

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL  
GRUPO DE TRABAJO SOBRE CAPTURA INCIDENTAL

DÉCIMA REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)  
7 de mayo de 2020<sup>1</sup>

DOCUMENTO BYC-10 INF-A

INDICADORES ACTUALIZADOS DE CONDICIÓN DE POBLACIÓN DEL TIBURÓN  
SEDOSO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL, 1994-2019

Cleridy E. Lennert-Cody, Alexandre Aires-da-Silva, Mark N. Maunder, Ernesto Altamirano

ÍNDICE

Resumen .....	1
1. Antecedentes.....	2
2. Datos y métodos.....	3
3. Resultados y discusión.....	4
4. Trabajo futuro.....	6
Referencias .....	7

RESUMEN

Los índices de abundancia relativa para el tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) grande en el Océano Pacífico oriental (OPO), desarrollados a partir de datos de captura incidental por lance recolectados por observadores de lances cerqueros sobre objetos flotantes y presentados en la 10ª reunión del Comité Científico Asesor (SAC-10) en mayo de 2019 (Documento [SAC-10-17](#)), fueron actualizados con datos de 2019. Análisis previos ([SAC-08-08a\(i\)](#), Lennert-Cody *et al.* 2019) identificaron una correlación entre los índices del OPO norte, particularmente los de tiburones sedosos pequeños (<90 cm) y medianos (90-150 cm), y la variabilidad interanual en las condiciones oceanográficas y, por lo tanto, los índices para esas categorías de talla, y para la categoría combinada de “todos los tiburones sedosos”, no se actualizaron debido a preocupaciones respecto al sesgo. En el OPO tanto norte como sur, los índices para el tiburón sedoso grande (>150 cm) en 2019 estuvieron en los valores de 2018, o ligeramente por debajo de ellos, después de una disminución más pronunciada de los índices de 2017 a 2018. Debido al reciente aumento en el número de tiburones registrados por observadores como liberados vivos, también se calcularon índices para el tiburón sedoso grande que incluyeron estos datos, y revelaron una tendencia a largo plazo algo menos pesimista. Ha habido preocupación por la exactitud de las estimaciones de categoría de talla registradas para los tiburones liberados vivos, lo que podría provocar que el aumento de las liberaciones de tiburones vivos sesgue los índices por talla. Sin embargo, los resultados preliminares de una encuesta reciente a los observadores sugieren que confían bastante en su capacidad de estimar la categoría de talla de los tiburones liberados vivos desde los principales lugares de liberación a bordo del buque y con los principales métodos de liberación, y que es menos probable que las estimaciones de los tiburones más grandes se vean afectadas por dónde en el buque y cómo se liberaron los animales que las de los tiburones más pequeños. Sin embargo, persiste incertidumbre respecto a cómo ha cambiado el número de

<sup>1</sup> Pospuesta a una fecha posterior por determinar.

tiburones liberados vivos desde 1994, el primer año en el que se evaluó el índice. Asimismo, se presentan consideraciones para investigaciones futuras, incluyendo algunas presentadas previamente ([SAC-07-06b\(i\)](#), [SAC-07-06b\(iii\)](#), [SAC-08-11](#)) sobre la mejora de la recolección de datos de pesca de tiburones en el OPO.

## 1. ANTECEDENTES

Un intento por el personal de la CIAT en 2013 de evaluar la condición del tiburón sedoso en el OPO, usando modelos convencionales de evaluación de poblaciones, se vio severamente dificultado por incertidumbres importantes en los datos de pesca, principalmente la captura anual total en los primeros años de todas las pesquerías que capturaron tiburones sedosos en el OPO ([SAC-05 INF-F](#)). Aunque el intento produjo una cantidad sustancial de información nueva sobre el tiburón sedoso en el OPO (por ejemplo, magnitud absoluta y relativa de la captura por diferentes pesquerías, y sus selectividades), la escala absoluta de las tendencias poblacionales y las cantidades de ordenación derivadas fueron obstaculizadas por huecos en los datos disponibles. Ya que no fue posible una evaluación convencional de la población, en 2014 el personal propuso un conjunto de posibles indicadores de condición de población (SSI, de *stock status indicators*) que podrían usarse para dar seguimiento al tiburón sedoso en el OPO y como base para el asesoramiento de ordenación ([SAC-05-11a](#)), incluyendo índices de captura incidental por lance (CIPL) estandarizados de la pesquería de cerco. Además, el personal está colaborando en investigaciones de evaluación del tiburón sedoso en el Pacífico entero, para las cuales es fundamental contar con índices de abundancia fiables ([Clarke et al. 2018](#)).

Estudios de la variabilidad de los índices de (CIPL cerquera ([SAC-08-08a\(i\)](#)), Lennert-Cody *et al.* 2019) han sugerido que las grandes fluctuaciones recientes, particularmente en el índice para el tiburón sedoso pequeño (<90 cm de longitud total (LT)) y mediano (90-150 cm LT) en el OPO norte, podrían ser influenciadas por la variabilidad interanual en las condiciones oceanográficas (por ejemplo, los eventos de El Niño y La Niña). Estos análisis descubrieron que la correlación entre los índices para tiburones sedosos y la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP, un índice de variabilidad interanual e interdecadal del clima del Océano Pacífico) variaba según la categoría de talla de los tiburones y la subregión en el Pacífico tropical ecuatorial. Las correlaciones más altas fueron para los tiburones sedosos pequeños y medianos en el OPO norte occidental y en el Pacífico tropical central y occidental, pero disminuyeron hacia la costa en el OPO norte. Se planteó la hipótesis de que este patrón espacial en correlación podría deberse al desplazamiento de tiburones sedosos juveniles a través del Pacífico a medida que el extremo oriental del charco cálido del Indo-Pacífico cambia de lugar con los eventos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS). Por lo tanto, los índices de tiburones sedosos pequeños y medianos pueden estar sesgados como indicadores de condición de población. Sin embargo, los índices para tiburones sedosos grandes (>150 cm LT) podrían ser menos susceptibles a las influencias oceanográficas porque tuvieron una correlación menor con la ODP, y estaban distribuidos de manera más homogénea entre las subregiones del OPO. Por lo tanto, sólo se han actualizado los índices para tiburones sedosos grandes desde el informe anterior de 2018.

La transición a un SSI basado únicamente en datos de tiburones sedosos grandes exigió una revisión del tratamiento de los datos sobre liberaciones en vivo. Antes de finales de 2004, no se hubieran registrado los tiburones sedosos que fueron liberados vivos, pues los observadores sólo registraban tiburones que llegaban a la cubierta del buque ya muertos o que morían en ella. A finales de 2004, los observadores comenzaron a recolectar datos detallados sobre la talla, sexo y destino de todos los tiburones capturados incidentalmente salabardeados a la cubierta del buque (Román *et al.* 2005), incluyendo el número de tiburones liberados vivos. Se cree que muchos de los tiburones registrados como muertos antes de 2005 serían ahora registrados como liberados vivos, debido principalmente a la prohibición de 2005 del

“aleteo”<sup>2</sup> de tiburones (Resolución [C-05-03](#) de la CIAT) y la introducción de mejores prácticas de manipulación, que incluyen la liberación inmediata de tiburones subidos a bordo del buque. Los recuentos de tiburones liberados vivos fueron incluidos en los índices para la categoría de talla combinada de “todos los tiburones sedosos” en informes anteriores ([SAC-05-11a](#); [SAC-06-08b](#); [SAC-07-06b\(i\)](#); [SAC-08-08a\(i\)](#); [SAC-09-13](#)), pero no en los índices por categoría de talla debido a la preocupación acerca de la exactitud de la clasificación de los observadores de las categorías de talla de los tiburones registrados como liberados vivos, que el observador podría haber visto solo desde lejos y/o por muy poco tiempo. A pesar de esta preocupación, la transición al índice de tiburón sedoso grande como el indicador de condición de población más fiable, combinada con los recientes aumentos en el número de liberaciones en vivo registradas para tiburones sedosos grandes (ver abajo; [Tabla 1](#)), significa que la liberación en vivo de tiburones sedosos grandes debe tenerse ahora en cuenta en el cálculo del índice.

Este documento presenta dos conjuntos de índices para tiburones sedosos grandes, para el OPO al norte y al sur de la línea ecuatorial, actualizados hasta fines de 2019: uno excluye los datos de liberaciones en vivo (como en los informes anteriores) y el otro los incluye. El índice que incluye las liberaciones en vivo es considerado más fiable, por las razones que se discuten a continuación, y debería usarse como base para el asesoramiento de ordenación. También se presentan los resultados preliminares de una encuesta realizada a los observadores sobre cómo su capacidad para evaluar la talla de los tiburones liberados vivos puede verse afectada por factores como dónde en el buque y cómo fueron liberados. Por último, se identifican varios temas de investigación orientados a mejorar los índices cerqueros para el tiburón sedoso.

## 2. DATOS Y MÉTODOS

### 2.1. Índices de abundancia relativa

Se usaron datos de capturas incidentales de tiburones sedosos recolectados por observadores de la CIAT a bordo de buques cerqueros de clase 6<sup>3</sup> durante 1994-2019 para generar índices de abundancia relativa basados en CIPL para el tiburón sedoso grande. Los observadores registran capturas incidentales de tiburones sedosos, que ocurren predominantemente en los lances sobre objetos flotantes ([SAC-07-07b](#)), por categoría de talla: pequeño (<90 cm de longitud total (LT)), mediano (90-150 cm LT) y grande (>150 cm LT), que reflejan aproximadamente las etapas de vida (los juveniles corresponden a las categorías pequeña y mediana, los adultos a la categoría grande). En los análisis también se utilizaron los recuentos de tiburones sedosos grandes registrados como liberados vivos de la cubierta del buque, disponibles desde finales de 2004. Desde 2010, la proporción de tiburones sedosos grandes registrados como liberados vivos se ha casi quintuplicado ([Tabla 1](#)), por lo que ahora se calculan dos índices para tiburones sedosos grandes, uno excluyendo y el otro incluyendo tiburones sedosos grandes registrados como liberados vivos por el observador. (Como se señaló anteriormente, en informes anteriores, los animales registrados como liberados vivos fueron incluidos en la categoría de “todos los tiburones sedosos”, pero no en las subcategorías de talla individuales). En las [Figuras 1a-d](#) se presentan resúmenes anuales de la distribución espacial de las tasas de captura incidental durante 1994-2019.

