

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

10ª REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)
3-4 de junio de 2026

DOCUMENTO FAD-10-04

OPCIONES PARA EL MERCADO DE PLANTADOS EN LA CIAT

Jon Lopez, Dan Ovando, Marlon Román

Este documento fue elaborado por el personal de la CIAT en respuesta a una recomendación de la 9ª reunión del GT sobre Plantados, respaldada por la 16ª reunión del CCA, en la que se proponía que “se explore los pros y contras de la implementación de métodos de marcado del plantado”.

ÍNDICE

Resumen	1
1. Introducción	2
2. Mercado de plantados en otras OROP atuneras	3
3. Mercado de artes de pesca en otras organizaciones pertinentes	4
4. Opciones para el mercado de plantados	4
5. Evaluación comparativa de las opciones de marcado de plantados	7
6. Discusión	11
7. Conclusión	12

RESUMEN

Los dispositivos de concentración de peces (plantados) son objetos flotantes artificiales que se siembran para atraer y concentrar atunes tropicales. Su uso se ha expandido considerablemente en la pesquería de cerco desde principios de la década de 2000, lo que ha llevado a la CIAT a adoptar diversas medidas de ordenación, incluido el requisito de que todos los plantados sean identificados en el momento de su siembra mediante un identificador de la boya satelital, de conformidad con la resolución [C-19-01](#).

En su 9ª reunión (La Jolla, mayo de 2025), el Grupo de Trabajo sobre Plantados concluyó que, en ese momento, no era necesario un registro de plantados en la CIAT, dado que el sistema existente basado en observadores y boyas actúa como un registro *de facto* de los plantados y ya aborda la mayoría de las necesidades científicas y de ordenación clave (ver [FAD-09-03](#)). Sin embargo, el Grupo de Trabajo recomendó que “se explore los pros y contras de la implementación de métodos de marcado del plantado”. El presente documento se presenta en respuesta a dicha recomendación.

Se examinan siete categorías amplias de enfoques de marcado de plantados: (i) marcas de identificación físicas, (ii) marcado electrónico y RFID, (iii) identificación electrónica remota mediante radio de largo alcance (p. ej., LoRaWAN), (iv) códigos QR y códigos de barras, (v) el sistema de identificación existente basado en boyas satelitales, (vi) codificación visual por colores, y (vii) sistemas híbridos que combinan dos o más de los anteriores. Para cada enfoque se describen las ventajas, las desventajas y las consideraciones

de implementación específicas de la CIAT. También se ofrece una breve visión general de las prácticas de marcado de plantados en otras OROP atuneras, complementada con una breve revisión de los enfoques de marcado de artes de pesca desarrollados por la FAO y el CIEM.

Ningún método de marcado está exento de limitaciones. El marcado físico y electrónico puede proporcionar identificadores únicos permanentes para la estructura del plantado, pero puede requerir nuevas obligaciones reglamentarias, hardware, protocolos de observadores y recursos. El actual sistema basado en boyas es robusto y está bien establecido, pero no asigna una identidad permanente a la estructura física del plantado. La codificación visual por colores por sí sola es insuficiente para la identificación individual de los plantados, pero puede complementar otros enfoques. Los sistemas híbridos ofrecen redundancia a costa de una mayor complejidad.

El personal de la CIAT no recomienda un método de marcado específico en este momento, más allá del actual sistema de identificación/marcado basado en boyas. El enfoque más adecuado dependerá de los objetivos que la Comisión desee alcanzar mediante el marcado de plantados y del nivel de cambio y de los recursos que los CPC y la Secretaría estén dispuestas a comprometer e invertir. En caso de que la Comisión desee seguir adelante, el personal sugiere que se aclaren los objetivos específicos del marcado de plantados antes de seleccionar un enfoque técnico. El presente documento se presenta como base para las discusiones del Grupo de Trabajo sobre Plantados y de la Comisión, según proceda.

1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de los dispositivos de concentración de peces (plantados) en el mar se ha convertido en un componente cada vez más importante de la ordenación de los plantados en todas las OROP atuneras. En la CIAT, la resolución [C-19-01](#) exige que todos los plantados se identifiquen en el momento de su siembra utilizando el identificador de la boya satelital o un código alfanumérico único proporcionado por la Secretaría. Este sistema, respaldado por una cobertura de observadores de 100% obligatoria en los buques de cerco de clase 6 y una cobertura voluntaria de aproximadamente 40-55% en los buques de clases 1-5, ha permitido al personal de la CIAT realizar un seguimiento de aproximadamente 150,000 ciclos de vida de plantados desde 2019 (ver [FAD-09-02](#)). De estos, solo el 4-7% de los registros de plantados notificados por los observadores se señalaron como con discrepancias que impedían un seguimiento fiable (es decir, ~93-96% de los registros se podían utilizar para el seguimiento; [FAD-09-02](#)). Cabe señalar que solo el 0.09% de todos los plantados sembrados en el OPO desde 2019 no tenían ninguna boya sujeta observada (tal como exige la resolución [C-19-01](#)). Durante las visitas, solo alrededor del 1.5% de los plantados visitados carecían de boya; los observadores dispusieron de la identificación de la boya en el 99.52% de los casos en que la boya estaba presente.

