

**COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL**

**COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR**

**15ª REUNIÓN**

**La Jolla, California (EE. UU.)**

**10-14 de junio de 2024**

## **DOCUMENTO SAC-15-03 REV**

### **EVALUACIÓN EXPLORATORIA E INDICADORES DE CONDICIÓN DE POBLACIÓN DEL ATÚN ALETA AMARILLA EN EL OPO**

Carolina Minte-Vera, Mark N. Maunder, Haikun Xu, Juan L. Valero, Rujia Bi, Daniel Fuller y Alexandre Aires-da-Silva

#### **RESUMEN EJECUTIVO**

El atún aleta amarilla es uno de los tres principales atunes tropicales que se capturan en el OPO y sustenta una importante pesquería cerquera que predominantemente realiza lances sobre atún aleta amarilla asociado a delfines. También se captura en lances de cerco sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados y, en menor medida, en pesquerías de palangre y de cebo vivo. La ordenación de la población suele estar impulsada por la condición del atún patudo, pero la reciente introducción del esquema de Umbrales Individuales por Buque (UIB) para el atún patudo ha dirigido más la atención a las evaluaciones de las otras especies de atunes tropicales para proporcionar asesoramiento de ordenación. La anterior evaluación de referencia del aleta amarilla en el OPO se llevó a cabo en 2020 y los resultados se incluyeron en un análisis de riesgos. Persistieron varias incertidumbres en la evaluación de la población, incluida la estructura espacial y los ajustes a los datos de composición para las pesquerías con selectividad asintótica supuesta. Por lo tanto, se realizó una investigación exhaustiva para mejorar la evaluación. Se introdujeron mejoras en la mortalidad natural, el crecimiento y el modelado de las pesquerías. Sin embargo, persiste la incertidumbre sobre la estructura de la población. Utilizando estas mejoras, se elaboró una evaluación exploratoria de la población centrada en los datos del área núcleo de la pesquería sobre delfines (DEL). También se llevaron a cabo análisis de sensibilidad de los supuestos sobre la estructura de la población y la presencia de peces grandes. Se evaluaron los indicadores de condición de población basados en la CPUE de la pesquería DEL y de palangre y en la talla promedio en cinco áreas para investigar la posibilidad de una reducción local. Los resultados indican que es probable que la población de aleta amarilla y las posibles subpoblaciones estén cerca o por encima del nivel que corresponde al RMS y no es probable que hayan rebasado el punto de referencia límite de biomasa reproductora. Sin embargo, estas conclusiones son inciertas y dependen de la inclinación supuesta de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt. Es necesario seguir investigando y recolectando datos, como se indica en este informe, en particular sobre la estructura espacial y de la población, para elaborar evaluaciones y asesoramiento de ordenación fiables en el futuro.

#### **1. INTRODUCCIÓN**

El atún aleta amarilla es uno de los tres principales atunes tropicales que se capturan en el OPO y sustenta una importante pesquería cerquera que predominantemente realiza lances sobre atún aleta amarilla

asociado a delfines. También se captura en lances de cerco sobre objetos flotantes y cardúmenes no asociados y, en menor medida, en pesquerías de palangre y de cebo vivo. La ordenación de la población suele estar impulsada por la condición del atún patudo, pero la reciente introducción del esquema de Umbrales Individuales por Buque (UIB) para el atún patudo ha dirigido más la atención a las evaluaciones de las otras especies de atunes tropicales para proporcionar asesoramiento de ordenación. La anterior evaluación de referencia del aleta amarilla en el OPO se llevó a cabo en 2020 ([SAC-11-07](#)) y los resultados se incluyeron en un análisis de riesgos ([SAC-11 INF-J](#), [SAC-11-08](#)). Persistieron varias incertidumbres en la evaluación de la población, incluida la estructura espacial y los ajustes a los datos de composición para las pesquerías con selectividad asintótica supuesta. Por lo tanto, se realizó una investigación exhaustiva para mejorar la evaluación.

Se llevaron a cabo investigaciones para definir mejor la estructura de la población y las pesquerías, estimar la mortalidad natural, mejorar las estimaciones de crecimiento y modelar mejor la selectividad de las pesquerías. Estas investigaciones mejoraron en gran medida la evaluación, pero siguen existiendo incertidumbres.

En el presente documento se describen las investigaciones realizadas y las mejoras introducidas en la evaluación de la población. Luego, se presenta una evaluación exploratoria. Después, se presentan indicadores de condición de población para proporcionar más información sobre la condición de la población, especialmente en el contexto de la posible reducción local y estructura de la población. Por último, se describen los trabajos de investigación y recolección de datos necesarios para mejorar la evaluación y el asesoramiento de ordenación.

## **2. INVESTIGACIONES**

### **2.1. Estructura de la población**

La anterior evaluación de referencia de 2020 ([SAC-11-07](#)) y las revisiones externas ([YFT-02-Rep](#), [RVDTT-01](#), [RVMTT-01](#)) destacaron incertidumbre sobre la estructura de la población de aleta amarilla en el OPO. Fueron de particular preocupación las inconsistencias en el gran pico de biomasa alrededor de principios de la década de 2000 indicado por los índices de abundancia de la pesquería cerquera asociada a delfines y la pesquería de palangre. Dado que estas dos pesquerías se desarrollan en áreas diferentes, norte y sur, respectivamente, esto sugiere que es posible que existan al menos dos poblaciones de aleta amarilla en el OPO. La evaluación de referencia de 2020 consideró un conjunto de hipótesis dominantes con respecto a la estructura de la población, pero debido a la necesidad práctica de una evaluación del OPO entero, el modelo de evaluación se enfocó en los datos del área "núcleo" de la pesquería asociada a delfines con captura incluida para el OPO entero. La revisión externa concluyó que hay evidencia de heterogeneidad espacial, pero no había información suficiente para determinar cómo definir áreas para la evaluación.

Se realizaron investigaciones exhaustivas de la estructura de la población de aleta amarilla en el OPO. Análisis recientes de datos de marcado ([Figura 1](#)) indican que los desplazamientos del aleta amarilla son limitados (Schaefer y Fuller, 2022) y que es posible que esté ocurriendo aislamiento por distancia aun dentro del área de distribución de las pesquerías asociadas a delfines, que anteriormente se pensaba que podía ser modelada como un solo grupo ([SAC-14-06](#)). Esto sugiere que es posible que exista una estructura de población relevante para la ordenación y que se produzca una reducción local. Además, la variación ambiental puede influir en la distribución espacial del aleta amarilla y en cómo interactúan las "poblaciones" ([SAC-14-06](#)). El medio ambiente también impulsa la variación en el reclutamiento (por ejemplo, Torres-Faurrieta *et al.*, 2016) y posiblemente cause una correlación en el reclutamiento entre las "poblaciones".

Las evaluaciones exploratorias que utilizaron un índice de abundancia de la pesquería cerquera asociada a delfines y datos asociados de composición por talla del OPO entero revelaron inconsistencias en la

composición por talla de distintas partes del OPO. El índice comprendía peces de talla intermedia en el área núcleo de la pesquería asociada a delfines (Área 4, definida mediante análisis de árbol para los datos de composición por talla; ver las definiciones de las pesquerías más adelante), peces más pequeños en el área norte (Área 5), y peces más grandes en las áreas sur (Áreas 1 y 2) y oeste (Área 3) (ver la [Figura 6](#) para las definiciones de las áreas y la [Figura 7a](#) para las composiciones por talla). El modelo de evaluación no pudo conciliar la distribución conjunta de composición por talla con una curva de selectividad regular (por ejemplo, doble normal) ([Figura 2](#)), lo que indica que se estaban combinando múltiples pesquerías con diferente selectividad o diferentes poblaciones. Una investigación más profunda de la composición por talla histórica de la pesquería palangrera de Japón en las décadas de 1960 y 1970 ([Figura 7b](#)) y de los datos actuales del programa de observadores en palangreros de las flotas de aguas lejanas en las mismas áreas respaldó la hipótesis de que los peces más grandes se encontraban históricamente en el área núcleo de la pesquería asociada a delfines, pero ahora son de talla intermedia, mientras que los peces grandes se encuentran histórica y actualmente en las áreas sur y oeste. También se descubrió que los peces más pequeños se encontraban en el norte. Esta información sugiere que es posible que se esté produciendo una reducción local en el área núcleo.

## 2.2. Mortalidad natural

La mortalidad natural es un parámetro notoriamente difícil de estimar. Preferiblemente, las estimaciones proceden de programas de marcado bien diseñados. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la mortalidad natural se toma de diferentes poblaciones o especies similares o de relaciones con otros parámetros (por ejemplo, la tasa de crecimiento ( $K$ ) o la edad máxima). La mortalidad natural también puede diferir según la edad y el sexo. En particular, se ha demostrado que la mortalidad natural tiene un patrón consistente de disminución con la talla (Lorenzen, 2022). Se supone que la mortalidad natural del atún aleta amarilla en el OPO difiere por edad y por sexo. Los valores utilizados en evaluaciones previas estaban basados en estimaciones de datos de marcado en el OPOC y proporciones de sexos del OPO. El supuesto es que la mortalidad natural aumenta cuando las hembras maduran, y esto da lugar a la predominancia de machos de tallas grandes.

Las estimaciones de  $M$  para el aleta amarilla en el OPO fueron actualizadas (ver [Figura 3](#)) mediante la aplicación de un análisis de cohortes a datos de marcado del OPO obtenidos por el reciente programa de marcado de la CIAT ([SAC-14-07](#)) y el ajuste a datos de proporción de sexos del OPO. Se utiliza el análisis de cohortes porque aborda el impacto de la no mezcla en la mortalidad por pesca. Sin embargo, en su lugar, se hacen supuestos sobre la mortalidad por pesca terminal (es decir, ningún pez marcado está vivo después de la última recaptura). La mortalidad natural se parametrizó utilizando la función de Lorenzen para modelar el descenso de la  $M$  con la edad y un aumento de la mortalidad natural de las hembras relacionado con la madurez.

## 2.3. Crecimiento

Los supuestos sobre el crecimiento son fundamentales para la evaluación de los atunes tropicales en el OPO ya que solo se dispone de datos de composición por talla (es decir, no se dispone de datos de composición por edad) y pueden ejercer una influencia considerable sobre las estimaciones de abundancia absoluta. Se actualizó el crecimiento del atún aleta amarilla en el OPO ajustando el modelo de cese de crecimiento a datos de incrementos diarios de otolitos y datos de marcado y recaptura ([Figura 4](#)). Se usó el modelo de cese de crecimiento porque generalmente se ajusta ligeramente mejor a los datos de atunes que el modelo de Richards usado previamente y también reduce el impacto de los numerosos datos de peces jóvenes sobre las estimaciones de talla por edad de peces viejos que tienen pocos datos (Maunder *et al.*, 2018). Solo se dispone de información fiable de incrementos diarios de otolitos hasta aproximadamente los cuatro años de edad, por lo que la información sobre aletas amarillas más viejas

proviene de unos pocos peces marcados recapturados de talla grande en distintas áreas del OPO. Solo se han recuperado seis peces de más de 20 trimestres de edad. También se investigó el crecimiento por sexo.

#### **2.4. Definiciones de las pesquerías, selectividad y ponderación de los datos**

En la evaluación anterior ([SAC-11-07](#)) se utilizaron *splines* para representar la selectividad para modelar la naturaleza irregular (por ejemplo, distribuciones multimodales, distribuciones con hombros, etc.) de la composición por talla para algunas pesquerías. El uso de *splines* para modelar distribuciones irregulares es problemático porque los datos que deberían definirse como dos o más pesquerías con diferentes selectividades se combinan en una sola pesquería. Si la asignación de capturas entre estas pesquerías cambia, la selectividad combinada también cambiará y, sin una selectividad variable con el tiempo, las edades de los peces que se extraen de la pesquería son erróneas y la selectividad erróneamente especificada podría hacer que el ajuste a los datos de composición sesgue los resultados de la evaluación de la población.

Se desarrolló un nuevo enfoque para definir las pesquerías y cómo se modelan sus datos de composición por talla en la evaluación. Este enfoque se basa en la filosofía de que el índice de abundancia y sus datos de composición, que se estandarizan utilizando modelos espaciotemporales para representar mejor la abundancia y reducir cualquier tendencia temporal en la selectividad, deberían proporcionar la principal fuente de información sobre la abundancia. Por el contrario, las pesquerías deberían modelarse para eliminar la captura a la edad adecuada y proporcionar información limitada sobre la abundancia. Este enfoque también supone que las pesquerías deberían presentar distribuciones de composición por talla "regulares" (es decir, que puedan representarse mediante una distribución doble normal). Este supuesto está influido por los resultados de los estudios de selectividad de artes de pesca que muestran composiciones por talla regulares. Sin embargo, para ser prácticos, cuando el índice no proporciona información fiable sobre la abundancia absoluta, es posible que haya que depender de las pesquerías para que proporcionen esta información.

Para implementar esta filosofía, se desarrolló un marco que implica el uso de un análisis de árbol de regresión en los datos de composición por talla para encontrar áreas y/o estaciones en las que las composiciones por talla son similares. Posteriormente, se evalúan para determinar si son "regulares" y/o una selectividad doble normal puede predecir bien la composición por talla en la evaluación de la población. Si no es así, o bien es necesario seguir trabajando para definir las pesquerías o bien 1) se reduce la ponderación de los datos de composición o 2) se eliminan los datos de composición y la selectividad se fija adecuadamente. Las pesquerías que capturan cantidades grandes y tienen buenos datos de composición deberían tener selectividades variables con el tiempo, mientras que las que tienen pocas capturas o datos de composición deficientes deberían tener una selectividad constante y reducir la ponderación de los datos de composición, y las que tienen pocas capturas y datos de composición deficientes deberían tener sus selectividades fijas a un nivel adecuado y sus datos de composición no ajustados ([Figura 5](#)).

Se utilizó el análisis de árbol de regresión (Lennert-Cody *et al.* 2010) para definir cinco pesquerías basadas en áreas para el arte de cerco asociado a delfines ([Figura 6](#)). El área norte (Área 5) captura aleta amarilla pequeño, el área núcleo (Área 4) captura aleta amarilla mediano, y las áreas sur (Áreas 1 y 2) y oeste (Área 3) capturan aleta amarilla grande ([Figura 7a](#)).

No fue posible desarrollar pesquerías para algunas de las pesquerías no asociadas que no disponían de datos "regulares" de frecuencia de talla. Estas pesquerías eran bimodales con picos en peces pequeños y grandes. Este fenómeno también se observa en otros océanos. Investigaciones adicionales mostraron que los lances individuales en las mismas áreas eran generalmente todos de peces pequeños o todos de peces grandes. Lo ideal sería que las capturas de estas pesquerías se dividieran a nivel de lance individual, y

debería investigarse un procedimiento para implementar esta división, ya que los datos de composición por talla disponibles se agregan a nivel de bodega, que puede contener múltiples lances. En el modelo exploratorio, los datos (captura y composiciones por talla) se separaron por talla en una pesquería de peces pequeños y otra de peces grandes, cada una con su propia selectividad, pero con filo de cuchillo en la talla de la división.

Lamentablemente, aunque el nuevo enfoque funcionó bien para el patudo ([SAC-15-02](#)) y el barrilete ([SAC-15-04](#)), fue problemático para el aleta amarilla, sobre todo para el núcleo de la pesquería cerquera asociada a delfines (Área 4, que tiene las mayores capturas y esfuerzo) y para el índice de abundancia basado en el área núcleo, ya que las distribuciones de tallas resultantes seguían siendo irregulares ([Figura 8](#)). Se necesitan selectividades basadas en *splines* para representar adecuadamente los datos de composición cuando se utilizan supuestos asintóticos y en forma de domo. Sin embargo, dado que la plataforma de modelado, Stock Synthesis, que se utilizó para la evaluación no permite estimar la posición de los nudos, resulta difícil determinar las selectividades adecuadas. Por lo tanto, en la evaluación exploratoria se utilizaron selectividades dobles normales a pesar de que los datos de composición por talla no se ajustaban tan bien como cuando se utilizan *splines*. Se requieren investigaciones en el futuro para desarrollar curvas de selectividad más estables que sean más flexibles que la doble normal.

