

COMISIÓN INTERAMERICANA DEL ATÚ TROPICAL

COMITÉ ASESOR CIENTÍFICO

17<sup>a</sup> REUNIÓN

La Jolla, California (EE. UU.)

2-6 de junio de 2026

DOCUMENTO FAD-10-03

EVALUACIÓN DE MATERIALES DE BASE BIOLÓGICA PARA LOS DISPOSITIVOS DE  
CONCENTRACIÓN DE PECES (PLANTADOS) EN RELACIÓN CON LAS NORMAS DE  
CERTIFICACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD MARINA

Este documento fue elaborado por el personal de la CIAT en respuesta a una recomendación del FADWG-9, respaldada por el SAC-16, en la que se establece que «el personal de la CIAT presente al Grupo de Trabajo un análisis derivado de la recopilación y evaluación de las certificaciones sobre materiales bio-basados que se utilizan en los plantados, y que permitan asegurar que el nuevo material y el producto final no aporte a la contaminación del medio marino».

Marlon Román, Gala Moreno y Jon López

ÍNDICE

Resumen .....	2
1. Introducción.....	3
2. Materiales de base biológica utilizados en los plantados del OPO .....	5
2.1. Fibras naturales de origen vegetal .....	5
2.2. Bioplásticos.....	6
<i>Bioplásticos de origen biológico y de origen fósil</i> .....	6
2.3. Caucho y látex.....	7
3. Biodegradabilidad, compostabilidad y biodeterioro .....	7
3.1. Compostabilidad de los bioplásticos .....	8
3.2. Biodeterioro de los bioplásticos .....	8
4. Normas de ensayo sobre la biodegradabilidad de los bioplásticos en el medio marino .....	9
5. Organismos de certificación de la biodegradabilidad de los bioplásticos en entornos marinos .....	9
6. Evaluación: mapeo de los materiales bio-FAD actuales para el OPO frente a las certificaciones disponibles .....	10
7. Sistema de catalogación y recopilación de datos.....	11
7.1. Base de datos de objetos flotantes de la CIAT .....	12
7.2. con la industria y otras partes interesadas.....	12
7.3. Fabricantes que utilizan bioplásticos y otros materiales biodegradables en la construcción de plantados .....	13
7.4. Encuestas .....	14
8. Debate .....	14
8.1. ¿Deberían utilizarse plásticos de base biológica en los plantados? .....	14
8.2. Por qué «de base biológica» por sí solo no es suficiente .....	14
8.3. El requisito clave: biodegradabilidad marina verificada.....	14

8.4. Durabilidad operativa frente a objetivos medioambientales.....	15
8.5. Seguridad química, riesgos de credibilidad y cuestiones prácticas.....	15
9. Conclusiones y recomendaciones.....	15
10. Referencias .....	17
11. Tablas.....	22
12. Figuras.....	30
Anexo 1. Glosario de términos clave .....	36

## RESUMEN

Los dispositivos de concentración de peces (plantados) son fundamentales para la pesca tropical del atún con redes de cerco, pero también plantean preocupaciones ecológicas, en particular debido a los varamientos y a la contaminación marina provocada por los artes de pesca abandonados, perdidos o desechados (ALDFG). Para hacer frente a estos impactos, la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) ha iniciado una transición hacia los plantados biodegradables (bio-FAD) en virtud de la Resolución [C-23-04](#). Esta medida elimina gradualmente los materiales sintéticos, prohíbe el uso de redes para 2025 y tiene como objetivo el uso exclusivo de plantados biodegradables para 2031. El objetivo es garantizar que los materiales mantengan su rendimiento pesquero al tiempo que se degradan de una manera segura para el medio ambiente y no tóxica. Esta transición ha dado lugar a una mayor exploración tanto de materiales naturales tradicionales —como fibras vegetales, bambú y madera— como de alternativas emergentes. Algunas innovaciones se centran en mejorar la durabilidad de los componentes orgánicos mediante recubrimientos, mientras que otras, en particular los bioplásticos, se están considerando para elementos estructurales como balsas y dispositivos de flotación. Sin embargo, el uso creciente de bioplásticos plantea retos. Muchos materiales pueden estar etiquetados de forma ambigua, carecer de trazabilidad o estar certificados según normas incompletas o incoherentes. Sin una orientación normativa clara, su adopción corre el riesgo de socavar los objetivos medioambientales y minar la confianza en la transición hacia los bio-FAD, ya que su destino medioambiental sigue siendo incierto. En respuesta a ello, el Grupo de Trabajo *ad hoc* sobre plantados de la CIAT para 2025, respaldado por el SAC-16, encargó al personal científico la evaluación de las normas de certificación y biodegradabilidad para los materiales de bio-FAD.

