

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

## 14<sup>a</sup> REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

15-19 de mayo de 2023

### DOCUMENTO SAC-14-07

## PROYECTO REGIONAL DE MERCADO DE ATUNES REALIZADO POR LA CIAT DURANTE 2019-2023: INFORME RESUMIDO Y DIRECCIONES FUTURAS

Daniel W. Fuller, Mitchell S. Lovell y Michael J. Opiekun

### ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos del estudio .....	4
2. MATERIALES Y MÉTODO .....	5
2.1. Planificación de cruceros.....	5
2.2. Operaciones de mercado .....	6
2.3. Programa de recuperación de marca .....	6
2.4. Manejo de datos y control de calidad.....	7
2.5. Experimentos de tasas de notificación (siembra) .....	7
3. RESULTADOS .....	8
3.1. Liberación de marcas .....	8
3.2. Recuperaciones de marcas.....	8
3.3. Atún barrilete .....	8
3.4. Atún aleta amarilla.....	9
3.5. Atún patudo .....	9
3.6. Tasas de notificación (siembra).....	10
4. CONCLUSIONES .....	10
5. RECOMENDACIONES SOBRE DIRECCIONES FUTURAS .....	11
REFERENCIAS.....	13
TABLAS .....	14
FIGURAS .....	19
ANEXO.....	31
9.1 Crucero de mercado de 2019.....	31
9.2 Crucero de mercado de 2020.....	31
9.3 Crucero de mercado de 2022.....	32

## RESUMEN EJECUTIVO

- 1) Mediante el apoyo financiero proporcionado por la Unión Europea y la CIAT se realizaron tres cruceros de marcado de atunes para mejorar la información biológica que se utiliza actualmente en las evaluaciones de poblaciones y para ayudar a informar las decisiones de ordenación para la pesquería de atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental.
- 2) Si bien el objetivo principal era el marcado de atún barrilete, durante cada crucero se marcó un número considerable de atunes aleta amarilla y patudo en todo el Océano Pacífico oriental.
- 3) Fue necesario obtener permisos de pesca de México, Panamá, Francia y Ecuador para acceder a las aguas territoriales y a varias áreas marinas protegidas en las que históricamente se han encontrado atunes.
- 4) La captura de cebo vivo en el Golfo de Panamá fue fundamental para el éxito general del proyecto y será crucial para futuros esfuerzos de marcado.
- 5) Durante los tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022, los cuales variaron en duración entre 80 y 89 días, se marcaron 6,181 barriletes, 1,679 aletas amarillas y 265 patudos con marcas de dardo plásticas. Además, se marcaron 250 barriletes, 471 aletas amarillas y 57 patudos con marcas archivadoras electrónicas que almacenan datos.
- 6) A la fecha, se han devuelto 1,695 (27.4%) marcas de dardo plásticas de atún barrilete, de las cuales el 19.2% (326) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 60 marcas archivadoras de barrilete (24.0%), de las cuales el 76.7% (46) fueron notificadas como de alta confianza.
- 7) A la fecha, se han devuelto 277 (16.4%) marcas de dardo plásticas de atún aleta amarilla, de las cuales el 44.4% (123) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 87 marcas archivadoras de atún aleta amarilla (18.4%), de las cuales el 81.6% (71) fueron notificadas como de alta confianza.
- 8) A la fecha, se han devuelto 104 (38.6%) marcas de dardo plásticas de atún patudo, de las cuales el 72.0% (72) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 22 marcas archivadoras de atún patudo (35.1%), de las cuales el 95.5% (21) fueron notificadas como de alta confianza.
- 9) El personal ofrece dos recomendaciones para aumentar las probabilidades de éxito para futuros programas de marcado de la CIAT:
  - a. Los futuros esfuerzos de marcado requerirán una mayor cooperación con la industria pesquera atunera para lograr los objetivos científicos de la CIAT. El acceso a áreas marinas protegidas en las que históricamente se han capturado atunes también será beneficioso para el éxito futuro.
  - b. Se debería evaluar una logística alternativa para mejorar el éxito de los esfuerzos de marcado. En particular, se necesita una mayor cooperación con la industria pesquera para ampliar las oportunidades de marcado mediante el acceso a dispositivos agregadores de peces (plantados) a la deriva. Los métodos de captura de atunes con redes de cerco y su posterior marcado en jaulas (similar a los métodos utilizados en las operaciones de cría de atún aleta azul) también pueden ser una alternativa viable.
  - c. La CIAT debería considerar desarrollar relaciones con buques cañeros que operan en estados costeros para ampliar las oportunidades de marcado; esto proporcionaría acceso a áreas de pesca adicionales y ampliaría la cobertura espacial, además de que se aprovecharía la experiencia local.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los experimentos de marcado de atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental (OPO) llevados a cabo por la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) comenzaron en 1955 y continuaron a intervalos regulares hasta 1964. Durante este tiempo, un total de 90,412 atunes barrilete (SKJ) y 59,547 atunes aleta amarilla (YFT) fueron marcados y liberados por todo el rango operativo de la pesquería, principalmente a lo largo de la costa, desde el norte de México hasta el norte de Chile (Schaefer *et al.*, 1961). La mayoría de los atunes fueron capturados, marcados y liberados de buques cañeros de cebo vivo, tanto de manera oportunista durante viajes de pesca regulares como durante viajes de marcado fletados. De estas liberaciones, se devolvieron 4,781 marcas de SKJ (5.3%) y 8,397 de YFT (14.1%) (Schaefer *et al.*, 1961; Bayliff, 1971; Fink, 1965; Fink y Bayliff, 1970). Entre 1964 y 1968, solo hubo unos pocos cruceros de marcado de atunes realizados en buques cañeros de cebo vivo. Entre 1968 y 1974, hubo varios cruceros de marcado de atunes realizados a bordo de buques cerqueros (PS) a través de varios tipos de contratos de fletamento, principalmente dirigidos a YFT. Durante esos cruceros, se marcaron y liberaron 30,290 YFT y se devolvieron 1,449 marcas (4.8%; Bayliff, 1973). Los cruceros de marcado de atunes continuaron esporádicamente a bordo de buques cerqueros hasta 1980. De 1979 a 1981, se realizaron varios cruceros de marcado de atunes tropicales realizados en buques cañeros de cebo vivo fletados desde México hasta Ecuador. De 1981 a 1988, se realizó poco marcado, excepto por algunos casos limitados de marcado oportunista a bordo de embarcaciones de pesca deportiva. En total, entre 1955 y 1988, se capturaron, marcaron y liberaron 127,709 SKJ, 110,205 YFT y 612 atunes patudo (BET); y se devolvieron 12,881 (10.1%), 14,746 (13.4%) y 15 (2.5%), respectivamente.

De marzo a mayo de 2000 y de 2002 a 2006 hubo seis cruceros de marcado de atunes realizados en un buque cañero de cebo vivo fletado en todo el OPO ecuatorial enfocados principalmente en el marcado de BET. Sin embargo, durante estos cruceros también hubo un número considerable de SKJ y YFT marcados con marcas de dardo plásticas (MDP) y marcas archivadoras electrónicas (MA). Durante estos cruceros, se marcaron con MDP y se liberaron 19,174 BET, 3,425 SKJ y 2,234 YFT y se devolvieron 8,249 (43.0%), 563 (16.4%) y 405 (18.1%). Además, se liberaron 323 BET, 134 SKJ, 53 YFT con MA y se devolvieron 162 (50.2%), 7 (5.2%), 8 (15.1%), respectivamente (Schaefer y Fuller, 2006, 2009, 2010, 2015 y 2022). Los objetivos de los esfuerzos de marcado de la CIAT eran obtener información acerca de los desplazamientos y la estructura de las poblaciones de BET, SKJ y YFT (Schaefer *et al.*, 1961; Fink y Bayliff, 1970; Bayliff, 1979; Schaefer *et al.*, 2009; Schaefer *et al.*, 2015; Schaefer y Fuller, 2022) y al mismo tiempo proporcionar estimaciones de su crecimiento (Aires-da-Silva *et al.*, 2015; Bayliff, 1988; Maunder, 2001; Schaefer y Fuller, 2006) y mortalidad por pesca y natural (Fink, 1965; Bayliff, 1971). Durante los esfuerzos de marcado más recientes con la llegada de las tecnologías de MA, los estudios de comportamiento y hábitat también se convirtieron en una prioridad (Fuller *et al.*, 2015, Schaefer y Fuller 2009, Schaefer *et al.*, 2009).

El atún barrilete es notoriamente difícil de evaluar debido a su alta y variable productividad (es decir, el reclutamiento anual es una gran proporción de la biomasa total). Es un reto detectar los efectos de la pesca en la población con datos de pesca tradicionales y metodologías de evaluación de poblaciones. Esto es en especial relevante para determinar la condición de la población de SKJ en el OPO, principalmente debido a la ausencia de datos de composición por edad, índices de abundancia fiables y datos de marcado de alta calidad. Por lo tanto, las estimaciones de abundancia y tasas de explotación obtenidas de los programas de marcado son esenciales para producir evaluaciones fiables para el SKJ. Las evaluaciones actuales para las tres especies son sensibles tanto al nivel absoluto de mortalidad natural como a los cambios por edad y por sexo en la mortalidad natural. Los niveles de mortalidad natural supuestos se basan en poca información y hacen supuestos no confirmados acerca de las diferencias por sexo. Los datos de programas de marcado bien diseñados y bien ejecutados son muy beneficiosos para proporcionar mayor confianza en las evaluaciones actuales al proporcionar estimaciones basadas en datos para estos

parámetros clave.

En el OPO, la capacidad de flota cerquera ha aumentado considerablemente desde 1995 (Fonteneau *et al.*, 2013; Scot y López, 2014), junto con las capturas de SKJ y BET (Anónimo, 2022a). Los cambios en la dinámica de la pesca en los últimos treinta años, junto con las incertidumbres biológicas (tasas de crecimiento, mortalidad natural y estructura de las poblaciones), han hecho difícil determinar los efectos en las poblaciones de atunes tropicales. Las evaluaciones realizadas en los últimos años han demostrado la necesidad de tener precaución en la ordenación de la pesquería atunera (Anónimo, 2022b) pero, sobre todo, resaltan la importancia de la información científica de calidad para informar las decisiones de ordenación.

El barrilete y otros atunes tropicales dentro de grandes agregaciones multiespecíficas asociadas a dispositivos agregadores de peces a la deriva (plantados a la deriva) en el OPO han sido explotados por buques cerqueros grandes desde aproximadamente 1994, principalmente entre 5°N y 15°S (Fonteneau *et al.*, 2013, Lennert-Cody *et al.*, 2018). La práctica de sembrar plantados a la deriva y pescar los atunes asociados ha aumentado en eficacia en la última década, ante todo debido al uso de boyas con Sistemas de Posicionamiento Global, la mayoría de las cuales ahora están equipadas con ecosondas. El mayor componente de la captura de la pesquería sobre plantados a la deriva es el SKJ, pero también hay una captura considerable de BET y YFT pequeños (Anónimo, 2022).

En todo el Océano Pacífico, las pesquerías cerqueras centran gran parte de sus esfuerzos en atunes asociados a plantados a la deriva (Lennert-Cody *et al.*, 2018), una estrategia de pesca que ha evolucionado hasta volverse bastante eficaz en la extracción de las tres principales especies de atunes tropicales. Estos cambios han aumentado la complejidad en el cálculo de los índices de captura por unidad de esfuerzo por especie para la pesquería atunera y, por lo tanto, han aumentado la incertidumbre en los índices de abundancia y las recomendaciones de ordenación para estas especies. Aunque se atribuye parcialmente a la falta de comprensión de las características y la dinámica de las agregaciones de atunes que se asocian a plantados a la deriva, índices de palangre (LL) deficientes, la falta de índices de cerco fiables y conocimientos biológicos insuficientes (crecimiento, estructura de las poblaciones y mortalidad) exacerbaban aún más la incertidumbre. La dinámica espacial y temporal de la biología de los atunes debería investigarse a fondo para cuantificar varias características importantes del ciclo vital, incluyendo desplazamientos, estructura de la población, comportamiento, tiempos de residencia en plantados a la deriva y vulnerabilidad a las artes de pesca.

Conocer los niveles actuales de explotación, así como los desplazamientos, la mortalidad natural, la mortalidad por pesca, la vulnerabilidad y las tasas de crecimiento de SKJ, YFT y BET es esencial para la evaluación de las poblaciones. Aunque se han realizado evaluaciones de poblaciones para estas especies en el OPO, todavía hay incertidumbres en muchas de los supuestos y estimaciones de parámetros utilizados en estos análisis que deberían mejorarse (Sharma *et al.*, 2020). Las estimaciones válidas de estos parámetros mejorarían la confianza en las evaluaciones de poblaciones, ayudarían a cuantificar el grado de interacción entre las pesquerías cerqueras y palangreras e informarían de mejor manera a los gestores al momento de considerar medidas de conservación.

### **1.1. Objetivos del estudio**

Los objetivos del Programa Regional de Mercado de Atunes (PRMA) fueron marcar y liberar 15,000 SKJ, 2,500 YFT y 2,500 BET con marcas de dardo plásticas; así como otros 600 SKJ, 100 YFT y 100 BET con marcas archivadoras para establecer un amplio y robusto conjunto de datos de marcado y recaptura que proporcione información acerca de los desplazamientos, la estructura de las poblaciones, la mortalidad y el crecimiento. Estos datos de marcado y las estimaciones de parámetros biológicos derivadas se incorporarán en las evaluaciones integradas y se utilizarán para informar las futuras decisiones de

ordenación. Además, se llevarán a cabo esfuerzos para desarrollar métodos para derivar índices de abundancia dentro de un modelo espaciotemporal de marcado (SAC-14 INF-E).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Planificación de cruceros

Antes de planificar e implementar los esfuerzos de marcado, la CIAT organizó un [taller](#) con expertos invitados para revisar el diseño experimental propuesto para el PRMA. Los resultados de la revisión se incorporaron a la planificación final del diseño experimental. Al contar con un diseño experimental integral, el personal de la CIAT comenzó a planear el primero de tres cruceros de marcado. Utilizando información del registro de buques de la CIAT, se identificaron los buques adecuados y se les envió de manera individual una descripción del plan de crucero propuesto y la duración deseada. Sólo se identificaron tres buques adecuados y se les invitó a presentar ofertas de fletamento para consideración del personal. Para que los precios de fletamento de cada crucero de marcado fueran competitivos, las invitaciones a presentar ofertas se enviaron ocho meses antes de la salida programada.