Como se describe en [FAD-09-03](#), la principal limitación del sistema de marcado actual es su incapacidad para asignar un identificador permanente a la estructura física del propio plantado. Si se reemplaza una boya satelital sin la presencia de un observador, la identidad física de esa unidad se pierde efectivamente. Un sistema de marcado físico o electrónico permanente podría subsanar parcialmente esta deficiencia, permitiendo el seguimiento a lo largo de múltiples siembras, la “propiedad” y las discusiones sobre la posible rendición de cuentas asociadas, así como un mejor monitoreo del número total de plantados físicos únicos en funcionamiento, siempre que el componente marcado permanezca sujeto a una estructura de plantado. Cuando un plantado se desintegra en el mar, cualquier marcador fijado a un

componente (marca física, chip RFID o boya) ya no puede identificar la unidad en su conjunto, por lo que ningún sistema de marcado puede resolver por completo la pérdida de identidad derivada de la desintegración estructural.

En su 9ª reunión (mayo de 2025), tanto el personal como el Grupo de Trabajo sobre Plantados y el Comité Científico Asesor (CCA) concluyeron que el sistema actual de la CIAT cubre la mayoría de las necesidades científicas y de ordenación clave sin requerir un registro formal de plantados. En la misma reunión, el Grupo de Trabajo sobre Plantados, con el respaldo del CCA, recomendó que “se explore los pros y contras de la implementación de métodos de marcado del plantado”. El presente documento responde a ese mandato.

2. MERCADO DE PLANTADOS EN OTRAS OROP ATUNERAS

Hasta la fecha, ninguna OROP atunera exige el marcado físico de las estructuras de plantados con identificadores únicos permanentes. La identificación de los plantados en las OROP atuneras se lleva a cabo principalmente a través de la identificación de las boyas satelitales, con distintos grados de requisitos de verificación por observadores y de notificación. La Tabla 1 resume el estado actual de las prácticas de marcado e identificación de plantados en las cuatro principales OROP atuneras.

TABLA 1. Comparación de las prácticas de marcado/identificación de plantados en las OROP atuneras.

OROP	Método de marcado	¿Obligatorio?	Situación	Notas
CAOI	Identificación de la boya satelital; no se requiere el marcado físico del plantado según la res. 24/02	Sí (solo identificación de la boya)	Implementado	No se exige el marcado físico permanente de la estructura del plantado; el marcado físico está siendo discutido. Un registro de plantados a nivel de boya se encuentra en fase piloto (2025), y se espera su plena implementación en enero de 2026.
CICAA	Identificación de la boya satelital; no se requiere marcado físico estandarizado	Parcial (notificación en bitácoras)	Implementado	Se exige la notificación del ID de la boya en las bitácoras; no se exige el marcado físico de los plantados. Algunos CPC aplican marcados nacionales de forma voluntaria.
WCPFC	Identificación de la boya satelital; algunas CMM hacen referencia a marcas por buque	Parcial	Implementado	La CMM 2022-01 exige la identificación de los plantados mediante la identificación de la boya. No hay un marcado físico estandarizado PNA gestiona un sistema de registro de boyas que exige a los propietarios de boyas registrarse e informar a las autoridades nacionales.
CIAT	Identificación de la boya satelital según la resolución C-19-01 ; actualmente no se utiliza ninguna marca física, pero se podría solicitar un código único a la Secretaría	Sí (identificación de la boya según la res. C-19-01 o código único proporcionado por la Secretaría)	Implementado	El sistema actual (basado en la identificación de la boya) ha realizado un seguimiento de ~150,000 ciclos de vida de plantados desde 2019 utilizando identificaciones de boya (ver FAD-09-02) (~95% de seguimientos exitosos; solo se ha observado un 0.09% de plantados sembrados sin

				<p>boya desde 2019; la identificación de la boya está disponible el 99.52% de las veces; los plantados sin boya solo representan ~1.5% de las visitas). Actualmente no se exige el marcado físico de las estructuras de los plantados; se podría solicitar un código único a la Secretaría.</p>
--	--	--	--	---

La ausencia de requisitos de marcado físico en todas las OROP refleja tanto los retos prácticos que plantea el marcado de objetos sembrados en el mar como la dependencia histórica de la identificación electrónica basada en boyas. Sin embargo, está creciendo el interés por sistemas de marcado físico más robustos, especialmente en el contexto del aumento del número de plantados, la transición hacia plantados totalmente biodegradables, las preocupaciones por los varamientos y las discusiones en curso sobre la propiedad y la rendición de cuentas.