### 3. EVALUACIÓN EXPLORATORIA

Los [modelos exploratorios de evaluación de poblaciones](#) identificaron varios problemas persistentes en la evaluación de la población de atún aleta amarilla en el OPO, a pesar de las mejoras descritas anteriormente. Tal como se mencionó previamente en la sección sobre la estructura de la población, se descubrió que un índice de abundancia relativa y sus datos asociados de composición por talla para el OPO entero eran inadecuados debido a una posible reducción local y estructura de la población. Por lo tanto, se realizó una evaluación para el área núcleo de la pesquería cerquera asociada a delfines (Área 4 en la [Figura 6](#)). Esta área núcleo comprende la mayor parte de la captura de aleta amarilla asociada a delfines en el OPO, pero una cantidad sustancial de la captura de objetos flotantes y aleta amarilla no asociado es capturada fuera del área núcleo ([Figura 9](#)). También se realizó otra evaluación utilizando los datos de la misma área núcleo pero incluyendo la captura del OPO entero. Este segundo modelo es similar al enfoque usado en la evaluación de referencia de 2020.

El modelo de evaluación está simplificado y muy centrado en el núcleo de la pesquería cerquera asociada a delfines ([Tabla 1](#)). Los datos principales son el índice de abundancia y los datos de composición por talla de la pesquería cerquera asociada a delfines para el área núcleo basados en un modelo espaciotemporal y los datos de composición de la pesquería cerquera asociada a delfines del área núcleo. Las selectividades se estiman para el índice y la pesquería asociada a delfines del área núcleo, mientras que las selectividades de las otras pesquerías se fijan aproximadamente en los valores correctos (con base en ejecuciones anteriores de los modelos exploratorios ajustados a sus datos de composición). De este modo, la captura se extrae en las tallas aproximadamente correctas, pero sus datos de composición no influyen en las estimaciones de los parámetros. Es similar al enfoque utilizado para construir un modelo de producción estructurado por edad.

Debido a las dificultades para determinar los *splines* adecuados, se utiliza la distribución doble normal para representar las selectividades. Para las selectividades asintóticas, que fueron utilizadas para el índice y la pesquería cerquera asociada a delfines, solo se usa el lado izquierdo de la distribución doble normal. De forma similar al índice para el OPO, tal como se mencionó anteriormente en la sección sobre las definiciones de las pesquerías, selectividad y ponderación de los datos, la distribución doble normal no se ajusta bien a los datos de composición por talla para el índice basado en el área núcleo ([Figura 8](#)) ni a la composición por talla de la pesquería cerquera asociada a delfines en el área núcleo.

En el área núcleo, hay muy pocos aletas amarillas capturados en la talla asintótica (172 cm) y no está claro si la talla asintótica está sesgada debido a la inclusión de peces de diferentes áreas (poblaciones) en el análisis de crecimiento o si se debe a algún otro factor. Por lo tanto, se repitieron los análisis en los que 1) la talla asintótica se estima en la evaluación y 2) se supone que las selectividades asintóticas tienen forma de domo ([Tabla 2](#)).

Todos los modelos de evaluación estimaron tendencias similares en la abundancia, pero los niveles de abundancia absoluta y reducción difirieron entre los tres escenarios de supuestos de los modelos ([Figura 10](#)). En general, las estimaciones del modelo del OPO fueron como los resultados del área núcleo. Como era de esperarse, los modelos que estimaron la talla asintótica fueron más optimistas que los modelos que la mantuvieron fija en el valor del análisis de crecimiento ([Figura 10](#)). Los modelos que supusieron una selectividad en forma de domo para el índice y la pesquería DEL estimaron un nivel de biomasa alto poco realista y un nivel de reducción bajo, sobre todo cuando se basaron en la definición dinámica de biomasa en ausencia de pesca que toma en consideración las series de tiempo del reclutamiento ([Figura 10](#)). El modelo más pesimistas de los que suponen que el reclutamiento es independiente del tamaño de la población (inclinación de la relación población-reclutamiento  $h = 1.0$ ), estima la reducción dinámica en un 22% en 2024, por encima del  $S_{RMS}/S_0 = 16\%$  ([Tabla 3](#)). La población está más reducida cuando se basa en la biomasa de equilibrio en ausencia de pesca ([Figura 11](#)), ya que en los últimos 20 años se ha producido un cambio de régimen hacia un menor nivel de reclutamiento. El modelo con la inclinación de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt fijada en  $h = 0.8$  tiene la reducción dinámica actual en 16%, que está por debajo del nivel correspondiente de  $S_{RMS}/S_0$  del 31%. Esta sensibilidad se ponderó en el análisis de riesgos de 2020 como teniendo aproximadamente la mitad del peso (46%) de los modelos con una inclinación de  $h=1$ . La probabilidad de que se haya rebasado el punto de referencia límite es muy inferior al 10% en todos los escenarios con inclinación igual a 1 (menos del 0.1%) ([Tabla 3](#), [Figura 12](#)).

#### 4. INDICADORES DE CONDICIÓN DE POBLACIÓN

Dado que la evaluación provisional se centró en el núcleo de la pesquería cerquera asociada a delfines y que el desplazamiento limitado indicado por los datos de mercado sugiere aislamiento por distancia y posible reducción local, existe la preocupación de que la condición de la población pueda diferir espacialmente y que la evaluación exploratoria no tenga en cuenta la condición de la población fuera del área núcleo. Esto es especialmente preocupante para el área entre la línea ecuatorial y 5°N, donde existe un esfuerzo importante de la pesquería cerquera sobre objetos flotantes (Áreas 1 y 2; en el caso del Área 2, la captura es elevada solo en los últimos años). Por lo tanto, se generaron indicadores de condición de población basados en la pesquería cerquera asociada a delfines (DEL) y en la pesquería palangrera para las áreas definidas para las pesquerías DEL ([Figura 6](#)). Los indicadores incluyeron la CPUE nominal y la talla promedio.

Inicialmente, se pensó que las áreas sur y oeste parecían estar menos explotadas porque la pesquería DEL captura aletas amarillas más grandes, lo que indica que es posible que la población no esté tan explotada como en el área núcleo. Sin embargo, después de considerarlo más detenidamente, la pesquería OBJ aún podría estar teniendo un impacto dado que la talla de los peces capturados en la pesquería OBJ tiene un traslape limitado con la talla de los peces en la pesquería DEL y, por lo tanto, podría no tener un impacto en la talla de los peces que entran en la pesquería DEL. Además, dado que la captura de la pesquería DEL es pequeña en estas áreas, se puede esperar que la talla promedio siga siendo grande. Por lo tanto, la CPUE podría ser un mejor indicador en estas áreas.

Se crearon indicadores basados en la CPUE nominal y la talla promedio para las pesquerías DEL y de palangre para las cinco pesquerías DEL definidas espacialmente ([Figura 6](#)). Se aplicaron suavizadores *loess* a los valores porque eran muy variables en algunas áreas debido a la escasez de datos. La CPUE nominal de la pesquería DEL mostró un gran pico de CPUE en 2001 en todas las áreas ([Figura 13](#)). Las Áreas 1, 3, 4



y 5 mostraron tendencias similares con un cambio sustancial en la CPUE después del pico, mientras que el Área 1 mostró mayores variaciones antes del pico (Figura 13). El Área 2 mostró un descenso menor. La CPUE nominal de palangre limitada a las áreas en las que opera la pesquería DEL, solo el Área 2 muestra un pico grande en 2000 (Figura 14). Sin embargo, esta área muestra grandes fluctuaciones. Todas las demás áreas muestran una reducción de la CPUE después de 2000. El Área 4 muestra la menor reducción. El panorama es un poco diferente si la CPUE de palangre no se limita al área en la que opera la pesquería DEL (Figura 15). El Área 1 presenta un pico en 2000 y el Área 2, en 2001. Todas las áreas, excepto el Área 2, presentan un descenso de la CPUE después de 2000. El Área 2 presenta un descenso de la CPUE después de 2009. El Área 4 presenta el menor descenso. En resumen, la CPUE DEL no indica ninguna evidencia de mayores descensos en la abundancia en las otras áreas en comparación con el área núcleo que se evalúa en el modelo exploratorio (Área 4). Sin embargo, la CPUE de palangre indica que es posible que en todas las demás áreas la disminución sea mayor. No obstante, la cantidad de datos para el Área 4 es limitada, por lo que las comparaciones para la CPUE de palangre son inciertas.

La talla promedio es mucho menos sensible a la explotación que la CPUE, por lo que es más difícil interpretar la evidencia de tasas de reducción más elevadas. Esto es especialmente cierto en el caso de una especie de vida relativamente corta como el aleta amarilla, con un reclutamiento muy variable. Las diferencias en la talla promedio de las cinco áreas de la pesquería DEL son consistentes a lo largo del tiempo (Figura 16). Sin embargo, existe una variabilidad temporal considerable. Curiosamente, hay cambios en la talla promedio después del pico de la CPUE en 2000, pero la dirección del cambio difiere entre áreas. La talla promedio aumenta en las Áreas 1 y 2 (sur), pero disminuye en las demás áreas. Es muy difícil detectar tendencias que puedan indicar una mayor reducción que en el área núcleo, excepto quizá la disminución en el Área 2 después de 2000. La talla promedio de palangre no parece mostrar ningún patrón o tendencia, excepto que alrededor de 2000 aumentó la talla promedio en el área núcleo (Figura 17).

La talla promedio de palangre es bastante diferente de la talla promedio de la pesquería DEL, tanto en magnitud (mayor) como en talla relativa entre áreas. El Área 1 tiene la talla promedio más alta en ambas, pero el Área 4 es menor que las demás (excepto el Área 5) para la pesquería DEL. Estas comparaciones son inciertas debido al área limitada en la que faena la pesquería de palangre en el Área 4.

## 5. CONCLUSIÓN

La evaluación de la población de atún aleta amarilla en el OPO sigue presentando una gran incertidumbre estructural. Gran parte de esta incertidumbre se debe a la falta de información sobre el crecimiento y la estructura de la población y a la ausencia de información directa sobre la abundancia absoluta. Las evaluaciones exploratorias indican que la población se encuentra en torno a los niveles correspondientes al RMS y por encima del nivel relativo al punto de referencia límite. Sin embargo, estas conclusiones son inciertas y dependen de la inclinación supuesta de la relación población-reclutamiento de Beverton-Holt. Se necesitan más análisis que aborden la estructura espacial y de la población para determinar la condición de la población.

En general, no hay evidencia sólida a partir de los indicadores de que las demás áreas estén experimentando una mayor reducción que el área núcleo. En particular, la CPUE de la pesquería DEL muestra tendencias similares, excepto en el área costera sur (Área 2), que muestra un descenso menor. La CPUE de palangre muestra algunas evidencias, pero los datos del área núcleo son escasos, por lo que cualquier conclusión es incierta. Existen algunas discrepancias entre las frecuencias de talla de la pesquería DEL y la de palangre, pero es probable que esto se deba también a la limitada información de frecuencia de talla de los datos de palangre en las áreas en las que se traslapa con la pesquería DEL. Una preocupación inmediata es el impacto de la pesquería OBJ, que puede no ser perceptible en la talla promedio de la

pesquería DEL debido a un traslape limitado en las tallas capturadas. Sin embargo, no parece haber una señal en los datos de CPUE de la pesquería DEL que indique un impacto sustancial de la pesquería OBJ.

## 6. INVESTIGACIONES FUTURAS

Hay varias cuestiones que persisten en la evaluación del atún aleta amarilla en el OPO y es necesario realizar investigaciones para mejorar la evaluación y el asesoramiento de ordenación. Las siguientes áreas de investigación se consideran prioritarias.

### A corto plazo:

**Desarrollar métodos de análisis de conglomerados basados en áreas irregulares pero contiguas.** El principal enfoque utilizado actualmente para definir las pesquerías, que también puede utilizarse para informar la estructura de las poblaciones, se basa en un método de árbol de regresión que utiliza divisiones de latitud y longitud. La estructura espacial puede deberse a diversos factores, que pueden no estar directamente relacionados con la latitud y la longitud. Algunos de los problemas que plantea la definición de las pesquerías y la representación de la composición por talla mediante selectividades dobles normales y la definición de la estructura de la población pueden deberse a una estructura espacial diagonal o irregular.

**Desarrollar curvas de selectividad asintótica flexibles y que tengan buen comportamiento.** Utilizar el lado izquierdo de la distribución doble normal o una curva logística para representar la selectividad asintótica parece ser demasiado inflexible para representar adecuadamente los datos de composición por talla. Los *splines* tienden a ser demasiado flexibles y producen formas irregulares. Tampoco es posible estimar el nudo donde se produce la selectividad asintótica en los *splines* implementados en Stock Synthesis. Se necesita una curva de selectividad asintótica más regular, pero flexible, que permita estimar el punto en el que se vuelve asintótica.

**Crear un índice de abundancia relativa basado en la CPUE de palangre utilizando datos de todas las flotas de aguas lejanas.** Actualmente, el índice de abundancia está basado solo en los buques de Japón. La flota japonesa ha ido reduciendo su esfuerzo y su cobertura espacial y ha provocado una gran incertidumbre en el índice. Podrían incluirse en el análisis datos de flotas de otras naciones. Es posible que para ello sea necesario tener en cuenta las diferencias de capturabilidad y selectividad entre las flotas. El análisis solo puede ser desarrollado eficazmente si los Miembros proporcionan los datos requeridos al personal de la CIAT de forma permanente. **Investigar el índice derivado de la CPUE de la pesquería asociada a delfines.** Las composiciones por talla asociadas al índice de abundancia presentan irregularidades a pesar de la estandarización mediante modelos espaciotemporales y de la restricción al área núcleo. Existe la preocupación de que el índice pueda ser indicativo de la asociación delfines-atunes más que estrictamente de la abundancia de atún aleta amarilla, y que pueda no estar linealmente relacionado con la abundancia. Es necesario investigar las posibles covariables relacionadas con la capturabilidad (por ejemplo, la especie de delfín) y la abundancia (por ejemplo, factores ambientales) para comprender mejor el índice.

**Seguir desarrollando modelos para caracterizar la estructura espacial/de la población.** Se necesita un examen más a fondo para definir estructuras alternativas de la población para la evaluación. Estas alternativas formarán la base tanto para el análisis de riesgos como para la evaluación de estrategias de ordenación del atún aleta amarilla en el OPO.

**Mejorar el análisis espaciotemporal de los datos de marcado y aplicarlo al atún aleta amarilla.** Se desarrolló un nuevo análisis espaciotemporal de los datos de marcado para tratar la no mezcla y se aplicó al barrilete ([SAC-15-04](#)). Este modelo proporciona estimaciones de abundancia absoluta y podría aplicarse al aleta amarilla. Actualmente, una cantidad sustancial de información sobre la abundancia absoluta para



la evaluación del aleta amarilla procede de los datos de composición por talla, lo cual es problemático ya que depende en gran medida de la talla asintótica de la curva de crecimiento y de los supuestos sobre selectividad. Podrían introducirse varias mejoras en el modelo espaciotemporal, como el modelado explícito de la tasa de explotación y la inclusión de la estructura por talla.

