

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚN TROPICAL  
GRUPO DE TRABAJO *AD HOC* PERMANENTE SOBRE PLANTADOS

7<sup>a</sup> REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)  
12-13 de mayo de 2023

DOCUMENTO FAD-07-02

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO A GRAN ESCALA DE PLANTADOS  
BIODEGRADABLES EN EL OCÉANO PACÍFICO ORIENTAL

Marlon Román, Jon Lopez, Jon Uranga<sup>1</sup>, Martín Hall, Francisco Robayo, Nick Vogel, José Luis García<sup>2</sup>,  
Miguel Herrera<sup>3</sup>, y Alexandre Aires-da-Silva

ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. Resumen .....  | 2  |
| 2. Introducción.....  | 2  |
| 3. Objetivo .....   | 5  |
| 4. Plan de trabajo.....   | 5  |
| 4.1. Selección de prototipos, identificación de colaboradores y diseño experimental ..... | 6  |
| 4.2. Monitoreo y seguimiento de plantados experimentales .....                            | 6  |
| 4.2.1. Recolección de datos de los observadores .....                                     | 7  |
| 4.2.2. Recolección de datos de boyas satelitales.....                                     | 7  |
| 5. Análisis de datos .....  | 8  |
| 5.1. Interacciones con objetos experimentales.....  | 8  |
| 5.2. Captura por lance .....  | 8  |
| 5.3. Condición de los NED .....   | 8  |
| 5.4. Patrones de deriva y comparaciones de biomasa entre plantados experimentales .....   | 9  |
| 5.4.1. Elaboración de la base de datos de boyas con ecosonda .....                        | 9  |
| 5.4.2. Filtrado de datos de la ecosonda .....   | 9  |
| 5.4.2.a Los plantados experimentales monitorean las trayectorias.....                     | 9  |
| 5.4.2.b Posición y datos acústicos de los plantados experimentales .....                  | 9  |
| 5.4.3. Evaluación de la vida útil.....  | 10 |
| 5.4.4. Evaluación del rendimiento a la deriva.....  | 10 |
| 5.4.5. Evaluación de la biomasa de los atunes .....                                       | 10 |
| 6. Resultados .....   | 11 |
| 6.1. Actividades e interacciones con objetos experimentales .....                         | 11 |
| 6.2. Captura por lance .....  | 11 |
| 6.3. Condición de los NED .....   | 11 |
| 6.4. Evaluación de la vida útil .....   | 12 |
| 6.5. Evaluación del rendimiento a la deriva .....   | 12 |

<sup>1</sup> AZTI, Investigación Marina, Basque Research and Technology Alliance (BRTA), País Vasco, España.

<sup>2</sup> Fundación para la conservación de atunes – TUNACONS

<sup>3</sup> Asociación de Grandes Atuneros Congeladores – AGAC

|   |    |
|---|----|
| 6.6. Evaluación de la biomasa de los atunes ..... | 13 |
| 7. Discusión.....                                 | 13 |
| 8. Trabajo futuro y Recomendaciones.....          | 16 |
| 9. Referencias .....                              | 18 |

## 1. RESUMEN

El esfuerzo cerquero en la pesquería sobre dispositivos agregadores de peces (plantados) en el OPO ha aumentado constantemente desde principios de la década de 1990 debido a su eficacia en la captura de atunes tropicales que se agrupan bajo los plantados. Sin embargo, como sucede con la mayoría de los métodos de pesca, los plantados pueden tener efectos negativos sobre las especies y los ecosistemas asociados, como el enmallamiento de especies vulnerables, por ejemplo las tortugas marinas o los tiburones, la acumulación de desechos marinos y contaminación, y eventos de varamiento en hábitats vulnerables (por ejemplo, áreas de cría costeras). Por ello, la CIAT pidió recomendaciones científicas para la transición de plantados tradicionales a plantados biodegradables que redujeran estos impactos.

Se sembraron un total de 780 plantados biodegradables, conocidos como NED (por sus siglas en inglés; plantados biodegradables no enmallantes) (114 prototipo 1; 395 prototipo 2; 271 prototipo 3) junto con sus respectivos controles de plantados tradicionales para dar un total de 1,544 plantados experimentales. Los resultados mostraron valores similares de captura por lance entre los NED y los controles de plantados tradicionales (NED = 33.6 t/lance, control de plantados tradicionales = 31.7 t/lance). Se encontró que el prototipo 1 estaba en buenas y muy buenas condiciones después de un mínimo de dos meses en el mar, mientras que los materiales del prototipo 2 estuvieron en una condición buena a regular durante al menos tres meses. El diseño de NED del prototipo 3 fue el menos durable, pero se hicieron algunas modificaciones en colaboración con la flota para mejorar la durabilidad y se encontró que su condición era de buena a excelente durante periodos más largos de tiempo de remojo (al menos de dos a tres meses).

Se utilizaron boyas satelitales para determinar la vida útil (es decir, la vida “operacional”) de los plantados experimentales. Los plantados tradicionales tuvieron una vida útil de 854 días y los prototipos de NED 1, 2 y 3 una vida útil máxima de 790, 379 y 686 días, respectivamente. Las comparaciones de las trayectorias de deriva mostraron que los pares con patrones de deriva similares tenían menores diferencias de velocidad, mientras que los pares con trayectorias divergentes tenían mayores distancias de separación. Los análisis de agregación de biomasa de atunes que utilizan información de las ecosondas de boyas satelitales mostraron valores similares del índice de biomasa tanto para los plantados tradicionales como para los NED, con una tendencia creciente constante hasta los 80 días para los plantados tradicionales y hasta los 50-60 días para los NED.

También se describen las conclusiones, acciones futuras, retos y lecciones aprendidas del personal de la CIAT a partir de la interacción positiva con la industria y los pescadores. Este estudio sugiere que la transición a plantados biodegradables para reducir los impactos negativos sobre las especies y ecosistemas asociados puede ser posible sin comprometer la eficacia del método de pesca.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los pescadores llevan décadas aprovechando el comportamiento de agregación de los atunes en torno a objetos flotantes (Watters 1999; Hall y Román 2013). El uso de dispositivos agregadores de peces (plantados), que son objetos artificiales a la deriva diseñados para atraer a los atunes, comenzó en la década de los ochenta por la flota cerquera de atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental (OPO). A principios de la década de los noventa, la pesquería sobre plantados se había expandido

significativamente y se había convertido en el método más eficaz de capturar atunes tropicales en la región (Lennert-Cody y Hall 1999; CIAT 2019; Hall y Román 2013). En las últimas décadas, el uso de boyas satélites con ecosonda para el monitoreo remoto de la ubicación y de los niveles de biomasa de los atunes ha convertido la pesca sobre plantados en un método extremadamente eficaz (por ejemplo, tiempo de búsqueda mínimo, pocos lances nulos) (López *et al.* 2014; Lopez *et al.* 2016; Cillari *et al.* 2018). Cabe señalar que la pesca sobre plantados no es exclusiva del OPO; actualmente, la mayoría de las capturas comerciales de atunes a nivel mundial se obtienen mediante plantados (ISSF, 2022).

Los plantados se construyen usualmente en dos partes: una estructura superficial y una sumergida. El componente superficial proporciona flotabilidad al plantado y suele estar hecho de bambú envuelto en redes de pesca viejas recicladas. Se han añadido flotadores de plástico o marcos de PVC para mejorar la flotabilidad de los plantados (Hall y Román 2013). Por lo general, el componente de flotabilidad se construye con materiales de color oscuro para evitar que otros buques los detecten y se espera que mantenga al plantado durante seis a 12 meses, dependiendo de las condiciones ambientales en las que opera la pesquería. Mientras que la temporada de pesca en algunas zonas (por ejemplo, Perú) está restringida a cuatro-cinco meses y la industria acepta plantados que duran hasta seis meses, en otras regiones (por ejemplo, al oeste de 110°O), los pescadores prefieren plantados que puedan durar al menos de nueve a 12 meses (Moreno *et al.*, 2016).

El componente sumergido de los plantados está compuesto de materiales que cuelgan en la columna de agua y con frecuencia incluyen redes de pesca viejas u otros materiales enmallados. Se cree que este componente aumenta la naturaleza de atracción del objeto e impacta las velocidades de deriva (Minami *et al.* 2007; Satoh *et al.* 2007; Lennert-Cody *et al.* 2008; Hall y Román 2013). En años recientes, la profundidad de la parte sumergida parece haber aumentado, en particular en algunas áreas del OPO, donde se han reportado profundidades de 70-90 metros ([FAD-05-INF-A](#), [FAD-06-01](#), [FAD-07-01](#)), aunque típicamente, este componente alcanza una profundidad de 30-40 metros (Franco *et al.* 2012; Hall y Román 2013).

Por lo general, los plantados están hechos de materiales no biodegradables y su uso a menudo está ligado a varios posibles impactos ecológicos. Estudios realizados en otros océanos sugieren que algunos tiburones y tortugas marinas pueden enmallarse en el material sumergido del plantado (Franco *et al.* 2009; Hall y Román 2013; Filmalter *et al.* 2013), y los plantados perdidos, abandonados o dañados pueden generar desechos marinos y contaminación, lo que podría causar impactos en el hábitat debido a eventos de varamiento en zonas costeras (Maufroy *et al.* 2015; Sinopoli *et al.* 2020). Además, es posible que la pesca sobre plantados aumente las tasas de captura incidental y de captura de atunes de tallas reducidas, incluidos los juveniles.

No obstante, se han establecido medidas de conservación para los atunes tropicales (por ejemplo, la resolución [C-21-04](#)) y actualmente se están llevando a cabo varios proyectos para reducir el impacto sobre las especies no objetivo y los atunes de tallas pequeñas ([IATTC-93-06a](#); SAC-14-01). Estos proyectos incluyen experimentos sobre la eficacia de las rejillas clasificadoras (Documento [IATTC-94-04](#); Proyecto M.1.b), y el proyecto de ordenación dinámica de los océanos, que explora la eficacia de la ordenación espacial en tiempo casi real para hacer la pesca más selectiva ([SAC-10 INF-D](#), Proyecto J.2.a).

Las iniciativas para evaluar y reducir los impactos de los plantados no biodegradables son relativamente recientes, tanto a nivel local como global. Por ejemplo, los primeros intentos de producción de objetos no enmallantes se llevaron a cabo en el Océano Índico y consistieron en una estructura tubular sumergida hecha de lona sintética (Delgado de Molina *et al.* 2006) y posteriormente se sugirió utilizar materiales sin malla para la parte sumergida o enrollar la red en bultos en forma de salchichas con el fin de reducir el riesgo de enmallamiento de tiburones (Dagorn *et al.* 2012). A pesar de que el enmallamiento de tiburones rara vez se observa en el OPO, a la fecha no se ha llevado a cabo ningún experimento dedicado a

cuantificar estos eventos. En cambio, los observadores han registrado con frecuencia el enmallamiento de tortugas en plantados; sin embargo, las tasas de mortalidad son insignificantes y la tripulación debe liberarlas vivas rápidamente cuando sea posible (ver resoluciones [C-03-08](#) y [C-07-03](#)). En 2013, las OROP atuneras probaron diseños experimentales de plantados que previenen los enmallamientos tanto de tortugas como de tiburones y minimizan los impactos ambientales (contaminantes, desechos no degradables) ([CICAA-13-01](#); [IOTC-13/08](#); [IATTC C-13-04](#)).

Para minimizar el riesgo de enmallamientos de especies vulnerables en los plantados, la CIAT estableció directrices que entraron en vigor el 1 de enero de 2019. Concretamente, para cualquier red que se utilice para cubrir el componente superficial del plantado, la luz de malla estirada debe ser inferior a 7 cm. Para el componente sumergido, la malla de red debe evitarse, pero si se utiliza, la luz de malla también debe ser inferior a 7 cm. Si la luz de malla rebasa los 7 cm, debe enrollarse en bultos o “salchichas” (ver el Anexo II de las resoluciones [C-18-05](#) y [C-19-01](#) de la CIAT).

Recientemente, se han llevado a cabo varias iniciativas regionales, o todavía están en marcha, para probar plantados biodegradables a gran escala y en condiciones de tiempo real (ISSF 2020; Zudaire *et al.* 2021). Por ejemplo, la Fundación para la Conservación de Atunes (TUNACONS, Tuna Conservation Group), un consorcio de empresas atuneras ecuatorianas, llevó a cabo en el OPO pruebas con fibras naturales en condiciones controladas y probó decenas de estos plantados en condiciones reales de pesca (TUNACONS, 2018). Desde 2021, el 20% de los más de 1,000 plantados sembrados por la flota de TUNACONS se han construido voluntariamente con materiales biodegradables ([TUNACONS-EcoFADs](#)). De manera similar, un consorcio de la UE sembró alrededor de 1,000 plantados biodegradables en el Océano Índico y hay otras iniciativas en vigor en el Océano Atlántico y en el Océano Pacífico occidental y central (Zudaire *et al.* 2018; Moreno *et al.* 2018a-c; ISSF 2020; Zudaire *et al.* 2021).

Además, se han probado nuevas iniciativas de plantados biodegradables no enmallantes, degradables, innovadores y sencillos con resultados alentadores en distintos océanos. Estas iniciativas tienen el objetivo de extender la durabilidad de los componentes de los plantados reduciendo la velocidad de deriva y evitando el arrastre de la estructura a causa del viento y las olas (Moreno *et al.* 2021, Moreno *et al.* 2023).

Otro objetivo de estas iniciativas es desarrollar directrices sobre lo que se debería considerar un plantado biodegradable, incluyendo estándares para los materiales y la construcción, ya que el uso de materiales biodegradables puede estar sujeto a ciertos requisitos y especificaciones (Zudaire *et al.* 2018). En este sentido, Zudaire *et al.*, (2021) sugirieron que una definición estandarizada de plantados biodegradables debería considerar, entre otras cosas, los estándares internacionales, el marco regulatorio, las condiciones mínimas requeridas para los materiales y, si el término “biodegradable” debería aplicarse a los materiales como tal o al producto final (es decir, el plantado en su totalidad). Actualmente no existe una definición unificada entre las OROP atuneras, aunque el personal de la CIAT y el Grupo de Trabajo *ad hoc* sobre Plantados han propuesto definiciones provisionales que toman en consideración los elementos mencionados anteriormente (ver [FAD-06-02](#) y [IATTC-100-03-ADD 1](#), para más detalles).

Los científicos y los pescadores siempre han identificado al bambú como una de las principales alternativas para una estructura superficial amigable con el ambiente (Hall y Román 2013). El bambú es abundante en todo el mundo y no es contaminante, además de que su durabilidad en el mar podría mejorarse a través de tratamientos naturales (Razak *et al.* 2005; 2008). Otra alternativa biodegradable que se ha sugerido en los talleres de pescadores es la madera balsa (*Ochroma pyramidale*; Moreno *et al.*, 2016). Este tipo de madera es muy conocida por sus propiedades de flotabilidad, lo que la convierte en un complemento ideal para el componente superficial. Además, es fácil de conseguir en la mayoría de las regiones tropicales del OPO. En cuanto al componente sumergido del plantado, se han explorado y probado varias fibras vegetales distribuidas en todo el mundo, ya sea como un sustituto de redes para evitar el enmallamiento

de especies o para mejorar la cohesión de la estructura. La fibra de abacá (*Musa textilis*) se ha utilizado para múltiples propósitos desde principios del siglo XX (Saragih *et al.* 2018). En los últimos años, se ha sugerido su potencial como material biocompuesto sustituto del plástico o material de interacción en sistemas compuestos que tradicionalmente utilizan fibras plásticas; esto debido a su notable resistencia al desgarro (Saragih *et al.* 2018; Valášek *et al.* 2017; Karlsson 2007). El uso de la fibra de algodón (*Gossypium spp.*) se remonta a siglos atrás con múltiples aplicaciones (Mwaikambo 2006). Su resistencia en ensayos marinos ha sido probada por sí sola o con otras fibras naturales, lo que ofrece información sobre su uso potencial en la pesquería atunera cerquera del OPO (Lopez *et al.* 2019). De manera alternativa, los materiales plásticos biodegradables pueden ser una opción a considerar en el futuro, siempre y cuando cumplan con los estándares de biodegradación marina (Zudaire *et al.* 2021).

Los esfuerzos para reducir los enmallamientos en los plantados en el OPO han sido importantes. Algunos materiales biodegradables y no enmallantes y algunas iniciativas en torno a pruebas con materiales de origen natural han mostrado un prometedor potencial (TUNACONS, 2018, Lopez *et al.*, 2019). Sin embargo, a la fecha no se han realizado en el OPO pruebas a gran escala en el mar monitoreadas científicamente con diseños de plantados hechos enteramente de bambú, algodón, abacá u otro material biodegradable.

En 2015, siguiendo la resolución [C-15-03](#), se le solicitó al personal de la CIAT que proporcionara recomendaciones sobre el uso de materiales biodegradables para mitigar el enmallamiento de especies y reducir los desechos marinos. Posteriormente, la Unión Europea le otorgó a la CIAT fondos (subvención EU-7592) para un proyecto de dos fases que incluyó experimentos controlados y en el mar con plantados biodegradables no enmallantes. Durante la Fase 1, se realizaron experimentos con plantados biodegradables no enmallantes en un entorno controlado y se determinaron los materiales y diseños de prototipos de materiales no enmallantes y biodegradables (NED) para la siguiente fase (Fase 2) (ver los diseños en la Figura 1).

El plan de trabajo de la Fase 2 incluyó varias actividades como la selección y construcción de los prototipos definitivos de NED, la identificación de colaboradores y participantes, el desarrollo y el acuerdo de un diseño experimental, el monitoreo y el seguimiento de los plantados experimentales, y la recolección y análisis de datos. Los detalles específicos de las fases 1 y 2 se incluyen en los documentos [SAC-11-11](#) y [FAD-06-02](#).

### 3. OBJETIVO

La Fase 2 del proyecto descrito en este documento se centró en el desarrollo y las pruebas de los NED a gran escala y en las condiciones actuales de pesca. Los NED debían cumplir los siguientes criterios:

- Durabilidad de al menos seis a 12 meses y degradación sin efectos perjudiciales para el medio ambiente.
- Características de construcción no enmallantes que se lograron en la Fase 1.
- Rendimiento similar al de los plantados tradicionales en términos de atracción y retención de atunes, garantizando que se mantenga la eficacia pesquera.
- Construcción con materiales fácilmente disponibles en la región y el mercado, a un costo razonable.

### 4. PLAN DE TRABAJO

En la Fase 2 se llevaron a cabo las siguientes actividades (ver [SAC-11-11](#) y [FAD-06-02](#) para más detalles):

#### 4.1. Selección de prototipos, identificación de colaboradores y diseño experimental

Se eligieron tres prototipos definitivos de NED en colaboración con pescadores y empresas pesqueras. El abacá fue el principal componente de fibra natural de los prototipos de NED 1 y 2, mientras que el principal componente de fibra natural del prototipo 3 fue el algodón (ver en la Figura 2 las dimensiones y componentes de los prototipos). Las empresas y buques dispuestos a colaborar se identificaron mediante una estrecha cooperación con TUNACONS y AGAC, dos organizaciones de pesca atunera conformadas por ocho y nueve grupos de empresas, respectivamente. Un total de 31 buques de TUNACONS y 14 de AGAC se comprometieron a participar en el proyecto.

Para garantizar la estandarización de la construcción de NED, se individualizó el lugar de fabricación y se programó la construcción trimestralmente para minimizar el tiempo de almacenamiento prolongado e incorporar la estacionalidad al diseño experimental. Un coordinador local visitó periódicamente los sitios de construcción para asegurarse de que los NED se construyeran siguiendo los estándares del proyecto. Para maximizar el número total de NED utilizados en los experimentos, las organizaciones participantes acordaron cubrir la mitad de los costos de los materiales asociados a la construcción de NED y la totalidad de los costos de los equipos electrónicos asociados, como las boyas satélites con ecosonda y las tarifas de transferencia de datos (ver la Figura 3 para más detalles).

En total, se seleccionaron 796 NED para las pruebas en el mar, 199 por trimestre. El número de NED sembrados por cada buque fue específico por capacidad (en toneladas métricas, mt) de la siguiente manera:

1. Buques > 1200 mt: 20 NED/año, 5 por trimestre;
2. Buques  $\leq$ 1200 y >363 mt: 16 NED/año, 4 por trimestre;
3. Buques  $\leq$ 363 y >182 mt: 12 NED/año, 3 por trimestre; y,
4. Buques  $\leq$ 182 mt: 4 NED/año, 1 por trimestre.

Para evaluar la eficacia de los NED en términos de agregación de atunes frente a los diseños de plantados convencionales, cada siembra de NED se acompañó de la siembra de un plantado tradicional. Se colocaron marcas verdes en los NED y marcas rojas en los plantados tradicionales para facilitar el registro por parte de los observadores. A las boyas sujetadas también se les pusieron las marcas correspondientes (Figura 4). Puede encontrarse más información sobre los protocolos que se siguieron en la siembra de los plantados experimentales en los documentos [SAC-11-11](#) y [FAD-06-02](#).