Se estimaron las tendencias de la CIPL en los lances sobre objetos flotantes usando modelos aditivos generalizados (MAG) previamente desarrollados (Minami *et al.* 2007). Se usó un MAG binomial negativo con cero inflado para modelar los datos de captura incidental de lances sobre objetos flotantes debido a la gran proporción de lances con captura incidental nula y la existencia de lances con capturas incidentales grandes. Los predictores usados en este modelo fueron: año (factor); términos suavizados para latitud, longitud, hora del lance, y día del año (para capturar patrones estacionales); y términos lineales para

---

<sup>2</sup> Cortar las aletas del tiburón y descartar el resto del cuerpo

<sup>3</sup> Capacidad de acareo > 363 t

profundidad de la red de cerco, profundidad del objeto flotante, temperatura superficial del mar, logaritmo natural de las capturas incidentales de especies aparte de tiburones sedosos, logaritmo natural de la captura de atún, y dos sustitutos de densidad local de los objetos flotantes. Se computaron las tendencias para tiburones sedosos grandes a partir del MAG ajustado, utilizando un enfoque ponderado por área. El valor del índice anual fue la suma de la CIPL predicha en una cuadrícula de 1°, con los valores de las covariables distintas de latitud, longitud y año fijados en sus medianas a lo largo de todo el periodo de tiempo y la cuadrícula espacial. Los índices presentados en informes antes de 2019 se basaron en el método de dependencia parcial (Hastie *et al.* 2009), que produce un índice ponderado por datos. Los enfoques ponderados por datos dan más influencia en la estimación de tendencias a las áreas con más lances, mientras que el enfoque ponderado por área da igual peso a todas las áreas, y por lo tanto es preferible. Al igual que en años anteriores, se computaron las tendencias para el OPO al norte y al sur de la línea ecuatorial. Se calcularon intervalos de confianza de 95% puntuales aproximados para las tendencias a partir de 500 índices simulados generados por un remuestreo de los parámetros del MAG de una distribución normal multivariante con medias, varianzas y covarianzas de los coeficientes estimados del modelo (Wood 2006), suponiendo parámetros suavizadores conocidos y parámetros de escala de distribución binomial negativa. Se obtuvieron intervalos de confianza aproximados del 95% aplicando el método percentil (Efron 1982) a los 500 valores de índice simulados en cada punto de tiempo.

## **2.2. Encuesta a observadores sobre la estimación de la talla de los tiburones liberados vivos**

Dado el aumento del número de liberaciones en vivo de tiburones sedosos en los últimos años ([Tabla 1](#)), y las posibles diferencias por categoría de talla (etapa de vida) en los efectos de la variabilidad interanual de las condiciones oceanográficas sobre la abundancia de tiburones sedosos (Lennert-Cody *et al.* 2019), es deseable mejorar las estimaciones de la composición por talla de las capturas incidentales de tiburones sedosos. Si se van a usar índices por categoría de talla para dar seguimiento a la condición de la población, es importante entender si los requisitos de liberación en vivo afectan la capacidad de los observadores para estimar la talla de los tiburones (y, de ser así, cómo) y, por lo tanto, potencialmente sesguen las estimaciones de la composición por talla, que a su vez afectarán las estimaciones de los índices de abundancia relativa por categoría de talla, así como de la captura incidental total por categoría de talla. Antes de finales de 2004, los observadores estimaban la talla de los tiburones capturados, pero desde entonces se les ha exigido que midan los tiburones sedosos en caso posible y que estimen la talla de los que no puedan medir. Sin embargo, desde la prohibición del “aleteo” en 2005, y la introducción de mejores prácticas que exigen que los tiburones subidos a bordo de un buque sean devueltos al agua tan pronto como sea posible, es probable que los tiburones hayan sido en general menos visibles para los observadores, y/o visibles durante periodos más cortos de tiempo, y no se sabe si el aumento de la proporción de animales registrados como liberados vivos introdujo sesgo en el número de tiburones por categoría de talla.

Por consiguiente, se desarrolló una encuesta para recolectar información sobre cómo la capacidad de los observadores para evaluar la talla de los tiburones liberados vivos podría verse afectada por factores como el lugar de liberación a bordo del buque y el método de liberación. La encuesta fue publicada en línea a mediados de febrero, y a fines de marzo había sido respondida por 76 observadores del programa del APICD. Se siguen recolectando las respuestas de los observadores, y se presentará un informe completo sobre los resultados en la reunión del Comité en 2021; en el presente documento presentamos un resumen preliminar de sus respuestas a algunas de las principales preguntas de la encuesta.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Índices de abundancia relativa**

Con respecto a 2018, los valores del índice de 2019 para los tiburones sedosos grandes fueron similares o

ligeramente inferiores ([Figura 2](#)). En el OPO, tanto norte como sur, los índices que incluyen datos sobre liberaciones en vivo muestran una tendencia a largo plazo algo menos pesimista que los que no incluyen esos datos. Estos dos índices (con y sin datos de liberación en vivo) podrían encerrar la tendencia que se hubiera obtenido si el aleteo, la manipulación de tiburones, y las prácticas de registro de datos hubieran permanecido sin cambios desde 1994. La tendencia basada solamente en recuentos de tiburones muertos podría ser demasiado pesimista, dado que en los últimos años ha habido mayores esfuerzos para liberar tiburones vivos. Por otro lado, el índice que incluye datos de liberaciones en vivo podría ser demasiado optimista porque no se registró ningún tiburón liberado vivo antes de 2005; sin embargo, dado el trauma físico causado por el salabardeo<sup>4</sup> y la falta de énfasis en la liberación inmediata de tiburones de la cubierta, combinado con prácticas de aleteo sin restricciones, es probable (pero no seguro) que se produjera poca o ninguna liberación de tiburones vivos antes de 2005. Por lo tanto, el índice que incluye liberaciones en vivo debería usarse como base para el asesoramiento de ordenación.

Aunque se encontró que el índice para tiburones sedosos grandes es el menos correlacionado con la variabilidad interanual en las condiciones oceanográficas, éste aún puede estar influenciado por cambios en el clima oceánico. Sin embargo, sin conocer los procesos ambientales específicos que afectan el índice, esos procesos no pueden ser modelados explícitamente para mitigar el sesgo. En la actualidad, la única opción sería incluir la ODP como covariable en el modelo de estandarización de la CIPL. Esto introducirá variabilidad (y potencialmente sesgo) en el índice a medida que evolucione la relación empírica entre la ODP y la CIPL con la adición de nuevos datos en ambos conjuntos de datos. Además, sin modelar explícitamente los efectos del desplazamiento, la inclusión de la ODP en el modelo de estandarización de la CIPL podría ser problemática debido a la confusión de los efectos de la ODP y del año, lo que podría sesgar la tendencia estimada. Por último, el tratamiento de los procesos oceanográficos dependerá de si se cree que tienen un impacto sobre la densidad de tiburones (a través del desplazamiento, por ejemplo) o si reflejan cambios en la capturabilidad condicionados por el medio ambiente. La evaluación del tiburón sedoso en el Pacífico entero por Clarke *et al.* (2018) no pudo ajustarse a índices de abundancia relativa para el OPO y el Pacífico occidental simultáneamente, a pesar de que se consideraron varios escenarios para la dinámica de desplazamiento a escala de cuenca oceánica. Esto puede indicar que el desplazamiento no está impulsando la correlación de los índices de tiburones sedosos con la ODP, o puede indicar una especificación errónea en el modelo; no se disponía de datos de marcado para el modelo de evaluación en el Pacífico entero. Por lo tanto, es deseable que el trabajo planeado en el Proyecto [H.5.a](#) se amplíe para mejorar los conocimientos de los efectos de la variabilidad interanual en las condiciones oceanográficas en la distribución y desplazamiento del tiburón sedoso en el Océano Pacífico tropical.

Como se señaló anteriormente ([SAC-07-06b\(i\)](#), [SAC-07-06b\(iii\)](#), [SAC-08-11](#)), datos de captura fiables de todas las pesquerías que capturan tiburones sedosos en el OPO, índices de abundancia relativa para las pesquerías distintas de las de cerco (por ejemplo, las pesquerías de palangre, que toman la mayoría de la captura), y datos de composición, por talla/edad y sexo, siguen siendo vitales. Este es particularmente el caso dada la creciente preocupación acerca de la fiabilidad de los índices cerqueros. Se está avanzando en la recolección de datos de las flotas artesanales de Centroamérica (SAC-11-14), donde se están implementando programas de muestreo para recolectar datos para estimar la composición por especie y talla de las capturas de tiburones. Las estimaciones de abundancia absoluta (por ejemplo, las derivadas de métodos de marca y recaptura de parientes cercanos) son esenciales para poner las estimaciones de captura en contexto con respecto a las tasas de mortalidad por pesca y los parámetros demográficos.

