

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

QUINTA REUNIÓN

La Jolla, California (EE.UU.)

12 -16 de mayo de 2014

DOCUMENTO SAC-05-11a

INDICADORES DE CONDICIÓN DE POBLACIÓN PARA EL TIBURÓN SEDOSO EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Alexandre Aires-da-Silva, Cleridy Lennert-Cody, Mark N. Maunder, y Marlon Román-Verdesoto

RESUMEN

Los resultados de dos estudios genéticos recientes apoyan la evaluación y ordenación por separado de las poblaciones del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) en el Océano Pacífico occidental y oriental. Uno de los estudios sugiere una división adicional de los tiburones sedosos en el Océano Pacífico oriental (OPO) en dos poblaciones, aproximadamente a lo largo de la línea ecuatorial.

Un intento de evaluar la condición del tiburón sedoso en el OPO usando modelos convencionales de evaluación de poblaciones se ha visto gravemente perjudicado por incertidumbres importantes en los datos de la pesca, principalmente con respecto a los niveles de captura en los años tempranos, lo cual podría explicar por qué el modelo es incapaz de explicar las disminuciones de la población observadas en el primeros años de la evaluación (1994-1998) (Documento SAC-05 INF-F). Aunque este intento de evaluar la población ha producido una cantidad sustancial de información nueva acerca del tiburón sedoso en el OPO (por ejemplo, magnitud absoluta y relativa de la captura por distintas pesquerías y su selectividad), la escala absoluta de las tendencias de la población y las cantidades de ordenación derivadas están comprometidas. Por lo tanto, es urgentemente necesaria una base científica alternativa para el asesoramiento de ordenación. Este documento presenta un conjunto de posibles indicadores de estatus (o estabilidad) de población (SSI) que podrían ser considerados para la ordenación de las poblaciones del norte y del sur del tiburón sedoso en el OPO.

Se proponen índices basados en captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada en lances cerqueros sobre objetos flotantes (CPUE-OBJ) como los mejores indicadores para representar las tendencias de las poblaciones del tiburón sedoso en el OPO, principalmente sobre la base de su mayor cobertura espacial de la pesquería sobre objetos flotantes comparada con otros tipos de lance. Sin embargo, se presentan también indicadores para otros tipos de lance como método potencial para verificar las tendencias en los indicadores CPUE-OBJ.

En el caso de la población del norte, el indicador CPUE-OBJ señala una disminución inicial brusca en una zona amplia (1994-1998), seguida por un periodo de estabilidad (1996-2006), y un posible incremento (2006-2010). No obstante, existen indicaciones de que este incremento se ha detenido en los últimos años (2010-2013). Estas tendencias son corroboradas por un tipo de indicador diferente (presencia/ausencia) producido de otros tipos de lance (delfín y no asociado).

En el caso de la población del sur, el indicador CPUE-OBJ señala una disminución brusca durante 1994-2004, seguida por un periodo de estabilidad en niveles mucho más bajos. Estas tendencias son asimismo corroboradas por indicadores de presencia/ausencia basados en otros tipos de lance.

No se han desarrollado puntos de referencia límite y objetivo para el tiburón sedoso a partir de estos indicadores. Además, no se han desarrollado ni evaluado reglas de control de explotación. En ese momento,

los indicadores no pueden ser usados directamente para determinar la condición de la población o para establecer límites de captura: deberían ser usados en combinación con otra información para esos fines. En términos de ordenación, es crítico que se implementen de inmediato medidas precautorias para permitir la recuperación de las poblaciones del tiburón sedoso en el OPO.

En cuanto a investigaciones futuras sobre SSI para el tiburón sedoso, se debería dar prioridad a trabajos de evaluación de estrategia de ordenación (EEO) para identificar los puntos de referencia y reglas de control de explotación que lograrán las metas de conservación para la especie en el OPO.

1. INTRODUCCIÓN

Se han aplicado métodos convencionales de evaluación de poblaciones (modelos de producción excedente y con estructura por edad) a datos de pesca reconstruidos para el tiburón sedoso en el Océano Pacífico oriental (OPO) (SAC-05 INF-F). El periodo histórico de la evaluación abarca el periodo de 1993 a 2010, el cual excluye el periodo más reciente (2011-2013). Una evaluación actualizada que incluiría este periodo no es posible actualmente, por dos motivos: en primer lugar, se identificaron ciertos problemas estructurales en el modelo de evaluación, difíciles de superar debido a las importantes incertidumbres en los datos de pesca, en particular, en los niveles supuestos de la captura temprana; y en segundo lugar, no se dispone de datos de pesca para el periodo más reciente de todas las pesquerías supuestas en el modelo de evaluación.

Dada esta situación, y la necesidad de formular asesoramiento de ordenación para el tiburón sedoso en el OPO, es urgentemente necesaria información que pueda ser usada como alternativa a las evaluaciones convencionales basadas en grandes cantidades de datos. En el presente documento se describe un conjunto de indicadores de condición (o estabilidad) de población (*stock status indicators*, SSI) que pueden ser usados para este propósito.

Los SSI son útiles cuando no es factible una evaluación convencional, pero para la ordenación es necesaria una indicación de la condición de una población (ver documento [SAC-05-11c](#)). Los siguientes SSI pueden ser producidos fácilmente a partir de los datos tomados por los observadores a bordo de buques atuneros cerqueros grandes¹ que operan en el OPO:

1. distribución espacial de la captura incidental por lance (BPS) en lances cerqueros sobre objetos flotantes;
2. captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada de tiburones sedosos en lances cerqueros sobre objetos flotantes;
3. proporciones nominales de lances positivos (lances en los cuales se capturaron tiburones sedosos) para todos los tipos de lances cerqueros (sobre objetos flotantes, delfines, y cardúmenes de atunes no asociados);
4. índices estandarizados de presencia/ausencia de tiburones sedosos en lances cerqueros sobre delfines y atunes no asociados; y
5. talla media de tiburones sedosos capturados en lances cerqueros, por tipo de lance.

Los resultados de un estudio reciente de ADN mitocondrial (Galván-Tirado *et al.*, 2013) señalan una ligera divergencia genética entre los tiburones sedosos en el Pacífico occidental y oriental, lo cual apoya la evaluación y ordenación por separado de estas dos poblaciones. En el OPO, existen diferencias importantes norte-sur en la composición por talla de las capturas incidentales de tiburones sedosos en la pesquería con red de cerco (Román-Verdesoto, 2014; Román-Verdesoto y Orozco-Zoller, 2005; Watson *et al.*, 2009). Además, los resultados preliminares de estudios genéticos en curso (John Hyde, NMFS-SWFSC, com. pers.) confirman la separación este-oeste propuesta por Galván-Tirado *et al.* (2013), pero sugieren también con fuerza que, para fines de ordenación, los tiburones sedosos en el OPO deberían ser divididos

¹ Capacidad de acarreo > 363 toneladas (Clase 6)

en dos poblaciones, aproximadamente al norte y al sur de la línea ecuatorial. A la luz de esto, y con la mejor información científica disponible, se construyeron por separado SSI para las zonas al norte y al sur de la línea ecuatorial (poblaciones de delfines sedoso « norte » y « sur »).

En el presente documento, « todos » tiburones sedosos significa todo tiburón sedoso registrado por el observador, independientemente de si registró la talla y si (a partir de 2005) el tiburón fue registrado como « liberado vivo ». Antes de 2005, los observadores no registraban los tiburones liberados vivos. Los individuos registrados como liberados vivos están incluidos en la captura incidental total porque la información disponible sugiere que es poco probable que los tiburones subidos a bordo del buque en el salabardo sobrevivan una vez devueltos al agua (Poisson *et al.* 2014; CIAT, datos inéditos). Un análisis de sensibilidad para determinar el efecto sobre las tendencias estandarizadas para todos tiburones sedosos de excluir las liberaciones vivas desde 2005 descubrió que había poca diferencia durante el periodo de 2005 a 2013 entre la tendencia que incluía las liberaciones vivas y la que no. Aunque se ignora el nivel de liberaciones vivas antes de 2005, es poco probable que sea mayor que aquella registrada en 2005 (~5%), y es por lo tanto poco probable que haya influido en la tendencia general antes de 2005.

2. POBLACIÓN DEL NORTE

2.1. Distribución espacial de tasas de captura incidental de tiburón sedoso en lances cerqueros sobre objetos flotantes

Los mapas de distribución espacial brindan una sencilla vista general cuantitativa de los cambios a lo largo del tiempo de la frecuencia y abundancia de una especie. En el caso del tiburón sedoso, se dispone de mapas de la captura incidental por lance (BPS) media en lances cerqueros sobre objetos flotantes en el OPO, para categorías de talla pequeño (< 90 cm), mediano (90-150 cm), y grande (> 150 cm) por separado (Figuras 1a-c), y combinadas (Figura 1d).

En todas las categorías de talla al norte de la línea ecuatorial, ocurre una disminución aparente de las tasas de captura incidental (transición de áreas de 1° predominantemente rojas y amarillas a áreas de 1° predominantemente verdes y azules). Esta disminución parece particularmente fuerte en el periodo más reciente (2011-2013), y aparentemente comienza mucho antes (a mediados de los años 2000) para los tiburones grandes.