#### 4.2. Monitoreo y seguimiento de plantados experimentales

Para garantizar un seguimiento y un monitoreo eficaces de los plantados experimentales, se elaboraron directrices y material visual, como carteles (Figura 18), para capacitar a los observadores y a los participantes en el proyecto sobre el uso correcto de las marcas y las boyas satelitales durante las interacciones con los plantados, incluyendo las siembras y los reemplazos de boyas. Para mantener la consistencia en las comparaciones, las parejas de control tenían dimensiones similares, y la marca y el modelo de la boya satelital coincidían lo más posible con los del NED. En caso de reemplazo de una boya satelital, se solicitó la misma marca y modelo para mantener la consistencia, en la medida de lo posible. Las marcas metálicas de las boyas y los objetos siempre coincidían para garantizar un seguimiento preciso, y cualquier reemplazo de boya iba acompañada de un subsiguiente reemplazo de marca.

Se crearon formularios específicos (Registro de objetos flotantes complementario, ROF-C; Figura 5) e instrucciones para los observadores, capitanes y tripulación pesquera de la flota de TRIMARINE (NPR-TS; Figura 6a), así como para otras flotas (RNC-NO; Figura 6b) cuando no había observadores. También se

creó una dirección de correo electrónico específica para recibir datos y preguntas de los participantes del proyecto. Para garantizar que todos los participantes en el proyecto estuvieran familiarizados con el protocolo y los requisitos específicos, las partes interesadas y las organizaciones pesqueras recibieron documentación y carteles en los que se detallaban la metodología, los objetivos, las expectativas y las responsabilidades del proyecto. Los observadores recibieron capacitación por parte del coordinador local y el personal de otras oficinas regionales, y se llevaron a cabo periódicamente talleres con los capitanes para informarlos sobre los avances del proyecto y atender cualquier comentario que pudieran tener acerca del funcionamiento y los resultados preliminares, los conceptos clave relacionados con el monitoreo y el seguimiento de los objetos experimentales y las estimaciones de durabilidad.

Además de los datos de observadores, el proyecto pretendía recopilar información complementaria sobre la eficacia de los plantados experimentales mediante la recolección de datos sobre boyas satelitales, incluyendo trayectorias y datos de biomasa, tanto para los NED como para los plantados de control (tal y como se detalla en los MdE firmados con ambas organizaciones pesqueras). Esta información es clave y proporciona información sobre los patrones de deriva, la vida útil y la biomasa agregada para los plantados experimentales observados y no observados.

#### **4.2.1. Recolección de datos de los observadores**

La condición y la degradación de los NED a lo largo del tiempo se registran en un formulario específico denominado ROF-C (Figura 5). El formulario categoriza la condición de cada componente del NED como excelente (1), muy buena (2), buena (3), regular (4), mala (5), y muy mala (6). Los observadores también anotan en el formulario cuando se reemplaza un componente específico del NED.

Cada NED registrado en el formulario ROF-C es único y se identifica con una marca metálica y una combinación de atributos como el número de identificación del viaje, el número de identificación del objeto flotante y el número de veces que se encontró el NED. Estos atributos también se registran en el formulario principal de registro de objetos flotantes (ROF; Figura 7), y se utilizan para vincular ambos formularios a la base de datos de observadores de la CIAT. El ROF regular proporciona información adicional sobre el NED, como fecha, hora, ubicación de la interacción, información sobre el origen del NED, la captura de especies objetivo y no objetivo y el código de identificación de la boya satelital. Una vez que termina el viaje de pesca, todos los datos se incorporan a la base de datos "Plantados experimentales-Observadores" tras una reunión informativa con el observador.

En los casos excepcionales en los que el observador no estuvo presente a bordo, se espera que los capitanes envíen toda la información del NED al personal científico de la CIAT a través de una dirección de correo electrónico específica al final del día de pesca. La información se comprueba para detectar errores mediante rutinas informáticas.

Tradicionalmente, la información recolectada por los observadores de los programas nacionales de observadores se ha remitido a la CIAT una vez al año, lo que habría causado considerables retrasos en la recolección y el análisis de datos. Para mitigar esto, el coordinador local del proyecto entrevista en persona a los observadores o se coordina con ellos por correo electrónico o por vía telefónica para solicitar copias del ROF y ROF-C por adelantado (es decir, copias escaneadas, fotos). Esta información se agrega a la base de datos "Plantados experimentales-Observadores" tan pronto como sea posible, junto con los informes de buques no participantes. La información sobre la pareja de control solamente se registra en el formulario convencional de registro de objetos flotantes (ROF) y el coordinador del proyecto accede a ella y la valida por medio de conexiones a las bases de datos una vez que haya finalizado el viaje.

#### **4.2.2. Recolección de datos de boyas satelitales**

Para monitorear los patrones de deriva, la vida útil y la biomasa agregada, el proyecto solicitó un mínimo

de una posición y una muestra de biomasa por día por boya, o con mayor frecuencia si era posible, dependiendo de la marca y el modelo de la boya y la estrategia de muestreo original que decidiera el pescador. La recolección de datos innecesarios se redujo al mínimo para no alterar la estrategia de pesca. Los datos fueron transferidos directamente de los fabricantes de boyas al personal de la CIAT y fueron almacenados en una base de datos local en la sede de La Jolla para garantizar la confidencialidad. Los datos se notificaron con un lapso de dos a tres meses, lo que ha demostrado ser una estrategia de notificación de datos eficaz para la información notificada conforme a las resoluciones [C-17-02](#), [C-20-06](#) y [C-21-04](#), así como de otras iniciativas mundiales (por ejemplo, Zudaire *et al.* 2021).

## 5. ANÁLISIS DE DATOS

### 5.1. Interacciones con objetos experimentales

Para comprender mejor la distribución espaciotemporal y la frecuencia de las interacciones con los NED por prototipo y parejas de control, el proyecto analizó las interacciones con objetos utilizando datos de observadores, como las siembras, las resiembras, las visitas sin lances involucrados (denominadas “visitas”) y las visitas que condujeron a un lance (denominadas “lances”). Los NED que estaban sujetos a un objeto flotante encontrado en el mar se excluyeron del análisis para garantizar que cada siembra se realizaba en un entorno recién sembrado no colonizado (es decir, “virgen”).

### 5.2. Captura por lance

De manera similar, se comparó la captura por lance (es decir, la cantidad total de atunes por lance, mt) de los NED por prototipo con la captura de múltiples lances sobre plantados estrechamente relacionados en el tiempo y el espacio, incluyendo las parejas de control cuando fue posible. El análisis solo incluyó los lances sobre plantados realizados en un radio de un grado (111 km) y siete días antes o después del lance sobre el NED para tener en cuenta las variaciones espaciales y temporales. Los lances no exitosos (captura total de atún = 0) no se incluyeron en el análisis.

Para asegurarse de capturar toda la agregación de atunes y evitar la posible influencia de la captura por lance sobre el objeto, se sumaron los lances consecutivos realizados sobre el mismo plantado durante un periodo de tiempo corto (por ejemplo dos días) y se consideraron como un solo lance (los pescadores pueden realizar lances sobre un plantado varias veces en días consecutivos). Los tiempos cortos de residencia en los plantados de los atunes individuales y las agregaciones, que varían según la especie (Schaefer y Fuller 2013, Travassos-Toloti *et al.* 2020; Tsukagoe 1981; Cayré 1991; Leroy *et al.* 2009; Matsumoto *et al.* 2006), se tuvieron en cuenta al aplicar este enfoque. Por ejemplo, el atún patudo en el OPO tiene tiempos de residencia cortos de dos a tres días, mientras que otros tiempos de residencia pueden durar hasta 24 días (Schaefer y Fuller 2013). Los estudios que analizaron la dinámica de asociación de los atunes con plantados a la deriva en el Océano Atlántico reportaron tiempos promedio de residencia continua de 9, 19 y 25 días para el atún barrilete, el aleta amarilla y el atún patudo, respectivamente (Travassos-Toloti *et al.* 2020). Baidai *et al.* (2019) estimaron el tiempo de residencia de una agregación de atunes alrededor de un plantado a la deriva en unos seis días utilizando boyas con ecosonda. Por lo tanto, se utilizó una medida conservadora de dos días para tener en cuenta la variabilidad en los tiempos de residencia en este estudio. Se aplicó la misma metodología para comparar la captura por lance entre los plantados de control y los objetos no experimentales circundantes. Además, se estimó el número de días entre el lance y la siembra y se compararon tanto para los NED como para las parejas de control.

### 5.3. Condición de los NED

Para evaluar la degradación de los materiales y los diseños de los NED en el mar, se estimó el tiempo de remojo para cada interacción con NED (por ejemplo, lances, visitas) y los valores de condición registrados por los observadores para los distintos componentes de las estructuras flotantes y sumergidas se

extrajeron y analizaron para cada prototipo. El tiempo de remojo se refiere a la duración de cada NED en el mar entre la siembra y la recuperación o el último registro conocido, y se agrupó en cuatro categorías: 1-30 días, 31-60 días, 61-90 y más de 90 días. Se promediaron los valores de condición para cada componente de los NED para cada periodo de tiempo con el tiempo de remojo que se estimó usando valores mínimos y máximos, así como los cuantiles de 25%, 50% y 75%.

Los datos de 2019-2022, que incluyeron datos de observadores tanto de los programas de observadores de la CIAT como de los nacionales, se utilizaron para analizar la actividad y la captura por lance. Sin embargo, para los datos de 2023, el análisis se basó únicamente en los datos del programa de observadores de la CIAT.

#### **5.4. Patrones de deriva y comparaciones de biomasa entre plantados experimentales**

Para evaluar la eficacia de los plantados experimentales, se utilizó información georreferenciada y acústica procedente de boyas con ecosonda para analizar y comparar sus patrones de deriva, vida útil e indicadores de biomasa. Los patrones de deriva y la vida útil de los NED y las parejas de control se analizaron examinando los datos de posición recolectados por todas las boyas disponibles ( $n = 1066$ ), mientras que algunos se excluyeron para los análisis de biomasa ( $n = 937$ ; ver la Sección 5.4). Se siguieron los siguientes pasos para analizar los datos de las boyas satelitales, incluyendo las trayectorias y la biomasa.

##### **5.4.1. Elaboración de la base de datos de boyas con ecosonda**

Siguiendo la metodología aplicada por Zudaire *et al.* (2021a) y Murua *et al.* (2023), se creó una base de datos de “Boyas con ecosonda”, que incluía información como la fecha de transmisión de la boya, la posición de la boya, la velocidad de la boya y la señal acústica (información sobre la biomasa). Esta base de datos se fusionó con la base de datos “Plantados experimentales-Observadores” vinculando el código de identificación de la boya presente en ambas bases de datos. Las marcas de colores de las parejas de plantados experimentales se utilizaron para identificar los datos de la boya con ecosonda de cada plantado.

##### **5.4.2. Filtrado de datos de ecosonda**

Para filtrar los datos en este estudio, se siguieron los protocolos establecidos en estudios anteriores, como se indica en [Baidai \*et al.\* \(2020\)](#) y Grande *et al.* (2019). Para estimar la biomasa de las agregaciones de atunes en torno a los plantados, se analizaron los datos de boyas con ecosonda utilizando valores acústicos y la metodología descrita en [Uranga \*et al.\* \(2021\)](#).

###### **5.4.2.a Trayectorias de los plantados experimentales**

Para fusionar las bases de datos “Boyas con ecosonda” y “Plantados experimentales-Observadores”, se llevaron a cabo procesos de comprobación cruzada y análisis comparativos de estas bases de datos ([Baidai \*et al.\* 2020](#) y Grande *et al.* 2019). Solo se consideraron para el análisis los registros de los plantados experimentales y las boyas asociadas que coincidían con la fecha de activación y los datos de posición. Además, solo se seleccionaron para el análisis los segmentos de trayectoria y los registros acústicos durante el periodo experimental. Asimismo, solo se incluyeron en el análisis los segmentos de fecha/hora registrados después de la siembra y se excluyeron los segmentos de trayectoria de más de siete días de conexión interrumpida con la boya. Un total de 1,066 boyas satelitales se incluyeron en este análisis.

###### **5.4.2.b Datos acústicos y de posición de los plantados experimentales**

Se implementó un proceso de filtrado para refinar los datos de las boyas proporcionados por las empresas de boyas, lo que supuso seleccionar los registros relacionados con el periodo operacional de los plantados experimentales. Este proceso excluyó los registros de las boyas que estaban a bordo, en tierra o que

contenían datos anómalos durante el análisis, como velocidades superiores a cuatro nudos (kt), los códigos "NA" o errores de conexión satelital (Orue *et al.*, 2019).

Para estimar la agregación de biomasa de atunes y captura incidental a partir de los datos acústicos de las boyas, se aplicó un proceso de refinamiento a los datos acústicos, que consistió en filtrar la capa acústica (Uranga *et al.*, 2021) (ver la Sección 5.4.5). Dado que los autores conocen los detalles técnicos de los algoritmos utilizados por determinados fabricantes de boyas para convertir la señal acústica en biomasa, para esta parte del estudio solo se utilizaron boyas de las empresas Marine Instruments y Satlink. Un total de 937 boyas satelitales con ecosonda se incluyeron en este análisis.

#### 5.4.3. Evaluación de la vida útil

La evaluación de la duración de la vida "operacional" de los plantados experimentales (es decir, la vida útil), basada en los datos de boyas con ecosonda, se evaluó midiendo el periodo entre el día de la siembra hasta la desactivación de la boya con ecosonda asociada. El análisis se realizó para todos los plantados sembrados y por prototipo. La desactivación de la boya, y por lo tanto la desconexión entre la boya y el buque que la monitorea, puede ocurrir debido a varias razones, tales como la degradación del plantado experimental, su recuperación, hundimiento, eliminación, mal funcionamiento o remplazo de la boya, transferencia de propiedad o porque se encuentra fuera de los caladeros que indica la resolución [C-21-04](#) de la CIAT.

#### 5.4.4. Evaluación del rendimiento a la deriva

El rendimiento a la deriva de los NED y los plantados de control se evaluó analizando su trayectoria y velocidad. Los plantados experimentales se clasificaron por tener un comportamiento de deriva similar, parcialmente similar o divergente en función de su velocidad y ubicación utilizando datos georreferenciados proporcionados por las boyas con ecosonda. El análisis consideró las velocidades de todos los plantados experimentales sembrados, tomando en cuenta las diferencias que se observaron en sus patrones de deriva. Este análisis permitió comparar pares de plantados experimentales (NED y plantados de control) y permitió comprender la variabilidad de las velocidades de deriva entre todos los plantados sembrados y por prototipo.

#### 5.4.5. Evaluación de la biomasa de los atunes

El rendimiento de la agregación de biomasa entre los NED y las parejas de control, y por prototipo, se comparó utilizando información de boyas con ecosonda (solo se utilizaron datos de Satlink y Marine Instruments debido a la disponibilidad de información técnica). Las boyas, que proporcionan información sobre la geolocalización y el desplazamiento de las boyas, también proporcionan datos sobre la biomasa agregada bajo el plantado por capa de profundidad. Los datos se registran de 3 a 115 metros de profundidad divididos en 10 capas verticales con una resolución de 11.2 m para Satlink (tres metros de zona ciega), y de 0-150 m (divididos en 50 capas con una resolución de 3 metros) para Marine Instruments. Para evitar posibles interferencias de especies distintas del atún, se excluyeron del análisis las capas someras (<25 m), como se indica en Orue *et al.* (2019) y Uranga *et al.* (2021). Para evitar discrepancias entre los fabricantes de boyas, la estimación de la biomasa de los atunes se basó en la suma de la biomasa registrada entre 25 m y 115 m. Solo se consideraron para el análisis los datos registrados durante el amanecer, entre las 4 a.m. y las 8 a.m. hora local, ya que son los periodos con las mejores señales de biomasa de la ecosonda, como se destaca en Moreno *et al.* (2007) y Uranga *et al.* (2021). Los índices diarios de biomasa se obtuvieron seleccionando el cuantil 0.9 de las observaciones de energía acústica integrada, tal como describen Zudaire *et al.* (2021a) y Uranga *et al.* (2021).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. Actividades e interacciones con objetos experimentales

A partir del tercer trimestre de 2019, se sembraron un total de 780 NED (114 prototipo 1; 395 prototipo 2; 271 prototipo 3) y 764 parejas de control para finales de 2022 (Tabla 1 y Figura 9). El prototipo 2 tuvo una distribución más amplia (70°O-130°O; 7°N-17°S) que los otros dos prototipos y contó con un mayor número de actividades cerca de Sudamérica y las Islas Galápagos (Figura 8). El prototipo 3 tuvo una gran distribución longitudinal (85°O-150°O), con la mayoría de las siembras entre 3°N y 3°S. La mayor parte de las actividades del prototipo 1 se observaron entre 115°O y 155°O y entre 7°N y 4°S (Figura 8). A principios de 2020, ya se había sembrado el 50% de los plantados experimentales, y el 50 % restante se sembró en los meses restantes hasta finales de 2022 (Figura 9).

Durante el estudio, las resiembras fueron escasas tanto para los NED como para las parejas de control (n=13 y n=10, respectivamente), y la mayoría de ellas fueron para el prototipo 2 (n=12). Un total de 86 visitas (prototipo 1, n=5; prototipo 2, n=74; prototipo 3, n=7), y 57 lances (prototipo 1, n=8; prototipo 2, n=46; prototipo 3, n=3; Tabla 1; Figura 8) ocurrieron sobre los NED, mientras que las parejas de control fueron visitadas y se hicieron lances sobre ellas 112 y 145 veces, respectivamente (Tabla 1).

El análisis de las interacciones con los plantados experimentales permitió comprender la variabilidad de las operaciones de la pesca sobre plantados en el OPO. Se encontró un gran número de interacciones de la tripulación sobre plantados en el OPO (Tabla 2). La gran mayoría de los plantados experimentales no se volvieron a encontrar tras su siembra (n=1268), seguidos sobre de los que se realizaron lances tras su siembra (n=52), los que fueron visitados tras su siembra (n=46) y los que fueron recuperados tras una visita (n=42). El porcentaje de estos cuatro conjuntos de interacciones fue ligeramente superior en los plantados tradicionales (57%) que en los NED (43%; Tabla 2).

### 6.2. Captura por lance

Hasta abril de 2023, se ha capturado un total de 1,918 mt de atunes en 57 lances sobre NEDS, con un promedio de 33.6 mt capturadas por lance. En comparación, se capturó un total de 4,599 mt de atunes en 145 lances sobre las parejas de control, con un promedio de 31.7 mt capturadas por lance (Tabla 1). Ambos tipos de plantados mostraron valores similares de captura por lance a otros indicadores a corto y largo plazo en plantados monitoreados, como en [FAD-05-INF-A](#), [FAD-06-01](#), [FAD-07-01](#), [SAC-13-06](#) y [SAC-14-04](#).

Hasta la fecha, solo se han encontrado ocho pares coincidentes de NED y parejas de control para lances (Tabla 3) y, lamentablemente, solo uno de estos pares cumplió los criterios espaciotemporales establecidos. Este par coincidente se encontró fuera del OPO y tuvo una captura de 15 mt sobre el NED y de 20 mt sobre la pareja de control. Se hicieron lances sobre ellos con dos días de diferencia y con 56.8 km de separación (aproximadamente 0.5 grados). Dadas las limitaciones de datos, las comparaciones de grupo con otros objetos en una ventana espaciotemporal específica se consideraron para el análisis (ver la sección de análisis de datos para más detalles) (Figura 10).

Las proporciones de captura por lance de los NED en comparación con los plantados oscilaron entre 0.1 y 11.9 en 25 grupos (promedio = 1.9; mediana = 0.9; Tabla 4). De manera similar, las proporciones de captura por lance de las parejas de control frente a los otros plantados tradicionales oscilaron entre 0.2 y 21.5 en 39 grupos (promedio = 2.2; mediana = 0.8; Tabla 5).

### 6.3. Condición de los NED

La Tabla 6 resume las condiciones observadas de los componentes de los tres prototipos de NED a lo largo del tiempo. El prototipo 1 fue observado 13 veces y se encontró que los materiales de los componentes

flotantes y sumergidos estaban en buenas a muy buenas condiciones después de al menos dos meses en el mar. El prototipo 2 se observó 113 veces y se consideró que sus componentes estaban en general en muy buena condición por al menos dos meses y en condición de buena a regular hasta al menos tres meses después de la siembra. Por el contrario, el prototipo 3 es el que menos durabilidad ha tenido hasta la fecha. Este prototipo se observó 10 veces y se consideró que algunos de los materiales, especialmente los del componente sumergido, estaban en malas condiciones entre uno y dos meses después de su siembra. Sin embargo, los nuevos materiales de algodón y sogá utilizados en la tercera y cuarta tanda de siembras del prototipo 3 parecieron mejorar la condición del material. Se encontró que estos materiales estaban entre buenas y excelentes condiciones al menos dos meses después de su siembra, respectivamente. Sin embargo, es importante señalar que solo se realizaron dos observaciones para cada tiempo de remojo, y en una observación para el periodo de más de 90 días, solo se encontró la boya.

Cabe destacar que el código "NA" que aparece en la Tabla 6 representa diferentes significados en nuestro análisis. Puede referirse a un prototipo que no contiene un material o componente específico (por ejemplo, la lona sumergida del prototipo 1) o que no se pudo observar el NED o alguno de sus componentes (por ejemplo, solo se encontró la boya satelital).