3. MERCADO DE ARTES DE PESCA EN OTRAS ORGANIZACIONES PERTINENTES

Si bien ninguna OROP atunera exige actualmente el marcado físico permanente de las estructuras de los plantados, otros organismos internacionales, entre los que destacan la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (CIEM), han abordado el marcado de las artes de pesca en general. Su labor se centra principalmente en las artes pasivas y estáticas (redes agalleras, nasas, palangre) más que en los plantados, pero los principios subyacentes y las opciones técnicas son pertinentes para la presente discusión.

Las *Directrices voluntarias sobre el mercado de las artes de pesca* de la FAO, respaldadas por el Comité de Pesca en 2018, proporcionan un marco no vinculante para que los Estados y las OROP implementen el marcado de las artes con el doble objetivo de identificar su propiedad y reducir los aparejos abandonados, perdidos o descartados de otra forma (APAPD). Las Directrices prevén un conjunto de herramientas flexible que combina identificadores físicos (marcas grabadas, códigos incorporados), sistemas electrónicos (RFID, transpondedores vinculados a satélites) y elementos visuales estandarizados, aplicados de manera proporcional al riesgo y al contexto pesquero.

El CIEM, a través de su Grupo de Trabajo sobre Residuos Marinos (WGML, por sus siglas en inglés) y su Grupo de Trabajo sobre Tecnología Pesquera y Comportamiento de los Peces (WGFTFB, anteriormente FAST), junto con grupos de expertos relacionados, ha revisado las tecnologías de marcado de artes de pesca y los enfoques de mitigación de APAPD en las pesquerías del Atlántico norte, con lecciones prácticas sobre la durabilidad de las marcas, la interoperabilidad de los lectores y la gestión de datos que son transferibles a los contextos de los plantados.

Estos marcos no son directamente prescriptivos para las pesquerías de atunes tropicales, pero son útiles como complemento de los enfoques específicos de las OROP, en particular en lo que respecta a la estandarización, los requisitos de durabilidad y las consideraciones sobre los APAPD.

4. OPCIONES PARA EL MERCADO DE PLANTADOS

En la siguiente sección se describen siete categorías generales de enfoques de marcado de plantados. Estas categorías no son mutuamente excluyentes y, de hecho, podrían utilizarse combinaciones de ellas para abordar diferentes objetivos operativos simultáneamente. En la mayoría de los casos, también sería

necesario desarrollar un método de fijación robusto, capaz de soportar las fuerzas dinámicas y los procesos de degradación a los que están expuestos los plantados en el mar. En la Tabla 2 se ofrece una comparación resumida, que incluye ventajas, desventajas y consideraciones de implementación específicas para la CIAT.

4.1. Mercado físico/marcas de identificación únicas

El mercado físico consiste en fijar una marca o placa duradera con un código alfanumérico único a la estructura del plantado en el momento de su construcción o antes de su siembra. Los materiales deben ser resistentes a la radiación UV, la inmersión en agua salada, las incrustaciones biológicas y el desgaste mecánico. En otros contextos marinos se han utilizado placas de acero inoxidable grabadas, marcas de aluminio anodizado duro y marcas de polímero de alta durabilidad resistentes a los rayos UV (por ejemplo, marcas en el casco de los buques, identificación de artes en algunas pesquerías de langosta y cangrejo) (FAO, 2019). La resolución [C-19-01](#) ya prevé este enfoque como alternativa a la identificación de la boya satelital: los buques pueden solicitar un código alfanumérico único a la Secretaría de la CIAT y están obligados a aplicarlo al plantado utilizando letras de al menos 5 cm de altura, pintadas con pintura basada en resina epóxica o un material duradero equivalente. En la práctica, sin embargo, ningún operador ha hecho uso de esta disposición, y todos los plantados sembrados en el OPO siguen identificándose mediante la identificación de la boya satelital. La existencia de la alternativa no utilizada de la res. [C-19-01](#) indica, por lo tanto, que la vía normativa para el mercado físico ya está establecida, pero que su adopción ha sido insignificante en condiciones operativas.

4.2. Mercado electrónico/RFID

Los chips de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) pueden incorporarse en las estructuras de los plantados durante o después de su construcción, proporcionando un identificador único a prueba de manipulaciones y legible electrónicamente. La RFID se utiliza ampliamente en la gestión de la cadena de suministro y se está explorando cada vez más para el seguimiento de artes de pesca. Las etiquetas de comunicación de campo cercano (NFC, por sus siglas en inglés) ofrecen una funcionalidad similar y son legibles por los teléfonos inteligentes estándar. Ambas tecnologías requieren una proximidad cercana para su lectura y, por lo tanto, no son adecuadas para la identificación remota.