---

<sup>4</sup> Estudios recientes (Poisson *et al.* 2014, Eddy *et al.* 2015, Hutchinson *et al.* 2015) indican que los tiburones que se cargan en la cubierta del buque con un salabardo junto con la captura de atún sufren traumas que conducen a una baja supervivencia tras su liberación.

### 3.2. Encuesta a observadores sobre la estimación de la talla de los tiburones liberados vivos

Las respuestas hasta la fecha a la encuesta sobre los factores que podrían afectar la determinación del observador de la talla de los tiburones liberados vivos pueden resumirse de la siguiente manera:

1. El lugar en el buque y el método de liberación en vivo varían ligeramente según la talla del tiburón ([Figura 3](#)). Lo más frecuente es que los tiburones considerados vivos se liberen directamente al agua desde el salabardo o desde la cubierta de trabajo después de haber sido salabardeados a bordo del buque. Sin embargo, la mayoría de los tiburones pequeños son liberados directamente desde el salabardo, mientras que la mayoría de los tiburones grandes son liberados desde la cubierta de trabajo después de haber sido salabardeados.
2. Casi todos los observadores se sintieron muy confiados en su determinación de la talla de los tiburones, así como del número de tiburones, si los animales eran descargados del salabardo a la cubierta de trabajo antes de ser devueltos al agua o eran descargados del salabardo al agua utilizando una camilla ([Figura 4](#)). Sin embargo, más del 20% de los observadores expresaron incertidumbre sobre la talla de los tiburones liberados directamente del salabardo al agua. Esto parecería ser más una preocupación para los tiburones pequeños y medianos que para los grandes ([Figura 3](#)). Menos del 30% de los observadores se mostraron muy confiados sobre sus determinaciones de talla de los tiburones enredados en la red que fueron liberados por la popa ([Figura 4](#)); sin embargo, esta situación no parece ser común ([Figura 3](#)).
3. Desde 2017, cuando hubo un aumento considerable de liberaciones en vivo ([Tabla 1](#)), la liberación directamente desde el salabardo al agua, con o sin el uso de una camilla, se ha vuelto más común, y la liberación desde el salabardo al agua vía cubierta de trabajo es menos común ([Figura 5](#)).

Estos resultados preliminares sugieren que, en general, los observadores confían bastante en su capacidad para estimar la categoría de talla de los tiburones liberados vivos, y que es menos probable que el lugar y el método de liberación afecten la determinación de la talla de los tiburones más grandes que de los más pequeños. Los resultados finales de la encuesta se presentarán en SAC-12 y en ese momento se discutirá cualquier implicación para la recolección de datos.

### 4. TRABAJO FUTURO

Con base en los resultados presentados en este documento y otros trabajos recientes, se debería considerar lo siguiente en el trabajo futuro sobre los índices de abundancia del tiburón sedoso en el OPO:

1. **Identificar opciones para mejorar el protocolo de muestreo de talla de tiburones** para los observadores a bordo (PCE, Meta [B.1](#): *Evaluar y mejorar los datos recolectados en buques cerqueros por el Programa de Observadores a Bordo para investigaciones científicas*).
2. **Investigar opciones de estudios de campo, tales como estudios de marcado, para evaluar la relación entre la abundancia y distribución de tiburones sedosos y la variabilidad interanual en las condiciones ambientales en el Pacífico tropical.** Debido a su alcance, dicho estudio tendría que ser colaborativo, con la participación de naciones costeras del OPO y la Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central (WCPFC). Aunque los estudios de marcado realizados recientemente en el Pacífico (Hutchinson *et al.* 2019; Schaefer *et al.*, 2019) mostraron el potencial de desplazamiento considerable de los tiburones sedosos, no pueden informar si los desplazamientos están relacionados con la variabilidad interanual en las condiciones oceanográficas. El análisis de los datos de marcado, junto con el modelado de hábitat de los datos de las pesquerías (por ejemplo, López *et al.* 2017) conduciría a una mejor comprensión de los procesos oceanográficos que contribuyen a la variabilidad interanual en los índices para el tiburón sedoso.

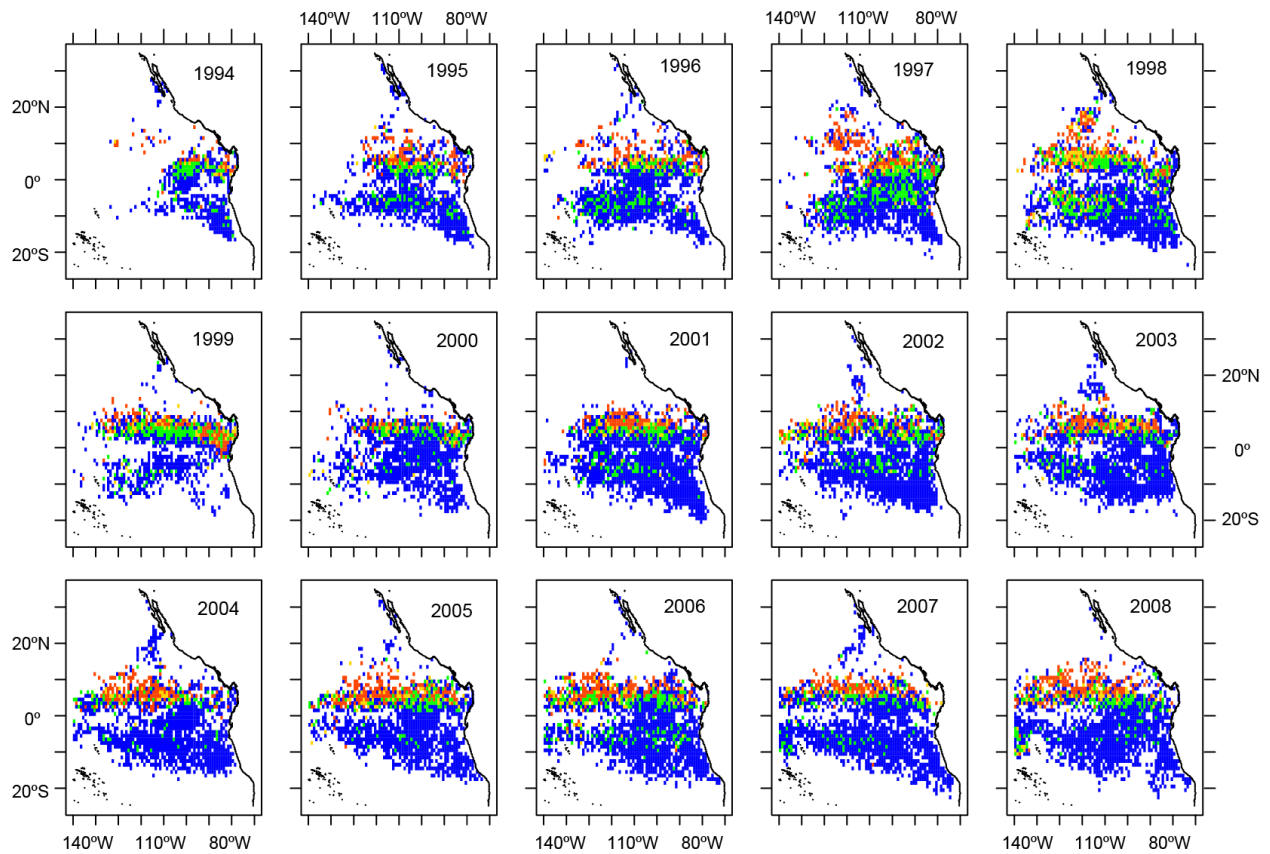
3. **Ampliar el Proyecto H.5.a** para incluir investigaciones adicionales para comprender mejor la correlación entre los índices de tiburones sedosos y los índices ambientales. También podría ampliarse para incluir el desarrollo de modelos que integren datos del Océano Pacífico occidental y central, así como datos de palangre.

## AGRADECIMIENTOS

Extendemos un agradecimiento especial al personal de las oficinas de campo de la CIAT por su ayuda en el desarrollo de la encuesta, al personal de las oficinas de campo de la CIAT y al personal de los programas nacionales de observadores por su esfuerzo por informar a los observadores sobre la encuesta, y a los observadores del APICD por tomarse el tiempo para completar la encuesta en línea.

