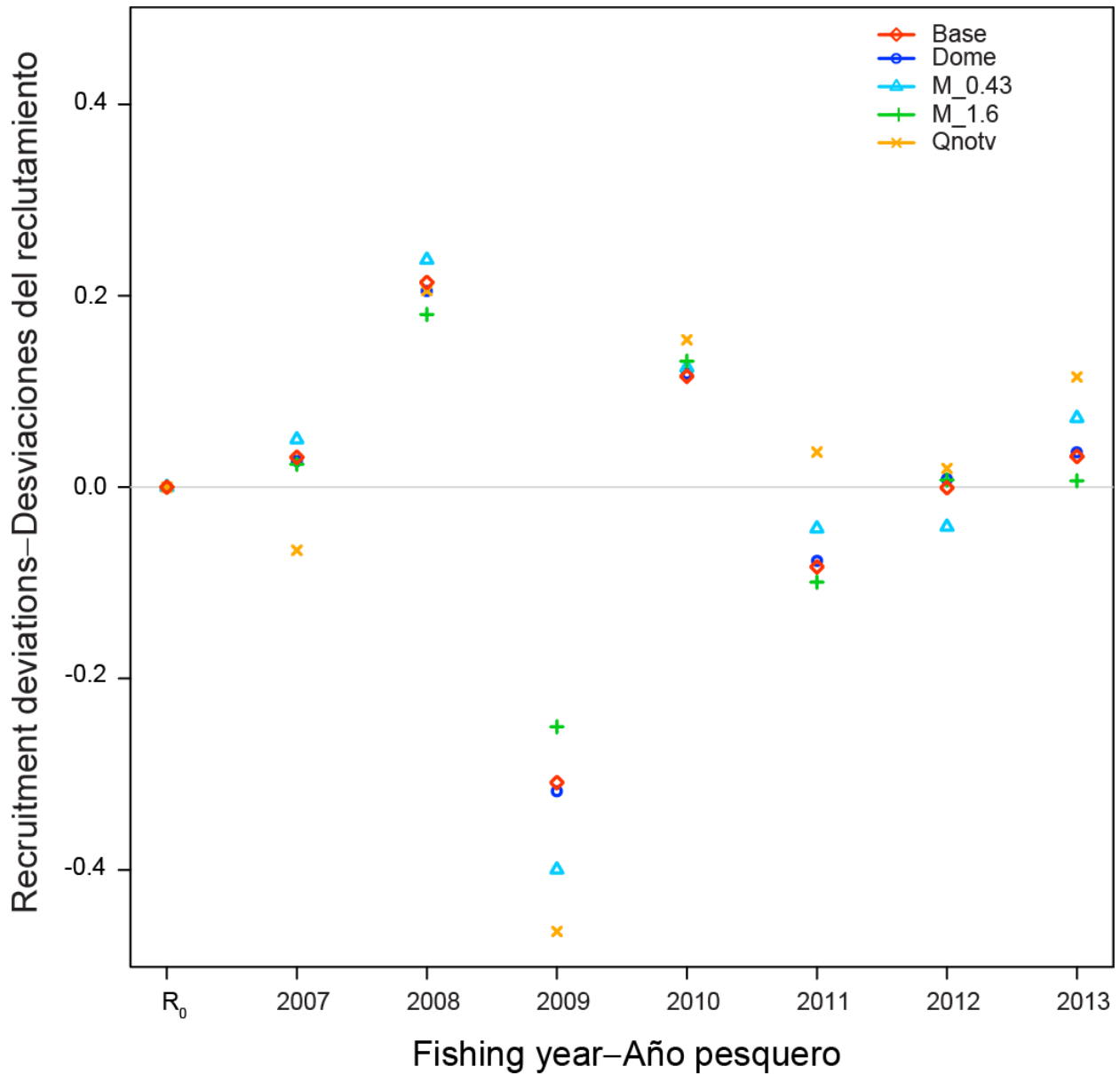


FIGURE 23. Recruitment deviations during 2007-2013, estimated in the base case (Base) and by the analyses of sensitivity to dome-shaped selectivity (Dome), natural mortalities of 0.43 and 1.6 ($M_{0.43}$ and $M_{1.6}$, respectively), and no time-varying selectivity (Qnotv).

FIGURA 23. Desviaciones del reclutamiento durante 2007-2013, estimadas en el caso base (Base) y los análisis de sensibilidad a selectividad en forma de domo (Dome), mortalidad natural de 0.43 y 1.6 ($M_{0.43}$ y $M_{1.6}$, respectivamente), y selectividad sin variabilidad temporal (Qnotv).

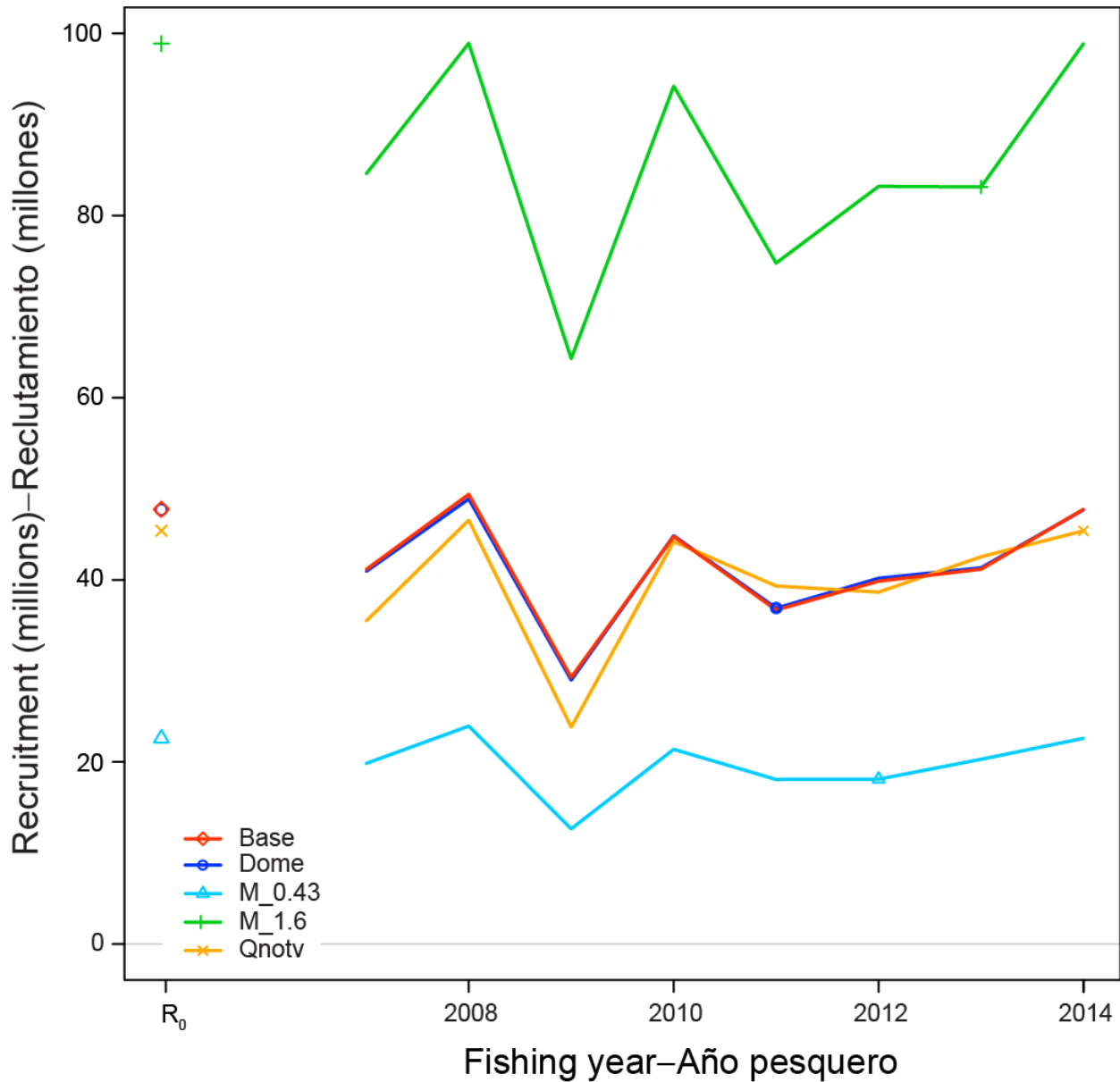


FIGURE 24. Recruitment of age-0 dorado during 2007-2014, estimated by the base case (Base) and by analyses of sensitivity to dome-shaped selectivity (Dome), natural mortalities of 0.43 and 1.6 ($M_{0.43}$ and $M_{1.6}$, respectively), and no time-varying selectivity (Qnotv).

FIGURA 24. Reclutamiento de dorado de edad 0 durante 2007-2014, estimado por el caso base (Base) y por los análisis de sensibilidad a selectividad en forma de domo (Dome), mortalidad natural de 0.43 y 1.6 ($M_{0.43}$ y $M_{1.6}$, respectivamente), y selectividad sin variabilidad temporal (Qnotv).

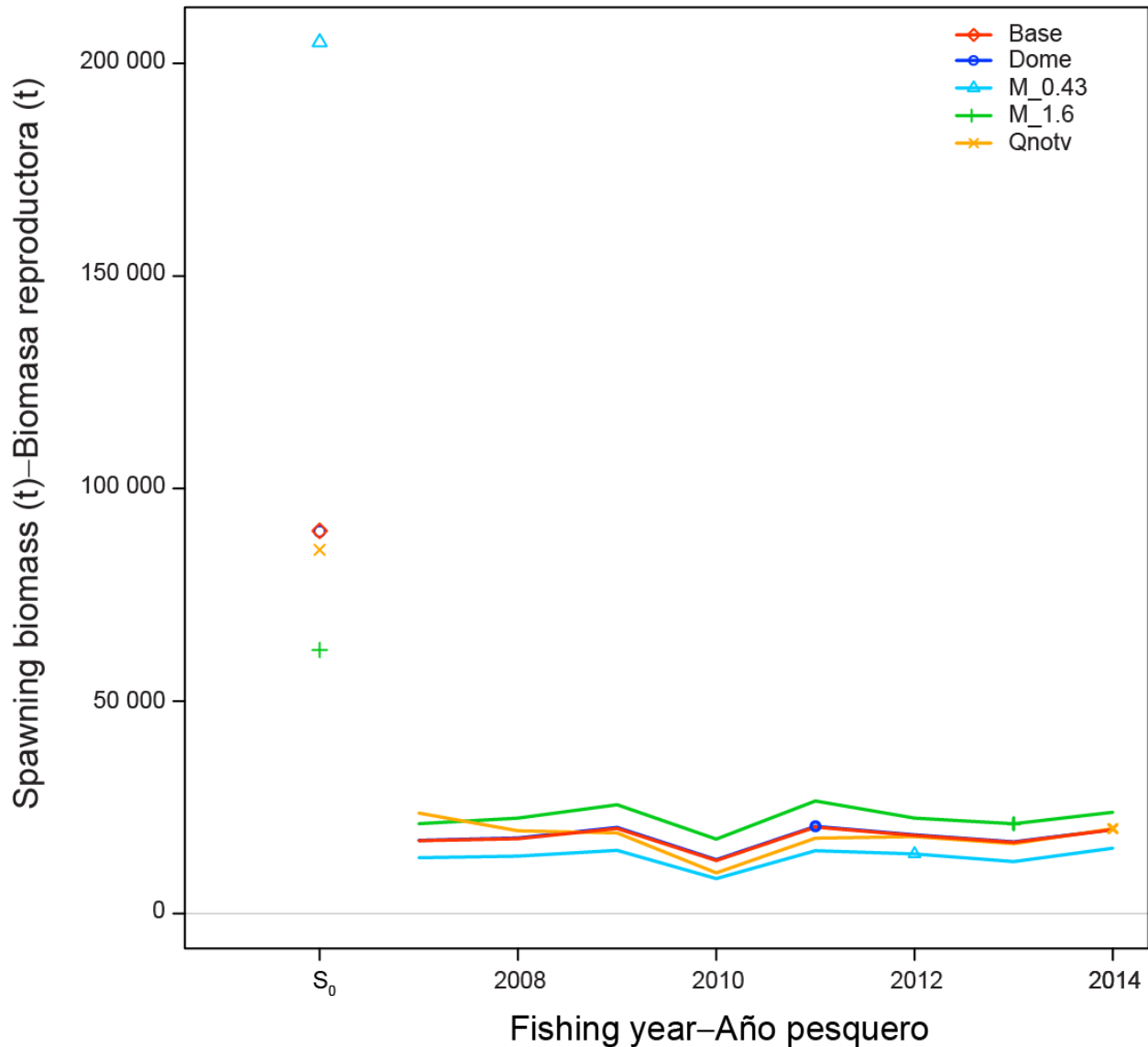


FIGURE 25. Spawning biomass (t) of dorado during 2007-2014, estimated by the base case (Base) and by analyses of sensitivity to dome-shaped selectivity (Dome), natural mortalities of 0.43 and 1.6 ($M_{0.43}$ and $M_{1.6}$, respectively), and no time-varying selectivity (Qnotv).