4.3. Identificación electrónica remota (radio de largo alcance)

Las tecnologías de radio de largo alcance permiten transmitir el identificador de una boya o un plantados desde la unidad flotante a un buque que se aproxima, sin que sea necesario que los observadores escaneen físicamente una marca. El personal de la CIAT, junto con Satlink y Digital Observer Service, probó este enfoque utilizando LoRaWAN en el Laboratorio de Achotines (Panamá), y lograron probabilidades de detección de >75% a distancias de 500–750 m para las señales de estado y de 100–500 m para los datos de ubicación (ver [FAD-08-03](#)). Los alcances se limitaron deliberadamente para que la identificación se produzca únicamente a distancias de aproximación de los buques y la tecnología no pueda utilizarse para la búsqueda activa y remota de plantados. Entre las ventajas potenciales se incluyen la integración con sistemas de monitoreo electrónico, la duración de la batería de varios años y la resistencia a la manipulación; entre las limitaciones se encuentran la sensibilidad al estado del mar, la variabilidad del rendimiento y la dependencia actual de la conectividad a Internet. El personal ha recomendado LoRaWAN para la identificación automática y remota de boyas de plantados a ≤ 500 m. A menos que la tecnología se

utilice fuera de la boya, la identificación sigue estando vinculada a la boya satelital en lugar de a la estructura física del plantado.

4.4. Códigos QR/códigos de barras

Los códigos QR o códigos de barras impermeables impresos en sustratos de grado marino pueden codificar múltiples campos de datos (por ejemplo, ID del plantado, buque, fecha de fabricación) en un formato compacto y escaneable. Sus principales ventajas son su muy bajo costo y la compatibilidad con el escaneo mediante teléfonos inteligentes, sin necesidad de equipos especializados. Su principal limitación es la durabilidad en el mar; se necesita un laminado protector o un armazón para prolongar la vida útil, así como necesidades logísticas amplias, y sería necesario establecer protocolos de remplazo.

4.5. Identificación basada en boyas satelitales

El sistema actual basado en boyas ya realiza un seguimiento de los plantados con una cobertura casi completa (~96% de las interacciones registradas por los observadores conservan un enlace de identificación de boya utilizable; [FAD-09-02](#)), y representa el mecanismo de marcado de plantados establecido y *de facto* de la CIAT en virtud de la resolución [C-19-01](#). Cabe señalar que solo se ha observado un 0.09% de plantados sembrados sin boya desde 2019 (tal como exige la resolución [C-19-01](#)). Durante las visitas, solo alrededor del 1.5% de los plantados visitados carecían de boya; los observadores dispusieron de la identificación de la boya en el 99.52% de los casos en que la boya estaba presente. Las mejoras específicas y graduales, como pequeños ajustes en los protocolos de los observadores para registrar los remplazos de boyas y una vinculación más estrecha entre las identificaciones de boyas notificadas por los observadores y los datos de boyas satelitales sin procesar presentados en virtud de las resoluciones [C-21-04](#) y [C-24-01](#) (ahora [C-25-01](#)), podrían consolidar aún más este rendimiento a un costo mínimo. Estas mejoras no resolverían la falta de un identificador permanente vinculado a la estructura física del plantado, pero, dados los niveles actuales de seguimiento y el marco de ordenación, los argumentos a favor de una mejora sustancial del sistema de identificación basado en boyas son limitados.

4.6. Codificación por colores/marcado visual

La aplicación de esquemas de colores o patrones visuales estandarizados a los componentes de los plantados (por ejemplo, la estructura flotante) puede facilitar la atribución en el mar a un buque, pabellón, empresa o categoría de plantado (por ejemplo, su estado de biodegradabilidad) sin necesidad de equipos de escaneo. Este enfoque puede ser especialmente relevante, por ejemplo, para el monitoreo aéreo y la atribución de incidentes de varamiento. Sin embargo, no puede proporcionar una identificación individual única y, por lo tanto, es insuficiente como sistema de marcado independiente.

4.7. Sistemas de marcado híbridos

Un enfoque híbrido que combine dos o más de los métodos anteriores podría proporcionar redundancia y abordar diferentes necesidades operativas simultáneamente. Por ejemplo, una marca física permanente que proporcione una identificación única podría combinarse con un indicador visual codificado por colores para la atribución a la flota y un código QR para facilitar el escaneo rápido durante las interacciones de los observadores. Si se desea, una implementación por fases, comenzando con elementos de bajo costo y añadiendo progresivamente componentes electrónicos, podría reducir la carga inicial de recursos.

5. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS OPCIONES DE MARCADO DE PLANTADOS

La Tabla 2 ofrece un resumen comparativo de los siete métodos de marcado descritos anteriormente. Para cada opción, la tabla incluye una breve descripción, las principales ventajas, las principales desventajas y consideraciones específicas relevantes para la implementación en la CIAT, incluyendo aspectos económicos, logísticos, normativos y operativos.

TABLA 2. Resumen de las opciones de marcado de plantados: descripción, ventajas, desventajas y consideraciones para la implementación en la CIAT.

