

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL
2º TALLER SOBRE LA MEJORA DE LOS DATOS (C-03-05): BUQUES
CERQUEROS ≤363 t

(por videoconferencia)
18-20 de febrero de 2025

DOCUMENTO DAT-02-02

**EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE COBERTURA POR OBSERVADORES PARA
ESTIMAR LA CAPTURA INCIDENTAL TOTAL EN BUQUES CERQUEROS DE CLASES
1-5**

Dan Ovando, Leanne Fuller, Shane Griffiths y Jon Lopez

ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. MÉTODOS	2
2.1 Análisis exploratorio	3
2.2 Representatividad de los datos de observadores de buques de clases 1-5 para los atunes tropicales	3
2.3 Comparación de las tasas de captura incidental de buques de clase 6 y de clases 1-5	3
2.4 Simulación de niveles alternativos de cobertura por observadores	5
3. RESULTADOS.....	5
3.1 Análisis exploratorios.....	5
3.2 Representatividad de los datos de observadores de buques de clases 3-5 para los atunes tropicales	8
3.3 Comparación de las tasas de captura incidental de buques de clase 6 y de clases 1-5	11
3.4 Simulación de tasas alternativas de cobertura por observadores	15
3.5 Estudio de caso: solo buques de pabellón ecuatoriano	19
4. DISCUSIÓN	22
5. REFERENCIAS	24

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente documento se proporciona asesoramiento sobre los niveles de cobertura y representatividad que podrían necesitar los programas de observadores de buques cerqueros de clases 1-5 (<364 toneladas) para estimar de manera fiable las capturas totales por especie. Actualmente, los datos de captura incidental por especie no se registran de manera consistente en los datos de bitácora, lo que significa que las estimaciones de capturas incidentales totales por especie deben hacerse extrapolando las tasas del subconjunto observado de lances de buques de clases 1-5 a los lances no observados más grandes. En los últimos años, los niveles de cobertura por observadores alcanzaron el 30-40% para los lances y viajes de buques de clases 1-5. Mediante una serie de análisis, este informe evalúa la precisión de este proceso y ofrece recomendaciones sobre los niveles que pueden ser necesarios para

estimar con precisión la captura incidental total, con diferentes tasas de error asociadas, de este segmento de la flota. Los resultados sugieren que es posible que los niveles de cobertura existentes (es decir, 30-40%) sean adecuados para estimar las capturas totales de algunas especies comunes y observadas de manera representativa (por ejemplo, dorado común, peto, tiburón sedoso), pero que es probable que se necesiten tasas de observadores mucho más altas (superiores al 80%), ya sea mediante observadores humanos o monitoreo electrónico, distribuidas de manera más representativa en las operaciones de pesca para especies más poco comunes (por ejemplo, tiburón punta blanca oceánico, rayas Mobulidae, zorro ojón).

1. INTRODUCCIÓN

Las pesquerías de atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental (OPO) interactúan con muchas especies diferentes además de las especies objetivo, lo que da lugar a capturas incidentales de especies como el dorado común, el peto, peces picudos, tiburones, rayas y tortugas marinas, entre otras. Obtener estimaciones precisas de la cantidad de capturas incidentales de especies individuales es importante para comprender mejor los impactos de la pesca en las especies y el ecosistema, y generar informes anuales (por ejemplo, [EB-02-01](#)), ordenación basada en indicadores (por ejemplo, [EB-02-02](#)), parametrización de evaluaciones de riesgos ecológicos (por ejemplo, EASI-Fish) y actualizaciones del modelo ecosistémico de la CIAT ([DAT-02-01](#)). Esto es especialmente cierto para las especies clave de captura incidental, como aquellas con resoluciones específicas o las que son competencia de la CIAT (por ejemplo, ver Informes y provisión de datos en la página web de la CIAT, en la sección “[Manejo de la captura incidental](#)”).

La CIAT mantiene una cobertura por observadores del 100% en los buques cerqueros de clase 6 que operan dentro del Área de la Convención de la CIAT, de conformidad con el [Acuerdo sobre el Programa Internacional para la Conservación de los Delfines](#) (APICD). Estos observadores recolectan datos tanto sobre las capturas de atunes tropicales como sobre las especies capturadas incidentalmente. Sin embargo, la cobertura por observadores en los buques cerqueros de clases 1-5 (que proviene de una combinación de programas nacionales, de la CIAT y del programa voluntario de observadores de TUNACONS, ver [DAT-02-01](#)) es menor, pues cubre aproximadamente el 38% de los lances (34% de los viajes) de este segmento de la flota durante el periodo de estudio (2022-2024). Existen datos de bitácora para lances cerqueros no observados en el OPO ([DAT-02-01](#)), pero estos datos de bitácora no suelen incluir información sobre capturas incidentales.

Como resultado, el total de capturas incidentales de especies individuales por parte de los buques de cerco de clases 1-5 es poco conocido en el OPO. Este documento proporciona una evaluación de las posibles implicaciones de los diferentes niveles de cobertura por observadores, y su distribución espaciotemporal, para los buques de cerco de clases 1-5 con respecto a la estimación de los niveles de captura incidental total. También proporciona la base para formular recomendaciones sobre los posibles niveles de cobertura por observadores necesarios para el monitoreo y la estimación de la captura total de especies clave de captura incidental por parte de este segmento de la flota cerquera de atunes tropicales del OPO.

2. MÉTODOS

El presente trabajo se basa en datos de observadores y bitácora de 2022-2024 de buques cerqueros de clases 1-5 (ver [DAT-02-01](#)), junto con datos de observadores de buques cerqueros de clase 6. A fin de ser más representativo y proporcionar orientación sobre las especies de interés para la Comisión (es decir, especies de especial interés para la conservación, especies con resoluciones existentes), el análisis se centró en las especies objetivo, así como en las especies comunes (por ejemplo, dorado, tiburón sedoso) y poco comunes (por ejemplo, tiburón punta blanca oceánico, rayas Mobulidae, zorro ojón, tortugas marinas) de captura incidental.

2.1 Análisis exploratorio

Primero se realizó un análisis exploratorio de los datos disponibles. Se combinaron los datos de observadores y de bitácora para examinar la cobertura por observadores de los buques cerqueros de clases 1-5 a través de una serie de criterios, incluyendo las tasas de cobertura total, así como espacio, tiempo, pabellón y clase de capacidad de los buques. También se exploró la naturaleza de la variación de las especies de captura incidental en los datos de los buques de clase 6 como punto de referencia para los buques cerqueros de clases 1-5.

2.2 Representatividad de los datos de observadores de buques de clases 1-5 para los atunes tropicales

Se siguió una metodología similar a la establecida en el documento [BYC-10 INF-D](#), centrada en los datos de palangre, como medio para evaluar la capacidad de la cobertura por observadores actual de los buques cerqueros de clases 1-5 para estimar con precisión las capturas retenidas anuales totales de especies de captura incidental. Aunque en las bitácoras de los lances no observados de los buques de clases 1-5 no se notifican las capturas incidentales totales, sí se registra el volumen de atunes tropicales retenidos, por especie. Tomando estos datos como verdaderos, se puede obtener una estimación de la captura retenida total de especies de atunes tropicales por los buques de clases 1-5 sumando los datos de bitácora y los datos de observadores de esos buques.

Si los datos de observadores de buques cerqueros de clases 1-5 son representativos de los lances cerqueros de buques de clases 1-5 no observados, el total de capturas retenidas de atunes tropicales notificadas en los datos de bitácora podría reconstruirse utilizando solo los datos de observadores. Si los datos de observadores no son representativos, las estimaciones de la captura total en las bitácoras basadas en los datos de observadores serían inexactas o sesgadas. Por consiguiente, si los datos de observadores de buques de clases 1-5 no son representativos de los atunes tropicales, es poco probable que lo sean de las especies de captura incidental. Sin embargo, la representatividad de las especies de atunes tropicales no garantiza la representatividad de las especies de captura incidental.

Se intentó estimar la captura retenida total de atunes tropicales por buques cerqueros de clases 1-5 registrada en las bitácoras mediante el ajuste de un modelo de bosques aleatorios para predecir la captura por lance (captura por unidad de esfuerzo, CPUE) en los lances observados de buques de clases 1-5 en función de la capacidad de acarreo, la ubicación de pesca y el mes de pesca. Este modelo luego se utilizó para predecir la captura por lance promedio, por especie de atún tropical, de los lances no observados de buques de clases 1-5 y luego se sumaron todos los lances no observados de buques de clases 1-5. Luego se comparó la captura total de atunes tropicales notificada en las bitácoras con la captura total de atunes tropicales en las bitácoras obtenida mediante la predicción de las tasas de captura no observada utilizando las tasas de captura observada.

2.3 Comparación de las tasas de captura incidental de buques de clase 6 y de clases 1-5

Mientras que la cobertura por observadores es limitada en los viajes de los buques cerqueros de clases 1-5, existe una cobertura por observadores del 100% en los buques cerqueros de clase 6. Dado que las áreas de pesca de los buques cerqueros de clases 1-5 y clase 6 se traslapan, se evaluó si la dinámica de las capturas incidentales, en particular la variabilidad de las tasas de captura incidental, era lo suficientemente similar entre los buques de clase 6 y los segmentos observados de los buques de clases 1-5, de modo que los datos de buques de clase 6 pudieran utilizarse para proporcionar una idea de los posibles niveles de cobertura por observadores necesarios para el segmento de la flota de buques de clases 1-5.

Para lograrlo, se extrajeron datos de captura incidental basados en observadores para los buques de clases 1-5. Cabe señalar que esto restringe el conjunto de datos resultante a los buques de clases 3-5, ya

que en nuestra base de datos no se registraron datos de observadores para los buques de clases 1-2. Posteriormente, se creó una base de datos de captura incidental a partir de un subconjunto de datos de observadores de buques de clase 6 seleccionados para que coincidieran más estrechamente con los caladeros y los tamaños de los buques de clases 1-5. En primer lugar, se estimó una envolvente convexa para cubrir la distribución espacial de los lances de los buques de clases 1-5 registrados en bitácoras o por observadores. Después, se filtraron los datos de observadores de buques de clase 6 para incluir solo los lances dentro del polígono de operaciones de los buques de clases 1-5 y correspondientes solo a buques de clase 6 con menos de 600 toneladas métricas de capacidad de acarreo para que coincidieran más estrechamente con los tamaños de los buques de clases 1-5.