La Resolución C-23-04 define los materiales «biodegradables» como alternativas no sintéticas o de base biológica que cumplen con las normas internacionales de biodegradabilidad marina y no liberan sustancias nocivas, incluidos plásticos o metales pesados resultantes de la biodegradación. Sin embargo, el término «bioplástico» sigue siendo amplio y potencialmente engañoso. Incluye materiales que pueden ser de base biológica pero no biodegradables, biodegradables pero derivados de combustibles fósiles, o ambas cosas. En consecuencia, la base biológica no garantiza la seguridad medioambiental ni la degradación en condiciones marinas.

Este documento revisa las normas internacionales de biodegradabilidad marina y los sistemas de certificación, destacando las principales limitaciones. Los métodos de ensayo actuales suelen basarse en indicadores indirectos, carecen de criterios claros de aprobación o rechazo y, a menudo, no son adecuados para materiales de plantados más gruesos o complejos. Tampoco logran captar la variabilidad de los entornos marinos, lo que genera incertidumbre sobre la degradación en condiciones oceánicas reales. El documento aclara conceptos clave —biodegradación, compostabilidad y biodeterioro— y plantea preocupaciones sobre la seguridad química y la trazabilidad. Algunos bioplásticos pueden contener aditivos o compuestos con una toxicidad comparable a la de los plásticos convencionales, y una degradación incompleta puede contribuir a la contaminación por microplásticos, lo que pone de relieve la necesidad de transparencia en la composición de los materiales, la certificación y el rendimiento.

El estudio concluye que, si bien los bioplásticos y otras alternativas son prometedores, su adopción debe

seguir un enfoque de precaución. Recomienda mejorar la trazabilidad exigiendo a los operadores de buques que comuniquen, antes de cada viaje, datos clave (por ejemplo, especificaciones, función) sobre los materiales utilizados en la construcción de los plantados. Además de ser utilizada por los observadores durante los despliegues, esta información, una vez catalogada y vinculada a las bases de datos de la CIAT, debería servir de apoyo para el seguimiento y la toma de decisiones fundamentadas. También se recomienda ampliar los estudios y ensayos sobre la biodegradabilidad marina y los materiales, y revisar continuamente las normas en evolución, además de aportar claridad respecto a los objetivos de la Comisión en cuanto a tiempos de degradación y medios. La colaboración entre las partes interesadas será esencial para garantizar que la transición a los plantados de base biológica reduzca eficazmente los impactos ambientales, al tiempo que se mantienen las necesidades operativas de la pesquería.

## 1. INTRODUCCIÓN

La relevancia de los dispositivos de concentración de peces (plantados) como el método más eficaz para la captura de atunes en la pesquería tropical de atún con red de cerco es reconocida a nivel mundial (Lennert-Cody y Hall, 1999; CIAT, 2025; Hall y Román, 2013; ISSF, 2025; Murua et al., 2023). Sin embargo, esto conlleva varios riesgos ecológicos, algunos de ellos atribuidos específicamente al destino y la estructura de los plantados, incluyendo posibles problemas asociados a los artes de pesca abandonados, perdidos o desechados de cualquier otra forma (ALDFG) (p. ej., pesca fantasma, varamientos) y a los desechos marinos y la contaminación (Franco et al., 2009; Hall y Román, 2013; Filmalter et al., 2013; Maufroy et al., 2015; Sinopoli et al., 2020; Escalle et al., 2024).

La Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) ha adoptado varias medidas clave para abordar el impacto de las estructuras de los plantados en el Océano Pacífico oriental (OPO). Uno de los primeros pasos fue una serie de experimentos llevados a cabo por su personal científico utilizando plantados biodegradables (en adelante, bio-FAD; véase Román et al., 2022; Román et al., 2023), que sirvieron de base para la elaboración de un plan de ordenación para una pesquería con bio-FAD en el OPO. Sobre la base de los resultados, durante su 14.<sup>a</sup> reunión en 2023, el Comité Asesor Científico (SAC) de la CIAT (véase el documento [SAC-14-16](#)) respaldó varias recomendaciones del personal de la CIAT y del Grupo de Trabajo sobre plantados (FADWG) destinadas a apoyar la transición hacia una pesquería basada íntegramente en bio-FAD, que posteriormente fueron adoptadas por la CIAT mediante la Resolución [C-23-04](#).

Entre las principales disposiciones de esta resolución se encuentran:

- La prohibición del uso de redes en la construcción de plantados para 2025, eliminando los riesgos de enredo para las especies.
- Una transición gradual hacia el uso exclusivo de plantados fabricados íntegramente con materiales biodegradables en el OPO para 2031.