FIGURA 25. Biomasa reproductora de dorado durante 2007-2014, estimada por el caso base (Base) y por los análisis de sensibilidad a selectividad en forma de domo (Dome), mortalidad natural de 0.43 y 1.6 ($M_{0.43}$ y $M_{1.6}$, respectivamente), y selectividad sin variabilidad temporal (Qnotv).

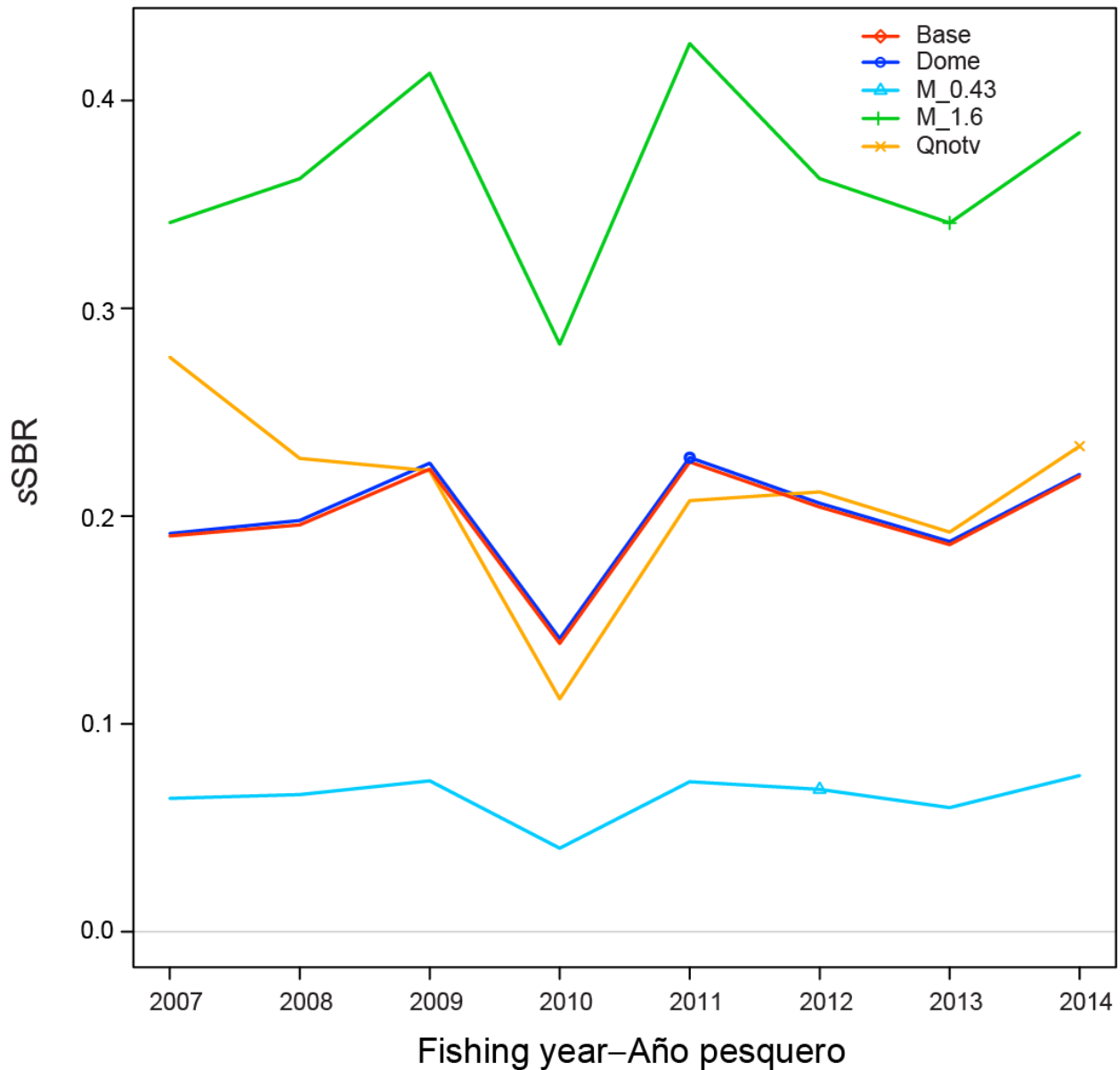


FIGURE 26. Static spawning biomass ratio (sSBR; see section 6.1) during 2007-2014, estimated by the base case (Base) and the analyses of sensitivity to dome-shaped selectivity (Dome), natural mortalities of 0.43 and 1.6 ($M_{0.43}$ and $M_{1.6}$, respectively), and no time-varying selectivity (Qnotv).

FIGURA 26. Cocientes de biomasa reproductora estáticos (sSBR; ver sección 6.1) durante 2007-2014, estimados por el caso base (Base) y por los análisis de sensibilidad a selectividad en forma de domo (Dome), mortalidad natural de 0.43 y 1.6 ($M_{0.43}$ y $M_{1.6}$, respectivamente), y selectividad sin variabilidad temporal (Qnotv).

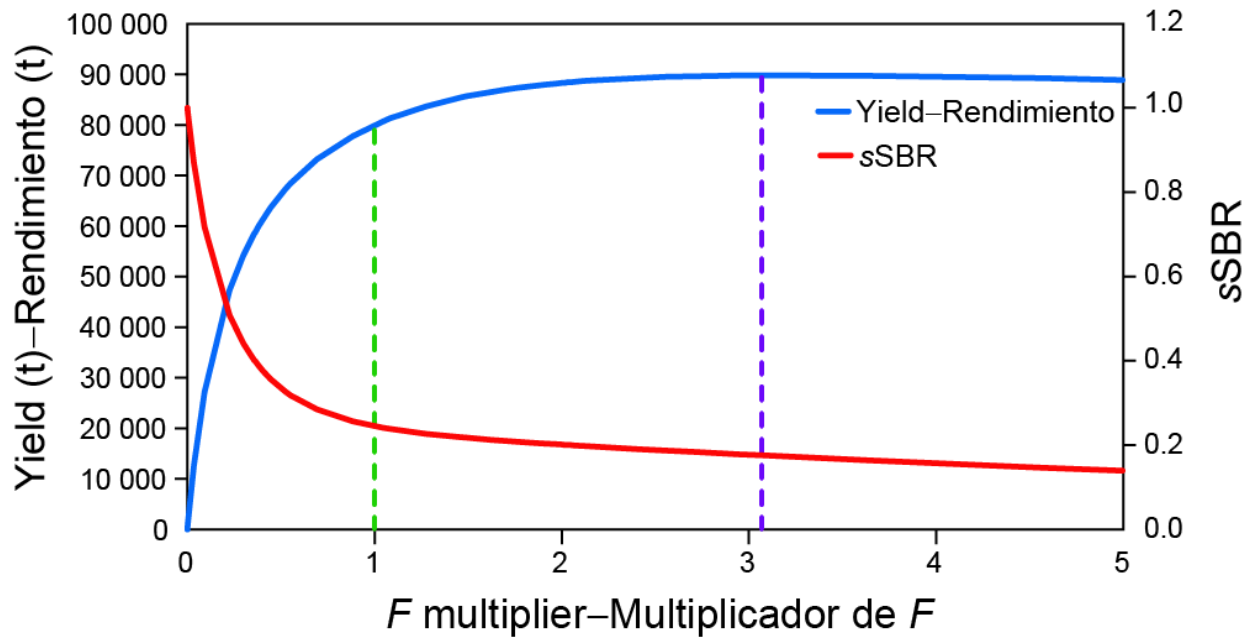


FIGURE 27. Equilibrium yield, in tons, and static spawning biomass ratio (sSBR; see section 6.1) versus the F multiplier (vertical blue dashed line), which indicates how many times effort would have to be effectively increased from the current level (vertical green dashed line) to achieve MSY.

FIGURA 27. Rendimiento de equilibrio, en toneladas, y cociente de biomasa reproductora estático (sSBR; ver sección 6.1) como funciones del multiplicador de F (línea de trazos vertical azul), que indica cuántas veces se ha de incrementar el esfuerzo del nivel actual (línea de trazos vertical verde) para lograr el RMS.

Appendix-Anexo A.

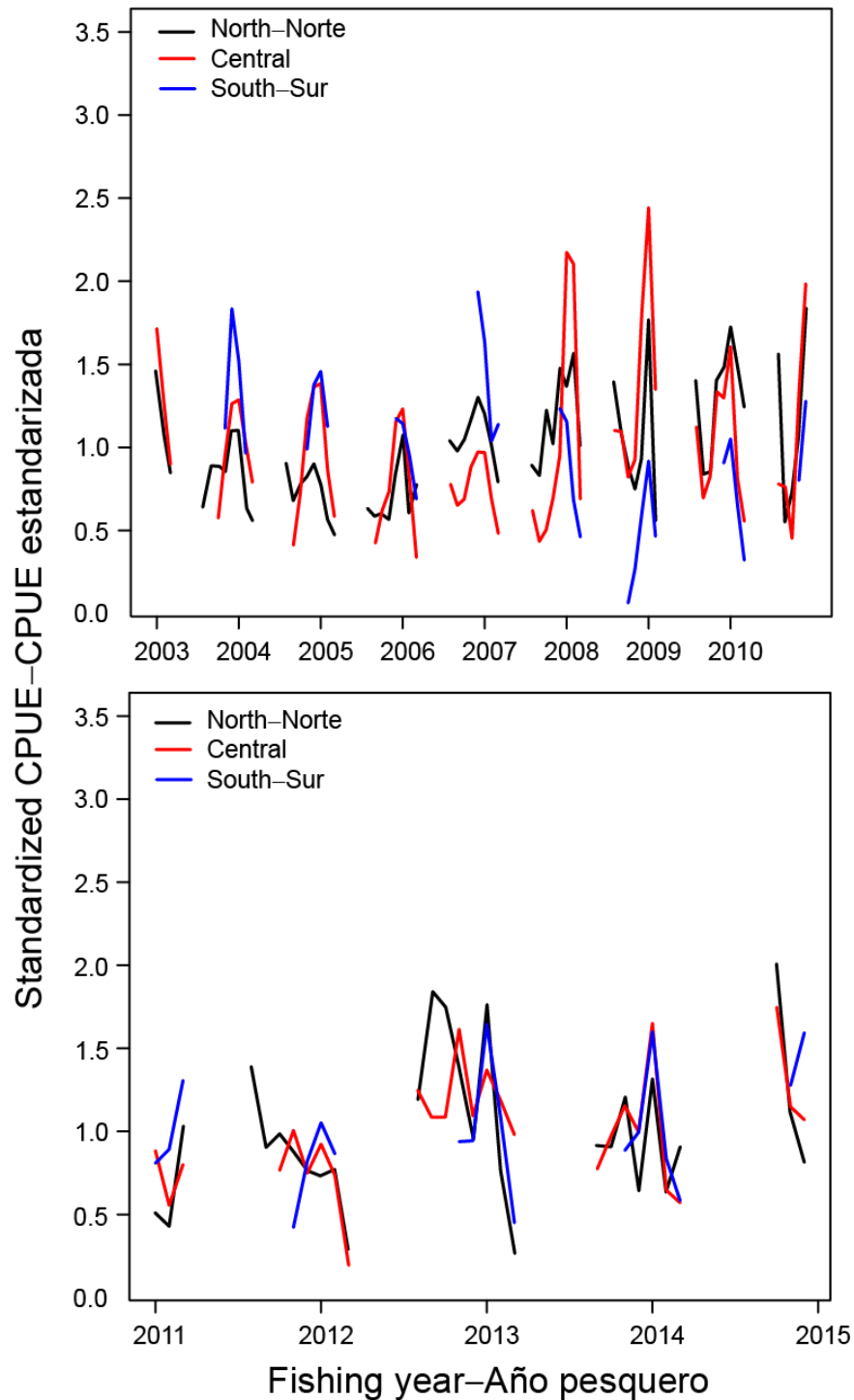
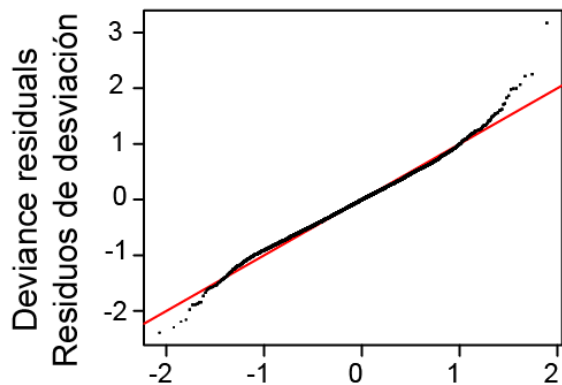
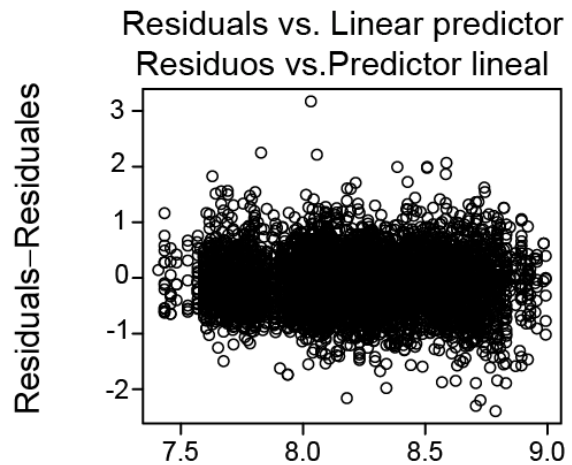


FIGURE A.1. Standardized CPUE from the gamma generalized additive models (GAMs) for CPUE in weight of dorado caught by Peruvian artisanal fisheries for three regions (North, Central, and South) during two periods (2003-2010 and 2011-2014).