Opción de marcado	Descripción	Ventajas	Desventajas	Consideraciones para la implementación en la CIAT
Marcado físico/marcas de identificación únicas	Marcas, placas o pintura duraderas (por ejemplo, metal grabado, polímero resistente a rayos UV, pintura basada en resina epóxica) que lleven un código alfanumérico único, fijadas a la estructura del plantado en el momento de su construcción o antes de su siembra. La resolución C-19-01 ya incluye este enfoque de forma parcial (código único emitido por la Secretaría, letras de ≥5 cm en pintura basada en resina epóxica o equivalente), pero ningún operador lo ha utilizado en la práctica; todos los plantados se marcan mediante la identificación de la boya satelital.	<ul style="list-style-type: none"> • Vínculo directo entre la estructura física del plantado y una identidad permanente • Bajo costo unitario si se estandariza • Compatible con la recolección de datos de observadores existente • Aplicable a todos los tipos de plantados • Ya existe una versión de esto en la res. C-19-01 	<ul style="list-style-type: none"> • Las marcas pueden perderse, dañarse o volverse ilegibles (rayos UV, incrustaciones biológicas, desgaste mecánico) • Requiere que los observadores o capitanes localicen físicamente y registren el identificador • No permite el seguimiento remoto • Verificación limitada en ausencia de cobertura por observadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Ya existe una vía normativa en virtud de la resolución C-19-01 (código único de la Secretaría; letras de ≥5 cm; pintura basada en resina epóxica o equivalente), pero su adopción hasta la fecha ha sido insignificante • El formato y la colocación estandarizados de las marcas podrían reafirmarse o perfeccionarse en una futura resolución • Se requiere una coordinación significativa con los CPC y la industria para su implementación • Capacitación de los observadores para localizar y registrar sistemáticamente las identificaciones físicas • Habría que abordar la vinculación con los datos existentes de identificación de boyas en los sistemas de datos de la CIAT • Podrían ser necesarios mecanismos de financiamiento
Marcado electrónico/RFID	Chips de identificación por radiofrecuencia (RFID) o etiquetas de comunicación de campo cercano (NFC) incorporados en las estructuras de los	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación única y a prueba de manipulaciones • Más rápido y fiable que la lectura manual de identificaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor costo unitario que las marcas físicas • Requiere hardware de lectura en los buques y/o para los observadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición y distribución de lectores a los observadores y/o a los buques • Se necesita un protocolo de

	<p>plantados. Los lectores (portátiles o fijos) escanean las etiquetas a corta distancia durante las interacciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Los dispositivos lectores son cada vez más económicos • Se pueden integrar en los flujos de trabajo de los observadores • Resistente a las incrustaciones biológicas si se incorpora correctamente 	<ul style="list-style-type: none"> • Alcance de lectura corto (centímetros a metros); no es adecuado para la identificación remota • El agua salada y la presión pueden degradar el rendimiento con el tiempo • Es necesaria la estandarización del tipo de chip y la compatibilidad de los lectores en todas las flotas 	<p>mantenimiento y replazo de los lectores</p> <ul style="list-style-type: none"> • La resolución debería especificar los estándares de los chips (frecuencia, formato, campos de datos) • Se recomienda realizar pruebas piloto en condiciones del OPO (inmersión en agua salada, profundidad, temperatura) antes del despliegue en toda la flota • Se debe definir el protocolo de transferencia de datos desde los lectores a la base de datos de la CIAT
<p>Identificación electrónica remota (radio de largo alcance)</p>	<p>Un sensor de radio de baja potencia (p. ej., LoRaWAN) montado en la boya satelital o en el plantado transmite la identificación de la boya/plantado y datos auxiliares a un receptor instalado en un buque que se aproxima al plantado. El alcance de lectura se limita deliberadamente a las distancias de aproximación de los buques (~100–500 m) para evitar permitir la búsqueda remota activa. Probado en fase piloto por la CIAT en el Laboratorio de Achotines con Satlink y Digital Observer Service (FAD-08-03).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Captura automatizada e independiente del observador de la identificación de la boya a distancias de aproximación de los buques • Alta probabilidad de detección (>75%) a 500–750 m para datos de estado y a 100–500 m para datos de ubicación • Larga duración de la batería del sensor (hasta 10 años) • Resistente a la manipulación; compatible con la producción en serie • Podría integrarse en los flujos de trabajo de monitoreo electrónico (ME) • Resuelve un problema de calidad de datos que se viene arrastrando desde hace tiempo (captura automática remota de la identificación de la boya) • La misma infraestructura de lectores podría admitir 	<ul style="list-style-type: none"> • Sería necesario estandarizar las especificaciones de los sensores y los receptores (banda de frecuencia, protocolo, campos de datos, alcance máximo) • Se necesita coordinación con los fabricantes de boyas y plantados para integrar los sensores en la fase de producción • Se debe definir la integración con el flujo de datos de identificación de boyas existente (resoluciones C-21-04 y C-24-01 (ahora C-25-01)) 	<ul style="list-style-type: none"> • Las especificaciones de los sensores y los receptores (banda de frecuencia, protocolo, campos de datos, alcance máximo) deberían estandarizarse en una futura resolución • Se necesitan protocolos para la colocación en estructuras de plantados • Se recomienda una ampliación del proyecto piloto en Achotines a condiciones operativas del OPO antes del despliegue en toda la flota • Adquisición e instalación de hardware de lectura (receptor/<i>hub</i>) en los buques, con protocolo de mantenimiento y replazo • Se debe definir la integración con el flujo de datos de identificación de boyas existente • Podría implementarse como una vía de actualización de baja complejidad que complemente el sistema