#### **A mediano plazo:**

**Recolectar más datos para informar la curva de crecimiento.** La talla asintótica de la curva de crecimiento está informada por solo unas pocas recapturas de marcas de aletas amarillas grandes. Estos aletas amarillas son más grandes de lo que se suele observar en el área núcleo de la pesquería DEL y no está claro si son de la misma población o si indican que la población está muy reducida, que la pesquería DEL tiene una selectividad en forma de domo o que los aletas amarillas grandes se desplazan fuera del área núcleo. Dado que el ajuste a los datos de composición puede tener una gran influencia en las estimaciones de abundancia absoluta, se necesita más información sobre la talla asintótica. Dados los problemas con la determinación de la edad del aleta amarilla grande a partir de incrementos diarios y la controversia sobre la determinación anual de la edad ([OTM-28](#)), es prioritario recolectar más datos de marcado de aletas amarillas grandes en el área núcleo.

**Recolectar más datos de marcado.** Actualmente, los datos de marcado del atún aleta amarilla son limitados y, por lo tanto, es probable que las estimaciones de abundancia del análisis espaciotemporal de marcado sean inciertas. Además, el análisis requiere estimaciones fiables de las tasas de notificación, mortalidad relacionada con el marcado y pérdida de marcas. Las estimaciones de mortalidad natural también se obtuvieron a partir de datos de marcado. Un programa mejorado y exhaustivo de marcado mejoraría en gran medida la evaluación y ayudaría también a definir mejor la estructura de la población.

#### **REFERENCIAS**

- Lennert-Cody, C.E., Minami, M., Tomlinson, P.K., Maunder, M.N. 2010b. Exploratory analysis of spatial-temporal patterns in length-frequency data: An example of distributional regression trees. *Fisheries Research* 102: 323-326
- Lorenzen, K., 2022. Size- and age-dependent natural mortality in fish populations: Biology, models, implications, and a generalized length-inverse mortality paradigm. *Fisheries Research* 255, 106454. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106454>
- Maunder, M.N., Deriso, R.B., Schaefer, K.M., Fuller, D.W., Aires-da-Silva, A.M., Minte-Vera, C.V., Campana, S.E., 2018. The growth cessation model: a growth model for species showing a near cessation in growth with application to bigeye tuna (*Thunnus obesus*). *Mar Biol* 165, 76. <https://doi.org/10.1007/s00227-018-3336-9>
- Methot, R.D., Taylor, I.G. 2011. Adjusting for bias due to variability of estimated recruitments in fishery assessment models. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68: 1744–1760
- Methot, R.D., and Wetzel, C.R. 2013. Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research* 142: 86-99.
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W., 2022. Horizontal movements, utilization distributions, and mixing rates of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) tagged and released with archival tags in six discrete areas of the eastern and central Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography* 31, 84–107. <https://doi.org/10.1111/fog.12564>

**TABLE 1.** Summary of the main assumptions of the exploratory models.

**TABLA 1.** Resumen de los principales supuestos de los modelos exploratorios.

Proceso	Componente	Supuesto
Definiciones de pesquerías		33 pesquerías definidas según el arte y el área de operación (Anexo 1). El modelo núcleo tiene 2 pesquerías OBJ, 1 NOA, 1 DEL, 2 LL, 1 descarte OBJ, 1 BB. El modelo del OPO tiene 7 pesquerías OBJ, 5 NOA, 5 DEL, 10 LL, 1 descarte OBJ, 1 BB.
Selectividad	Índice	Asintótica modelada mediante una doble normal En el modelo con forma de domo, se supone una doble normal con forma de domo
	Pesquería DEL núcleo	Bloques de tiempo Asintótica modelada mediante una doble normal en el último bloque En el modelo con forma de domo, se supone una doble normal con forma de domo
	Otras pesquerías	Fija usando un doble normal
Crecimiento	Talla promedio por edad	Estimado utilizando el modelo de cese de crecimiento ajustado a los datos de incrementos diarios de otolitos y a los datos de marcado y recaptura, ver Figura 4. En el modelo <i>asympt_Linf</i> , el parámetros <i>Linf</i> es estimado dentro de la evaluación
	Variación de la talla por edad	La desviación estándar (DE) de la talla por edad es una función lineal de la talla (la DE de los peces de edad cero se estima y se supone igual a 7.64 para la edad de 29 trimestres)
Mortalidad natural		Estructurada por edad y sexo. Estimada mediante un análisis de cohortes ajustado a los datos de marcado y proporción de sexos. Ver Figura 3.
Reclutamiento	Relación población-reclutamiento	El reclutamiento es independiente del tamaño de la población (es decir, la inclinación de la relación población-reclutamiento es $h = 1$ ) y se estima para cada trimestre.
	Variación	Se supone que el reclutamiento trimestral varía en torno al nivel promedio mediante una distribución lognormal con una desviación estándar de 1. La rampa de corrección del sesgo y la corrección completa del sesgo se estimaron utilizando una única iteración del enfoque de Methot y Taylor (2011) tal y como se implementó en <i>r4ss</i>
Índice de abundancia		El índice basado en DEL es proporcional a la abundancia

**TABLE 2.** Exploratory stock assessments models.

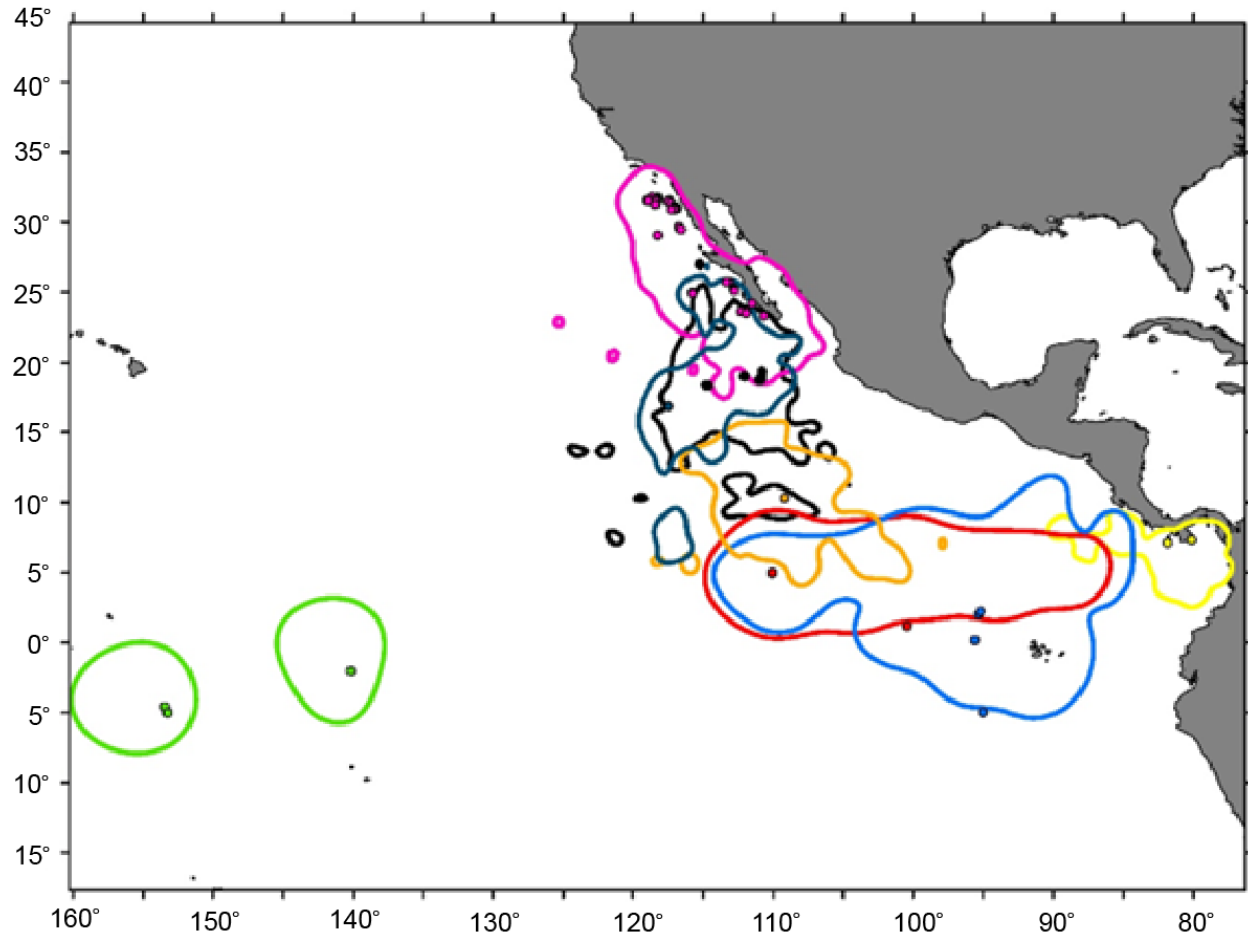
**TABLA 2.** Modelos de evaluación exploratoria.

<b>Modelo</b>	<b>Captura</b>	<b>Selectividad de la pesquería DEL e índice</b>	<b>Talla asintótica</b>	<b>Inclinación (h)</b>
Core Asymp	Núcleo	Asintótica	Fija	1.0
Core Asymp h 0.8	Núcleo	Asintótica	Fija	0.8
Core Asymp Linf	Núcleo	Asintótica	Estimada	1.0
Core Dome	Núcleo	Domo	Fija	1.0
EPO Asymp	OPO	Asintótica	Fija	1.0
EPO Asymp Linf	OPO	Asintótica	Estimada	1.0
EPO Dome	OPO	Domo	Fija	1.0

**TABLE 3.** Estimates of some reference quantities obtained by the exploratory stock assessments models for yellowfin tuna in the EPO, 2024:  $S_{MSY} / S_0$  is the equilibrium spawning biomass corresponding to the maximum sustainable yield relative to the virgin spawning biomass ( $S_0$ ),  $S_{current} / dS_0$  is the spawning biomass at the beginning of 2024 relative to the spawning biomass with no fishing (dynamic  $S_0$ ),  $h$  is steepness value of the stock-recruitment function, Linf refers to a model that estimates the growth asymptotic length parameters. (See Appendix 2 for the definitions of the quantities reported),  $P(S_{current}/S_0 < 0.077)$  is the probability of exceeding the limit reference point. The Core\_Asymp h 0.8 failed to estimate a positive-definite Hessian matrix.

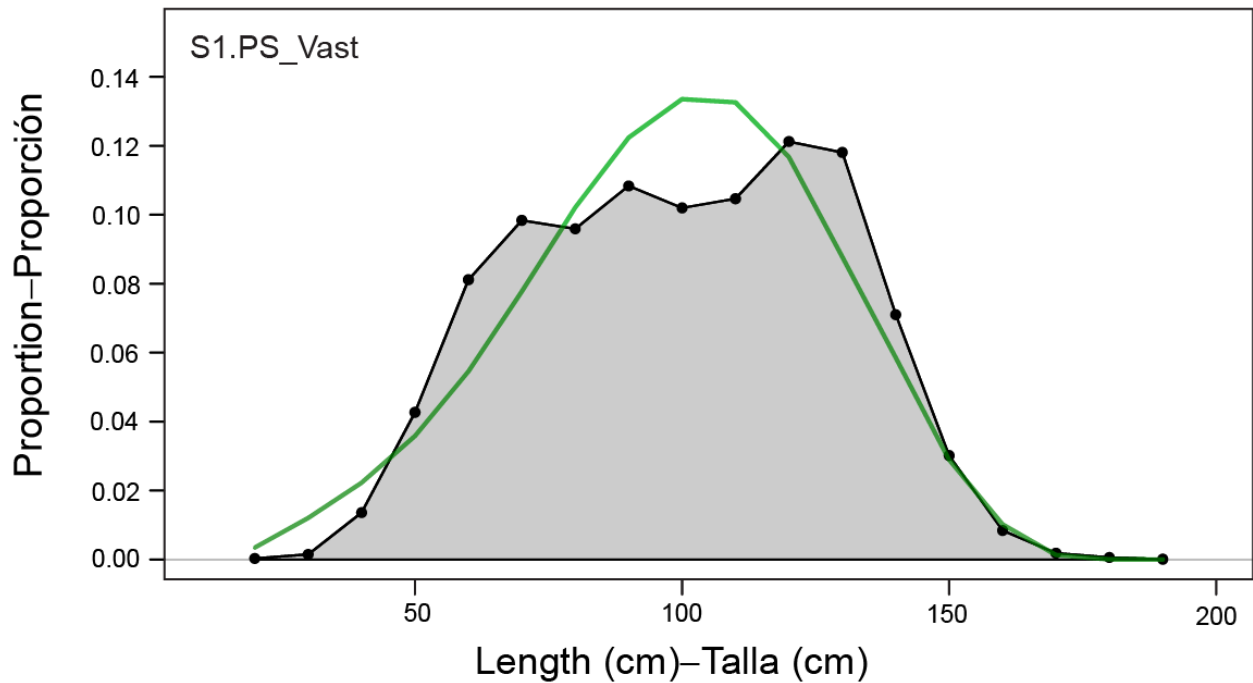
**TABLA 3.** Estimaciones de algunas cantidades de referencia obtenidas por los modelos de evaluación exploratoria para el atún aleta amarilla en el OPO, 2024:  $S_{RMS} / S_0$  es la biomasa reproductora en equilibrio correspondiente al rendimiento máximo sostenible relativa a la biomasa reproductora virgen ( $S_0$ ),  $S_{actual} / dS_0$  es la biomasa reproductora a principios de 2024 relativa a la biomasa reproductiva sin pesca ( $S_0$  dinámico),  $h$  es el valor de la inclinación de la función población-reclutamiento, Linf se refiere a un modelo que estima los parámetros de crecimiento de la talla asintótica. (Ver el Anexo 2 para la definición de las cantidades presentadas).  $P(S_{actual}/S_0 < 0.077)$  es la probabilidad de exceder el punto de referencia limite. El modelo Core\_Asymp h 0.8 no obtuvo una matriz Hessiana positiva definida.

Modelo	$S_{RMS}/S_0$	$S_{actual}/dS_0$	$S_{actual}/S_0$	$P(S_{actual}/S_0 < 0.077)$
Core_Asymp	0.16	0.22	0.14	0
Core_Asymp h 0.8	0.31	0.16	0.10	NA
Core_Asymp_Linf	0.11	0.33	0.20	0
Core_Dome	0.10	0.80	0.43	0
EPO_Asymp	0.19	0.25	0.19	0
EPO_Asymp_Linf	0.14	0.35	0.25	0
EPO_Dome	0.11	0.91	0.52	0



**FIGURE 1.** 95% contours of the displacement distribution of archival tags depicting the limited movement of yellowfin tuna. Colors indicate the release locations (dots). Each contour represents a group of fish ranging from 5 fish in the Central Pacific Ocean (green) to 126 off Baja California (pink). See Schaefer and Fuller (2022) for more details.