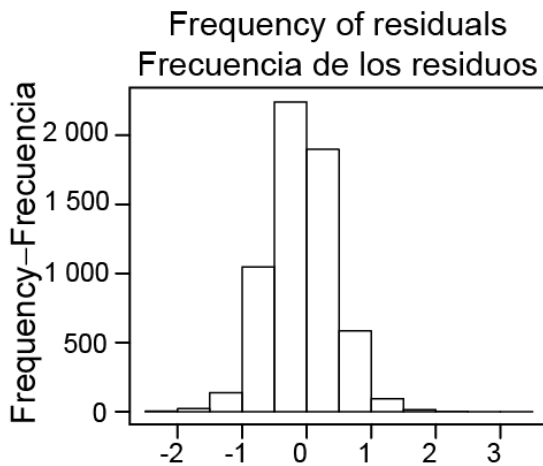
FIGURA A.1. CPUE estandarizada de los modelos aditivos generalizados (MAG) gamma de CPUE en peso de dorado capturado por pesquerías artesanales peruanas en tres regiones (Norte, Central, y Sur) durante dos periodos (2003-2010 y 2011-2014).



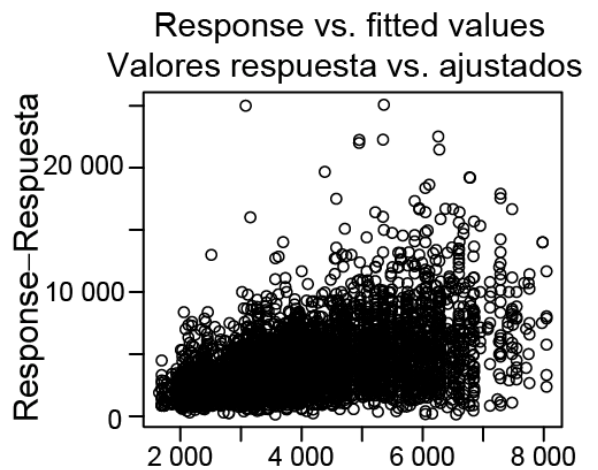
Theoretical quantiles–Cuantiles teóricos



Linear predictor–Predictor lineal



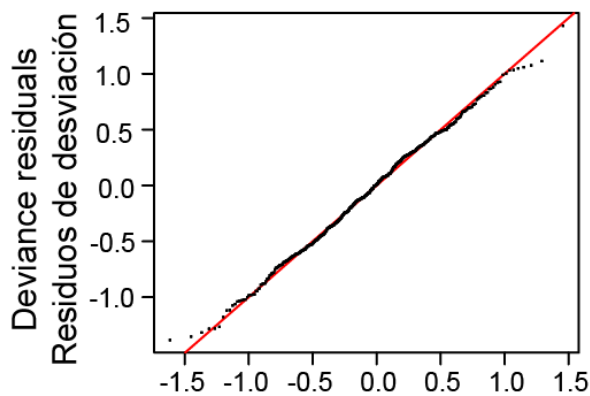
Residuals–Residuos



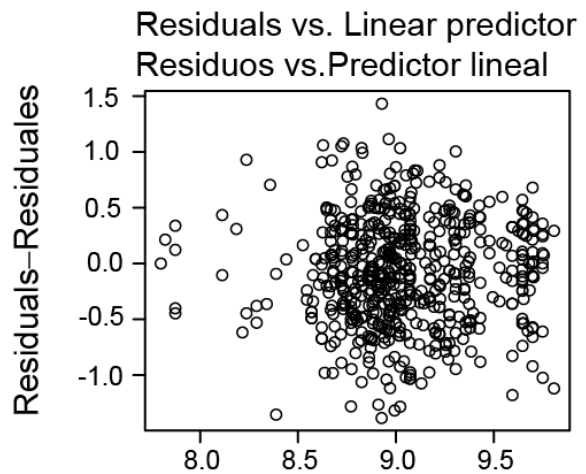
Fitted values–Valores ajustados

FIGURE A.2. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Northern area during the early period (2003-2010). GAM assumed gamma distribution with log link.

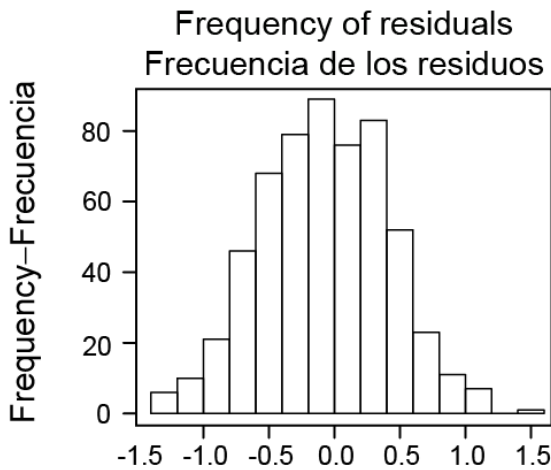
FIGURA A.2. Graficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Norte durante el periodo temprano (2003-2010). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.



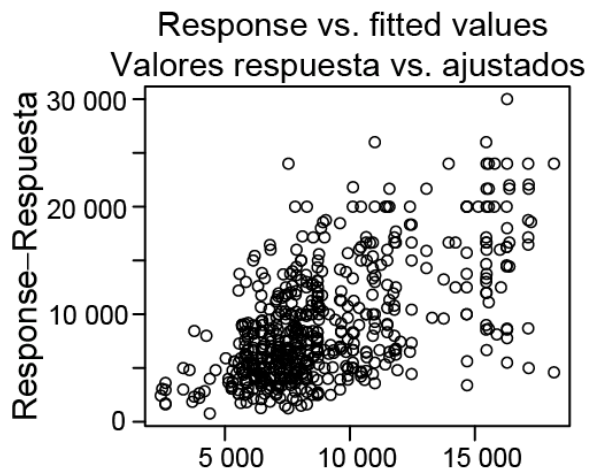
Theoretical quantiles–Cuantiles teóricos



Linear predictor–Predictor lineal



Residuals–Residuos



Fitted values–Valores ajustados

FIGURE A.3. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Northern area during the later period (2011-2014). GAM assumed gamma distribution with log link.

FIGURA A.3. Gráficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Norte durante el periodo tardío (2011-2014). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.

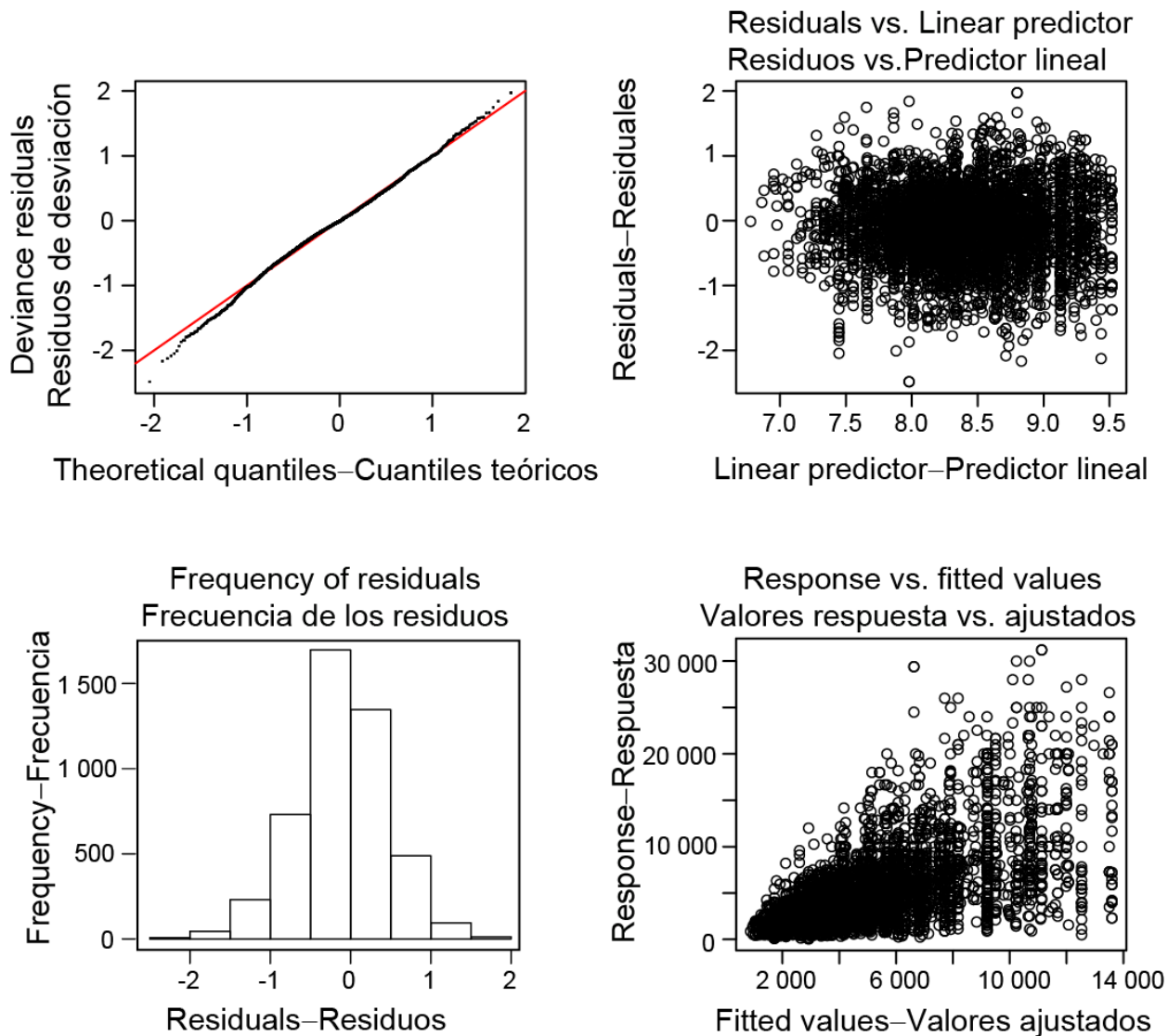


FIGURE A.4. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Central area during the early period (2003-2010). GAM assumed gamma distribution with log link.

FIGURA A.4. Graficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Central durante el periodo temprano (2003-2010). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.