2.2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada de lances cerqueros sobre objetos flotantes

Se dispone de datos de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estandarizada de lances cerqueros sobre objetos flotantes para la población del tiburón sedoso del norte para el periodo de 1994-2013. Se usó un modelo de regresión binomial negativa para datos inflados con ceros (ZINB) con suavización (Minami *et al.* 2007) para la estandarización de la CPUE, y se estimaron tendencias estandarizadas con el método de dependencia parcial (Haistie *et al.* 2009). Se proponen los índices basados en CPUE estandarizada en lances cerqueros sobre objetos flotantes (CPUE-OBJ) como los mejores indicadores para representar las tendencias en la abundancia del tiburón sedoso en el OPO, por dos motivos: la pesquería sobre objetos flotantes tiene una cobertura espacial más amplia en el OPO que los otros dos tipos de lance, y se capturan tiburones sedosos de todos los tamaños en los lances sobre objetos flotantes, aunque la mayoría consiste en juveniles.

El indicador para la población del norte señala una disminución grande (70%) de la CPUE durante 1994-1998 (Figura 2a). Es menos pronunciada (53%) si se excluye la estimación de 1994; la distribución espacial de la pesquería sobre objetos flotantes es mucho más estrecha en ese año que en los años subsiguientes (Figura 1). Durante los ocho años siguientes (1999-2006) la tendencia es aparentemente estable, con poca variabilidad.

El indicador señala una tendencia creciente paulatina durante 2006-2010 (Figura 2a). Los resultados de un análisis demográfico ([SAC-05 INF-F](#)) indican que la tasa de incremento anual promedio observada duran-

te este periodo, aproximadamente 14%, es plausible para las poblaciones de tiburón sedoso en el OPO sujeto a dos condiciones: tasas de explotación muy bajas, y si se considera la incertidumbre (precisión) de las estimaciones (intervalos de confianza de 95%), que reduce esta estimación sustancialmente. Los siguientes factores podrían haber contribuido a esta tendencia creciente: 1) las [resoluciones de conservación de atún](#) de la CIAT, que limitaron el esfuerzo de pesca cerquero ([C-04-09](#), [C-06-02](#), [C-09-01](#)); 2) la reducción significativa del esfuerzo palangrero en alta mar a mediados de los años 2000 que resultó del alza importante del precio del combustible; y 3) prohibiciones del corte de aletas en Centroamérica, donde existen pesquerías palangreras importantes dirigidas a tiburones.

La tasa anual de incremento observada de 33% de 2009 a 2010 no parece posible en vista del ciclo vital y productividad del tiburón sedoso en el OPO ([SAC-05 INF-F](#)), aún tomando en cuenta la imprecisión en las estimaciones. Esto sugiere que otros factores (por ejemplo, cambios en la capturabilidad, condiciones ambientales, migraciones) podrían haber estado en juego, y podrían explicar la CPUE marcadamente alta observada en 2010.

El valor medio del indicador CPUE-OBJ para 2011-2013 es 30% menor que aquel de 2006-2010, con una disminución de 63% entre 2010 y 2012, similar a aquella observada durante 1995-1998. Estos valores bajos indican que la posible tendencia de recuperación observada durante 2006-2010 ha sido interrumpida; pero, sin datos fiables de captura y esfuerzo para este periodo más reciente de todas las flotas que capturan tiburones sedosos, la causa de la disminución no puede ser determinada. Se podría deber a una mayor mortalidad por pesca de tiburones sedosos en el OPO desde 2010, o a factores ambientales que reducen la disponibilidad y capturabilidad del tiburón sedoso, o a una combinación de los dos.

Los observadores registran las capturas de tiburones sedosos por categoría de talla: pequeño (< 90 cm), mediano (90-150 cm), y grande (> 150 cm) (Figura 3a). Las tendencias relativas descritas en lo anterior de todos los tiburones (Figura 2a) se aplican generalmente a las categorías de talla individuales, aunque la variabilidad interanual en las tendencias observadas para los tiburones pequeños es mayor, lo cual no es sorprendente, ya que la categoría de tiburones pequeños puede ser considerada como indicador sustituto para el reclutamiento (edades 0 y 1). La disminución brusca observada en los tiburones medianos y grandes durante 1994-1998 es menos marcada en el caso de los tiburones pequeños, lo cual sugiere que el reclutamiento no ha sido muy afectado a lo largo del tiempo. Para permitir una mejor comparación de las tendencias relativas de todas las categorías de talla, en la Figura 3b se presenta la CPUE estandarizada en escala al promedio.

Dos posibles explicaciones de este patrón – disminuciones importantes de la población reproductora (individuos grandes) y reclutamiento aparentemente no afectado – son una forma de mecanismo compensatorio dependiente de la densidad y/o inmigración de reclutas al OPO de otras zonas. Los estudios genéticos no son claros con respecto a la división de las poblaciones del Océano Pacífico oriental y occidental. La excepción a este patrón aparente de reclutamiento estable es el trienio más reciente (2011-2013), cuando el reclutamiento fue sustancialmente menor que en años previos el nivel medio de reclutamiento durante 2011-2013 fue 63% menor que aquellos de 2005-2010 (Figura 3a, b).

2.2.1. Tendencias espaciales de la CPUE estandarizada de lances cerqueros sobre objetos flotantes

A fin de investigar las tendencias espaciales en el OPO norte, donde ocurre la mayoría de las capturas de tiburón sedoso, se computó la CPUE estandarizada para cuatro subáreas (Figura 4a), por categoría de talla y para todos los tiburones. Para permitir una mejor comparación de las tendencias relativas de todas las categorías de talla, en la Figura 4b se presenta la CPUE estandarizada en escala al promedio.

Las tendencias de la CPUE estandarizada estimadas para la subárea más al norte, Area 1 (al norte de 8°N) son altamente variables, y presentan una tendencia creciente pronunciada cuádruple desde 2003, lo cual es biológicamente irrealista. Este área incluye solamente un pequeño número de lances, así como lances sobre objetos flotantes en la Corriente de California que fluye al sur (Figura 1), y esta alta variabilidad de la captura, esfuerzo bajo, y condiciones oceanográficas altamente variables podrían perjudicar la fiabilidad

de estos indicadores para el Area 1. No obstante, cabe notar que la CPUE estandarizada en esta área señala disminuciones de 65% y 29% para tiburones pequeños y todos los tiburones, respectivamente, durante 2010-2013.

Se dividió la franja ecuatorial norte de la distribución de los lances sobre objetos flotantes en tres áreas: Area 2 (alta mar), Area 3 (central), y Area 4 (costera). El análisis espacial de las tendencias señala unos patrones importantes para la población del norte.

En primer lugar, las tendencias estandarizadas de la CPUE del área central (Area 3) son las más similares a aquellas descritas en la sección 2.2 para la población del norte (todas las subáreas combinadas; Figuras 2, 3a, b). Este resultado no es sorprendente porque el conjunto de datos usado para el análisis de tendencias contiene más lances sobre objetos flotantes en el Área 3 que en cualquier otra de las tres subáreas del norte, y el procedimiento de estandarización pondera los datos en la estimación de las tendencias.

Se observan las disminuciones bruscas de la CPUE de todos los tiburones durante 1994-1998 en todas las tres áreas ecuatoriales (alta mar, central, y costera), pero la magnitud de esta disminución en el área costera (30%) es menor que en las áreas central y de alta mar (86% y 72%, respectivamente).

La disminución reciente de la población del norte observada durante 2010-2012 (Figura 2) ocurre en todas las tres áreas ecuatoriales (Figura 4a, b), mientras que se observa la ligera recuperación durante 2012-2013 solamente en las áreas de alta mar y central. Esto se debe posiblemente a tasas de explotación más altas en el área costera, que es más accesible a pesquerías basadas en tierra, pero se cuenta con solamente dos puntos de datos, por lo que es demasiado prematuro para saber si se trata de una verdadera recuperación.

2.3. Indicadores de presencia/ausencia por tipo de lance cerquero

Una posible preocupación acerca de los indicadores basados en captura por lance en lances sobre objetos flotantes es que los índices de tasa de captura son más susceptibles a sesgos por hiperestabilidad. En el contexto de lances sobre objetos flotantes, por ejemplo, es posible que la concentración de fauna alrededor del objeto flotante tenga algún tipo de « capacidad de carga », y que su densidad siga estable mientras disminuye la verdadera abundancia de la población: la así llamada « hiperestabilidad » (Harley *et al.* 2001). No obstante, esto es aplicable a la especie objetivo solamente, y sería importante para las especies de captura incidental únicamente si su abundancia está relacionada con la abundancia de la especie objetivo.

Una alternativa a los indicadores basados en tasas de captura son los índices de presencia/ausencia, que son indicadores de la probabilidad de un evento de pesca positivo, es decir, un lance en el cual se captura al menos un tiburón sedoso (presencia/ausencia). Estos indicadores de presencia/ausencia poseen varias ventajas: son independientes del tamaño de cardumen o agrupación, ya que requieren solamente que un individuo de una especie esté presente la captura, son más fáciles de obtener para tipos de arte con tasas de captura bajas e irregularmente distribuidas, y no son afectadas por unos pocos lances con capturas grandes. Son útiles para los lances cerqueros sobre delfines y atunes no asociados porque la tasa de captura total de tiburones sedosos en esos tipos de lance es muy baja comparada con aquellas en los lances sobre objetos flotantes.

En la Figura 5 se ilustra la proporción nominal de lances, por tipo, con un tiburón sedoso o más presente en la captura incidental. Las tendencias relativas son similares para los distintos tipos de lance. Se computaron índices de presencia/ausencia estandarizados con datos de tiburones sedosos en lances sobre delfines y no asociados. La probabilidad de capturar un tiburón sedoso o más en un lance fue modelada usando un modelo de regresión logístico que incluyó suavización. Se estimaron tendencias estandarizadas con el método de dependencia parcial. En general, las tendencias relativas en estos indicadores fueron muy consistentes entre sí (Figura 6); y mucho más importante, coinciden también con las tendencias relativas totales del indicador basado en CPUE de objetos flotantes propuesto en la sección 2.2 como la mejor representación de las tendencias de la población del tiburón sedoso del norte (Figura 6).