En la Figura 11 se muestra la distribución para los días de tiempo de remojo total por prototipo y pareja de control, la cual se estima como la diferencia entre la primera siembra y la recuperación o el último encuentro. La Tabla 7 proporciona el mínimo, el máximo, el promedio y los cuantiles de 25%, 50% (mediana) y 75% del tiempo total de remojo de los plantados experimentales, con base en los datos de observadores.

Para el prototipo 1, el tiempo total de remojo varió entre 24 y 139 días (>4.5 meses), con un promedio y una mediana de 58 y 38 días, respectivamente. El prototipo 2 tuvo un tiempo total de remojo que osciló entre 1 y 244 días (>8 meses), con un promedio y una mediana de 44 y 40 días, respectivamente. Por otro lado, el prototipo 3 tuvo un tiempo total de remojo entre 40 y 94 días (>3 meses), con un promedio y una mediana de 68 y 67 días, respectivamente. Las parejas de control registraron un tiempo total de remojo que fue entre 1 y 425 días (>14 meses), con un promedio y una mediana de 91 y 72 días, respectivamente.

#### **6.4. Evaluación de la vida útil**

La Tabla 8 presenta los periodos de monitoreo (es decir, periodos operacionales) mínimos, promedio y máximos en días para los plantados experimentales, basados en datos de boyas satelitales con ecosonda. No está claro por qué las boyas dejaron de transmitir datos, pero existen varias causas posibles, como fallas, hundimientos, reemplazo de boyas o desactivación. Estos datos se utilizaron como sustituto de la vida útil (vida "operacional") de los plantados tradicionales y de los tres prototipos de NED, con un máximo de 854 días (promedio = 176) para los plantados tradicionales y un máximo de 790 días (promedio = 193), 379 días (promedio = 124) y 686 días (promedio = 57) para los prototipos de NED 1, 2 y 3, respectivamente (Figura 12).

#### **6.5. Evaluación del rendimiento a la deriva**

La Figura 13 ilustra las trayectorias de deriva de los plantados experimentales desde su siembra hasta el final del periodo de monitoreo o la desactivación de la boya con ecosonda. Los plantados experimentales sembrados frente a Perú se dirigieron predominantemente hacia el oeste, en contraste con los sembrados en la región ecuatorial, que tendieron a seguir direcciones al noroeste o suroeste debido a las corrientes ecuatoriales.

Los plantados experimentales probados mostraron tres patrones de deriva diferentes, como se ve en la Figura 14. Algunos pares de plantados presentaron patrones de deriva similares durante todo el periodo

de monitoreo (n=151). Otros tenían patrones parcialmente similares al principio, pero luego divergieron y mostraron patrones de deriva diferentes (n=123). Por último, algunos pares presentaron patrones de deriva divergentes desde el momento de la siembra (n=19), y estas derivas se mantuvieron divergentes hasta el final del periodo de monitoreo. En algunos casos, las comparaciones entre pares no fueron posibles porque no se encontró el par coincidente (n=182). Se excluyeron del análisis los pares que describían un patrón erróneo o interrumpido (n=49).

La distancia entre los pares de plantados experimentales se analizó en función de los tres patrones de deriva observados. Los resultados (Figura 15) mostraron que los pares divergentes tenían una distancia mayor que los pares de deriva parcialmente similares y similares. Los valores medianos de distancia entre los prototipos de NED siguieron la misma tendencia, excepto en el caso del prototipo 3, en el que los pares de deriva similares mostraron distancias más cortas solo hasta 60 días después de la siembra.

Para analizar la diferencia de velocidad entre pares, se utilizó la misma clasificación de patrones de deriva. Los valores medianos de los patrones de deriva similares y parcialmente similares mostraron un ligero aumento en la velocidad durante los primeros 30-40 días tras la siembra. En los pares divergentes, se observó una mayor variabilidad de la velocidad (Figura 16). Sin embargo, las diferencias de velocidad fueron menores y más estables en los pares con patrones de deriva similares. Este comportamiento también se observó al analizar las diferencias de velocidad entre pares para cada prototipo.

La Tabla 9 muestra los valores de velocidad máxima, promedio y mínima observados para los plantados experimentales sembrados utilizando datos de boyas. Los prototipos de NED 1 y 2 tuvieron valores promedio de velocidad similares (0.72 y 0.80 kt) a los de los plantados tradicionales (0.71 kt), mientras que el prototipo de NED 3 tuvo un valor promedio de velocidad ligeramente superior (1.02 kt).

## 6.6. Evaluación de la biomasa de los atunes

Las estimaciones de biomasa se obtuvieron a partir de las boyas con ecosonda asociadas a los plantados experimentales (Marine Instruments, n=604; Satlink, n=333; Tabla 10). Los resultados mostraron el proceso de colonización y la dinámica de la biomasa para todos los plantados experimentales y por prototipo. El índice de biomasa de los plantados tradicionales aumentó de forma constante hasta 80 días después de la siembra, mientras que el de los NED aumentó hasta 50-60 días después de la siembra (Figura 17). Al considerar los diferentes prototipos de NED, los prototipos 1 y 3 mostraron una tendencia creciente constante en el índice de biomasa hasta 75 y 60 días después de la siembra, respectivamente. Sin embargo, el prototipo de NED 2 presentó una tendencia positiva constante en el índice de biomasa solo hasta aproximadamente 30-40 días, y después mantuvo una tendencia más estable con un valor de índice de biomasa de alrededor de 25 (ver Figura 17).

## 7. DISCUSIÓN

### Rendimiento del prototipo

Con base en los resultados actuales, se encontró que los NED tenían un mejor rendimiento cuando se utilizaban materiales naturales no procesados o poco procesados, como el bambú y la madera balsa, que se mantuvieron en muy buenas condiciones durante todo el periodo de prueba. También se encontró que la fibra de abacá, especialmente cuando estaba recubierta de caucho natural, era duradera y mantenía unas condiciones razonables durante al menos tres meses de tiempo total de remojo en los prototipos 1 y 2. Se tuvo fácil acceso a estos materiales a nivel local y no presentaron desafíos logísticos significativos, pero es importante considerar las posibles limitaciones relacionadas con la disponibilidad local y la escasez si estos materiales se utilizan a mayor escala en el OPO.

En vista de estos prometedores resultados, aproximadamente 43 buques en el [plan de gestión de plantados de TUNACONS](#) están utilizando voluntariamente el prototipo de NED 2 en al menos 20% de sus

siembras de plantados. Además, es probable que otros 12 buques, de dos empresas de la flota ecuatoriana, adopten esta iniciativa en el futuro próximo. Sin embargo, las fibras de algodón utilizadas en el prototipo 3 no lograron los resultados esperados, especialmente las adquiridas para la primera tanda del proyecto. La mejora de la calidad del algodón y los cambios en el diseño de este prototipo mostraron una mejora en la duración de al menos 90 días (Tabla 6), pero se realizaron pocas observaciones para sacar una conclusión definitiva.

Los datos de boyas satelitales mostraron que la vida útil máxima de las parejas de control fue de 854 días, mientras que la de los prototipos de NED 1, 2 y 3 fue de 790, 379 y 686 días, respectivamente. Estos resultados indicaron una vida útil de los NED más larga que su tiempo total de remojo utilizando la base de datos "Plantados experimentales-Observadores". Sin embargo, cabe señalar que, a diferencia de la base de datos "Plantados experimentales-Observadores", en la que la "vida" de la boya solo se registra cuando es el observador quien la encuentra y registra, la base de datos "Boyas con ecosonda" registra la vida "operacional" de la boya hasta que se desactiva.

Los resultados del análisis de los patrones de deriva mostraron que los pares de plantados experimentales tenían, en general, velocidades y comportamientos de deriva similares. Además, los análisis de agregación de biomasa de los atunes realizados con información de las ecosondas mostraron valores similares del índice de biomasa tanto para los plantados tradicionales como para los NED. Sin embargo, la tendencia creciente tras la siembra se mantuvo durante más tiempo en las parejas de control, con 80 días, que en los NED, con 50-60 días. Esto parece deberse principalmente al prototipo de NED 2, que tuvo una tendencia creciente más corta en el índice de biomasa, de solo 30-40 días, en comparación con los prototipos de NED 1 y 3, que tuvieron tendencias crecientes hasta los 75 y 60 días, respectivamente. Esta diferencia podría deberse, entre otros, a la distribución espacial de los prototipos de NED, en la que el prototipo 2 tuvo una distribución bastante oriental y central en el OPO y características oceanográficas distintas en comparación con las áreas occidentales del OPO (Figura 8), probablemente con dinámicas diferentes en la agregación de peces y tasas de presencia ([FAD-07-01](#)). Otros análisis sobre la agregación de biomasa de los atunes en los plantados tradicionales emparejados con el prototipo de NED 2 pueden ayudar a corroborar este supuesto. Además, la tendencia creciente más corta en el índice de biomasa en los NED también puede explicarse por su naturaleza biodegradable, que hace que se deterioren más rápidamente que los plantados tradicionales, por lo que pierden progresivamente su cohesión y atracción para los atunes antes de los 80 días, como se observó en las parejas de control.

## **Difusión y participación**

La participación y la retroalimentación de la industria y los pescadores son cruciales para el éxito del proyecto. Por lo tanto, era esencial asegurarse que se comprendían claramente los objetivos, la metodología y la dinámica del proyecto, y que se utilizaban correctamente los diseños y métodos de seguimiento de los NED. Para ello, se entregaron y compartieron con la flota carteles en los que se describían las principales cuestiones funcionales del proyecto, y se organizaron talleres periódicos con los buques participantes y no participantes durante el proyecto (ver Figura 18). La respuesta de la flota fue positiva, y algunos pescadores enviaron información general y fotografías de los NED que encontraron en el mar, lo que permitió cotejarlos con los datos de los observadores. El coordinador local del proyecto también entrevistó con regularidad a los capitanes participantes sobre cualquier asunto relacionado con el programa, con especial interés en los prototipos de NED utilizados y su rendimiento. A fin de mantener una relación estrecha y consistente con la flota, los pescadores de las dos organizaciones (TUNACONS y AGAC) también recibieron con regularidad actualizaciones del proyecto a través de talleres en línea o presenciales en Manta y Posorja, Ecuador, o en España. A la fecha, todos los participantes han aportado

retroalimentación útil, han propuesto soluciones a los retos y han expresado su total compromiso con el proyecto. En este sentido, el personal de la CIAT seguirá colaborando regularmente con la flota en talleres específicos en un futuro próximo.

### **Retos del proyecto**

La pandemia de COVID-19, que comenzó en el primer trimestre de 2020, causó varios efectos adversos en la dinámica de trabajo de este proyecto. Las dificultades logísticas obstaculizaron la recolección de nuevos datos debido a la escasez de buques y observadores en el mar; además hubo problemas con la cadena de suministro que retrasaron la construcción de nuevos NED, incluyendo la escasez y disponibilidad de materiales, así como las restricciones de importación y exportación. El cierre de fábricas, aduanas y fronteras, y las restricciones a los envíos y viajes nacionales e internacionales contribuyeron a estos retos y repercutieron en la construcción y las siembras de NED. A pesar de estas dificultades, la disponibilidad de materiales mejoró y las restricciones y regulaciones se han relajado desde finales de 2021, lo que ha permitido reanudar gradualmente la construcción de NED.

Aunque, en general, los NED han tenido un rendimiento razonablemente bueno, los participantes han planteado algunas preocupaciones durante las pruebas de los prototipos en el tercer y cuarto trimestre de 2019. Se emprendieron esfuerzos para mejorar estos prototipos y para responder a las preocupaciones de las flotas. Por ejemplo, las pruebas de laboratorio demostraron que la condición de la lona y las sogas de fibras de abacá del prototipo 2 puede mejorar cuando se recubren con productos naturales como el caucho. La tripulación pesquera observó una potencial debilidad en la conexión entre el componente sumergido y el componente flotante en el prototipo 1, lo que llevó a una ligera modificación para reforzar la unión y reducir la posible pérdida del componente sumergido. Además, se añadieron dos pequeñas sogas de nylon que corrían de forma independiente y en paralelo a cada soga de abacá trenzada, y se consideró el método de atado y colgado de las sogas para garantizar que el rendimiento de las sogas de abacá no se viera comprometido.

De manera similar, se reportaron problemas asociados a la lona de algodón para el prototipo 3, probablemente debido a la calidad del material utilizado. El prototipo de NED 3 sembrado en el cuarto trimestre de 2019 y el primer trimestre de 2020 aparentemente se deshizo, particularmente el componente flotante, lo que aumentó las posibilidades de que la boya satelital se haya desprendido del objeto experimental. Sin embargo, los experimentos realizados durante la Fase 1 demostraron que el rendimiento de la lona de algodón podía mejorarse utilizando material de mejor calidad y mayor grosor. Por lo tanto, se decidió mejorar tanto la calidad como el grosor del algodón para el prototipo de NED 3, con los cambios previstos para el tercer trimestre de 2021 y la última tanda de siembras en 2022.

Además del problema con la lona de algodón, algunas de las sogas utilizadas en la parte sumergida del prototipo 3 en el cuarto trimestre de 2019 y el primer trimestre de 2020 parecían estar fallando. Se adquirió material de un nuevo proveedor para reemplazar las sogas de la parte sumergida del prototipo 3 para su siembra en el tercer trimestre de 2021, basándose en el éxito de proyectos similares en otras regiones del mundo en los que participaron algunas de las empresas participantes (Zudaire *et al.* 2021). Sin embargo, el material nuevo no tuvo el rendimiento esperado, lo que condujo a realizar otra modificación en el diseño del NED con el objetivo de extender su durabilidad. En la última tanda de siembras, las sogas biodegradables fueron reemplazadas por sogas sintéticas para asegurar la cohesión e integridad del NED a largo plazo y el compromiso de la flota con el proyecto.

También se hicieron pequeñas modificaciones para preservar la flotación y fortalecer la conexión entre los componentes sumergidos y superficiales del prototipo 3, como la adición de sogas pequeñas de nylon y el aumento de la cantidad de madera balsa utilizada (Figura 19). En el momento de redactar este informe, solo se han recolectado y analizado un puñado de registros para determinar el impacto de estos cambios en la duración del prototipo 3. Sin embargo, los resultados preliminares sugieren que la mejora de la calidad del algodón y las modificaciones del diseño han aumentado significativamente la duración del prototipo, al menos hasta 90 días (Tabla 6).

## 8. TRABAJO FUTURO Y RECOMENDACIONES

El personal de la CIAT está trabajando y coordinándose estrechamente con otros programas voluntarios y científicos que siembran plantados biodegradables en la región, como la iniciativa voluntaria de TUNACONS y el proyecto de JellyFAD de ISSF. Asimismo, las flotas de AGAC a nivel mundial han iniciado programas voluntarios de transición hacia el uso de plantados biodegradables. Es importante continuar procesando y analizando la información recolectada por los observadores y otros medios, como de las boyas con ecosonda, para comprender mejor el rendimiento de los diferentes objetos experimentales en el mar. Con los cambios en la calidad de algunos materiales y las pequeñas modificaciones de diseño en estos tres prototipos de NED, puede ser conveniente actualizar los análisis y resultados sobre la condición de los materiales de NED en el futuro próximo, evaluando su rendimiento por separado con una muestra de mayor tamaño. No obstante, los resultados presentados en este estudio son alentadores y podrían servir de base para una implementación eficaz y gradual de plantados biodegradables en la región.

Aunque se están llevando a cabo algunas iniciativas para evaluar el rendimiento a la deriva y la durabilidad de los plantados con diseños más sencillos (por ejemplo, el jellyFAD, [FAD-05 INF-B](#), Moreno *et al.* 2023), todavía faltan en el OPO experimentos a gran escala en el mar que aborden esta cuestión. Por lo tanto, es conveniente contar con iniciativas que consideren probar diseños de plantados más sencillos y con menos material. Además, es necesario adoptar enfoques participativos continuos con los pescadores para fomentar la participación y descubrir medios para reducir el uso de material en los plantados. Esto podría ser de particular interés para aquellas flotas que utilizan plantados más profundos y que operan principalmente en alta mar y más cerca del límite occidental del Área de la Convención de la CIAT, donde históricamente se han utilizado plantados más profundos ([FAD-05-INF-C](#), [FAD-06-01](#), [FAD-07-01](#)).

Dada la naturaleza relativamente menos resistente y de más rápida degradación de los componentes de los NED, es razonable suponer que los plantados biodegradables pueden ser más sensibles a la manipulación que los plantados tradicionales. Por lo tanto, los pescadores desean minimizar, tanto como sea posible, el contacto innecesario y las manipulaciones bruscas con plantados biodegradables para mejorar su vida útil en el mar, al menos durante las fases de experimentación e implementación. En estos casos, los pescadores también deben estar preparados con herramientas y materiales que permitan reparar o reemplazar componentes en los plantados biodegradables en el mar. Sin embargo, los pescadores parecen estar conscientes de estas diferencias, lo que puede estar afectando ya la manipulación de los plantados y las estrategias de pesca. Estos supuestos tendrían que confirmarse y validarse con datos, como información empírica y entrevistas, para que se puedan evaluar de manera integral los impactos reales de la transición de plantados tradicionales a plantados biodegradables en las distintas estrategias de pesca.

Aunque durante el proyecto se sembraron 1,531 plantados experimentales (780 pares), se utilizaron 1,066 y 937 boyas para los análisis de vida útil/rendimiento a la deriva y biomasa de los atunes, respectivamente.

Se excluyeron 277 pares debido a inconsistencias en los datos (etiquetados como "único": cuando el par coincidente no estaba presente, "comprobar": cuando la trayectoria de uno de los pares describía largos periodos interrumpidos, o "error": cuando la boya mostraba varias trayectorias contradictorias), o porque la información de la boya no estaba disponible por diversas razones, como que un observador registrara un número de serie incorrecto de la boya, que la boya se desactivara inmediatamente después de su siembra o que la compañía del buque no facilitara la información de la boya durante el periodo experimental. En algunos casos, la boya pertenecía a una compañía de buques no participante en el proyecto. Además, para los análisis de las señales acústicas, en algunos casos, las boyas fueron fabricadas por una empresa (por ejemplo, Zunibal) para la que no existía un procedimiento analítico establecido para integrarlas en la base de datos de información acústica, por lo que estos datos no se incluyeron en los análisis.

Con el fin de completar el análisis con todas las boyas asociadas a los plantados experimentales, el personal continuará sus esfuerzos para obtener la información restante, así como para realizar las gestiones necesarias para incorporar los datos de todos los fabricantes de boyas a los procedimientos analíticos en el futuro próximo.

A pesar de estos desafíos, los resultados de este estudio son prometedores en general y sugieren que la transición a plantados biodegradables para reducir los impactos negativos sobre las especies y ecosistemas asociados puede ser posible sin comprometer la eficacia del método de pesca. Por lo tanto, el personal de la CIAT formula las siguientes recomendaciones:

- Considerar los prototipos actuales 1 y 2, y en menor medida el prototipo 3, como ejemplos potenciales para la construcción eficaz de plantados biodegradables.
- Considerar un proceso gradual/escalonado, incluido un cronograma para la implementación de plantados totalmente biodegradables con base en el estado actual de disponibilidad de materiales.
- Reducir, en la medida de lo posible y dentro del proceso gradual de implementación de plantados biodegradables, la cantidad de material y los componentes no biodegradables del diseño y la construcción de los NED, siempre que no se comprometa la eficacia pesquera.