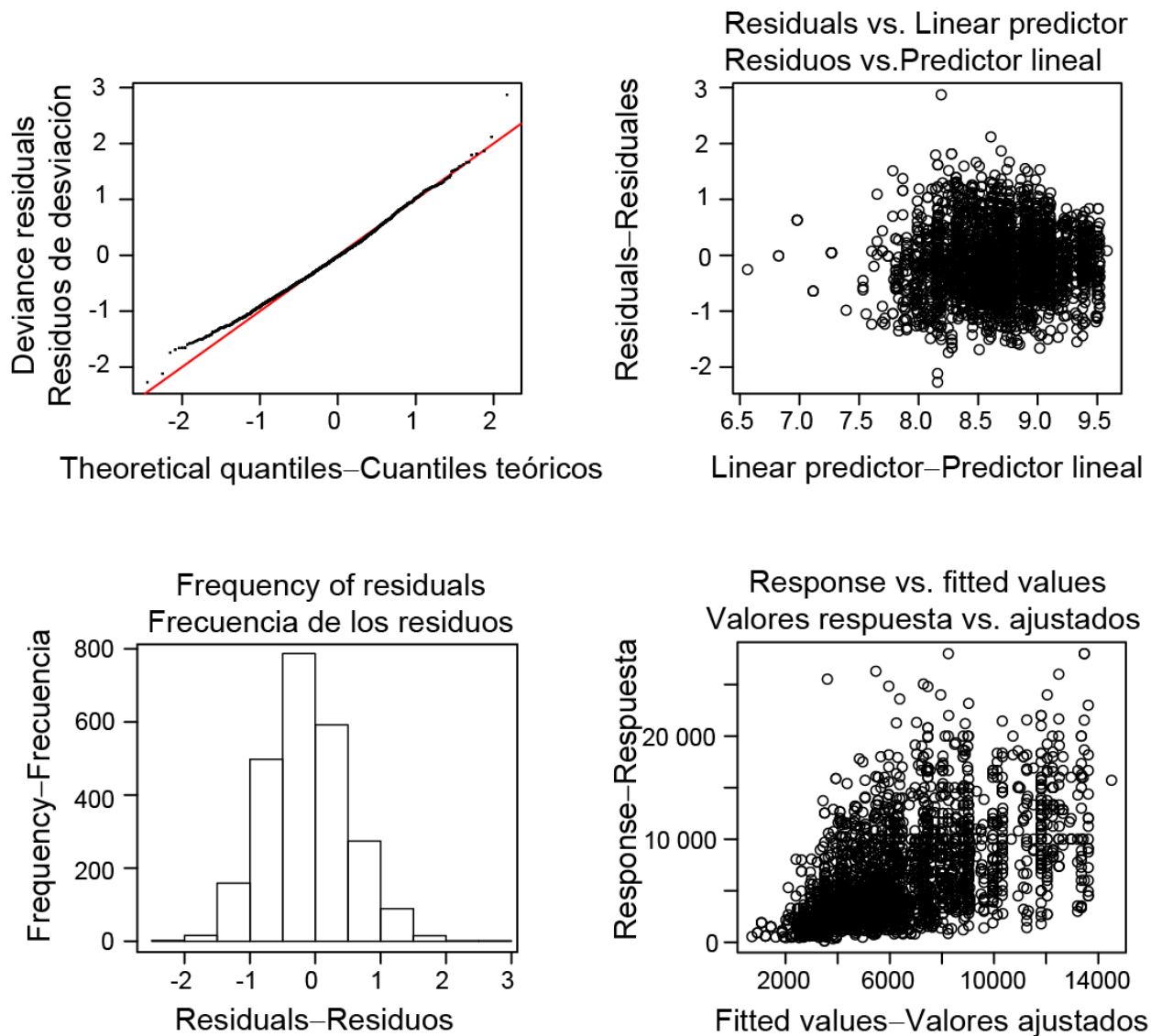
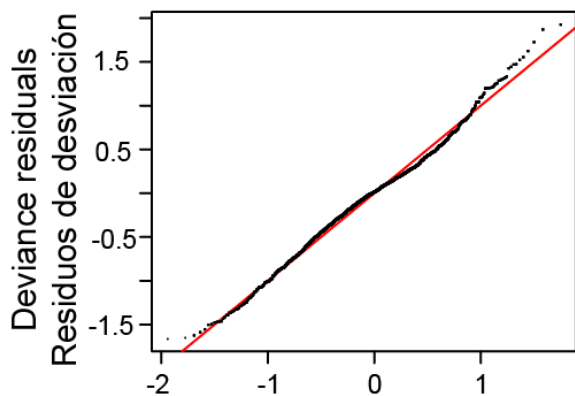
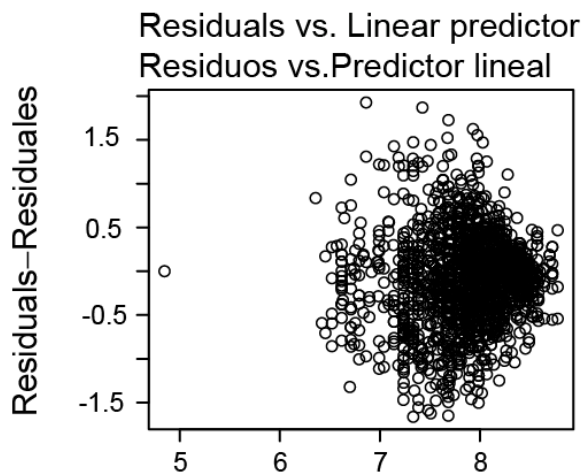


FIGURE A.5. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Central area during the later period (2011-2014). GAM assumed gamma distribution with log link.

FIGURA A.5. Graficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Central durante el periodo tardío (2011-2014). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.



Theoretical quantiles–Cuantiles teóricos



Linear predictor–Predictor lineal

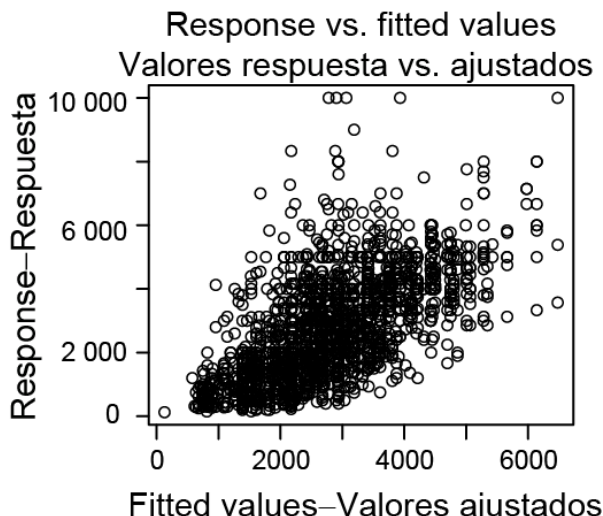
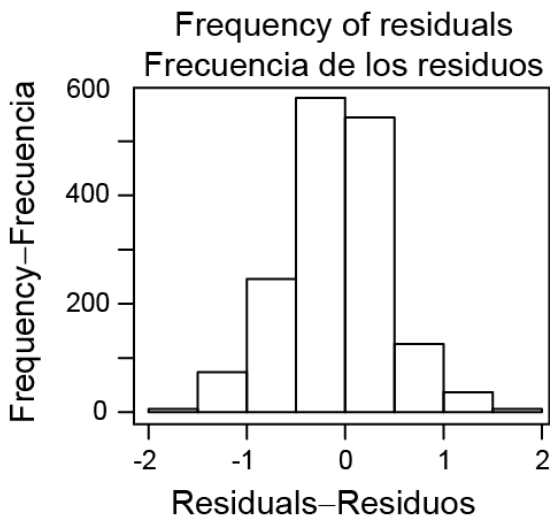


FIGURE A.6. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Southern area during the early period (2003-2010). GAM assumed gamma distribution with log link.

FIGURA A.6. Graficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Sur durante el periodo temprano (2003-2010). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.

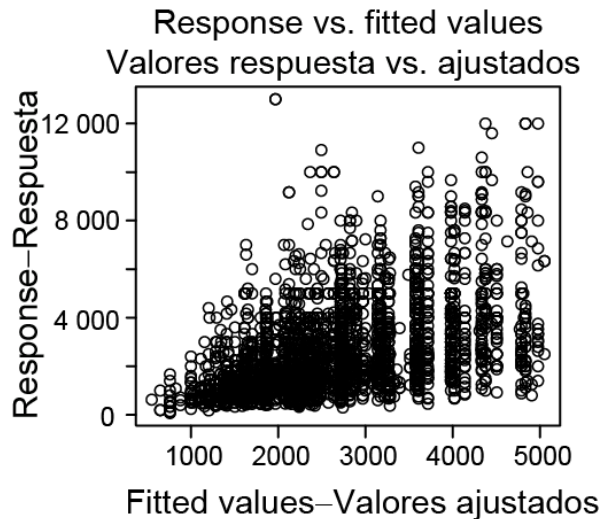
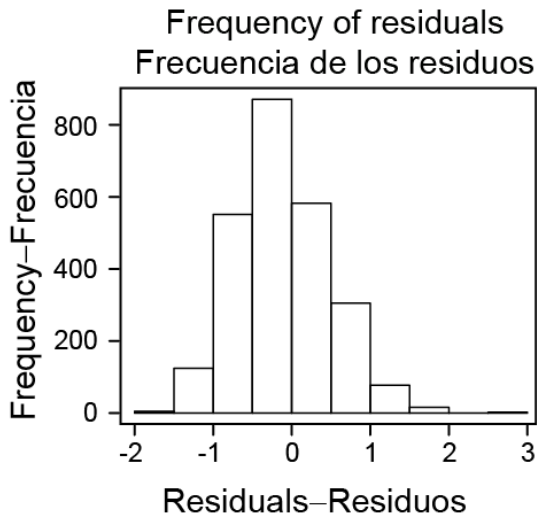
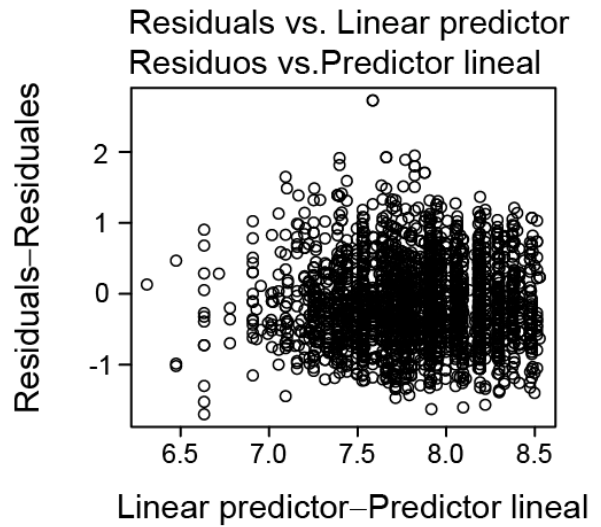
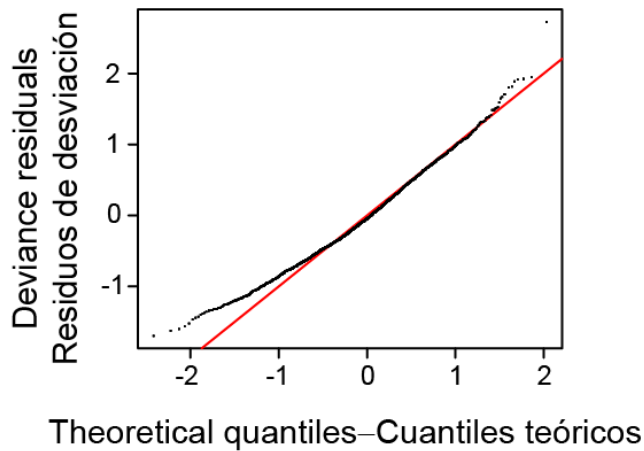


FIGURE A.7. Diagnostic plots for the GAM using CPUE in weight for the Peruvian artisanal fisheries operating in the Southern area during the later period (2011-2014). GAM assumed gamma distribution with log link.

FIGURA A.7. Gráficos diagnósticos del MAG usando CPUE en peso de las pesquerías artesanales peruanas que operaron en el área Sur durante el periodo tardío (2011-2014). El MAG supuso una distribución gamma con función de enlace logarítmico.

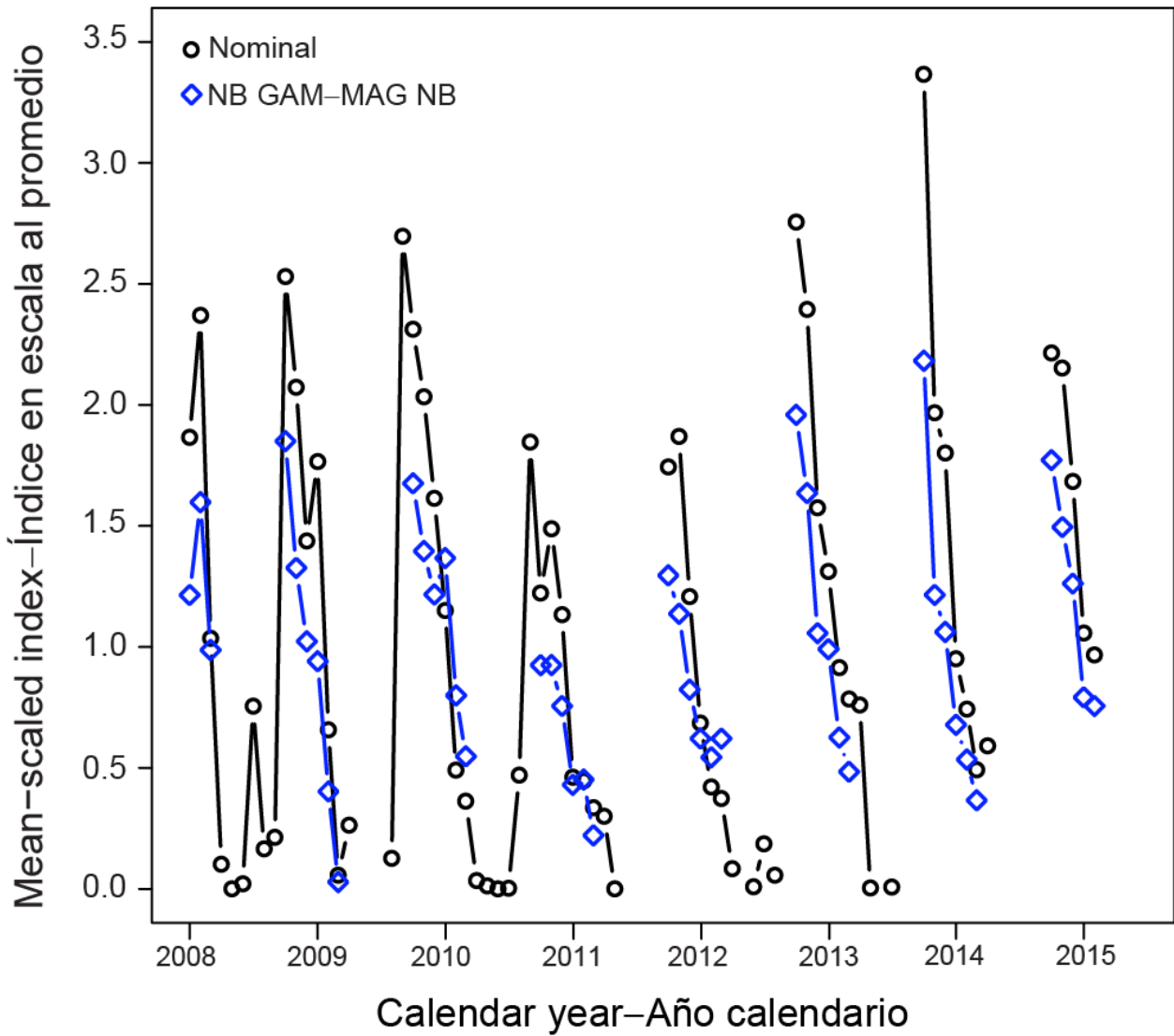


FIGURE A.8. Standardized CPUE from the negative binomial (NB) GAM for numbers of dorado caught by Ecuadorian artisanal fisheries (taking fishing effort into consideration). The nominal CPUEs are also shown.
FIGURA A.8. CPUE estandarizada del MAG binomial negativo (NB) de dorado, en número de pescados, por las pesquerías artesanales ecuatorianas (tomando esfuerzo de pesca en consideración). Se ilustra también la CPUE nominal.