El marcado realizado en 2019, 2020 y 2022 se llevó a cabo a bordo del buque cañero estadounidense *B/P Her Grace* (Figura 1). El *B/P Her Grace* es un barco cañero de estilo tradicional de la costa oeste, con un casco de acero de 72 pies de eslora total y una capacidad de carga de 75 toneladas, capaz de alcanzar velocidades de hasta 8 nudos y una velocidad máxima de 10 nudos. El buque puede transportar hasta 1,000 salabardos (aproximadamente 4-5 toneladas) de cebo vivo en cuatro cajas de cubierta separadas y cuatro bodegas debajo de la cubierta (bodegas de pescado). Dependiendo de las condiciones, la autonomía operativa puede ser de hasta 60 días, lo que hace que *B/P Her Grace* sea una plataforma ideal para el marcado a lo largo de la costa y en alta mar.

El contar con permisos de acceso a las aguas territoriales de varios países, tanto para la captura de cebo como para el marcado de atunes, fue fundamental para el éxito de las campañas de marcado de la CIAT. La obtención de estos permisos puede tomar un tiempo considerable y el proceso se inició a menudo seis meses antes de la salida. En el transcurso de los tres cruceros de marcado, Panamá, México y Ecuador proporcionaron permisos para captura de cebo vivo a lo largo de las costas dentro de sus aguas territoriales. México, Ecuador, Costa Rica, Panamá y Francia (Isla Clipperton) otorgaron permisos para pesca y marcado dentro de sus aguas territoriales. Se solicitaron y proporcionaron permisos adicionales del Parque Nacional Galápagos (PNG) para el acceso a las aguas dentro del mismo y de Costa Rica para el acceso a las aguas dentro del Parque Nacional Isla del Coco. Se solicitaron permisos a México para acceder a las aguas del Parque Nacional Revillagigedo; sin embargo, debido a las exhaustivas restricciones detalladas en el permiso, era poco probable que se pudiera pescar y marcar con éxito, por lo que no se realizó ningún esfuerzo de pesca dentro del parque. Se buscó acceso a aguas dentro de las aguas territoriales colombianas, así como acceso a aguas dentro del Santuario de Fauna y Flora de Malpelo; no obstante, si bien Colombia otorgó autorización para pescar dentro de aguas territoriales durante 2019, el acceso en los años posteriores fue extremadamente difícil.

Aunque cada crucero de marcado tuvo itinerarios diferentes, la captura de cebo vivo, en específico la anchoveta (*Cetengraulis mysticetus*) en el Golfo de Panamá, donde abunda estacionalmente, fue consistente en todos los cruceros. La anchoveta ha demostrado ser un pez de cebo extremadamente resistente y deseable para las operaciones pesqueras de caña con cebo vivo y se ha mantenido a bordo por periodos superiores a 50 días. Durante el crucero de 2019, se capturó sardina del Pacífico (*Sardinops sagax*), también un pez muy resistente para utilizarse como cebo vivo (aunque no tolera altas temperaturas superficiales del mar [TSM]; >83°F), frente al sur de Baja California, México. Además, en un esfuerzo por capturar cebo más cerca de los caladeros durante el esfuerzo de marcado de 2020, el personal de la CIAT exploró áreas históricas de cebo dentro del PNG. Aunque se encontró sardina del

Pacífico, su abundancia parecía limitada para futuros cruceros de marcado.

## 2.2. Operaciones de marcado

Los atunes fueron marcados con una marca de dardo plástica (MDP) de color amarillo con un número de serie y una longitud de 12.5 centímetros (cm) fabricada por Hallprint Pty, Ltd. (Victor Harbor, Australia del Sur) usando aplicadores tubulares de acero inoxidable (Figura 2A y Figura 2B). Las marcas de dardo plásticas tienen cabezas punzantes (Figura 2B) diseñadas para pasar entre los pterigióforos por debajo de la base de la segunda aleta dorsal (Figura 3), creando así una fijación segura que reduce posibles desprendimientos. Cada MDP cuenta con información impresa que les indica a quienes las encuentran cómo notificar la recaptura de un atún marcado y la recompensa por las marcas devueltas. Durante las operaciones de marcado, la mayoría de los peces de menos de 1 m fueron medidos y marcados en cunas de aluminio forradas con espuma de alta densidad y marcadas con graduaciones de 1 cm en un forro liso para facilitar y agilizar la medición. Las cunas fueron montadas en la popa del buque directamente detrás de los pescadores en las plataformas de pesca. Durante la mayoría de los cruceros de marcado, había cuatro estaciones de marcado, cada una con una cuna de aluminio. Los atunes de más de 1 m se recogieron con redes de marco de aluminio de gran resistencia y mango largo (de 75 cm de diámetro interior) y colgados con malla sin nudos. Estos peces fueron subidos a bordo directamente a la cubierta sobre un tapete de espuma de alta densidad con forro liso, donde fueron medidos con un calibrador antes de ser marcados y liberados. La información de marcado y liberación, incluyendo fecha, hora, lugar de pesca, tipo de artes de pesca, estación de marcado, especie, talla, tipo y número(s) de marca, fue registrada utilizando grabadoras digitales colgadas del cuello de los que pusieron las marcas. Tras los eventos de marcado, se transcribieron los datos de liberación registrados a formularios en papel para luego ser introducidos en la base de datos de marcado de la CIAT.

Además de las MDP, se implantaron MA (Figura 4) en atunes SKJ, YFT y BET (Figura 3). Las marcas archivadoras están diseñadas para implantación interna y proporcionan información acerca de desplazamientos, comportamiento y uso del hábitat. Se utilizaron los métodos quirúrgicos descritos en Schaefer *et al.* (2007) para implantar MA en el celoma de los atunes, ya que se ha demostrado que reduce el desprendimiento de marcas y aumenta las tasas de recuperación y supervivencia de los peces. Se utilizaron tres tipos de MA durante el PRMA: LAT2910 y ARCGEO-9TS (Figura 4A y Figura 4B) fabricadas por Lotek Wireless Inc. (St. John's, Newfoundland, Canadá) y Mk9 (Figura 4C) fabricada por Wildlife Computers, Inc. Debido a las altas recompensas pagadas por MA recuperadas (US\$ 250), las tasas de devolución pueden ser bastante altas y pueden considerarse como una estimación alternativa de la tasa de explotación, que está libre de problemas de notificación.

## 2.3. Programa de recuperación de marcas

Tres especialistas en recuperación de marcas (ERM) fueron contratados en 2019 antes de la salida del primer crucero del PRMA y continuarán hasta al menos el 31 de mayo de 2024. Se asignó un ERM en cada una de las siguientes oficinas regionales de la CIAT: Mazatlán, México; Manta, Ecuador; y Playas, Ecuador. La responsabilidad del ERM consistía en recolectar información de recaptura de marcas de alta confianza en el momento de la descarga de los buques. La información de recuperación validada por el ERM incluía el nombre del buque, la posición y el número de la bodega donde se encontraron atunes marcados, y las medidas de talla de los atunes recuperados mientras las marcas aún estaban adheridas. Los especialistas en recuperación de marcas promueven de forma activa el proyecto para que los pescadores y los descargadores conozcan las recompensas otorgadas por devolver peces marcados. Dado que los ERM están en el muelle para la mayoría de las descargas, se desarrolló un sistema de recuperación escalonado a través del cual las devoluciones validadas por el ERM (alta confianza) recibieron recompensas más altas que las devoluciones no validadas (baja confianza).

El personal de la CIAT y los ERM llevaron a cabo una amplia campaña publicitaria internacional. La intención de la campaña era informar acerca del PRMA del OPO (incluyendo las recompensas ofrecidas por la devolución de marcas) a los capitanes y tripulaciones de buques cerqueros y palangreros, a gerentes y trabajadores de enlatadoras y a los descargadores de buques cerqueros. Durante el periodo de vigencia del PRMA, se distribuyeron carteles y volantes con información de las recompensas en los principales puertos pesqueros atuneros, a bordo de buques de naciones pesqueras de aguas lejanas y en lugares de pesca artesanal en naciones pesqueras costeras del continente americano.

Las devoluciones se consideran de alta confianza cuando el atún se le presenta al ERM al momento de la detección para que se pueda determinar o validar el buque, la bodega y la talla. En devoluciones de alta confianza, se paga una mayor recompensa en efectivo (US\$ 15) en comparación con devoluciones de marcas no validadas (US\$ 10). La recompensa pagada por la devolución de MA es de US\$ 250, un monto estandarizado por la mayoría de las instituciones del Océano Pacífico. Además de las recompensas inmediatas en efectivo, se llevó a cabo un sorteo anual en el que se les pagaron cinco recompensas de US\$ 1,000 a personas elegidas al azar que habían devuelto marcas de alta confianza. Cada MDP de alta confianza devuelta proporciona una entrada para participar en el sorteo; cuanto mayor sea el número de marcas devueltas, mayor será la probabilidad de ganar. La eficacia de este sistema de recompensa se demostró en proyectos de marcado pasados en la CIAT (2000-2006) y resultó muy eficaz para promover una buena cooperación por parte de las personas que encuentran marcas, al tiempo que ayudó a recolectar una mayor proporción de datos de recaptura de marcas de alta confianza.

#### **2.4. Manejo de datos y control de calidad**

Los datos de recuperación no clasificados como de alta confianza están sujetos a una medida precautoria adicional para garantizar que el mayor subconjunto de datos esté disponible para los análisis. Para este propósito, se derivó un filtro de velocidad utilizando devoluciones tanto de MA como de MDP de alta confianza dentro del rango de días en libertad (DEL) que se muestra en las Tablas 1-6 (< 30d, 30-89d, 90-179d, 180-365d y > 365d). Se calculó el desplazamiento lineal (DL) entre las posiciones de liberación y recaptura y se dividió por los DEL para obtener la velocidad diaria promedio en millas por día (M/d). Se usó el percentil de 95% de la velocidad diaria promedio para cada rango de DEL como un umbral conservador para eliminar datos de marcas MDP de baja confianza probablemente erróneos, en los que las velocidades diarias promedio superaban esos valores.

Aplicando el método anterior para el control de calidad de los datos, las velocidades umbral para el SKJ dentro de los cinco rangos de DEL fueron: < 30d (26.51 M/d), 30-89d (16.71 M/d), 90-179d (7.21 M/d), 180-365d (6.75 M/d), y > 365d (5.14 M/d). Esto dio como resultado la eliminación de las siguientes cifras y porcentajes de recuperaciones de cada una de esas categorías, respectivamente: 85 (10.3%), 70 (14.4%), 17 (7.5%), 10 (9.1%) y 1 (4.2%). Las velocidades umbral para el YFT dentro de los cinco rangos de DEL fueron: < 30d (22.84 M/d), 30-89d (18.13 M/d), 90-179d (8.09 M/d), 180-365d (3.19 M/d), y > 365d (4.38 M/d). Esto dio como resultado la eliminación de las siguientes cifras y porcentajes de recuperaciones de cada una de esas categorías, respectivamente: 12 (16.9%), 3 (2.4%), 5 (5.7%), 2 (5.6%), and 0 (0%). Las velocidades umbral para el BET dentro de los cinco rangos de DEL fueron: < 30d (70.82 M/d), 30-89d (27.76 M/d), 90-179d (14.18 M/d), 180-365d (0.95 M/d), y > 365d (1.52 M/d). Esto dio como resultado la eliminación de las siguientes cifras y porcentajes de recuperaciones de cada una de esas categorías, respectivamente: 4 (12.1%), 1 (2.4%), 0 (0%), 2 (8.0%) y 0 (0%).

#### **2.5. Experimentos de tasas de notificación (siembra)**

Simultáneamente a los esfuerzos de marcado del PRMA, se llevaron a cabo experimentos de siembra de marcas por observadores capacitados a bordo de buques cerqueros para estimar las tasas de notificación de atunes recapturados por flotas y en puertos de descarga en todo el OPO. Los observadores a bordo de

buques cerqueros intentaron insertar marcas de forma discreta en atunes capturados antes de colocar los peces en una bodega del buque. Se usaron dos tipos de marcas para la siembra: una MDP estándar y una marca intramuscular plástica (PIMA, por sus siglas en inglés, Figura 2.d). Las marcas intramusculares plásticas se utilizaron para evaluar el desprendimiento de marcas en las bodegas en caso de que el observador no colocara la marca correctamente entre los pterigióforos. Para cada lance (en total hasta cinco lances), se marcaron dos atunes con una sola MDP, dos atunes con una sola PIMA y un atún fue doblemente marcado con una MDP y una PIMA.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1. Liberación de marcas**

Durante los tres cruceros de marcado, se marcaron y liberaron un total de 6,181 y 250 SKJ (Tabla 1 y Tabla 2); 1,679 y 472 YFT (Tabla 3 y Tabla 4); y 265 y 57 BET (Tabla 5 y Tabla 6) con MDP y MA, respectivamente. La talla promedio de SKJ liberado con MDP y MA fue de 52.3 cm (32-74 cm) y 51.4 cm (39-72 cm), respectivamente, y las distribuciones de frecuencia de talla para las liberaciones de MDP y MA se presentan en las Figuras 6A y 6B. La talla promedio de YFT liberado con MDP y MA fue de 49.7 cm (30-114 cm) y 52.9 cm (30-117 cm), respectivamente, y las distribuciones de frecuencia de talla para las liberaciones de MDP y MA se presentan en las Figuras 7A y 7B. La talla promedio de BET liberado con MDP y MA fue de 65.9 cm (39-120 cm) y 84.6 cm (39-116 cm), respectivamente, y las distribuciones de frecuencia de talla para las liberaciones de MDP y MA se presentan en las Figuras 8A y 8B.