## 9. REFERENCIAS

- Baidai, Y., L. Dagorn, M.J. Amande, D. Gaertner, and M. Capello. 2019. Aggregation processes of tuna under drifting fish aggregating devices (DFADs) assessed through fisher's echosounder buoy in the Indian Ocean. IOTC-2019- WPTT21-55\_Rev1. 16 pp.
- Cayré P. 1991. Behavior of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) and skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) around fish aggregating devices (FADs) in the Comoros Islands as determined by ultrasonic tagging. Aquat Living Resour 4:1–12.
- Cillari, T., A. Allegra, F. Andaloro, M. Gristina, G. Milisenda, and M. Sinopoli. 2018. The use of echo-sounder buoys in Mediterranean sea: a new technological approach for a sustainable FADs fishery. Ocean Coast Manag. 152, 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.11.018>.
- Delgado de Molina, A., J. Ariz, J.C. Santana, and S. Deniz. 2006. Study of alternative models of artificial floating objects for tuna fishery (experimental purse-seine campaign in the Indian Ocean). IOTC-2006-WPBy-05. 28 pp.
- Filmlalter, J. D., M. Capello, J.-L. Deneubourg, P. D. Cowley and L. Dagorn (2013). "Looking behind the curtain: quantifying massive shark mortality in fish aggregating devices." Frontiers in Ecology and the Environment 11(6): 291-296.
- Franco, J., L. Dagorn, I. Sancristobal, and G. Moreno. 2009. Design of ecological FADs. IOTC-2009-WPEB-16.
- Franco, J., Moreno G, López J, and I. Sancristobal. 2012. testing new designs of Drifting Fish Aggregating Device (DFAD) in the Eastern Atlantic to reduce turtle and shark mortality. Collect Vol Sci Pap ICCAT. 2012; 68: 1754–1762.
- Grande, M. et al. 2019. From fishermen to scientific tools: Progress on the recovery and standardized processing of echosounder buoys data. J-T-RFMO FAD WG 2019\_Grande\_S06.
- Hall, M., M. Román. (2013). Bycatch and non-tuna catch in the tropical tuna purse seine fisheries of the world. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 568. Rome, FAO. 249 pp. Available online: <http://www.fao.org/docrep/018/i2743e/i2743e00.htm>.
- IATTC. 2019. Tuna fishery, stocks, and ecosystem in the eastern Pacific Ocean in 2018. IATTC Fisheries Status Report 17. [https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/English/No-17-2019\\_Tuna%20fishery,%20stocks,%20and%20ecosystem%20in%20the%20eastern%20Pacific%20Ocean%20in%202018.pdf](https://www.iattc.org/PDFFiles/FisheryStatusReports/English/No-17-2019_Tuna%20fishery,%20stocks,%20and%20ecosystem%20in%20the%20eastern%20Pacific%20Ocean%20in%202018.pdf).
- ISSF. 2020. Large-Scale Deployment of Biodegradable FADs. Available at: <https://iss-foundation.org/download-monitor-demo/download-info/large-scale-deployment-of-biodegradable-fads>
- ISSF. 2022. Status of the world fisheries for tuna. Mar. 2022. ISSF Technical Report 2022-04. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA. Available at: <https://www.issf-foundation.org/research-advocacy-recommendations/our-scientific-program/scientific-reports/download-info/issf-2022-04-status-of-the-world-fisheries-for-tuna-march-2022/>
- Karlsson, H. (2007). Some aspects on strength properties in paper composed of different pulps (Licentiate dissertation). Fakulteten för teknik- och naturvetenskap. Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-1196>.
- Lennert-Cody, C.E., J. J. Roberts, and R.J. Stephenson. 2008. Effects of gear characteristics on the presence of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) in the catches of the purse-seine fishery of the eastern Pacific Ocean. ICES Journal of Marine Science, 65(6): 970–978.

- Lennert-Cody, C. E., and M. A. Hall. 1999. The development of the purse seine fishery on drifting fish aggregating devices in the eastern Pacific Ocean: 1992-1998. In *Pêche thonière et dispositifs de concentration de poissons*, Ed. by J.-Y Le Gall, P. Cayré, and M. Taquet. Colloque Caraïbe-Martinique, Trois-îlets, 15–19 Octobre 1999.
- Leroy B, Itano DG, Usu T, Nicol SJ, Holland KN, Hampton J. 2009. Vertical behavior and observation of FAD effects on tropical tuna in the warm-pool of the western Pacific Ocean. In: Nielsen JL, Arrizabalaga H, Fragoso N, Hobday A, Lutcavage M, Sibert J (eds) *Reviews: methods and technologies in fish biology and fisheries*, vol 9, tagging and tracking of marine animals with electronic devices. Springer, Berlin, pp 161–179.
- Lopez, J., Ferarios, J.M., Santiago, J., Ubis, M., Moreno, G. and Murua, H., 2019. Evaluating potential biodegradable twines for use in the tropical tuna FAD fishery. *Fisheries Research*, 219, p.105321.
- Lopez, J., G. Moreno, G. Boyra, L. Dagorn. 2016. A model based on data from echosounder buoys to estimate biomass of fish species associated with fish aggregating devices. *Fishery Bulletin*, 114: 166–178.
- Lopez, J., G. Moreno, I. Sancristobal, and J. Murua. 2014. Evolution and current state of the technology of echosounder buoys used by Spanish tropical tuna purse seiners in the Atlantic, Indian and Pacific Oceans. *Fish.Res.* 155:127–137.
- Maufroy, A., E. Chassot, R. Joo, and D. M. Kaplan. 2015. Large-scale examination of spatio-temporal patterns of drifting fish aggregating devices (dFADs) from tropical tuna fisheries of the Indian and Atlantic Oceans. *PLoS One*, 10: e0128023.
- Matsumoto T, Okamoto H, Toyonaga M. 2006. Behavioral study of small bigeye, yellowfin and skipjack tunas associated with drifting FADs using ultrasonic coded transmitter in the central Pacific Ocean. *West Cen Pac Fish Comm 2nd Sci Comm Fish Tech Info Pap* 7. p 25. <https://www.wcpfc.int/node/1744>.
- Moreno, G., Salvador, J., Zudaire, I., Murua, J., Pelegrí, J.L., Uranga, J., Murua, H., Grande, M., Santiago, J. and Restrepo, V., 2023. The Jelly-FAD: A paradigm shift in the design of biodegradable Fish Aggregating Devices. *Marine Policy*, 147, p.105352.
- Moreno, G., J. Salvador, H. Murua, J. Uranga, I. Zudaire, J. Murua, M. Grande, O. Cabezas, and V. Restrepo. 2021. The Jelly-Fad: A paradigm shift in Bio-FAD design. OTC-2021-WGFAD02-10. <https://www.iotc.org/sites/default/files/documents/2021/09/IOTC-2021-WGFAD02-10.pdf>
- Moreno, G., and V. Restrepo. 2018. "Minimizing the impact of FAD structure on the ecosystem". FADMO-IWG3-IP-12. <https://www.wcpfc.int/system/files/FADMOIWG3-IP-12%206%20Minimizing%20impact%20of%20FAD%20structure%20on%20ecosystem.pdf>
- Moreno, G., Jauhary, R., Adam, S.M. and Restrepo, V., 2018a. Moving away from synthetic materials used at FADs: evaluating biodegradable ropes degradation. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 74(5), pp.2192-2198.
- Moreno, G., Orue, B. and Restrepo, V., 2018b. Pilot project to test biodegradable ropes at FADs in real fishing conditions in western Indian Ocean. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 74(5), pp.2199-2208.
- Moreno, G., Murua, J., Kebe, P, Scott, J. and Restrepo, V. 2018c. Design workshop on the use of biodegradable fish aggregating devices in Ghanaian purse seine and pole and line tuna fleets. ISSF Technical Report 2018-07. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Moreno, G., Restrepo, V., Dagorn, L, Hall, M., Murua, J., Sancristobal, I., Grande, M., Le Couls, S., Santiago, J. 2016. Workshop on the Use of Biodegradable Fish Aggregating Devices (FADs). ISSF Technical Report 2016-18A. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.

[https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero\\_attachments/library\\_1/8PJ3IHUU%20-%20ISSF-2016-18A-Workshop-on-Biodegradable-FADs-1.pdf](https://www.bmis-bycatch.org/system/files/zotero_attachments/library_1/8PJ3IHUU%20-%20ISSF-2016-18A-Workshop-on-Biodegradable-FADs-1.pdf)

- Moreno, G., Josse, E., Brehmer, P. and Nøttestad, L. 2007. "Echotrace classification and spatial distribution of pelagic fish aggregations around drifting fish aggregating devices (DFAD)." *Aquatic Living Resources* 20(4): 343-356.
- Murua, H., Zudaire, I., Tolotti, M., Murua, J., Capello, M., Basurko, O.C., Krug, I., Grande, M., Arregui, I., Uranga, J. and Ferarios, J.M., 2023. Lessons learnt from the first large-scale biodegradable FAD research experiment to mitigate drifting FADs impacts on the ecosystem. *Marine Policy*, 148, p.105394.
- Mwaikambo, L., 2006. Review of the history, properties and application of plant fibres. *African Journal of Science and Technology*, 7(2), p.121.
- Orue, B., Lopez, J., Moreno, G., Santiago, J., Soto, M., and Murua, H. 2019. Aggregation process of drifting fish aggregating devices (DFADs) in the Western Indian Ocean: Who arrives first, tuna or non-tuna species? *Plos One*, 14(1), e0210435. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210435>
- Razak, W., S. Othman, M. Aminuddin, W.S. Hashim, and K. Izyan. 2008. Bamboo as an eco-friendly material for use in aquaculture industry in Malaysia. *Journal of Sustainable Development*. Vol. 1, No.2. July 2008, pp. 49-54.
- Razak, W., M. Aminuddin, W.S. Hashim, and S. Othman. 2005. Effect of heat treatment using palm oil on properties and durability of Semantan bamboo. *Journal of Bamboo and Rattan*. Vol. 4, No.3. July 2005, pp. 211-220 (10). ISSN: 1569-1568, International Network for Bamboo and Rattan.
- Saragih, S.W., Lubis, R., Wirjosentono, B. and Eddyanto, 2018. Characteristic of abaca (*Musa textilis*) fiber from Aceh Timur as bioplastic. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2049, No. 1, p. 020058). AIP Publishing LLC.
- Satoh, K., H. Okamoto, Y. Takeuchi, T. Matsumoto, K. Watanabe, H. Saito, K. Ikehara, N. Miyabe, and H. Honda. 2007. Preliminary results of the relationship between catch ratio of bigeye tuna (*Thunnus obesus*) to total catch and depth of underwater structures of FADs. Scientific Committee Third Regular Session, Honolulu, Hawaii, 13-24 August. WCPFC-SC3-FT SWG/WP-4. Western and Central Pacific Fisheries Commission. 12 pp.
- Schaefer, K. and D. Fuller (2013). "Simultaneous behavior of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), bigeye (*Thunnus obsesus*), and yellowfin (*T. albacares*) tunas, within large multi-species aggregations associated with drifting fish aggregating devices (FADs) in the equatorial eastern Pacific Ocean." *Marine Biology*: 1-10.
- Sinopoli, M., T. Cillari, F. Andaloro, C. Berti, P. Consoli, F. Galgani, and T. Romeo. 2020. Are FADs a significant source of marine litter? Assessment of released debris and mitigation strategy in the Mediterranean Sea. *J. Environ. Manag.* (2020), 253, 8pp. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109749>. Watters, G. M. 1999. Geographical distributions of effort and catches of tunas by purse-seine vessels in the eastern Pacific Ocean during 1965-1998. IATTC Data Report 10. [https://www.iattc.org/PDFFiles/DataReports/\\_English/No-10-1999-WATTERS,%20GEORGE%20M\\_Geographical%20distributions%20of%20effort%20and%20catches%20of%20tunas%20by%20purse-seine%20vessels%20in%20the%20eastern%20Pacific%20Ocean%20during%201965-1998.pdf](https://www.iattc.org/PDFFiles/DataReports/_English/No-10-1999-WATTERS,%20GEORGE%20M_Geographical%20distributions%20of%20effort%20and%20catches%20of%20tunas%20by%20purse-seine%20vessels%20in%20the%20eastern%20Pacific%20Ocean%20during%201965-1998.pdf)

- Travassos-Tolotti, M., F. Forget, M. Capello, J.D. Filmlalter, M. Hutchinson, D. Itano, K. Holland and L. Dagorn. 2020. Association dynamics of tuna and purse seine bycatch species with drifting fish aggregating devices (FADs) in the tropical eastern Atlantic Ocean. *Fish.Res.* 226:12 pp.
- Tsukagoe T. 1981. Fishing skipjack tuna schools associated with shoals and drifting objects. *Suisan Sekai* 30:78–81. NOAA. NMFS translation no 83 by Tamio Otsu.
- TUNACONS. 2018. Materiales de origen vegetal para FADs. 3rd Meeting of the *Ad Hoc* Permanent Working Group on FADs. 9th Meeting of the Scientific Advisory Committee 14-18 May - La Jolla, California, USA. Presentation available at: [https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2018/SAC-09/FAD-03/PRES/\\_English/FAD-03a-PRES-ESO\\_TUNACONS-Materiales-de-origen-vegetal-para-FADs.pdf](https://www.iattc.org/Meetings/Meetings2018/SAC-09/FAD-03/PRES/_English/FAD-03a-PRES-ESO_TUNACONS-Materiales-de-origen-vegetal-para-FADs.pdf).
- Uranga, J., Lopez, J., Grande, M., Lennert-Cody, C., Quincoces, I., Granado, I., Maunder, M., Aires-da-Silva, A., Merino, G., Murua, H., and Santiago, J. 2021. Tropical tuna biomass indicators from echosounder buoys in the Eastern Pacific Ocean. Document FAD-05-INF-E.
- Valášek, P., Müller, M. and Šleger, V., 2017. Influence of plasma treatment on mechanical properties of cellulose-based fibres and their interfacial interaction in composite systems. *BioResources*, 12(3), pp.5449-5461.
- Zudaire, I., Santiago, J., Grande, M., Murua, H., Adam, P.A., Nogués, P., Collier, T., Morgan, M., Khan, N., Baguette, F. and Moron, J., 2018. FAD Watch: a collaborative initiative to minimize the impact of FADs in coastal ecosystems. A paper submitted to the *14th IOTC Working Party on Ecosystems and Bycatch, Cape Town, South Africa*.
- Zudaire, I., Moreno, G., Murua, J., Murua, H., Tolotti, M.T., Román, M., Lopez, J., Grande, M., Merino, G., Escalle, L., Hamer, P., Bazurko, O.C., Capello, M., Dagorn, L., Ramos, M.L., Abascal, F.J., Báez, J.C., Pascual-Alayón, P.J., Déniz, S., and Santiago, J., 2021. Biodegradable dFADs: current status and prospects. IOTC-2021-WGFAD02-09. <https://www.iotc.org/documents/biodegradable-dfads-current-status-and-prospects>.
- Zudaire, I., Uranga, J., Salgado, A., Arregi, I., Krug, I., Santiago, J. and Grande, M., 2021a. Collaboration of AZTI on the ISSF project “large-scale deployment of biodegradable FADs with Ghanaian fleets in the Atlantic Ocean and Caroline Fisheries Company fleet in the Western Pacific”. Elaborado por AZTI para ISSF.

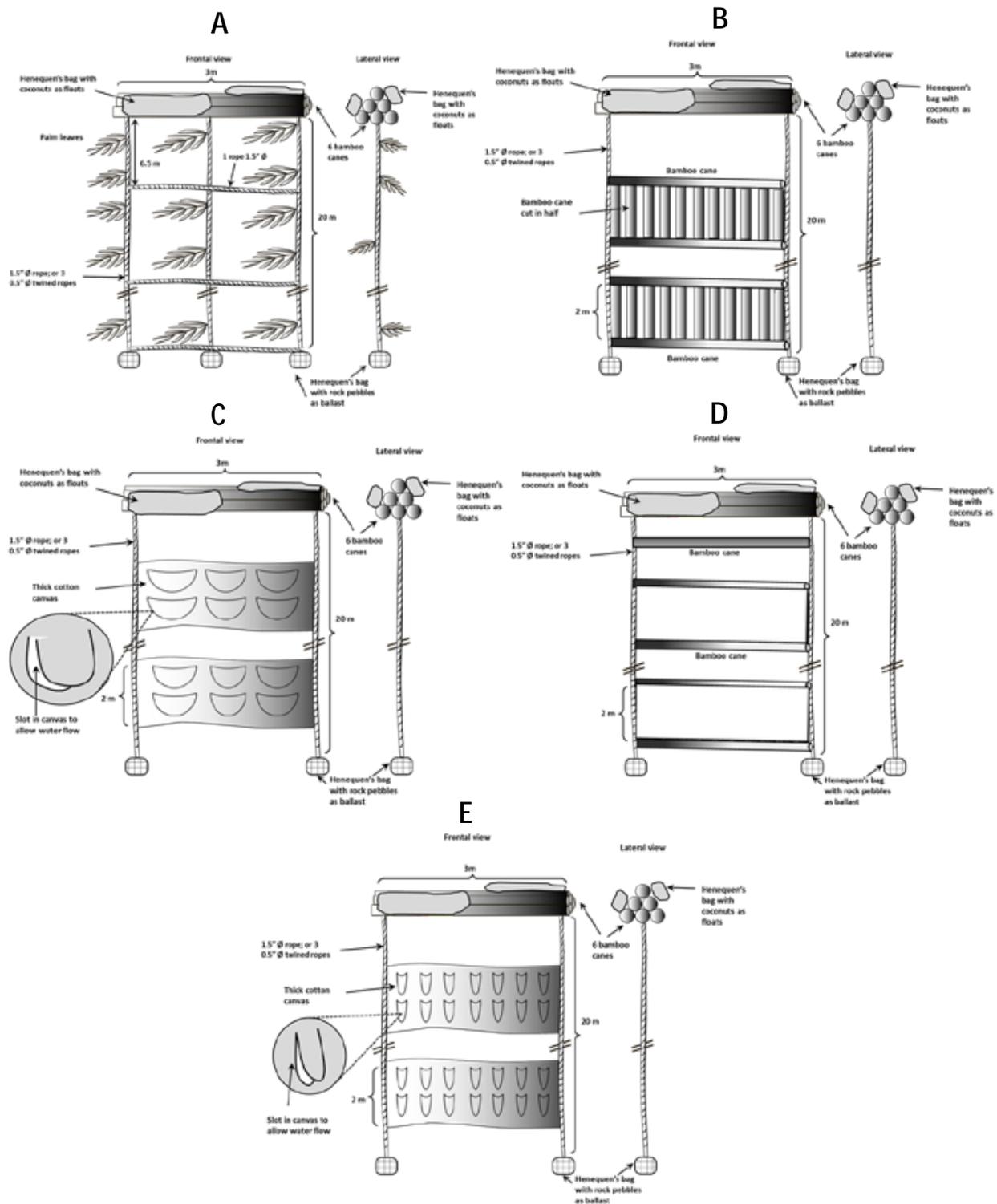


FIGURA 1. Prototipos 1(A) a 5 (E) utilizados para la Fase 1 (subvención EU-7592).

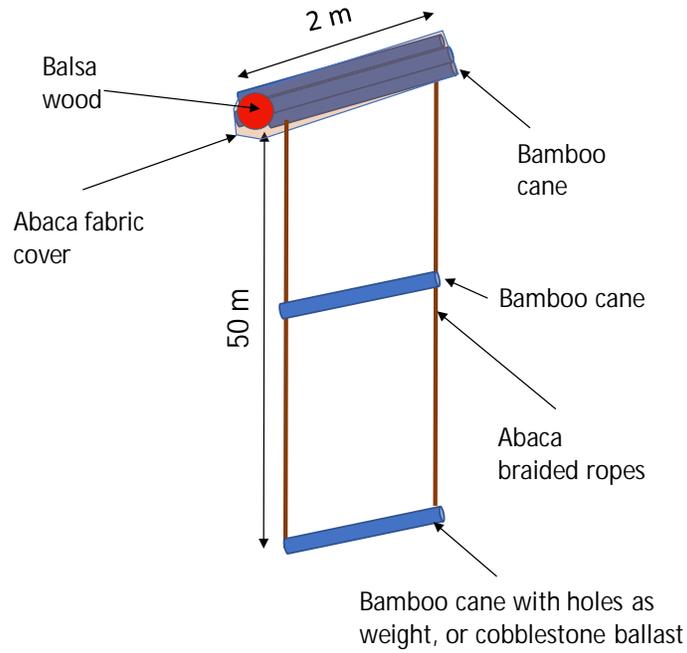


FIGURA 2a. Prototipo de NED 1.

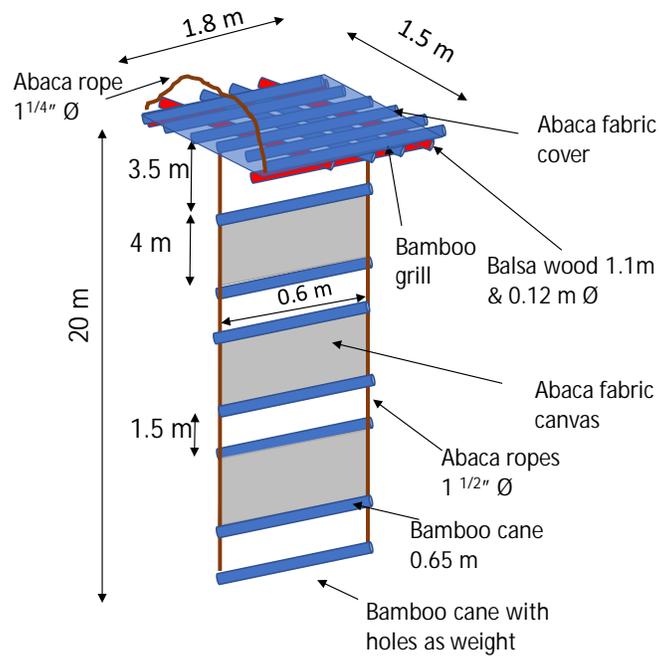


FIGURA 2b. Prototipo de NED 2.