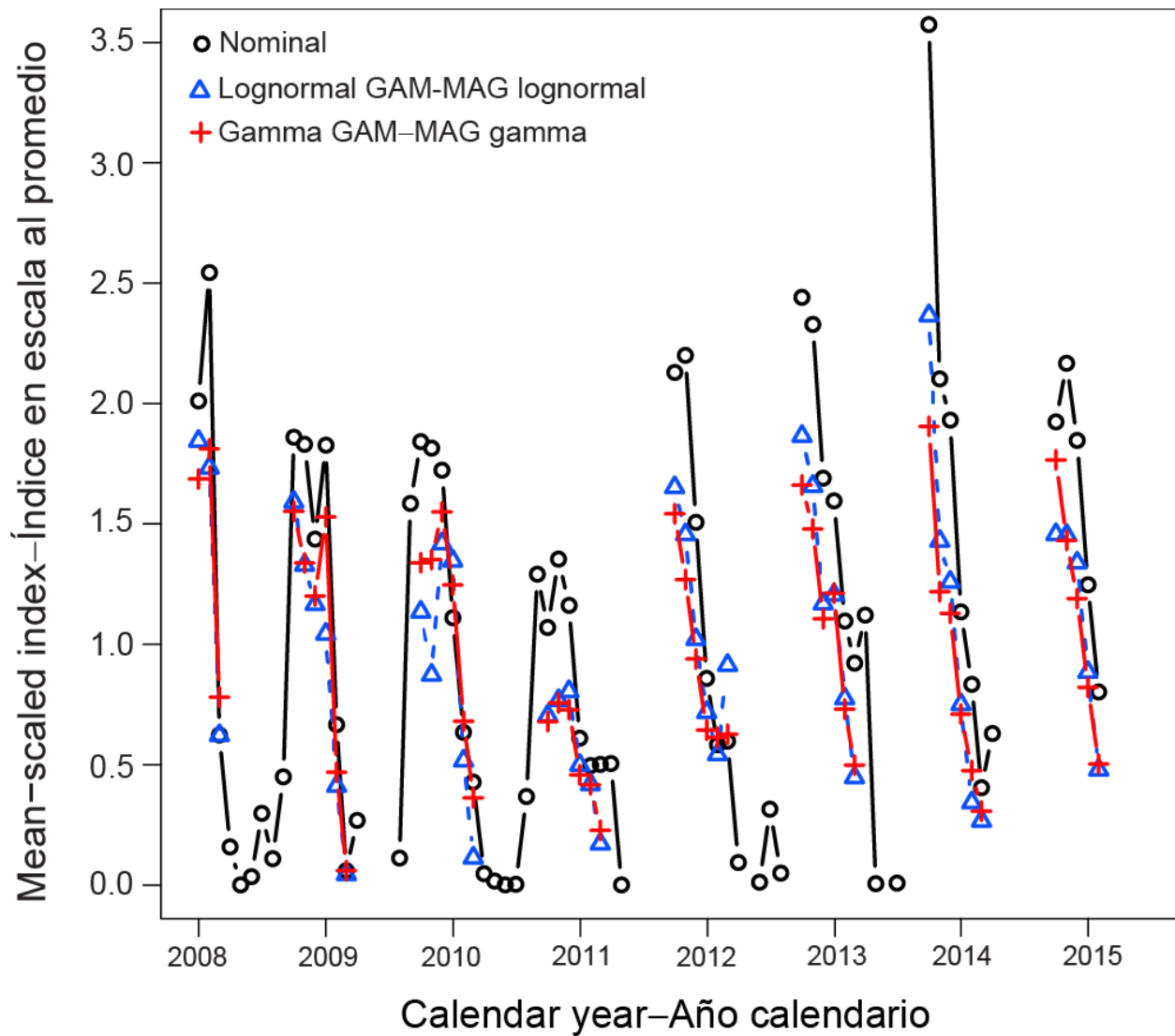


FIGURE A.9. Standardized CPUE from the lognormal and gamma GAMs for CPUE in weight of dorado caught by Ecuadorian artisanal fisheries. The nominal CPUEs are also shown.

FIGURA A.9. CPUE estandarizada de los MAG lognormal y gamma de CPUE en peso de dorado capturado por las pesquerías artesanales ecuatorianas. Se ilustra también la CPUE nominal.

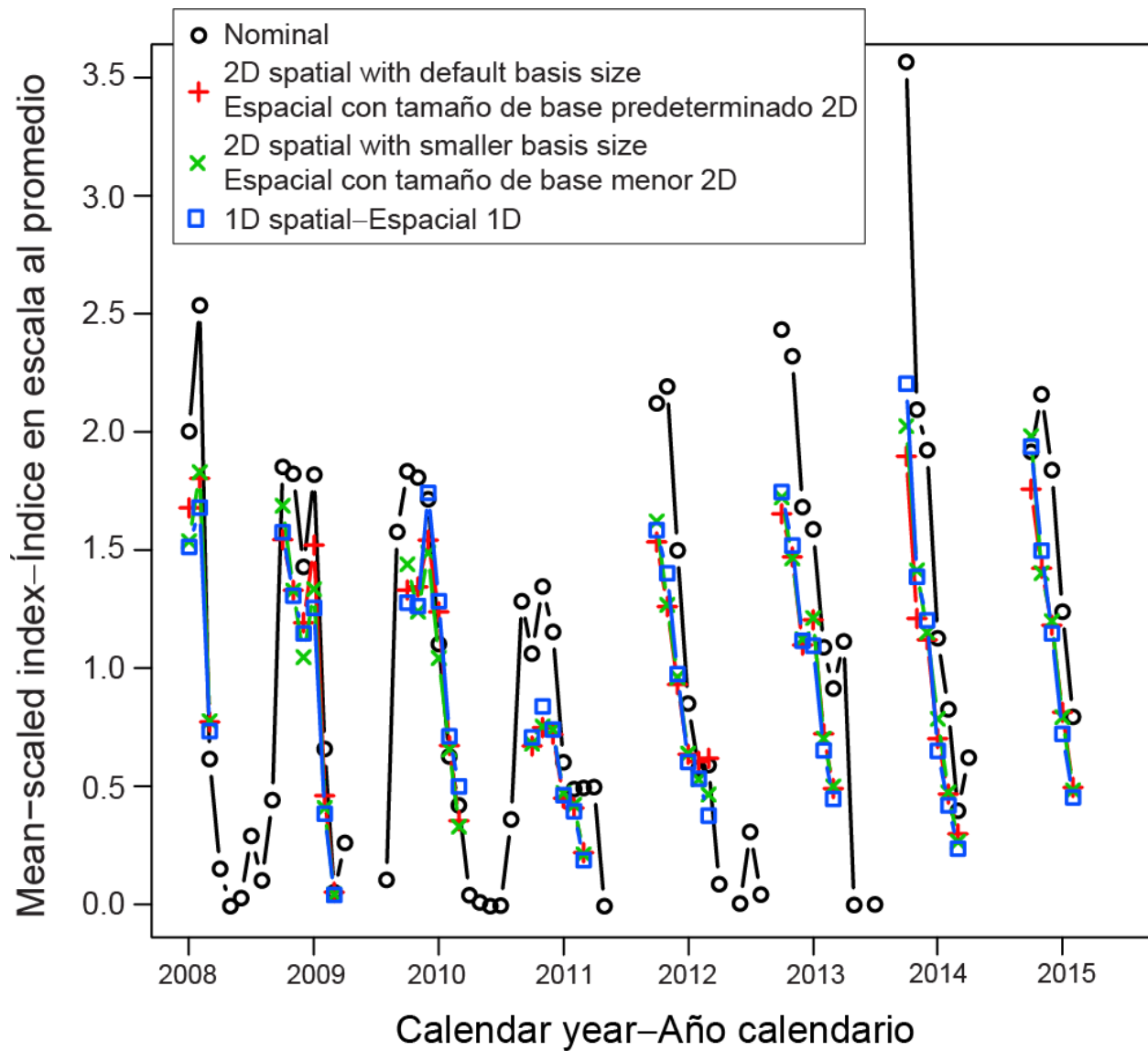


FIGURE A.10. Standardized CPUE from the gamma GAMs for CPUE in weight of dorado caught by Ecuadorian artisanal fisheries. GAM models with different configurations of spatial terms were used (see section 2.3.2). The nominal CPUEs are also shown.

FIGURA A.10. CPUE estandarizada de los MAG gamma de CPUE en peso de dorado capturado por las pesquerías artesanales ecuatorianas. Se usaron modelos MAG con distintas configuraciones de los términos espaciales (ver sección 2.3.2). Se ilustra también la CPUE nominal.

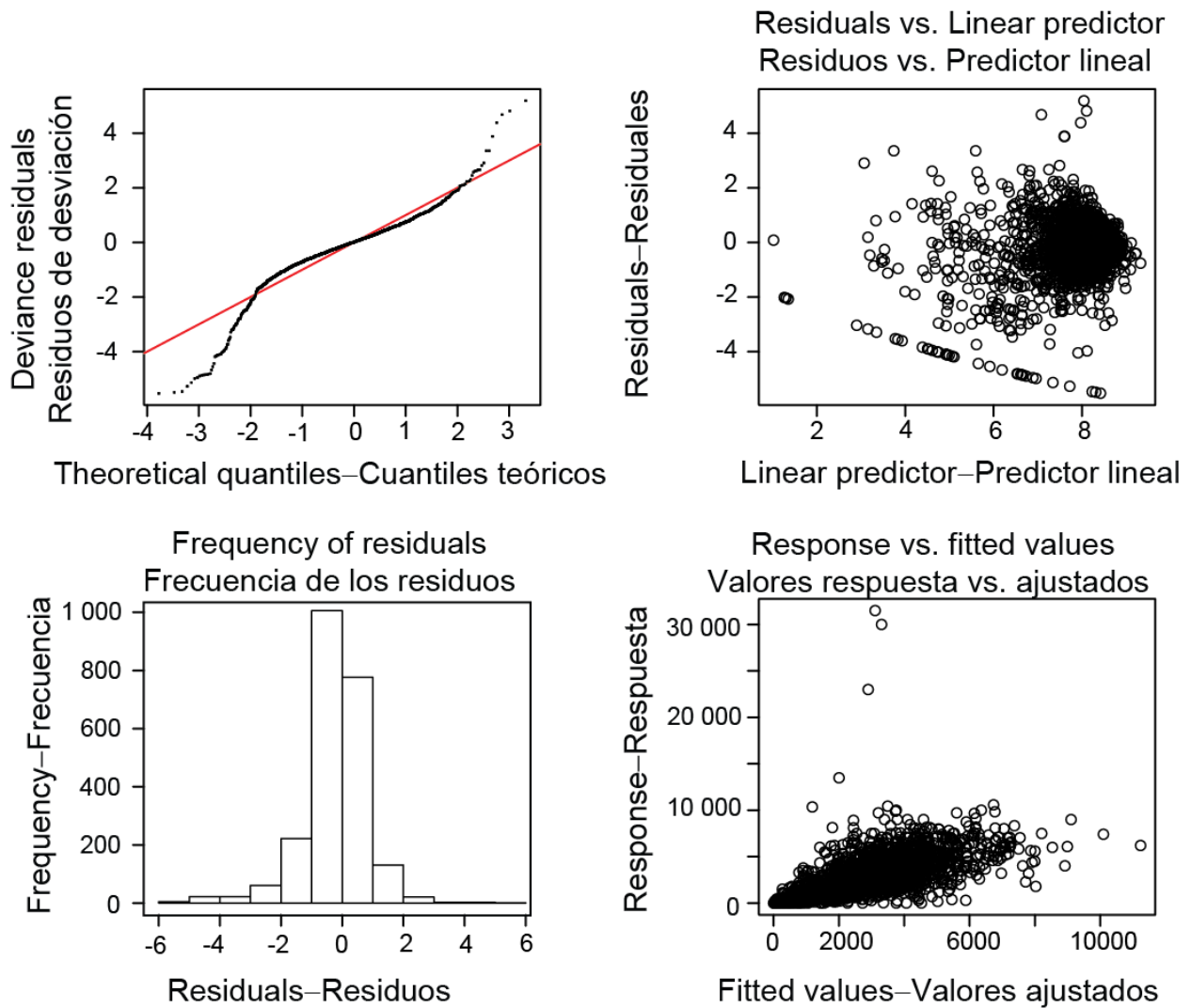


FIGURE A.11. Diagnostic plots for the negative binomial GAM for counts of fish caught by Ecuadorian artisanal fisheries (taking into consideration fishing effort).