#### **3.2. Recuperaciones de marcas**

Las recuperaciones de MDP y MA se realizaron principalmente durante el proceso de descarga de buques cerqueros mientras estaban en puerto; sin embargo, hubo algunas recuperaciones a bordo de buques cerqueros mientras estaban en el mar durante operaciones de pesca, y una MDP se recapturó en una embarcación deportiva. También hay casos en los que las marcas no fueron detectadas durante la descarga y se encuentran posteriormente en varios momentos durante el procesamiento en las enlatadoras. Se han recuperado 135 (6.0%) marcas en el mar durante operaciones de pesca; 1,899 (84.5%) marcas en las descargas de buques; 179 (8.0%) marcas en las enlatadoras; 32 (1.4%) marcas en otros lugares durante el procesamiento; y 2 (0.1%) marcas en la descarga de un remolque de transporte. A bordo de la mayoría de los viajes de cerqueros había observadores de la CIAT o de programas nacionales, quienes recolectaban datos sobre el viaje y las operaciones de pesca. La información recolectada por los observadores y los ERM se utilizó para determinar las métricas de recaptura, que incluyen fecha y hora de la captura, ubicación de la captura, tipo de lance (plantados a la deriva, sobre delfines, no asociado), y captura total cargada. A la fecha, se han devuelto 660 (29.3%) marcas de alta confianza y 1,587 (70.6%) marcas de baja confianza (Tablas 1, 2 y 3). De las devoluciones de alta confianza, 28 (4.2%) han sido recuperadas en el mar, 615 (93.2%) durante las descargas, 13 (2.0%) en las enlatadoras, y 4 (0.6%) en otros lugares durante el procesamiento.

El menor porcentaje de devoluciones de MDP de alta confianza después del crucero de marcado de 2020 fue probablemente resultado del acceso limitado a los buques y a los muelles durante la descarga, además del hecho de que a algunos buques se les concedieron exenciones de llevar observadores durante periodos prolongados debido a la pandemia de COVID-19. El acceso restringido comenzó en marzo de 2020 y continuó hasta al menos agosto de 2021.

#### **3.3. Atún barrilete**

A la fecha, se han devuelto 1,695 (27.4%) SKJ de liberaciones de MDP. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 1 y solo 20 (1.2%) devoluciones tuvieron DEL superiores a un año. Aplicando el filtro de velocidad derivado de devoluciones de MDP y MA de alta confianza para reducir el número de fechas



y posiciones de recaptura poco realistas exacerbadas por errores de notificación de marcas, 183 (10.9%) devoluciones de marcas de SKJ tuvieron velocidades diarias promedio que excedían el umbral del filtro y fueron excluidas. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 9A. Para SKJ liberados con MDP en libertad durante 30 días o más, el 95 por ciento estaba dentro de 1,101.4 millas náuticas (nm) de sus posiciones de liberación, y el 93.0 por ciento fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un SKJ fue de 4,119.9 nm, que fue recapturado por un buque cerquero durante un lance sobre un cardumen no asociado en 3° 44' N y 163° 10' O después de 800.8 DEL.

Un total de 60 (24.0%) SKJ han sido devueltos de liberaciones de MA. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 2 y ninguna tiene DEL superiores a un año. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 9B. Para SKJ liberados con MDP en libertad durante 30 días o más, el 95 por ciento estaba dentro de 1,129.9 millas náuticas (nm) de sus posiciones de liberación, y el 94.3% fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un SKJ fue de 1,643.2 nm, que fue recapturado por un buque cerquero durante un lance sobre un plantado a la deriva en 1° 30' N y 94° 25' O después de 192.7 DEL.

En la Figura 10 se muestran las trayectorias más probables para 25 SKJ derivadas a partir de estimaciones de posición de nivel de luz de MA, modeladas usando el filtro de Kalman no perfumado.

### **3.4. Atún aleta amarilla**

A la fecha, se han devuelto 277 (16.5%) YFT de liberaciones de MDP. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 3, donde 17 (6.1%) devoluciones tuvieron DEL superiores a un año. Aplicando el filtro de velocidad derivado de devoluciones de MDP y MA de alta confianza para reducir el número de fechas y posiciones de recaptura poco realistas exacerbadas por errores de notificación de marcas, 22 (7.9%) devoluciones de marcas de YFT tuvieron velocidades diarias promedio que excedían el umbral del filtro y fueron excluidas. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 11A. Para liberaciones de YFT con MDP en libertad durante más de 30 días, el 95 por ciento estaba dentro de 1,110.1 nm de sus posiciones de liberación, y el 92.1% fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un YFT fue de 3,479.8 nm, que fue recapturado por un buque cerquero durante un lance sobre un tronco en 3° 53' N y 149° 36' O después de 546.5 DEL.

Un total de 88 (18.7%) YFT han sido devueltos de liberaciones de MA. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 4, donde 3 (3.4%) tuvieron DEL superiores a un año. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 11B. Para YFT liberados con MA en libertad durante más de 30 días, el 95 por ciento estaba dentro de 717.7 nm de sus posiciones de liberación, y el 100% fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un YFT con una MA fue de 997.0 nm, que fue recapturado por un buque cerquero durante un lance sobre delfines en 0° 16' N y 116° 22' O después de 165.7 DEL.

### **3.5. Atún patudo**

A la fecha, se han devuelto 105 (39.6%) BET de liberaciones de MDP. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 5, donde 5 (4.8%) devoluciones tuvieron DEL superiores a un año. Aplicando el filtro de velocidad derivado de devoluciones de MDP y MA de alta confianza para reducir el número de fechas y posiciones de recaptura poco realistas exacerbadas por errores de notificación de marcas, 7 (6.7%) devoluciones de marcas de BET tuvieron velocidades diarias promedio que excedían el umbral del filtro y fueron excluidas. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 12A. Para BET en libertad durante 30 días o más, el 95 por ciento fue recapturado dentro de 1,308.2 nm de sus posiciones de liberación, y el 94.2% fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un BET fue de 2,146.6 nm, que fue recapturado por un buque cerquero

durante un lance sobre un plantado a la deriva en 4° 33' N y 131° 9' O después de 152.8 DEL.

Un total de 22 (38.6%) BET han sido devueltos de liberaciones de MA. Las devoluciones por DEL se muestran en la Tabla 6, donde 1 (4.5%) tuvo DEL superiores a un año. La distribución de estas recuperaciones se muestra en la Figura 12B. Para BET liberados con MA en libertad durante más de 30 días, el 95 por ciento estaba dentro de 1086.8 nm de sus posiciones de liberación, y el 89.5% fue recapturado dentro de 1,000 nm de sus posiciones de liberación. El mayor desplazamiento lineal para un BET con una MA fue de 1,225.6 nm, que fue recapturado por un buque cerquero durante un lance en una balsa en 2° 0' N y 115° 57' O después de 176.2 DEL.

### 3.6. Tasas de notificación (siembra)

Se proporcionaron 73 kits de siembra de marcas a los observadores y se recibieron los 73 formularios de datos de siembra de marcas completados de esos viajes. De las 1,752 marcas sembradas, 1,534 marcas (87.6%) han sido devueltas por las personas que las encontraron y 1,231 (80.2%) de esas marcas devueltas fueron notificadas como de alta confianza (Tabla 7). 1,430 (93.2%) marcas sembradas han sido recuperadas por descargadores al momento de la descarga de buques cerqueros y 347 (22.6%) marcas sembradas han sido notificadas desde un puerto distinto del que salió el buque. Hay 69 (4.5%) casos en los que se notifican recuperaciones de baja confianza a buques distintos del que fueron sembradas (Tabla 7) y ocho (0.5%) casos en los que se notifican recuperaciones de alta confianza a buques distintos del que fueron sembradas.

## 4. CONCLUSIONES

Si bien no se cumplieron por completo los objetivos establecidos inicialmente para los tres cruceros de marcado de atunes llevados a cabo en el marco del PRMA, el hecho de haberse propuesto marcar 15,000 SKJ, 2,500 YFT y 2,500 BET con MDP, y 600 SKJ, 100 YFT y 100 BET con MA adicionales, el proyecto fue relativamente exitoso. Con base en las experiencias durante la ejecución del proyecto y los datos recolectados, el personal de la CIAT concluye lo siguiente:

- Hubo cuatro factores clave que impidieron que la CIAT cumpliera los objetivos del proyecto: 1) Competir contra el alto esfuerzo de pesca de los buques cerqueros en todas las regiones ecuatoriales del OPO en un buque de marcado más pequeño y más lento es un reto; 2) los buques cerqueros continúan haciendo lances sobre boyas del proyecto Tropical Atmosphere Ocean (TAO), donde se ha realizado marcado con éxito en el pasado; 3) poca cooperación de la industria para proporcionar ubicaciones de plantados a la deriva para pesca y marcado; y 4) la mayor parte del tiempo del crucero está dedicado a buscar peces en lugar de a pescar y marcar.
- Se marcaron y liberaron un total de 6,181 y 250 SKJ con MDP y MA, respectivamente. A la fecha, se han devuelto 1,695 (27.4%), y 19.2% (326) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 60 MA (24.0%) y el 76.7% (46) fueron notificadas como de alta confianza. Tras la recolección de conjunto de datos robustos de MA, se están realizando análisis de desplazamientos, comportamiento y preferencias de hábitat.
- Se marcaron y liberaron un total de 1,679 y 472 YFT con MDP y MA, respectivamente. A la fecha, se han devuelto 277 (16.4%), y el 44.4% (123) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 87 MA (18.4%) y el 81.6% (71) fueron notificadas como de alta confianza. Tras la recolección de conjunto de datos robustos de MA, se están realizando análisis de desplazamientos, comportamiento y preferencias de hábitat.
- Un total de 265 y 57 BET fueron marcados y liberados con MDP y MA, respectivamente. A la fecha, se han devuelto 104 (38.6%), y el 72.0% (72) fueron notificadas como de alta confianza. Se han devuelto 22 MA (35.1%) y el 95.5% (21) fueron notificadas como de alta confianza. Tras la

recolección de conjunto de datos robustos de MA, se están realizando análisis de desplazamientos, comportamiento y preferencias de hábitat.

- Utilizando los datos recolectados del marcado realizado entre 2000-2006 y de los esfuerzos actuales del PRMA, se ha desarrollado un modelo espaciotemporal de marcado para el SKJ en el OPO (SAC-14 INF-E), que puede llevar a estimaciones de abundancia espacialmente explícitas y estimaciones independientes de mortalidad natural. Sin embargo, el modelo se basa en datos de marcado que están restringidos espacialmente (al este de 110°O) y para un análisis espaciotemporal más fiable, los esfuerzos de marcado deberían continuar en una escala espacial más amplia.
- Los ERM en los tres puertos de descarga más activos han sido fundamentales para la recolección de datos de devolución de marcas de alta confianza. Si bien el acceso a los buques, muelles e instalaciones de descarga se vio afectado por las restricciones prolongadas por la pandemia de COVID-19, los ERM han recuperado 628 (27.9%) marcas de alta confianza. Los esfuerzos de publicidad, combinados con la presencia de ERM durante las descargas de los buques, han sido cruciales para el éxito del programa. Los datos recolectados a través de los programas de recuperación y los esfuerzos de todas las oficinas regionales de la CIAT se utilizarán para estimar los desplazamientos, el crecimiento, las tasas de explotación y, potencialmente, la mortalidad natural.
- Los esfuerzos de siembra de marcas están en curso y proporcionan estimaciones de parámetros clave que son necesarios para el desarrollo de modelos basados en marcas. Al analizar los datos de marcado y recaptura, es imperativo estimar las tasas de notificación y la precisión de las notificaciones. Si se desconocen, las estimaciones posteriores de explotación, pesca y mortalidad natural pueden estar sesgadas. Los experimentos de siembra deberían realizarse simultáneamente a cualquier campaña de marcado para abordar la dinámica de la notificación de marcas.

## 5. RECOMENDACIONES SOBRE DIRECCIONES FUTURAS

Para abordar diversas deficiencias en el diseño experimental de los esfuerzos regionales de marcado a gran escala realizados hasta la fecha, la CIAT debería considerar enfoques alternativos para marcar atunes en un rango más amplio del Área de la Convención. La mayor parte del marcado en las aguas ecuatoriales, a partir del año 2000, se ha realizado al este de la longitud 110°O y cerca al monte submarino Shimada (también conocido como Hurricane Bank), por lo que se ha dejado de lado una amplia área de capturas elevadas de SKJ frente a Perú y al oeste de 110°O. Estos esfuerzos de marcado se han basado en agregaciones asociadas a boyas TAO y otros cardúmenes oportunistas encontrados por medio de búsquedas exhaustivas. El no haber recibido apoyo o cooperación suficiente de la industria ha dificultado el éxito del PRMA ya que el acceso a plantados a la deriva con agregaciones de SKJ, YFT y BET, o la localización de áreas con cardúmenes no asociados se ha dejado a encuentros fortuitos. Durante los cruceros recientes, la mayor parte del tiempo de fletamento fue dedicado a buscar plantados a la deriva y cardúmenes de atunes no asociados en lugar de a pescar, lo que resultó en campañas de marcado en su mayoría infructuosas.

Los futuros cruceros de marcado deberían realizarse con pleno apoyo de la industria. Esto debería incluir la cooperación mediante la cual se proporcione cierta accesibilidad a los plantados a la deriva de buques y empresas, principalmente entre 5°N y 5°S desde la costa y hasta 150°O. La comunicación directa con los buques también sería beneficiosa para que el buque de marcado pudiera situarse en áreas de pesca productivas. Si bien es probable que los capitanes no estén dispuestos a compartir plantados a la deriva con grandes agregaciones de atunes mientras pescan activamente, puede que haya cierta disposición si

el buque se dirige a puerto totalmente cargado, por lo que se podría considerar el acceso a plantados a la deriva seleccionados durante su ausencia de los caladeros. Las operaciones que se realicen bajo el escenario anterior requerirían que el buque de marcado deje todos los peces marcados asociados al plantado a la deriva, sin hacer ningún esfuerzo por dispersar a los peces. El objetivo principal es marcar durante un periodo de tiempo y no afectar las posibilidades de pesca de un buque cuando regrese a los caladeros. A partir de observaciones hechas durante 20 años de marcado en el OPO y alrededor de plantados a la deriva, es poco probable que haya un alto número de recapturas después de periodos cortos en libertad debido a la naturaleza dinámica de las agregaciones y a la frecuente inmigración y emigración de atunes asociados a plantados.

**Recomendación:**

Los futuros cruceros de marcado deberían realizarse con una mayor colaboración de la industria.