## REFERENCIAS

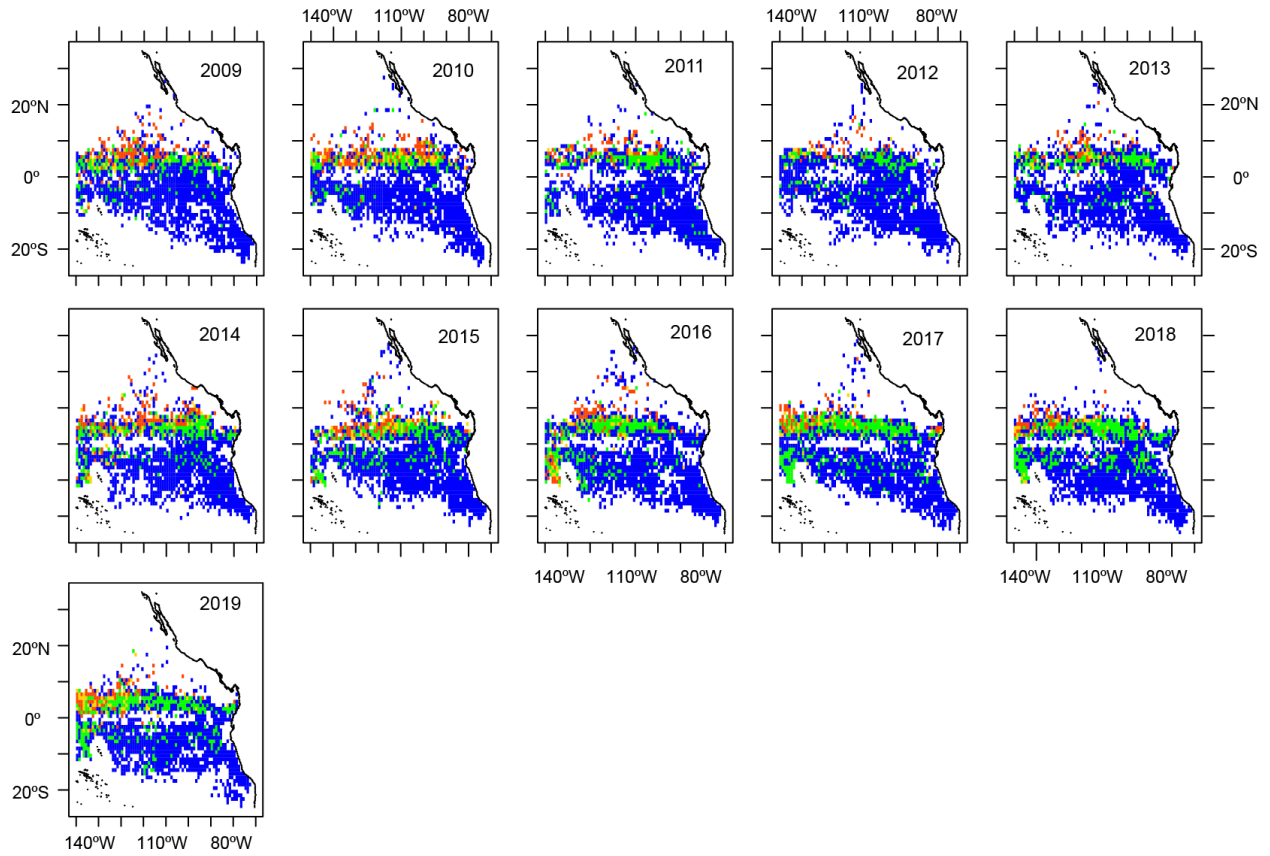
- Clarke, S.C., Langley, A., Lennert-Cody, C.E., Aires-da-Silva, A., and Maunder, M. 2018. Pacific-wide silky shark (*Carcharhinus falciformis*) stock status assessment. WCPFC-SC14-2018/SA-WP-08. Western and Central Pacific Fisheries Commission Scientific Committee Fourteenth Regular Session, Busan, Korea, 8-16 August 2018.
- Eddy, C., Brill, R., Bernal, D. 2015. Rates of at-vessel mortality and post-release survival of pelagic sharks captured with tuna purse seines around drifting fish aggregating devices (FADs) in the equatorial eastern Pacific Ocean. *Fisheries Research* 174: 109-117.
- Efron, B. 1982. *The Jackknife, the Bootstrap and Other Resampling Plans*. SIAM #38. 92pp.
- Hastie, T. Tibshirani, R., Friedman, J. 2009. *The Elements of Statistical Learning*, 2<sup>nd</sup> Edition. Springer. 745 pp.
- Hutchinson, M.R., Itano, D.G., Muir, J.A., Holland, K.N. 2015. Post-release survival of juvenile silky sharks captured in a tropical tuna purse seine fishery. *Marine Ecology Progress Series* 521: 143-154.
- Hutchinson, M., Coffey, D.M., Holland, K., Itano, D., Leroy, B., Kohin, S., Vetter, R., Williams, A.J., Wren, J. 2019. Movements and habitat use of juvenile silky sharks in the Pacific Ocean inform conservation strategies. *Fisheries Research* 210: 131-142.
- Lennert-Cody, C.E., Clarke, S.C., Aires-da-Silva, A., Maunder, M.N., Franks, P.J.S., Román, M., Miller, A.J., Minami, M. 2019. The importance of environment and life stage on interpretation of silky shark relative abundance indices for the equatorial Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography* 28: 43 - 53.
- Lopez, J., Alvarez-Berastegui, D., Soto, M., Murua, H. 2017. Modelling the oceanic habitats of silky shark (*Carcharhinus falciformis*), implications for conservation and management. IOTC-2017-WPEB13-34 Rev\_1. (Available at: [https://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2017/08/IOTC-2017-WPEB13-34\\_Rev\\_1.pdf](https://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2017/08/IOTC-2017-WPEB13-34_Rev_1.pdf))
- Minami, M. Lennert-Cody, C.E., Gao, W., Román-Verdesoto, M. 2007. Modeling shark bycatch: The zero-inflated negative binomial regression model with smoothing. *Fisheries Research* 845: 210-221.
- Poisson, F., Filmlalter, J.D., Vernet, A.-L., and Dagorn, L. 2014. Mortality rate of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71:795-798.
- Román, M.R., Vogel, N.W., Olson, R.J., Lennert-Cody, C.E. 2005. A Novel approach for improving shark bycatch species identifications by observers at sea. *Pelagic Fisheries Research Program Newsletter* 10 (3):4-5.
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W., Aires-da-Silva, A., Carvajal, J.M., Martínez-Ortiz, J., Hutchinson, M.R. 2019. Post-release survival of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) following capture by longline fishing vessel in the equatorial eastern Pacific Ocean. *Bulletin of Marine Science*.
- Wood, S.N. 2006. *Generalized Additive Models, An Introduction with R*. Chapman & Hall/CRC, 391pp.



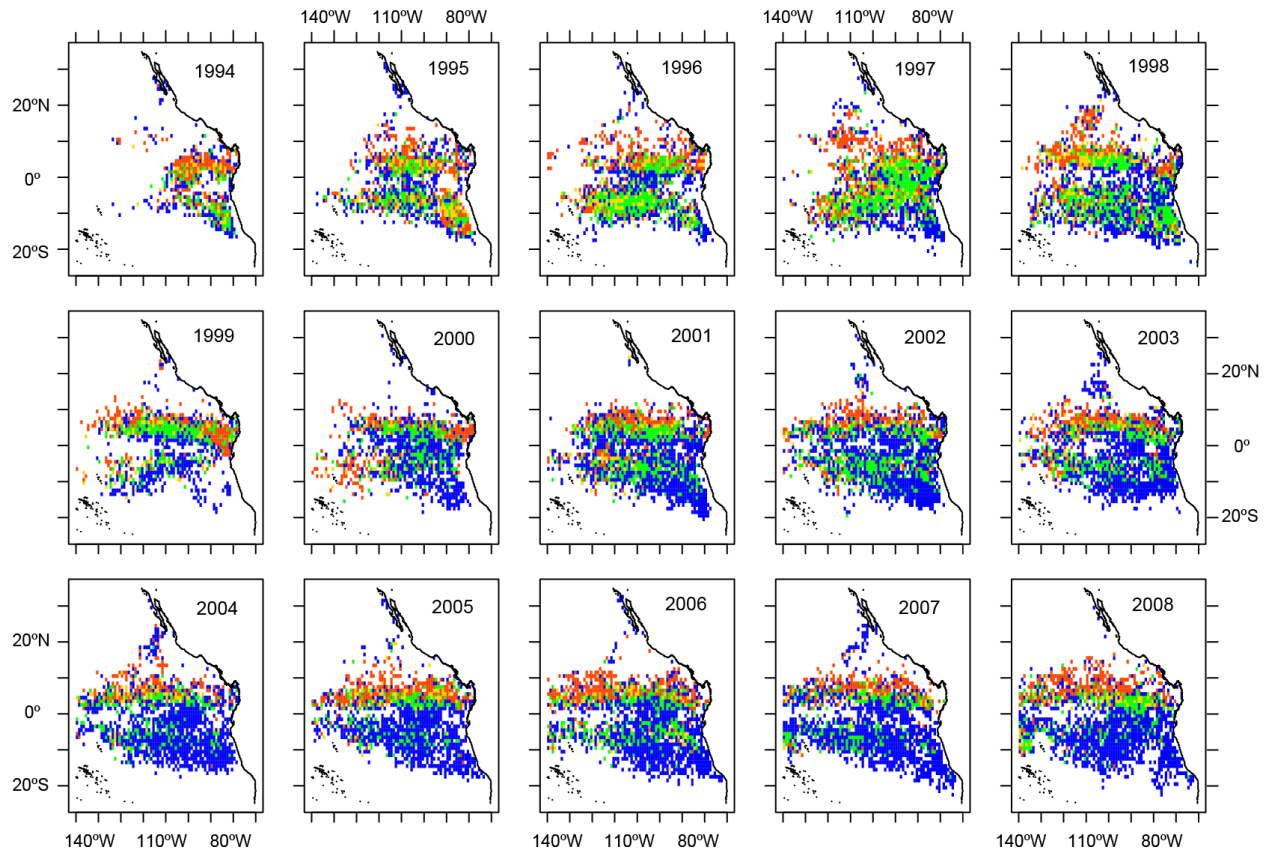
**FIGURE 1a.** Average bycatch per set, in numbers, of small (<90 cm total length) silky sharks in floating-object sets, 1994-2019, including live releases since late 2004. Sharks per set: blue, 0; green,  $\leq 1$ ; yellow, 1-2; red: >2.

**FIGURA 1a.** Captura incidental media por lance, en número, de tiburones sedosos pequeños (<90 cm de talla total) en lances sobre objetos flotantes, 1994-2019, incluyendo liberaciones en vivo desde finales de 2004. Tiburones por lance: azul, 0; verde,  $\leq 1$ ; amarillo, 1-2; rojo, >2.