		otros sistemas de recolección de datos a bordo (por ejemplo, balanzas electrónicas)		de identificación basado en boyas existente
Códigos QR/códigos de barras	Códigos QR o códigos de barras impermeables impresos en sustratos duraderos (p. ej., marcas de grado marino, placas grabadas) fijados a los plantados y escaneados con un teléfono inteligente o un lector específico.	<ul style="list-style-type: none"> • Costo unitario muy bajo • Escaneables con cámaras estándar de teléfonos inteligentes (sin necesidad de hardware especializado) • Permite codificar múltiples campos de datos (ID del plantado, buque, fecha de fabricación/instalación) • Tecnología familiar; requiere una capacitación mínima • Compatible con la recolección de datos de observadores mediante aplicaciones (inexistente por el momento) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vulnerable a as incrustaciones biológicas, la degradación por rayos UV y los daños mecánicos • Requiere un acceso físico cercano; no resuelve las limitaciones del monitoreo remoto • Fiabilidad de escaneo inconsistente en condiciones de campo (plataformas húmedas y en movimiento) • Si no se protege adecuadamente, su vida útil en el mar es limitada 	<ul style="list-style-type: none"> • Las especificaciones del sustrato y del laminado protector deben estandarizarse para garantizar la durabilidad en el medio marino • Si la CIAT avanza hacia la recolección electrónica de datos de observadores, se podría integrar el escaneo de códigos QR • Sería necesario definir un protocolo de remplazo para los códigos dañados • Es necesario desarrollar o adaptar aplicaciones para observadores o capitanes • Su bajo costo hace que esta opción sea adecuada para realizar pruebas piloto con un gasto mínimo
Identificación basada en boyas satelitales	El sistema actual de la CIAT, en el que la identificación de boyas satelitales funciona como marcador/identificador <i>de facto</i> de los plantados en virtud de la resolución C-19-01 . Las mejoras específicas y graduales (mejora de la recolección de datos; vinculación más estrecha y automática con los datos de boyas satelitales sin procesar) podrían consolidar aún más el rendimiento, que ya permite el seguimiento de ~96% o más de los plantados sembrados desde 2019. Solo se ha observado un 0.09% de plantados sembrados sin boya desde 2019. La	<ul style="list-style-type: none"> • Ya en funcionamiento en virtud de la resolución C-19-01; no se requiere un nuevo marco normativo • ~96% de las interacciones registradas por los observadores conservan un enlace de identificación de boya utilizable (FAD-09-02). Se ha realizado un seguimiento de ~150,000 ciclos de vida de plantados desde 2019. Solo se ha observado un 0.09% de plantados sembrados sin boya desde 2019. Se ha registrado la identificación de la boya en el 99.52% de los casos en los que la boya estaba presente; 	<ul style="list-style-type: none"> • No asigna una identificación permanente a la estructura física del plantado • Se pierde la identidad si se sustituye la boya sin que haya un observador presente • Depende de la disponibilidad de boyas y de los informes de los observadores • No resuelve la “propiedad” de la unidad física en múltiples siembras 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema ya está operativo; los argumentos a favor de una mejora sustancial son limitados, dada la cobertura de seguimiento actual de ~96% • Se pueden realizar pequeños ajustes en los protocolos de los observadores para el registro de datos de boyas dentro del marco actual de la resolución • Una vinculación más estrecha entre las identificaciones de boyas notificados por los observadores y los datos de boyas satelitales sin procesar podría consolidar el rendimiento