FIGURA A.11. Gráficas diagnósticas del MAG binominal negativo de números de peces capturados por las pesquerías artesanales ecuatorianas.

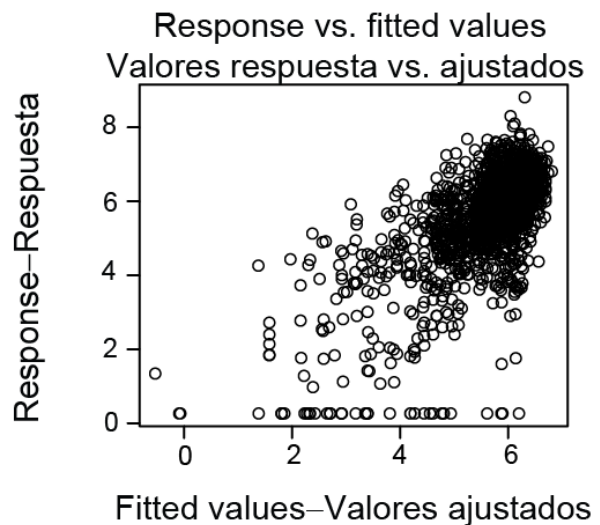
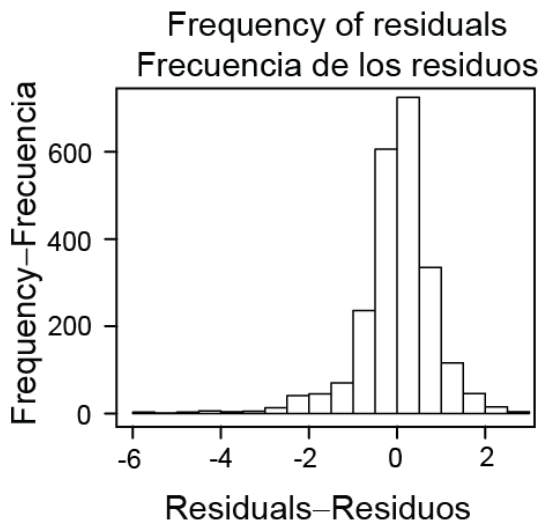
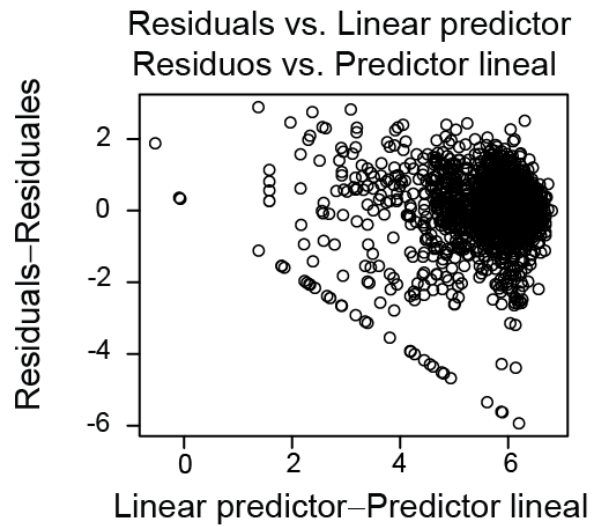
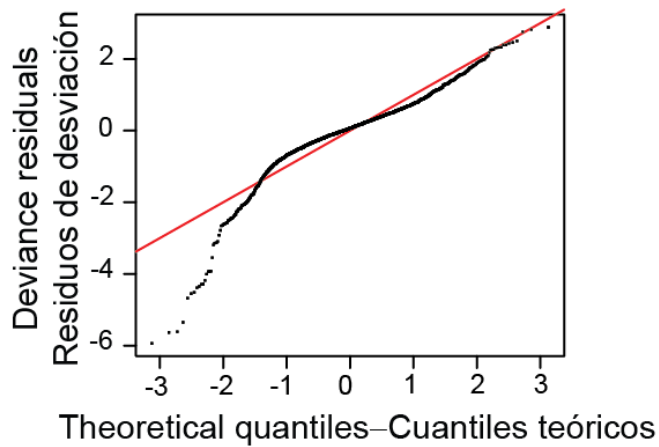


FIGURE A.12. Diagnostic plots for the lognormal GAM for CPUE in weight of dorado caught by Ecuadorian artisanal fisheries.

FIGURA A.12. Gráficas diagnósticas del MAG lognormal de CPUE en peso de dorado capturado por las pesquerías artesanales ecuatorianas.

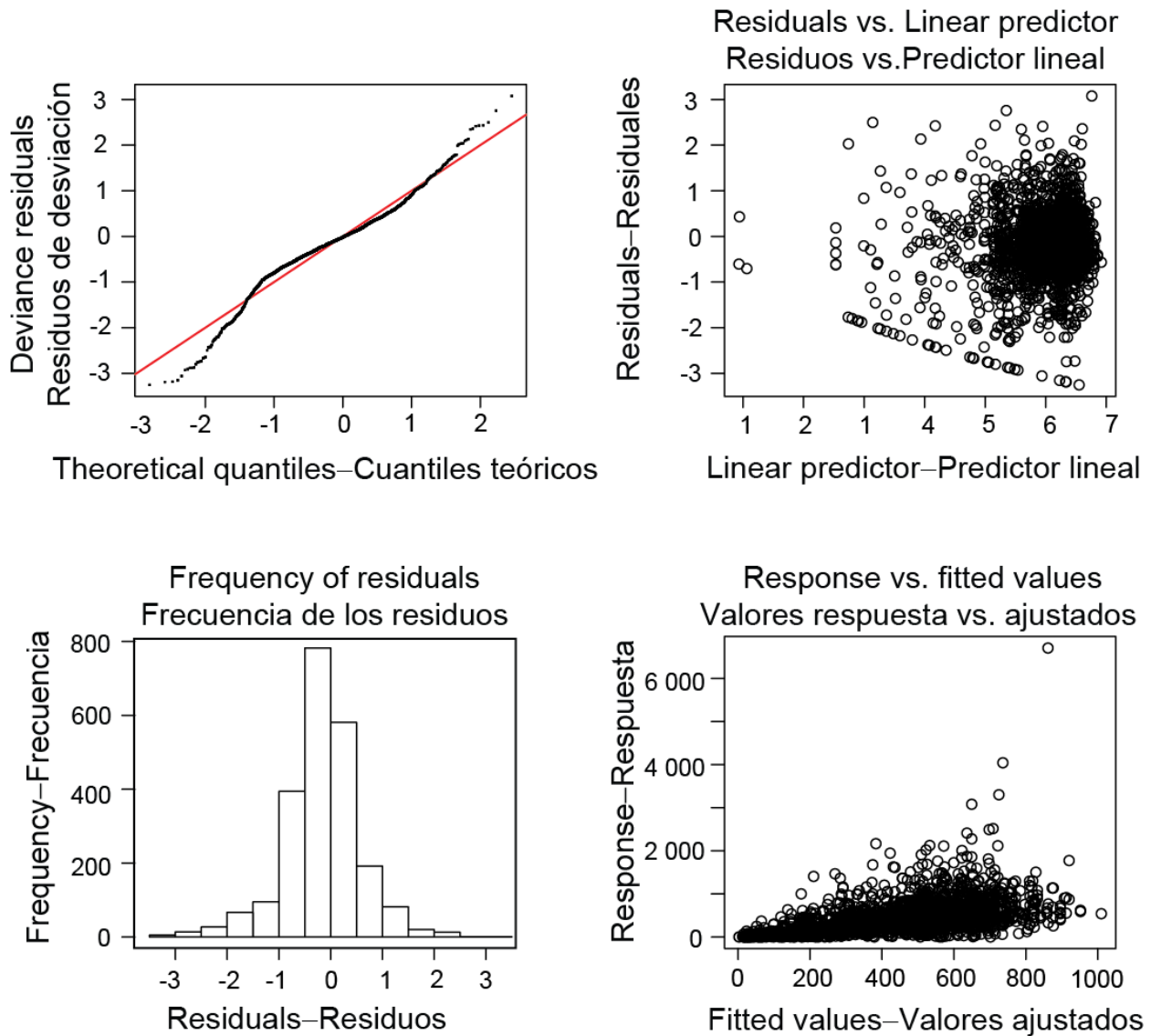


FIGURE A.13. Diagnostic plots for the gamma GAM for CPUE in weight of dorado caught by Ecuadorian artisanal fisheries.

FIGURA A.13. Gráficas diagnósticas del MAG gamma de CPUE en peso de dorado capturado por las pesquerías artesanales ecuatorianas.

Appendix-Anexo B.

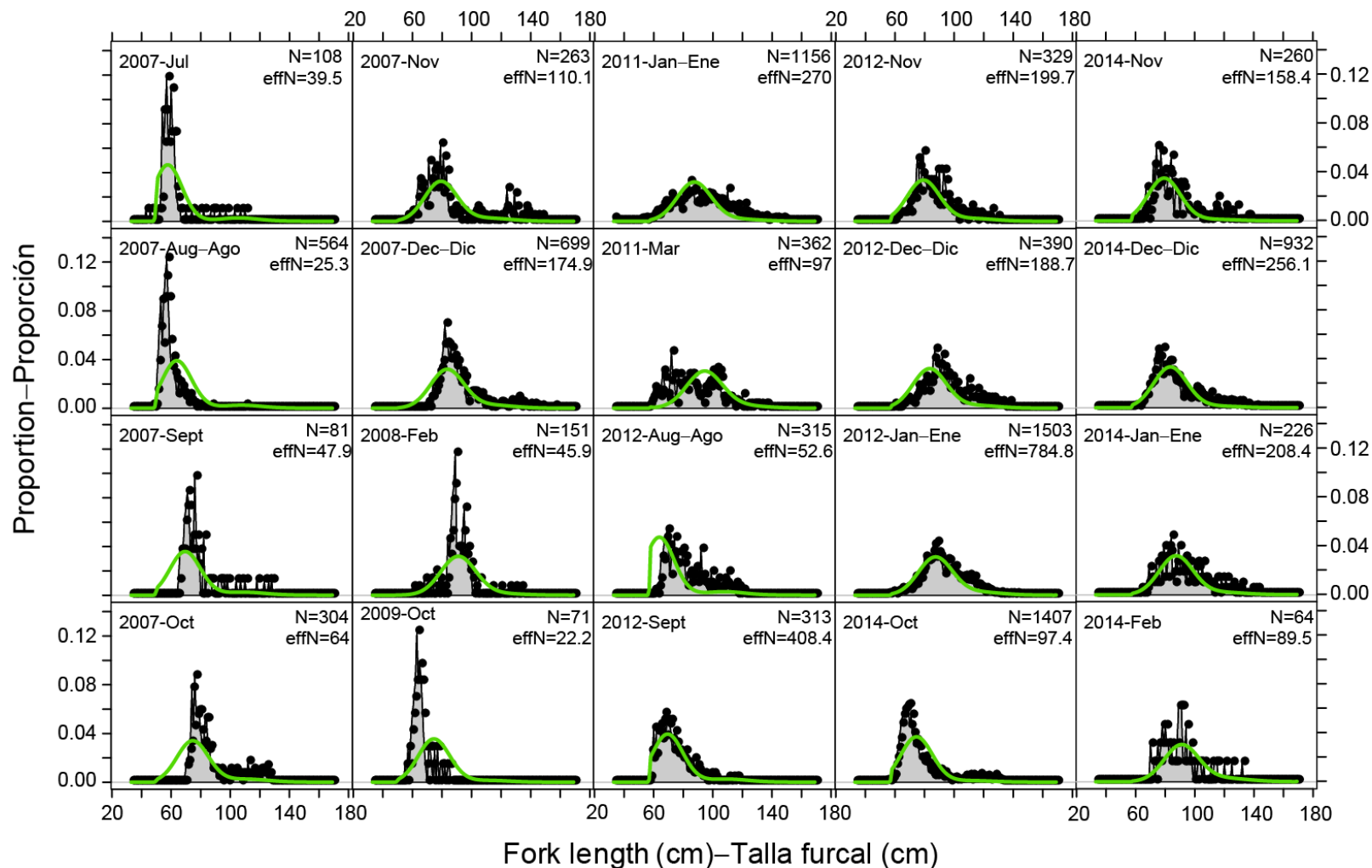


FIGURE B.1. Observed (black dots and grey areas) and predicted (green lines) length compositions of dorado caught in the Peruvian artisanal fishery (F1), July 2007–February 2014. Years are fishing years (July–June).