Para que las operaciones de marcado sean exitosas, los peces deben picar agresivamente. En muchos casos, esto puede ser difícil ya que el comportamiento puede verse afectado por numerosas influencias externas, incluyendo un gran esfuerzo de pesca localizado, abundante forraje local o una multitud de razones desconocidas. En estos casos, será imperativo que la CIAT evalúe el uso potencial de una jaula marina pequeña y portátil donde se puedan mantener a los peces. Lo anterior también requiere de la cooperación de la industria ya que los peces tendrían que ser transferidos a la jaula desde un lance cerquero. Estos métodos están bien definidos a partir de las operaciones de pesca y cría de atún aleta azul en el norte de Baja California, México y Port Lincoln, Australia del Sur. Este método no requerirá cebo, pero sí requiere una estrecha colaboración por parte de la industria pesquera. Además de proporcionar oportunidades de marcado en áreas que no son tradicionalmente accesibles, se pueden realizar experimentos adicionales. Conocer la mortalidad instantánea por marcado es importante y devolver los peces marcados a la jaula, y retenerlos durante varios días, proporcionará estimaciones de la mortalidad en el momento del marcado.

**Recomendación:**

En colaboración con la industria, realizar experimentos para evaluar la viabilidad del uso de jaulas marinas portátiles como posible plataforma para el marcado de atunes tropicales en el OPO (ver propuesta no financiada en SAC-14-01c).

En los últimos años ha habido señales de una posible revitalización de las pesquerías cañeras en algunos países costeros, incluido Ecuador. La CIAT debería considerar trabajar con estos buques cañeros, ya sea bajo contratos de fletamento o a través de acuerdos oportunistas. Estos buques y tripulaciones tienen experiencia local que sería valiosa para ampliar la cobertura espacial de las liberaciones de marcas.

**Recomendación:**

Considerar el desarrollo de alianzas con buques cañeros en estados costeros como posible plataforma para el marcado de atunes tropicales en el OPO.

## REFERENCIAS

- Aires-da-Silva, A.M., Maunder, M.N., Schaefer, K.M. and Fuller, D.W., 2015. Improved growth estimates from integrated analysis of direct aging and tag–recapture data: an illustration with bigeye tuna (*Thunnus obesus*) of the eastern Pacific Ocean with implications for management. *Fisheries Research*, 163, pp.119-126.
- Anonymous, 2022a. Tunas and billfishes in the eastern Pacific Ocean in 2021. *Inter- Am. Trop. Tuna Comm. Fish. Status Rep.* 11, 219 pp.
- Anonymous, 2022b. Status of the tuna and billfish stocks in 2021. *Inter- Am. Trop. Tuna Comm. Stock. Ass. Rep.* 23, 359 pp.
- Fink, B.D. and Bayliff, W.H., 1970. Migrations of yellowfin and skipjack tuna in the eastern Pacific Ocean as determined by tagging experiments, 1952-1964. *Inter-Am. Trop.Tuna Comm. Bull.* 15 (1), 7–220.
- Fonteneau, A., Chassot, E., Bodin, N., 2013. Global spatio-temporal patterns in tropical tuna purse seine fisheries on drifting fish aggregating devices (DFADs): taking a historical perspective to inform current challenges. *Aquat. Living Resour.* 26, 37–48.
- Francis, R.C., Aires-da-Silva, A.M., Maunder, M.N., Schaefer, K.M. and Fuller, D.W., 2016. Estimating fish growth for stock assessments using both age–length and tagging-increment data. *Fisheries research*, 180, pp.113-118.
- Fuller, D.W., Schaefer, K.M., Hampton, J., Caillot, S., Leroy, B.M. and Itano, D.G., 2015. Vertical movements, behavior, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial central Pacific Ocean. *Fisheries research*, 172, pp.57-70.
- Lennert-Cody, C.E., Moreno, G., Restrepo, V., Román, M.H. and Maunder, M.N., 2018. Recent purse-seine FAD fishing strategies in the eastern Pacific Ocean: what is the appropriate number of FADs at sea?. *ICES Journal of Marine Science*, 75(5), pp.1748-1757.
- Scott, G.P. and Lopez, J., 2014. The use of FADs in tuna fisheries. *European Parliament Policy Department B: Structural and Cohesion Policies: Fisheries IP/B/PECH/IC/2013–123*: p 70.
- Schaefer, M.B., Chatwin, B.M. and Broadhead, G.C., 1961. Tagging and recovery of tropical tunas 1955-1959.
- Schaefer, K.M. and D.W. Fuller. 2009. Horizontal movements of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the eastern Pacific Ocean, as determined from conventional and archival tagging experiments initiated during 2000-2005. *Inter-Amer. Trop. Tuna Comm., Bull.*, 24(2): 189-248.
- Schaefer, K.M., and Fuller, D.W. 2010. Vertical movements, behavior, and habitat of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained from archival tag data. *Mar. Bio.* 157: 2625-2642.
- Schaefer, K.M. and Fuller, D.W., 2022. Horizontal movements, utilization distributions, and mixing rates of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) tagged and released with archival tags in six discrete areas of the eastern and central Pacific Ocean. *Fisheries Oceanography*, 31(1), pp.84-107.
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W. and Block, B.A., 2007. Movements, behavior, and habitat utilization of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) in the northeastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. *Marine Biology*, 152, pp.503-525.
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W. and Block, B.A., 2009. Vertical movements and habitat utilization of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin (*Thunnus albacares*), and bigeye (*Thunnus obesus*) tunas in the

equatorial eastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. Tagging and tracking of marine animals with electronic devices, pp.121-144.

Sharma, R., Levontin, P., Kitakado, T., Kell, L., Mosqueira, I., Kimoto, A., Scott, R., Minte-Vera, C., De Bruyn, P., Ye, Y. and Kleineberg, J., 2020. Operating model design in tuna Regional Fishery Management Organizations: Current practice, issues and implications. *Fish and Fisheries*, 21(5), pp.940-961.

## TABLAS

**TABLE 1.** Releases of skipjack tuna with plastic dart tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 1.** Liberaciones de atún barrilete con marcas de dardo plásticas por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	177	4	16	5	2	1	2	30 (16.9)	19 (63.3)
2020	5,869	756	468	212	94	20	79	1,629 (27.8)	302 (18.5)
2022	135	28	6	2	0	0	0	36 (26.7)	5 (13.9)
<b>Total</b>	<b>6,181</b>	<b>788</b>	<b>490</b>	<b>219</b>	<b>96</b>	<b>21</b>	<b>81</b>	<b>1,695 (27.4)</b>	<b>326 (19.2)</b>

**TABLE 2.** Releases of skipjack tuna with archival tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 2.** Liberaciones de atún barrilete con marcas archivadoras por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	43	5	3	0	2	0	0	10 (23.3)	6 (60.0)
2020	181	10	13	8	8	0	0	39 (21.5)	29 (74.4)
2022	26	9	1	1	0	0	0	11 (42.3)	11 (100.0)
<b>Total</b>	<b>250</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>60 (24.0)</b>	<b>46 (76.7)</b>

**TABLE 3.** Releases of yellowfin tuna with plastic dart tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 3.** Liberaciones de atún aleta amarilla con marcas de dardo plásticas por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	805	9	26	27	22	13	12	109 (13.5)	47 (43.1)
2020	264	11	18	6	7	4	5	51 (19.3)	13 (25.5)
2022	610	20	61	31	5	0	0	117 (19.2)	62 (53.0)
<b>Total</b>	<b>1679</b>	<b>40</b>	<b>105</b>	<b>64</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>277 (16.5)</b>	<b>122 (44.0)</b>

**TABLE 4.** Releases of yellowfin tuna with archival tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 4.** Liberaciones de atún aleta amarilla con marcas archivadoras por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	241	21	14	6	4	3	0	48 (19.9)	34 (70.8)
2020	9	0	0	0	0	0	0	0 (0.0)	0 (0.0)
2022	221	9	10	20	1	0	0	40 (18.1)	38 (95.0)
<b>Total</b>	<b>472</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>88 (18.7)</b>	<b>72 (81.8)</b>



**TABLE 5.** Releases of bigeye tuna with plastic dart tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 5** Liberaciones de atún patudo con marcas de dardo plásticas por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	142	10	13	11	15	3	0	52 (36.6)	37 (71.2)
2020	9	1	1	0	0	2	1	5 (55.6)	3 (60.0)
2022	114	19	22	5	1	0	1	48 (42.1)	33 (68.7)
<b>Total</b>	<b>265</b>	<b>30</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>105 (39.6)</b>	<b>73 (69.5)</b>

**TABLE 6.** Releases of bigeye tuna with archival tags by year and returns by time at liberty. Row totals incorporate all returns, including those classified as low confidence. High confidence return totals represent those which had the vessel and well verified by tag recovery specialists.

**TABLA 6.** Liberaciones de atún patudo con marcas archivadoras por año y devoluciones por tiempo en libertad. Los totales de las filas incluyen todas las devoluciones, incluidas las clasificadas como de baja confianza. Los totales de las devoluciones de alta confianza representan aquellas en las que el buque y la bodega fueron verificados por especialistas en recuperación de marcas.

Año	Liberados	Devueltos						Total (%)	Total alta confianza (%)
		<30 d	30-89 d	90-179 d	180 – 365 d	>365 d	Otros		
2019	46	2	1	3	9	1	0	16 (34.8)	15 (93.8)
2020	0	0	0	0	0	0	0	0 (00.0)	0 (00.0)
2022	11	1	5	0	0	0	0	6 (54.5)	6 (100.0)
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>22 (38.6)</b>	<b>21 (95.5)</b>

**TABLE 7.** Deployment of seeded tags by port of vessel departure from 2019-2022. Seeded tags are reported from the port of unloading which can be the same or different to that of the port of departure. Tags may also be reported from the same vessel the tags were seeded (high confidence) aboard, or another vessel (low confidence).

**TABLA 7.** Despliegue de marcas sembradas por puerto de salida de buques durante 2019-2022. Las marcas sembradas se notifican desde el puerto de descarga, que puede ser el mismo o diferente al puerto de salida. Las marcas también pueden notificarse desde el mismo buque en el que se sembraron (de alta confianza), o desde otro buque (de baja confianza).

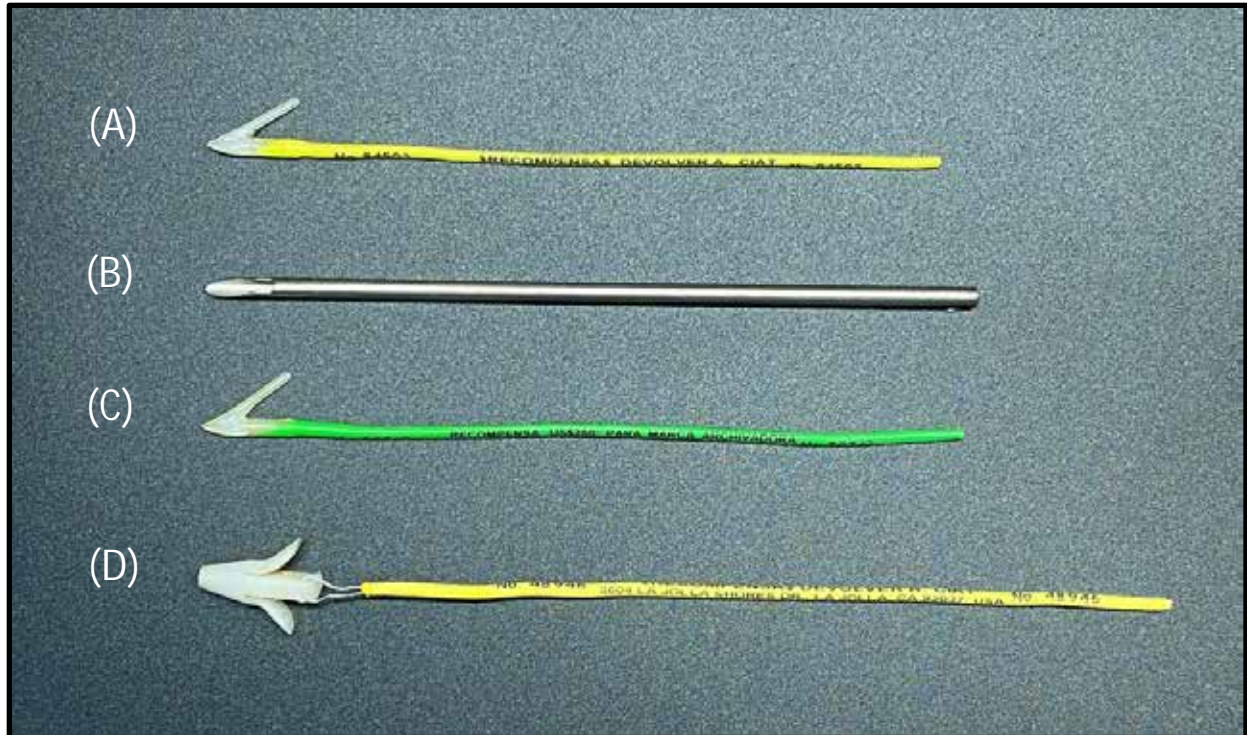
Puerto de salida	Devueltos					Total (%)	Total alta confianza (% de marcas devueltas)
	Total sembradas	Mismo puerto	Puerto diferente	Mismo buque	Buque diferente		
Flamingo, PA	25	0	24	24	0	24 (96.0)	23 (95.8)
Manta, EC	942	636	213	821	28	849 (90.1)	665 (78.3)
Manzanillo, MX	30	26	0	26	0	26 (86.7)	5 (19.2)
Mazatlán, MX	705	525	85	569	41	610 (86.5)	515 (84.4)
Paíta, PE	25	0	25	25	0	25 (100.0)	23 (92.0)
Puerto Madero, MX	25	0	0	0	0	0 (00.0)	0 (00.0)
<b>Total</b>	<b>1,752</b>	<b>1,187</b>	<b>347</b>	<b>1,465</b>	<b>69</b>	<b>1,534 (87.6)</b>	<b>1,231 (80.2)</b>

## FIGURAS



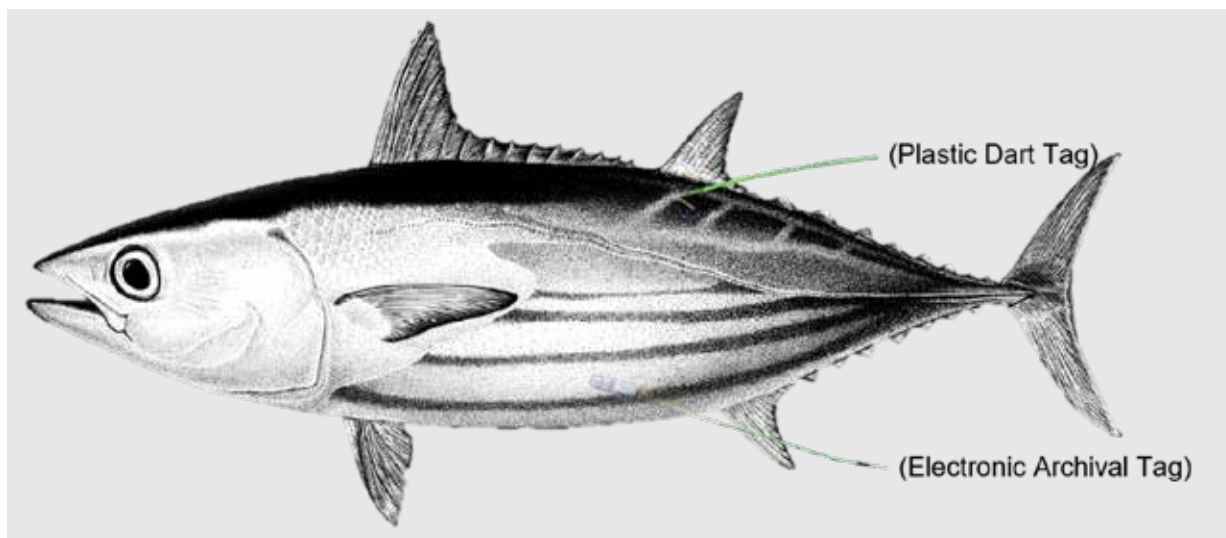
**FIGURE 1.** *F/V Her Grace* at anchor while catching bait in the Galapagos Islands National Park, Ecuador. The racks, where the fisherman stand while fishing with pole-and-line, are visible along the stern of the vessel.