Para minimizar los posibles impactos en la pesquería debidos a esta transición, la Resolución C-23-04 adoptó cinco categorías de plantados, que van desde los fabricados íntegramente con materiales no biodegradables (Categoría V —estos son los plantados convencionales utilizados hasta la fecha) hasta la Categoría I, que consiste en plantados fabricados exclusivamente con materiales biodegradables, incluyendo tanto los componentes de superficie como los sumergidos, de acuerdo con la definición de biodegradable indicada en la C-23-04: «*materiales no sintéticos<sup>1</sup> y/o alternativas de base biológica que sean consistentes con las normas internacionales<sup>2</sup> para materiales que sean biodegradables en entornos*

---

<sup>1</sup> Por ejemplo, materiales de origen vegetal como el algodón, el yute, el cáñamo de Manila (abacá), el bambú o el caucho natural, o de origen animal como el cuero, la lana o la manteca de cerdo.

<sup>2</sup> Normas internacionales como ASTM D6691, D7881, TUV Austria, normas europeas o cualquier otra norma de este tipo aprobada por los miembros de la IATTC.

*marinos. Los componentes resultantes de la degradación de estos materiales no deben ser perjudiciales para los ecosistemas marinos y costeros ni incluir metales pesados o plásticos en su composición».* Una transición gradual hacia plantados cada vez más biodegradables permitirá a la flota del OPO pasar progresivamente de una categoría a otra, de modo que:

1. En 2026, solo se utilizarán plantados de las categorías I, II, III o IV;
2. en 2029, solo se utilizarán plantados de las categorías I o II;
3. en 2030, la plantados determinará si, para 2031, solo se utilizarán plantados de la categoría I.

Además de adoptar el marco normativo, la CIAT y la comunidad en general han realizado importantes esfuerzos en los últimos años para impulsar la transición hacia los bio-FAD. Entre estas iniciativas se incluyen los ensayos experimentales controlados y a gran escala con bio-FAD mencionados anteriormente, llevados a cabo con la flota de cerco en el OPO (Román et al., 2023), pero también numerosas iniciativas globales para promover la adopción de bio-FAD (López et al., 2019; Moreno et al., 2020; Román et al., 2023; Zudaire et al., 2023; Murua et al., 2023; Escalle et al., 2025). En estas iniciativas, tanto científicos como pescadores han trabajado, en la mayoría de los casos en colaboración, para desarrollar bio-FAD con una vida útil razonable —es decir, un período durante el cual se mantengan cohesionados y sean eficaces para la pesca— comparable a la de los plantados convencionales. Este objetivo ha dado lugar a nuevas líneas de investigación, que incluyen modificaciones en los diseños de los plantados para aumentar la durabilidad y reducir la fricción (Moreno et al., 2023), así como investigaciones sobre nuevos materiales biodegradables. Inicialmente, la mayoría de los ensayos con bio-FAD se centraron en el uso de materiales de origen orgánico, principalmente caña de bambú, madera de balsa y paulownia, así como fibras de origen vegetal como el algodón, el cáñamo de Manila, el abacá, el sisal, el yute, el fique y la fibra de coco. Más recientemente, la industria pesquera, en colaboración con diferentes fabricantes de plantados y boyas, y varias organizaciones no gubernamentales (ONG) también han comenzado a explorar el uso de materiales bioplásticos y productos de recubrimiento (por ejemplo, manteca animal, caucho vegetal, resinas) para aumentar la duración de las cuerdas orgánicas y las lonas fabricadas con fibras vegetales. Además, se están llevando a cabo experimentos con materiales bioplásticos con el objetivo de prolongar la vida útil de los bio-FAD, siendo la flotabilidad uno de los aspectos clave.

Si bien los bioplásticos pueden parecer una opción prometedora para aumentar la durabilidad de los bio-FAD, el progreso en su adopción puede verse obstaculizado —y su naturaleza «biodegradable» socavada— si estos materiales se descomponen en componentes químicos inadecuados y/o la trazabilidad se ve impedida por la falta de un etiquetado claro de los componentes por parte de los fabricantes. Esto es motivo de especial preocupación, dado que algunos materiales bioplásticos ya están siendo utilizados por la industria pesquera. Además, las afirmaciones no verificadas o sin fundamento, como «biodegradable», si no se evalúan adecuadamente, pueden socavar la confianza en la biodegradabilidad de los materiales desde un punto de vista práctico y normativo. Por ejemplo, estudios científicos han demostrado que algunos bioplásticos disponibles en el mercado son tan tóxicos como los plásticos convencionales en lo que respecta a las sustancias químicas que contienen y liberan (Zimmermann et al., 2020). Esto podría suponer un problema importante si estos materiales se utilizaran en la fabricación de bio-FAD, de conformidad con la Resolución C-23-04. A este respecto, una evaluación de las diferentes normas internacionales para estos materiales de base biológica es fundamental por cuestiones prácticas y de transparencia, al tiempo que garantiza la trazabilidad y la aplicabilidad de todos estos materiales utilizados en la pesca con plantados de atún con redes de cerco en el Océano Pacífico Oriental.