Posteriormente, se evaluó si las tasas de captura incidental en este subconjunto de buques de clase 6 son lo suficientemente similares en su dinámica (es decir, tasas de captura incidental) a los lances observados de los buques de clases 1-5 en cuanto a su utilidad para este estudio (es decir, que permitan proporcionar orientación sobre el impacto de los niveles de cobertura por observadores en nuestra capacidad para estimar de manera fiable la captura total de especies individuales de captura incidental). La captura total puede calcularse como:

$$C_s = CPUE_s \times E_s$$

donde C es la captura total, $CPUE_s$ es la captura por unidad de esfuerzo promedio, E es el esfuerzo y s es la especie. En este caso, se conoce E , que se define como el número de lances aplicables de buques de clases 1-5.

Sin embargo, cuando la cobertura por observadores es inferior al 100%, se desconoce la verdadera CPUE promedio de la población y, por lo tanto, debe estimarse, lo que se denota como \widehat{CPUE}_s . Dado el número de lances N_s y las observaciones individuales i , la CPUE promedio estimada (\widehat{CPUE}_s) puede calcularse como:

$$\widehat{CPUE}_s = \frac{\sum_i^N C PUE_{i,s}}{N_s}$$

La pregunta entonces es cuántos lances (N) deben muestrearse (en este caso, un sustituto de la cobertura por observadores), para que la estimación \widehat{CPUE}_s se acerque lo suficiente a $CPUE_s$. La respuesta a esto depende de la variabilidad de $CPUE_s$. Si $CPUE_s$ es constante, entonces una observación sería suficiente para que \widehat{CPUE}_s sea igual a $CPUE_s$. Sin embargo, cuanto más variable sea $CPUE_s$, mayor será el número de observaciones necesarias para que \widehat{CPUE}_s se acerque a $CPUE_s$.

Se cuantificó la variabilidad en la CPUE entre los buques de clase 6 y de clases 1-5 mediante tres enfoques. En primer lugar, se calculó y comparó el coeficiente de variación (CV) de la CPUE por lance por especie de captura incidental entre los programas de observadores de buques de clase 6 y de clases 1-5. Esto proporciona una medida de la similitud en la variabilidad total entre los dos programas. En segundo lugar, se crearon gráficas cuantil-cuantil comparando la CPUE por lance por especie de captura incidental (escalada en relación con la CPUE máxima) entre los programas de observadores de buques de clase 6 y de clases 1-5. Esto proporciona una medida de la similitud en la forma de las distribuciones de la CPUE por lance entre los programas de observadores de buques de clase 6 y de clases 1-5. Sin embargo, las distribuciones pueden ser similares en forma pero diferentes en el espacio, lo que podría afectar las estimaciones de la captura total basadas en datos de observadores si la cobertura por observadores es sistemáticamente diferente en el espacio entre los programas de buques de clase 6 y de clases 1-5. En tercer lugar, para tener esto en cuenta, también se calculó la distancia de Hellinger de las distribuciones espaciales de la CPUE por especie de captura incidental entre los programas de buques de clase 6 y de clases 1-5. La distancia de Hellinger es una medida de la similitud de la distribución espacial entre los dos

conjuntos de datos. Las distancias de Hellinger están limitadas entre 0 y 1, donde 0 significa que dos distribuciones espaciales son idénticas, y 1 significa que son mutuamente excluyentes (Wilson, 2011).

2.4 Simulación de niveles alternativos de cobertura por observadores

Dado que los pasos realizados en las secciones anteriores demostraron que la naturaleza de la variabilidad en las tasas de captura incidental es aproximadamente comparable entre los buques de clase 6 y de clases 1-5, se utilizaron los datos de observadores de buques de clase 6 para simular el efecto de diferentes tasas de cobertura por observadores en el espacio y el tiempo sobre la precisión de la captura total estimada de especies de captura incidental. Para lograrlo, se realizaron dos simulaciones separadas. En la primera, se realizó un submuestreo aleatorio de una proporción determinada (“escenario de muestreo aleatorio”), que oscilaba entre el 5% y el 95%, de los viajes de buques de clase 6 y se clasificaron como “observados”. Para cada conjunto simulado de viajes observados, se calculó la captura por lance promedio \widehat{CPUE}_s de las especies de captura incidental del subconjunto observado, y luego se estimó la captura total de las especies de captura incidental multiplicando \widehat{CPUE}_s por el número de lances no observados y sumando con la captura total observada para proporcionar una estimación de la captura total que luego se comparó con la captura real notificada. Este proceso se repitió 42 veces por nivel de cobertura por observadores simulado (el porcentaje de viajes con observador) para generar una distribución de Montecarlo de las tasas de error de captura total por especie de captura incidental.

Sin embargo, la cobertura por observadores no se asigna aleatoriamente en los datos de los buques de clases 1-5. En cambio, la cobertura por observadores se concentra en segmentos específicos de la flota, y específicamente es más común en los buques de pabellón ecuatoriano debido al programa voluntario de observadores de TUNACONS. Para imitar esta dinámica utilizando los datos de buques de clase 6 para el segundo experimento, se limitaron los viajes que podían ser muestreados a solo los buques de pabellón ecuatoriano (“escenario de solo buques de pabellón ecuatoriano”).

3. RESULTADOS

3.1 Análisis exploratorios

Durante el periodo de estudio, los lances estuvieron dominados por buques de clases 5 y 4, con algunos lances de buques de clase 3 y un número muy pequeño de lances de buques de clases 1 y 2 ([Figura 1](#)). Se dispuso de registros de observadores para el 38% de los lances de buques de clases 1-5 (34% de los viajes) durante el periodo de estudio, y todos ellos procedían de buques de pabellón ecuatoriano de clases 3-5. Entre los buques de clases 1-5 de pabellón ecuatoriano con observador a bordo, los observadores registraron datos en aproximadamente el 75% de los lances de buques de clase 5, el 30% de los lances de buques de clase 4 y menos del 5% de los buques de clase 3 ([Figura 2](#)). No se dispuso de datos de observadores para buques de clases 1-2 de ningún pabellón.

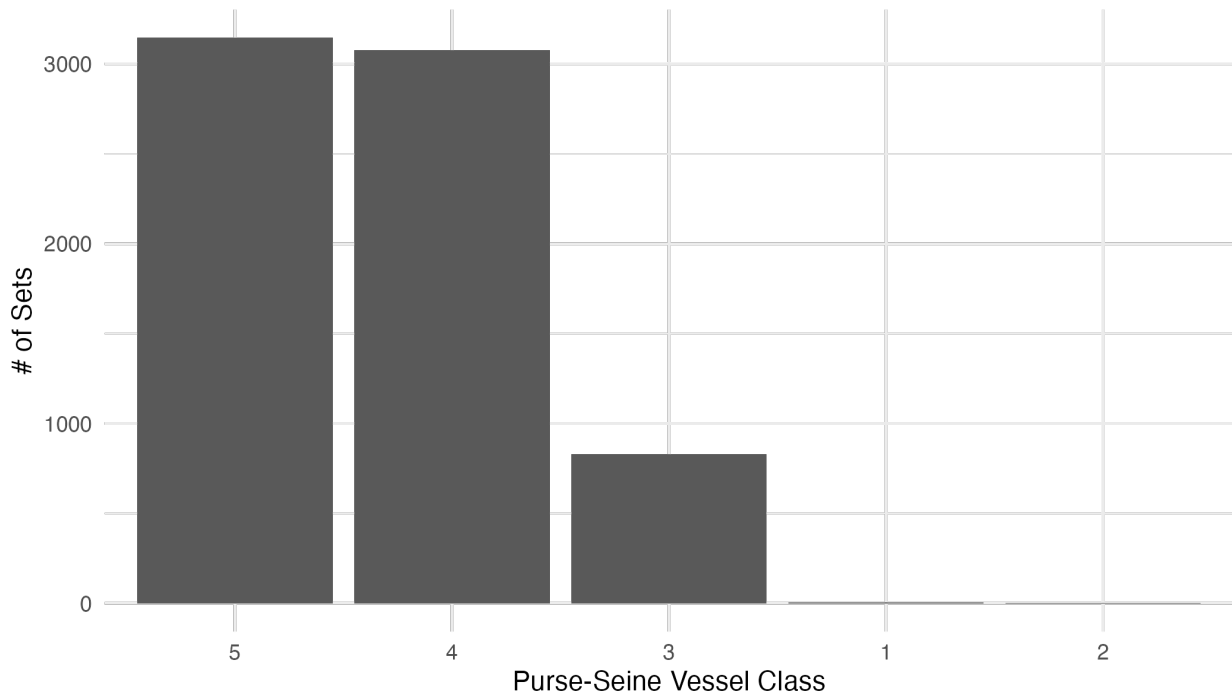


FIGURE 1. Total number of observed sets by vessel class category during the study period (2022-2024).
FIGURA 1. Número total de lances observados, por categoría de clase de capacidad de buque, durante el periodo de estudio (2022-2024).

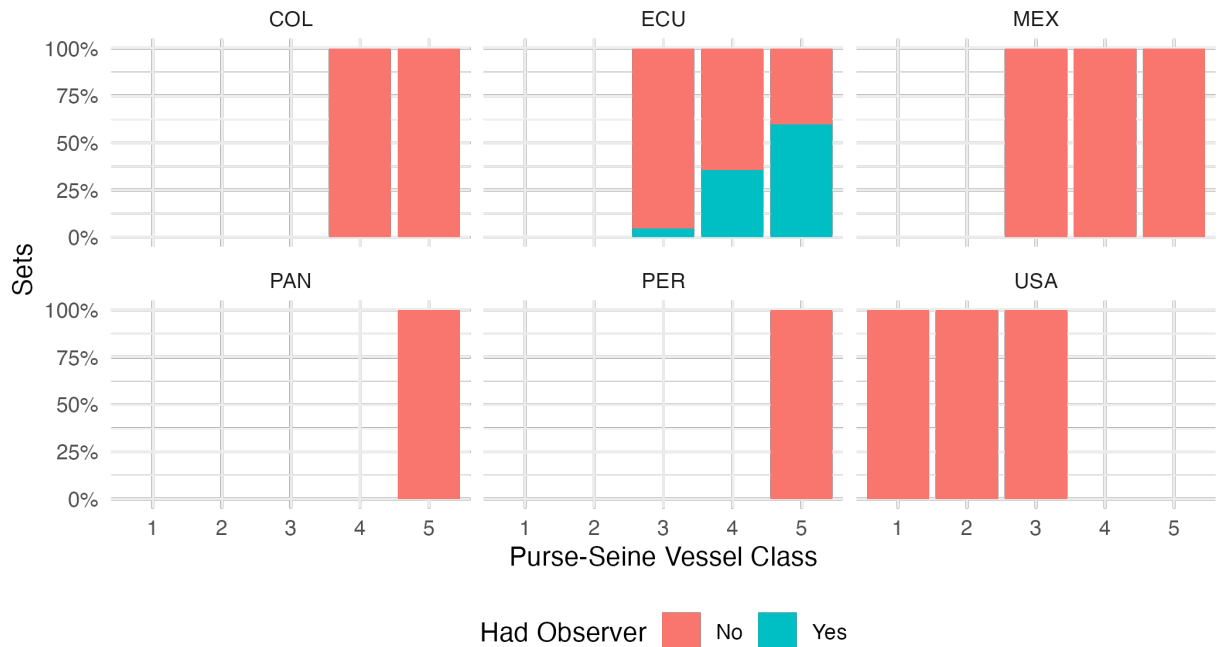


FIGURE 2. Proportion of Class 1-5 sets with observer coverage broken out by purse-seine vessel class and flag.