**FIGURA 1.** *B/P Her Grace* anclado mientras captura cebo en el Parque Nacional Galápagos, Ecuador. A lo largo de la popa del buque se ven las plataformas donde se colocan los pescadores mientras pescan con caña.



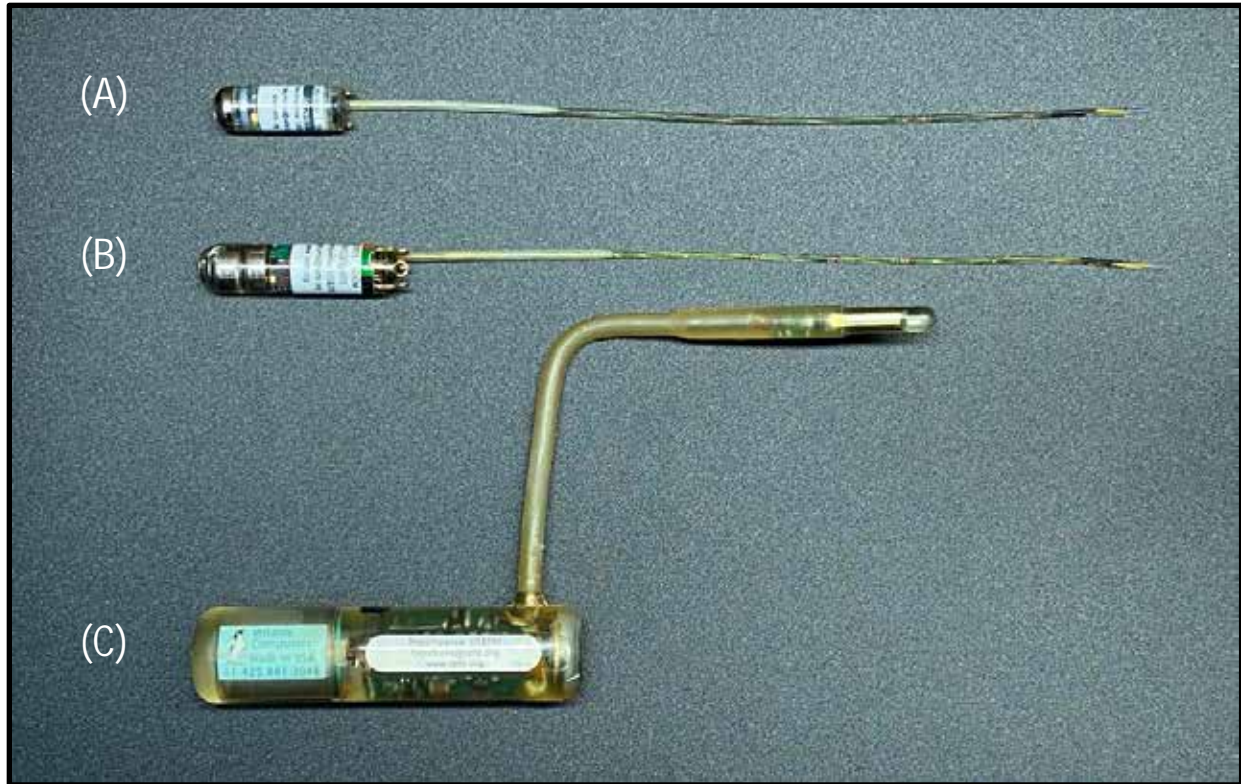
**FIGURE 2.** Plastic dart tags and the tag applicator used during the 2019, 2020, and 2022, Regional Tuna Tagging Project tagging cruises. **(A)** 12.5-cm Yellow Hallprint PDT used to mark skipjack, yellowfin, and bigeye tunas. **(B)** The 316L stainless steel tag applicator used to insert plastic dart tags **(A and C)** at the base of the second dorsal fin. **(C)** Green plastic dart tags accompanied tunas carrying an internally implanted archival tag. **(D)** Plastic intra-muscular anchor tag being used in the tag seeding experiment to assess rates of shedding.

**FIGURA 2.** Marcas de dardo plásticas y el aplicador de marcas utilizado durante los cruceros de marcado del Proyecto Regional de Marcado de Atunes en 2019, 2020 y 2022. **(A)** MDP de color amarillo de 12.5 cm fabricada por Hallprint utilizada para marcar atunes barrilete, aleta amarilla y patudo. **(B)** Aplicador de marcas de acero inoxidable 316L utilizado para insertar marcas de dardo plásticas **(A y C)** en la base de la segunda aleta dorsal. **(C)** Marcas de dardo plásticas de color verde que acompañaban a los atunes que llevaban una marca archivadora implantada internamente. **(D)** Marca intramuscular plástica utilizada en el experimento de siembra de marcas para determinar las tasas de desprendimiento de marcas.



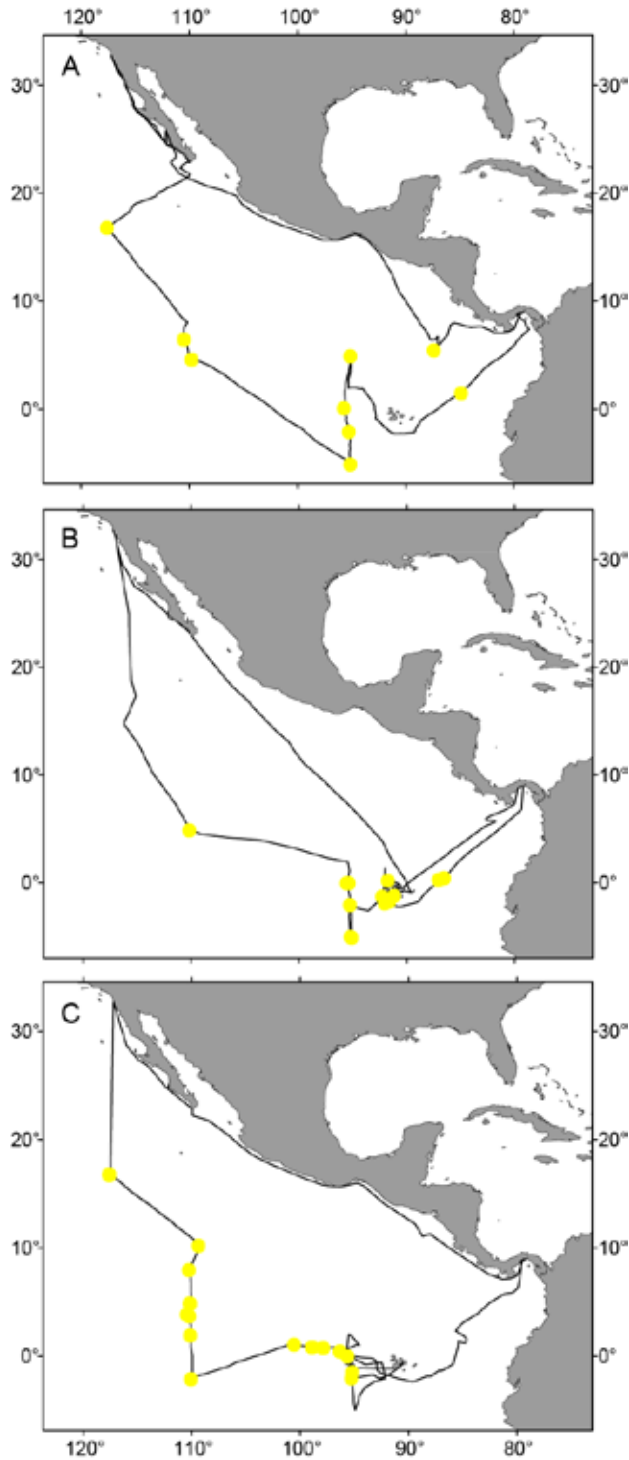
**FIGURE 3.** Placement of a plastic dart and archival tags in skipjack tuna. All fish tagged with archival tags also received a green plastic dart tag. Fish which do not receive archival tags are tagged with a single yellow plastic dart tag. The body of the archival tag and the anchor of the plastic dart tag are not externally visible and are only shown for visual purposes.

**FIGURA 3.** Posición de marcas de dardo plásticas y archivadoras en atún barrilete. Todos los peces marcados con marcas archivadoras también recibieron una marca de dardo plástica de color verde. Los peces que no reciben marcas archivadoras son marcados con una sola marca de dardo plástica de color amarillo. El cuerpo de la marca archivadora y el gancho de la marca de dardo plástica no se ven por fuera y solo se muestran con fines visuales.



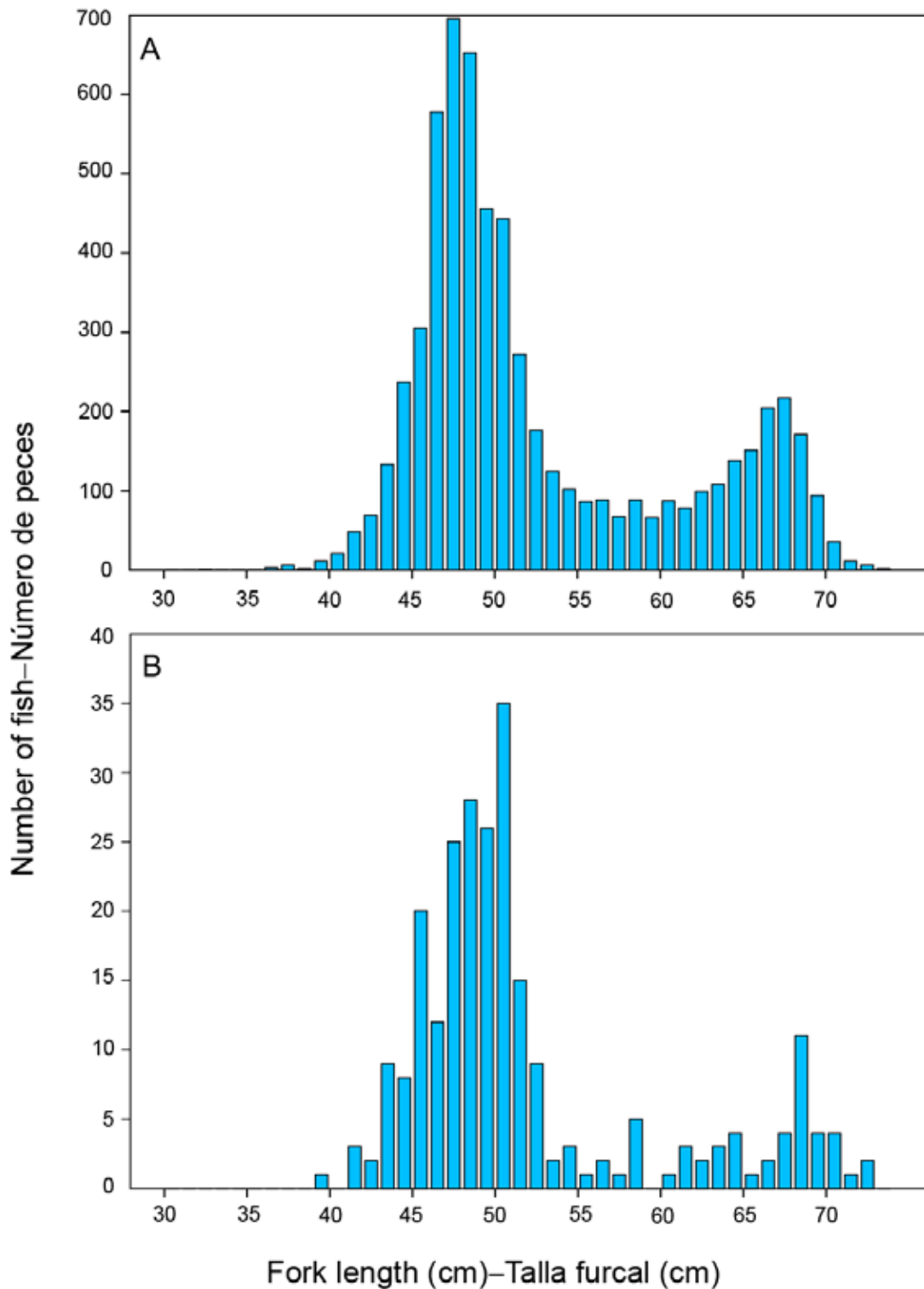
**FIGURE 4.** Electronic tags used by the Inter-American Tropical Tuna Commission during the 2019, 2020, and 2022 tagging cruises. **(A)** Lotek LAT2910-X, which were used to mark skipjack tuna and smaller (< 66 cm) yellowfin and bigeye tuna. **(B)** Lotek ARCGEO-9TS, used to mark skipjack tuna and smaller (< 68 cm) yellowfin and bigeye tuna. **(C)** Wildlife Computers Mk9, used to mark larger (> 55 cm) yellowfin and bigeye tuna.