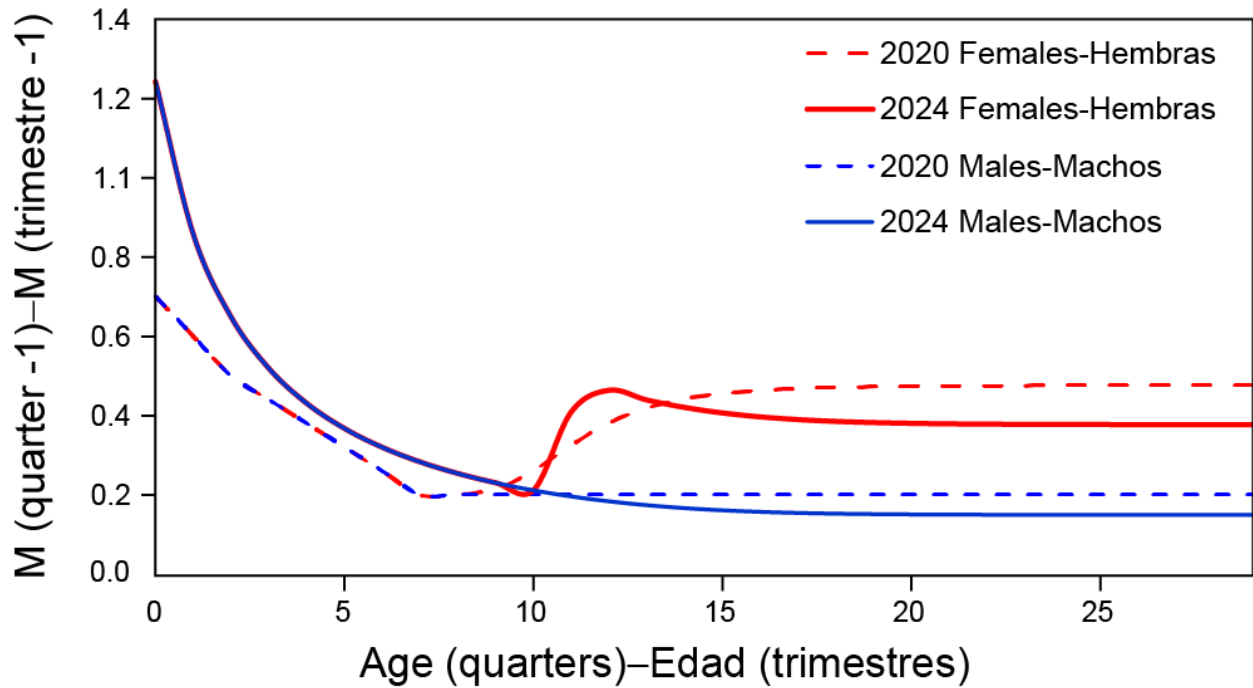
**FIGURA 1.** Contornos del 95% de la distribución del desplazamiento de las marcas archivadoras que muestran el desplazamiento limitado del atún aleta amarilla. Los colores indican los lugares de liberación (puntos). Cada contorno representa un grupo de peces que va desde 5 peces en el Océano Pacífico central (verde) hasta 126 frente a Baja California (rosa). Ver Schaefer y Fuller (2022) para más detalles.



**FIGURE 2.** Illustration of how the stock assessment model (line) is unable to fit the DEL index of abundance composition data for the whole EPO (shaded area) obtained by standardizing the fishery length composition data using spatio-temporal models.

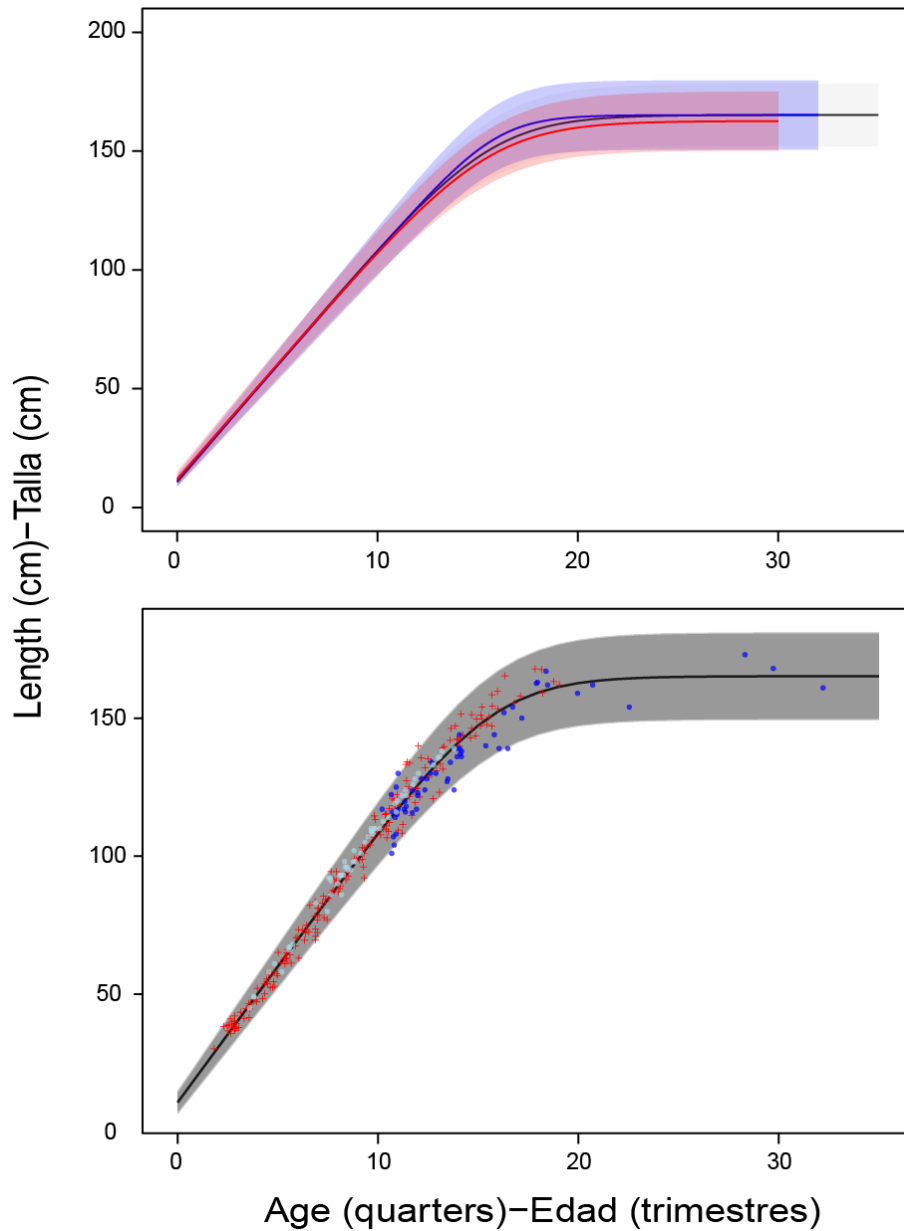
**FIGURA 2.** Ilustración de cómo el modelo de evaluación (línea) es incapaz de ajustar los datos de composición por talla del índice de abundancia DEL para el OPO entero (área sombreada) obtenidos mediante la estandarización de los datos de composición por talla de la pesquería usando modelos espaciotemporales.





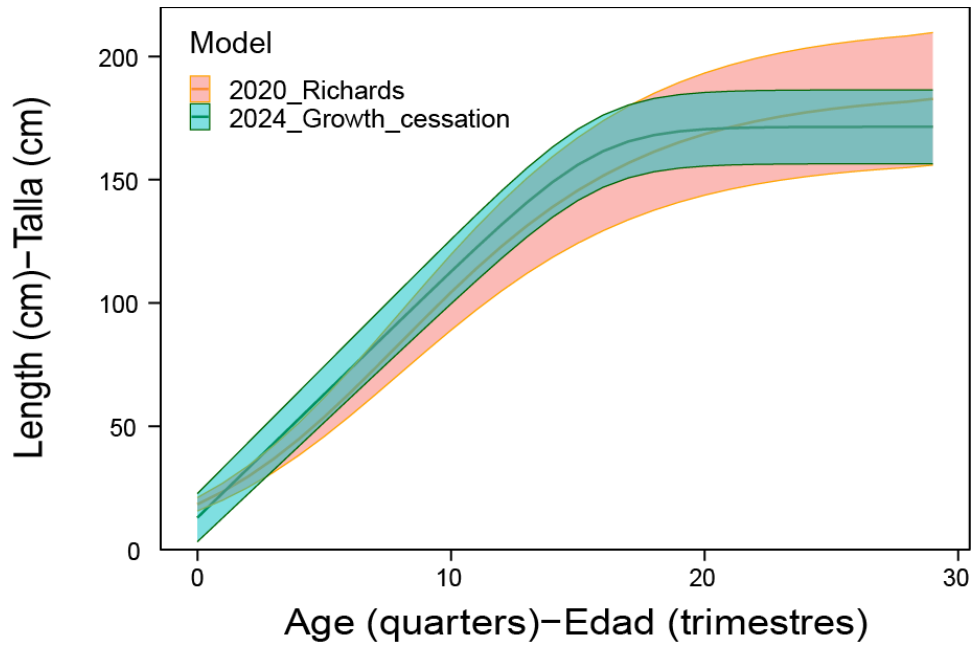
**FIGURE 3.** Comparison of the 2024 estimates of natural mortality with those used in the 2020 benchmark assessment for males and females.

**FIGURA 3.** Comparación de las estimaciones de mortalidad natural de 2024 con las utilizadas en la evaluación de referencia de 2020 para machos y hembras.



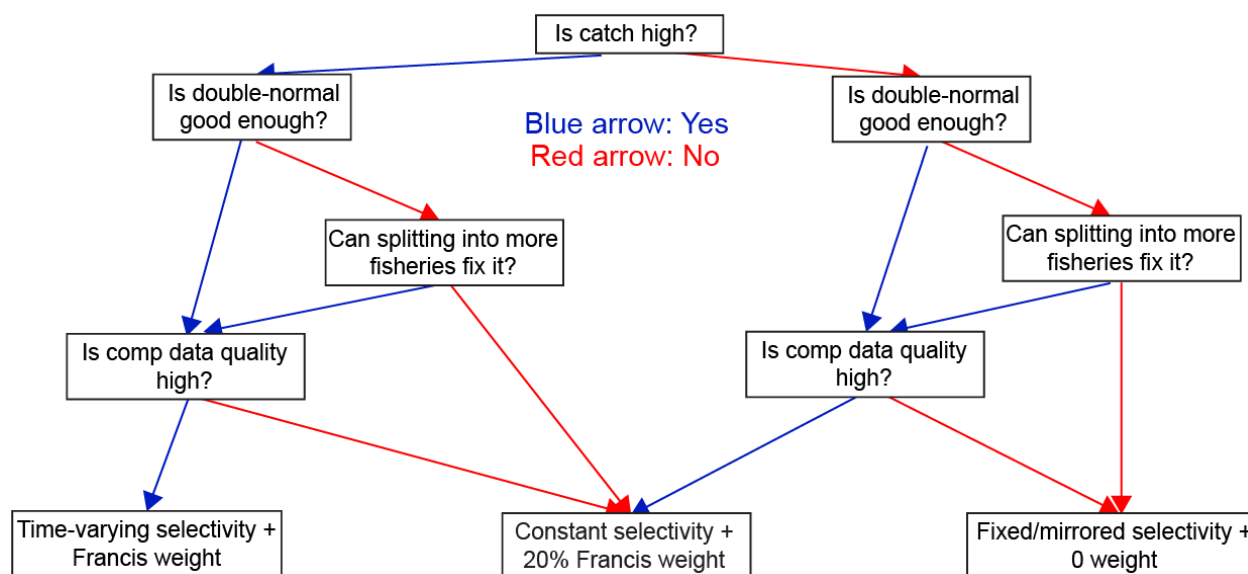
**FIGURE 4a.** New estimates of growth. Top: estimates for males (blue), females (red), and both (gray). Bottom: estimates used in the assessment model. Data fit are otolith data (red crosses) from Wild (1986) and tagging data (releases in light blue, recoveries in dark blue). Tagging data only for older individuals were used (estimated age at recovery larger than 10 quarters).

**FIGURA 4a.** Nuevas estimaciones de crecimiento. Arriba: estimaciones para machos (azul), hembras (rojo) y ambos (gris). Abajo: estimaciones utilizadas en el modelo de evaluación. Los datos ajustados son datos de otolitos (cruces rojas) de Wild (1986) y datos de marcado (liberaciones en azul claro, recuperaciones en azul oscuro). Solo se utilizaron datos de marcado de individuos más viejos (edad estimada en el momento de recuperación superior a 10 trimestres).



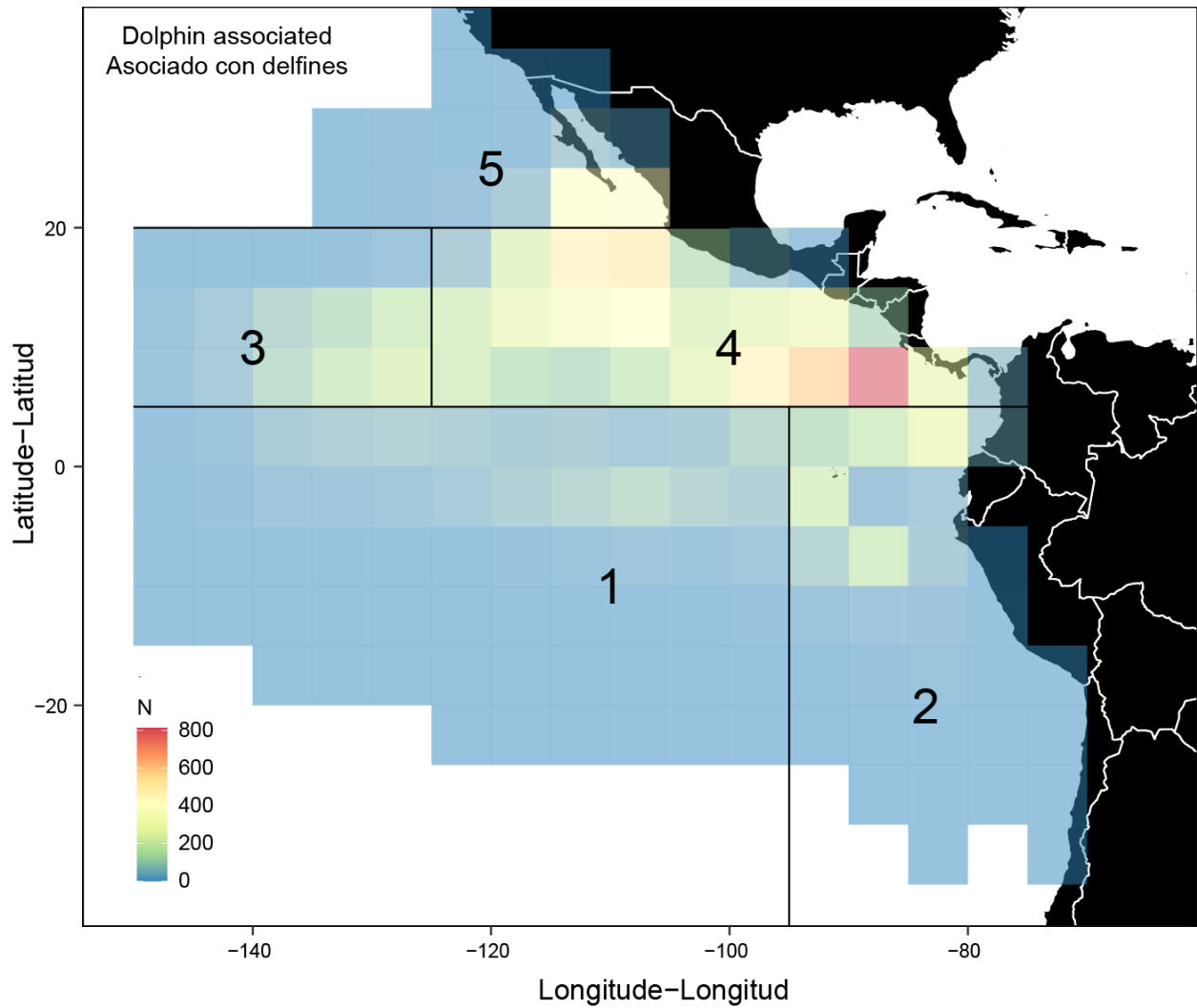
**FIGURE 4b.** Comparison of growth function used in the 2020 Benchmark assessment and the 2024 growth model used in the current analyses.

**FIGURA 4b.** Comparación de la función de crecimiento utilizada en la evaluación de referencia de 2020 y el modelo de crecimiento de 2024 utilizado en los análisis actuales.