FIGURA 2. Proporción de lances de buques de clases 1-5 con cobertura por observadores, desglosada por clase de buque cerquero y pabellón.

La cobertura por observadores se concentró en el sur y el este de los caladeros de los buques de clases 1-5. La cobertura fue en general menor más cerca de la costa y fue inexistente en la parte noroeste de los caladeros de los buques de clases 1-5 (cabe señalar que hubo relativamente pocos lances en esta región). Los datos de observadores y de bitácora de los buques de clases 1-5 se concentraron en un polígono situado aproximadamente al norte de 20°S y 30°Norte, y 75°-120° O ([Figura 3](#)).

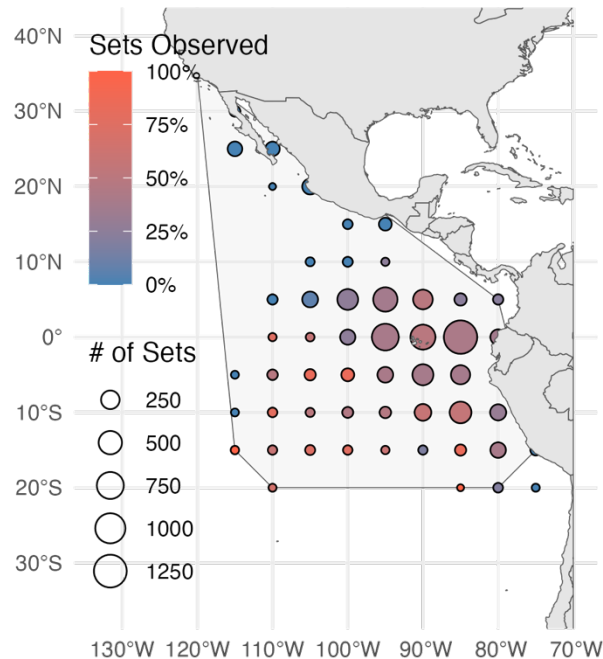


FIGURE 3. Proportion of Class 1-5 sets with observer data by 5-degree cell. Color indicates percent of sets within that cell with observer data, circle size is proportional to the number of sets in that cell over 2022-2024. Grey polygon indicates convex hull of locations with more than one set by a Class 1-5 vessel over the study period.

FIGURA 3. Proporción de lances de buques de clases 1-5 con datos de observadores por celda de 5 grados. El color indica el porcentaje de lances dentro de esa celda con datos de observadores, el tamaño del círculo es proporcional al número de lances en esa celda durante 2022-2024. El polígono gris indica la envolvente convexa de las ubicaciones con más de un lance por un buque de clases 1-5 durante el periodo de estudio.

3.2 Representatividad de los datos de observadores de buques de clases 3-5 para los atunes tropicales

A diferencia de [BYC-10 INF-D](#), los datos de observadores de buques de clases 1-5 fueron suficientemente representativos de las tasas de captura de atunes tropicales para reconstruir las capturas totales de atunes tropicales retenidas por buques de clases 1-5 registradas en las bitácoras (Figura 4). El error porcentual absoluto medio en la captura anual total de todas las especies y clases de buques fue del 27%. Si los lances observados fueran sistemáticamente diferentes de los lances no observados, se esperarían tasas de error más altas. Esto es un tanto evidente en el caso de la melva (*Auxis rochei*); según los datos de observadores, el modelo predijo tasas de captura de esta especie en los datos de bitácora mucho más bajas de lo que se notificaron, en particular para los buques de clase 5. Esto indica que los lances observados de buques de clases 1-5 que notificaron capturas de melva de alguna manera no son representativos de los lances de buques de clases 1-5 que capturaron melva registrados en las bitácoras.

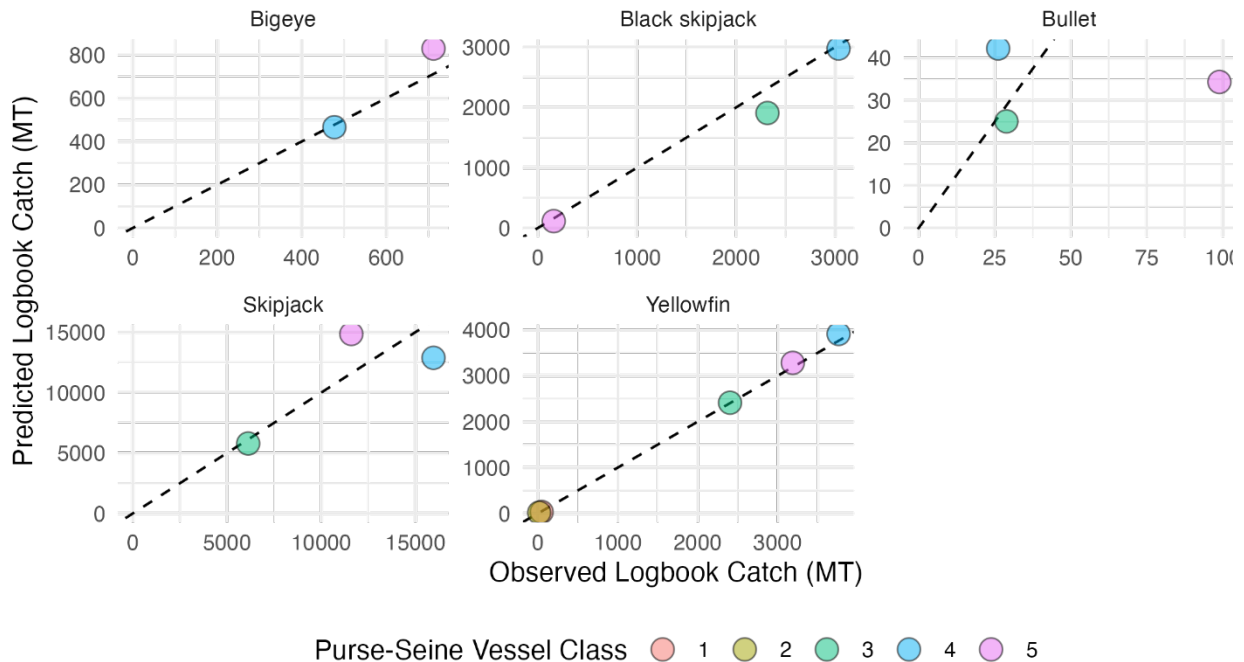


FIGURE 4. Total observed (x-axis) and predicted (y-axis) retained logbook catch of selected tuna species for Class 1-5 vessels disaggregated by vessel class.

FIGURA 4. Captura retenida total registrada en las bitácoras, observada (eje 'x') y predicha (eje 'y'), de especies seleccionadas de atunes para buques de clases 1-5, desglosada por clase de buque.

La incertidumbre potencial en la CPUE real de las tasas de captura incidental en el segmento de la flota de buques de clases 1-5 se cuantificó mediante *bootstrap* de las observaciones de captura incidental del segmento observado de los buques de clases 1-5, y luego se calculó el error porcentual absoluto medio (MAPE, por sus siglas en inglés) entre la base de datos *bootstrap* y las muestras excluidas (repitiendo el proceso 200 veces).

Los valores de MAPE resultantes reflejan en gran medida las tasas de encuentro de la especie en cuestión. Por ejemplo, el dorado común se encontró con relativa frecuencia y los valores de MAPE obtenidos por *bootstrap* fueron bajos (menos del 5%). Por el contrario, los zorros pelágicos solo se observaron en escasas ocasiones en los lances observados de buques de clases 1-5 y, por lo tanto, los valores de MAPE obtenidos por *bootstrap* fueron superiores al 75%. Aunque no se puede saber si estas tasas de error se aplicarían realmente a los lances de buques de clases 1-5 no observados, este análisis sí sugiere que, para muchas especies de captura incidental poco comunes, las estimaciones de CPUE y, por consiguiente, de captura total basadas en la cobertura actual por observadores de buques de clases 1-5, pueden ser algo imprecisas ([Figura 5](#)).

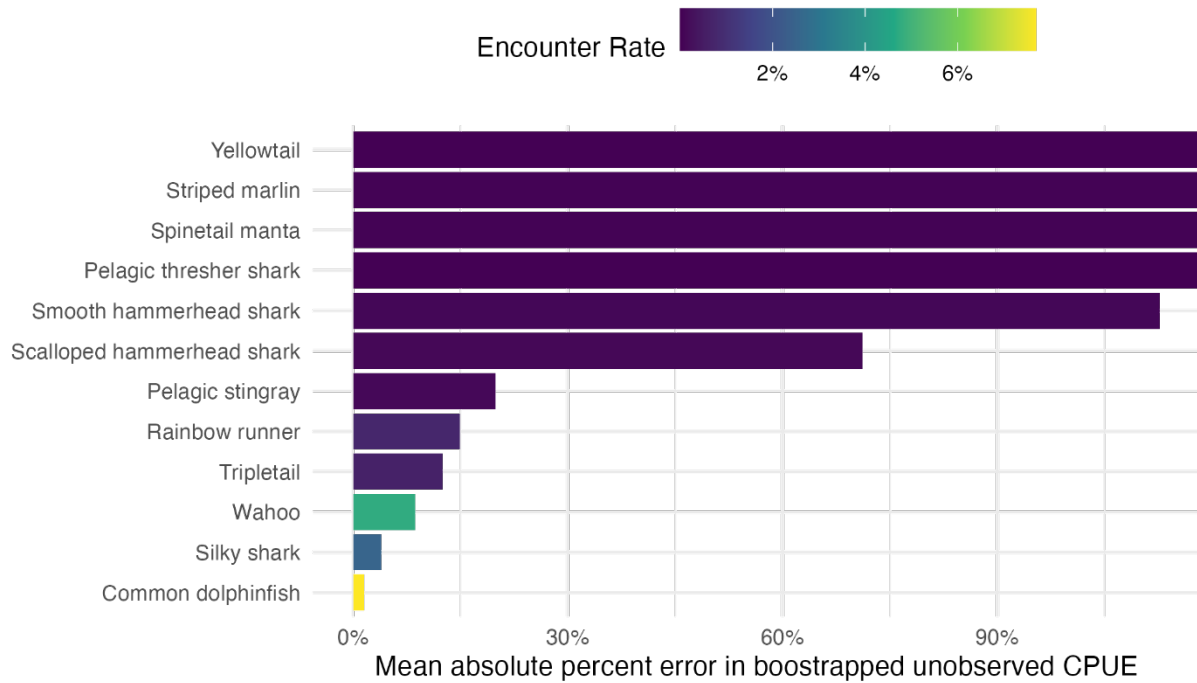


FIGURE 5. Mean absolute percent error in estimated unobserved CPUE resulting from applying CPUE from a simulated observed segment of sets to a simulated unobserved segment of sets.