FIGURA B.1. Composición por talla observada (puntos negros y áreas grises) y predicha (líneas verdes) de dorado capturado en la pesquería artesanal peruana (F1), julio 2007–febrero 2014. Los años son años pesqueros (julio a junio).

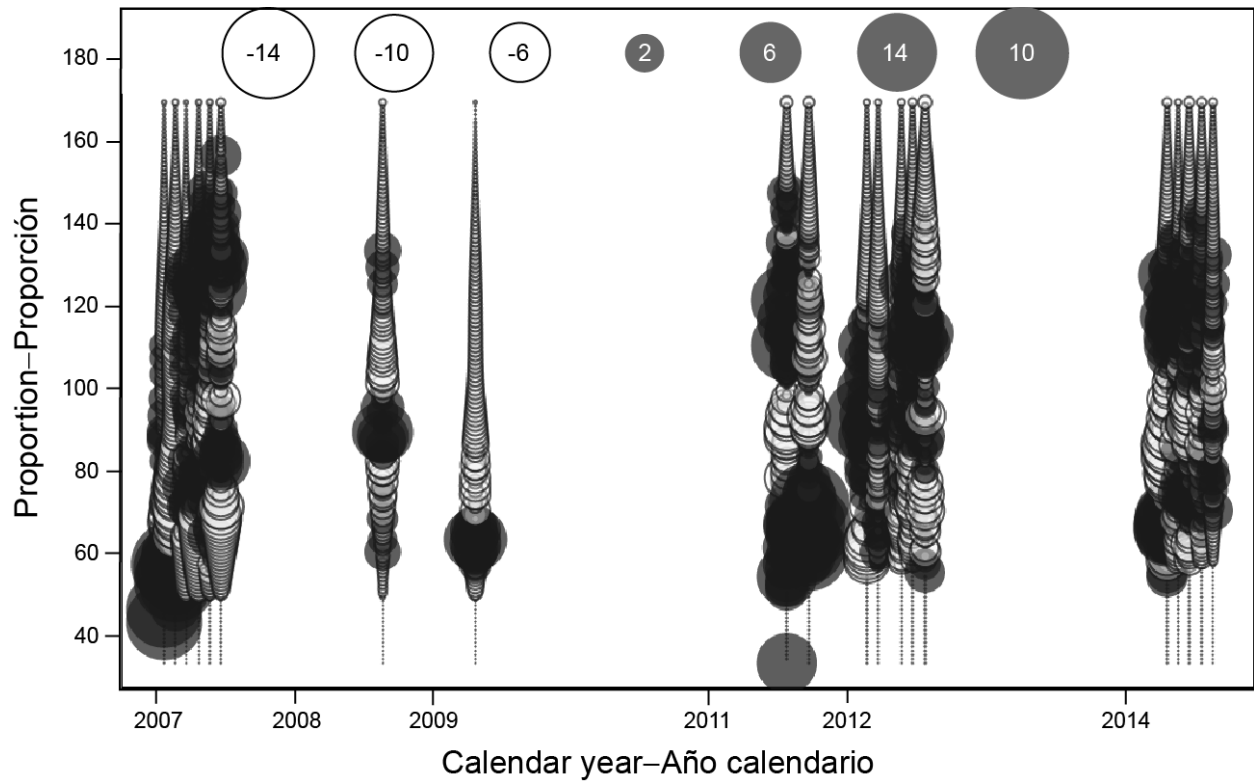


FIGURE B.2. Residuals of the length-composition fit to the Peruvian artisanal fishery (F1).
FIGURA B.2. Residuos del ajuste de la composición por talla a la pesquería artesanal peruana (F1).

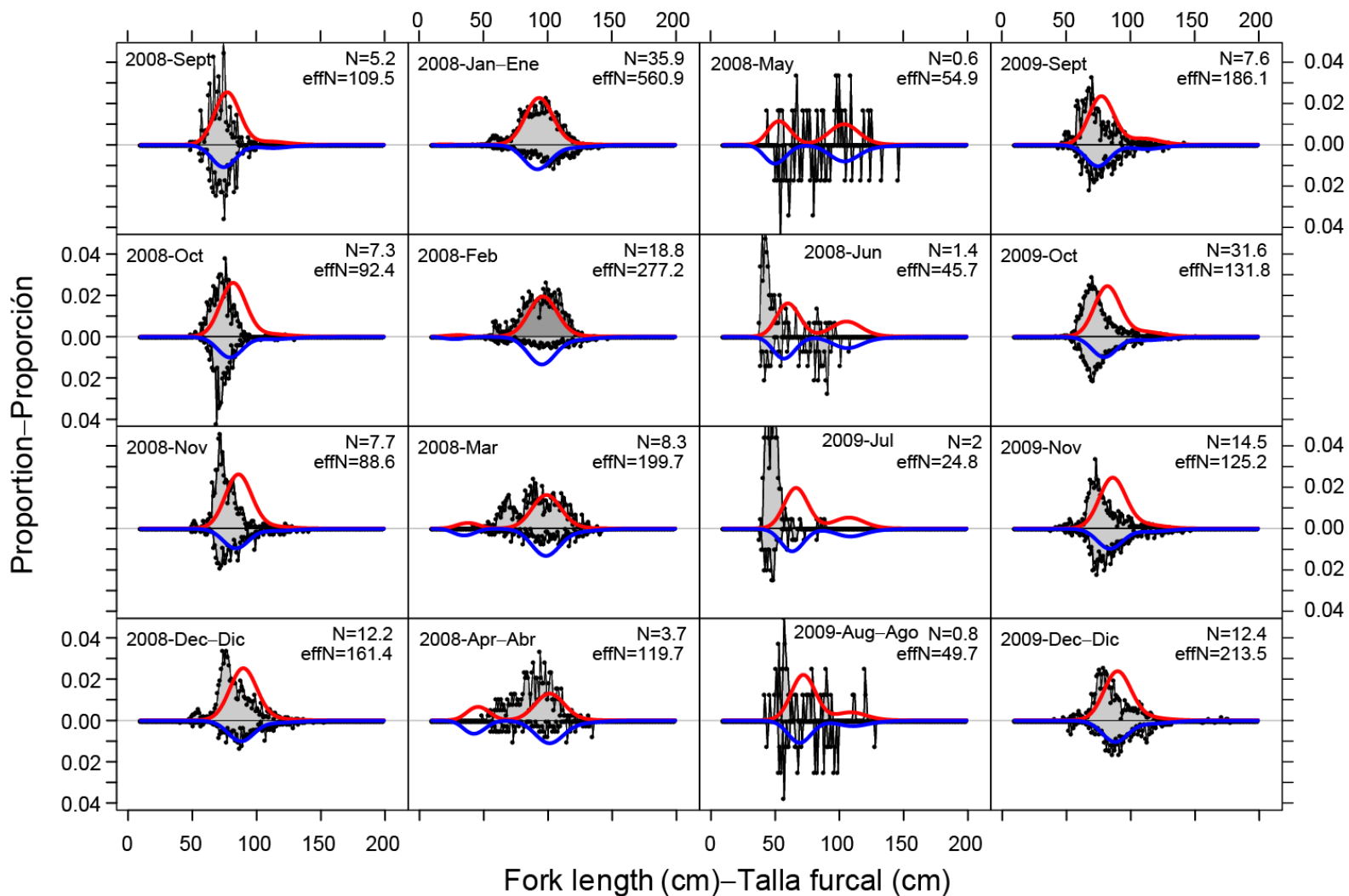


FIGURE B.3. Monthly fit to length-composition data in the Ecuadorian artisanal fishery (F2) for males (blue lines below horizontal line) and females (red lines above horizontal line), September 2008-December 2009. Years are fishing years (July-June).

FIGURA B.3. Ajuste mensual a los datos de composición por talla en la pesquería artesanal ecuatoriana (F2) para machos (líneas azules debajo de la línea horizontal) y hembras (líneas rojas por encima de la línea horizontal), septiembre 2008-diciembre 2009. Los años son años pesqueros (julio a junio).

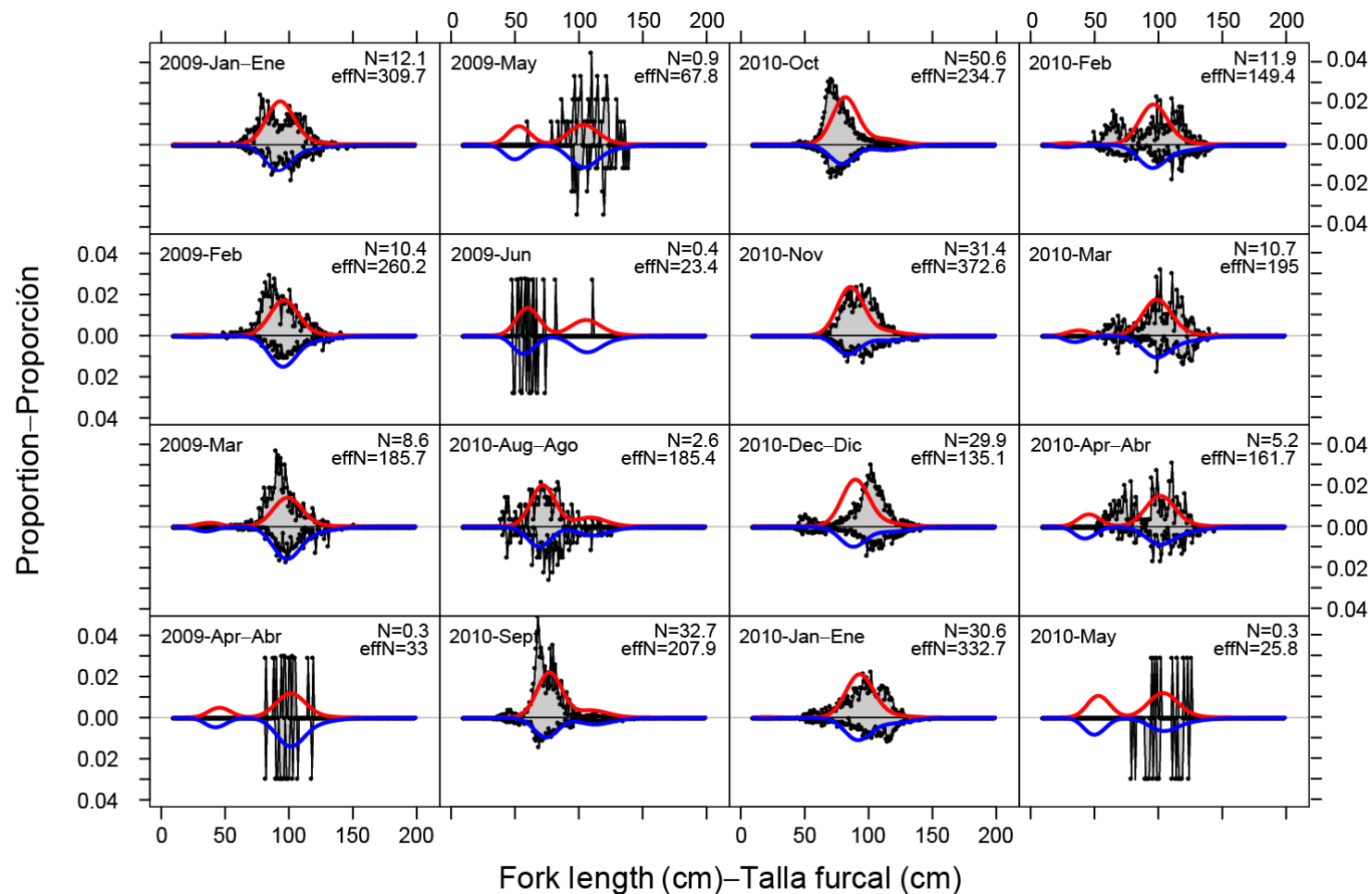


FIGURE B.3 (continued). Monthly fit to length-composition data in the Ecuadorian artisanal fishery (F2) for males (blue lines below horizontal line) and females (red lines above horizontal line), January 2009-May 2010. Years are fishing years (July-June).

FIGURA B.3 (continuación). Ajuste mensual a los datos de composición por talla en la pesquería artesanal ecuatoriana (F2) para machos (líneas azules debajo de la línea horizontal) y hembras (líneas rojas por encima de la línea horizontal), enero 2009-mayo 2010. Los años son años pesqueros (julio a junio).