2.4. Talla media

Además de los indicadores de CPUE y presencia/ausencia descritos en lo anterior, la talla media de los tiburones sedosos capturados en lances cerqueros podría ser considerada como indicador para el seguimiento de la condición de la población. Por ejemplo, una disminución gradual de la talla media podría indicar que el segmento adulto de la población está reducido y que la pesquería se está dirigiendo hacia el segmento más joven restante de la población. En contraste, una disminución grande y brusca de la talla media podría indicar que un reclutamiento (cohorte) fuerte está pasando por la pesquería.

Los observadores a bordo de los buques cerqueros han medido la talla de los tiburones desde 2005, por lo que se dispone de indicadores de talla media, por tipo de lance, para el periodo de 2005-2013.

Durante 2006-2011, la talla media de los tiburones capturados en lances sobre objetos flotantes aumentó paulatinamente (Figura 7), de 117 cm en 2006 a 126 cm en 2011; y disminuyó unos 8 cm durante 2011-2013, pero siguió dentro de los niveles históricos (gama de 113 a 126 cm).

Las tendencias de la talla media observadas en los lances sobre delfines y no asociados son más variables, pero generalmente consistentes entre sí (Figura 7). Parece que ambas pesquerías pasaron por dos períodos diferentes: un periodo temprano más variable (2005-2008), en el cual la talla media disminuyó a unos 149 cm, seguido por un período más reciente (2009-2013) con una talla media más estable alrededor de 170 cm.

Sin datos de talla para los años antes de 2005, es difícil conciliar los patrones de talla media aquí descritos con los indicadores de CPUE y presencia/ausencia. Además, análisis por espacio y sexo podrían contribuir a comprender las tendencias de la talla media.

3. POBLACIÓN DEL SUR

3.1. Distribución espacial de las tasas de captura incidental de lances cerqueros sobre objetos flotantes

En el caso de la población del sur, ocurrió una disminución importante de las tasas de captura (transición de áreas de 1° predominantemente rojas y amarillas a áreas de 1° predominantemente verdes y azules) (Figuras 1a-d). Esta disminución es particularmente marcada para los tiburones medianos y grandes a principios y mediados de los años 2000 (Figuras 1b-c). Estos patrones son mejor cuantificados a continuación a partir de índices de CPUE estandarizada.

Los individuos pequeños son relativamente escasos en el área sur (Román-Verdesoto, 2014; [Román-Verdesoto and Orozco-Zoller, 2005](#); Watson et al., 2009). No se sabe el origen espacial del reclutamiento de la población del sur.

3.1.1. CPUE estandarizada de lances cerqueros sobre objetos flotantes

El indicador de CPUE estandarizada para todos los tiburones en lances sobre objetos flotantes disminuyó un 82% durante 1994-2004 (Figura 2), seguido por un periodo de estabilidad, con variabilidad muy baja, durante 2004-2013. Las tendencias para los tiburones medianos y grandes son similares (Figura 3a, b).

3.1.2. Indicadores de presencia/ausencia nominal por tipo de lance cerquero

En el caso de los lances sobre objetos flotantes, el indicador de presencia/ausencia nominal produce resultados similares a aquellos del indicador CPUE-OBJ (Figura 5), y el indicador nominal para lances no asociados señala la misma tendencia general de una disminución temprana brusca, seguida por estabilidad en un nivel mucho más bajo. El número de lances sobre delfines en la región sur es muy bajo; el indicador nominal señala una variabilidad alta, y es más difícil de interpretar.

En vista de las bajas tasas de captura y los pequeños tamaños de muestra disponibles del área sur, no se computaron indicadores estandarizados de presencia/ausencia para los lances sobre delfines y no asociados.

REFERENCIAS

- Galván-Tirado, C., Díaz-Jaimes, P., García-de-León, F.J., Galván-Magaña, F., and Uribe-Alcocer, M. 2013. Historical demography and genetic differentiation inferred from the mitochondrial DNA of the silky shark (*Carcharhinus falciformis*) in the Pacific Ocean. *Fish Res.* 147: 36-46.
- Haistie, T., Tibshirani, R., and Friedman, J. 2009. *The Elements of Statistical Learning - Data Mining, Inference and Prediction: Springer Series in Statistics*, 745 pp.
- Harley, S.J., Myers, R.A., and Dunn, A. 2001. Is catch-per-unit-effort proportional to abundance? *Can J Fish Aquat Sci.* 58: 1760-1772.
- Minami, M., Lennert-Cody, C., Gao, W., and Román-Verdesoto, M. 2007. Modeling shark bycatch: the zero-inflated negative binomial regression model with smoothing. *Fish Res.* 84: 210-221.
- Poisson, F., Filmalter, J.D., Vernet, A., and Dagorn, L. 2014. Mortality rate of silky sharks (*Carcharhinus falciformis*) caught in the tropical tuna purse seine fishery in the Indian Ocean. *Can J Fish Aquat Sci.* 71: 1-4.
- Román-Verdesoto, M. 2014. Efectos potenciales de vedas espaciales en la demografía del tiburón sedoso (*Carcharhinus falciformis*) en el Océano Pacífico oriental. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada. Tesis Maestría en Ciencias. 68 pp.
- Román-Verdesoto, M., and Orozco-Zoller, M. 2005. Bycatches of sharks in the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean reported by observers of the Inter-American Tropical Tuna Commission, 1993-2004. Inter-American Tropical Tuna Commission (IATTC). Data Report 11. 67 pp.
- Watson, J.T., Essington, T.E., Lennert-Cody, C.E., and Hall, M.A. 2009. Trade-Offs in the Design of Fishery Closures: Management of Silky Shark Bycatch in the Eastern Pacific Ocean Tuna Fishery. *Conserv Biol.* 23: 626-635.

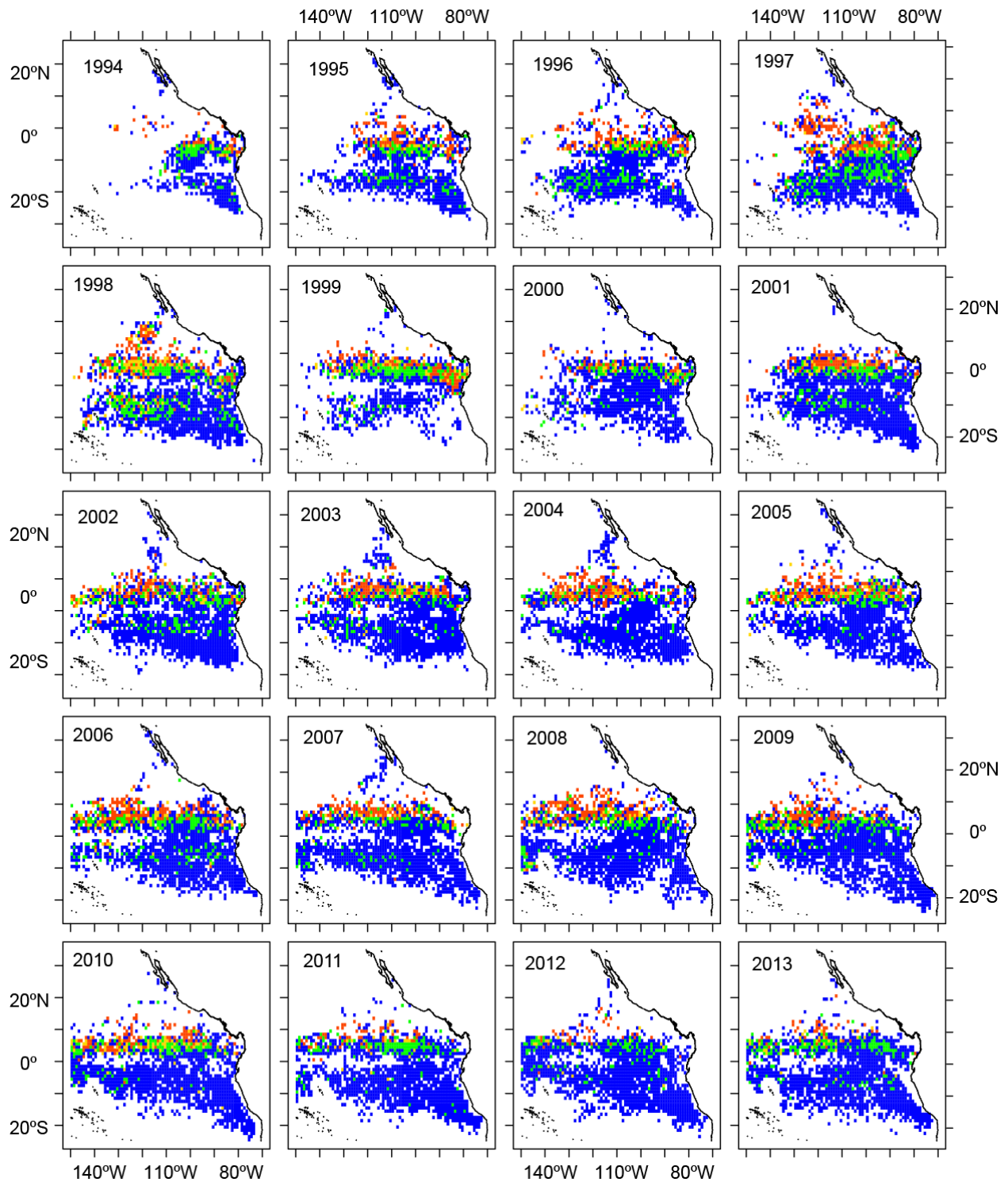


FIGURE 1a. Average bycatch per set in floating-object sets, in numbers, of small (< 90 cm total length) silky sharks, 1994-2013. Blue: 0 sharks per set; green: ≤ 1 shark per set; yellow: 1-2 sharks per set; red: > 2 sharks per set.