**FIGURA 4.** Marcas electrónicas utilizadas por la Comisión Interamericana del Atún Tropical durante los cruceros de marcado de 2019, 2020 y 2022. **(A)** Lotek LAT2910-X, utilizadas para marcar atún barrilete y atún aleta amarilla y patudo más pequeños (< 66 cm). **(B)** Lotek ARCGEO-9TS, utilizadas para marcar atún barrilete y atún aleta amarilla y patudo más pequeños (< 68 cm). **(C)** Wildlife Computers Mk9, utilizadas para marcar atún aleta amarilla y patudo más grandes (> 55 cm).



**FIGURE 5.** Tracks for the 2019 (A), 2020 (B), and 2022 (C) tagging cruises. Yellow circles represent areas where tagging was conducted. All trips departed and returned to port in San Diego, California. Live bait (*Cetengraulis mysticetus*) was caught in the Gulf of Panama during each trip.

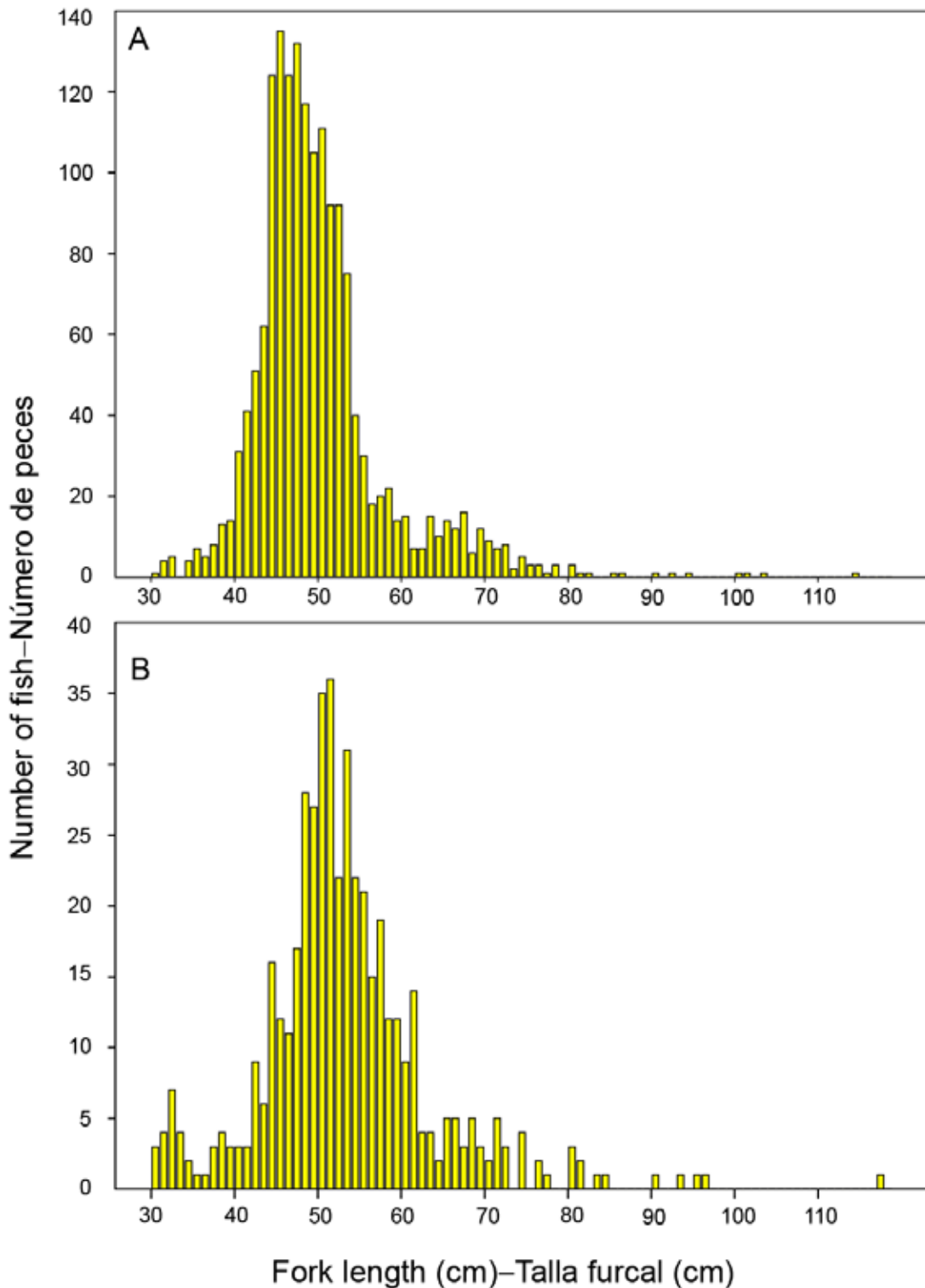
**FIGURA 5.** Trayectorias de los cruceros de marcado de 2019 (A), 2020 (B) y 2022 (C). Los círculos amarillos representan las áreas en las que se realizó el marcado. Todos los viajes salieron y regresaron al puerto en San Diego, California. El cebo vivo (*Cetengraulis mysticetus*) fue capturado en el Golfo de Panamá en cada viaje.



**FIGURE 6.** Length frequency for (A) 6,181 skipjack tuna tagged with plastic dart tags, and (B) 250 skipjack tuna tagged with archival tags during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022.

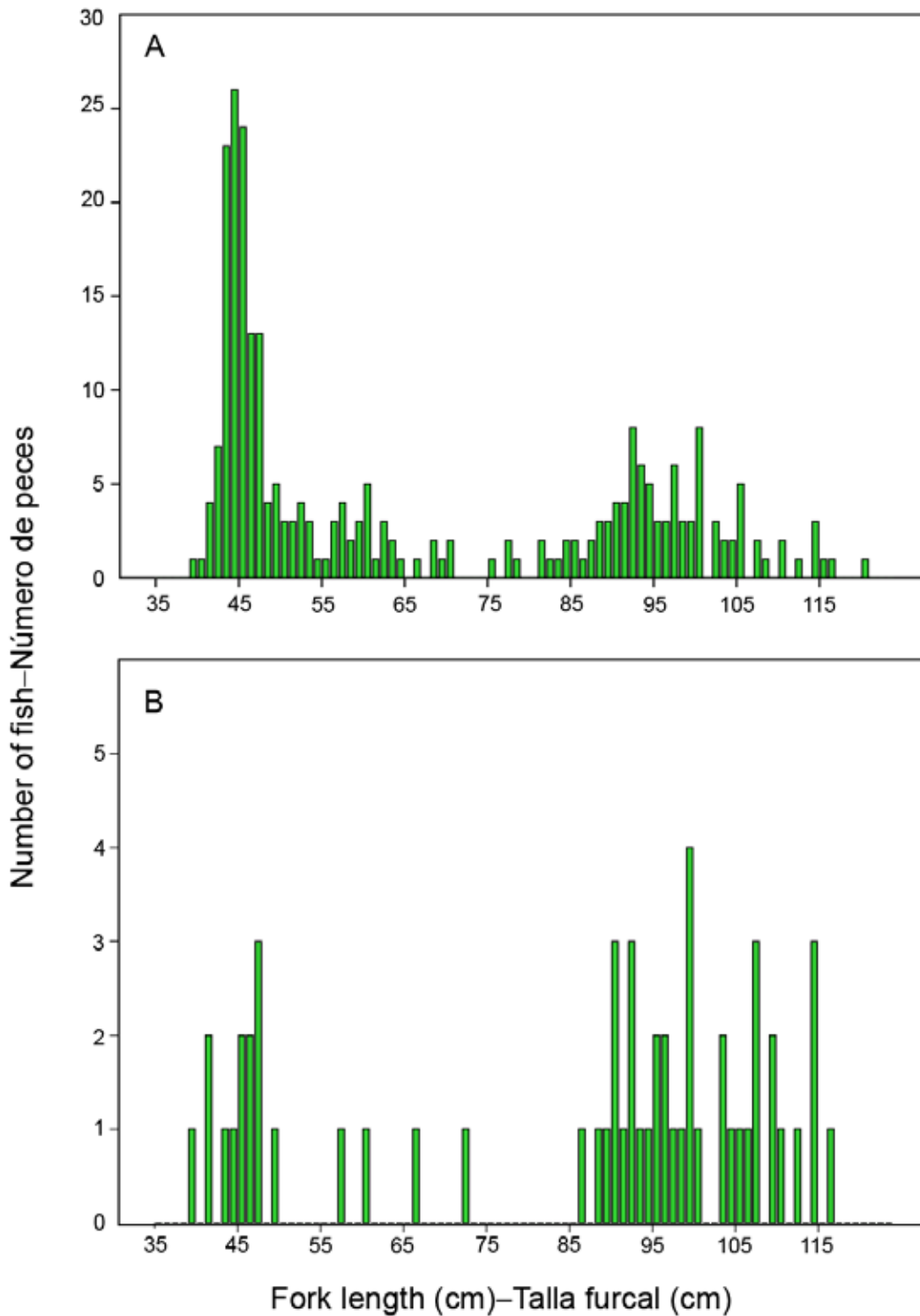
**FIGURA 6.** Frecuencia de talla para (A) 6,181 atunes barrilete marcados con marcas de dardo plásticas y (B) 250 atunes barrilete marcados con marcas archivadoras durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022.





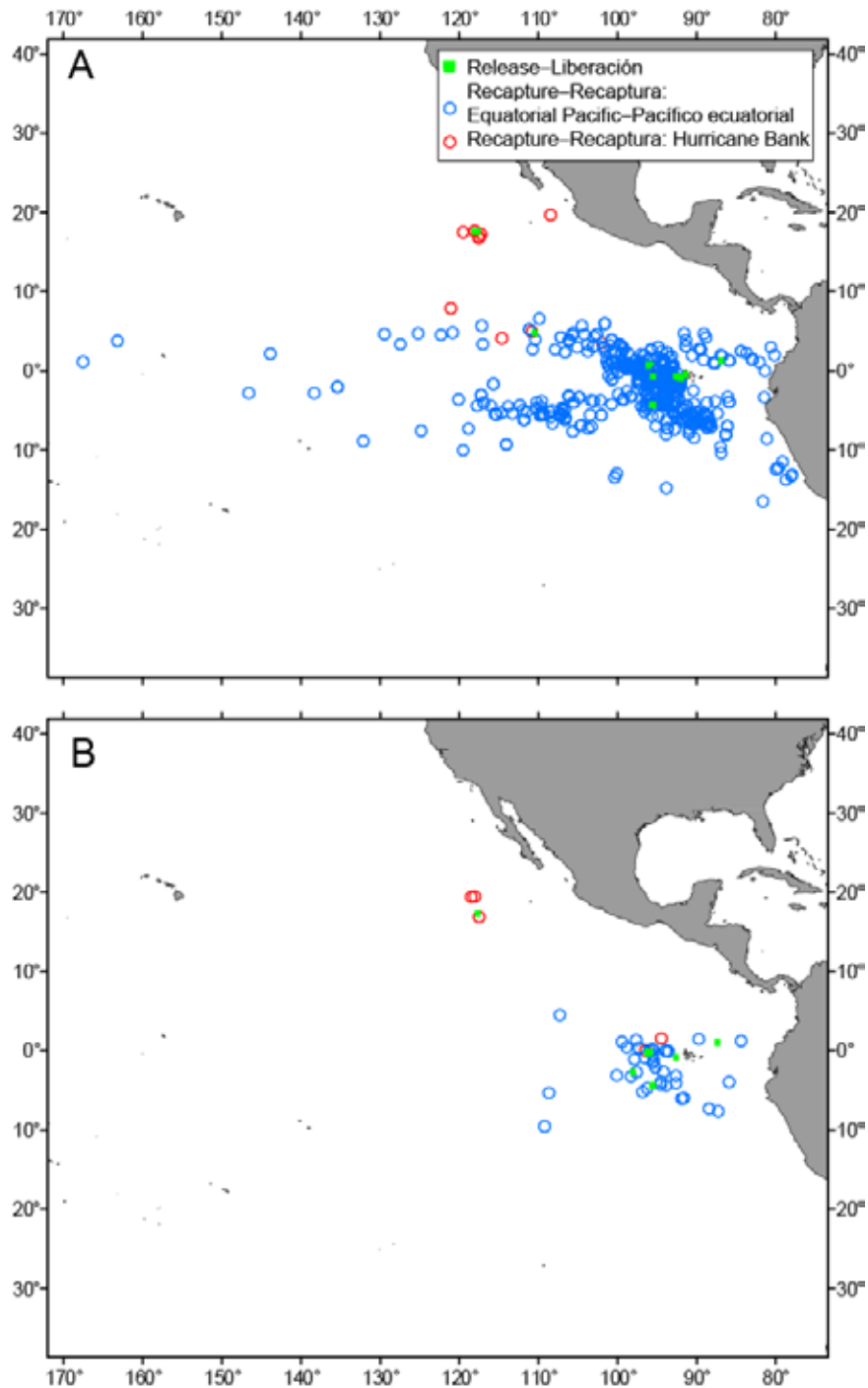
**FIGURE 7.** Length frequency for (A) 1679 yellowfin tuna tagged with plastic dart tags, and (B) 471 yellowfin tuna tagged with archival tags during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022.

**FIGURA 7.** Frecuencia de talla para (A) 1679 atunes aleta amarilla marcados con marcas de dardo plásticas y (B) 471 atunes aleta amarilla marcados con marcas archivadoras durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022.