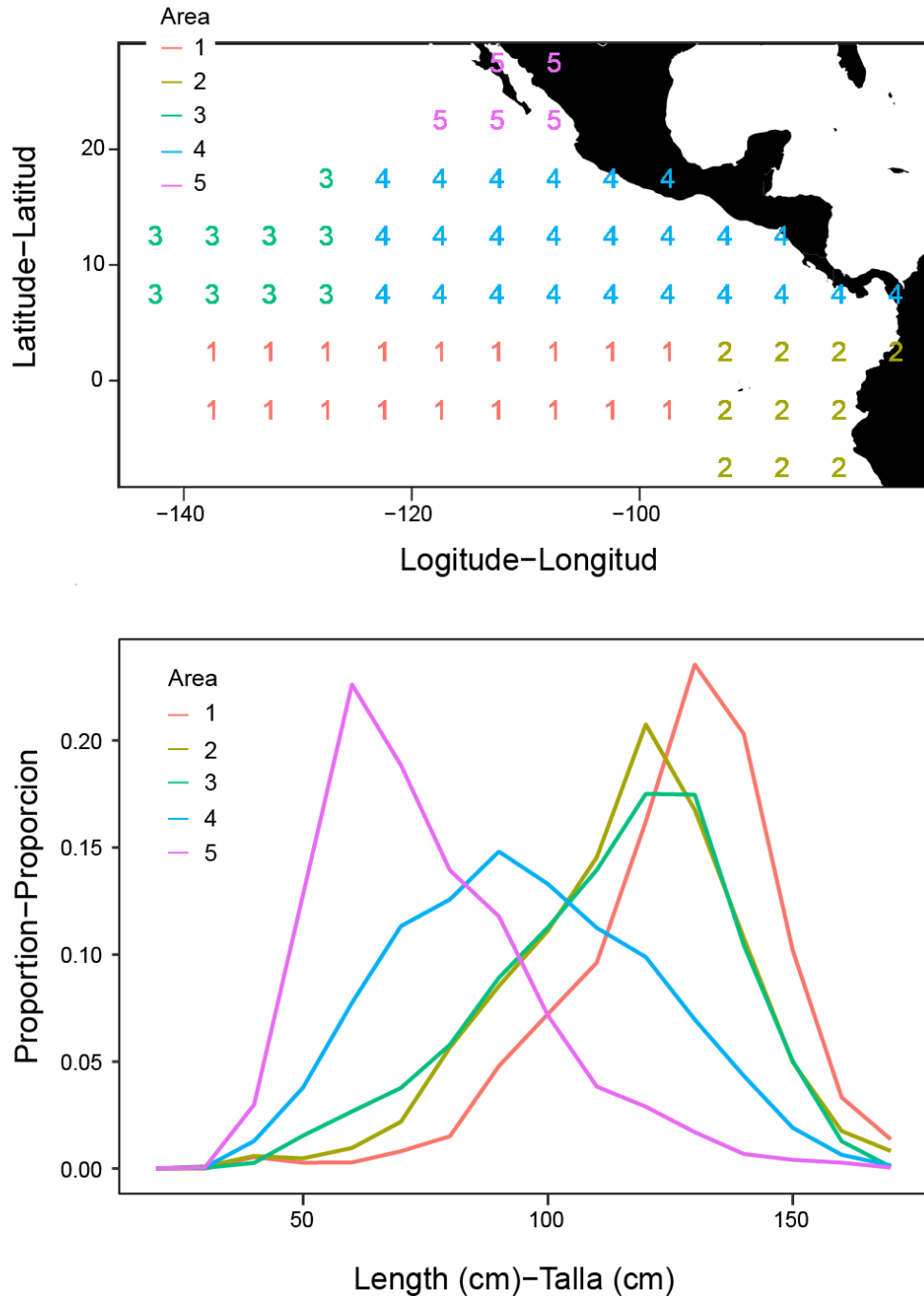
**FIGURE 5.** The decision tree used to define the selectivity form and temporal variation, and composition data weighting.

**FIGURA 5.** Árbol de decisión utilizado para definir la forma de la selectividad y la variación temporal, así como la ponderación de los datos de composición.



**FIGURE 6.** The areas defined for the dolphin associated purse seine fisheries using tree analysis of length composition data. The variability explained was 22.27%. The colors show the annual average number (N) of purse-seine set associated with dolphins in 2000-2023.

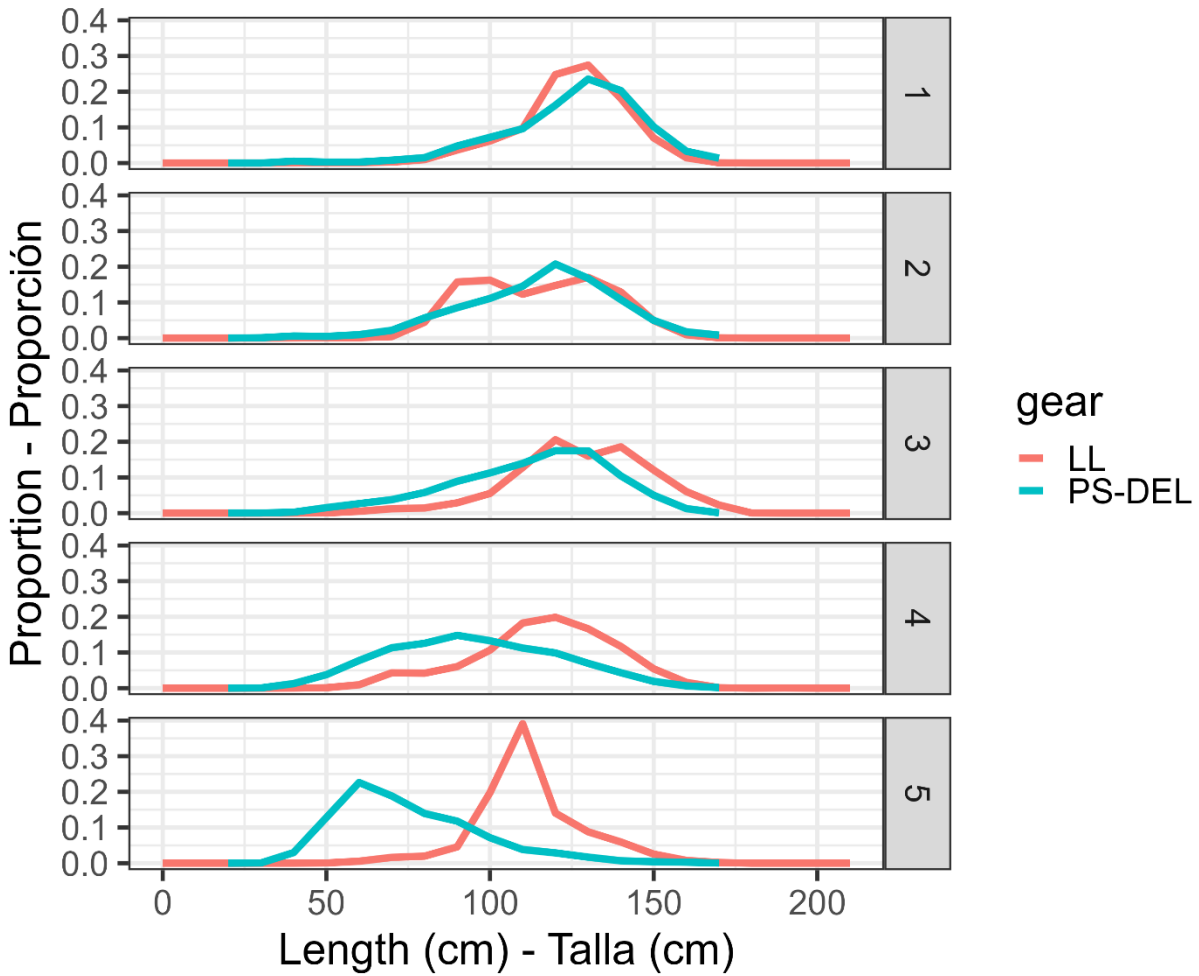
**FIGURA 6.** Las áreas definidas para la pesquería cerquera asociada a delfines usando análisis de árbol de datos de composición por talla. La variabilidad explicada fue 22.27%. Los colores indican el número promedio anual (N) de lances cerqueros asociados a delfines en 2000-2023.



**FIGURE 7a.** Average length compositions for the 5 areas dolphin associated fisheries (top panel) determined by the cluster analysis, which explained 22.27% of the length composition variability. The data used was from 2000 to 2023.

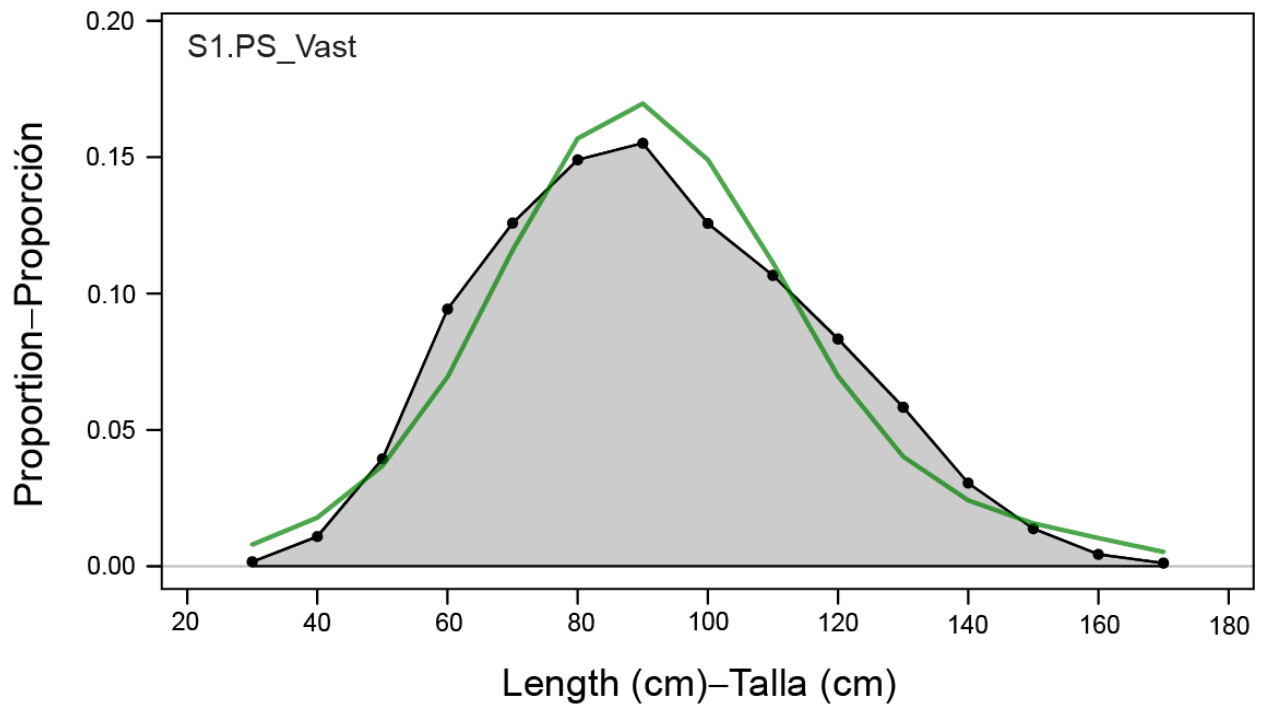
**FIGURA 7a.** Composición por talla promedio para las cinco áreas de las pesquerías asociadas a delfines (panel superior) determinadas por el análisis de conglomerados, que explicó el 22.27% de la variabilidad de la composición por talla. Los datos utilizados fueron de 2000 a 2023.





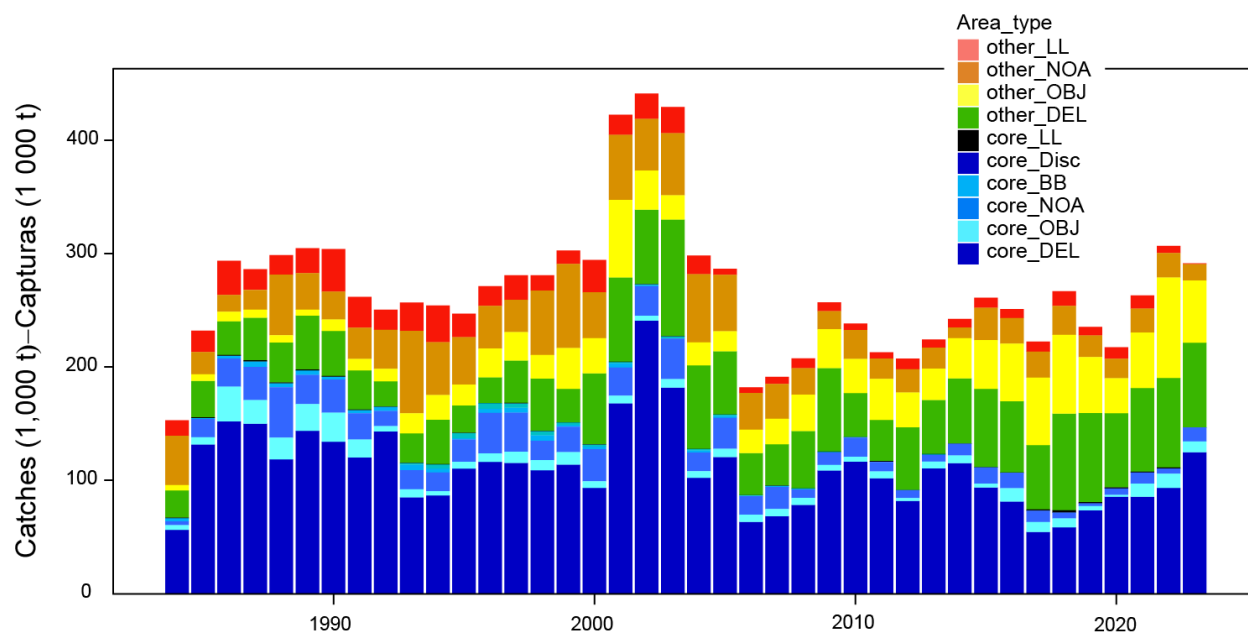
**FIGURE 7b.** Comparison of the average length compositions for the 5 areas dolphin associated fisheries (top panel Figure 7a) determined by the cluster analysis and the average length compositions for the same areas from the Japanese fleets for years 1967 to 1978, when the fleet had its operations fully expanded in the EPO.

**FIGURA 7b.** Comparación de las composiciones por talla promedio para las cinco áreas de las pesquerías asociadas a delfines (panel superior Figura 7a) determinadas por el análisis de conglomerados y las composiciones por talla promedio para las mismas áreas de las flotas japonesas para los años 1967 a 1978, cuando la flota tenía sus operaciones plenamente expandidas en el OPO.