FIGURA 5. Error porcentual absoluto medio en la CPUE no observada estimada resultante de aplicar la CPUE de un segmento de lances observado simulado a un segmento de lances no observado simulado.

Otra consideración básica para determinar la cobertura por observadores es la poca frecuencia de la especie en cuestión. Para lograr estimaciones precisas de las capturas de especies poco frecuentes se requieren niveles de cobertura por observadores extremadamente altos. En el caso de las especies consideradas aquí, para los datos de observadores de buques de clase 6, el número de encuentros es muy variable, y va desde miles por año en el caso del dorado común, hasta diez o menos encuentros por año en todos los lances de buques de clase 6 en el caso del zorro ojón ([Figura 6](#)).

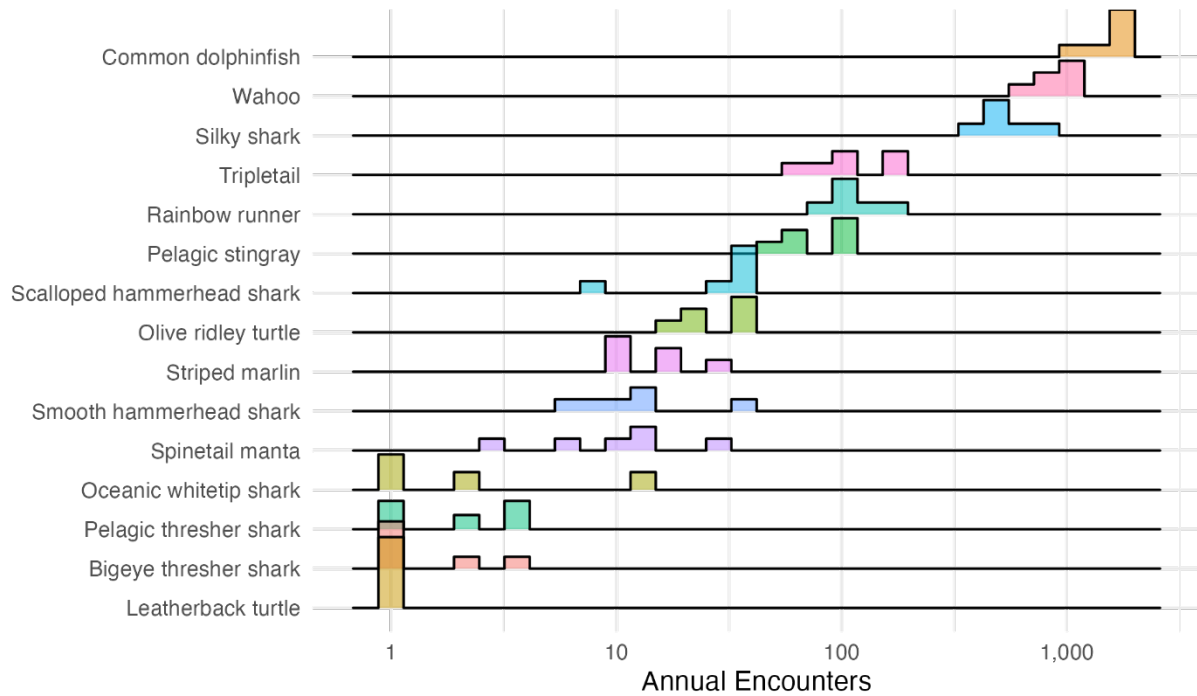


FIGURE 6. Distribution of number of encounter events (noting that an “encounter” simple means more than zero individuals were recorded) per year per species across Class 6 vessels. Note that the x-axis is on \log_{10} scale.

FIGURA 6. Distribución del número de eventos de encuentro (teniendo en cuenta que un “encuentro” significa simplemente que se registraron más de cero individuos) por año y por especie en buques de clase 6. Nótese que el eje ‘x’ está en escala \log_{10} .

3.3 Comparación de las tasas de captura incidental de buques de clase 6 y de clases 1-5

Entre todas las especies clave de captura incidental compartidas entre los buques de clases 1-5 y de clase 6 con datos de observadores, el CV promedio de CPUE por lance y por especie fue de 10.3 para los buques de clase 6 y de 11.31 para los buques de clases 1-5. Entre todas las especies consideradas en el análisis, la correlación entre el CV de los buques de clase 6 y los de clases 1-5 fue de 0.97; aunque la variación por especie fue algo diferente en algunos casos, en general fueron razonablemente similares entre los dos conjuntos de datos (excepto en el caso de los buques de clase 3 y los peces picudos y tiburones) (Figura 7).

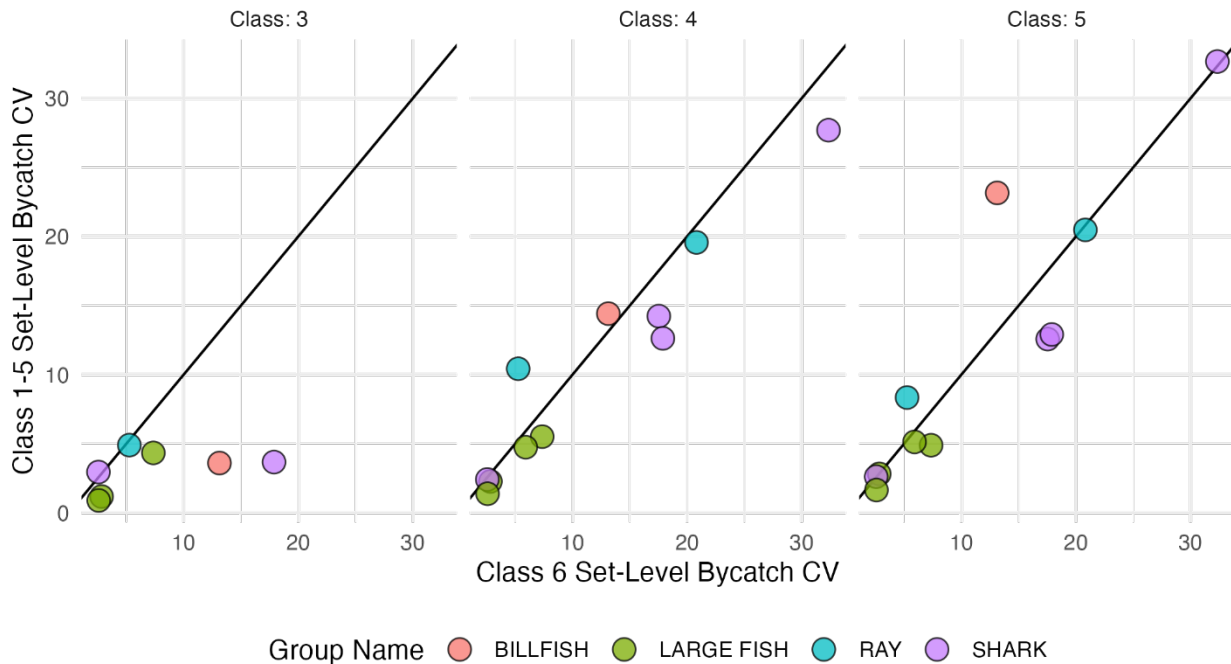


FIGURE 7. Set-level coefficient of variation (CV) in CPUE of individual bycatch species groups by vessel class size between the Class 6 and Class 1-5 observer programs. Note that turtles are omitted as they are not reported in the Class 1-5 observer data used in this report.

FIGURA 7. Coeficiente de variación (CV) por lance en la CPUE de grupos de especies de captura incidental, por clase de capacidad de los buques, entre los programas de observadores de buques de clase 6 y de clases 1-5. Cabe señalar que no se incluyen las tortugas, ya que no figuran en los datos de observadores de buques de clases 1-5 utilizados en este informe.

En la mayoría de los casos, la distribución de CPUE por especie fue relativamente similar entre los programas de observadores de buques de clase 6 y de clases 1-5 ([Figura 8](#)). Al examinar las diferencias espaciales, las distancias de Hellinger oscilaron entre aproximadamente 0.25 (raya látigo violeta) y un poco más de 0.5 (dormilona). Los valores de distancia de Hellinger superiores a 0.5 indican que las dos distribuciones son más diferentes en el espacio que similares. Estos resultados indican que, para muchas especies, la intensidad de la CPUE se distribuye de manera similar en el espacio, pero no todas ([Figura 9](#)), un resultado que refleja el del análisis de la gráfica cuantil-cuantil ([Figura 8](#)).