FIGURA 1a. Captura incidental media por lance en lances sobre objetos flotantes, en número, de tiburones sedosos pequeños (< 90 cm de talla total), 1994-2013. Azul: 0 tiburones por lance; verde: ≤ 1 tiburones por lance; amarillo: 1-2 tiburones por lance; rojo: > 2 tiburones por lance.

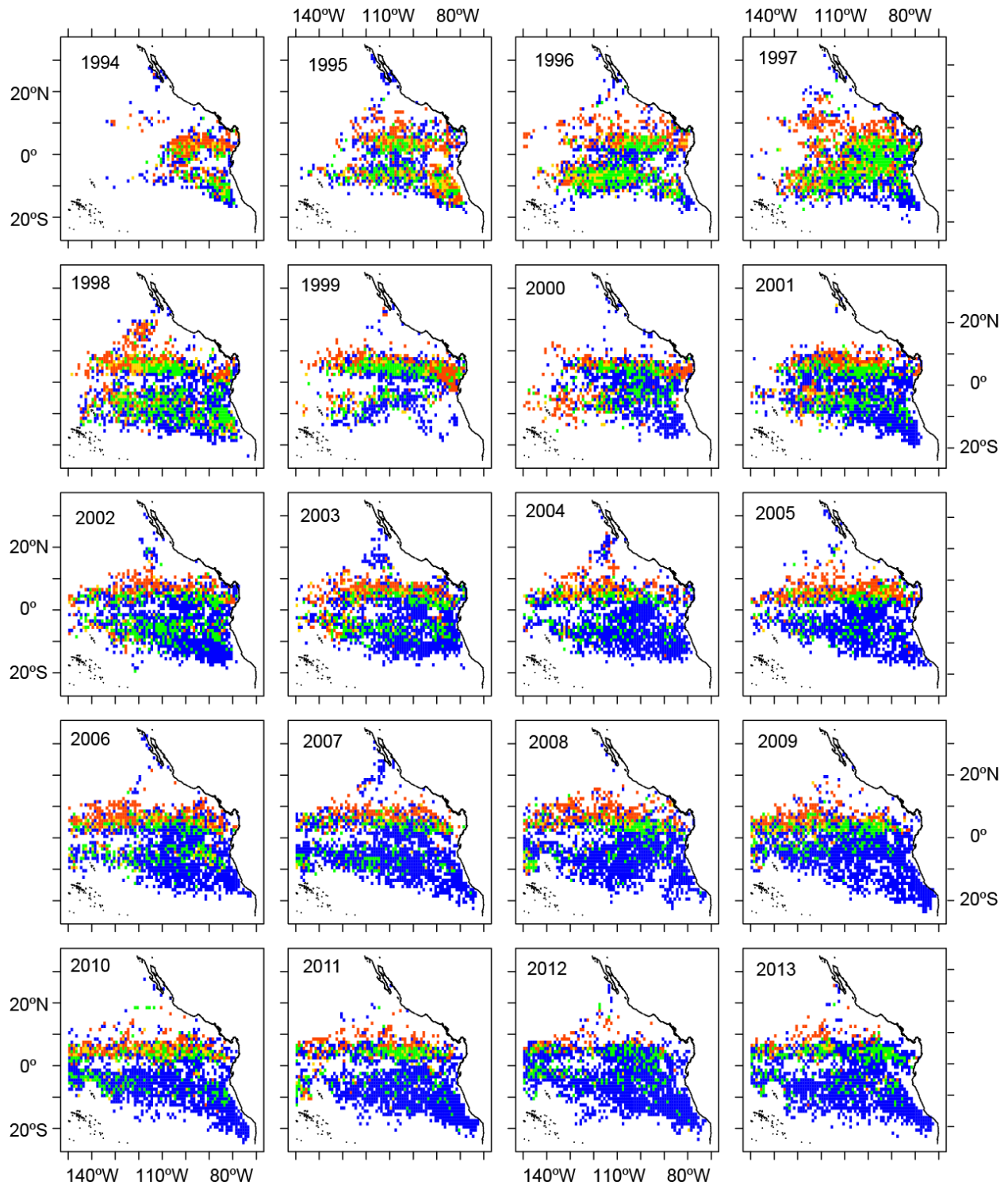


FIGURE 1b. Average bycatch per set in floating-object sets, in numbers, of medium (90-150 cm total length) silky sharks, 1994-2013. Blue: 0 sharks per set, green: ≤ 1 shark per set; yellow: 1-2 sharks per set; red: > 2 sharks per set.

FIGURA 1ba. Captura incidental media por lance en lances sobre objetos flotantes, en número, de tiburones sedosos medianos (90-150 cm de talla total), 1994-2013. Azul: 0 tiburones por lance, verde: ≤ 1 tiburones por lance; amarillo: 1-2 tiburones por lance; rojo: > 2 tiburones por lance.

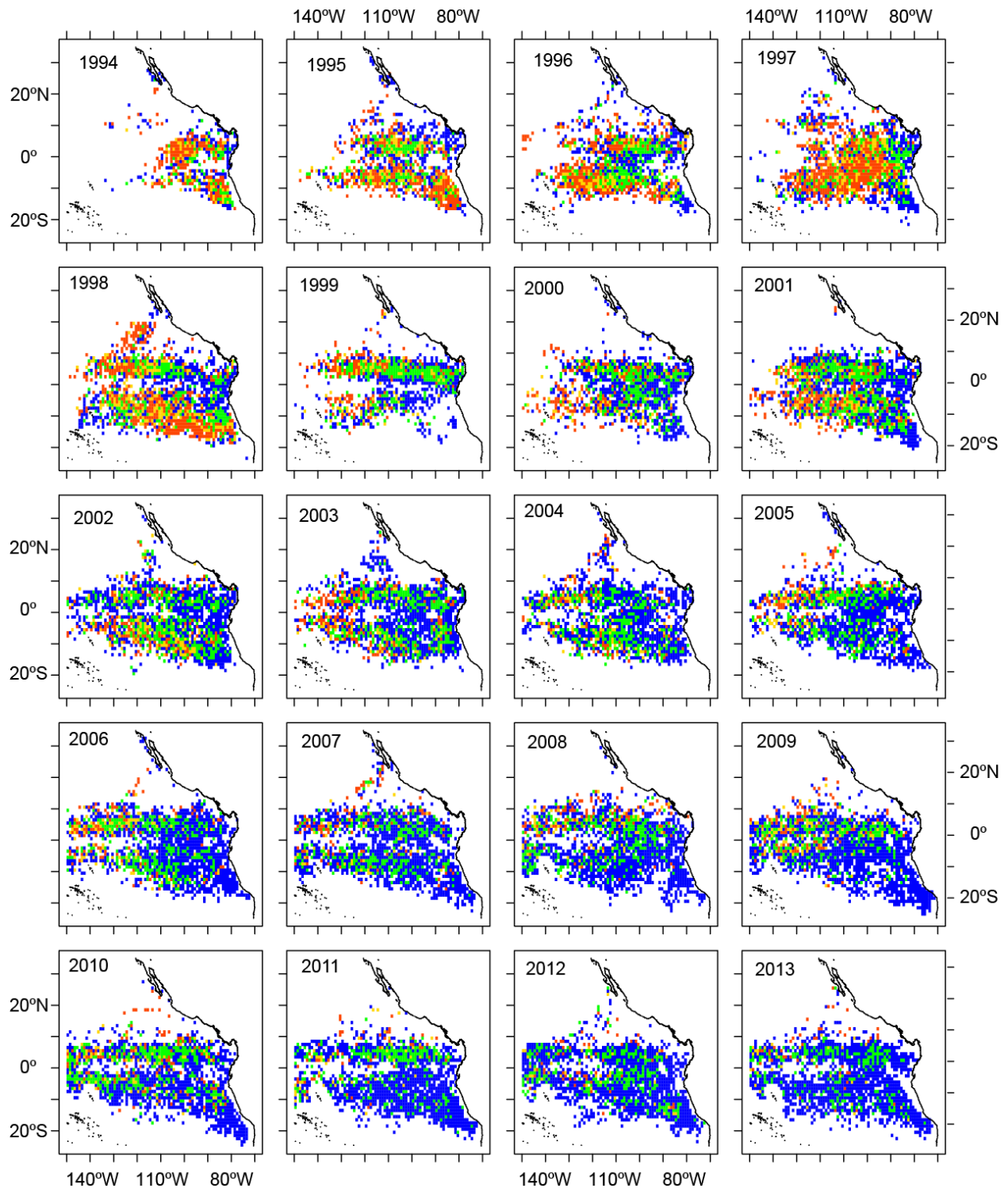


FIGURE 1c. Average bycatch per set in floating-object sets, in numbers, of large (> 150 cm total length) silky sharks, 1994-2013. Blue: 0 sharks per set, green: ≤ 1 shark per set; yellow: 1-2 sharks per set; red: > 2 sharks per set.

FIGURA 1c. Captura incidental media por lance en lances sobre objetos flotantes, en número, de tiburones sedosos grandes (> 150 cm de talla total), 1994-2013. Azul: 0 tiburones por lance, verde: ≤ 1 tiburones por lance; amarillo: 1-2 tiburones por lance; rojo: > 2 tiburones por lance.