	<p>identificación de la boya está disponible en el 99.52% de los casos cuando la boya está presente; solo en ~1.5% de las visitas la boya no está presente.</p>	<p>solo en el 1.5% de las visitas la boya no estaba presente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se basa en la infraestructura y los flujos de datos existentes de la CIAT • No se requiere nuevo hardware para los buques ni para los observadores • Permite el seguimiento desde el escritorio de las trayectorias y la vida útil de los plantados 		<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas de datos del personal ya apoyan este enfoque (FAD-09-02) • No resuelve la falta de un identificador permanente vinculado a la estructura física del plantado ni las cuestiones asociadas
<p>Codificación por colores/marcado visual</p>	<p>Esquemas de colores o patrones visuales estandarizados aplicados a los componentes del plantado (estructura flotante) para indicar, por ejemplo, el buque, el pabellón, la empresa o la categoría del plantado (p. ej., estado de biodegradabilidad). Se utiliza habitualmente como complemento de los sistemas de identificación única.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Visible de inmediato sin necesidad de equipos de escaneo • Bajo costo y fácil de implementar • Útil para la identificación y el monitoreo en el mar o en tierra • Complementa otros métodos de marcado • Podría facilitar la identificación de plantados abandonados y de casos de varamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • No permite una identificación individual única; solo una atribución a nivel de categoría general (p. ej., flota, categoría de plantado) • Los colores se desvanecen con el tiempo debido a la exposición a los rayos UV y a las incrustaciones biológicas • Contenido informativo limitado • No es adecuado como sistema de identificación independiente • La estandarización entre múltiples flotas/empresas requiere coordinación 	<ul style="list-style-type: none"> • Podría implementarse junto con un sistema de identificación único como una capa adicional • Sería necesario definir los estándares de color por categorías generales (por ejemplo, pabellón, empresa o tipo de plantado) en una resolución • Podría ayudar al seguimiento de los plantados varados (ver FAD-09 INF-A) al facilitar la identificación del origen de los plantados varados • Carga de costos mínima; podría introducirse gradualmente a medida que se construyen o mantienen los plantados
<p>Sistema de marcado híbrido</p>	<p>Combinación de dos o más de los enfoques anteriores (por ejemplo, marca física de identificación única + código QR + codificación por colores), que proporciona redundancia y cubre diferentes casos de uso (por ejemplo, identificación remota vs. <i>in situ</i>, atribución única vs. a nivel de flota).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • La redundancia reduce el riesgo de pérdida total de identidad si falla un elemento • Aborda diferentes necesidades operativas simultáneamente (p. ej., observador, atribución de varamientos) • Flexible; los componentes pueden introducirse de forma gradual 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el costo y la complejidad de la implementación • La existencia de múltiples sistemas requiere coordinación y estandarización • Riesgo de incoherencia entre los elementos si no se especifican con precisión • Mayor carga de trabajo de capacitación y para los observadores 	<ul style="list-style-type: none"> • Un enfoque por fases podría comenzar con elementos de bajo costo (codificación por colores, identificación física) antes de añadir componentes electrónicos • La CIAT podría basarse en las experiencias de la FAO, la UE, EE. UU. y Canadá • La Comisión tendría que definir un sistema híbrido mínimo viable y evaluar la relación costo-

		<ul style="list-style-type: none"> • Se ajusta a las mejores prácticas en otras pesquerías (FAO, 2019; pesquerías de palangre y nasas del Mediterráneo de la UE, Reglamento UE n.º 404/2011; pesquerías de langosta y cangrejo de EE. UU. y Canadá) 	<ul style="list-style-type: none"> • El marco normativo tendría que abarcar múltiples elementos de mercado 	beneficio antes de su adopción <ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda un programa piloto antes de la implementación en toda la flota • Sería conveniente realizar un análisis formal de la relación costo-beneficio y consultar a las partes interesadas
--	--	--	---	--

6. DISCUSIÓN

La elección de un sistema de marcado de plantados para la CIAT no puede realizarse sin una definición clara de los objetivos que la Comisión desea alcanzar mediante dicho marcado. Como se señala en el documento [FAD-09-03](#), los distintos objetivos de ordenación pueden requerir diferentes enfoques de marcado e identificación. Un sistema diseñado principalmente para atribuir la propiedad de los plantados varados podría dar prioridad a la codificación visual por colores y a marcas físicas sencillas, mientras que un sistema destinado al seguimiento de unidades individuales de plantados en múltiples siembras requeriría el acceso a identificaciones de boyas y a identificadores físicos únicos y permanentes vinculados a una base de datos.

De entre todas las opciones analizadas, ninguna presenta un enfoque que carezca de limitaciones. Los sistemas de marcado físico y electrónico pueden proporcionar identidades únicas y fiables para las estructuras de los plantados, pero requieren nuevos marcos normativos, la adquisición de materiales y equipos, y ajustes en los protocolos de los observadores y los sistemas de datos. El sistema actual basado en boyas sigue siendo la opción más práctica a corto plazo para mejorar el seguimiento de los plantados en el mar, pero su limitación fundamental (la imposibilidad de seguir la estructura física del plantado durante los cambios de boya o los periodos en tierra sin la presencia de un observador) difícilmente podrá resolverse sin algún tipo de marcado físico o electrónico permanente.

La CIAT se encuentra en una posición sólida en comparación con otras OROP atuneras, dado su personal científico permanente, su elevada cobertura por observadores en la flota de cerco, la infraestructura y los requisitos de datos existentes, y la existencia de métodos para recolectar un volumen significativo de datos sobre la vida útil y el seguimiento de los plantados (ver [FAD-09-02](#)). Cualquier sistema de marcado nuevo debería diseñarse para complementar e integrarse con estos activos existentes, en lugar de duplicarlos.

El costo y la carga logística varían considerablemente entre las distintas opciones. Las marcas de identificación físicas y los códigos QR representan el menor costo unitario y podrían ponerse a prueba sin grandes cambios normativos, mientras que los sistemas RFID requieren una mayor inversión inicial en hardware y estandarización. Un sistema híbrido ofrece la mayor redundancia funcional, pero con mayor complejidad. Cualquier opción que requiera la intervención de los buques o de los CPC se beneficiaría de un programa piloto estructurado en el que participaran voluntarios antes de que se considere su implementación en toda la flota.