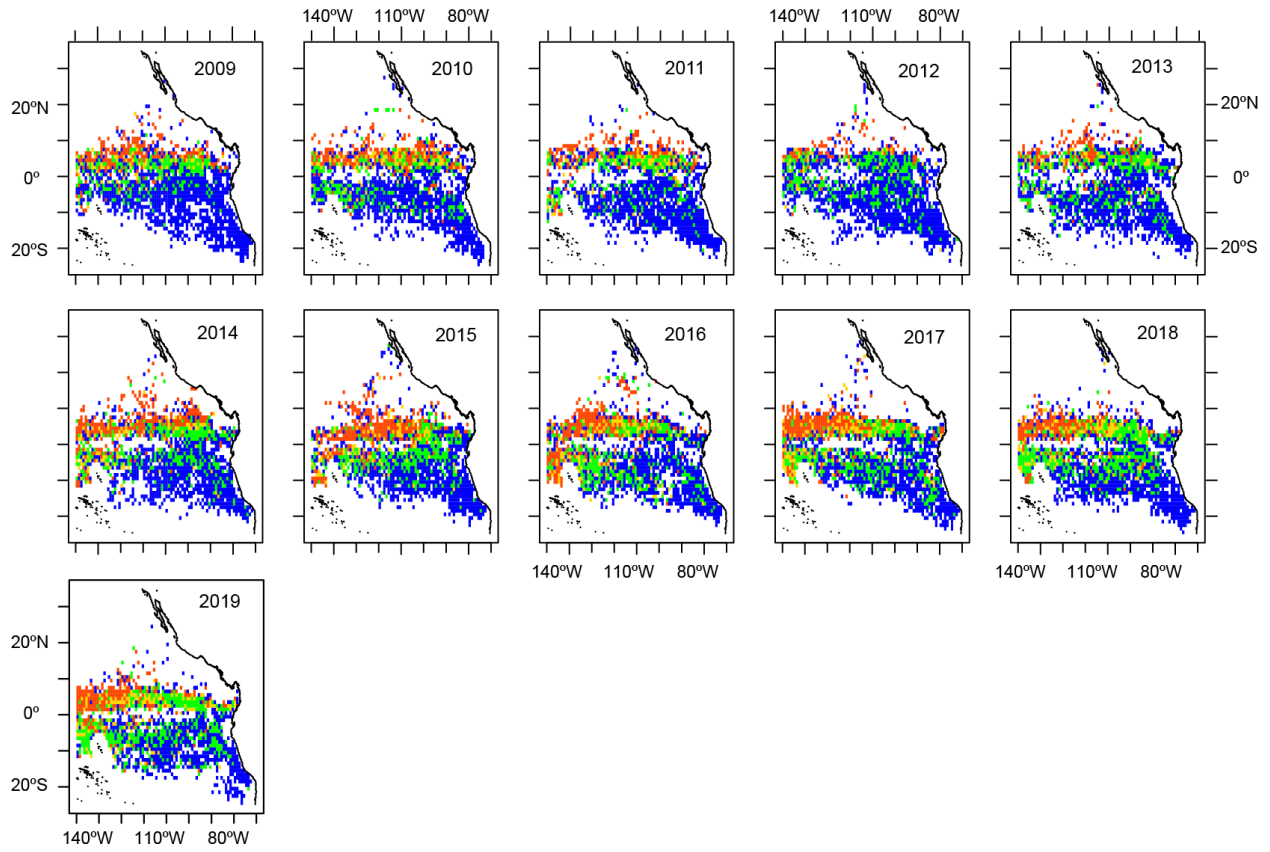


**FIGURE 1a. (cont.)**

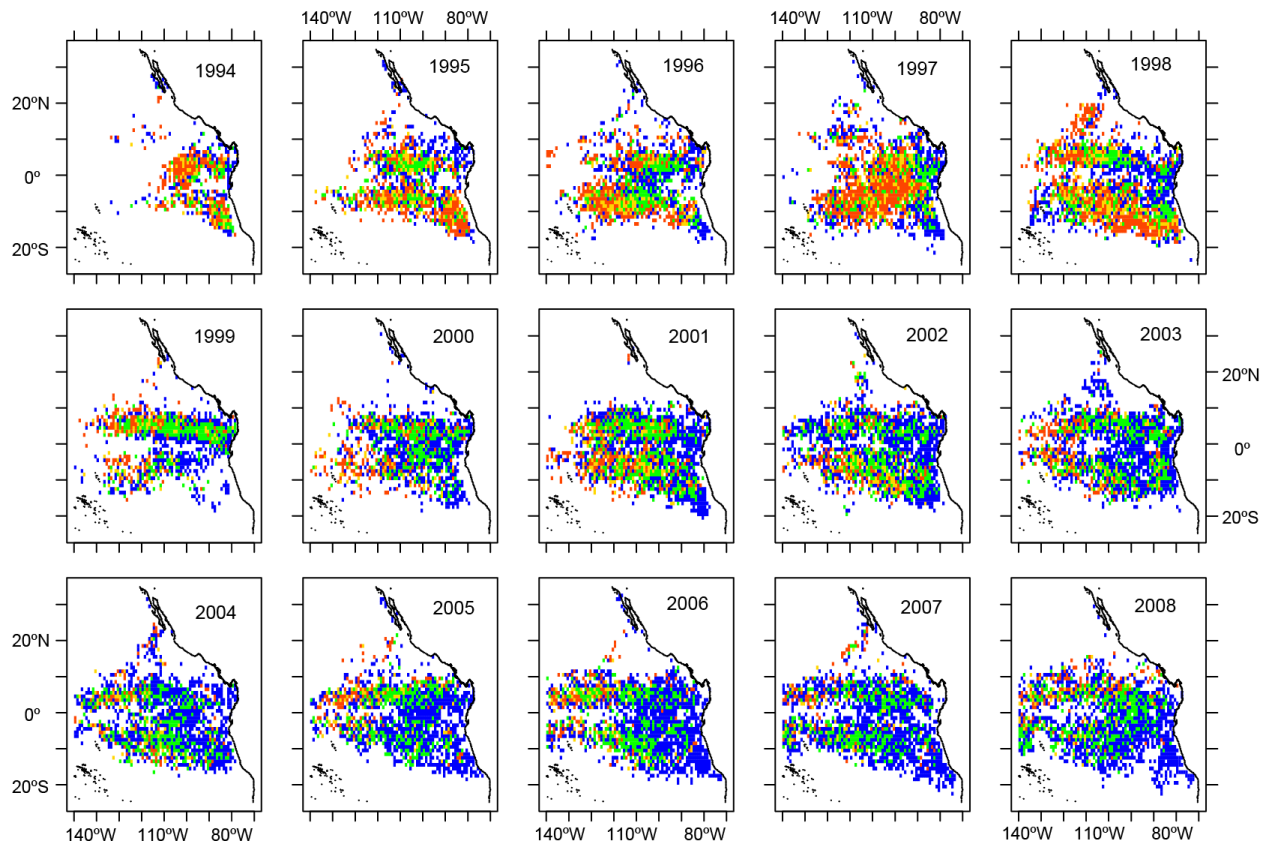


**FIGURE 1b.** Average bycatch per set, in numbers, of medium (90-150 cm total length) silky sharks in floating-object sets, 1994-2019, including live releases since late 2004. Sharks per set: blue, 0; green,  $\leq 1$ ; yellow, 1-2; red:  $>2$ .

**FIGURA 1b.** Captura incidental media por lance, en número, de tiburones sedosos medianos (90-150 cm de talla total) en lances sobre objetos flotantes, 1994-2019, incluyendo liberaciones en vivo desde finales de 2004. Tiburones por lance: azul, 0; verde,  $\leq 1$ ; amarillo, 1-2; rojo,  $>2$ .