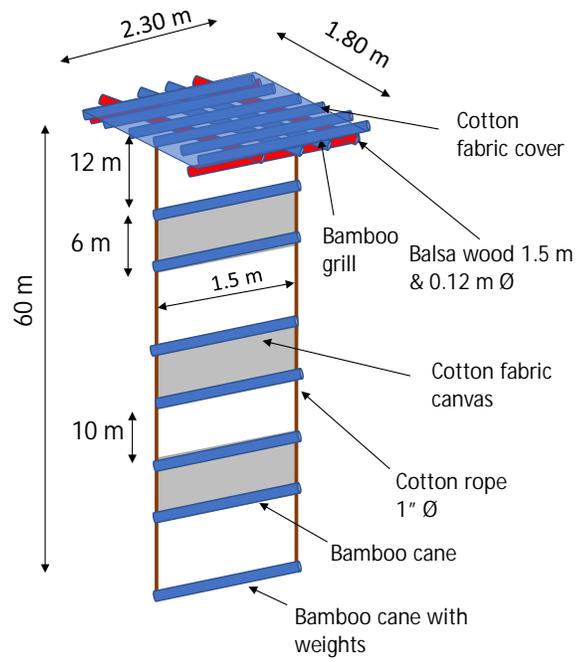


FIGURA 2c. Prototipo de NED 3.

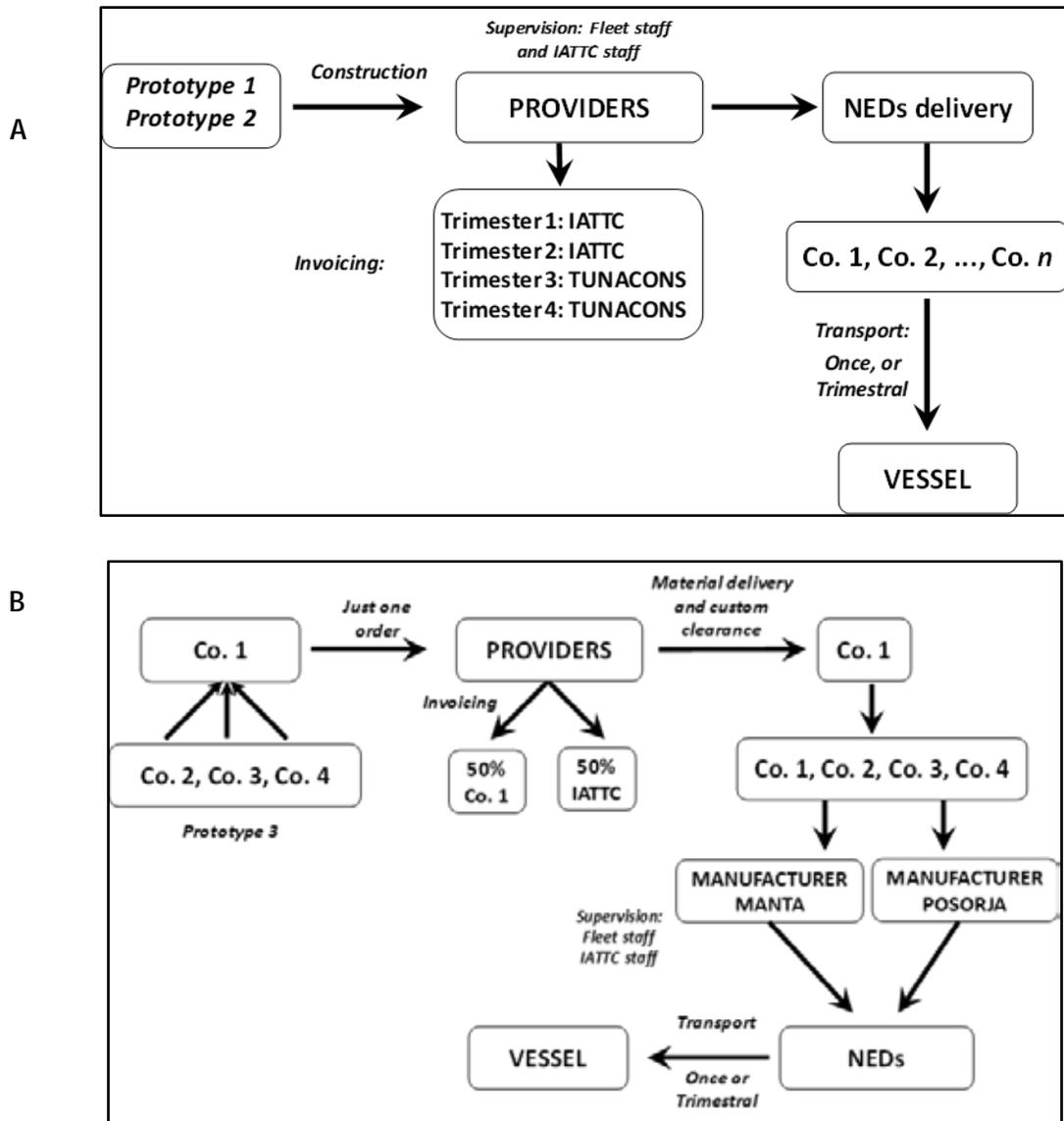


FIGURE 3. Diagrama de flujo que muestra las opciones de construcción y pago de los NED utilizados por TUNACONS (A) y AGAC (B).



FIGURA 4. Marcas metálicas de colores colocadas tanto en la balsa como en las boyas de los plantados experimentales; NED (verde) y parejas de control (rojo).

Comisión Interamericana del Atún Tropical

**REGISTRO DE OBJETOS FLOTANTES COMPLEMENTARIO (ROF-C)**

Utilice este registro exclusivamente para proveer información de los NED descritos en el instructivo

| No. de Crucero   |    |    |                 | 150000                 |                 |                          |                 |
|--|----|----|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| No. de objeto  | NE | NP | Levantado       | Estructura superficial |                 | Estructura bajo el agua  |                 |
|  |    |    |                 | Condición              | ¿Reemplazado?   | Condición                | ¿Reemplazado?   |
| 001011   |    |    | Sí [ ] No [ ]   | Bambú [ 1 ]            | Sí [ ] No [ X ] | Lonas [ ]                | Sí [ ] No [ ]   |
| Comentarios:   |    |    |                 | Lona envolvente [ 1 ]  | Sí [ ] No [ X ] | Soga principal [ 1 ]     | Sí [ ] No [ X ] |
|  |    |    |                 | Balsa [ 1 ]            | Sí [ ] No [ X ] | Soga de amarre [ 1 ]     | Sí [ ] No [ X ] |
|  |    |    |                 | Soga de amarre [ 1 ]   | Sí [ ] No [ X ] | Bambú (estructura) [ ]   | Sí [ ] No [ ]   |
|  |    |    |                 |                        |                 | Bambú (lastre) [ 1 ]     | Sí [ ] No [ X ] |
| No. de objeto  | NE | NP | Levantado       | Estructura superficial |                 | Estructura bajo el agua  |                 |
|  |    |    |                 | Condición              | ¿Reemplazado?   | Condición                | ¿Reemplazado?   |
| 002013   |    |    | Sí [ X ] No [ ] | Bambú [ 2 ]            | Sí [ ] No [ X ] | Lonas [ 3 ]              | Sí [ ] No [ X ] |
| Comentarios:   |    |    |                 | Lona envolvente [ 3 ]  | Sí [ ] No [ X ] | Soga principal [ 3 ]     | Sí [ ] No [ X ] |
| AL SER REVOLCADO, PUEDE OBSERVAR LA PARTE COLGANTE DEL NED CERCA DE LA SUPERFICIE. NED FUE LEVANTADO A LA MITAD. |    |    |                 | Balsa [ 2 ]            | Sí [ ] No [ X ] | Soga de amarre [ 3 ]     | Sí [ ] No [ X ] |
|  |    |    |                 | Soga de amarre [ 3 ]   | Sí [ ] No [ X ] | Bambú (estructura) [ 2 ] | Sí [ ] No [ X ] |
|  |    |    |                 |                        |                 | Bambú (lastre) [ 2 ]     | Sí [ ] No [ X ] |

FIGURA 5. Ejemplo de un formulario de registro de objetos flotantes complementario (ROF-C).

Inter-American Tropical Tuna Commission  
**NED AND PAIRED FAD INFORMATION RECORD FOR TRIMARINE SKIPPERS (NPR-TS)**

|             |    |            |    |      |          |     |           |   |
|-------------|----|------------|----|------|----------|-----|-----------|---|
| Vessel name | YY | DATE<br>MM | DD | TIME | LATITUDE | N/S | LONGITUDE | W |
|-------------|----|------------|----|------|----------|-----|-----------|---|

**A. General information. Use buoy code table below to indicate the satellite buoy manufacturer. When the buoy is replaced, use the space for Buoy 2. Use the condition codes table below to record the components condition.**

Activity: Deployed  Fished  Visited  Was the object removed from the sea? Yes  No

| Satellite or radio buoys |               | Metallic tags |  |
|--------------------------|---------------|---------------|--|
| Make / Model             | Serial number | Tag 1:        |  |
| Buoy 1                   |               | Tag 2:        |  |
| Buoy 2                   |               |               |  |

| Lifted: Yes [ ] No [ ] | NED floating structure (Raft) |                | NED underwater structure (Tail) |                |
|------------------------|-------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------|
|                        | Condition                     | Replaced?      | Condition                       | Replaced?      |
| Prototype No.: [ ]     | Bamboo [ ]                    | Yes [ ] No [ ] | Canvas [ ]                      | Yes [ ] No [ ] |
| Comments:              | Canvas cover [ ]              | Yes [ ] No [ ] | Main rope [ ]                   | Yes [ ] No [ ] |
|                        | Balsa wood [ ]                | Yes [ ] No [ ] | Tightening rope [ ]             | Yes [ ] No [ ] |
|                        | Tightening rope [ ]           | Yes [ ] No [ ] | Bamboo (structure) [ ]          | Yes [ ] No [ ] |
|                        |                               |                | Bamboo (ballast) [ ]            | Yes [ ] No [ ] |

| Condition codes of degradable components |              |   |
|--|--------------|---|
| Code                                     | Condition    | Description   |
| 0  | Not observed | Component is present, but its condition could not be observed (very turbid water, observed at night, etc.).   |
| 1  | Excellent    | New. With its natural color. No signs of damage or deterioration. Strongly attached to other components.  |
| 2  | Very good    | Little discoloration. No apparent signs of damage or deterioration. Firm cohesion with other components.  |
| 3  | Good         | Slightly worn. Few cracks/tears/discoloration. Cohesion with other components is relatively firm. Begins to show signs of weakness.                     |
| 4  | Fair         | Evidence of wear. Several cracks/tears. Cohesion with other components is weak. Very discolored.  |
| 5  | Poor         | Very deteriorated. Separated from other components. 50% has disappeared. Very discolored. Cohesion with other components is insufficient and very weak. |
| 6  | Very poor    | Little evidence of its presence. More than 80% has disappeared. Very discolored. Cohesion is almost non-existent.                                       |

| Buoy code table – Make and model of buoys          |       |     |                                  |       |     |
|--|-------|-----|----------------------------------|-------|-----|
| MARINE INSTRUMENTS (Nautical)                      |       |     | SATLINK                          |       |     |
| Model  | Codes |     | Model                            | Codes |     |
| Unknown  | MARD  | 100 | Unknown                          | SATD  | 200 |
| MDP  | MDP   | 101 | D+ battery                       | D+    | 201 |
| MDS  | MDS   | 102 | D+ battery with echo-sounder     | DS+   | 202 |
| M2D  | M2D   | 103 | D+ solar                         | DL+   | 203 |
| MSI  | MSI   | 104 | D+ solar with echo-sounder       | DSL+  | 204 |
| M3i  | M3i   | 105 | IDP solar with echo-sounder      | ISL+  | 205 |
| M3i+   | M3i+  | 106 | IDP solar disc with echo-sounder | ISD+  | 206 |
| M4i  | M4i   | 107 | SLX solar "ECO"                  | SLX+  | 207 |
| ZUNIBAL  |       |     |                                  |       |     |
| Model  | Codes |     | Model                            | Codes |     |
| Unknown  | ZUND  | 300 | Tunabal-e7+ (F-series)           | F7+   | 306 |
| Tunabal-7  | T07   | 301 | Tuna8 Explorer                   | T8E   | 307 |
| Tunabal-e7   | TE7   | 302 | Tuna8 Xtreme                     | T8X   | 308 |
| Tunabal-e7+  | T7+   | 303 | Tuna8 Explorer (F-series)        | F8E   | 309 |
| Tunabal-7 (F-series)                               | F07   | 304 | Zuni with no echo-sounder        | Z07   | 310 |
| Tunabal-e7 (F-series)                              | FE7   | 305 | Zuni-e with no echo-sounder      | ZE7   | 311 |
| Buoy without make or unknown make                  |       |     |                                  | DESC  | 0   |
| Other type of non-satellite buoy                   |       |     |                                  | OTRN  | 900 |
| Other satellite buoy of a make not indicated above |       |     |                                  | OTRS  | 911 |

FIGURA 6a. Recolección de datos para capitanes y tripulaciones pesqueras de la flota de TRIMARINE (NPR-TS).

**Comisión Interamericana del Atún Tropical**  
**REGISTRO DE NED Y PAREJAS DE CONTROL PARA BARCOS SIN OBSERVADOR (RNC-NO)**

|                         |              |           |             |                |            |                 |          |
|-------------------------|--------------|-----------|-------------|----------------|------------|-----------------|----------|
| <b>Nombre del barco</b> | <b>FECHA</b> | <b>DD</b> | <b>HORA</b> | <b>LATITUD</b> | <b>N/S</b> | <b>LONGITUD</b> | <b>W</b> |
| AA                      | MM           | DD        |             |                |            |                 |          |

**A. Información general del objeto flotante.** Use la tabla de códigos de boyas (abajo) para indicar el fabricante de la boya, así como la tabla para la condición del componente. Si la boya es remplazada, use el espacio para Boya 2.

Actividad: Sembrado  largado  visitado     ¿Subieron el objeto a bordo?    Sí  No

| Boyas satelitales o radio boyas |                |                 |                          |
|---------------------------------|----------------|-----------------|--------------------------|
|                                 | Marca / Modelo | Número de serie | Placas metálicas (N o T) |
| Boya 1                          |                |                 | Marca 1:                 |
| Boya 2                          |                |                 | Marca 2:                 |

| Levantado: Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] | Estructura superficial                       |   | Estructura bajo el agua                         |   |
|--|--|---|---|---|
|  | Condición                                    | ¿Reemplazado?   | Condición                                       | ¿Reemplazado?   |
| Prototipo No.: [ <input type="checkbox"/> ]                                | Bambú [ <input type="checkbox"/> ]           | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] | Lonas [ <input type="checkbox"/> ]              | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] |
| Comentarios:   | Lona envolvente [ <input type="checkbox"/> ] | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] | Soga principal [ <input type="checkbox"/> ]     | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] |
|  | Balsa [ <input type="checkbox"/> ]           | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] | Soga de amarre [ <input type="checkbox"/> ]     | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] |
|  | Soga de amarre [ <input type="checkbox"/> ]  | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] | Bambú (estructura) [ <input type="checkbox"/> ] | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] |
|  |  |   | Bambú (lastre) [ <input type="checkbox"/> ]     | Sí [ <input type="checkbox"/> ] No [ <input type="checkbox"/> ] |

| Códigos de condición de los componentes degradables |              |  |
|---|--------------|--|
| Código  | Condición    | Descripción  |
| 0   | No observado | Componente está presente, pero no pudo observar su condición. (Agua muy turbia, observado en la noche, etc.)   |
| 1   | Excelente    | Nuevo. Con su color natural. Sin signos de daño o degradación. Fuertemente afianzado a los demás componentes.  |
| 2   | Muy bueno    | Poca decoloración. Sin signos de daños o degradación aparentes. Cohesión con los demás componentes es firme.   |
| 3   | Bueno        | Ligeramente desgastado. Pocas grietas/rasgaduras/decoloración. Cohesión con los demás componentes relativamente firme. Comienza a mostrar signos de debilidad.   |
| 4   | Regular      | Evidencia de desgaste. Varias grietas/rasgaduras. Cohesión con los demás componentes es débil. Muy decolorado.   |
| 5   | Malo         | Muy deteriorado. Está separado de los demás componentes. Ha desaparecido un 50%. Muy decolorado. Cohesión con los demás componentes es insuficiente y muy débil. |
| 6   | Muy malo     | Con poca evidencia de su presencia. Ha desaparecido más del 80%. Muy decolorado. Cohesión casi inexistente.  |

| Tabla de códigos de boyas – Marca y modelo de boyas   |         |     |                           |         |     |
|---|---------|-----|---------------------------|---------|-----|
| MARINE INSTRUMENTS (Nautical)                         |         |     | SATLINK                   |         |     |
| Modelo  | Códigos |     | Modelo                    | Códigos |     |
| Desconocido   | MARD    | 100 | Desconocido               | SATD    | 200 |
| MDP   | MDP     | 101 | D+ pila                   | D+      | 201 |
| MDS   | MDS     | 102 | D+ pila con sonda         | DS+     | 202 |
| M2D   | M2D     | 103 | D+ solar                  | DL+     | 203 |
| MSI   | MSI     | 104 | D+ solar con sonda        | DSL+    | 204 |
| M3i   | M3i     | 105 | IDP solar con sonda       | ISL+    | 205 |
| M3i+  | M3i+    | 106 | IDP solar disc. o/sonda   | ISD+    | 206 |
| M4i   | M4i     | 107 | SLX solar "ECO"           | SLX+    | 207 |
| ZUNIBAL   |         |     |                           |         |     |
| Modelo  | Códigos |     | Modelo                    | Códigos |     |
| Desconocido   | ZUND    | 300 | Tunabal-e7+ (F-series)    | F7+     | 306 |
| Tunabal-7   | T07     | 301 | Tuna8 Explorer            | T8E     | 307 |
| Tunabal-e7  | TE7     | 302 | Tuna8 Xtreme              | T8X     | 308 |
| Tunabal-e7+   | T7+     | 303 | Tuna8 Explorer (F-series) | F8E     | 309 |
| Tunabal-7 (F-series)                                  | F07     | 304 | Zuni sin sonda            | ZO7     | 310 |
| Tunabal-e7 (F-series)                                 | FE7     | 305 | Zuni-e sin sonda          | ZE7     | 311 |
| Baliza sin marca o marca desconocida                  |         |     |                           | DESC    | 0   |
| Otro tipo de baliza no satelital                      |         |     |                           | OTRN    | 900 |
| Otra baliza satelital de una marca no indicada arriba |         |     |                           | OTRS    | 911 |

**FIGURA 6b.** Formulario de recolección de datos para capitanes y tripulaciones pesqueras (RNC-NO) en buques distintos de los de la flota de TRIMARINE.

**Comisión Interamericana del Atún Tropical  
REGISTRO DE OBJETOS FLOTANTES (ROF)**

|              |               |                  |              |        |          |         |       |          |
|--------------|---------------|------------------|--------------|--------|----------|---------|-------|----------|
| No. de viaje | No. de objeto | No. de encuentro | No. de lance | FECHA  | HORA     | LATITUD | N/S   | LONGITUD |
| 150000002    | 001001        | 190805           | 06000625     | 190805 | 06000625 | N       | 10030 | W        |

**A. Datos generales del objeto flotante.** Use la tabla de códigos 12 para la descripción del objeto y la tabla de códigos 13 para indicar la marca de la baliza en el objeto. Cuando cambia de baliza, utilice el espacio de Baliza 2.

Tipo de objeto flotante FADS Otro objeto: \_\_\_\_\_

¿El objeto fue retirado del agua? Sí  No

**Balizas satelitales o de radio**

|          |                       |                            |                                  |
|----------|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Baliza 1 | Marca/Mód. <u>MDS</u> | No. de serie <u>193009</u> | Otro tipo de marca <u>N-1009</u> |
| Baliza 2 | Marca/Mód. <u>MDS</u> | No. de serie <u>199906</u> | Otro tipo de marca <u>N-1009</u> |

**B. Procedencia, método de localización y otros indicadores:** Use la tabla de códigos 14 y 15.

Procedencia BQBP Método de localización SAT

% de epibiota 20 Claridad del agua: Clara  Turbia [ ] Muy turbia [ ]

**C.1. Estructura superficial.** Use la tabla de códigos 16. **C.2. Estructura bajo el agua.** Use la tabla de códigos 16.

| <p>Forma <u>2</u> Long. <u>2.3</u> Anc./Diám. <u>1.8</u> Prof. <u>0.5</u></p> <p>Dimens.(m)</p> <p align="center"><b>Componentes</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Al encontrarlo</th> <th>Al dejarlo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><u>BMBU</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><u>SOGN</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><u>LONN</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><u>MADR</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td> </td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p>Si tiene red, anote la luz de malla mayor (cm) _____</p> | Código                              | Al encontrarlo                      | Al dejarlo | <u>BMBU</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>SOGN</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>LONN</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>MADR</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <p>Forma <u>3</u> Profundidad (m) <u>60.0</u></p> <p align="center"><b>Componentes</b></p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Al encontrarlo</th> <th>Al dejarlo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><u>LONN</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><u>SOGN</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td><u>BMBU</u></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td> </td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </tbody> </table> <p>Si tiene red, anote la luz de malla mayor (cm) _____</p> | Código | Al encontrarlo | Al dejarlo | <u>LONN</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>SOGN</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <u>BMBU</u> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------|----------------|------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| Código   | Al encontrarlo                      | Al dejarlo                          |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>BMBU</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>SOGN</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>LONN</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>MADR</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| Código   | Al encontrarlo                      | Al dejarlo                          |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>LONN</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>SOGN</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
| <u>BMBU</u>  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |
|  | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |        |                |            |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |             |                                     |                                     |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |  |                          |                          |

**D. Fauna Atrapada:** Utilice las tablas de códigos 2, 9, 10 y 11 para indicar fauna que quedó atrapada en cualquier sección del objeto flotante y que no es parte de los componentes del objeto mismo.

|                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| Código _____ Número _____ | Código _____ Número _____ |
| Código _____ Número _____ | Código _____ Número _____ |

FIGURA 7. Ejemplo del formulario de registro de objetos flotantes (ROF).