El uso de materiales bioplásticos en la pesca con plantados está aumentando progresivamente, lo que

pone de relieve la necesidad de realizar evaluaciones adecuadas y establecer criterios y normas de certificación. Paralelamente, es esencial ampliar nuestra comprensión de los bioplásticos, en particular con respecto a su seguridad química, para garantizar que su uso sea respetuoso con el medio ambiente y coherente con los objetivos de sostenibilidad de la CIAT y las normas adoptadas.

En consecuencia, el SAC, durante su 16<sup>a</sup> reunión (véase el doc. [Recomendaciones del SAC-16](#)), respaldó una recomendación del Grupo de Trabajo sobre Dispositivos de Concentración de Peces (FADWG) solicitando *«que el personal de la CIAT presente al Grupo de Trabajo un análisis derivado de la recopilación y evaluación de las certificaciones sobre materiales bio-basados que se utilizan en los plantados, y que permitan asegurar que el nuevo material y el producto final no aporte a la contaminación del medio marino»*.

Las normas de certificación de la biodegradabilidad en el medio marino representan un campo científico relativamente nuevo y en rápida evolución. Por lo tanto, es necesario aclarar una serie de conceptos y definiciones clave antes de continuar.

Para abordar la recomendación del SAC-16/FADWG-9, sería conveniente crear y mantener una base de datos de la CIAT para catalogar todos los materiales biodegradables utilizados en la fabricación de bio-FAD. Las entradas deberían incluir la composición del material, el fabricante y cualquier certificación de biodegradabilidad marina de que se disponga.

El presente documento revisa los conceptos clave relacionados con la biodegradabilidad, recopila las normas de ensayo de biodegradabilidad marina existentes y evalúa cómo se aplican estas a los materiales utilizados actualmente en la construcción de bio-FAD en el OPO, con el objetivo de proporcionar al Grupo de Trabajo sobre plantados orientación sobre la certificación de materiales.

## **2. MATERIALES DE BASE BIOLÓGICA UTILIZADOS EN LOS PLANTADOS DEL OPO**

La transición a los bio-FAD en virtud de la Resolución C-23-04 implica una gama de materiales de base biológica, cada uno de los cuales desempeña diferentes funciones estructurales y funcionales en el diseño de los plantados. Estos materiales pueden agruparse a grandes rasgos en tres categorías: fibras naturales de origen vegetal, bioplásticos y recubrimientos de caucho/látex. En esta sección se revisa cada categoría y su aplicación actual en la construcción de los plantados del OPO.

### **2.1. FIBRAS NATURALES DE ORIGEN VEGETAL**

Las fibras naturales de origen vegetal han sido los principales materiales utilizados en la construcción de bio-FAD hasta la fecha. Estos materiales lignocelulósicos se derivan de fuentes vegetales renovables y se aceptan generalmente como intrínsecamente biodegradables en entornos marinos, dada su composición orgánica y sus vías de descomposición bien documentadas.

Las principales fibras de origen vegetal que se utilizan actualmente en la construcción de bio-FAD en el OPO incluyen el algodón, el cáñamo de Manila (abacá), el sisal, el yute, el fique y la fibra de coco (estopa). Estas se utilizan principalmente para cuerdas, cordeles y paneles, tanto en el componente flotante (balsa) como en el componente sumergido de los plantados. La caña de bambú también se utiliza ampliamente como material de estructura para las balsas de los plantados, mientras que las maderas de balsa y paulownia sirven como componentes de flotación o estructurales.

Las fibras naturales se reconocen generalmente como no tóxicas y respetuosas con el medio ambiente tras su degradación. Su descomposición en el agua de mar produce materia orgánica que es fácilmente asimilada por los microorganismos marinos sin liberar subproductos peligrosos, metales pesados o microplásticos persistentes. Por estas razones, se considera ampliamente que los materiales de origen

vegetal satisfacen los requisitos de biodegradabilidad establecidos en la Resolución C-23-04 sin necesidad de una certificación formal según normas específicas para bioplásticos.

Sin embargo, la principal limitación de las fibras naturales de origen vegetal es su vida útil relativamente corta en el mar. La exposición al agua de mar, a la radiación UV y a la abrasión mecánica provocada por el oleaje y las corrientes acelera su degradación, lo que a menudo da lugar a fallos estructurales de los plantados en pocos meses. Esto ha llevado a la industria pesquera a explorar recubrimientos protectores (por ejemplo, caucho/látex) y alternativas basadas en bioplásticos para prolongar la durabilidad de los plantados, al tiempo que se mantiene el cumplimiento de los requisitos de biodegradabilidad.