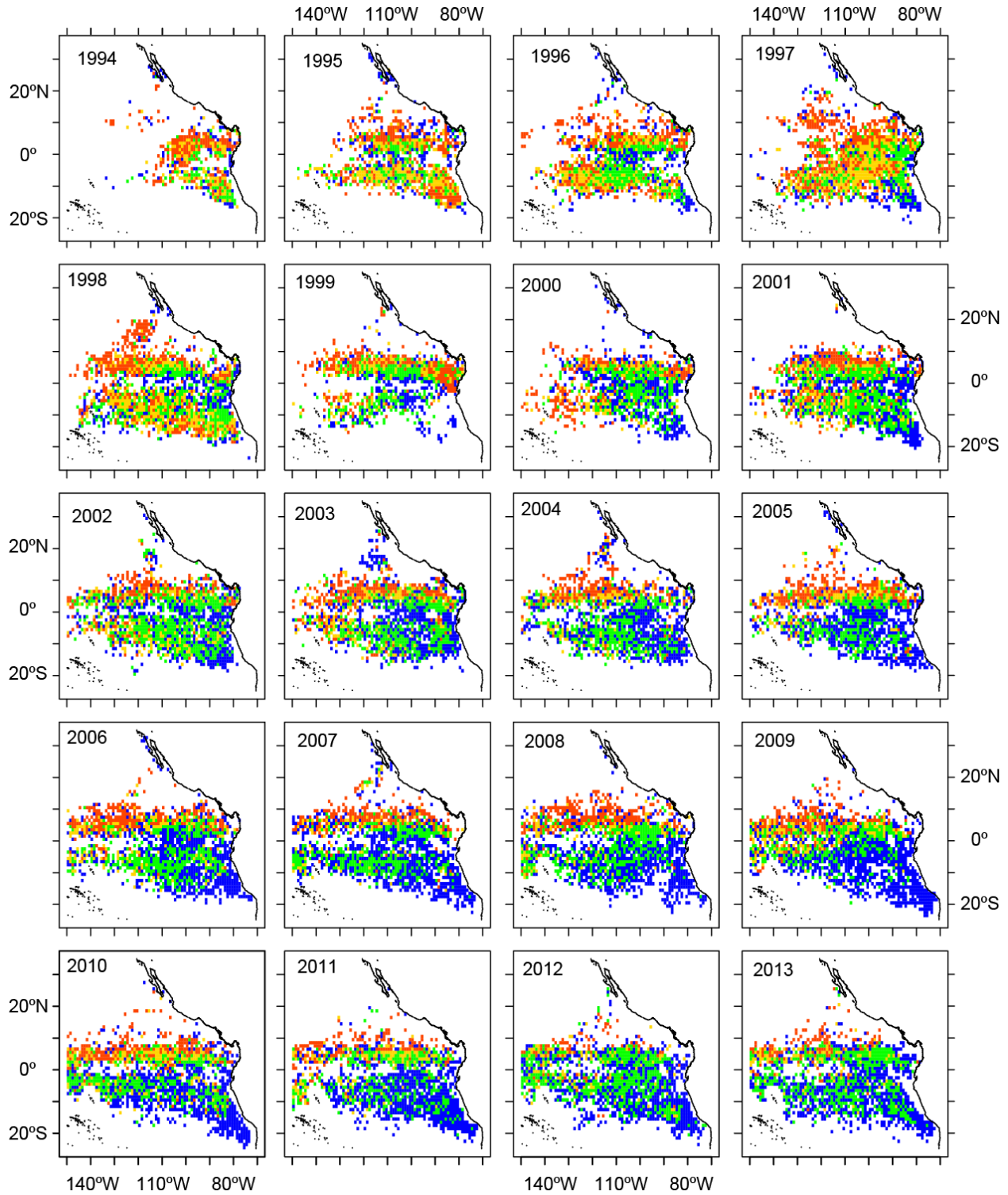


FIGURE 1d. Average bycatch per set in floating-object sets, in numbers, of all silky sharks, 1994-2013. Blue: 0 sharks per set, green: ≤ 2 shark per set; yellow: 2-5 sharks per set; red: >5 sharks per set.

FIGURA 1d. Captura incidental media por lance en lances sobre objetos flotantes, en número, de todos tiburones sedosos, 1994-2013. Azul: 0 tiburones por lance, verde: ≤ 2 tiburones por lance; amarillo: 2-5 tiburones por lance; rojo: > 5 tiburones por lance.

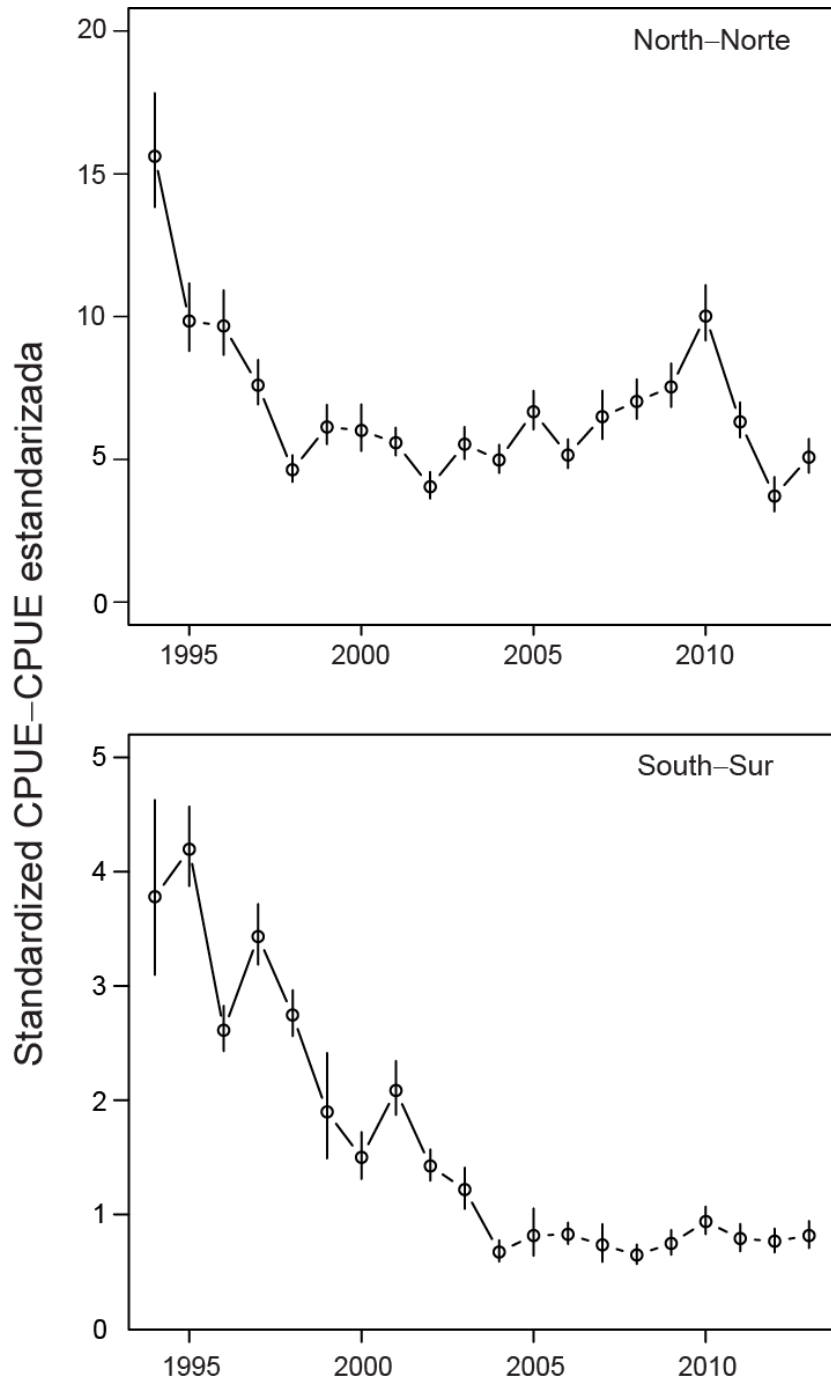


FIGURE 2. Standardized catch-per-unit-effort (CPUE, in number of sharks per set) of all silky sharks in floating-object sets for northern (top) and southern (bottom) EPO stocks. Approximate 95% pointwise confidence intervals were computed by resampling from the posterior distribution of estimated GAM coefficients, assuming known smoothing and scale parameters.

FIGURA 2. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE, en número de tiburones por lance) estandarizada de todos los tiburones en lances sobre objetos flotantes de las poblaciones del OPO del norte (arriba) y sur (abajo). Se computaron los intervalos puntuales de confianza aproximados de 95% mediante un remuestreo de la distribución posterior de los coeficientes estimados del MAG, suponiendo parámetros de escala y suavización conocidos.