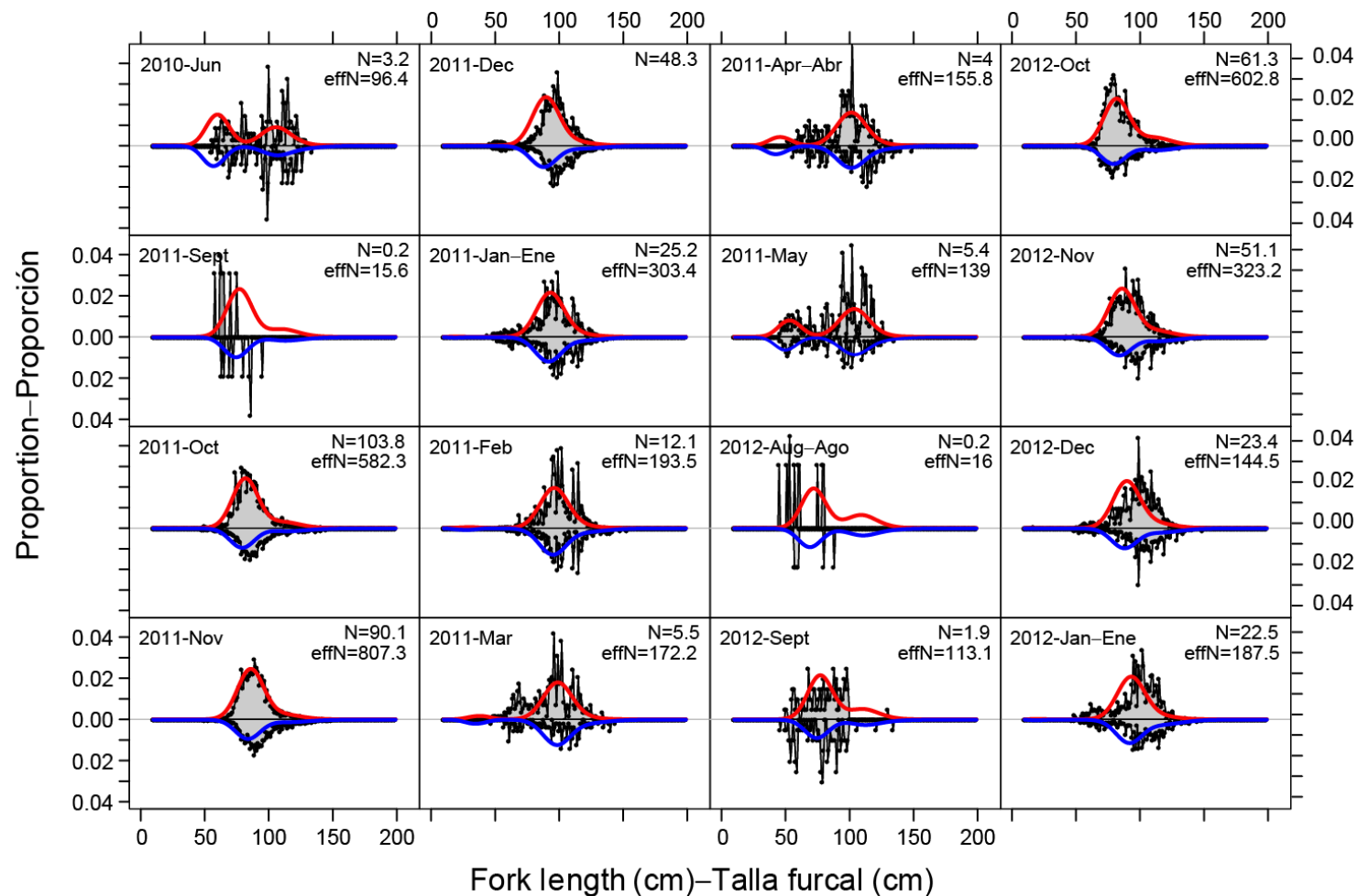


FIGURE B.3 (continued). Monthly fit to length-composition data in the Ecuadorian artisanal fishery (F2) for males (blue lines below horizontal line) and females (red lines above horizontal line), June 2010-January 2012. Years are fishing years (July-June).

FIGURA B.3 (continuación). Ajuste mensual a los datos de composición por talla en la pesquería artesanal ecuatoriana (F2) para machos (líneas azules debajo de la línea horizontal) y hembras (líneas rojas por encima de la línea horizontal), junio 2010-enero 2012. Los años son años pesqueros (julio a junio).

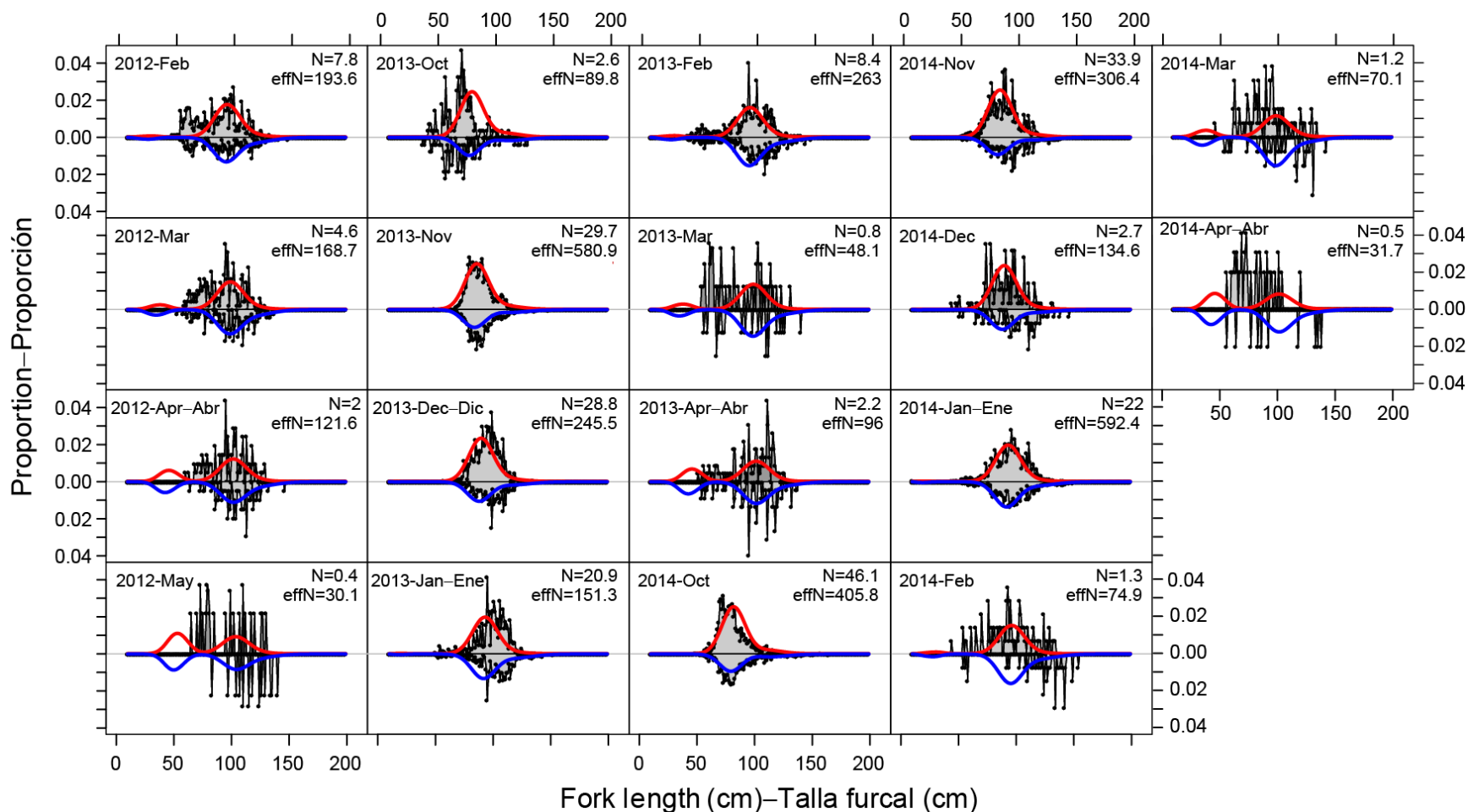


FIGURE B.3 (continued). Monthly fit to length-composition data in the Ecuadorian artisanal fishery (F2) for males (blue lines below horizontal line) and females (red lines above horizontal line), February 2012-April 2014. Years are fishing years (July-June).

FIGURA B.3 (continuación). Ajuste mensual a los datos de composición por talla en la pesquería artesanal ecuatoriana (F2) para machos (líneas azules debajo de la línea horizontal) y hembras (líneas rojas por encima de la línea horizontal), febrero 2012-abril 2014. Los años son años pesqueros (julio a junio).

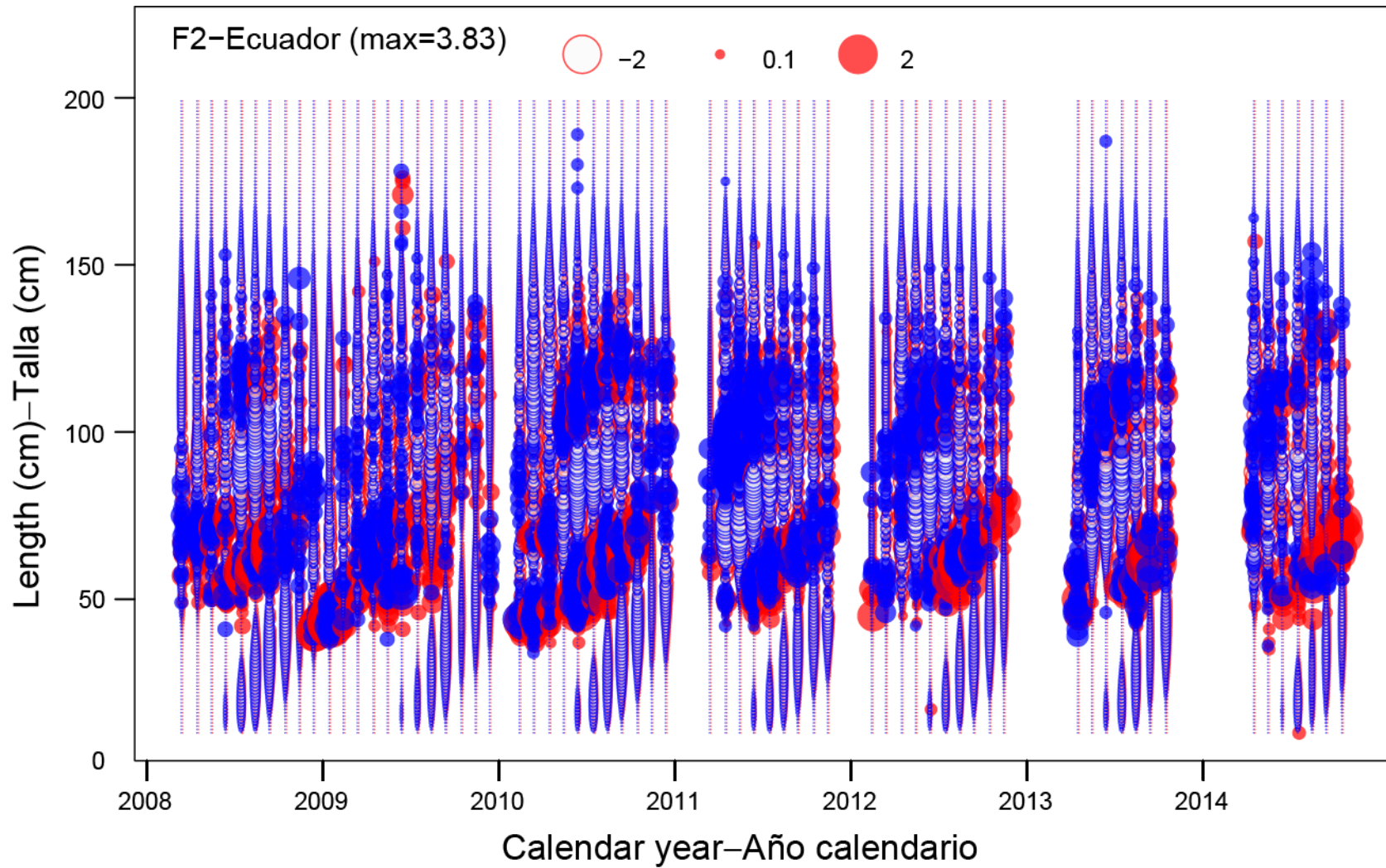


FIGURE B.4. Residuals of the fit to the length-composition data for the Ecuadorian artisanal fishery (F2); red: females; blue: males.
FIGURA B.4. Residuos del ajuste a los datos de composición por talla de la pesquería artesanal ecuatoriana (F2); rojo: hembras; azul: machos.