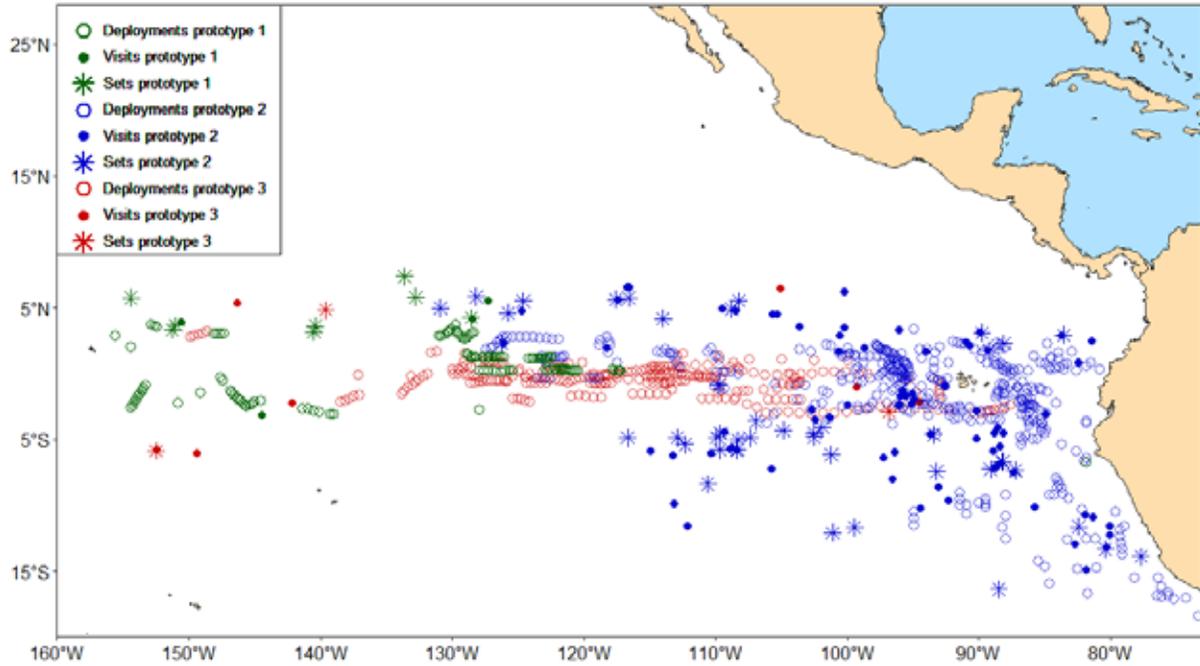


FIGURA 8. Distribución espacial de las siembras, visitas y lances de NED, 2019-2023.

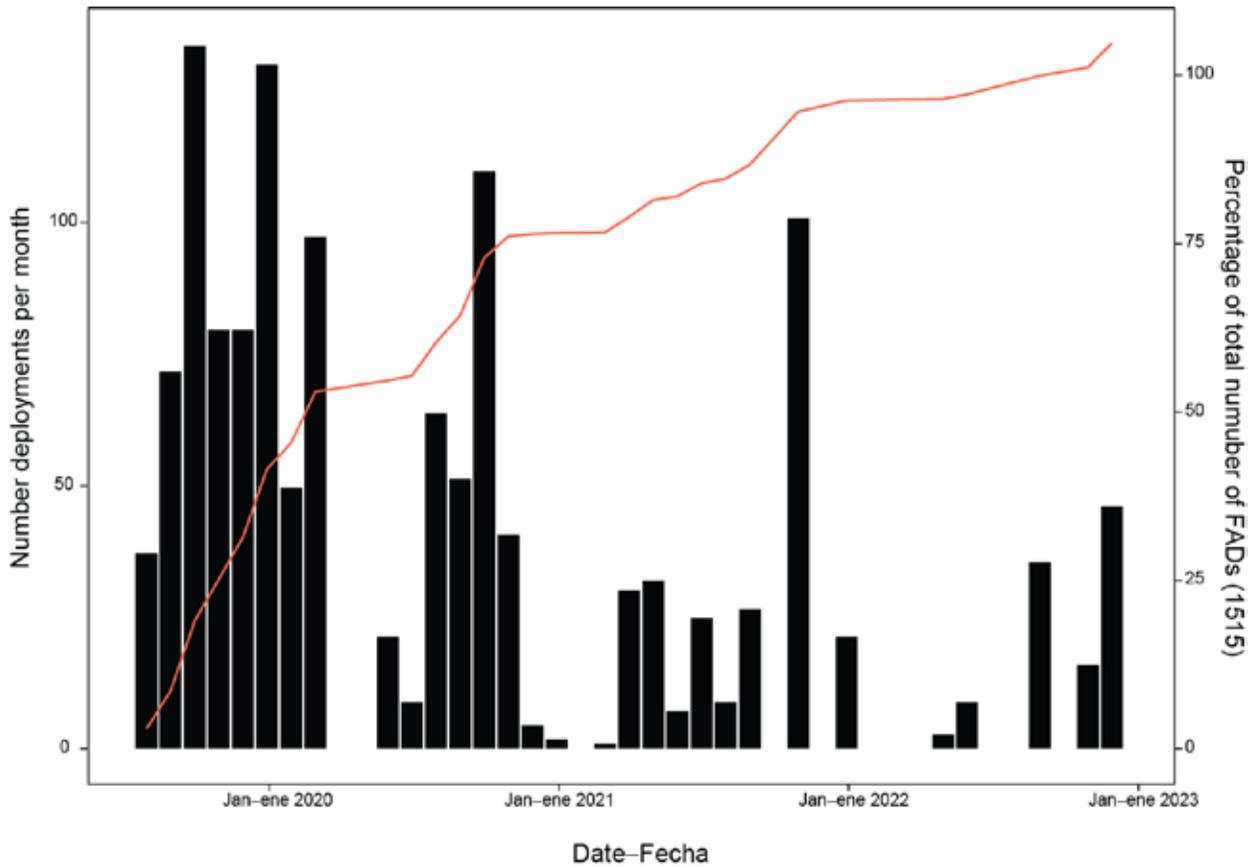


FIGURA 9. Distribución temporal de las siembras de NED, 2019-2023.

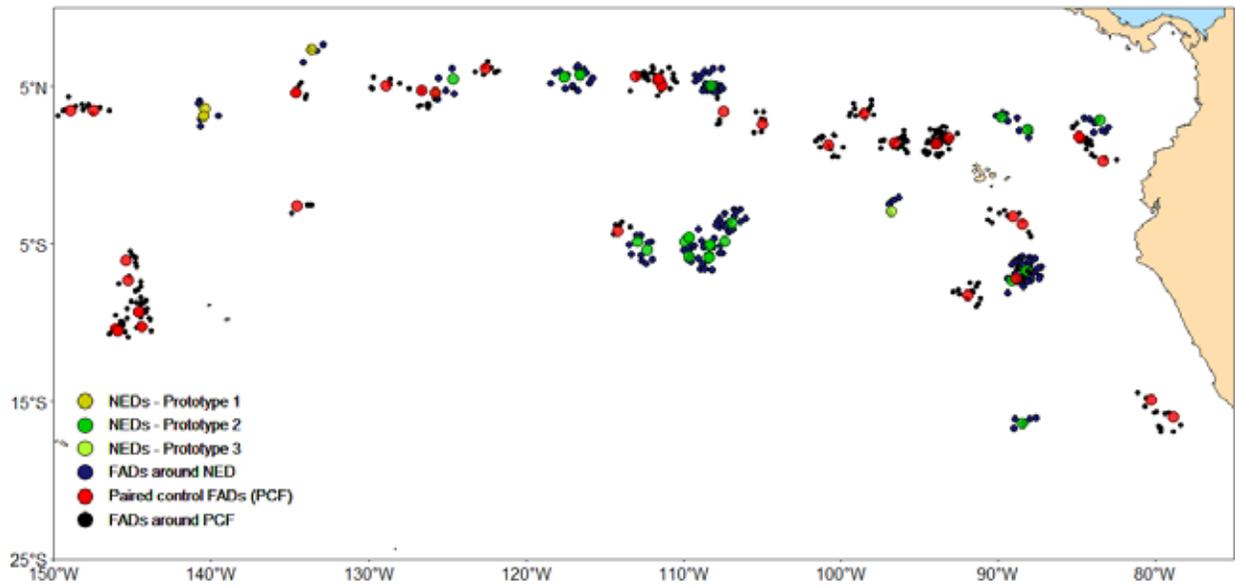


FIGURA 10. Lances sobre plantados hechos en un radio de 1 grado y siete días antes o después de un lance sobre un NED o una pareja de control.

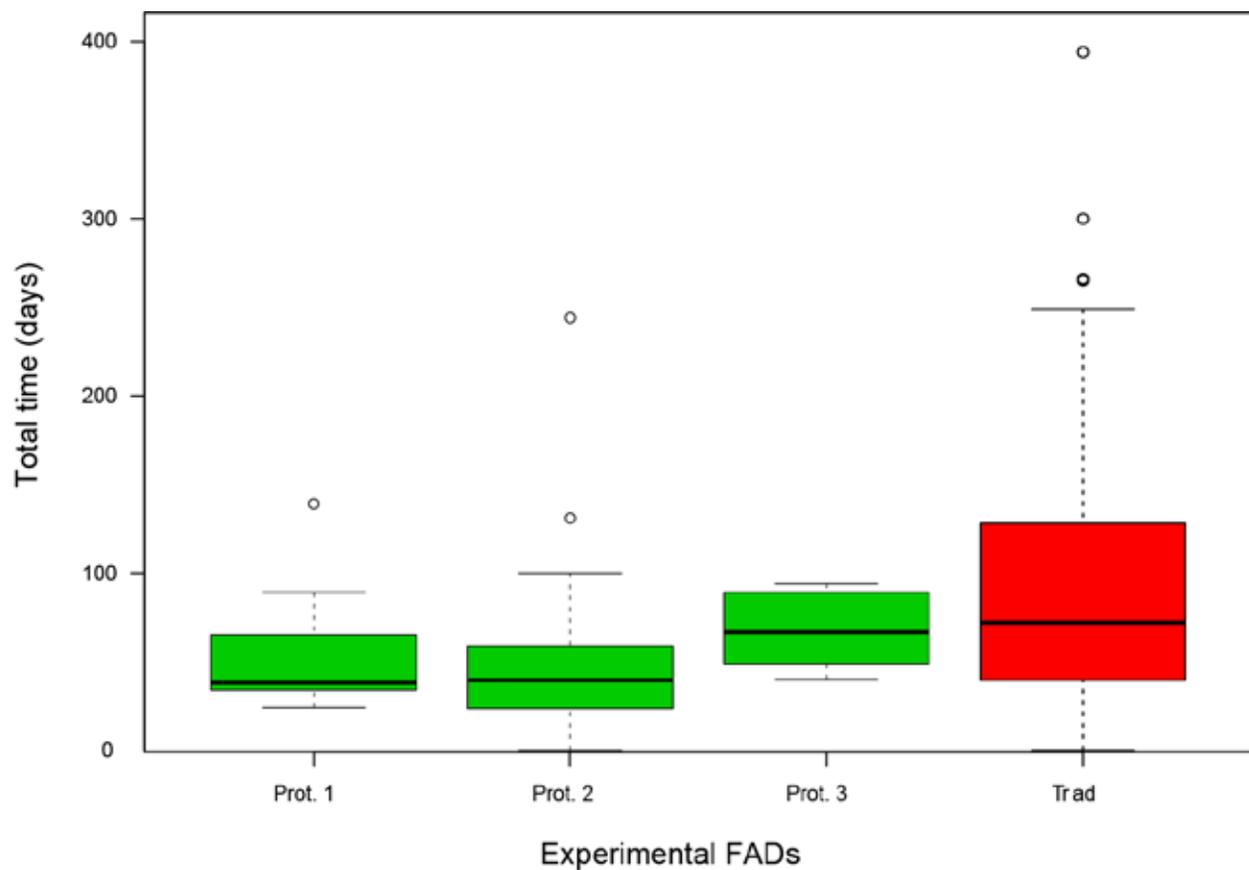


FIGURA 11. Distribución del tiempo total de remojo de los plantados experimentales entre la primera siembra y la recuperación o el último encuentro, de acuerdo con los datos de observadores. Prot.: prototipo. Trad: pareja de control.

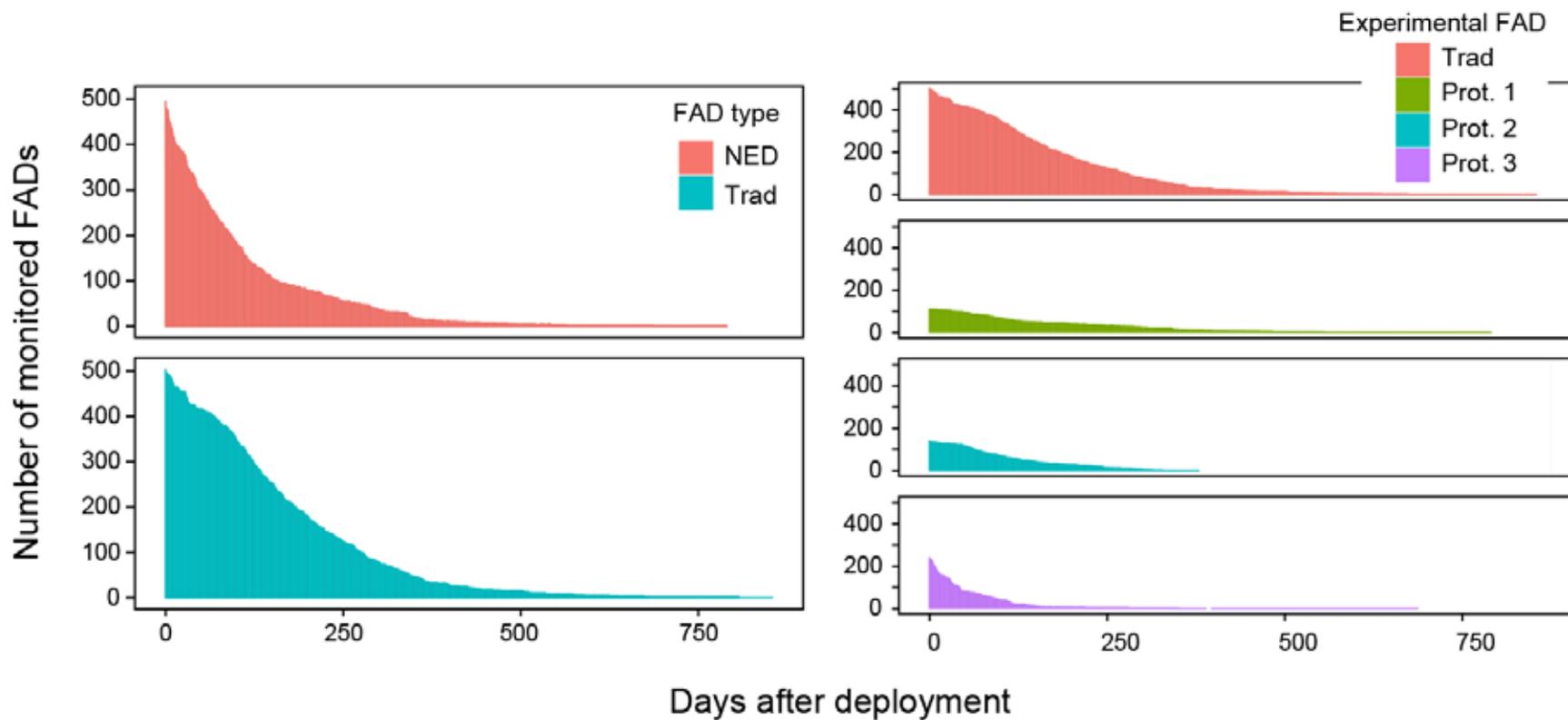
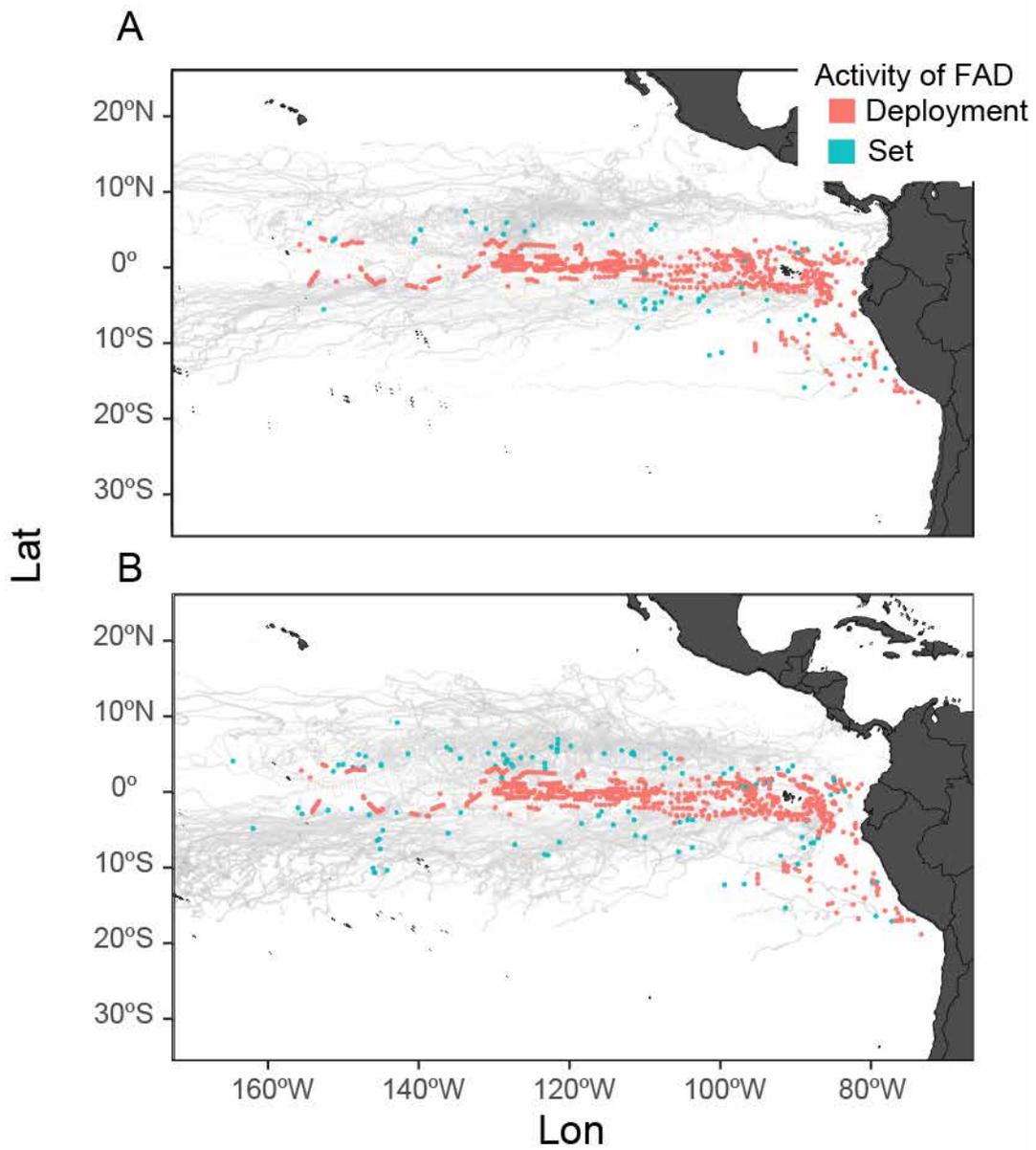
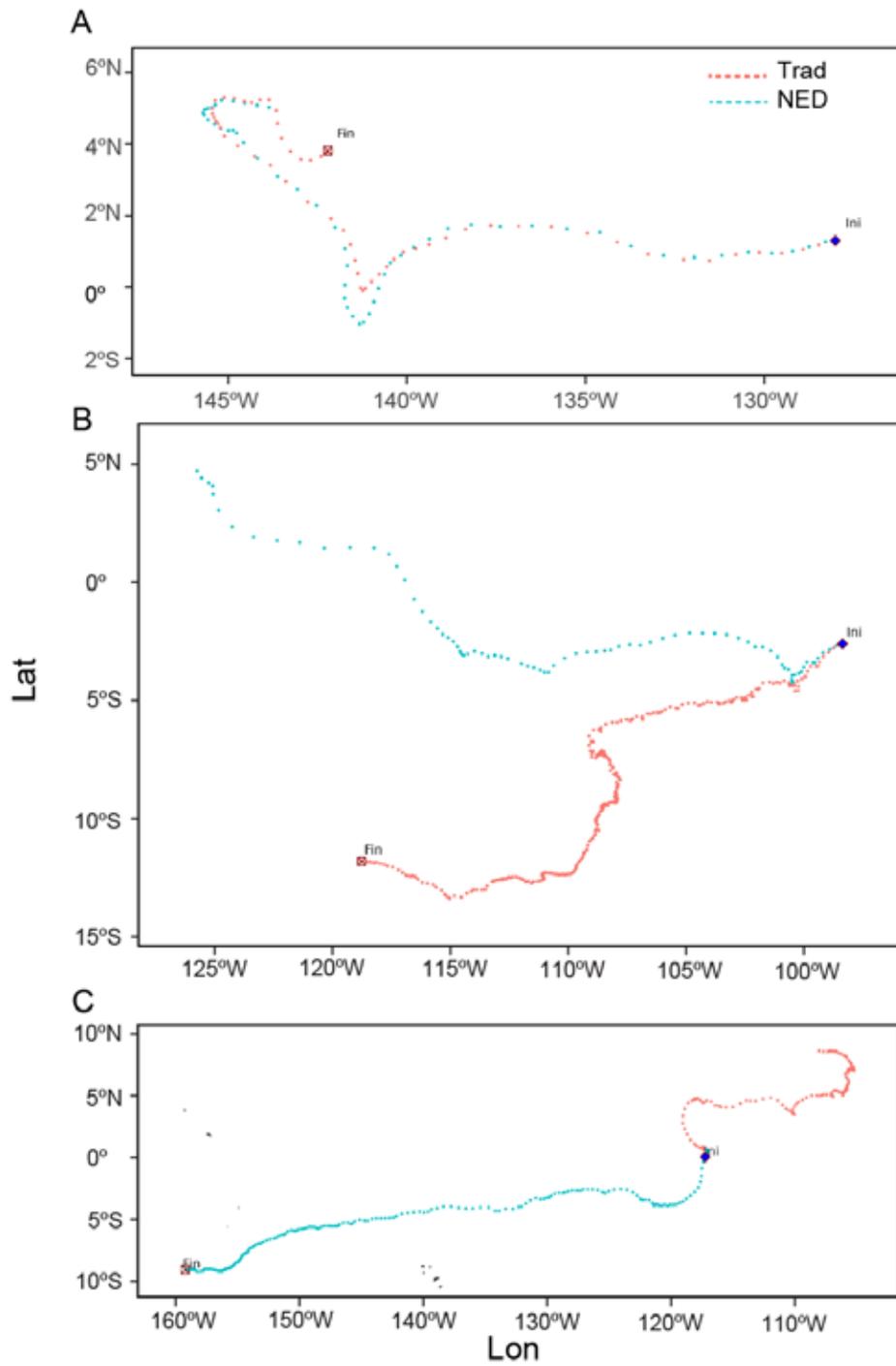