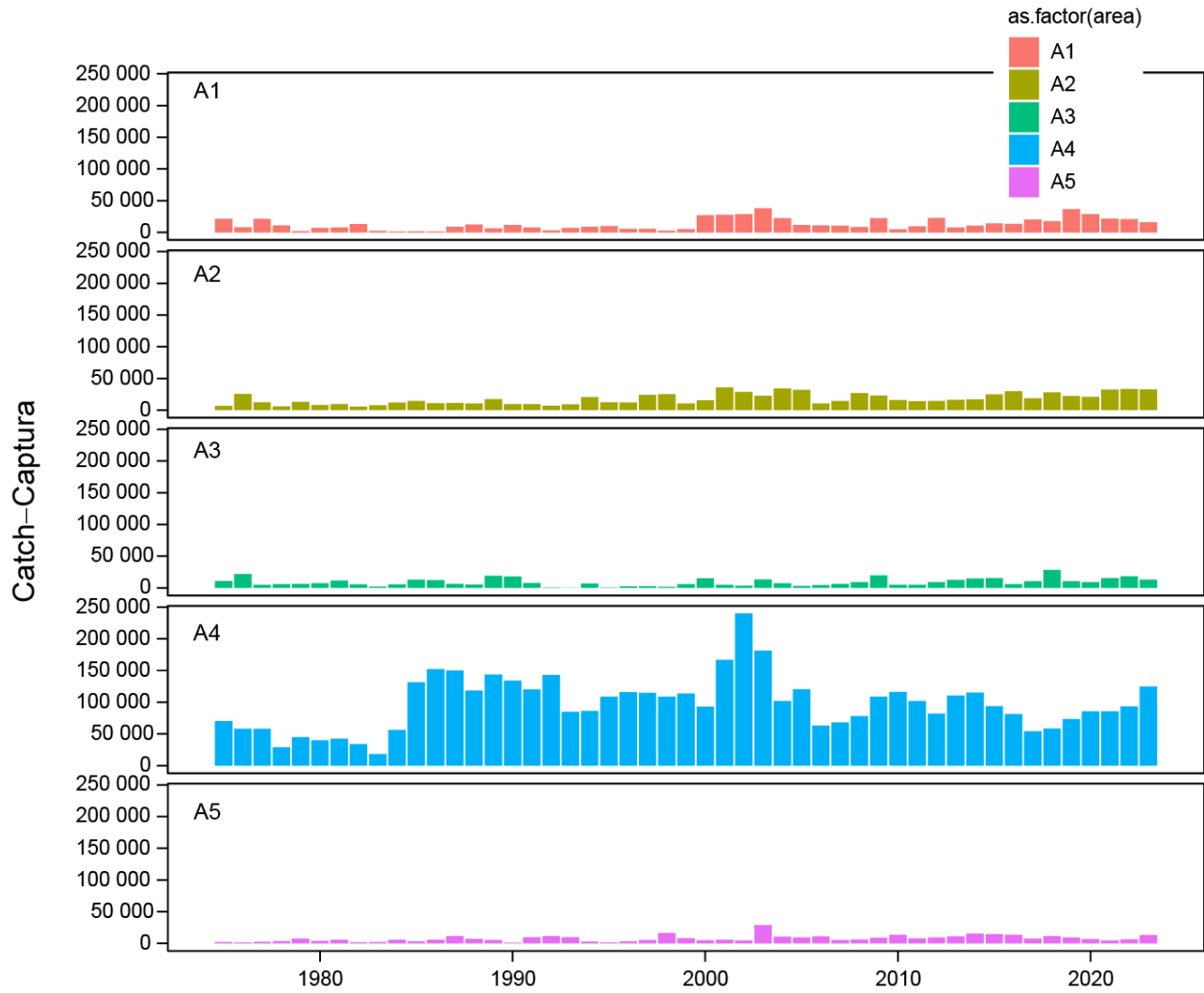
**FIGURE 8.** Average length and the stock assessment model fit (line) to the dolphin associated purse-seine-based index of abundance composition data (shaded area) based on the core area (area 4) with an asymptotic selectivity (Core Asymp model).

**FIGURA 8.** Talla promedio y el modelo de evaluación ajustado (línea) a los datos de composición del índice de abundancia basado en la pesquería cerquera asociada a delfines (área sombreada) basado en el área núcleo (Área 4) con una selectividad asintótica (modelo Core Asymp).



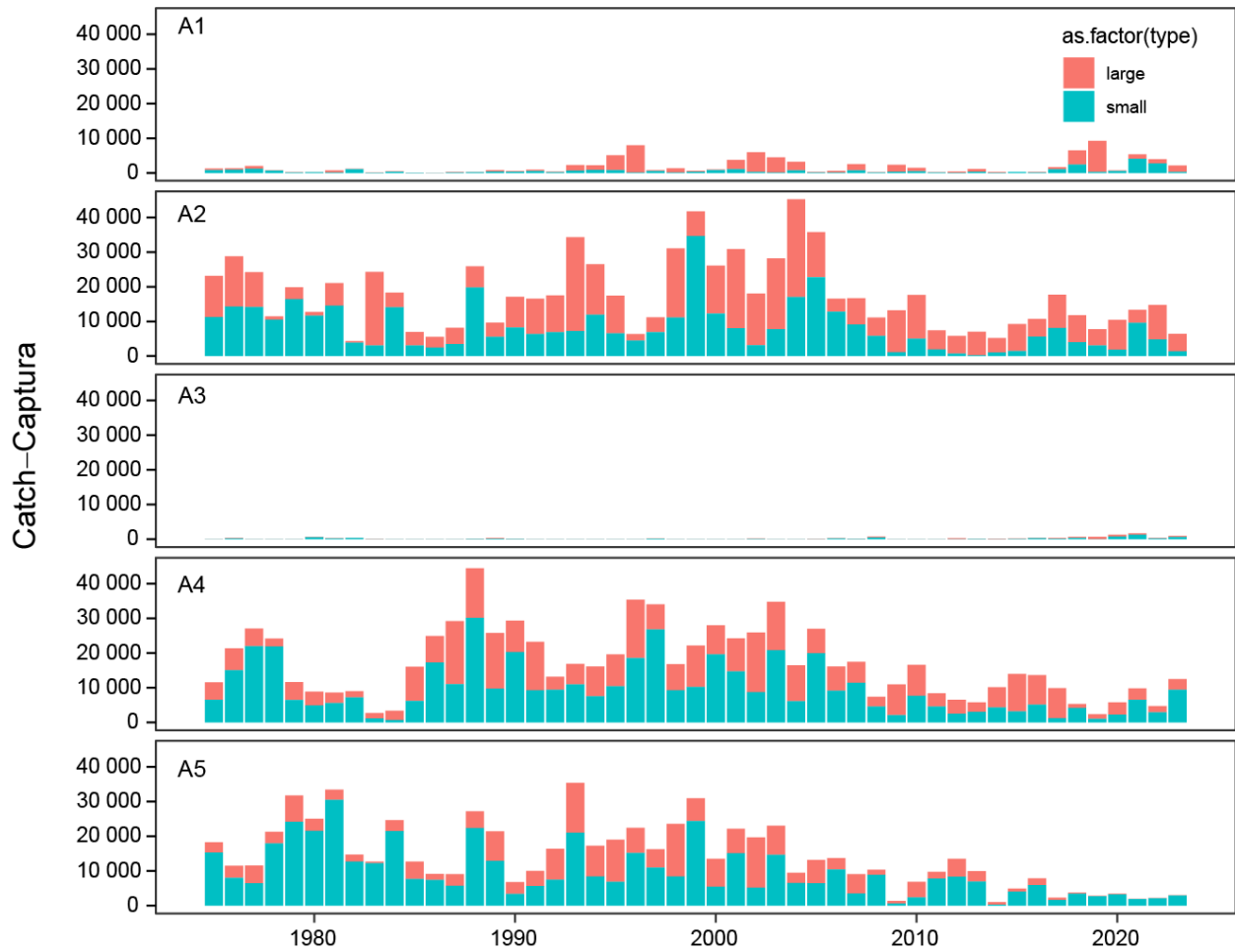
**FIGURE 9a.** Annual catch used in the model by method and indication of whether it is from the core area or outside the core area.

**FIGURA 9a.** Captura anual utilizada en el modelo por método e indicación de si procede del área núcleo o de fuera del área núcleo.

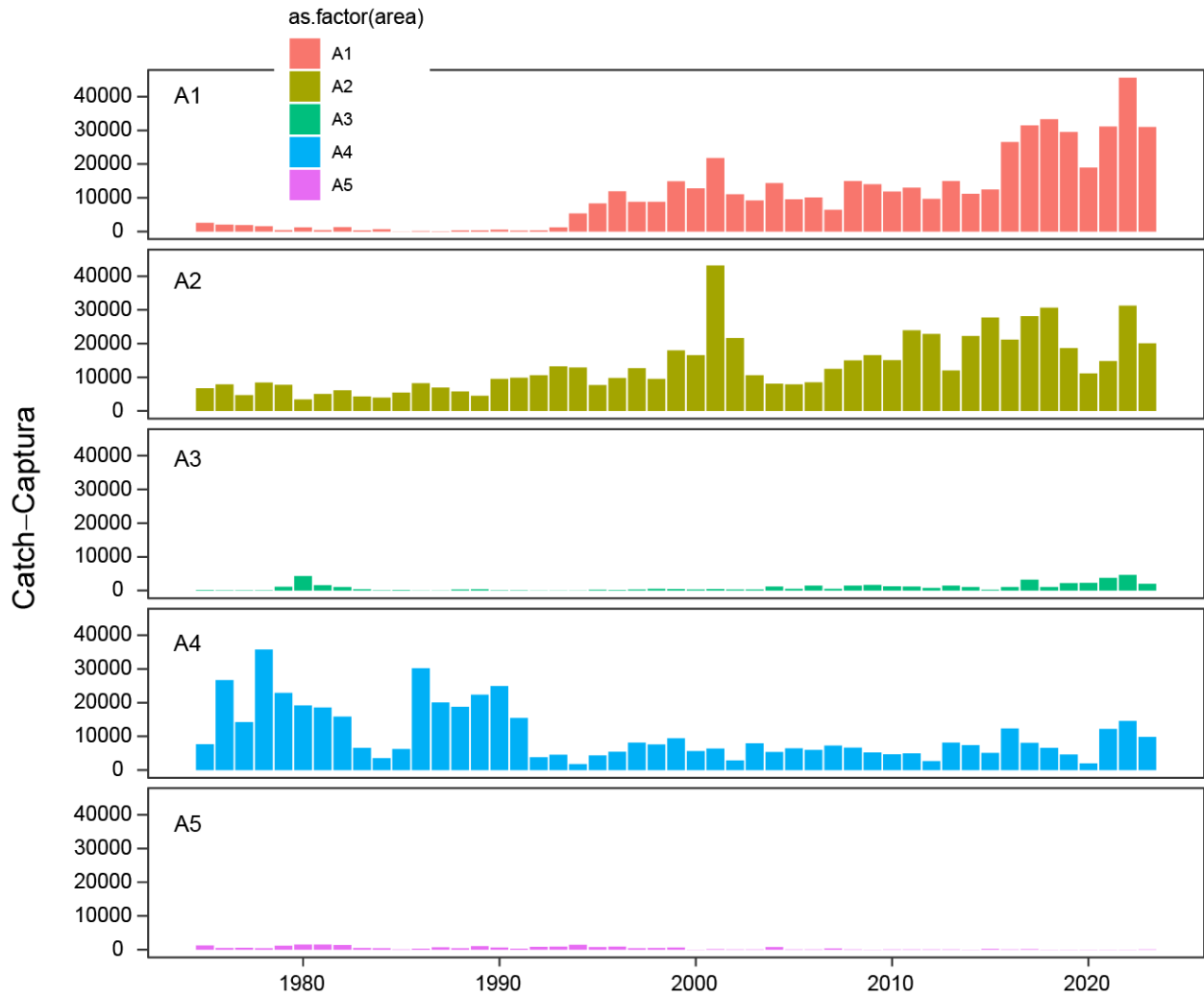


**FIGURE 9b.** Annual catch (t) of purse-seine fishery on sets associated with dolphin by areas defined in Figure 6.

**FIGURA 9b.** Captura anual (t) de la pesquería cerquera en lances asociados a delfines por áreas definidas en la Figura 6.

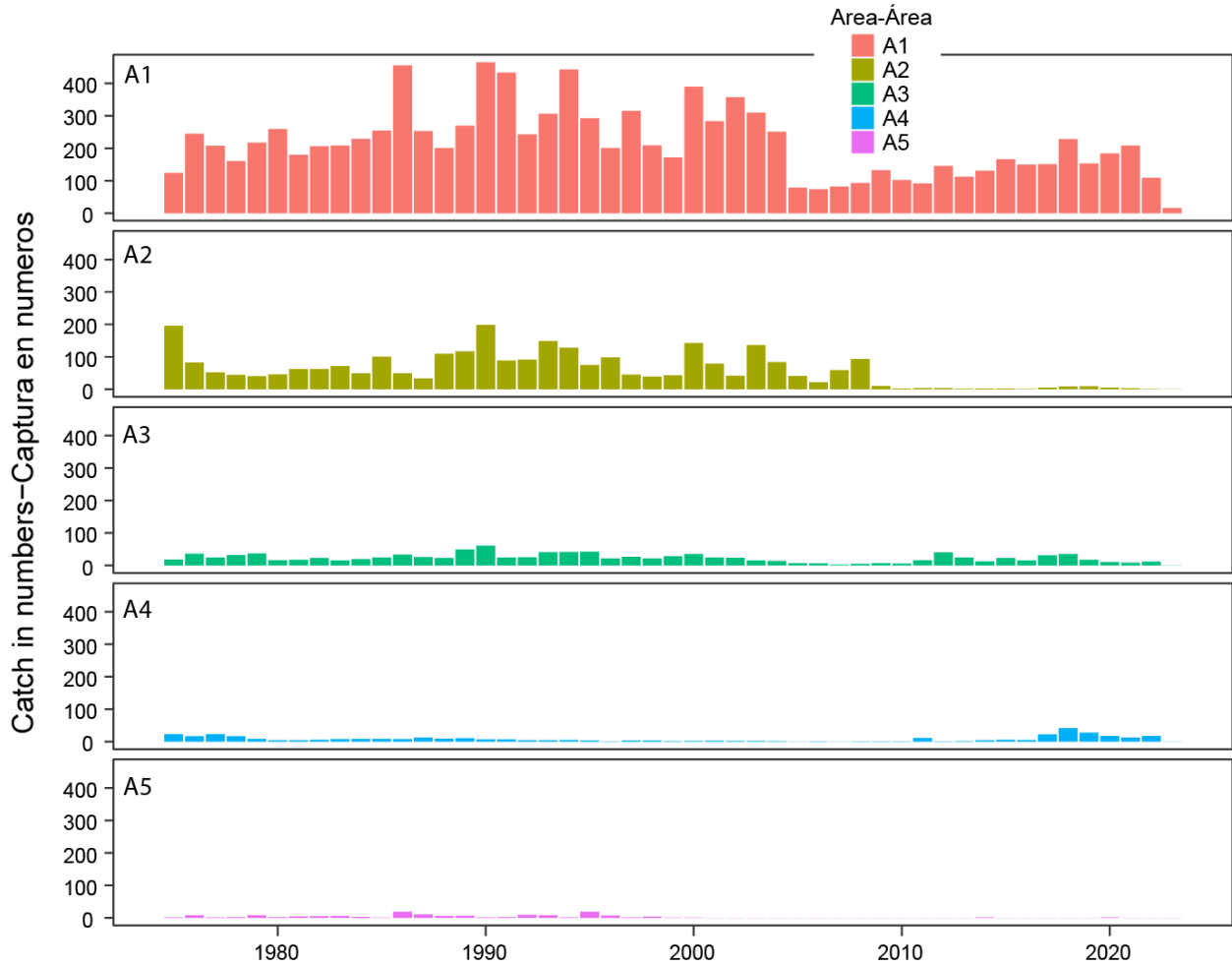


**FIGURE 9c.** Annual catch (t) by unassociated sets by areas defined in Figure 6 and by size category.  
**FIGURA 9c.** Captura anual (t) por lances no asociados por áreas definidas en la Figura 6 y por categoría de talla.