## 2.2. BIOPLÁSTICOS

La creciente preocupación medioambiental y los avances en el procesamiento de la biomasa han impulsado iniciativas globales para sustituir los plásticos de origen fósil por polímeros de base biológica<sup>3</sup> en múltiples sectores, incluida la construcción (Mousavi et al., 2025). European Bioplastics (2022) define un «bioplástico» como un material de base biológica, biodegradable o ambas cosas (Figura 1). Sin embargo, como señalan Zimmermann et al. (2020), el término sigue siendo ambiguo: productos comerciales como las mezclas de almidón se clasifican como bioplásticos, pero la situación de los materiales de origen vegetal combinados con componentes sintéticos (por ejemplo, mezclas a base de celulosa o bambú) es menos clara. Independientemente de la definición, estos materiales están diseñados para cumplir las mismas funciones que los plásticos convencionales.

### **BIOPLÁSTICOS DE ORIGEN BIOLÓGICO Y DE ORIGEN FÓSIL**

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ([USDA](#)) ha definido un producto de base biológica como *«un producto comercial o industrial (distinto de los alimentos o piensos) que está compuesto, en su totalidad o en parte significativa, por productos biológicos, incluidos materiales agrícolas nacionales renovables (como materiales vegetales, animales y acuáticos), materiales forestales, materiales intermedios o materias primas. Los productos de base biológica excluyen los combustibles para vehículos de motor, el gasóleo de calefacción o la electricidad producida a partir de biomasa»*.

Es importante destacar que «de base biológica» no significa necesariamente «biodegradable». Algunos plásticos de base biológica —los producidos por microorganismos— son biodegradables, como el PLA (ácido poliláctico), el PBS (succinato de polibutileno, obtenido de recursos vegetales), el TPS (almidón termoplástico), el PHA (polihidroxialcanoato) y sus variantes: PHBV (polihidroxibutirato-co-valerato), PHV (polihidroxivalerato) y PHB (polihidroxibutirato), etc., pero otros no lo son, como el PTT de base biológica (politrimetileno tereftalato de base biológica), el PE de base biológica (polietileno de base biológica), el PA de base biológica (poliamida), el PET de base biológica (polietileno tereftalato), etc., (Kato et al., 2023; Zimmermann et al., 2020; Barron y Sparks, 2020; Lavagnolo et al., 2024; Cheng et al., 2022; European bioplastics, 2022; Figura 1).

La mayoría de los plásticos de origen fósil y las fibras sintéticas no son biodegradables, por ejemplo, el PE (polietileno), el PET (polietileno tereftalato), el PP (polipropileno), el PVC (cloruro de polivinilo), el PMMA (polimetilmetacrilato), etc.; sin embargo, algunos sí lo son, como ciertos bioplásticos de origen fósil, p. ej., el PBAT (polibutileno adipato tereftalato) o el PCL (policaprolactona) (European Bioplastics, 2022; Lavagnolo et al., 2024; Cheng et al., 2022), o el PBS de base biológica (succinato de polibutileno, obtenido a partir de combustibles fósiles; Kato et al., 2023; Figura 1).

---

<sup>3</sup> Un polímero es un material compuesto por moléculas muy grandes formadas por la unión de muchas unidades repetitivas pequeñas. Los polímeros suelen ser ligeros, fuertes y resistentes al agua y a los productos químicos; por ejemplo, el plástico, el bioplástico, el caucho y el nailon.

### 2.3. CAUCHO Y LÁTEX

El caucho utilizado para recubrir los paneles y las cuerdas de los plantados es una categoría especial de material de base biológica. Está compuesto por polímeros conocidos como elastómeros, que comparten algunas propiedades con los plásticos pero son químicamente distintos (Liu et al., 2025).

El látex natural es una sustancia de color blanco lechoso (savia) que se extrae del árbol del caucho (*Hevea brasiliensis*) y de algunas otras plantas. Se trata de una suspensión (coloide) en la que partículas sólidas del elastómero, junto con una cantidad insignificante de componentes no cauchosos, se encuentran suspendidas en agua (Pattanawanidchai et al., 2024). El resultado de la precipitación o coagulación del látex natural es el caucho natural (NR, por sus siglas en inglés). Su componente principal es el elastómero denominado poli(cis-1,4-isopreno), un polímero de base biológica (Pattanawanidchai et al., 2024; Vaysse et al., 2013; Luo et al., 2024).

El NR presenta elasticidad, flexibilidad, durabilidad, resistencia a la temperatura e impermeabilidad, y es intrínsecamente biodegradable, pero tiene una resistencia a la tracción limitada (Pattanawanidchai et al., 2024; Luo et al., 2024; Coran, 2013). Sin embargo, es a través del proceso de vulcanización cuando el polímero de base biológica cambia significativamente su estructura molecular, adquiriendo resistencia y aumentando su elasticidad, consistencia y flexibilidad (Pattanawanidchai et al., 2024; Coran, 2013). Además del caucho natural, también existe el caucho sintético, y su resistencia mecánica puede mejorarse igualmente mediante la vulcanización.