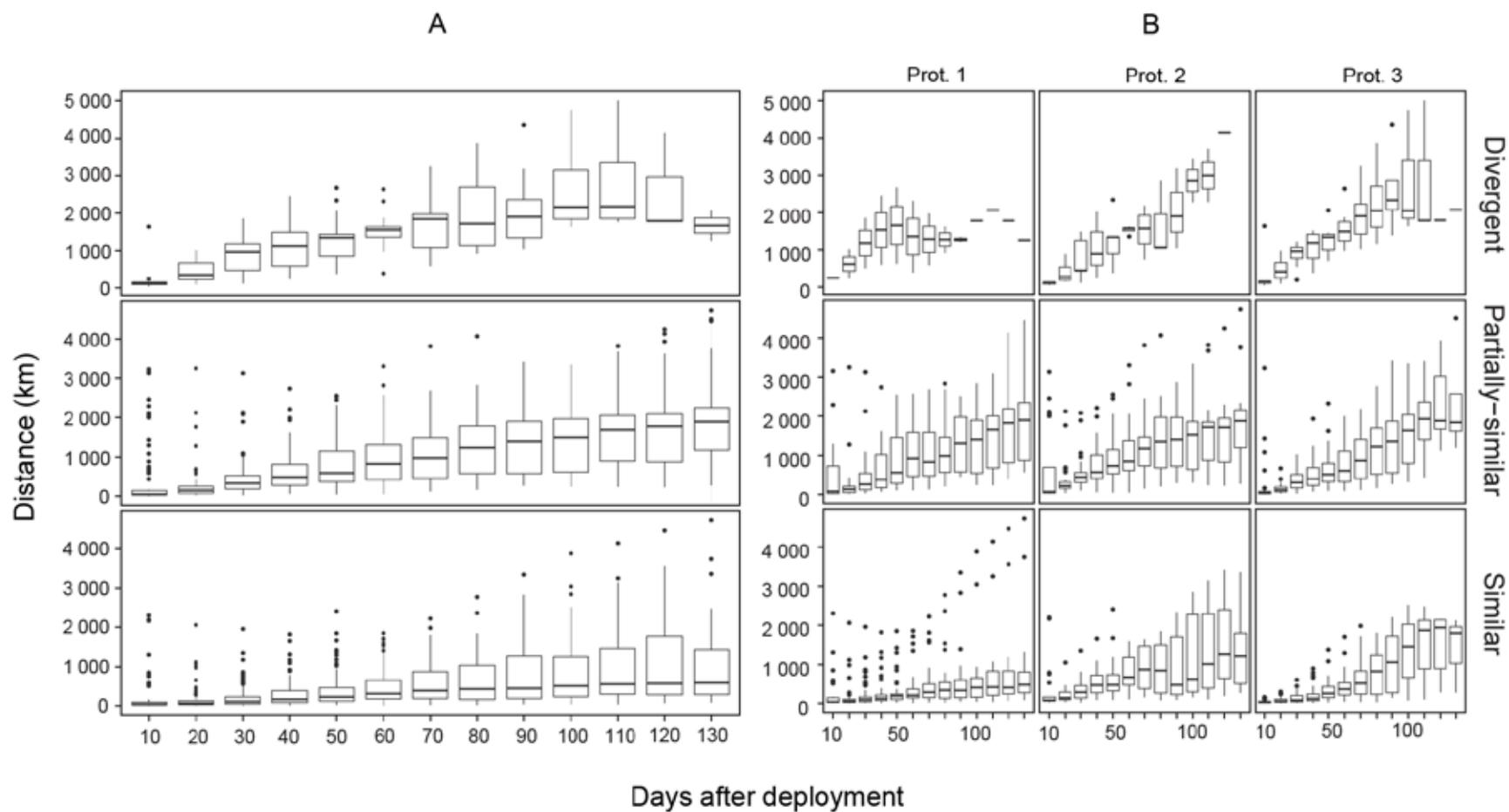
FIGURA 12. Periodo de monitoreo, medido en términos del número de boyas activas por día después de la siembra para NED y los plantados tradicionales (A), así como para los prototipos de NED (B). Trad: parejas de control. Prot: prototipo.



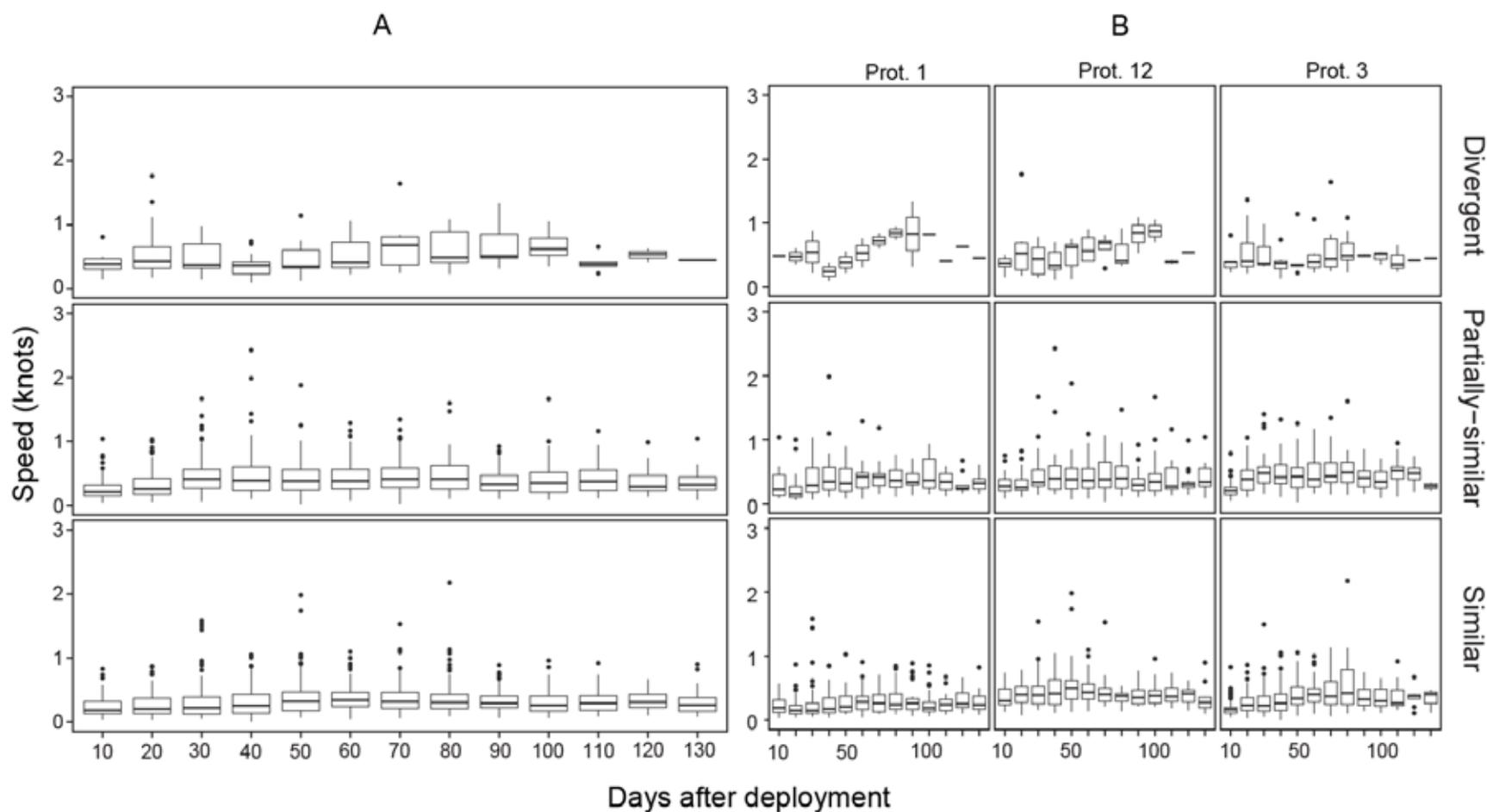
**FIGURA 13.** Trayectorias de deriva de los NED (A) y los plantados tradicionales (B) desde las siembras a los lances o la última transmisión de la boya satelital. Trad: parejas de control.



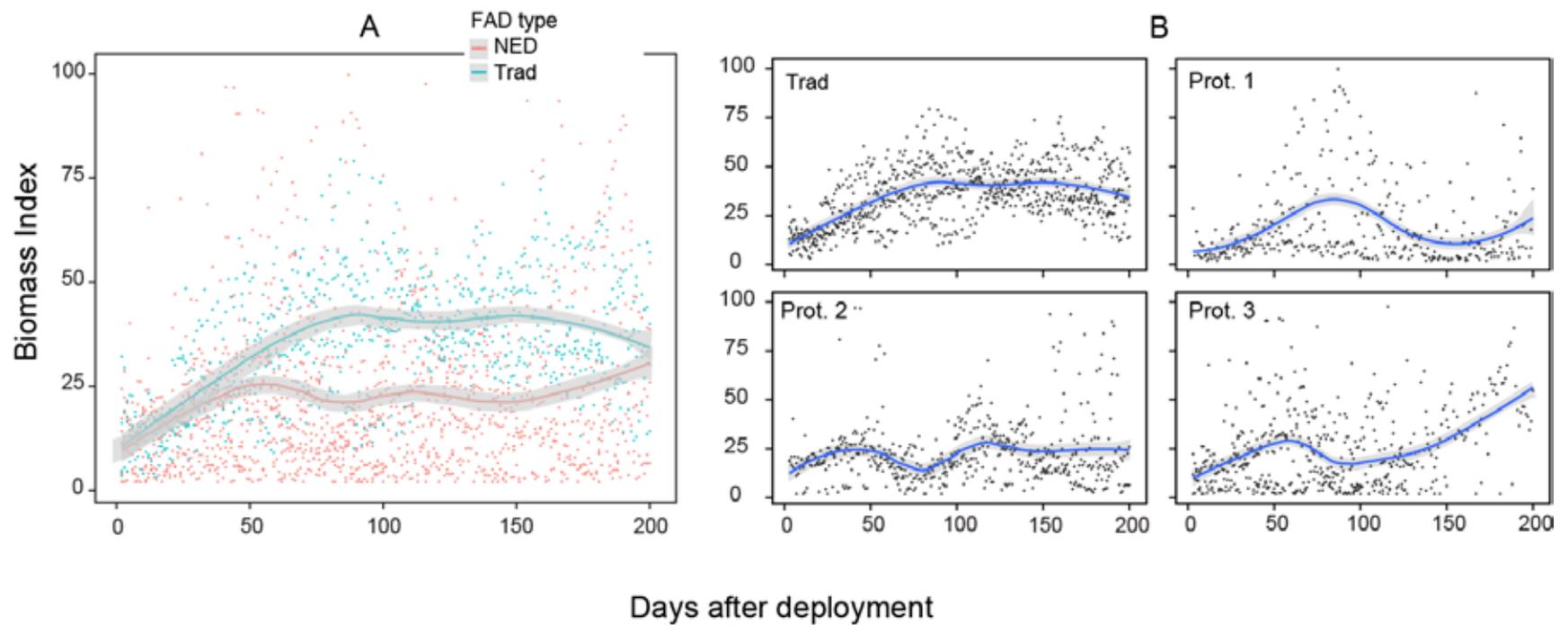
**FIGURA 14.** Patrones observados en las trayectorias de deriva de los pares de plantados experimentales: similar (A), parcialmente similar (B) y divergente (C). Puntos rojos: trayectorias de las parejas de control. Puntos azul claro: trayectorias de NED.



**FIGURA 15.** Diferencia de distancia observada entre los pares de plantados experimentales por patrones de deriva similares, parcialmente similares y divergentes entre: los NED combinados (A) y por prototipo de NED (B). Prot.: prototipo. Los días posteriores a la siembra se limitaron a cuatro meses para realizar la gráfica.



**FIGURA 16.** Diferencia de la velocidad promedio observada entre los pares de plantados experimentales por patrones de deriva similares, parcialmente similares y divergentes entre: los NED combinados (A) y por prototipo de NED (B). Prot.: prototipo. Los días posteriores a la siembra se limitaron a cuatro meses para realizar la gráfica.



**FIGURA 17.** Índice de biomasa de los atunes (eje *y*) por día posterior a la siembra (eje *x*) por plantados experimentales (A) y plantados tradicionales y prototipos de NED (B). Trad: parejas de control. Prot.: prototipo. Los días posteriores a la siembra se limitaron a 200.

## PLANTADO DE OBJETOS BIODEGRADABLES (NED)

**OBJETIVOS DEL PROYECTO**

- Probar prototipos con materiales biodegradables y no-enmallantes en condiciones reales
- Cada buque plantará los NED (y sus parejas convencionales) de acuerdo a la cuota que le fue asignada
- El objetivo es estimar la fiabilidad de los prototipos con base en:
  - ☐ Durabilidad
  - ☐ Degradabilidad en condiciones reales
  - ☐ Eficiencia (agregación) de pesca en comparación con los objetos no-enmallantes convencionales

NO AÑADIR AL NED

**Cuadro metálico**

**Cabo sintético**

**Paño / Red**

**Tacho de carnada**

**1**

**2**

**3**

AVISO PARA LAS EMBARCACIONES PARTICIPANDO EN EL PROYECTO NED:  
ACTIVIDAD DE SIEMBRA E IDENTIFICACIÓN DEL NED Y FAD TRADICIONAL

1. **SIEMBRA:** Cada NED sembrado estará acompañado de una pareja considerada como elemento de control en el experimento, o sea, un FAD tradicional. La distancia de siembra entre estos será entre 10 y 15 millas. La siembra se realizará durante el día. Estas parejas podrán ser identificadas mediante placas metálicas de colores verde y rojo, y codificadas alfanuméricamente. La siembra será supervisada por el observador, quien tendrá acceso a los datos necesarios.
2. **IDENTIFICACIÓN del NED, FAD tradicional y sus BALIZAS asociadas antes de la siembra:** Tanto el NED, como el FAD tradicional, y sus respectivas balizas estarán marcados con placas metálicas de colores que contienen un código alfanumérico cuya serie numérica es idéntica. Dos de estas cuatro placas son de color verde, identificadas con la letra "N" y las otras dos son de color rojo, identificadas con la letra "T". Una de las placas de color verde se atará al NED y la otra, a su baliza. Igualmente, una de las placas de color rojo se atará al FAD tradicional y la otra, a su respectiva baliza. La ubicación de las placas en el objeto flotante debe de ser de tal manera que permita al tripulante u observador una fácil detección visual en el siguiente encuentro, por lo tanto, la placa no debe quedar sumergida, sino a un costado o en la parte superior del objeto.

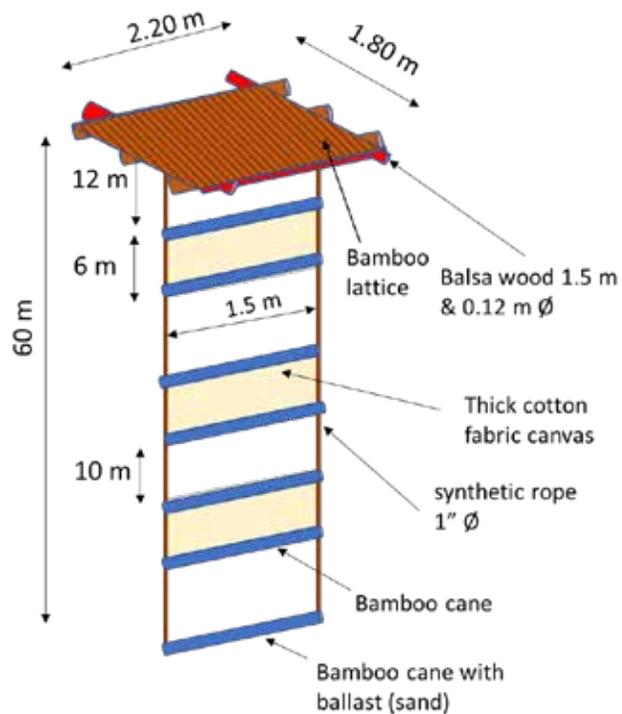
AVISO PARA TODAS LAS EMBARCACIONES QUE PARTICIPAN O NO EN EL PROYECTO NED:

MUY IMPORTANTE: Si durante un encuentro con el NED o FAD tradicional, se reemplaza la baliza, asegúrese de colocar la placa metálica en la nueva boya para mantener el vínculo entre baliza y objeto. Si por alguna razón, la placa del objeto debe ser retirada para poder reemplazar un componente del NED o del FAD tradicional, debe asegurarse de volver a colocar la placa metálica en el objeto, siguiendo las instrucciones de la sección 2.

ATENCIÓN:

1. **NO RETIRAR** la placa metálica identificativa de la parrilla.
2. **NO ALTERAR** el diseño inicial de los NED propios o ajenos. Se podrán reemplazar materiales que estén totalmente deteriorados (sólo embarcaciones participantes).
3. **NO AÑADA** bolsas o envases plásticos, ni tachos con carnada a los NED.
4. **PROPORCIONE AL OBSERVADOR** la debida facilidad para que pueda coleccionar toda la información relacionada con los objetos participantes en este proyecto, incluyendo los NED y sus parejas convencionales.
5. **SI ES POSIBLE**, cuando se **REEMPLACE** una baliza, intente usar una de la misma marca (sólo embarcaciones participantes).

FIGURA 18. Cartel para difusión de la información del proyecto.



**FIGURA 19.** Adiciones y modificaciones para mejorar la durabilidad del prototipo 3. Nótese que la soga sintética solo se utilizará en la última tanda de siembras (pendiente). Las siembras del tercer trimestre de 2021 consistieron en NED con una soga biodegradable a base de algodón que fue utilizada e implementada con éxito en otras regiones del océano por algunos buques de la misma flota.