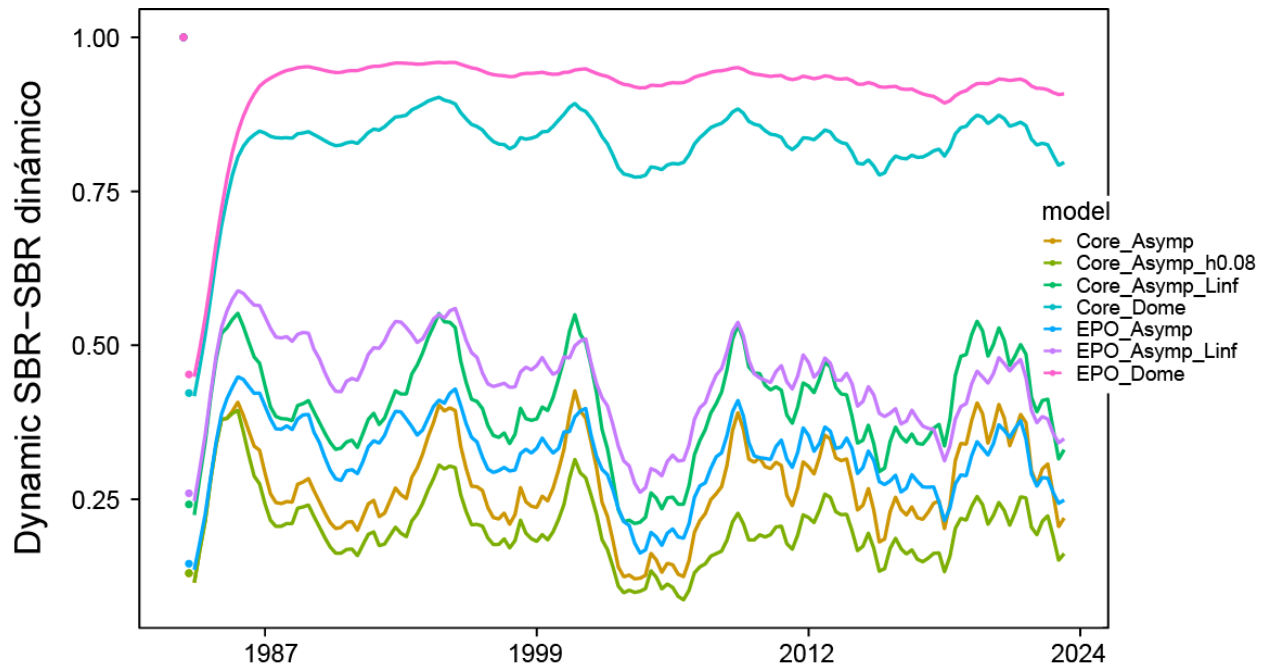
**FIGURE 9d.** Annual catch (t) by the purse seine fishery on floating-object sets by areas defined in Figure 6.  
**FIGURA 9d.** Captura anual (t) de la pesquería cerquera sobre objetos flotantes por áreas definidas en la Figura 6.





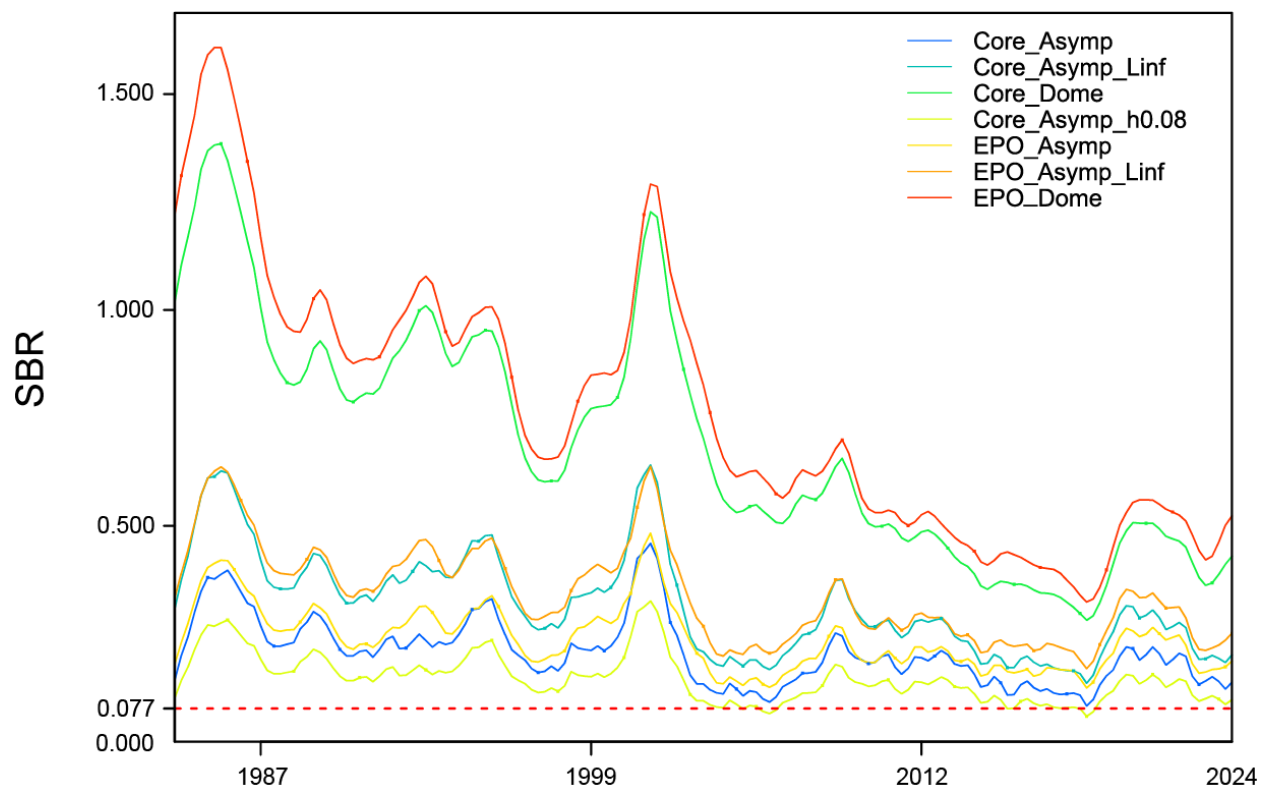
**FIGURE 9e.** Annual catch (in number of fish) by longliners by areas defined in Figure 6.

**FIGURA 9e.** Captura anual (en número de peces) por palangreros por áreas definidas en la Figura 6.



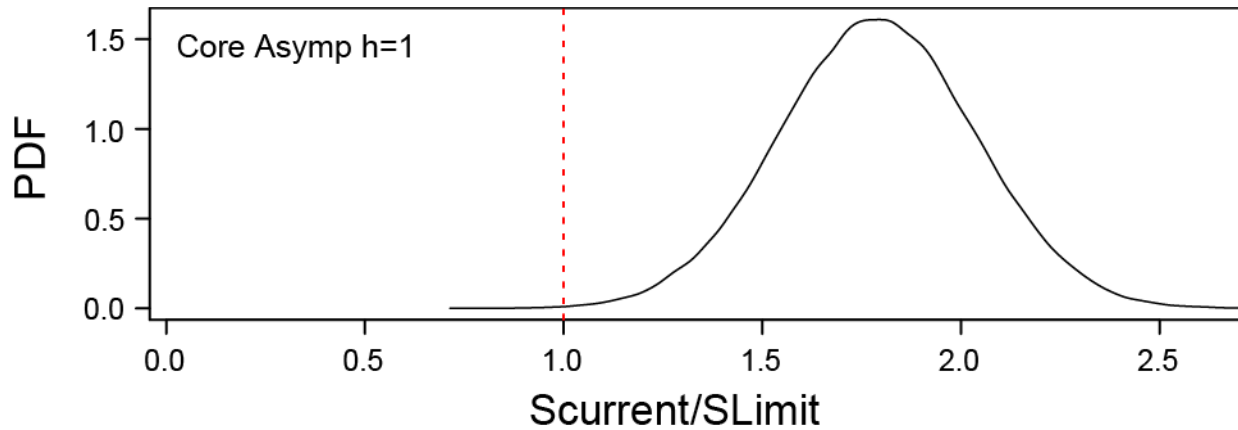
**FIGURE 10.** Estimated dynamic SBR (spawning stock biomass as a ratio of the spawning stock biomass associated with no fishing) calculated using the time series of estimated recruitment.

**FIGURA 10.** SBR dinámico estimado (biomasa de la población reproductora como cociente de la biomasa de la población reproductora asociada a la ausencia de pesca), calculado mediante la serie de tiempo del reclutamiento estimado.



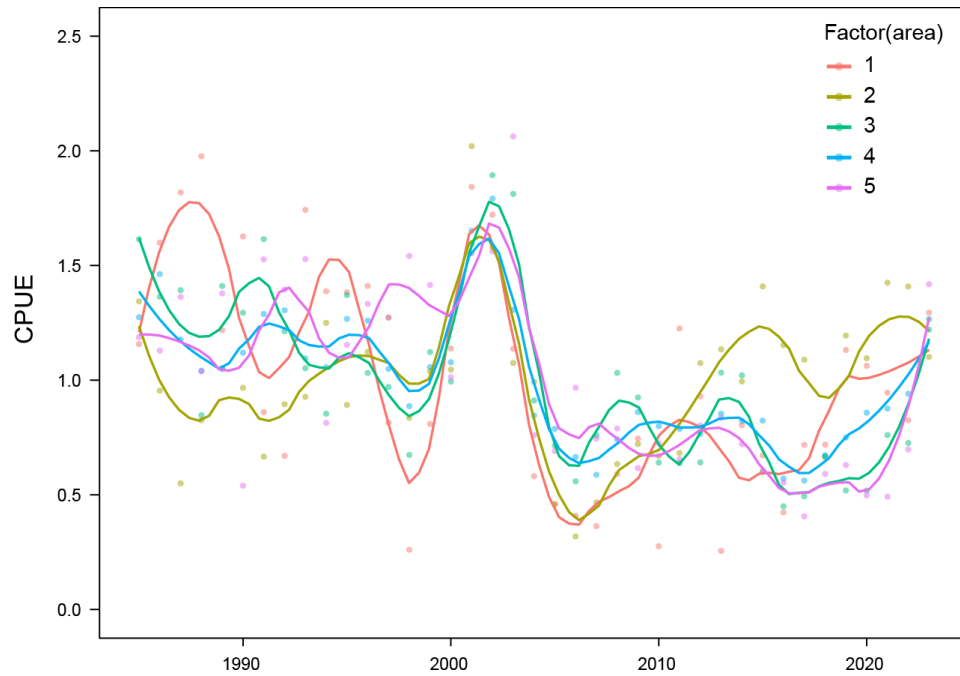
**FIGURE 11.** Comparison of estimated spawning biomass ratio (SBR) of yellowfin tuna between 1984 and 2023. SBR is the ratio of the spawning output of the current stock to that of the equilibrium unfisher stock. The red dashed line is the SBR corresponding to the limit reference point.

**FIGURA 11.** Comparación del cociente de biomasa reproductora (SBR) estimado del atún aleta amarilla entre 1984 y 2023. El SBR es el cociente de la producción reproductora de la población actual con respecto a la de la población en equilibrio en ausencia de pesca. La línea roja discontinua es el SBR correspondiente al punto de referencia límite.



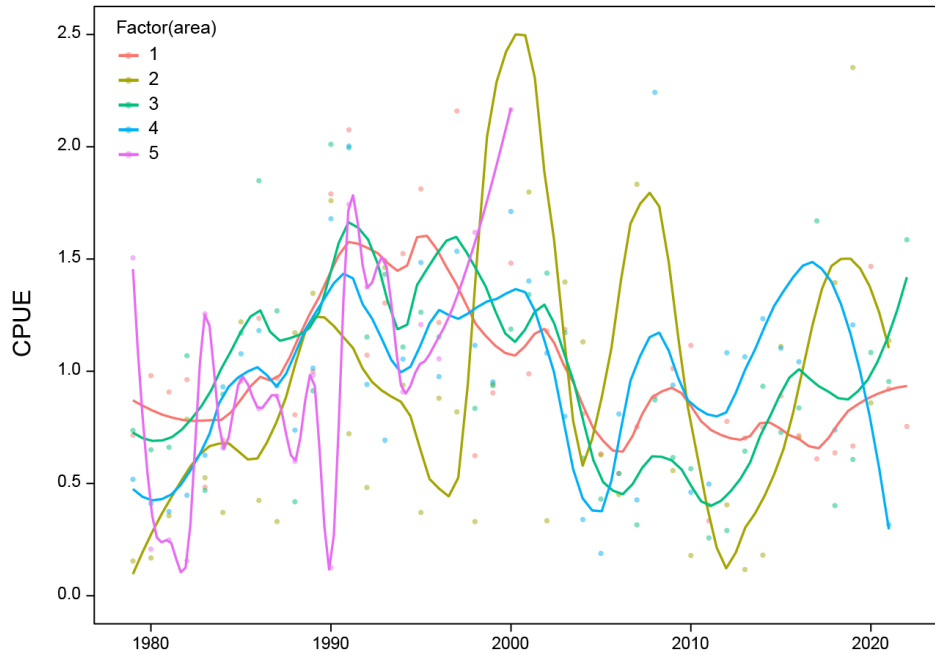
**FIGURE 12.** The probability density functions (PDF) for the most recent estimates of spawning biomass ( $S$ ) (first quarter of 2024) relative to their limit reference points ( $S_{limit}$ ) assuming a normal distribution. The area to the left of the dashed line is the probability of breaching the limit reference point  $P(S_{2024}/S_{limit} \leq 1)$  for the core area model with steepness  $h=1$ . The area is equal to 0.007.

**FIGURA 12.** Funciones de densidad de probabilidad (PDF, por sus siglas en inglés) para las estimaciones más recientes de biomasa reproductora ( $S$ ) (primer trimestre de 2024) en relación con sus puntos de referencia límite ( $S_{límite}$ ) suponiendo una distribución normal. El área a la izquierda de la línea discontinua es la probabilidad de rebasar el punto de referencia límite  $P(S_{2024}/S_{límite} \leq 1)$  para el modelo del área núcleo con inclinación  $h=1$ . La proporción del área a la izquierda del punto de referencia es 0.007.



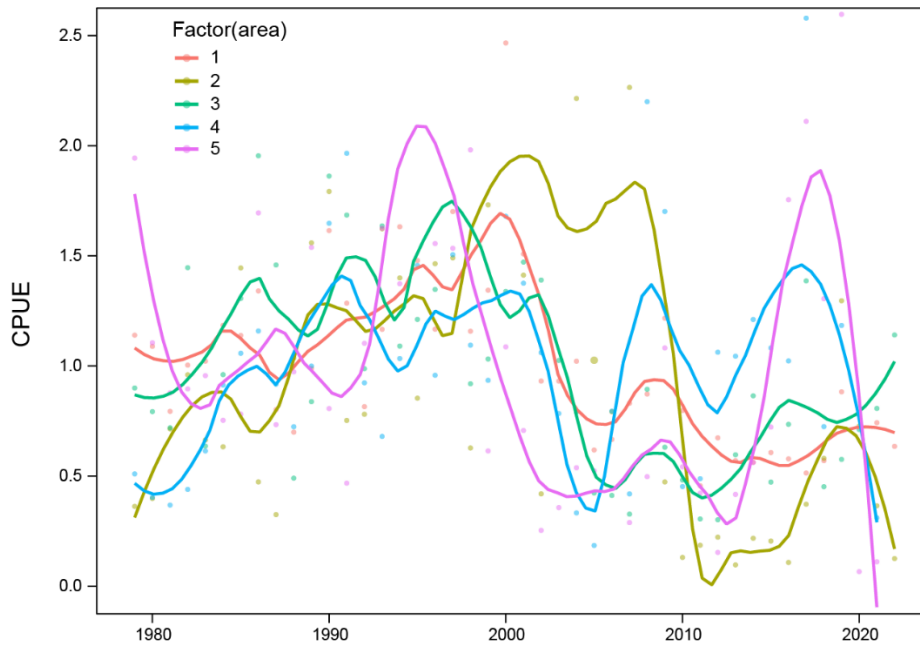
**FIGURE 13.** Nominal CPUE for the DEL fishery. Areas are defined in Figure 6.