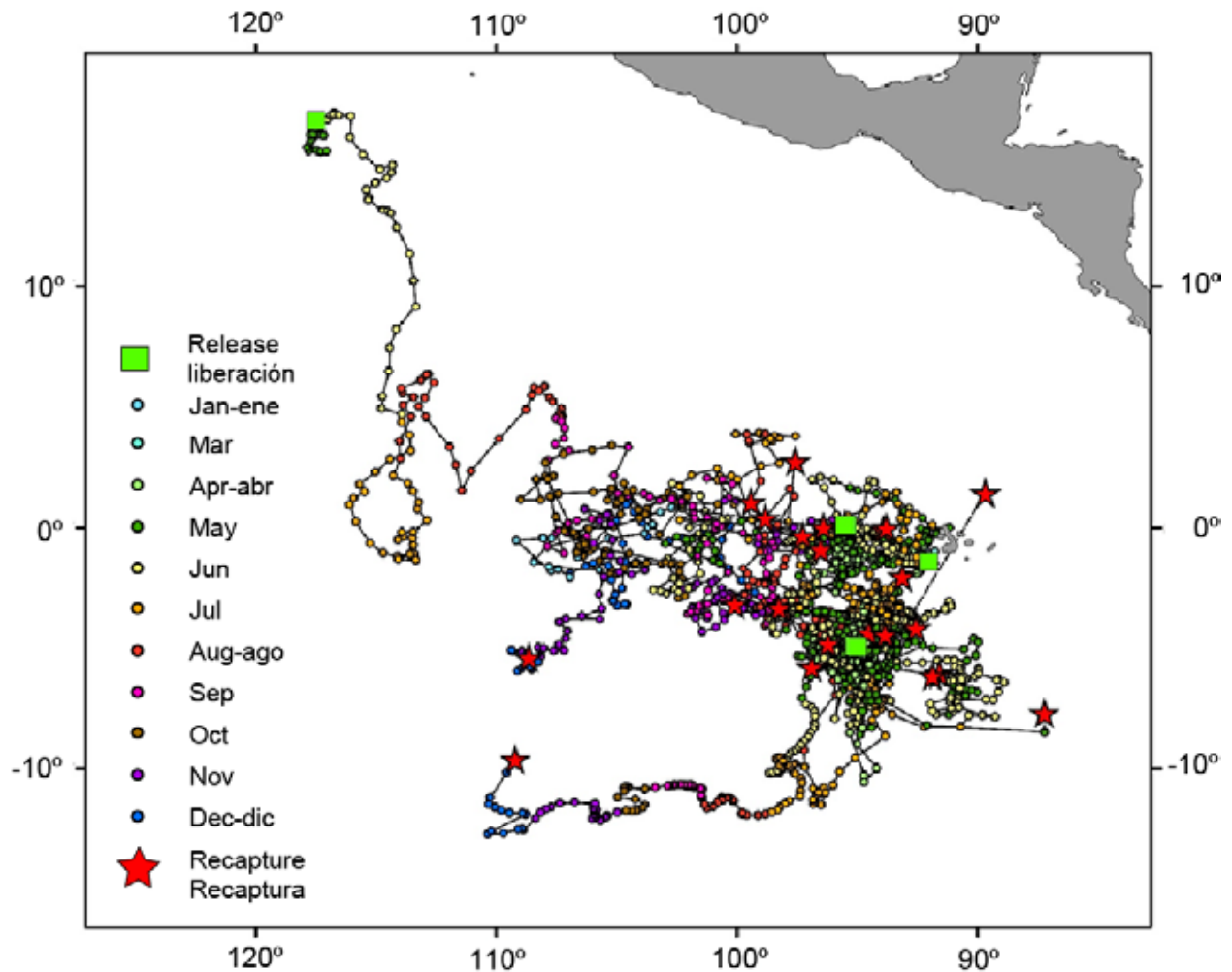
**FIGURE 8.** Length frequency for (A) 265 bigeye tuna tagged with plastic dart tags, and (B) 57 bigeye tuna tagged with archival tags during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022.

**FIGURA 8.** Frecuencia de talla para (A) 265 atunes patudo marcados con marcas de dardo plásticas y (B) 57 atunes patudo marcados con marcas archivadoras durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022.



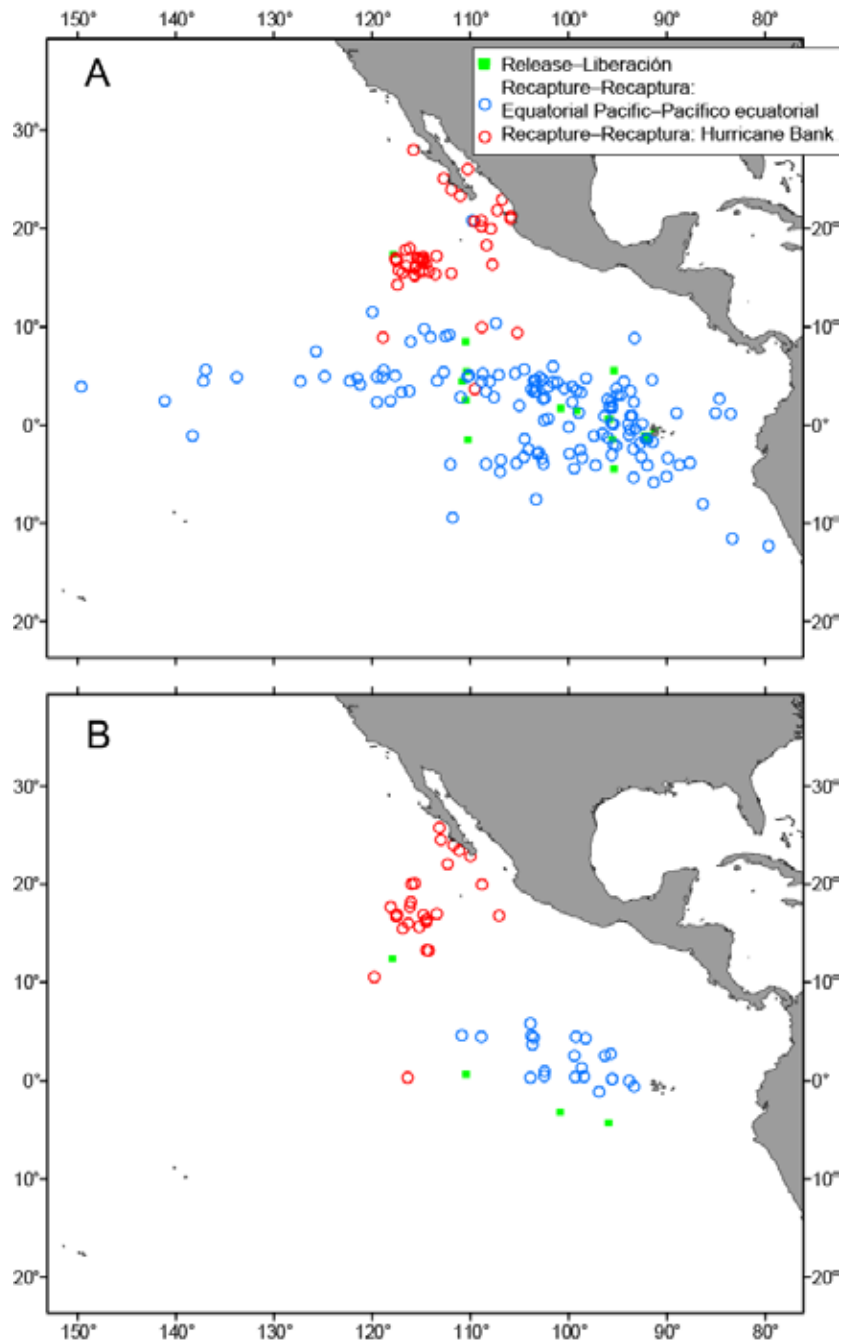
**FIGURE 9.** Recapture locations for skipjack tuna tagged and released with (A) plastic dart tags ( $n = 1436$ ) and (B) archival tags ( $n = 54$ ) during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022. Recoveries from releases in two distinct areas, equatorial eastern Pacific and Hurricane Bank, are shown in blue and red, respectively.

**FIGURA 9.** Ubicaciones de recaptura de atún barrilete marcado y liberado con (A) marcas de dardo plásticas ( $n = 1436$ ) y (B) marcas archivadoras ( $n = 54$ ) durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022. Las recuperaciones de liberaciones en dos áreas distintas, Pacífico oriental ecuatorial y Hurricane Bank, se muestran en azul y rojo, respectivamente.



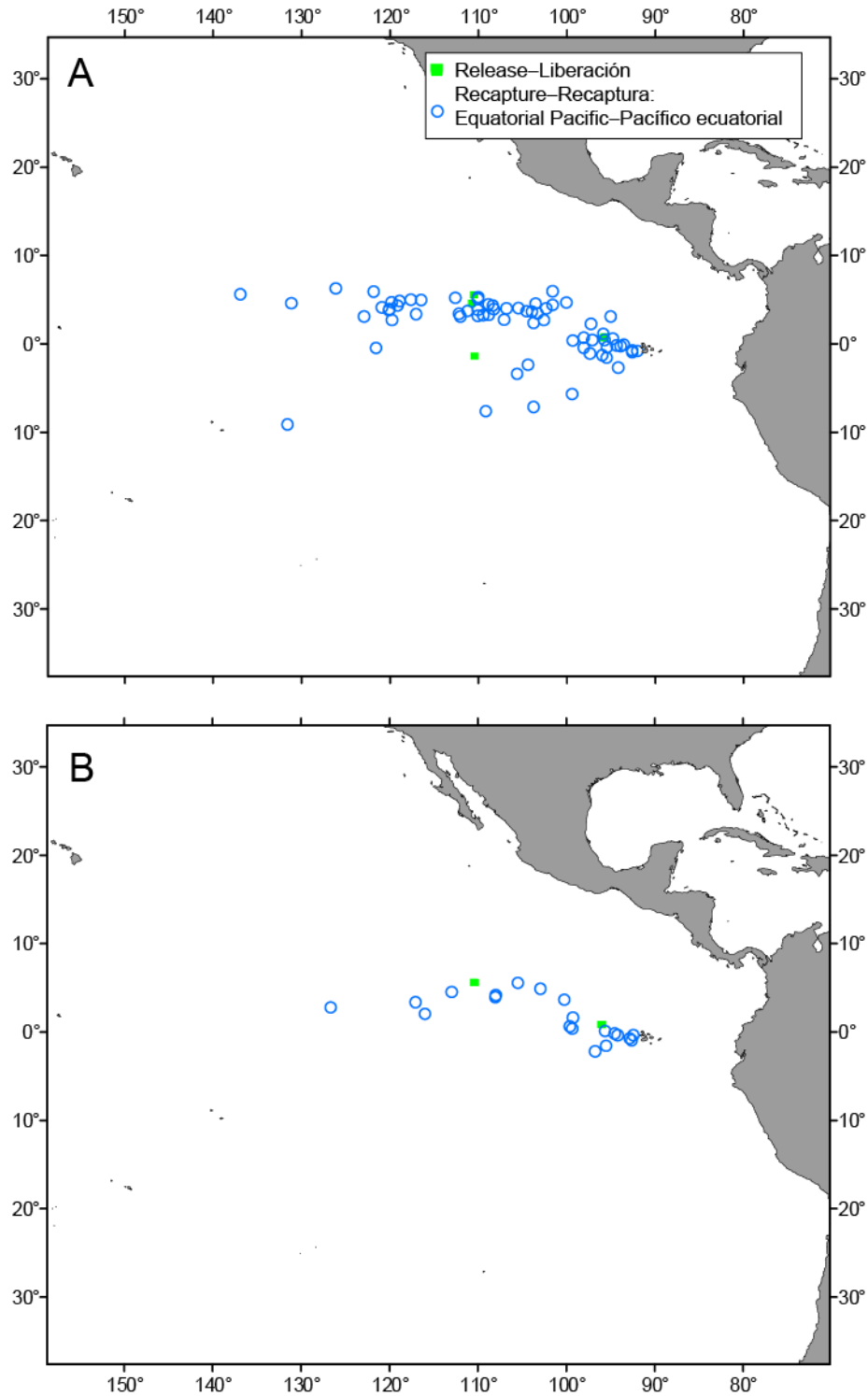
**FIGURE 10.** Most probable tracks for 25 skipjack tuna, color-coded by month, derived from archival tag light level position estimates modeled using the unscented Kalman filter with SST, from releases during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022. Tracks are shown only for fish at liberty for greater than 30 days.

**FIGURA 10.** Trayectorias más probables para 25 atunes barrilete, con códigos de colores por mes, derivadas a partir de estimaciones de posición de nivel de luz de marcas archivadoras, modeladas usando el filtro de Kalman no perfumado con TSM, de liberaciones durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022. Las trayectorias se muestran solo para peces en libertad durante más de 30 días.



**FIGURE 11.** Recapture locations for yellowfin tuna tagged and released with (A) plastic dart tags ( $n = 246$ ), and (B) archival tags ( $n = 72$ ) during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022. Recoveries from releases in two distinct areas, equatorial eastern Pacific and Hurricane bank are shown in blue and red, respectively.

**FIGURA 11.** Ubicaciones de recaptura de atún aleta amarilla marcado y liberado con (A) marcas de dardo plásticas ( $n = 246$ ) y (B) marcas archivadoras ( $n = 72$ ) durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022. Las recuperaciones de liberaciones en dos áreas distintas, Pacífico oriental ecuatorial y Hurricane Bank, se muestran en azul y rojo, respectivamente.



**FIGURE 12.** Recapture locations for bigeye tuna tagged and released with (A) plastic dart tags ( $n = 966$ ), and (B) archival tags ( $n = 22$ ) during three tagging cruises conducted in 2019, 2020, and 2022.

**FIGURA 12.** Ubicaciones de recaptura de atún patudo marcado y liberado con (A) marcas de dardo plásticas ( $n = 966$ ) y (B) marcas archivadoras ( $n = 22$ ) durante tres cruceros de marcado realizados en 2019, 2020 y 2022.

## **ANEXO: RESUMEN DE LOS CRUCEROS**

### **Crucero de mercado de 2019**

El primer crucero de la serie del PRMA salió de San Diego, California, EE. UU. y se realizó del 6 de marzo al 30 de mayo de 2019 (Figura 5A). Durante la primera semana, se buscó cebo vivo a lo largo de la costa central y sur de Baja California, México, y se localizó, capturó y cargó a bordo sardina del Pacífico. Tras haber adquirido una carga completa de sardina, el crucero se dirigió hacia el Parque Nacional Isla del Coco. Durante la búsqueda a lo largo de la ruta a través de áreas tradicionalmente conocidas por ser productivas para SKJ y YFT, no se encontraron oportunidades exitosas de marcado. Al llegar y notificar a las autoridades costarricenses, comenzó la búsqueda de SKJ y YFT, y aunque se localizaron algunos YFT, las cantidades no fueron suficientes para proporcionar oportunidades razonables de marcado. Las TSM elevadas (84-87°F) causaron la muerte de gran parte de la sardina del Pacífico que estaba a bordo. Durante las operaciones alrededor de la Isla del Coco y dentro de las aguas territoriales de Costa Rica, Tri-Marine proporcionó acceso a los plantados a la deriva que los buques de la compañía no podían pescar. Las búsquedas alrededor de varios plantados a la deriva no dieron como resultado ningún atún marcado, incluso cuando las boyas con ecosonda SATLINK indicaban la presencia de agregaciones de 60 a 80 toneladas. Sin cebo y con necesidad de combustible, se fijó rumbo hacia la Ciudad de Panamá, Panamá.