**TABLA 1.** Resumen de las interacciones con NED y parejas de control.

|                           | Siembras | Visitas | Lances | Captura (mt) | Captura por lance (mt) |
|---------------------------|----------|---------|--------|--------------|------------------------|
| <b>NED – Prototipo 1</b>  | 114      | 5       | 8      | 488          | 61                     |
| <b>NED – Prototipo 2</b>  | 395      | 74      | 46     | 1342         | 29.2                   |
| <b>NED – Prototipo 3</b>  | 271      | 7       | 3      | 88           | 29.3                   |
| <b>NED totales</b>        | 780      | 86      | 57     | 1918         | 33.6                   |
| <b>Parejas de control</b> | 764      | 112     | 145    | 4599         | 31.7                   |

**TABLA 2.** Número de interacciones de la tripulación sobre cada plantado experimental.

| Operatividad  | Plantados experimentales | Trad.      | NED        |
|---|--------------------------|------------|------------|
| Siembra   | 1268                     | 601        | 667        |
| Siembra-Lance   | 52                       | 39         | 13         |
| Siembra-Visita-Recuperación                             | 46                       | 21         | 25         |
| Siembra-Visita  | 42                       | 25         | 17         |
| Siembra-Lance-Recuperación                              | 17                       | 14         | 3          |
| Siembra-Visita-Recuperación-Resiembra                   | 17                       | 8          | 9          |
| Desconocido   | 16                       | 12         | 4          |
| Siembra-Lance-Lance                                     | 13                       | 11         | 2          |
| Siembra-Visita-Lance                                    | 8                        | 4          | 4          |
| Siembra-Visita-Visita                                   | 5                        | 2          | 3          |
| Siembra-Visita-Lance-Lance                              | 4                        | 2          | 2          |
| Siembra-Visita-Lance-Recuperación                       | 4                        | 1          | 3          |
| Siembra-Lance-Lance-Lance                               | 3                        | 2          | 1          |
| Siembra-Lance-Lance-Visita                              | 3                        | 2          | 1          |
| Siembra-Visita-Visita-Recuperación                      | 3                        | 3          | 0          |
| Siembra-Lance-Lance-Recuperación                        | 2                        | 2          | 0          |
| Siembra-Lance-Visita                                    | 2                        | 1          | 1          |
| Siembra-Visita-Lance-Visita                             | 2                        | 0          | 2          |
| Siembra-Lance-Lance-Visita-Visita-Lance                 | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Lance-Lance-Visita-Visita-Lance-Lance           | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Lance-Lance-Visita-Visita-Visita-Lance          | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Lance-Recuperación-Resiembra                    | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Lance-Recuperación-Resiembra-Lance              | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Lance-Recuperación-Resiembra-Lance-Recuperación | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Lance-Visita-Lance                              | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Lance-Visita-Lance-Lance-Lance-Recuperación     | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Lance-Visita-Recuperación                       | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Lance-Visita-Visita-Lance                       | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita  | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Visita-Lance-Lance-Lance                        | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Visita-Lance-Recuperación-Resiembra             | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Lance-Visita-Lance                       | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Visita-Lance-Visita-Lance-Recuperación          | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Recuperación-Resiembra                   | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Visita-Recuperación-Resiembra-Visita            | 1                        | 0          | 1          |
| Siembra-Visita-Visita-Lance                             | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Visita-Lance-Lance-Lance-Lance-Visita    | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Visita-Lance-Lance-Lance-Recuperación    | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Visita-Lance-Recuperación                | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Visita-Lance-Visita-Lance-Visita         | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita-Visita-Visita                            | 1                        | 1          | 0          |
| Siembra-Visita  | 1                        | 0          | 1          |
| <b>Total</b>  | <b>1531</b>              | <b>764</b> | <b>767</b> |

**TABLA 3.** NED (N) y parejas de control (T) que se sembraron y sobre los que se realizaron lances; Lon: longitud; Lat: latitud; mt: toneladas métricas; Nm: millas náuticas.

| ID Marca | Fecha de siembra | Fecha de lance | Lon de siembra | Lat de siembra | Lon de lance | Lat de lance | Captura de atunes (mt) | Prot. | Tiempo entre lances (días) | Distancia entre lances (Nm) |
|----------|------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|------------------------|-------|----------------------------|-----------------------------|
| N 1      | 9/18/2019        | 10/30/2019     | -88            | 2              | -88.13       | 2.28         | 5                      | 2     | 5.0                        | 352.7                       |
| T 1      |                  | 11/4/2019      | -87.85         | 1.93           | -93.93       | 1.37         | 15                     |       |                            |                             |
| N 2      | 12/3/2019        | 1/19/2020      | -84.35         | -9.22          | -87.22       | -7.35        | 50                     | 2     | 90.2                       | 86.6                        |
| T 2      |                  | 4/18/2020      | -84.2          | -9.22          | -86.97       | -5.93        | 1                      |       |                            |                             |
| N 3      | 1/10/2020        | 1/23/2020      | -79.28         | -11.87         | -80.4        | -13.32       | 0                      | 2     | 21.0                       | 190.6                       |
| T 3      |                  | 2/13/2020      | -79.45         | -11.87         | -79.28       | -16.3        | 10                     |       |                            |                             |
| N 4      | 6/12/2020        | 6/23/2020      | -86.8          | -5.38          | -88.18       | -6.7         | 55                     | 2     | 18.0                       | 76.3                        |
| T 4      |                  | 7/11/2020      | -86.92         | -5.58          | -89.08       | -5.8         | 0                      |       |                            |                             |
| N 5      | 3/13/2020        | 4/22/2020      | -125.38        | 2.82           | -128.18      | 5.82         | 35                     | 2     | 86.9                       | 393.9                       |
| T 5      |                  | 7/18/2020      | -125.63        | 2.83           | -134.65      | 4.62         | 20                     |       |                            |                             |
| N 6      | 8/1/2020         | 10/13/2020     | -88.05         | -2.02          | -108.42      | -5.83        | 207                    | 2     | 9.0                        | 166.8                       |
| T 6      |                  | 10/22/2020     | -88.03         | -2.27          | -111.2       | -5.6         | 0                      |       |                            |                             |
| N 7      | 5/13/2021        | 6/15/2021      | -152.85        | 3.77           | -151.27      | 3.32         | 15                     | 1     | 2.0                        | 30.7                        |
| T 7      |                  | 6/17/2021      | -152.93        | 3.8            | -151.53      | 2.88         | 20                     |       |                            |                             |
| N 8      | 11/13/2021       | 2/15/2022      | -113.17        | 0.07           | -139.62      | 4.83         | 12                     | 3     | 88.0                       | 1068.3                      |
| T 8      |                  | 5/14/2022      | -113.02        | 0.03           | -121.8       | 5.88         | 15                     |       |                            |                             |

**TABLA 4.** Comparaciones entre NED, y su captura de atunes asociada, y plantados o parejas de control relacionados estrechamente en el tiempo y el espacio. CPL: captura por lance.

| Grupo | Prot. | Lances NED | Lances plantados | Lances totales | Captura NED | Captura plantados | Captura total | CPL NED | CPL plantados | Tasa CPL NED y plantados | Año  |
|-------|-------|------------|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------|---------|---------------|--------------------------|------|
| 1     | 2     | 1          | 5                | 6              | 5           | 8                 | 13.0          | 5       | 1.6           | 3.1                      | 2019 |
| 2     | 2     | 1          | 32               | 33             | 15          | 1239              | 1254          | 15.0    | 38.7          | 0.4                      | 2019 |
| 3     | 2     | 1          | 8                | 9              | 19          | 353               | 372           | 19      | 44.1          | 0.4                      | 2019 |
| 4     | 3     | 1          | 5                | 6              | 61          | 263               | 324           | 61      | 52.6          | 1.2                      | 2019 |
| 5     | 1     | 2          | 6                | 8              | 1308        | 330               | 1638          | 654     | 55            | 11.9                     | 2019 |
| 6     | 1     | 2          | 5                | 7              | 327         | 300               | 627           | 163.5   | 60            | 2.7                      | 2020 |
| 7     | 2     | 2          | 6                | 8              | 43          | 619               | 662           | 21.5    | 103.2         | 0.2                      | 2020 |
| 8     | 2     | 2          | 14               | 16             | 43          | 617               | 660           | 21.5    | 44.1          | 0.5                      | 2020 |
| 9     | 2     | 1          | 5                | 6              | 70          | 296               | 366           | 70      | 59.2          | 1.2                      | 2020 |
| 10    | 2     | 2          | 42               | 44             | 260         | 763.3             | 1023.3        | 130     | 18.2          | 7.2                      | 2020 |
| 11    | 2     | 2          | 43               | 45             | 65          | 780.3             | 845.3         | 32.5    | 18.1          | 1.8                      | 2020 |
| 12    | 2     | 1          | 8                | 9              | 2           | 43                | 45            | 2       | 5.4           | 0.4                      | 2020 |
| 13    | 2     | 1          | 4                | 5              | 18          | 143               | 161           | 18      | 35.75         | 0.5                      | 2020 |
| 14    | 2     | 1          | 8                | 9              | 14          | 288.01            | 302           | 14      | 36            | 0.4                      | 2020 |
| 15    | 2     | 2          | 7                | 9              | 180         | 302               | 482           | 90      | 43.1          | 2.1                      | 2020 |
| 16    | 2     | 2          | 4                | 6              | 45          | 62                | 107           | 22.5    | 15.5          | 1.5                      | 2020 |
| 17    | 2     | 4          | 10               | 14             | 1884        | 642               | 2526          | 471     | 64.2          | 7.3                      | 2020 |
| 18    | 2     | 3          | 11               | 14             | 212         | 550               | 762           | 70.7    | 50            | 1.4                      | 2020 |
| 19    | 2     | 1          | 5                | 6              | 2           | 187               | 189           | 2       | 37.4          | 0.1                      | 2020 |
| 20    | 2     | 1          | 5                | 6              | 14          | 223               | 237           | 14      | 44.6          | 0.3                      | 2020 |
| 21    | 2     | 4          | 7                | 11             | 232         | 396               | 628           | 58      | 56.6          | 1                        | 2020 |
| 22    | 2     | 1          | 5                | 6              | 15          | 193               | 208           | 15      | 38.6          | 0.4                      | 2020 |
| 23    | 1     | 1          | 4                | 5              | 30          | 127               | 157           | 30      | 31.8          | 0.9                      | 2021 |
| 24    | 2     | 1          | 6                | 7              | 5           | 88                | 93            | 5       | 14.7          | 0.3                      | 2021 |
| 25    | 2     | 1          | 18               | 19             | 25          | 741               | 766           | 25      | 41.2          | 0.6                      | 2021 |

**TABLA 5.** Comparaciones entre parejas de control, y su captura de atunes asociada, y plantados o parejas de control relacionados estrechamente en el tiempo y el espacio. CPL: captura por lance. Trad: parejas de control.

| Grupo | Lances trad. | Lances plantados | Lances totales | Captura trad. | Captura plantados | Captura total | CPL trad. | CPL plantados | Tasa CPL trad./plantados | Año  |
|-------|--------------|------------------|----------------|---------------|-------------------|---------------|-----------|---------------|--------------------------|------|
| 1     | 1            | 4                | 5              | 10            | 55                | 65            | 10        | 13.8          | 0.7                      | 2019 |
| 2     | 1            | 29               | 30             | 15            | 1194              | 1209          | 15        | 41.2          | 0.4                      | 2019 |
| 3     | 1            | 21               | 22             | 7             | 613.3             | 620.3         | 7         | 29.2          | 0.2                      | 2019 |
| 4     | 1            | 13               | 14             | 10            | 446               | 456           | 10        | 34.3          | 0.3                      | 2019 |
| 5     | 1            | 4                | 5              | 30            | 145               | 175           | 30        | 36.3          | 0.8                      | 2019 |
| 6     | 1            | 8                | 9              | 35            | 255               | 290           | 35        | 31.9          | 1.1                      | 2020 |
| 7     | 1            | 5                | 6              | 25            | 162.0             | 187.0         | 25        | 32.4          | 0.8                      | 2020 |
| 8     | 2            | 5                | 7              | 524           | 66                | 590           | 262       | 13.2          | 19.8                     | 2020 |
| 9     | 2            | 4                | 6              | 131           | 34                | 165           | 65.5      | 8.5           | 7.7                      | 2020 |
| 10    | 2            | 10               | 12             | 76            | 359.5             | 435.5         | 38        | 36.0          | 1.1                      | 2020 |
| 11    | 2            | 11               | 13             | 19            | 192.6             | 211.6         | 9.5       | 17.5          | 0.5                      | 2020 |
| 12    | 1            | 4                | 5              | 5             | 66                | 71            | 5         | 16.5          | 0.3                      | 2020 |
| 13    | 1            | 8                | 9              | 10            | 269.8             | 279.8         | 10        | 33.7          | 0.3                      | 2020 |
| 14    | 1            | 4                | 5              | 10.14         | 45.2              | 55            | 10.1      | 11.3          | 0.9                      | 2020 |
| 15    | 1            | 6                | 7              | 105           | 29                | 134           | 105.0     | 4.9           | 21.5                     | 2020 |
| 16    | 1            | 7                | 8              | 43            | 920.6             | 963.6         | 43        | 131.5         | 0.3                      | 2020 |
| 17    | 1            | 5                | 6              | 140           | 320               | 460           | 140       | 64.0          | 2.2                      | 2020 |
| 18    | 1            | 7                | 8              | 30            | 233.4             | 263.4         | 30.0      | 33.3          | 0.9                      | 2020 |
| 19    | 1            | 6                | 7              | 110           | 247               | 357           | 110       | 41.2          | 2.7                      | 2020 |
| 20    | 1            | 4                | 5              | 25            | 128               | 153           | 25        | 32.0          | 0.8                      | 2020 |
| 21    | 2            | 6                | 8              | 135           | 171.0             | 306.0         | 67.5      | 28.5          | 2.4                      | 2020 |
| 22    | 2            | 4                | 6              | 172           | 534               | 706           | 86.0      | 133.5         | 0.6                      | 2020 |
| 23    | 2            | 4                | 6              | 43            | 228               | 271           | 21.5      | 57.0          | 0.4                      | 2020 |
| 24    | 1            | 12               | 13             | 4             | 262               | 266           | 4.0       | 21.8          | 0.2                      | 2020 |
| 25    | 1            | 16               | 17             | 28            | 500               | 528           | 28.0      | 31.3          | 0.9                      | 2020 |
| 26    | 1            | 13               | 14             | 3             | 196               | 199           | 3         | 15.1          | 0.2                      | 2021 |
| 27    | 1            | 5                | 6              | 10            | 215               | 225           | 10        | 43.0          | 0.2                      | 2021 |
| 28    | 2            | 10               | 12             | 84            | 733.0             | 817.0         | 42        | 73.3          | 0.6                      | 2021 |
| 29    | 2            | 9                | 11             | 136           | 544               | 680           | 68.0      | 60.4          | 1.1                      | 2021 |
| 30    | 2            | 22               | 24             | 84            | 1101              | 1185          | 42.0      | 50.0          | 0.8                      | 2021 |
| 31    | 1            | 12               | 13             | 20.2          | 213.1             | 233.3         | 20.2      | 17.8          | 17.9                     | 2021 |
| 32    | 2            | 8                | 10             | 136           | 573               | 709           | 68.0      | 71.6          | 0.9                      | 2021 |
| 33    | 1            | 4                | 5              | 18            | 50.0              | 68.0          | 18.0      | 12.5          | 1.4                      | 2021 |
| 34    | 2            | 10               | 12             | 260           | 211               | 471           | 130.0     | 21.1          | 6.2                      | 2021 |
| 35    | 2            | 12               | 14             | 65            | 331               | 396           | 32.5      | 27.6          | 1.2                      | 2021 |
| 36    | 1            | 6                | 7              | 35            | 156               | 191           | 35.0      | 26.0          | 1.3                      | 2021 |
| 37    | 1            | 9                | 10             | 34            | 396               | 430           | 34.0      | 44.0          | 0.8                      | 2021 |
| 38    | 1            | 4                | 5              | 40            | 88                | 128           | 40.0      | 22.0          | 25.6                     | 2022 |
| 39    | 1            | 12               | 13             | 12            | 215               | 227           | 12.0      | 17.9          | 17.5                     | 2022 |

**TABLA 6.** Promedio de la condición de NED en función del tiempo de remojo. N: número de prototipos en cada categoría de tiempo de remojo. 0: No observado; 1: Excelente; 2: Muy bueno; 3: Bueno; 4: Regular; 5: Malo, y 6: Muy malo. NA: un NED que no está compuesto por un material específico (por ejemplo, la lona sumergida del prototipo 1) o el NED o algunos de sus componentes se perdieron y solo se encontró la boya satelital (por ejemplo, '>90' tiempo de remojo del prototipo 3).

|                  |           | ----- Floating component ----- |        |        |       |                 | ----- Submerged component ----- |           |                 |        |                  |
|------------------|-----------|--------------------------------|--------|--------|-------|-----------------|---------------------------------|-----------|-----------------|--------|------------------|
| Soak time (days) | Prototype | N                              | Bamboo | Canvas | Balsa | Tightening rope | Canvas                          | Main rope | Tightening rope | Bamboo | Bamboo (ballast) |
|                  | 1-30      | 1                              | 5      | 1.8    | 1.8   | 1.4             | 1.4                             | NA        | 1.8             | 1.7    | 1.3              |
| 31-60            | 1         | 4                              | 1.5    | 1.8    | 1.2   | 1.8             | NA                              | 2.5       | 1.5             | 1.3    | 1.5              |
| 61-90            | 1         | 3                              | 2.9    | 3.8    | 2.1   | 2.2             | NA                              | 3.5       | 2.5             | 1      | 2.9              |
| >90              | 1         | 1                              | 3      | 3      | 2     | 1               | NA                              | 3         | 3               | NA     | 3                |
| 1-30             | 2         | 64                             | 1.6    | 1.9    | 1.6   | 1.8             | 1.8                             | 1.9       | 1.9             | 1.6    | 1.5              |
| 31-60            | 2         | 35                             | 1.9    | 2.2    | 2     | 2.1             | 2.2                             | 2.3       | 2.2             | 2.1    | 2.1              |
| 61-90            | 2         | 12                             | 2.2    | 3.4    | 2.4   | 2.6             | 3.4                             | 3.6       | 3.3             | 3.2    | 3.4              |
| >90              | 2         | 2                              | 4.5    | 6      | 4.5   | 5               | 6                               | 6         | 6               | 6      | 6                |
| 1-30             | 3         | 2                              | 4      | 4.5    | 1.5   | 4.2             | 3                               | 2.8       | 3               | 3      | 3                |
| 31-60            | 3         | 4                              | 2.2    | 5.6    | 2.8   | 2.9             | 5.2                             | 4.4       | 5.2             | 5.2    | 5.2              |
| 61-90            | 3         | 2                              | 3      | NA     | 1     | 3               | 3                               | 4.5       | 3               | 3      | 3                |
| >90              | 3         | 2                              | 1      | NA     | NA    | 1               | 1                               | 1         | 1               | 1      | NA               |

**TABLA 7.** Tiempo total de remojo de plantados experimentales entre la primera siembra y la última recuperación o el último encuentro. N: número de NED o plantados; Mín.: mínimo; Máx.: máximo; Q: cuantil.

| Plantado experimental | N   | Tiempo de remojo mín. (días) | Tiempo de remojo máx. (días) | Promedio (días) | Q (.25) | Q (.5) (mediana) | Q (.75) |
|-----------------------|-----|------------------------------|------------------------------|-----------------|---------|------------------|---------|
| NED - Prototipo 1     | 13  | 24                           | 139                          | 58              | 34      | 38               | 65      |
| NED - Prototipo 2     | 113 | 1                            | 244                          | 44              | 24      | 40               | 58      |
| NED - Prototipo 3     | 10  | 40                           | 94                           | 68              | 52      | 67               | 87      |
| Parejas de control    | 229 | 1                            | 425                          | 91              | 40      | 72               | 128     |

**TABLA 8.** Información general de la vida útil en el periodo de monitoreo de los plantados experimentales.

| Plantado experimental | N   | Número de registros | Vida útil (mín.) | Vida útil (promedio) | Vida útil (máx.) |
|-----------------------|-----|---------------------|------------------|----------------------|------------------|
| NED - Prototipo 1     | 110 | 2802                | 0                | 192.6                | 790              |
| NED - Prototipo 2     | 143 | 1459                | 0                | 123.8                | 379              |
| NED - Prototipo 3     | 241 | 171                 | 0                | 56.7                 | 686              |
| NED totales           | 494 | 1130                | 0                | 106.4                | 790              |
| Parejas de control    | 503 | 1855                | 0                | 176.2                | 854              |

**TABLA 9.** Información general de las velocidad de deriva de los plantados experimentales.

| Plantado experimental | N   | Número de registros | Velocidad (mín.) | Velocidad (promedio) | Velocidad (máx.) |
|-----------------------|-----|---------------------|------------------|----------------------|------------------|
| NED - Prototipo 1     | 110 | 2802                | 0                | 0.72                 | 4                |
| NED - Prototipo 2     | 143 | 1459                | 0                | 0.80                 | 4                |
| NED - Prototipo 3     | 241 | 171                 | 0                | 1.02                 | 4                |
| NED totales           | 494 | 1130                | 0                | 0.89                 | 4                |
| Parejas de control    | 503 | 1855                | 0                | 0.71                 | 4                |

**TABLA 10.** Datos acústicos de las boyas con ecosonda, por compañía, que se incluyeron en el análisis.

| Compañía           | NED - Prototipo 1 | NED - Prototipo 2 | NED - Prototipo 3 | NED totales | Parejas de control |
|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------|
| Marine Instruments | -                 | 124               | 189               | 313         | 291                |
| Satlink            | 106               | 4                 | 65                | 176         | 158                |