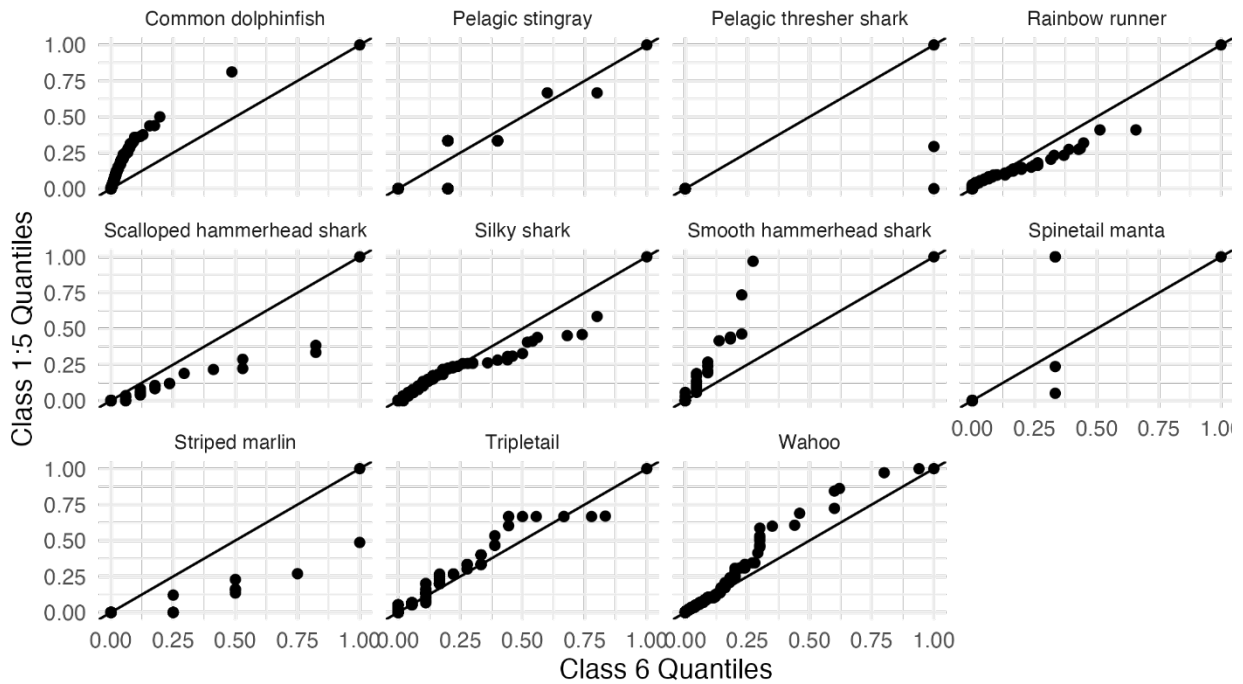


FIGURE 8. Quantile-quantile plot of Class 6 and Class 1-5 bycatch CPUE, each normalized to a zero to one interval. Note that turtles are omitted as they are not reported in the Class 1-5 observer data used in this report.

FIGURA 8. Gráfica cuantil-cuantil de la CPUE de captura incidental de buques de clase 6 y de clases 1-5, cada una normalizada a un intervalo de cero a uno. Cabe señalar que no se incluyen las tortugas, ya que no figuran en los datos de observadores de buques de clases 1-5 utilizados en este informe.

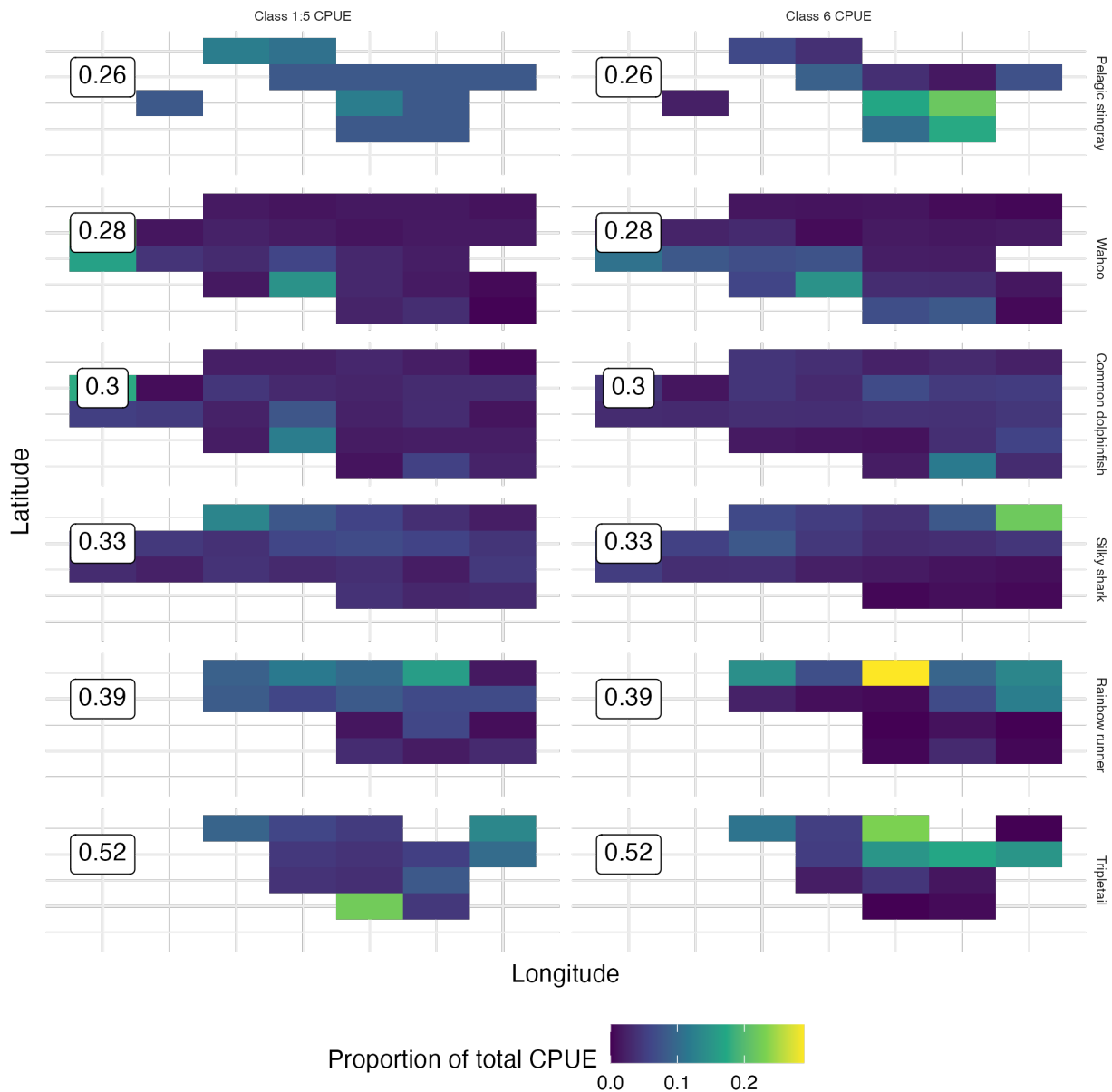


FIGURE 9. Distribution of CPUE in space for individual species broken out by Class 6 (right column) and Class 1-5 (left columns) vessels. Text indicates Hellinger distance in the spatial distribution of CPUE between the Class 6 and Class 1-5 vessels. Plotted species represent pairs for which Hellinger distances could be estimated for both vessel class groups.

FIGURA 9. Distribución de la CPUE en el espacio para especies individuales, desglosada por buques de clase 6 (columna derecha) y de clases 1-5 (columnas izquierdas). El texto indica la distancia de Hellinger en la distribución espacial de la CPUE entre los buques de clase 6 y de clases 1-5. Las especies representadas en la gráfica son pares para los que se pudieron estimar las distancias de Hellinger para ambos grupos de clases de buques.

La cuestión clave para determinar si los datos de observadores de buques de clase 6 pueden proporcionar información sobre los requisitos de cobertura por observadores para los buques de clases 1-5 es en qué medida tienen una variabilidad similar. El análisis revela que la variabilidad de las tasas de captura incidental comparte muchas similitudes entre los programas de observadores de buques de clases 1-5 y de clase 6. Aunque algunas especies tienen distribuciones diferentes entre los dos conjuntos de datos, por lo general estas diferencias no son lo suficientemente graves como para impedir que la información general obtenida de la evaluación de los datos de observadores de buques de clase 6 sea potencialmente aplicable a los casos de los buques de clases 1-5.

3.4 Simulación de tasas alternativas de cobertura por observadores

El análisis de la Sección 3.2, en el que se evalúa la representatividad de los datos de observadores de buques de clases 1-5 para los atunes tropicales como sustituto para las especies de captura incidental, no fue concluyente en cuanto a la utilidad de la cobertura por observadores de buques de clases 1-5 para la estimación de la captura incidental. Si bien los resultados que se muestran en la [Figura 7](#) indican que la captura total no observada de atunes tropicales registrada en las bitácoras de buques de clases 1-5 puede estimarse razonablemente bien a partir de las tasas de captura de los datos de observadores de buques de clases 1-5, eso no significa que la cobertura por observadores actual de buques de clases 1-5 sea adecuada para todas las especies clave de captura incidental. Esto se debe a que es posible que las especies de captura incidental individuales tengan dinámicas espaciotemporales e interacciones con las artes de pesca diferentes a las de los atunes tropicales, lo que significa que un programa que puede ser representativo para los atunes tropicales puede no serlo para algunas especies de captura incidental. Por ello, y dada la naturaleza relativamente similar de la variabilidad observada entre la CPUE de captura incidental de los buques de clase 6 y de clases 1-5, recurrimos a los datos de buques de clase 6 con una cobertura por observadores del 100% como sustituto, probando los efectos de las reducciones simuladas en la cobertura por observadores sobre la precisión de la captura total de varias especies de interés.

Los resultados de este ejercicio se visualizaron mediante gráficas de la distribución de los sorteos de Montecarlo para cada especie. La observación del 34% de los viajes de buques de clase 6 produjo un MAPE mediano de aproximadamente el 25% en todas las especies de captura incidental consideradas, siendo los valores de MAPE de algunas especies superiores al 100% (por ejemplo, zorros) y otros tan bajos como aproximadamente el 10% (por ejemplo, tiburón sedoso). El aumento de la cobertura por observadores por encima del 34% de los viajes disminuyó el MAPE mediano y máximo, pero lentamente, siendo necesaria una cobertura por observadores del 85% para que todas las especies tuvieran un MAPE inferior al 50% ([Figura 10](#)).