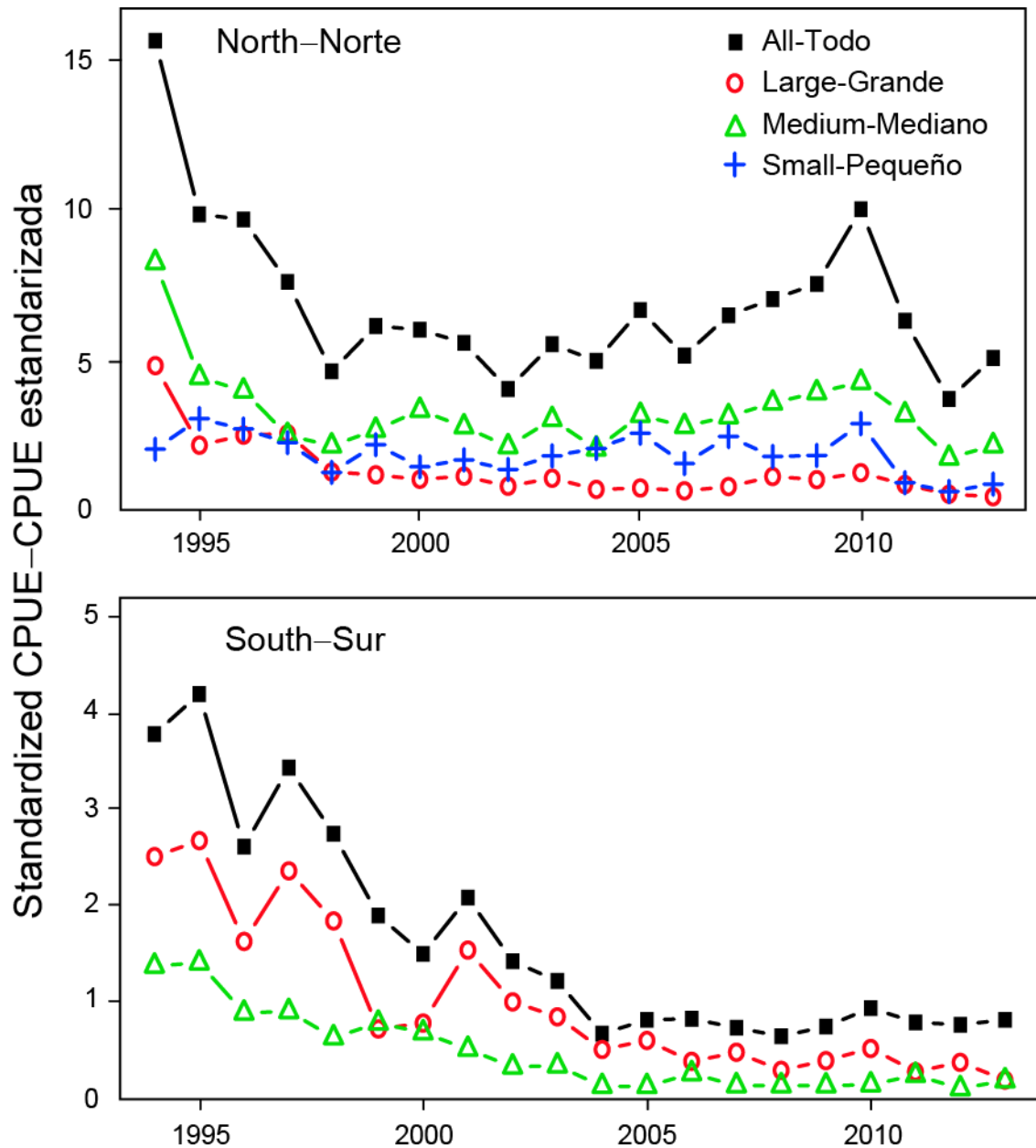


FIGURE 3a. Standardized catch-per-unit-effort (CPUE; in numbers of sharks per set) in sets on floating objects (OBJ) of silky sharks of different size classes (small, medium, large) and all silky sharks for northern (top) and southern (bottom) EPO stocks. No index was computed for small silky sharks in the south due to model instability caused by the low levels of bycatch in recent years; see Figure 1a.

FIGURA 3a. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE, en número de tiburones por lance) estandarizada en lances sobre objetos flotantes (OBJ) de tiburones sedosos de distintas clases de talla (pequeño, mediano, grande) y todos los tiburones sedosos correspondiente a las poblaciones del norte (arriba) y sur (abajo) en el OPO. No se computó un índice para los tiburones sedosos pequeños en el sur debido a la inestabilidad del modelo causada por los bajos niveles de captura incidental en los años recientes (Figura 1a).

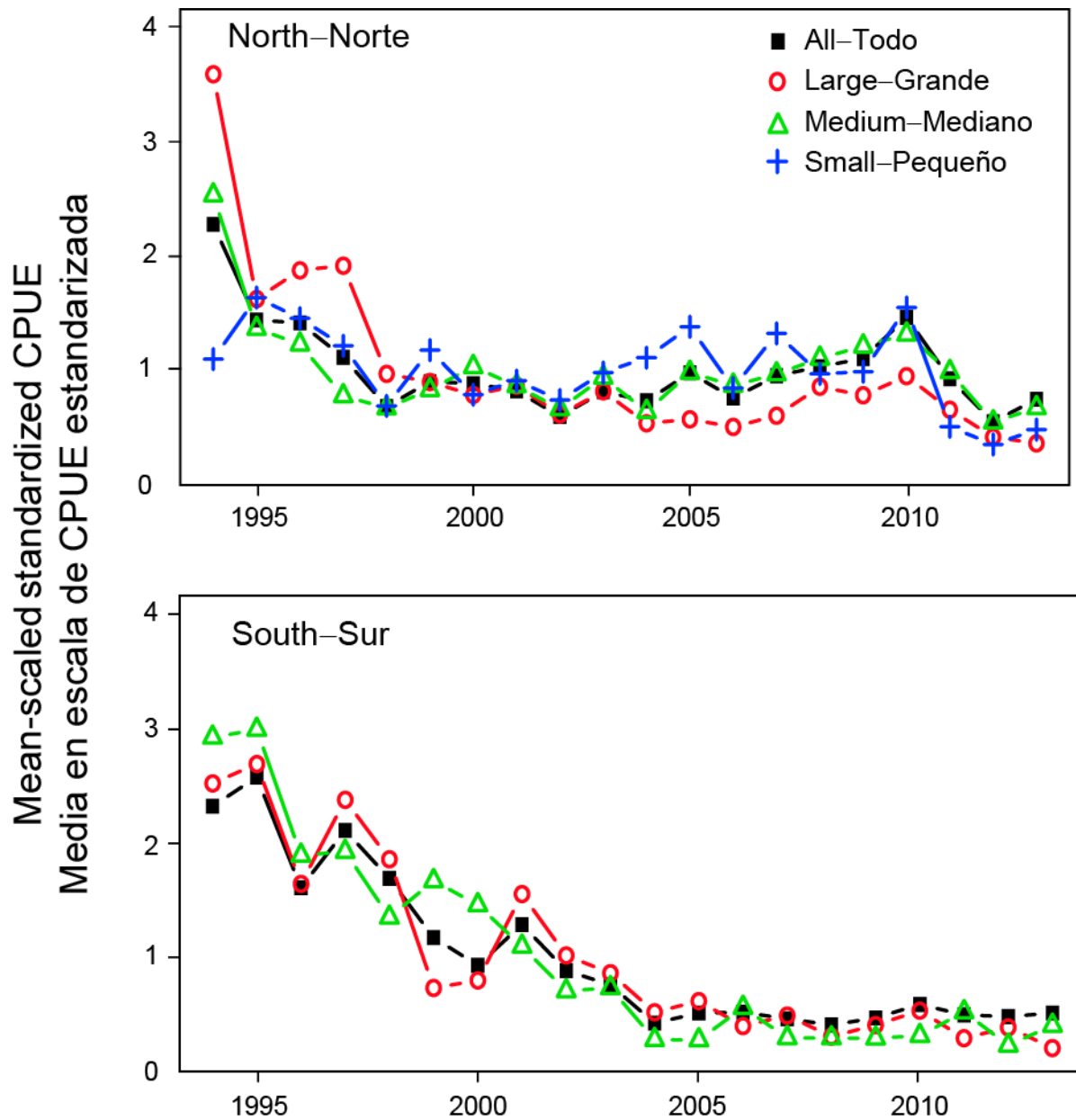


FIGURE 3b. Mean-scaled standardized catch-per-unit-effort in floating-object sets (CPUE-OBJ) (from Figure 3a) for silky sharks of different size classes (small, medium, large) and all silky sharks for the northern (top) and southern (bottom) EPO stocks. No index was computed for small silky sharks in the south due to model instability caused by the low levels of bycatch in recent years (Figure 1a).

FIGURA 3b. Captura por unidad de esfuerzo estandarizada en lances sobre objetos flotantes (CPUE-OBJ) en escala al promedio de tiburones sedosos de distintas clases de talla (pequeño, mediano, grande) y todos los tiburones sedosos correspondiente a las poblaciones del norte (arriba) y sur (abajo) en el OPO. No se computó un índice para los tiburones sedosos pequeños en el sur debido a la inestabilidad del modelo causada por los bajos niveles de captura incidental en los años recientes (Figura 1a).