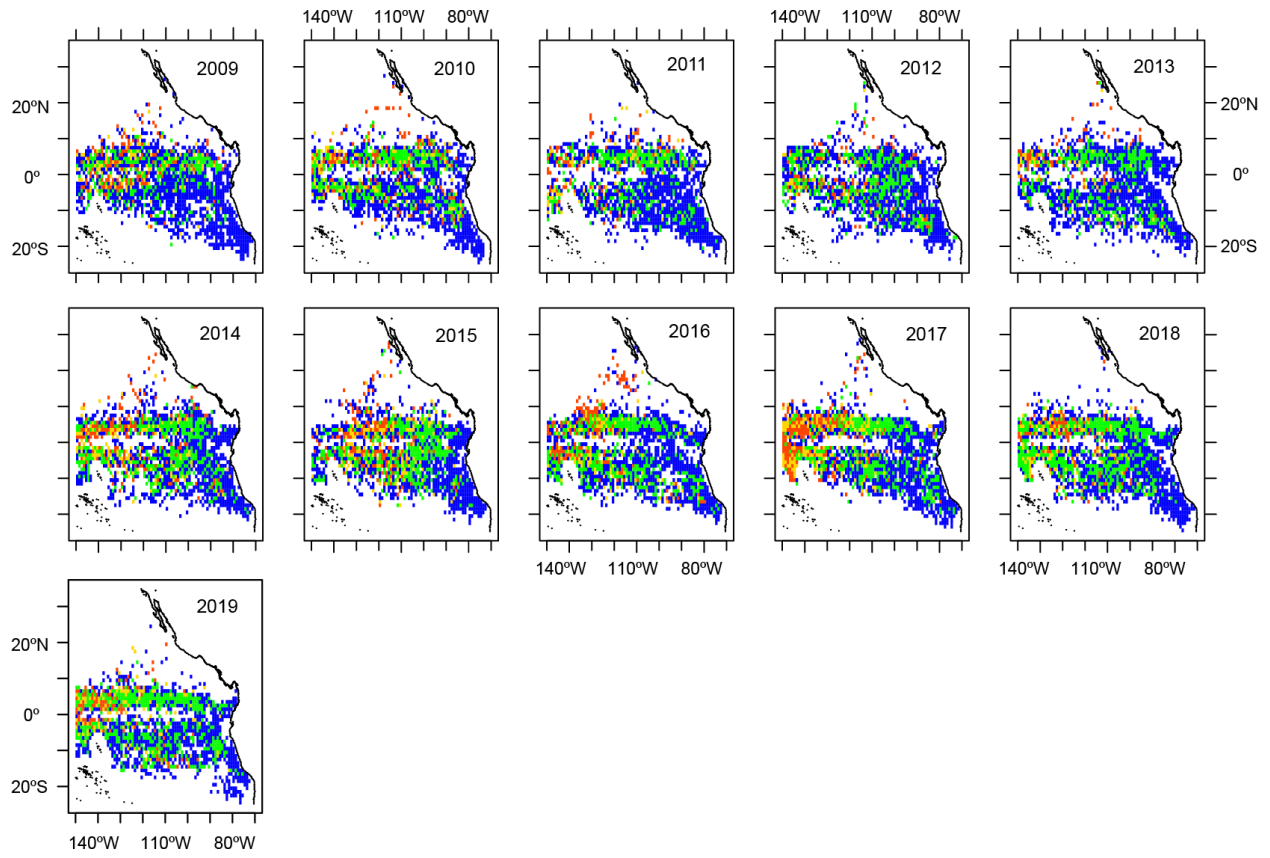


**FIGURE 1b.** (Cont.)

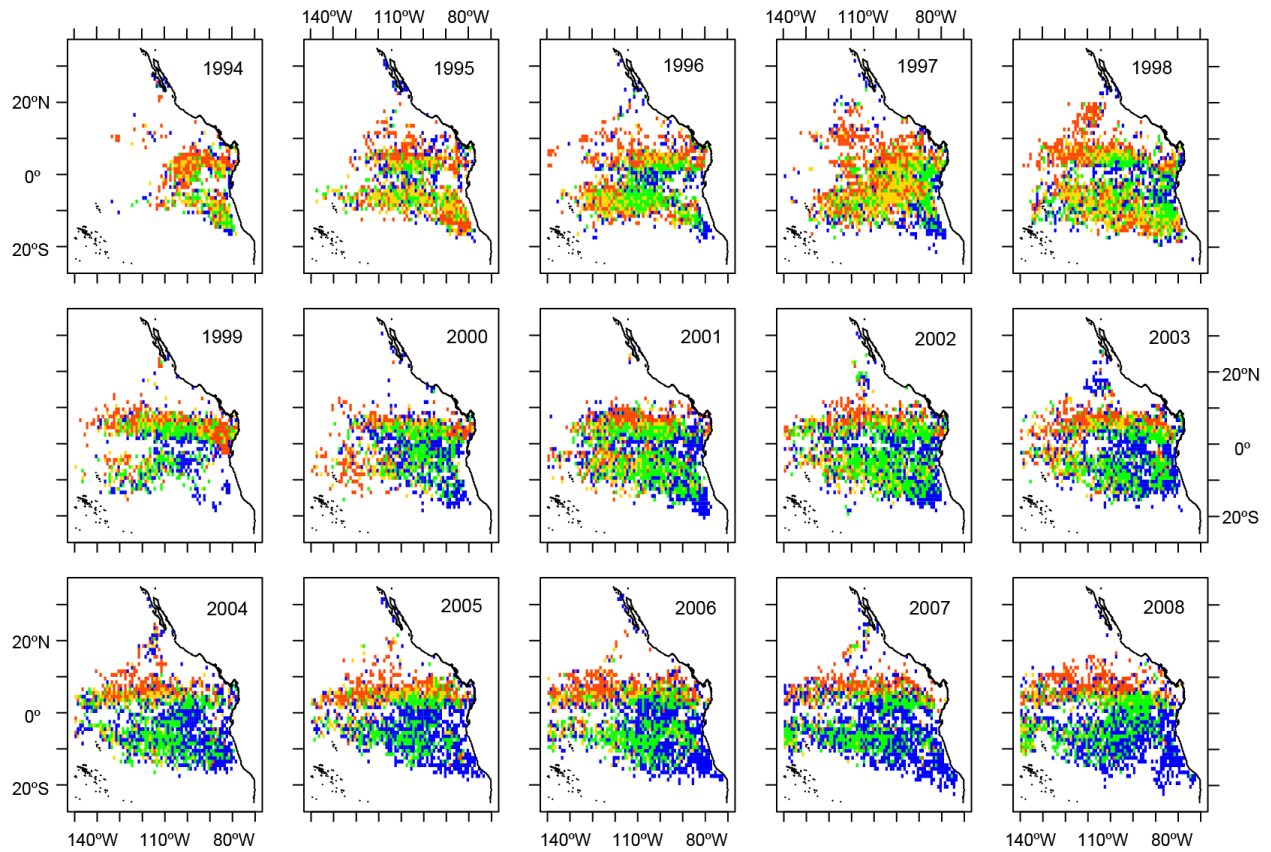


**FIGURE 1c.** Average bycatch per set, in numbers, of large (> 150 cm total length) silky sharks in floating-object sets, 1994-2019, including live releases since late 2004. Sharks per set: blue, 0; green,  $\leq 1$ ; yellow, 1-2; red: >2.

**FIGURA 1c.** Captura incidental media por lance, en número, de tiburones sedosos grandes (> 150 cm de talla total) en lances sobre objetos flotantes, 1994-2019, incluyendo liberaciones en vivo desde finales de 2004. Tiburones por lance: azul, 0; verde,  $\leq 1$ ; amarillo, 1-2; rojo, >2.