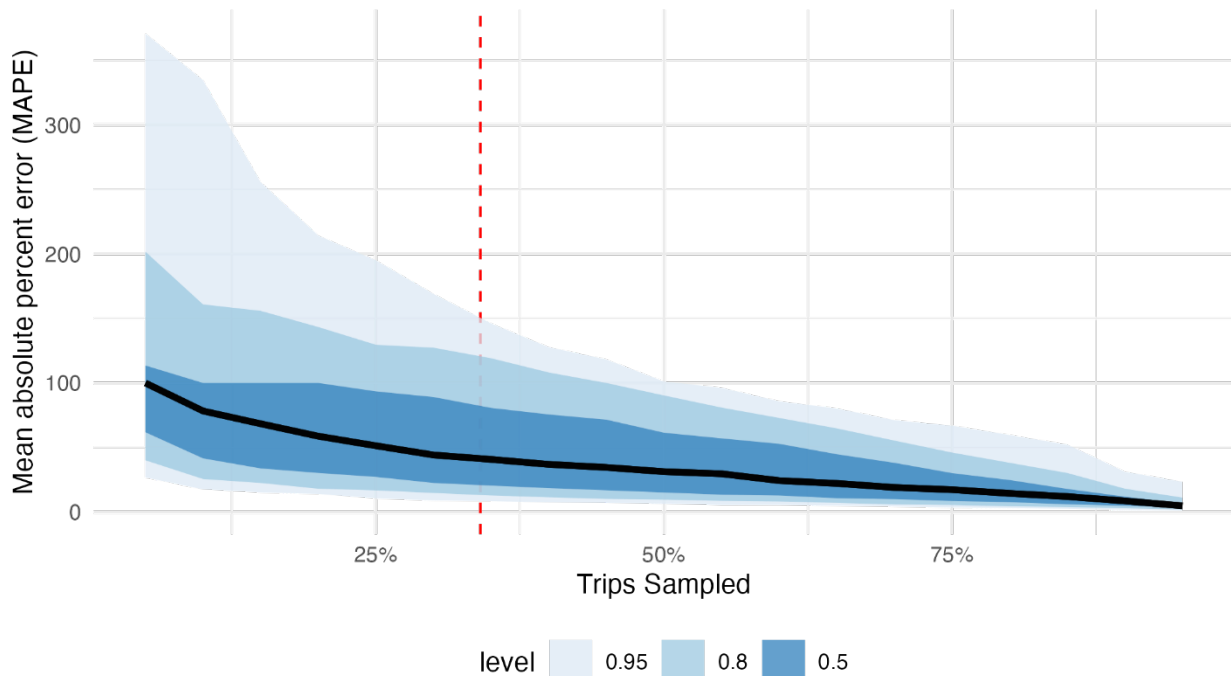


FIGURE 10. Distribution of estimated mean absolute percent error (MAPE) in selected Class 6 vessels catch across all Monte Carlo draws, study years, and species included in the study. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in the subset of data used in this study. The simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 10. Distribución del error porcentual absoluto medio (MAPE) estimado en capturas de buques de clase 6 seleccionados en todos los sorteos de Montecarlo, años de estudio y especies incluidas en el estudio. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

Al desglosar los totales por especies consideradas en este estudio, se observa una amplia gama de valores de MAPE ([Figura 11](#)). Algunas especies comunes, como el dorado común, el peto o el tiburón sedoso, estaban bien representadas incluso con una cobertura por observadores del 34% de los viajes, mientras que otras especies menos comunes, como el zorro ojón, requerían niveles de cobertura superiores al 80% para que el MAPE se acercara al 25%. Las estimaciones de captura total fueron en promedio no sesgadas, consistentes con el diseño de muestreo aleatorio ([Figura 12](#)).

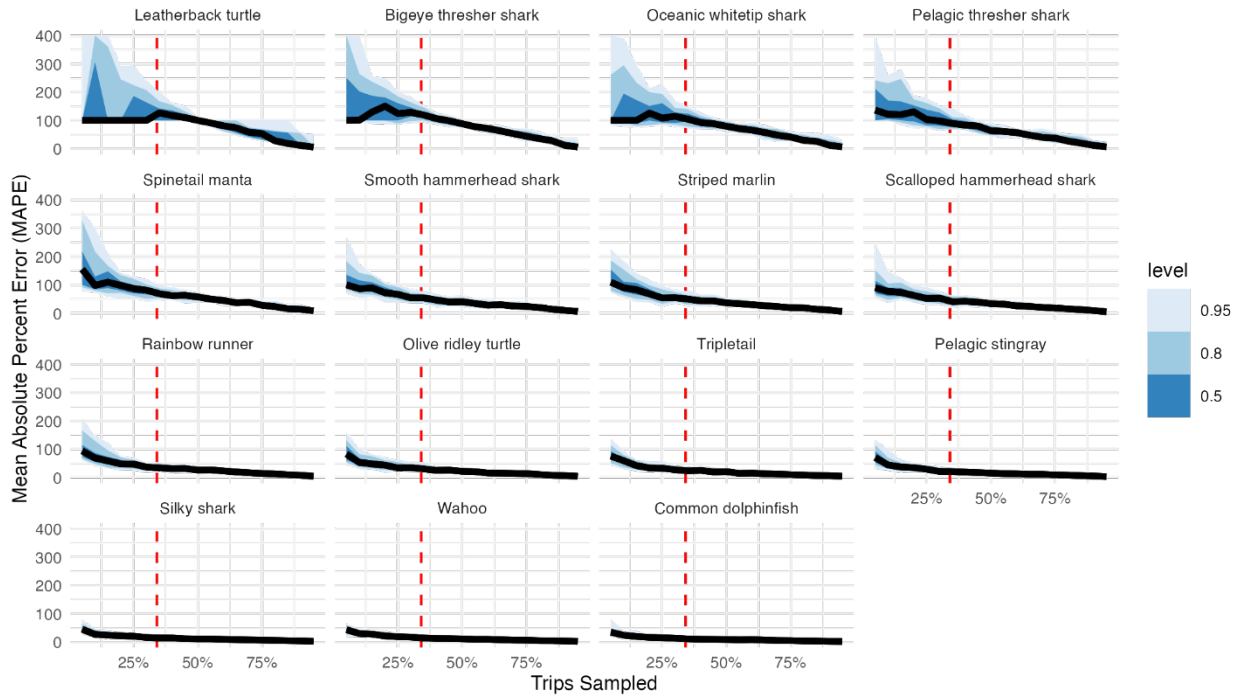


FIGURE 11. Distribution of mean absolute percent error (MAPE) in total catch across all study years across Monte Carlo draws and species, disaggregated by individual species. Y-axis values capped at 400%. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in subset of data used in this study. Simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 11. Distribución del error porcentual absoluto medio (MAPE) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo y especies, desglosado por especies individuales. Los valores del eje 'y' tienen un límite de 400%. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

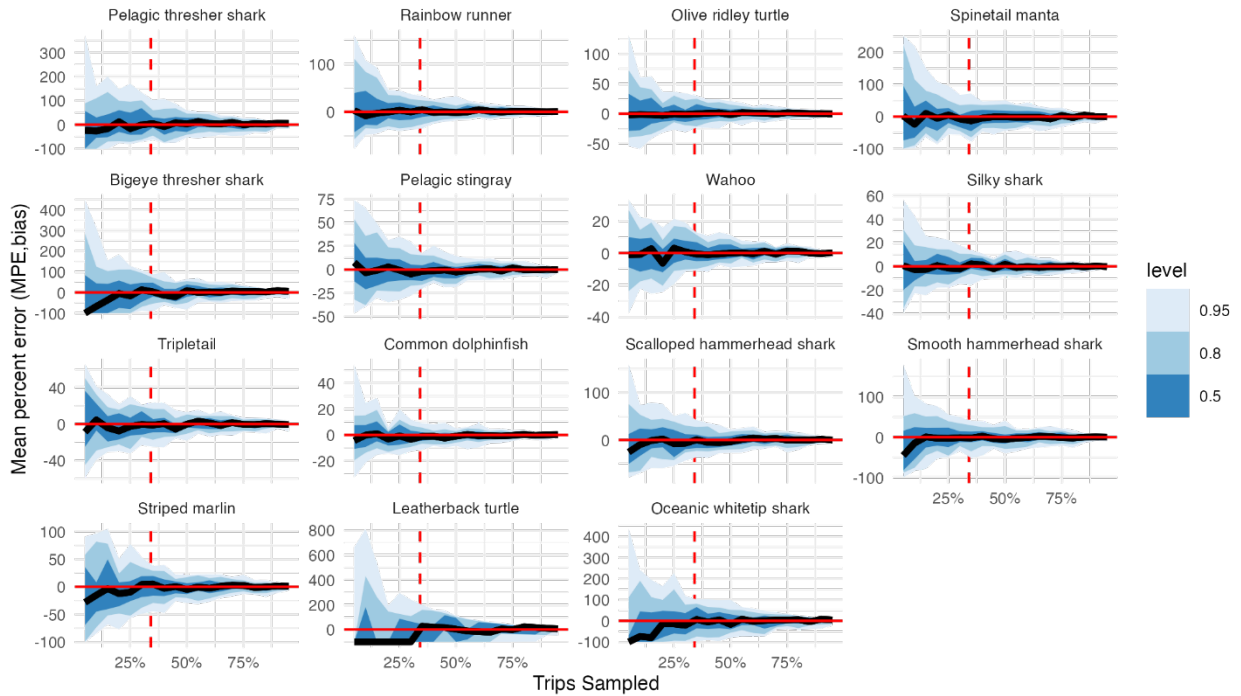


FIGURE 12. Distribution of mean percent error (bias) in total catch across all study years across Monte Carlo draws and species, disaggregated by individual species. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in subset of data used in this study. Simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 12. Distribución del error porcentual medio (sesgo) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo y especies, desglosado por especies individuales. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

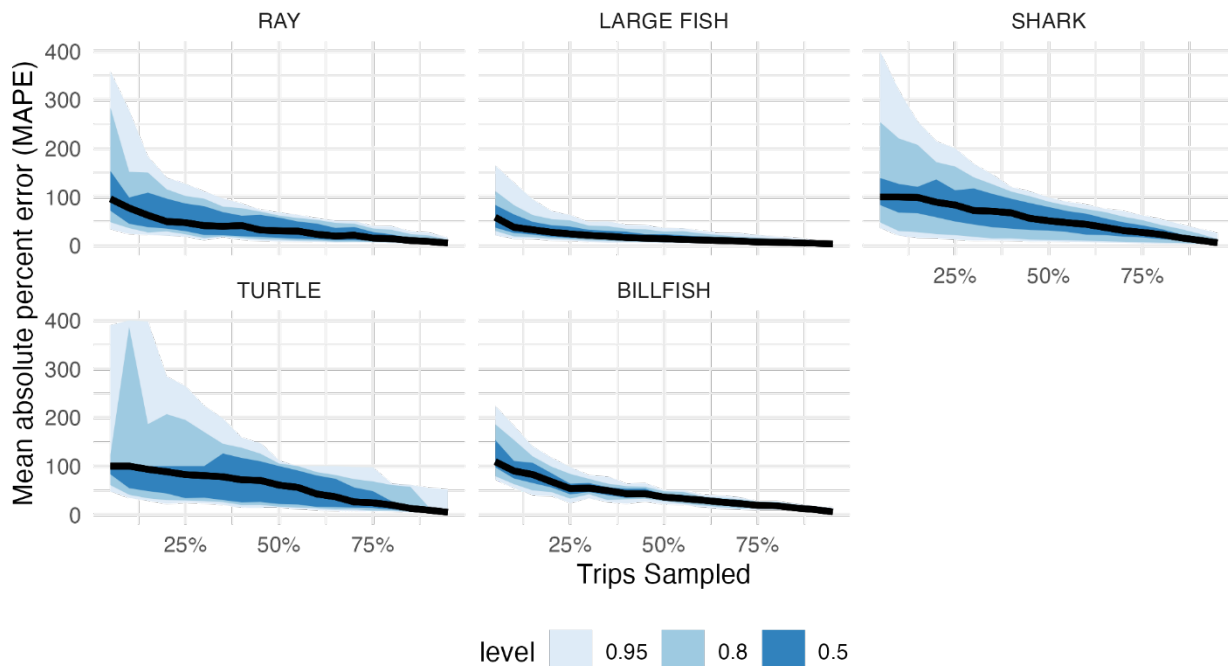


FIGURE 13. Distribution of mean absolute percent error (MAPE) in total catch across all study years for all Monte Carlo draws and species, separated by broad taxonomic group. Y-axis capped at 400%.