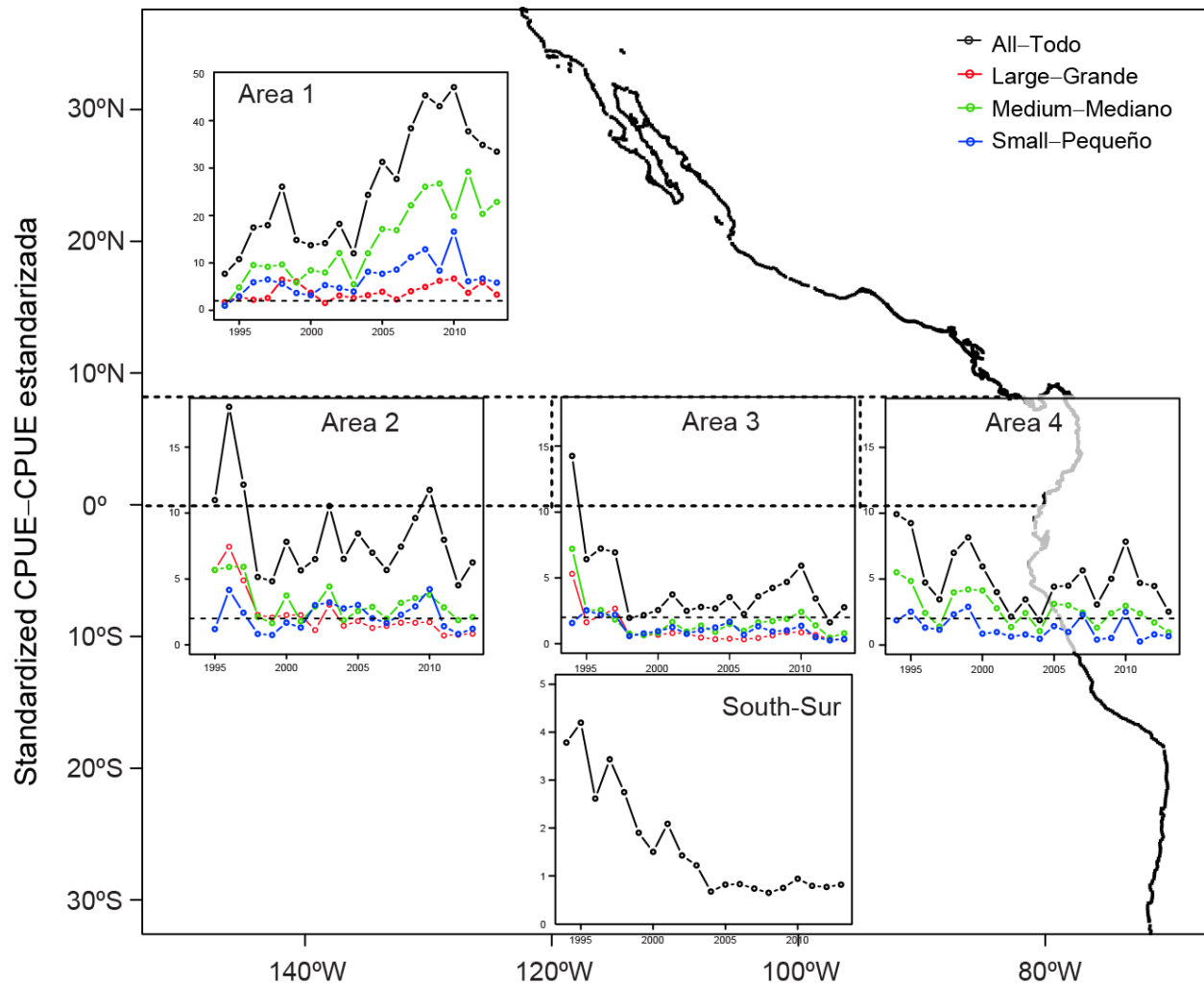


FIGURE 4a. Standardized catch-per-unit-effort in floating-object sets (CPUE-OBJ) of silky sharks, by area: north (Area 1); offshore (Area 2); central (Area 3); inshore (Area 4). No index for large sharks in Area 4 was obtained due to model instability. The trend in the southern area is from Figure 2.

FIGURA 4a Captura por unidad de esfuerzo estandarizada en lances sobre objetos flotantes (CPUE-OBJ) de tiburones sedosos, por área: norte (Area 1); alta mar (Area 2); central (Area 3); costera (Area 4). No se obtuvo un índice para los tiburones grandes en el Área 4 debido a inestabilidad del modelo. La tendencia en el área sur proviene de la Figura 2.

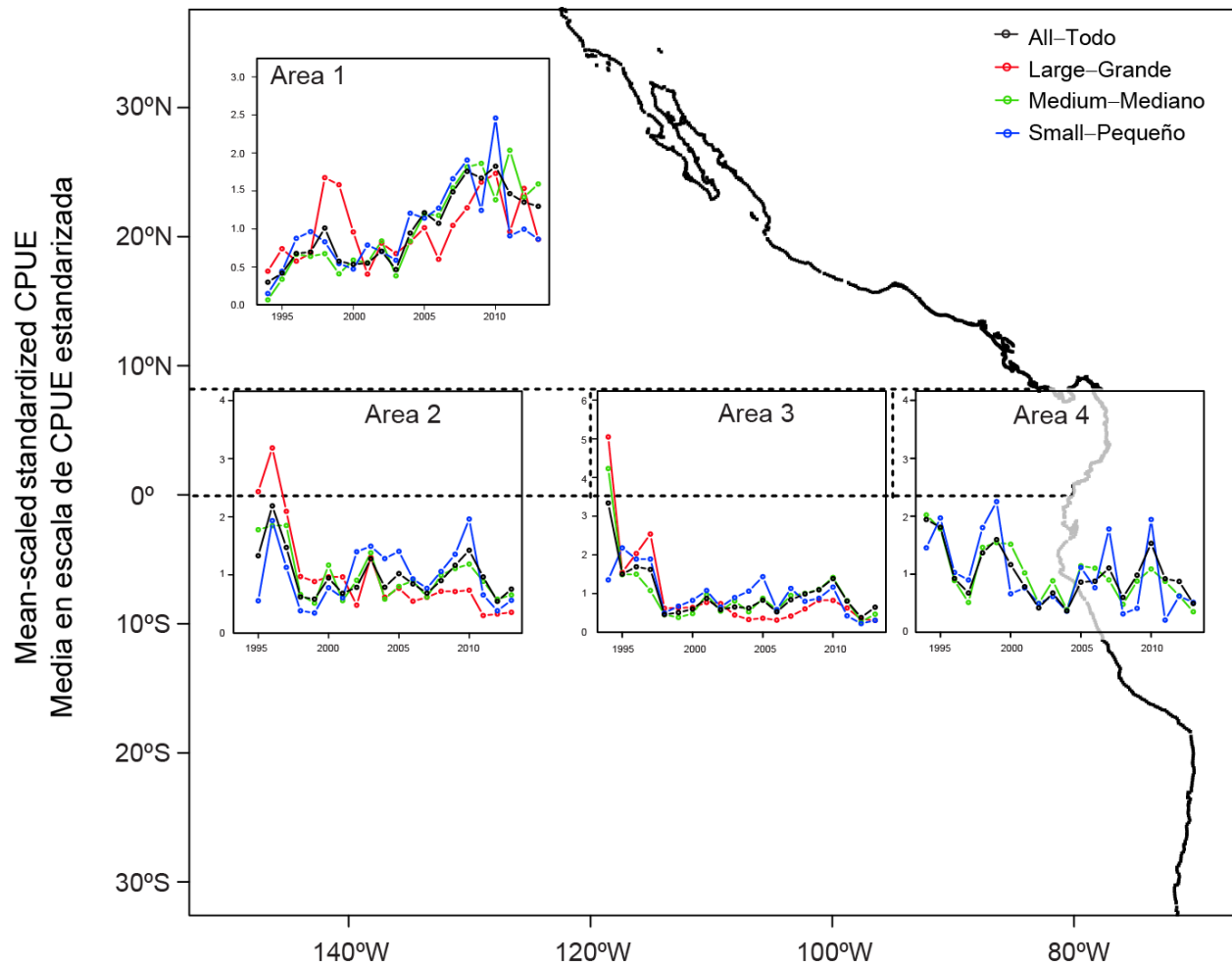


FIGURE 4b. Mean-scaled standardized catch-per-unit-effort in floating-object sets (CPUE-OBJ) of silky sharks, by area (Figure 4a): north (Area 1); offshore (Area 2); central (Area 3); inshore (Area 4). No index for large sharks in Area 4 was obtained due to model instability.

FIGURA 4b. Captura por unidad de esfuerzo estandarizada en lances sobre objetos flotantes (CPUE-OBJ) en escala al promedio de tiburones sedosos, por área (Figura 4a): norte (Area 1); alta mar (Area 2); central (Area 3); costera (Area 4). No se obtuvo un índice para los tiburones grandes en el Área 4 debido a inestabilidad del modelo.