Los resultados de las pruebas de radio de largo alcance LoRaWAN presentados en el documento [FAD-08-03](#) son especialmente relevantes en este contexto. Demuestran que un enfoque de radio de largo alcance puede transmitir de forma fiable un identificador de boya a las distancias de aproximación de los buques en las que suele producirse la identificación de los plantados por parte de los observadores o de los sistemas de monitoreo electrónico (normalmente <500 m), al tiempo que evita explícitamente la búsqueda remota activa de plantados que el buque aún no está monitoreando. Este enfoque podría mejorar sustancialmente la fiabilidad y la detección automática de la captura de la identificación de la boya por parte de los observadores y los sistemas de ME, resolviendo así un problema de calidad de los datos, y podría integrarse con el enfoque de identificación basado en boyas satelitales descrito anteriormente. Sus principales limitaciones actuales son que, a menos que se utilice directamente en la estructura del plantado, identifica la boya y aún no se ha caracterizado su rendimiento en condiciones marítimas desfavorables, y que su despliegue en toda la flota dependería de la coordinación con los fabricantes de boyas y de la estandarización de las especificaciones de los sensores y lectores. Estas consideraciones sugieren que la identificación remota de largo alcance está mejor posicionada como complemento, más que como sustituto, del marcado físico de la estructura del plantado cuando el objetivo de ordenación es la identidad permanente del plantado.

La coordinación con otras OROP atuneras, los fabricantes de plantados y boyas, y la industria pesquera será importante para garantizar que cualquier sistema de marcado adoptado por la CIAT sea compatible con los estándares internacionales emergentes y no genere cargas adicionales innecesarias para una flota que puede operar en múltiples cuencas oceánicas.

A la hora de considerar estas opciones, la experiencia de otras OROP atuneras podría ser prioritaria para la CIAT, dadas las fuertes similitudes operativas y ecológicas de las pesquerías basadas en plantados en todos los océanos y la comparabilidad de las flotas, los programas de observadores y los sistemas de datos. No obstante, los marcos más amplios desarrollados por la FAO (en particular las *Directrices voluntarias sobre el marcado de las artes de pesca* de 2018) y el trabajo técnico del CIEM sobre el marcado de artes y APAPD resultan útiles como aportaciones complementarias, especialmente en lo que respecta a los principios de estandarización, las especificaciones de durabilidad y la integración del marcado con la mitigación de las artes abandonadas. Alinear las decisiones de la CIAT en primer lugar con las prácticas y la trayectoria de otras OROP atuneras, al tiempo que se recurre de forma selectiva a las orientaciones de la FAO y el CIEM cuando aportan valor añadido, contribuiría a garantizar la consistencia de las flotas que operan en el Área de la Convención, según proceda.

7. CONCLUSIÓN

El presente documento responde a la recomendación del Grupo de Trabajo sobre Plantados formulada en su 9ª reunión (mayo de 2025) de que se exploraran las ventajas y desventajas de la implementación de diferentes métodos para el marcado de plantados. Se describen y comparan siete enfoques generales: marcas de identificación físicas, marcado electrónico/RFID, identificación electrónica remota mediante radio de largo alcance (p. ej., LoRaWAN), códigos QR y códigos de barras, identificación basada en boyas, codificación visual por colores y sistemas híbridos. Cada enfoque implica un equilibrio entre el costo, la durabilidad, el contenido de la información y la complejidad de la implementación.

El personal de la CIAT no recomienda un método de marcado específico en esta etapa, más allá del actual sistema de identificación/marcado basado en boyas. El enfoque más adecuado dependerá de los objetivos que la Comisión desee alcanzar mediante el marcado de los plantados, el nivel de recursos que los CPC y la Secretaría estén dispuestas a destinar, y el grado de coordinación que se pueda lograr con la industria pesquera y los fabricantes pertinentes. En caso de que la Comisión desee seguir adelante, el personal sugiere que se aclaren los objetivos específicos del marcado de los plantados antes de seleccionar un enfoque técnico.

REFERENCIAS

FAO. 2019. Voluntary Guidelines on the Marking of Fishing Gear. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 88 pp.

[FAD-08-03](#). Lopez, J., Román, M., Beloso, J.L., Galán, T., and Legorburu, G. 2024. Exploring technologies for remote identification of FADs. Inter-American Tropical Tuna Commission, Ad-hoc permanent working group on FADs, 8th Meeting, La Jolla, California (USA), 7-8 June 2024.

[FAD-09-02](#). Ovando, D., Román, M., Fuller, D., Lennert-Cody, C., and Lopez, J. Lifespan dynamics of biodegradable and conventional fish-aggregating devices in the Eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Commission, Ad-hoc permanent working group on FADs, 9th Meeting.

[FAD-09-03](#). Lopez, J., and Ovando, D. 2025. Options for an IATTC FAD register. Inter-American Tropical Tuna Commission, Ad-hoc permanent working group on FADs, 9th Meeting, La Jolla, California (USA), 28-29 May 2025.