FIGURA 13. Distribución del error porcentual absoluto medio (MAPE) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo y especies, separado por grupo taxonómico amplio. Los valores del eje 'y' tienen un límite de 400%.

3.5 Estudio de caso: solo buques de pabellón ecuatoriano

El estudio de simulación anterior presenta un caso optimista en el que se seleccionaron aleatoriamente viajes de buques de clase 6 para observación. Como alternativa, se repitió el ejercicio de simulación de cobertura por observadores, pero se limitaron los viajes observados a solo los buques de clase 6 de pabellón ecuatoriano, para imitar la dinámica del programa actual de observadores de buques de clases 1-5.

Observar solo los buques ecuatorianos aumentó el MAPE y el sesgo para algunas especies. Los valores de MAPE mediano fueron similares en los dos ejercicios (muestreo aleatorio de todos los viajes frente a muestreo aleatorio de solo los viajes de buques ecuatorianos), y alcanzaron valores bastante bajos en el 34% de los viajes observados. Sin embargo, los valores de MAPE en la captura total de algunas especies se mantuvieron en o por encima del 50%, incluso en el caso en que la simulación observó casi el 100% de los viajes de buques ecuatorianos de clase 6 en la base de datos (Figura 14). Esto se debió a la introducción de sesgo de muestreo sistemático entre los viajes observados y no observados (por ejemplo, falta de traslape espacial entre los viajes observados y no observados). Por ejemplo, incluso el muestreo del 95% de los viajes de los buques ecuatorianos dio como resultado una subestimación de la captura total de tiburón sedoso en más del 10%, o de la captura de zorro ojón en un 75% (Figura 16).

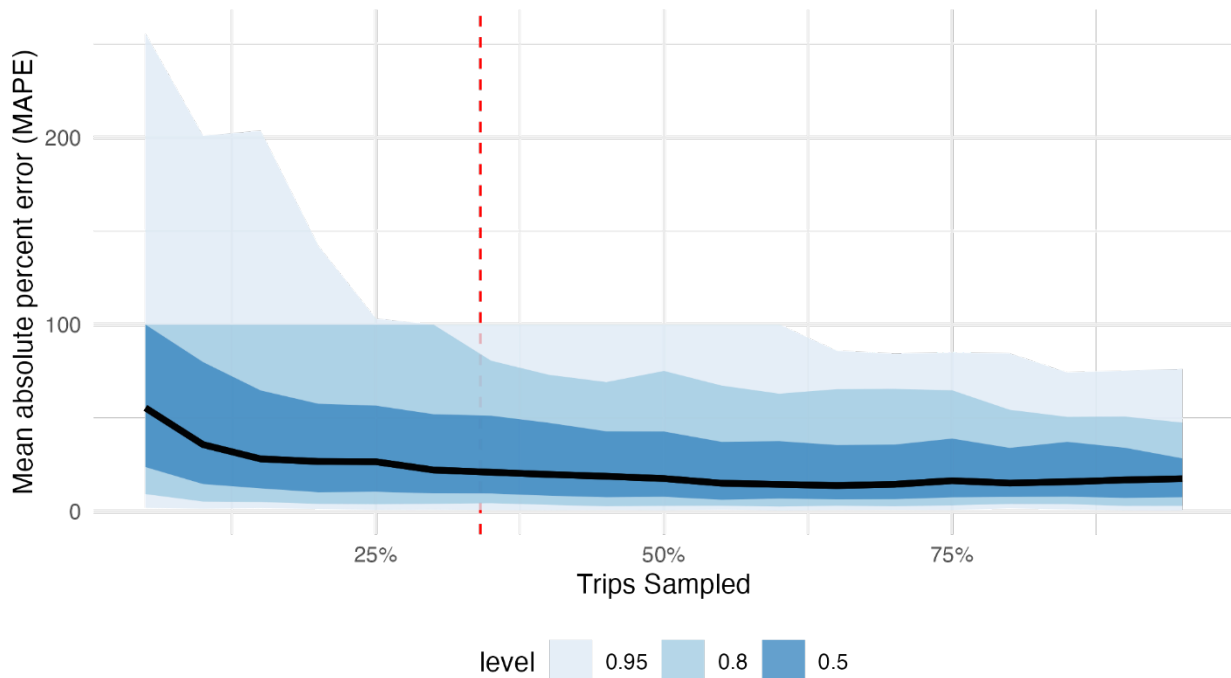


FIGURE 14. Distribution of mean absolute percent error (MAPE) in total catch across all study years for all Monte Carlo draws and species for a simulated case study where only Ecuadorian flagged vessels trips are observed. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in subset of data used in this study. Simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 14. Distribución del error porcentual absoluto medio (MAPE) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo para un estudio de caso simulado en el que solo se observan viajes de buques de pabellón ecuatoriano. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

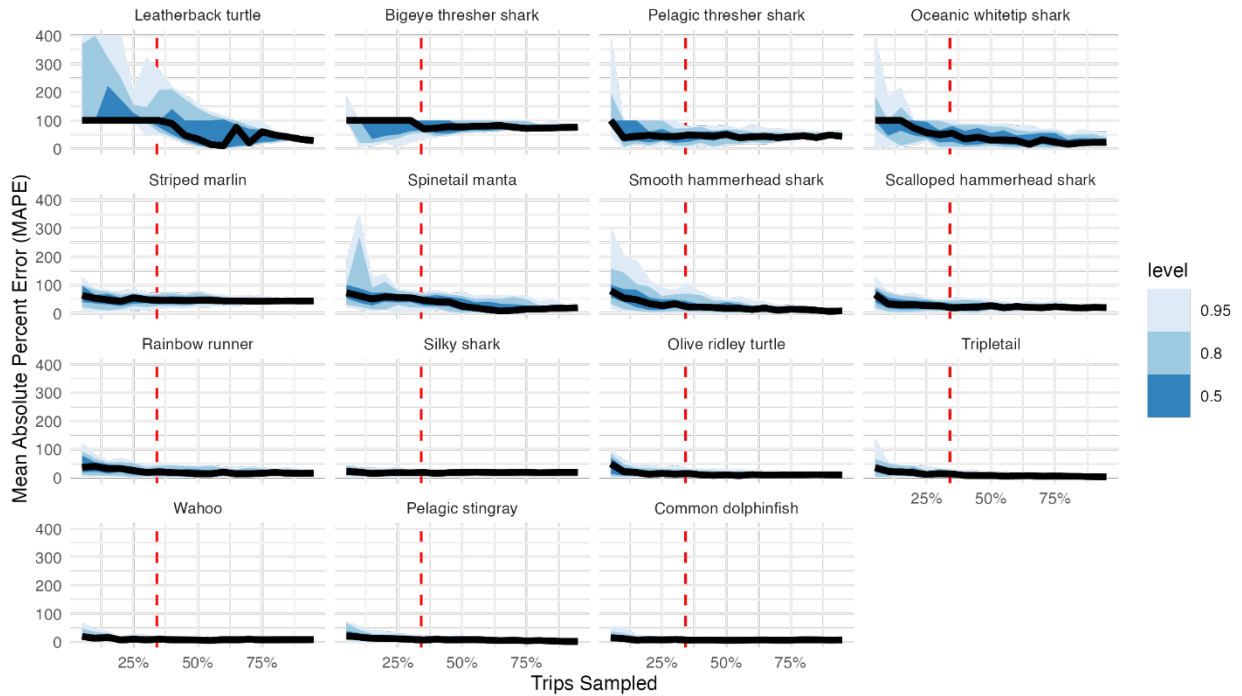


FIGURE 15. Distribution of mean absolute percent error (MAPE) in total catch across all study years for all Monte Carlo draws and species, disaggregated by individual species for a simulated case study where only Ecuadorian flagged vessel trips are observed. Y-axis values capped at 400%. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in subset of data used in this study. Simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 15. Distribución del error porcentual absoluto medio (MAPE) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo y especies, desglosado por especies individuales, para un estudio de caso simulado en el que solo se observan viajes de buques de pabellón ecuatoriano. Los valores del eje 'y' tienen un límite de 400%. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

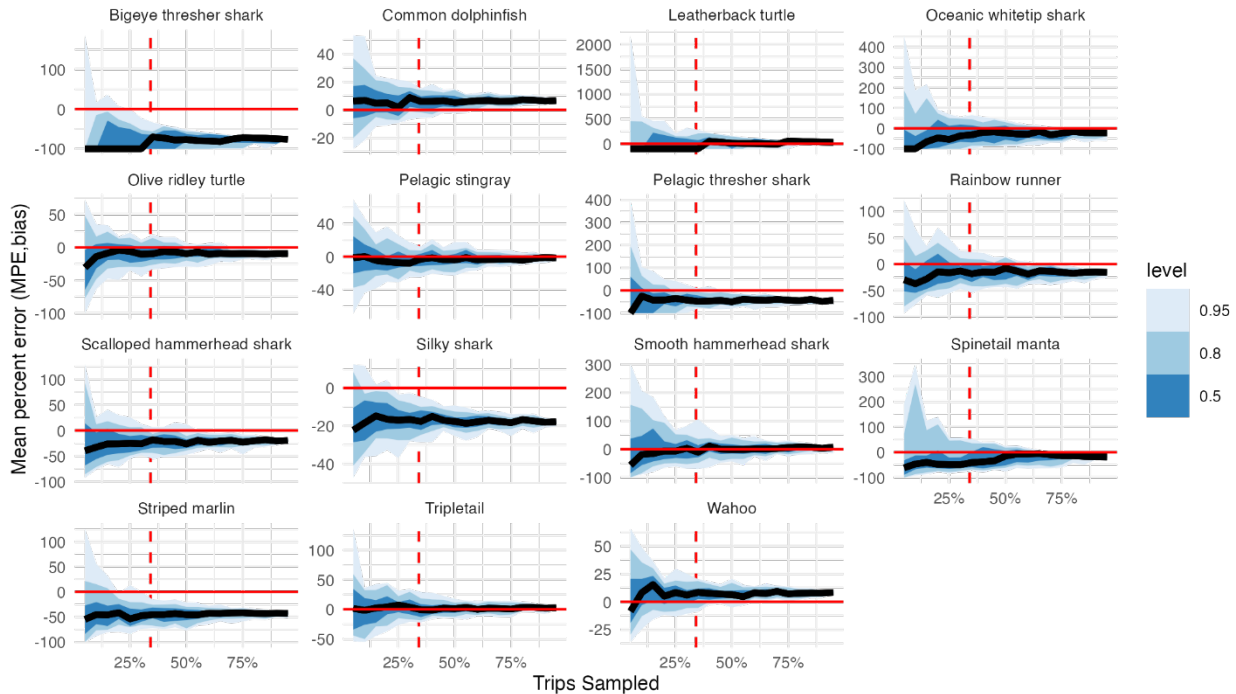


FIGURE 16. Distribution of mean percent error (bias) in total catch across all study years for all Monte Carlo draws and species, disaggregated by individual species for a simulated case study where only Ecuadorian flagged vessels trips are observed. Vertical dashed line is the percent of Class 1-5 trips with observer data in the subset of data used in this study. Simulation assumes all sets are observed on observed trips.