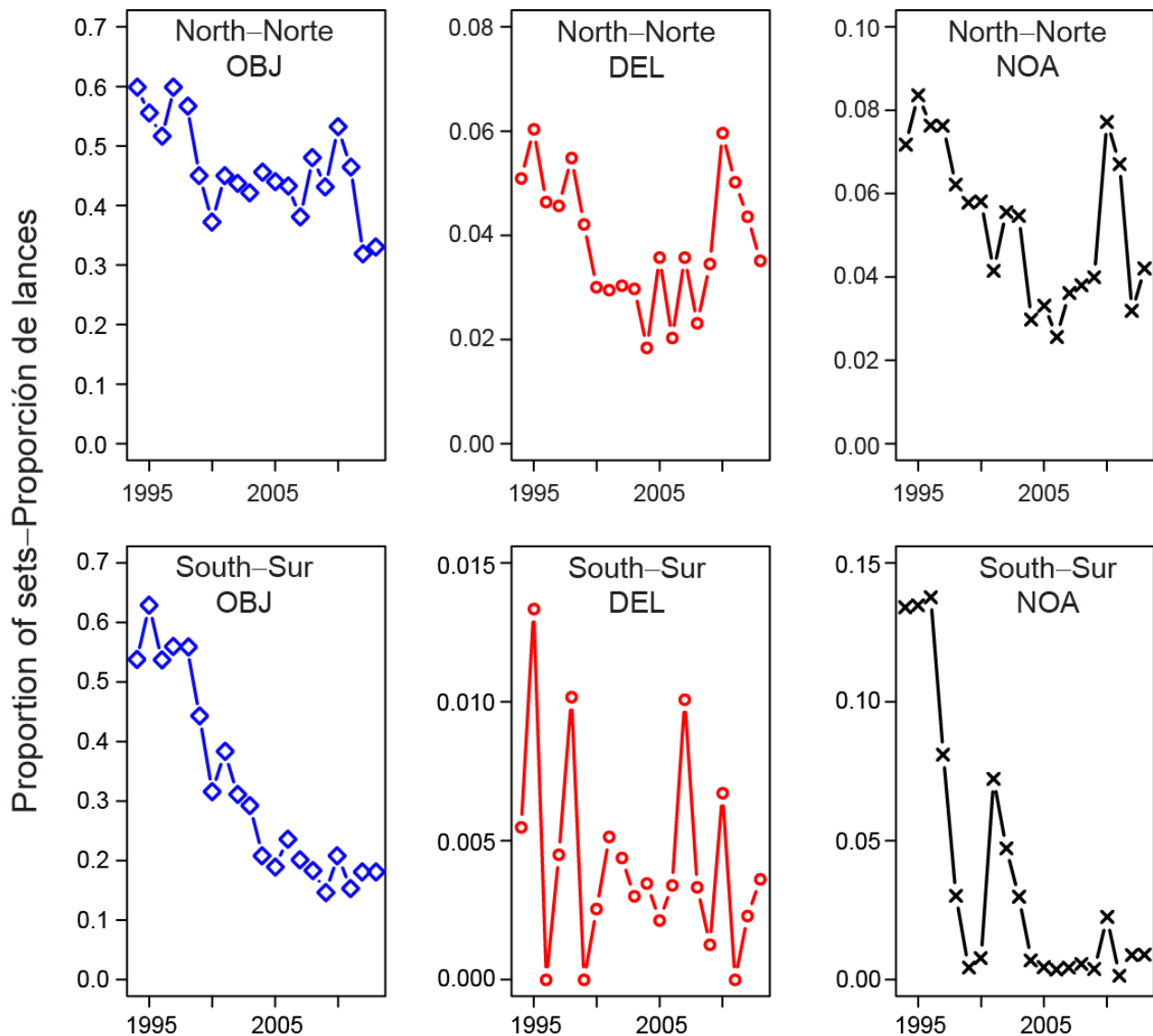


FIGURE 5. Nominal proportion of positive sets, by set type (floating-object (OBJ), dolphin (DEL), unassociated (NOA)), for the northern (top) and southern (bottom) stocks of silky shark in the EPO.

FIGURA 5. Proporción nominal de lances positivos, por tipo de lance (objeto flotante (OBJ), delfín (DEL), no asociado (NOA)), para las poblaciones del norte (arriba) y sur (abajo) del tiburón sedoso en el OPO.

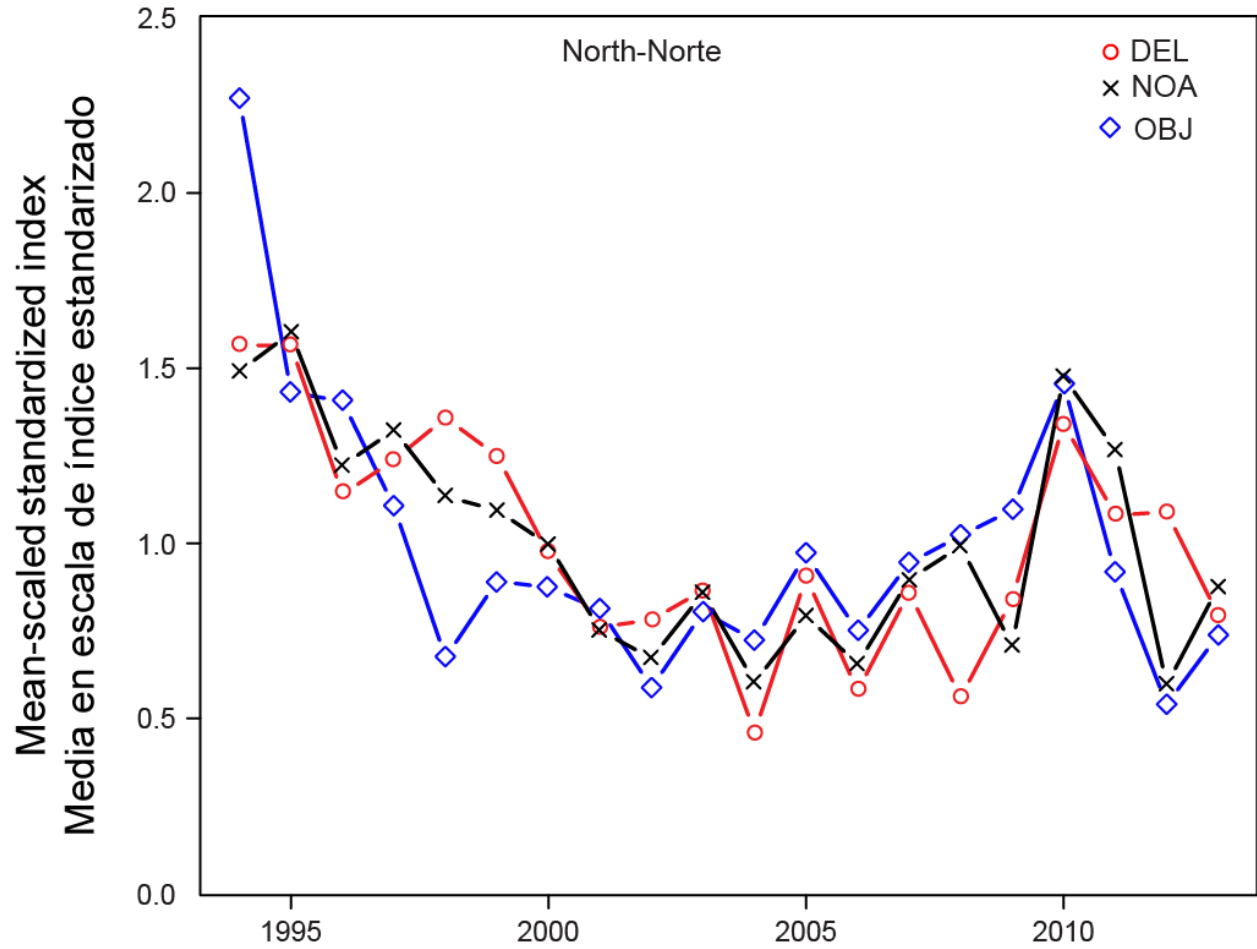


FIGURE 6. Comparison of stock status indicators (SSIs) for the northern silky shark produced for different purse-seine set types (floating-object (OBJ), dolphin (DEL), unassociated (NOA)).

FIGURA 6. Comparación de indicadores de condición de población (SSI) para el tiburón sedoso del norte producidos para distintos tipos de lance cerquero (objeto flotante (OBJ), delfín (DEL), no asociado (NOA)).

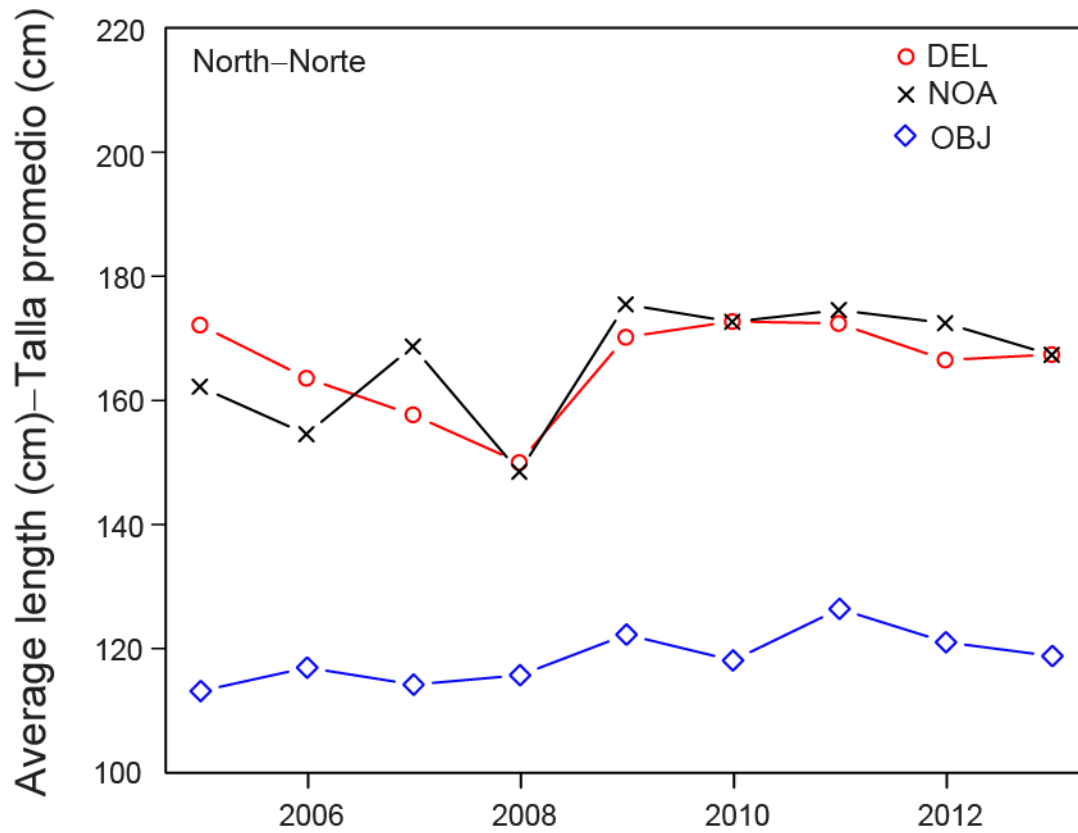


FIGURE 7. Average length (cm) of northern silky sharks caught in different purse-seine set types (floating-object (OBJ), dolphin (DEL), unassociated (NOA)), 2005-2013.

FIGURA 7. Talla promedio (cm) de tiburones sedosos del norte capturados en los distintos tipos de lance cerquero (objeto flotante (OBJ), delfín (DEL), no asociado (NOA)), 2005-2013.