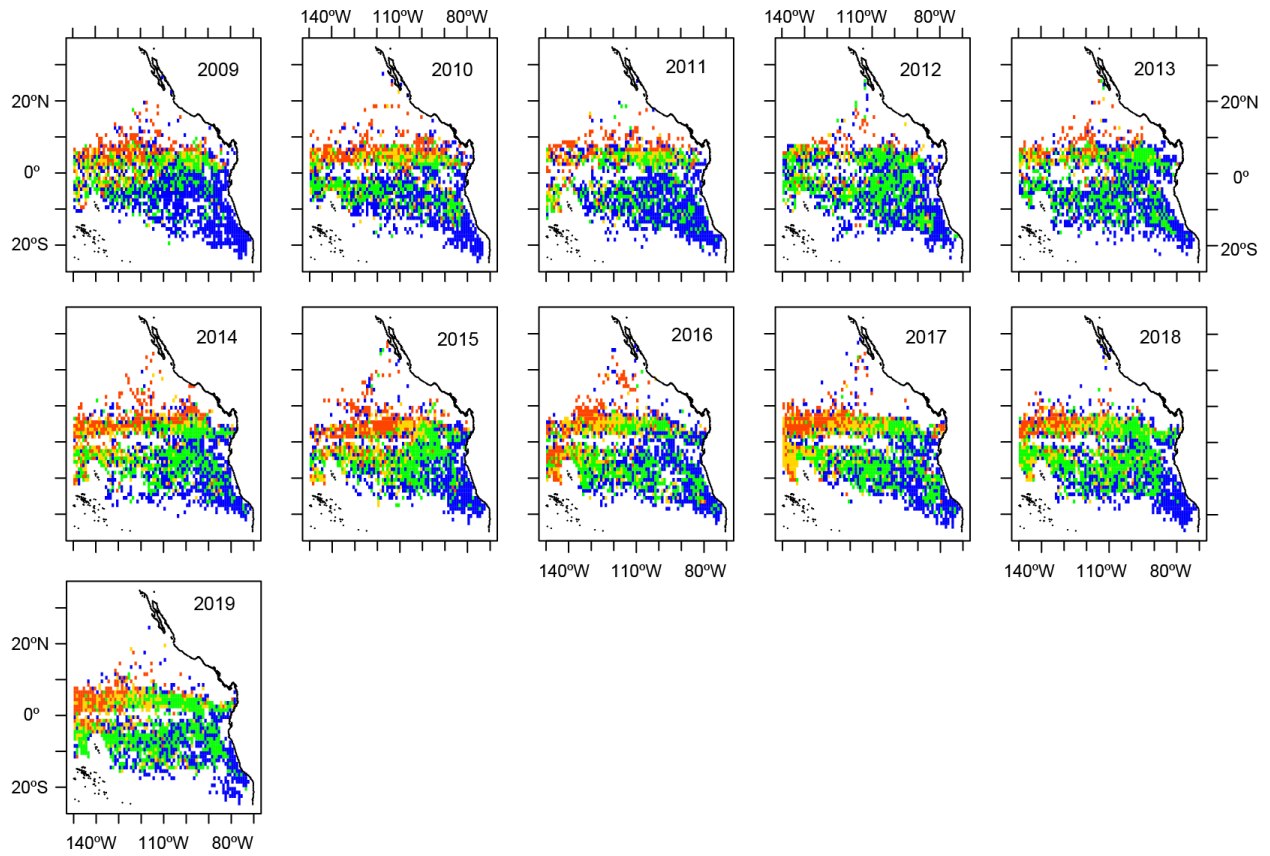


**FIGURE 1c. (Cont.)**

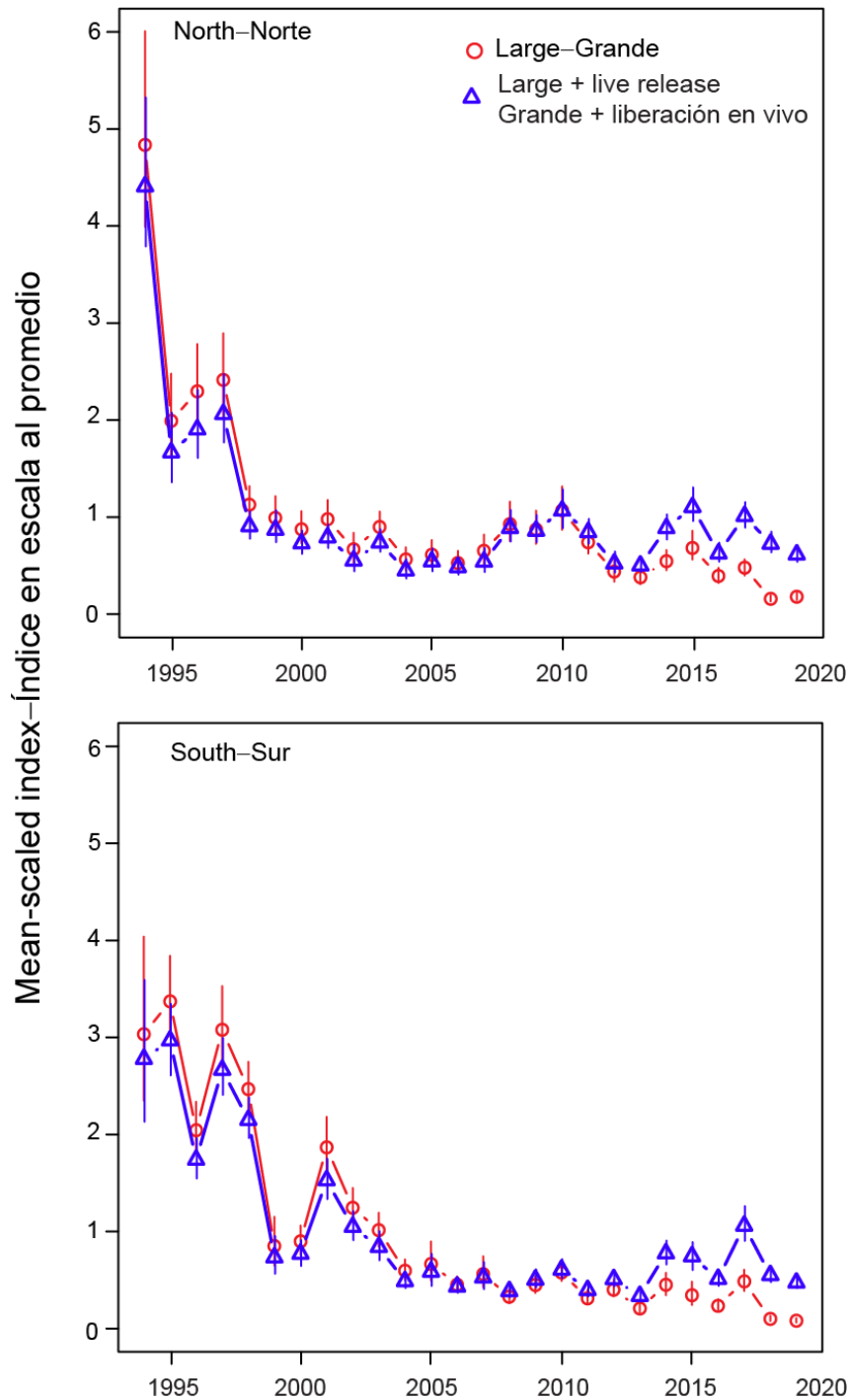


**FIGURE 1d.** Average bycatch per set in floating-object sets, in numbers, of all silky sharks, including live release since late 2004, for 1994-2019. Sharks per set: blue: 0; green:  $\leq 2$ ; yellow: 2-5; red:  $> 5$ .

**FIGURA 1d.** Captura incidental media por lance, en número, de todos los tiburones sedosos en lances sobre objetos flotantes, 1994-2019, incluyendo liberaciones en vivo desde finales de 2004. Tiburones por lance: azul, 0; verde,  $\leq 2$ ; amarillo, 2-5; rojo,  $> 5$ .



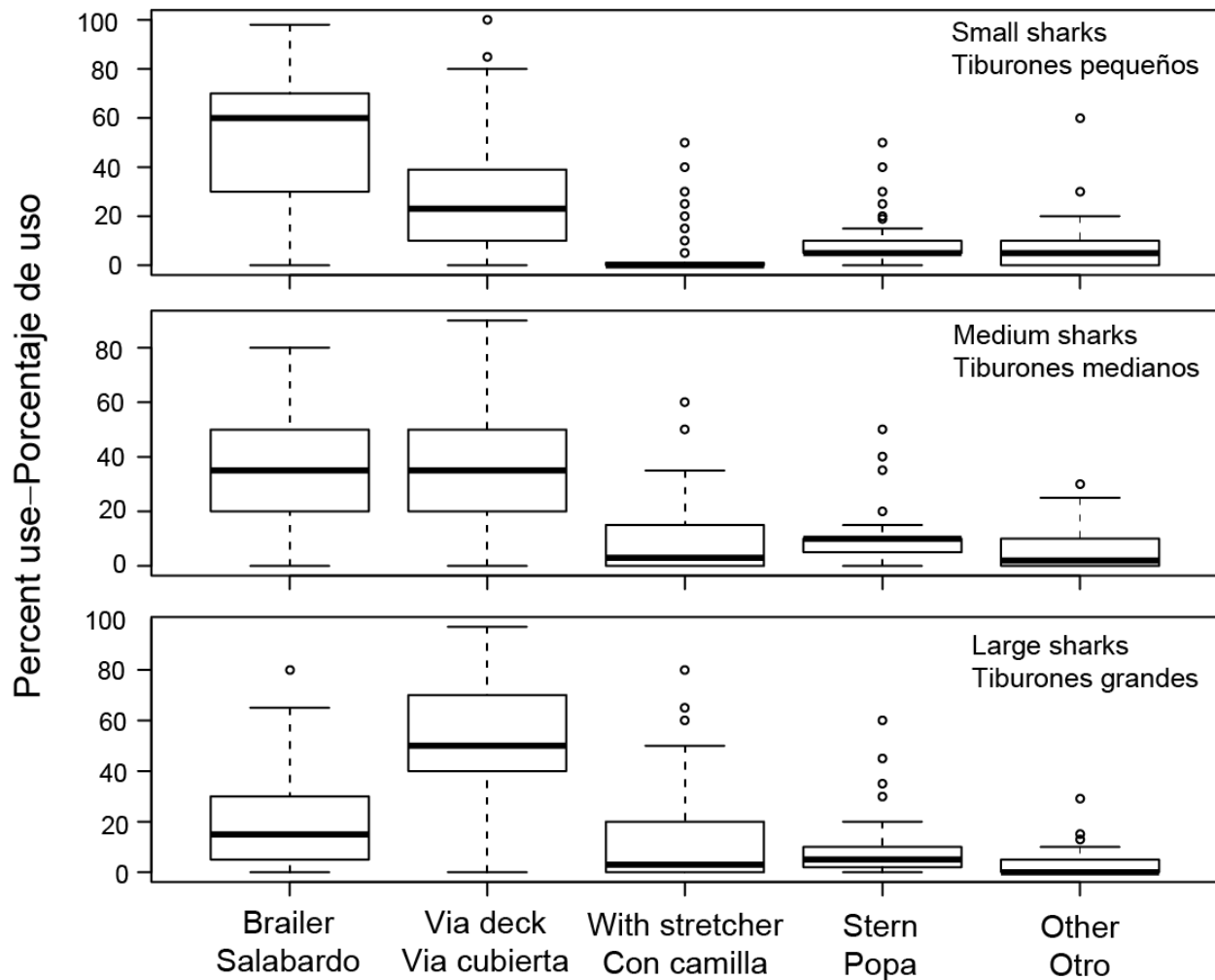
**FIGURE 1d. (Cont.)**



**FIGURE 2.** Mean-scaled standardized bycatch-per-set (BPS; in numbers of sharks per set) of large silky sharks in sets on floating objects, with and without live release, in the north (top) and south (bottom) EPO. Vertical bars indicate pointwise approximate 95% confidence intervals.