Aunque la vulcanización confiere resistencia y durabilidad, dificulta el reciclaje y ralentiza significativamente la biodegradación del caucho natural (Shah et al., 2013; Schwab et al., 2024). Shah et al. (2013) también estimaron que la biodegradación microbiana/fúngica total en el suelo de los productos de caucho natural vulcanizado (por ejemplo, guantes quirúrgicos de látex) tardaría al menos 100 años. Por otro lado, los cauchos (naturales o sintéticos) vulcanizados con polímeros sintéticos no son biodegradables y no pueden reciclarse de forma convencional (Rodgers y Waddell, 2005).

Además de una biodegradabilidad extremadamente lenta o nula, está bien documentado que algunos cauchos sintéticos, como los utilizados en la fabricación de neumáticos, pueden generar cantidades significativas de contaminación por microplásticos. En concreto, se estima que el desgaste de los neumáticos libera alrededor de 6 millones de toneladas de microplásticos de neumáticos (TWM) al medio ambiente, incluido el medio marino, en forma de microplásticos (<5 mm) o nanopartículas (<1000 nm) (Klun et al., 2023; Johannessen et al., 2022). Los microplásticos son problemáticos cuando se ingieren, ya que afectan al metabolismo de las especies, o cuando se acumulan en el organismo de un ser vivo, afectando a su vitalidad (Klun et al., 2023; Ríos Mendoza et al., 2023; Mao et al., 2022).

### 3. BIODEGRADABILIDAD, COMPOSTABILIDAD Y BIODETERIORO

La biodegradación de los plásticos y los bioplásticos es un proceso complejo que da lugar a una amplia transformación de los compuestos que contienen carbono presentes en el plástico por parte de organismos vivos (Unión Europea, 2020). Según Lavagnolo et al. (2024), un material, como el bioplástico, se define como biodegradable «si puede descomponerse en dióxido de carbono ( $CO_2$ ) en condiciones aeróbicas o en metano ( $CH_4$ ) y  $CO_2$  en condiciones anaeróbicas, en compuestos inorgánicos y en nueva biomasa celular, mediante la acción de microorganismos naturales». El proceso de biodegradación del bioplástico se produce a través de dos etapas sucesivas (SAPEA, 2020; Figura 2):

1. **Descomposición del polímero**, en la que el carbono contenido en las moléculas del plástico se convierte en compuestos orgánicos más pequeños que se separan del material.
2. **Asimilación microbiana**, en la que estos pequeños compuestos orgánicos son absorbidos y metabolizados por microorganismos, produciendo en última instancia compuestos inorgánicos

(CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) y nueva biomasa microbiana.

La etapa 1 implica reacciones químicas que se producen sin la intervención de organismos vivos (abióticas) o que son impulsadas por organismos vivos a través de enzimas, que actúan sobre el plástico a granel, descomponiendo sus polímeros constituyentes y liberando compuestos orgánicos de bajo peso molecular (SAPEA, 2020). La etapa 2 implica que los microorganismos absorban compuestos orgánicos de bajo peso molecular y los metabolicen para generar energía (catabolismo), produciendo CO<sub>2</sub> (o CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> en condiciones anóxicas) y formando nueva biomasa microbiana (anabolismo). La transformación del carbono de los polímeros en estos gases y su incorporación a la biomasa microbiana representan los criterios de valoración previstos de la biodegradación (SAPEA, 2020). Las pruebas de laboratorio para evaluar la biodegradabilidad suelen medir este proceso mediante análisis de respirometría de la producción de CO<sub>2</sub> (y CH<sub>4</sub>), que constituyen la base de los procedimientos de certificación (véase la sección 6).

La mayoría de los productos bioplásticos se biodegradan solo en condiciones ambientales específicas (Unión Europea, 2020), por lo que la definición de biodegradación requiere una aclaración. En primer lugar, a efectos normativos, debe complementarse con especificaciones sobre el grado de biodegradación requerido en un plazo determinado y en el entorno (abierto) en el que se evalúa, que suele oscilar entre unos pocos meses y dos años (Tabla 2, Figura 2). En segundo lugar, esta definición se aplica únicamente a los componentes orgánicos de los materiales plásticos. Si un plástico contiene, total o parcialmente, polímeros inorgánicos (es decir, no basados en el carbono), estos componentes inorgánicos no se biodegradan según la definición anterior, por lo que requieren una evaluación científica y normativa independiente. Por lo tanto, los plásticos compuestos íntegramente por polímeros inorgánicos no deben etiquetarse como «biodegradables», ya que hacerlo infringiría esta definición (SAPEA, 2020).