Tras pasar aproximadamente una semana en el Golfo de Panamá (GDP) para abastecimiento de combustible y provisiones y para cargar cebo vivo (anchoveta), se fijó rumbo hacia áreas de pesca en alta mar en busca de cardúmenes de atunes al tiempo que se transitaba hacia el límite del Parque Nacional Galápagos (PNG). Dado el poco éxito en la localización de plantados a la deriva o cardúmenes no asociados, los esfuerzos se dirigieron a buscar alrededor del conjunto de boyas TAO ubicado a lo largo del meridiano 95°O. Tras un par de semanas de éxito moderado y con signos limitados de cardúmenes de atunes en el área, continuó la búsqueda en dirección oeste hacia el conjunto de boyas TAO a lo largo del meridiano 110°O. Continuando con un éxito limitado a lo largo del conjunto de boyas TAO en 110°O, la búsqueda continuó hacia el monte submarino Shimada (también conocido como Hurricane Bank), un área históricamente productiva para la pesca de SKJ y YFT.

Después de pasar casi tres semanas marcando YFT y un número limitado de SKJ y con poco combustible y provisiones, se fijó rumbo hacia Cabo San Lucas, Baja California Sur, México, para abastecerse de combustible para el viaje final por la costa hacia San Diego, CA, EE. UU.

### **Crucero de mercado de 2020**

El segundo crucero de la serie del PRMA salió de San Diego, California, EE. UU. y se realizó del 1 de febrero al 30 de abril de 2020 (Figura 5B). La falta de éxito durante la campaña de marcado de 2019 inspiró una modificación del plan del crucero en 2020, en el que se dedicaría tiempo a investigar los recursos de cebo y a evaluar las oportunidades de marcado de atunes dentro del PNG. Después de llegar al PNG y de someterse a inspecciones ambientales y de seguridad, se dio inicio a una serie de reuniones con colaboradores para finalizar las operaciones dentro del área. El primero de dos observadores embarcó en el buque y comenzó la búsqueda de cebo. Con base en una revisión de las bitácoras históricas, se identificaron las áreas probables en las que se podría encontrar sardina del Pacífico y se centraron los esfuerzos de cebo en esas ubicaciones. Tras varios días de esfuerzo, se habían cargado aproximadamente 700 salabardos de sardina del Pacífico y comenzaron los esfuerzos de marcado. Después de buscar sin éxito atunes en la zona norte del PNG, se encontraron abundantes cardúmenes no asociados de SKJ a lo largo de la frontera sur del PNG. Tras alrededor de una semana de pesca y marcado en el área, el cebo se estaba agotando y había llegado el momento de cambiar de observador.

Tras el cambio, se reanudó la búsqueda de cebo. Se dedicó alrededor de una semana a la búsqueda de áreas históricas de cebo, pero desafortunadamente no se localizó sardina del Pacífico. Durante este

periodo, se presentó la pandemia de COVID-19 y el cierre inminente del PNG y de otros puertos ecuatorianos obligó a abandonar el área. Se acordó colectivamente que el observador desembarcaría, se cargaría combustible a bordo y el *B/P Her Grace* saldría del PNG para hacer el recorrido de siete días hacia el GDP para capturar y cargar anchoveta como cebo. Al llegar al GDP, se localizó anchoveta en las áreas tradicionales y se capturaron y cargaron a bordo aproximadamente 1000 salabardos en el transcurso de varios días.

Después de salir del GDP, se reanudó la búsqueda de plantados a la deriva y de cardúmenes no asociados mientras se transitaba hacia los caladeros a lo largo de la frontera sur del PNG; sin embargo, se encontraron pocos indicios de atunes. Hubo algunas oportunidades de marcado alrededor del límite del PNG pero, en general, hubo señales mínimas de SKJ y de otros atunes. Dado que no estaba justificado seguir buscando alrededor de los límites del parque, la búsqueda se reorientó hacia el área cercana al conjunto de boyas TAO ubicado a lo largo del meridiano 95°O. Se encontraron varios cardúmenes grandes asociados a las boyas TAO en 5°S y 0° (línea ecuatorial), donde se marcó con éxito un número considerable de SKJ con MDP y MA durante un periodo de diez días. Con el tiempo escaseando y con aproximadamente 200 salabardos de cebo restantes, la búsqueda de plantados a la deriva y de cardúmenes no asociados continuó hacia la boya TAO en 5°N/110°O. Al llegar a la boya TAO, había una gran agregación de especies mixtas asociadas y la mayor parte del cebo restante se utilizó durante la pesca y el marcado. Después de un día exitoso de marcado, sin tiempo y con una ruta de aproximadamente 15 días de regreso a San Diego, se abandonó la agregación en la boya TAO y se fijó rumbo hacia San Diego, California, EE. UU.

### **Crucero de marcado de 2022**

El tercer y último crucero de la serie del PRMA salió de San Diego, California, EE. UU. y se realizó del 1 de marzo al 20 de mayo de 2022 (Figura 5C). El tercer crucero de marcado siguió un itinerario similar al primero, excepto por la búsqueda de cebo a lo largo de la costa de Baja California Sur, México, haciendo la ruta de 15 días directamente al norte del GDP para reabastecimiento de combustible, provisiones y la obtención de anchoveta para cebo vivo. La captura de anchoveta para cebo vivo tomó alrededor de una semana, tras la cual comenzó la búsqueda de atunes. La búsqueda de plantados a la deriva y cardúmenes de atunes no asociados comenzó cerca de una zona frontal de TSM recientemente identificada después de la salida del GDP. No se localizaron atunes en las cercanías de la zona frontal de TSM, por lo que se detuvo la búsqueda durante aproximadamente 26 horas mientras se transitaba por las aguas territoriales de Colombia ya que no se disponía de permisos.

Una vez de regreso en aguas internacionales, se reanudó la búsqueda de plantados a la deriva y de cardúmenes no asociados mientras se transitaba al área objetivo justo al sur de la frontera del PNG. Se encontraron numerosos troncos naturales y tres plantados a la deriva, todos ellos con poblaciones robustas de pez ballesta y dorado asociados, pero no había presencia de SKJ ni de otros atunes. Durante la semana siguiente, se investigó el área alrededor del límite del PNG y se encontraron señales mínimas de SKJ. Se abandonaron los esfuerzos en el área límite del PNG y se volcaron hacia el conjunto de boyas TAO ubicado en el meridiano 95°O. Al llegar a la boya TAO ecuatorial, resultó evidente que un buque cerquero había realizado un lance recientemente ya que había cuerdas atadas a la boya y bolsas de plástico que cubrían las cámaras y el equipo científico. Es posible que esta situación haya afectado de manera significativa los esfuerzos de marcado, tal como sucedió durante cruceros de marcado pasados. No obstante, en esta ocasión había una pequeña agregación de SKJ y YFT, que se mostraban reacios a picar, y se dedicó un tiempo limitado a la pesca y al marcado. Tras un esfuerzo considerable y poco éxito, se fijó rumbo hacia la boya TAO en 2°S.

Al llegar a la boya TAO en 2°S, se supuso que un buque cerquero también había hecho un lance sobre ella ya que el marco que contenía el equipo científico no estaba, y solo quedaba la parte en forma de "dona" de la boya. Se sabe que este tipo de daño ocurre cuando los buques intentan separar la agregación de



atunes de su asociación con la boya. Con solo cantidades mínimas de dorado pequeño y sin signos de SKJ, se fijó rumbo hacia la boya TAO en 5°S. Al no encontrar peces y con un clima muy adverso en la boya en 5°S, la búsqueda continuó hacia el este y alrededor del límite del PNG. Se dedicaron varios días más de búsqueda hacia el suroeste y oeste del PNG para encontrar buenas condiciones pero no se encontraron ni plantados a la deriva ni cardúmenes de atún. De regreso a la boya TAO ecuatorial, estaba claro que un buque cerco había visitado la boya de nuevo, ya que el equipo estaba cubierto de plástico de nuevo y se había colocado un nuevo equipo de amarre. Independientemente de la actividad reciente, había un cardumen de SKJ de unas 30 toneladas asociado a la boya. Los atunes asociados se mostraron reacios a picar y, tras un día entero probando numerosos métodos con poco éxito, se fijó rumbo hacia la boya TAO en 2°N. Se determinó que la boya TAO en 2°N ya no estaba en la estación después de que el tiempo dedicado a buscarla no diera frutos.

Después de haber identificado un frente a 200 millas, la búsqueda se reanudó en dirección suroeste, donde se localizaron varias manadas de delfines con YFT grandes asociados, pero no se capturó ni marcó ningún pez. El navegante del buque cerco *TUNAMAR* proporcionó acceso para pescar y marcar alrededor de un plantado a la deriva cercano que mostraba 35 toneladas de peces agregados en la boya con ecosonda SATLINK. Al localizar el plantado a la deriva, había poca presencia y la búsqueda continuó de regreso hacia la boya TAO ecuatorial. Al llegar a la boya TAO ecuatorial había indicios evidentes de que la boya había sido visitada una vez más por un buque cerco o palangrero ya que había más plástico cubriendo el equipo científico. Había una pequeña agregación de atunes presente reacios a picar. Como el éxito seguía siendo limitado, se fijó rumbo de regreso a la boya TAO en 2°S.

Al llegar cerca de la boya en 2°S temprano en la mañana, estaba claro que había un buque inmediatamente adyacente a la boya con base en los objetivos del radar. Por desgracia, parecía que un buque cerco había hecho un lance sobre la boya y capturado los peces presentes. Tras el poco éxito de las semanas anteriores cerca de las boyas TAO y alrededor del límite del PNG, se tomó la decisión de expandir la búsqueda hacia el oeste, pero el *B/P Her Grace* necesitaba combustible para continuar de forma segura. Se dispuso todo para reabastecerse de combustible en el PNG en Isla Baltra. El abastecimiento de combustible tomó alrededor de siete horas en total y, una vez completado, se reanudó la búsqueda fuera de la frontera sur del PNG.

Durante la búsqueda hacia el oeste, se visitaron las boyas TAO por última vez, ya que históricamente han sido extremadamente productivas y los cardúmenes pueden agregarse en tan solo unos pocos días. Al acercarse a la boya TAO en 2°S, se observó un buque palangrero de Ecuador amarrado a la boya. Una evaluación rápida indicó que no había peces presentes y se fijó rumbo hacia la boya TAO ecuatorial. Al llegar a la boya TAO ecuatorial había, una vez más, plástico sobre el equipo científico, que fue retirado antes de partir. Al no apreciarse la presencia de SKJ u otros atunes asociados, se fijó rumbo hacia una fuerte zona frontal de TSM al noroeste. La zona frontal se localizó tarde en el día y siguió hacia el oeste, ya que tenía una trayectoria de este a oeste. La búsqueda a lo largo del frente extremadamente fuerte (cambio de 4°F) fue muy productiva ya que se encontraron nueve plantados a la deriva en el transcurso de dos días. Por desgracia, no se asociaron cardúmenes significativos y solo se marcaron unos pocos SKJ y YFT pequeños con MDP y MA.

La búsqueda hacia el oeste continuó durante varios días mientras se dirigía a la boya TAO en 2°S/110°O. Al llegar a la boya había una pequeña agregación mixta (< 2 toneladas) de BET y YFT, donde se marcaron varios peces; sin embargo, al no ser una gran agregación de SKJ, la búsqueda continuó hacia el norte a lo largo del conjunto de boyas TAO en el meridiano 110°O. Se marcaron algunos YFT y BET en la boya TAO en 2°N y en la boya TAO ecuatorial, pero al no haber presencia de SKJ y al escasear el tiempo, la búsqueda continuó hacia el norte. Durante el camino hacia la boya TAO en 5°N, se localizó un área prometedora para la búsqueda de plantados a la deriva y se encontraron tres en el transcurso de dos días. Un plantado

a la deriva tenía un cardumen de aproximadamente 25 toneladas de BET y YFT que no estaban interesados en picar bien y un grupo agresivo de tiburones dificultó la pesca y el marcado.

En la boya TAO en 5°N había un cardumen de atunes agresivo, lo que brindó la mejor oportunidad de marcado del viaje. Desafortunadamente, fue de corta duración y la mayor parte de los peces abandonaron la boya después de 30 horas y los que quedaron se mostraban reacios a picar. Tras continuos esfuerzos y sin ningún resultado, se fijó rumbo hacia la boya TAO en 8°N, que se encuentra dentro de las aguas territoriales de la Isla Clipperton (Francia). Se notificó a las autoridades francesas de nuestra entrada y se les actualizó al respecto de las actividades diarias mientras operábamos dentro de las aguas territoriales, incluyendo alrededor de la Isla Clipperton. Había pocos atunes asociados a la boya TAO en 8°N, donde solo se marcaron un par de peces.

Al llegar cerca de la Isla Clipperton en las primeras horas de la mañana, comenzó la búsqueda de SKJ y YFT y solo se encontró abundancia de YFT durante el resto del día. Al no encontrar SKJ, se fijó rumbo hacia el monte submarino Shimada (Hurricane Bank) dentro de las aguas territoriales de México ya que había informes recientes de presencia de SKJ en el área.

Al llegar a Hurricane Bank en las primeras horas de la mañana, comenzó la búsqueda de SKJ, pero se encontraron muy pocos. Había algunos YFT asociados al monte submarino y se hicieron esfuerzos para marcar peces utilizando caña y carrete y curricán. La búsqueda incansable de SKJ en el transcurso de tres días dio pocos resultados, ya que solo se marcaron algunos YFT y unos pocos SKJ. En este punto, se completó la parte de marcado del crucero y el *B/P Her Grace* comenzó el recorrido de una semana de regreso a San Diego, California, llegando el 20 de mayo de 2022.