FIGURA 16. Distribución del error porcentual medio (sesgo) en la captura total a lo largo de todos los años de estudio en todos los sorteos de Montecarlo y especies, desglosado por especies individuales, para un estudio de caso simulado en el que solo se observan viajes de buques de pabellón ecuatoriano. La línea vertical discontinua es el porcentaje de viajes de buques de clases 1-5 con datos de observadores en el subconjunto de datos utilizados en este estudio. La simulación supone que todos los lances se observan en viajes observados.

4. DISCUSIÓN

Los diseños de muestreo eficaces buscan maximizar la exactitud y precisión de los resultados deseados a través de la implementación de protocolos logísticamente prácticos pero estadísticamente rigurosos, al tiempo que se minimizan los costos. La magnitud de las ventajas y desventajas de estos objetivos dependerá en gran medida de los costos de muestreo y la variabilidad del proceso que se mide, así como del grado de participación de la flota en el proceso de selección de viajes. Este estudio buscaba proporcionar orientación sobre los niveles de cobertura por observadores y los requisitos de diseño de muestreo para los buques de clases 1-5 con el fin de estimar la captura total de especies clave de captura incidental de los buques de clases 1-5.

A diferencia del análisis de datos de bitácora descrito en el documento [BYC-10 INF-D](#), el presente análisis sugiere que es posible que la actual cobertura por observadores en los buques cerqueros de clases 1-5 sea lo suficientemente representativa para estimar las capturas retenidas de atunes notificadas en las bitácoras de este grupo. Sin embargo, esto no significa que ocurra lo mismo con las especies de captura incidental. Las especies de captura incidental pueden tener distribuciones espaciotemporales muy diferentes a las de los atunes tropicales, y es posible que, por ejemplo, una determinada especie de

captura incidental sea capturada mayoritariamente por buques de clases 1-2 a pesar de que dichos buques solo contribuyan una pequeña cantidad de lances al total en la región ([Figura 6](#)).

Dado que no se dispone de datos de bitácora sobre capturas incidentales en lances no observados de los buques de clases 1-5, no es posible cuantificar directamente las diferencias entre las tasas de captura incidental observada y de bitácora en este segmento de la flota. Además, no es fácil simular niveles de cobertura por observadores de buques de clases 1-5 superiores a los actuales. Sin embargo, los datos de observadores de buques de clase 6, que cuentan con una cobertura por observadores del 100%, pueden utilizarse como sustituto para abordar estas cuestiones. Con base en los datos de observadores de buques de clase 6, para muchas especies, las tasas de observadores cercanas al 30% son suficientes para producir un MAPE relativamente bajo (25% o menos) en la captura total ([Figura 11](#)). Sin embargo, para obtener valores de MAPE bajos para todas las especies se requieren tasas de cobertura por observadores mucho más elevadas, y en los casos en que existen diferencias sistemáticas entre la naturaleza de las operaciones de pesca observadas y no observadas (es decir, el “escenario de solo buques de pabellón ecuatoriano”, [Figura 15](#)), siguen existiendo sesgos y errores elevados en la captura total incluso con niveles de cobertura elevados. De hecho, es razonable creer que la naturaleza actual de la cobertura por observadores en los buques de clases 1-5 se acerca más al escenario de solo buques de pabellón ecuatoriano que al escenario de muestreo aleatorio.

Como se mencionó anteriormente, los resultados del presente estudio sugieren que es posible que las tasas actuales de cobertura por observadores de buques de clases 1-5 sean suficientes para estimar la captura total de muchas especies, pero es posible que se necesiten aumentar sustancialmente tanto la cantidad como la representatividad si el objetivo es obtener estimaciones precisas de todas las especies de captura incidental consideradas en este estudio, especialmente en el caso de especies que a veces solo se encuentran unas pocas veces al año. Tomando el “escenario de solo buques de pabellón ecuatoriano” como el más representativo de la naturaleza de la cobertura por observadores en los buques de clases 1-5, es posible que las tasas actuales, de aproximadamente el 34% de los viajes (38% de los lances), sean suficientes para proporcionar estimaciones precisas de la captura total de muchas especies de captura incidental importantes y comunes (por ejemplo, dorado, tiburón sedoso, tortuga golfina). Sin embargo, es posible que se necesiten niveles más altos de cobertura por observadores para especies clave de captura incidental poco comunes, como el tiburón punta blanca oceánico. Para otras especies poco comunes, como el zorro ojón, el análisis sugiere que las estimaciones mejoradas de captura total tendrían que derivarse de la expansión de la representatividad de los programas de observadores de clases 1-5, ya que al observar incluso el 100% de los viajes de buques ecuatorianos de clase 6 en la base de datos se seguían produciendo estimaciones imprecisas y sesgadas de la captura total de esta especie. Dado el claro potencial de estimaciones sesgadas de captura incidental total cuando la cobertura por observadores está sesgada hacia un segmento particular de la flota, es deseable realizar esfuerzos para aumentar la cobertura por observadores en áreas de los caladeros de los buques de clases 1-5 que actualmente no están bien representadas por los programas existentes de observadores de buques de clases 1-5.

También es importante señalar que los resultados presentados en este estudio se derivan de escenarios muy optimistas en los que se observan todos los lances de un viaje muestreado, y dentro del subconjunto de viajes candidatos (en este caso, todos los viajes o viajes solo de buques de pabellón ecuatoriano) los viajes se seleccionan al azar. Las desviaciones de estos supuestos optimistas probablemente aumentarían el error y el sesgo en las estimaciones de captura incidental a partir de un nivel determinado de cobertura por observadores. El propósito de este estudio no era estimar con precisión las tasas de error de los programas existentes, sino proporcionar recomendaciones generales sobre si es probable que el programa actual sea suficientemente representativo para estimar la captura incidental de ciertas

especies, y una estimación inicial de los niveles potenciales de cobertura por observadores que podrían ser necesarios para mejorar las estimaciones de estas especies de captura incidental.

Es importante señalar que la definición de “representatividad” depende de los objetivos del programa de observadores. Un programa de muestreo podría considerarse “representativo” si los atributos pertinentes (por ejemplo, la captura por lance) de las observaciones muestreadas son suficientemente similares a esos mismos atributos en un conjunto de observaciones no muestreadas. Tomando como ejemplo el experimento “solo buques de pabellón ecuatoriano”, un programa de este tipo no sería representativo de la extensión espacial y temporal completa de las operaciones de pesca de los buques de clases 1-5, pero, independientemente de ello, es posible que sea suficientemente representativo de algunas especies (por ejemplo, cornuda cruz), mientras que no o sea de otras (por ejemplo, zorro ojón) ([Figura 16](#)). Por lo tanto, si el objetivo es que un programa de observadores proporcione una estimación imparcial de las capturas totales de todas las especies consideradas en este informe, entonces una definición de referencia de “representativo” podría ser “distribuido aleatoriamente en toda la extensión espacial y temporal de las operaciones de pesca de los buques de clases 1-5”, cuyos resultados simulados se muestran en la [Figura 12](#). Sin embargo, es posible que existan diferentes definiciones de representatividad para diferentes objetivos del programa de observadores.

El muestreo puramente aleatorio de todos los lances posibles es la manera más fiable de garantizar una muestra representativa, pero no siempre es posible ni eficaz. En futuros trabajos de simulación se podrían probar varias opciones de diseños de muestreo de probabilidad más realistas para determinar cómo se podría lograr la cobertura necesaria mediante protocolos adaptados a las limitaciones logísticas que podrían dificultar la selección aleatoria de viajes. Por ejemplo, se podrían considerar protocolos de muestreo que impliquen un muestreo sistemático de los viajes. Además, si se requieren estimaciones de captura incidental para áreas donde las especies son particularmente vulnerables o están presentes, o se requieren diferentes niveles de cobertura para diferentes clases de capacidad de buques, se podrían evaluar las ventajas y desventajas de los diseños de muestreo estratificado, en términos de desempeño estadístico y complejidad logística.

La información principal necesaria para proporcionar una orientación más específica sobre los posibles niveles de cobertura sería una lista de tasas de error aceptables para especies específicas o grupos de especies. Por ejemplo, se debería aclarar si el objetivo del programa es que ninguna especie individual tenga un MAPE de captura superior al 25%, 50% o cualquier otro valor, o si el objetivo debería aplicarse a grupos taxonómicos en lugar de a especies individuales. Estas directrices también deberían tener en cuenta la realidad del muestreo de especies poco comunes, algunas de las cuales son de interés para la Comisión según resoluciones existentes (por ejemplo, res. C-19-04, C-24-05). Algunas especies de captura incidental consideradas en el presente informe aparecían con bastante frecuencia en los datos de observadores de buques de clase 6 (por ejemplo, dorado). Sin embargo, muchas otras especies se encontraron en muy pocas ocasiones. Por ejemplo, los zorros ojones se notificaron menos de 10 veces en un año en los datos de observadores de buques de clase 6 ([Figura 6](#)). La realidad es que obtener cantidades precisas de capturas totales de estas especies poco comunes en los datos de observadores de buques de clases 1-5 probablemente requeriría algún tipo de cobertura por observadores cercana al 100% (es decir, una combinación de observadores humanos y monitoreo electrónico), lo que podría resultar poco práctico y logísticamente difícil.

5. REFERENCIAS

Wilson, P.D., 2011. Distance-based methods for the analysis of maps produced by species distribution models. *Methods in Ecology and Evolution* 2, 623–633. <https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00115.x>