### **3.1. COMPOSTABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS**

Los términos «biodegradable» y «compostable» se confunden a menudo. La compostabilidad va más allá de la biodegradabilidad: además de descomponerse en CO<sub>2</sub> o CH<sub>4</sub>, un material compostable debe transformarse en compost, un acondicionador orgánico que mejora la calidad del suelo (Lavagnolo et al., 2024; USDA).

Los bioplásticos compostables están diseñados para biodegradarse en condiciones controladas, con categorías diferenciadas de compostaje industrial y doméstico (Ghasemlou et al., 2024; Unión Europea, 2020). Estos materiales deben recogerse y dirigirse a instalaciones de compostaje adecuadas. La norma europea EN 13432:2000 define los requisitos para los envases compostables industrialmente, pero no se aplica a entornos de compostaje doméstico o marino.

La compostabilidad se ajusta a los principios de la economía circular, ya que los polímeros de origen vegetal (biopolímeros) extraídos del compost podrían reutilizarse para producir nuevos bioplásticos (Figura 3). Sin embargo, lograr esto en el medio marino es un reto, ya que los bioplásticos —como los flotadores de bioplástico utilizados en los plantados— tendrían que recuperarse en el mar o tras quedar varados en tierra para poder ser compostados.

### **3.2. BIODETERIORO DE LOS BIOPLÁSTICOS**

Es importante distinguir entre biodegradación y biodeterioro. El biodeterioro se refiere al impacto más amplio de los microorganismos sobre las propiedades físicas de un plástico, sin la transformación química de los compuestos que contienen carbono que define la biodegradación. Esta distinción es importante porque determina los requisitos y normas de ensayo aplicables (Unión Europea, 2020).

En el anexo 1 se incluye un glosario más detallado con definiciones clave.

#### **4. NORMAS DE ENSAYO SOBRE LA BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN EL MEDIO MARINO**

La biodegradabilidad de un material se confirma cuando cumple las normas de ensayo establecidas por organismos como la Organización Internacional de Normalización (ISO), la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM) y el Comité Europeo de Normalización (CEN). La Tabla 2 enumera las normas de biodegradabilidad marina recopiladas por el personal de la CIAT hasta la fecha. Los procedimientos de ensayo de biodegradabilidad marina se consideran todavía en una fase temprana de desarrollo (Briassoulis et al., 2024), y actualmente no existen criterios claros de aprobación o rechazo para la degradación en el océano (Lavagnolo et al., 2024). La biodegradación debe inferirse a partir de indicadores indirectos, como la evolución de CO<sub>2</sub>, la formación de biogás, el consumo de oxígeno y las reducciones en el carbono orgánico total (COT) o el carbono orgánico disuelto (COD) (Briassoulis et al., 2024; Lavagnolo et al., 2024; Filiciotto y Rothenberg, 2021).

Cada método tiene sus puntos fuertes y sus limitaciones, pero ninguno puede cuantificar directamente la conversión del carbono derivado de polímeros en carbono de biomasa (Lavagnolo et al., 2024; Cheng et al., 2022; European bioplastics, 2022; upPE-T, 2025). Además, sin especificar el plazo o el grado de descomposición bajo influencia ambiental o microbiana, todos los plásticos podrían considerarse biodegradables —en un plazo que va desde semanas hasta millones de años (Lavagnolo et al., 2024). Además, las normas no suelen especificar el tipo concreto de bioplástico que se va a someter a ensayo. Aunque pueden proporcionar cierta información sobre el tamaño y la forma del material de la muestra de ensayo, como película, gránulo, polvo, monofilamento, etc., no existen ensayos normalizados para muestras de mayor tamaño o espesor (por ejemplo, barras de bioplástico, láminas de más de 5 mm). Para la certificación de estos bioplásticos de mayor tamaño o mayor grosor, las normas actuales no ofrecen una orientación explícita, lo que constituye una laguna reconocida en los protocolos internacionales ([BPC Instruments](#), *comunicación personal*).

La gran variabilidad de las condiciones oceanográficas complica aún más la certificación: muchas normas no logran captar toda la gama de factores ambientales que afectan a la degradación, por lo que algunos bioplásticos certificados pueden no degradarse como se espera en la práctica. Por ejemplo, la certificación TÜV Austria OK Biodegradable MARINE se aplica únicamente a la zona fótica y no cubre el lecho marino ni la capa afótica, donde las diferencias de temperatura, salinidad, luz y actividad microbiana pueden alterar sustancialmente las tasas de degradación (Benito-Kaesbach et al., 2025).

Se ha informado de que algunos cauchos vulcanizados son reciclables químicamente y biodegradables; sin embargo, estos hallazgos se encuentran aún en fase experimental, y se necesita más investigación para ampliar la producción utilizando métodos de procesamiento avanzados (Schwab et al., 2024). Por lo tanto, no debe considerarse su uso en la pesca a menos que se realicen pruebas fiables de biodegradabilidad marina.