**FIGURA 13.** CPUE nominal para la pesquería DEL. Las áreas se definen en la Figura 6.



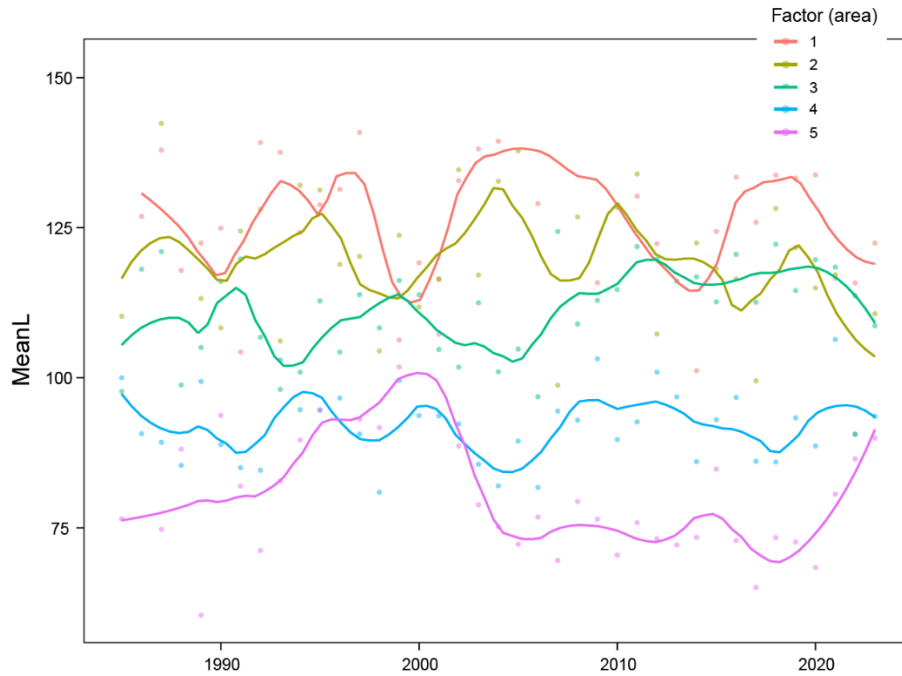
**FIGURE 14.** Nominal CPUE for the Japanese longline fishery. Areas are defined in Figure 1. Data is restricted to where the DEL fishery operates.

**FIGURA 14.** CPUE nominal de la pesquería palangrera de Japón. Las áreas se definen en la Figura 1. Los datos se limitan a los lugares donde opera la pesquería DEL.



**FIGURE 15.** Nominal CPUE for the Japanese longline fishery. Areas are defined in Figure 6. Data is not restricted to where the DEL fishery operates.

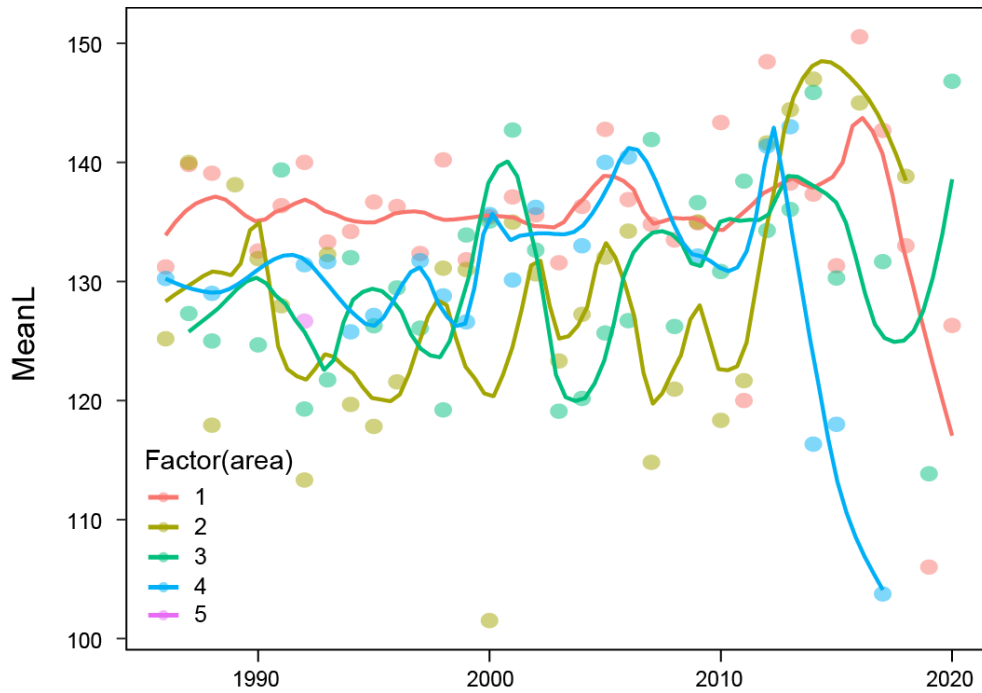
**FIGURA 15.** CPUE nominal de la pesquería palangrera de Japón. Las áreas se definen en la Figura 6. Los datos no se limitan a los lugares donde opera la pesquería DEL.



**FIGURE 16.** Mean length for the DEL fishery. Areas are defined in Figure 6.

**FIGURA 16.** Talla promedio de la pesquería DEL. Las áreas se definen en la Figura 6.



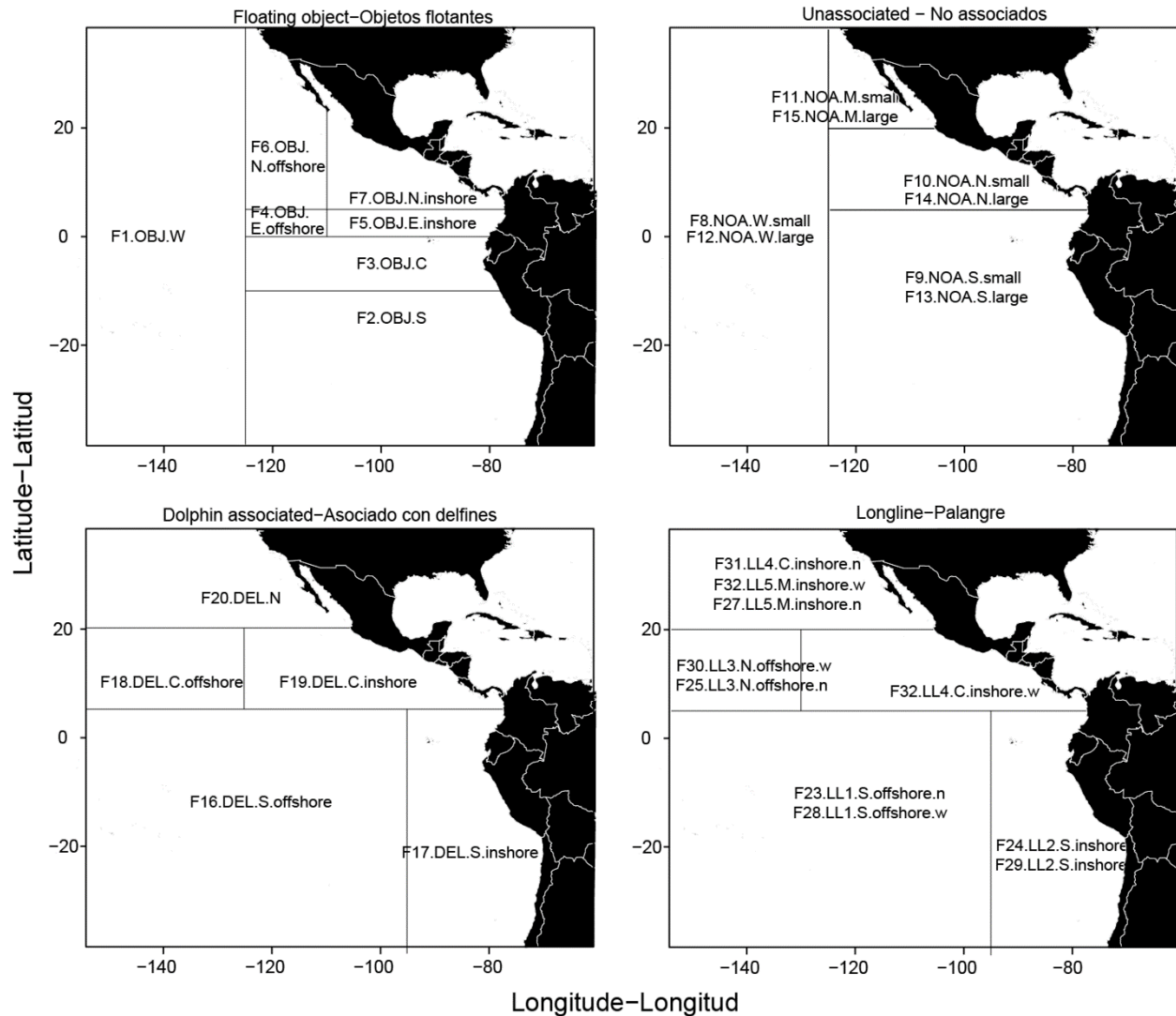


**FIGURE 17.** Mean length for the Japanese longline fishery. Areas are defined in Figure 6. Data is restricted to areas where the DEL fishery operates.

**FIGURA 17.** Talla promedio de la pesquería palangrera de Japón. Las áreas se definen en la Figura 6. Los datos se limitan a las áreas en las que opera la pesquería DEL.

## ANEXO 1. Definiciones de pesquerías

Las pesquerías (Tabla A1.1) definidas en los modelos exploratorios se basaron en el arte (palangre, cerco, cebo vivo), el tipo de lance (en el caso de las pesquerías cerqueras) y el análisis de árbol de los datos de composición por talla (en el caso de las pesquerías cerqueras). Algunas áreas para OBJ y NOA se dividieron para poder definir una pesquería para esos tipos de lance en el Área 4 DEL. Para las pesquerías de palangre, se definieron en el espacio en las mismas áreas que para PS\_DEL, que eran ligeramente diferentes de las definidas utilizando el análisis de árbol para los datos de composición por talla. Las áreas se muestran en la Figura A1.1.



**FIGURE A1.1.** Areas corresponding to the fishery definitions (Table A1.1) used in the exploratory stock assessment models of yellowfin tuna in the EPO in 2024.

**FIGURA A1.1.** Áreas correspondientes a las definiciones de las pesquerías (Tabla A1.1) usadas en los modelos exploratorios de evaluación de la población de aleta amarilla en el OPO en 2024.

**TABLE A1.1** Fisheries defined for the exploratory stock assessment models of yellowfin tuna in the EPO in 2024. Gear: PS: purse seine; LP: pole and line; LL: longline; PS set type: OBJ: floating object; NOA: unassociated; DEL: dolphin; Area: see Figure A1.1.

**TABLA A1.1** Pesquerías definidas para los modelos exploratorios de evaluación de la población de atún aleta amarilla en el OPO en 2024. Arte: PS: red de cerco; LP: caña y anzuelo; LL: palangre; Tipo de lance PS: OBJ: objeto flotante; NOA: no asociado; DEL: delfín; Área: ver Figura A1.1.

#	Tipo de flota	Nombre de flota	Arte	Tipo de lance	Área	Datos de captura	Unidad	Datos utilizados Modelos núcleo	Modelos OPO
1	Pesquera	F1.OBJ.W	PS	OBJ	W	Captura retenida + descartes (ineficacia)	Toneladas	Ninguno	Captura
2	Pesquera	F2.OBJ.S	PS	OBJ	S	"	Toneladas	Ninguno	Captura
3	Pesquera	F3.OBJ.C	PS	OBJ	C	"	Toneladas	Ninguno	Captura
4	Pesquera	F4.OBJ.E.offshore	PS	OBJ	E alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
5	Pesquera	F5.OBJ.E.inshore	PS	OBJ	E costera	"	Toneladas	Ninguno	Captura
6	Pesquera	F6.OBJ.N.offshore	PS	OBJ	N alta mar	"	Toneladas	Captura	Captura
7	Pesquera	F7.OBJ.N.inshore	PS	OBJ	N costera	"	Toneladas	Captura	Captura
8	Pesquera	F8.NOA.W.small	PS	NOA	W	Captura retenida + todos los descartes	Toneladas	Ninguno	Captura
9	Pesquera	F9.NOA.S.small	PS	NOA	S	"	Toneladas	Ninguno	Captura
10	Pesquera	F10.NOA.C.small	PS	NOA	C	"	Toneladas	Captura	Captura
11	Pesquera	F11.NOA.N.small	PS	NOA	N	"	Toneladas	Ninguno	Captura
12	Pesquera	F12.NOA.W.large	PS	NOA	W	"	Toneladas	Ninguno	Captura
13	Pesquera	F13.NOA.S.large	PS	NOA	S	"	Toneladas	Ninguno	Captura
14	Pesquera	F14.NOA.C.large	PS	NOA	C	"	Toneladas	Captura	Captura
15	Pesquera	F15.NOA.N.large	PS	NOA	N	"	Toneladas	Ninguno	Captura
16	Pesquera	F16.DEL.S.offshore	PS	DEL	S alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
17	Pesquera	F17.DEL.S.inshore	PS	DEL	S costera	"	Toneladas	Ninguno	Captura

18	Pesquera	F18.DEL.C.offshore	PS	DEL	C alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
19	Pesquera	F19.DEL.C.inshore	PS	DEL	C costera	"	Toneladas	Captura, composición por talla	Captura, composición por talla
20	Pesquera	F20.DEL.N	PS	DEL	N	"	Toneladas	Ninguno	Captura
21	Pesquera	F21.Disc_OBJ	PS	OBJ	OPO	Descartes (clasificación por talla)	Toneladas	Ninguno	Captura
22	Pesquera	F22.BB	BB	-	OPO	Captura retenida	Toneladas	Ninguno	Captura
23	Pesquera	F23.LL1.S.offshore.n	LL	-	S alta mar	Captura retenida	1,000	Ninguno	Captura
24	Pesquera	F24.LL2.S.inshore.n	LL	-	S alta mar	"	1,000	Ninguno	Captura
25	Pesquera	F25.LL3.C.offshore.n	LL	-	C alta mar	"	1,000	Ninguno	Captura
26	Pesquera	F26.LL4.C.inshore.n	LL	-	C costera	"	1,000	Ninguno	Captura
27	Pesquera	F27.LL5.N.inshore.n	LL	-	N costera	"	1,000	Ninguno	Captura
28	Pesquera	F28.LL1.S.offshore.w	LL	-	S alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
29	Pesquera	F29.LL2.S.inshore.w	LL	-	S alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
30	Pesquera	F30.LL3.C.offshore.w	LL	-	C alta mar	"	Toneladas	Ninguno	Captura
31	Pesquera	F31.LL4.C.inshore.w	LL	-	C costera	"	Toneladas	Ninguno	Captura
32	Pesquera	F32.LL5.N.inshore.w	LL	-	N costera	"	Toneladas	Ninguno	Captura
33	Estudio	S1.PS_VAST	PS	-	C	-	Toneladas	Índice, composiciones por talla estandarizadas	Índice, composiciones por talla estandarizadas
34	Estudio	S2.LL_VAST	LL	-	S	-	1,000	-	-
35	Estudio	S3.PS_Echo.east	PS	-	C este de 130°O	-	Toneladas	-	-
36	Estudio	S4.PS_Echo.west	PS	-	C oeste de 130°O	-	Toneladas	-	-