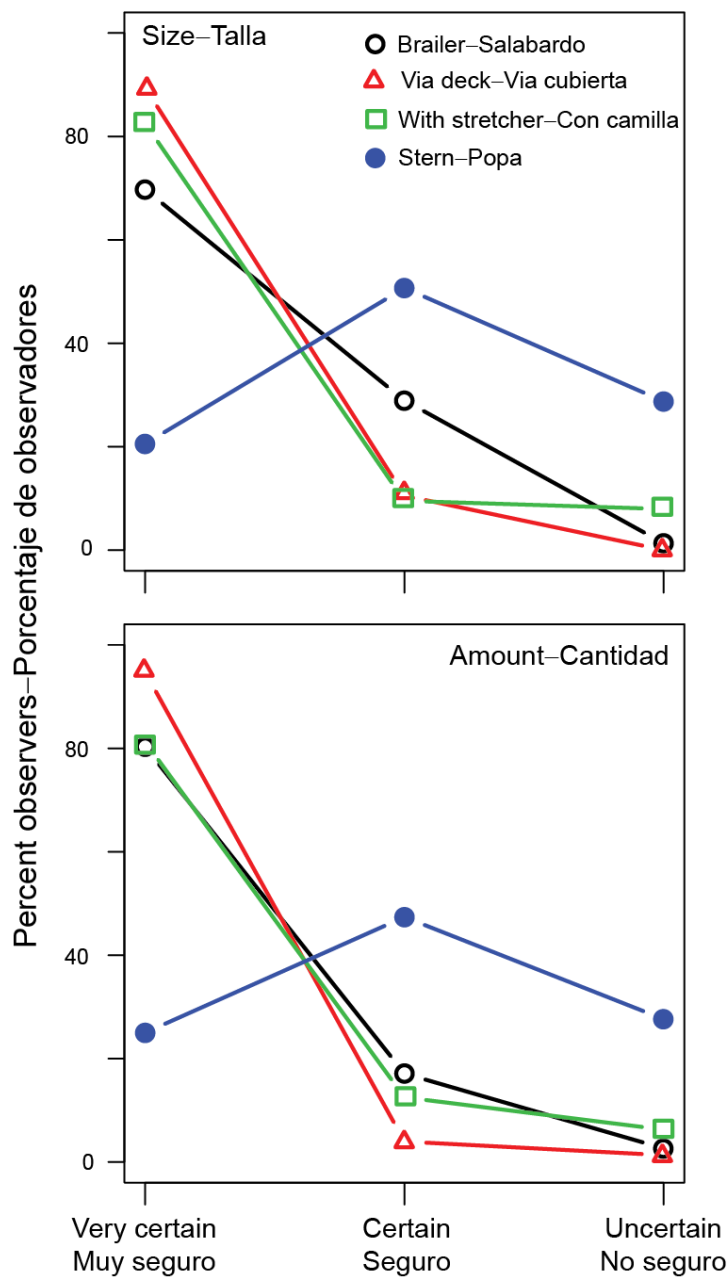
**FIGURA 2.** Captura incidental por lance (CIPL, en número de tiburones por lance) estandarizada de tiburones sedosos grandes en lances sobre objetos flotantes, con y sin liberación en vivo, en el OPO norte (arriba) y sur (abajo). Las barras verticales indican los intervalos de confianza de 95% puntuales aproximados.





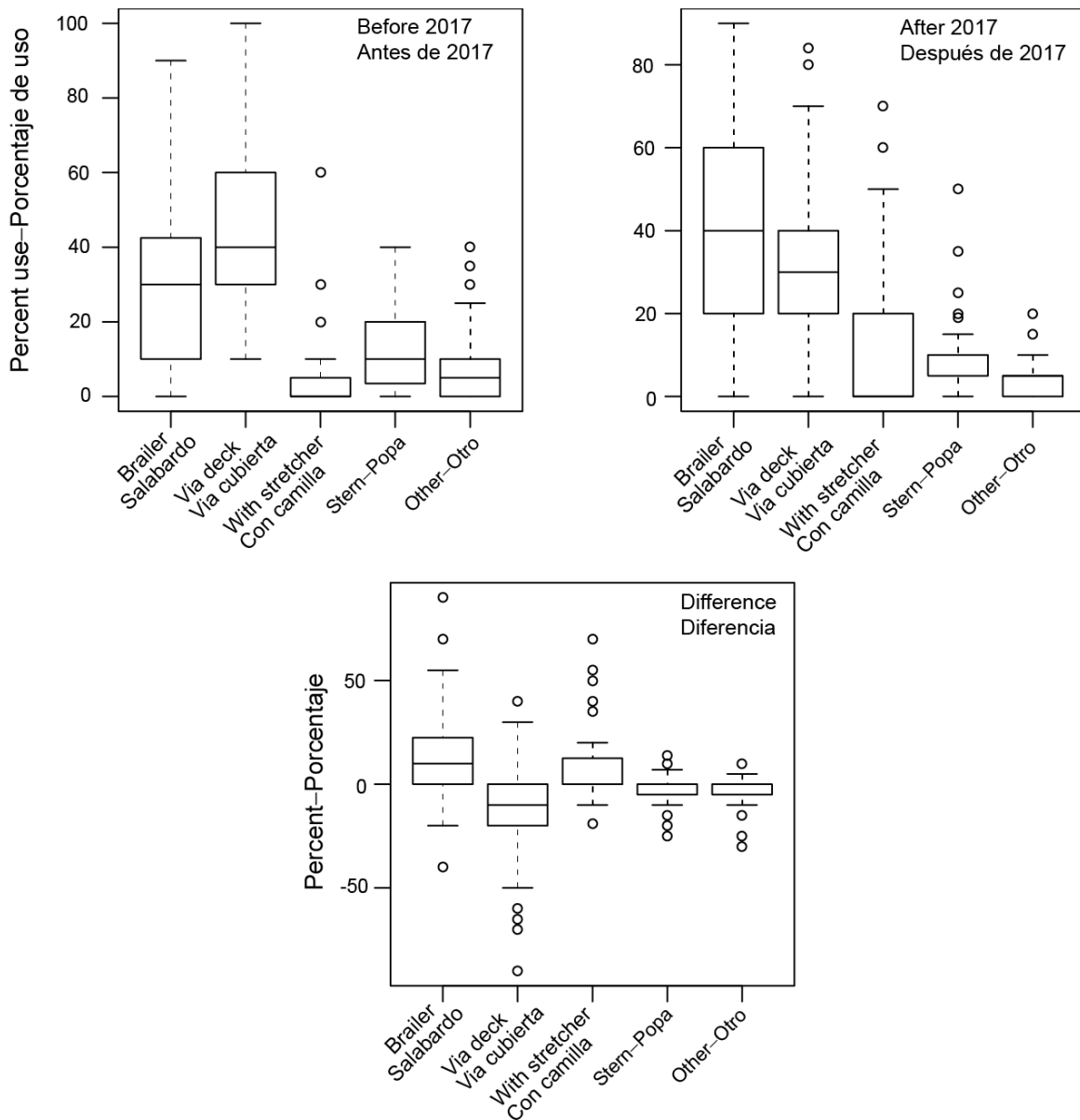
**FIGURE 3.** Use of release locations/methods, by size of shark. “Brailer/Salabardo”: released directly to the water from the brailer; “Via deck/Vía cubierta”: released from the brailer to the working deck and then into the water; “With stretcher/Con camilla”: released from the brailer to the water using a stretcher; “Stern/Popa”: released over the stern (for sharks entangled in the net); “Other/Otro”: released from a different location/using another method.

**FIGURA 3:** Uso de lugares/métodos de liberación, por talla del tiburón. “Brailer/Salabardo”: liberados directamente al agua desde el salabardo; “Via deck/Vía cubierta”: liberados desde el salabardo a la cubierta de trabajo y luego al agua; “With stretcher/Con camilla”: liberados desde el salabardo al agua usando una camilla; “Stern/Popa”: liberados por la popa (para tiburones enredados en la red); “Other/Otro”: liberados desde un lugar diferente/usando otro método.



**FIGURE 4.** Certainty of observers about their ability to estimate the size (top panel) and amount (bottom panel) of sharks. “Brailer/Salabardo”: released directly to the water from the brailer; “Via deck/Vía cubierta”: released from the brailer to the working deck and then into the water; “With stretcher/Con camilla”: released from the brailer to the water using a stretcher; “Stern/Popa”: released over the stern (for sharks entangled in the net).

**FIGURA 4:** Certeza de los observadores sobre su capacidad para estimar la talla (panel superior) y cantidad (panel inferior) de tiburones. “Brailer/Salabardo”: liberados directamente al agua desde el salabardo; “Via deck/Vía cubierta”: liberados desde el salabardo a la cubierta de trabajo y luego al agua; “With stretcher/Con camilla”: liberados desde el salabardo al agua usando una camilla; “Stern/Popa”: liberados por la popa (para tiburones enredados en la red).



**FIGURE 5.** Use of the different release locations/methods before and after 2017, and percentage difference in use between the two periods. “Brailer/Salabardo”: released directly to the water from the brailer; “Via deck/Vía cubierta”: released from the brailer to the working deck and then into the water; “With stretcher/Con camilla”: released from the brailer to the water using a stretcher; “Stern/Popa”: released over the stern (for sharks entangled in the net).

**FIGURA 5:** Uso de los diferentes lugares/métodos de liberación antes y después de 2017, y diferencia porcentual de uso entre los dos periodos. “Brailer/Salabardo”: liberados directamente al agua desde el salabardo; “Via deck/Vía cubierta”: liberados desde el salabardo a la cubierta de trabajo y luego al agua; “With stretcher/Con camilla”: liberados desde el salabardo al agua usando una camilla; “Stern/Popa”: liberados por la popa (para tiburones enredados en la red); “Other/Otro”: liberados desde un lugar diferente/usando otro método.

**TABLE 1.** Percentages of silky sharks recorded as released alive, by size category and for all silky sharks, in floating-object sets in the EPO, 2004-2019 (IATTC observer data). Data collection began in late 2004, so the data for 2004 are incomplete.

**TABLA 1.** Porcentajes de tiburones sedosos registrados como liberados vivos, por categoría de talla y para todos los tiburones sedosos, en lances sobre objetos flotantes en el OPO, 2004-2019 (datos de observadores de la CIAT). La recolección de datos comenzó a finales de 2004, por lo que los datos de 2004 están incompletos.

%	Small	Medium	Large	All
	Pequeños	Medianos	Grandes	Todos
2004	2.9	0.9	0.1	1.4
2005	2.8	3.3	4.4	3.3
2006	5.4	4.9	8.1	5.6
2007	6.2	5.4	7.4	6
2008	3.9	6.2	12.4	6.2
2009	4.9	9.7	15.5	10.5
2010	13.4	17.3	17.5	15.7
2011	16.7	14.6	31.3	18.6
2012	10.3	17.2	28.6	20.1
2013	28.2	22.3	34.3	26
2014	29.4	34.5	45.9	36.5
2015	27.9	34.7	46.2	38.5
2016	32.2	38.9	44	38.6
2017	45.8	52.6	61.7	54.3
2018	43.4	64.8	85	65.5
2019	46.2	69.2	79.6	67.2