#### **5. ORGANISMOS DE CERTIFICACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN ENTORNOS MARINOS**

En un sistema de certificación, el cliente contrata a un certificador y a un laboratorio acreditado para llevar a cabo las pruebas requeridas (Figura 4). Las instalaciones independientes realizan los análisis y proporcionan los resultados, que son revisados por los expertos del certificador (SAPEA, 2020). La caracterización química la proporciona el cliente o laboratorios externos, y el certificador puede solicitar análisis adicionales. Una vez completada la revisión, se concede la certificación y se puede utilizar la etiqueta correspondiente. Los certificados tienen una vigencia limitada y deben renovarse tras su vencimiento o tras cambios en la composición del material (SAPEA, 2020).

Los organismos de certificación pueden diseñar programas en los que se especifique qué se puede

someter a ensayo (por ejemplo, polímeros puros, productos, materiales naturales), qué métodos utilizar y cualquier requisito adicional (SAPEA, 2020). Lo ideal es que los criterios sean transparentes, aunque los datos de los ensayos suelen ser confidenciales para proteger las formulaciones patentadas. La certificación es un servicio comercial, y los clientes pagan tasas por la certificación inicial y la renovación (SAPEA, 2020). Los principales organismos de certificación que gestionan programas de biodegradabilidad marina para bioplásticos son:

**DIN CERTCO**. Se aplica a ensayos de biodegradación estándar de materiales bioplásticos básicos (p. ej., films, no tejidos, polvos; Tabla 2), aditivos y productos de uso marino (p. ej., redes de pesca). No cubre artículos más gruesos, como envases o cubertería (DIN CERTCO, 2022).

**Asociación Japonesa de Bioplásticos (JBPA)** . Organismo privado que promueve los plásticos de base biológica y biodegradables y desarrolla programas de certificación, incluida la certificación de biodegradabilidad marina en el marco del programa BiodegradablePla (JBPA, 2025).

**TÜV Austria**. Ofrece la certificación **OK Biodegradable MARINE** (Figura 4), que exige que los materiales se biodegraden en condiciones marinas definidas dentro de un plazo establecido. El sistema opera en colaboración con AIMPLAS (Centro Español de Tecnología de Plásticos).

## 6. EVALUACIÓN: MAPEO DE LOS MATERIALES BIO-FAD ACTUALES PARA EL OPO FRENTE A LAS CERTIFICACIONES DISPONIBLES

Un objetivo central de este documento es evaluar en qué medida los materiales de base biológica utilizados actualmente en la construcción de plantados en el OPO están cubiertos por los sistemas de certificación de biodegradabilidad marina existentes. La tabla 4 resume esta correspondencia para las principales categorías de materiales y productos específicos conocidos por el personal de la CIAT. Para cada material, se identifica: la(s) norma(s) de ensayo de biodegradabilidad marina pertinente(s), el organismo de certificación aplicable, si algún producto comercializado actualmente cuenta con dicha certificación, y el estado actual de cumplimiento o las deficiencias existentes. La información se ha extraído de los datos de los observadores de la CIAT, las comunicaciones de los fabricantes y la bibliografía científica revisada en este documento. Cuando la información es incompleta o no está confirmada, se indica explícitamente, ya que estas deficiencias constituyen en sí mismas un hallazgo importante y una base para las conclusiones y recomendaciones de la sección 9.

A continuación se ofrece una descripción textual exhaustiva y una evaluación de las categorías de materiales descritas en la Tabla 4:

- **Fibras naturales de origen vegetal** (algodón, abacá, sisal, yute, fibra de coco, bambú, balsa, paulownia). Componente del plantados: Cuerdas, paneles, estructura de la balsa, flotación. Estado de la certificación: No se requiere ni existe ninguna certificación específica para bioplásticos. Generalmente aceptadas como intrínsecamente biodegradables según la definición de materiales no sintéticos de la Resolución C-23-04. No se conocen problemas medioambientales derivados de los subproductos de la degradación.
- **Recubrimientos de caucho natural/látex** (por ejemplo, proceso de látex-amoníaco de TUNACONS, recubrimiento elastomérico de SANOCEANOS, paneles recubiertos de látex de TEIMSA). Componente del plantado: Recubrimiento protector para cuerdas y paneles. Estado de la certificación: No se ha identificado ninguna certificación de biodegradabilidad marina. El caucho natural (sin vulcanizar) es intrínsecamente biodegradable, pero a un ritmo extremadamente lento (se estima que más de 100 años para las formas vulcanizadas). Se desconocen el proceso de vulcanización y los aditivos utilizados por la mayoría de los fabricantes. Riesgo potencial de microplásticos si hay componentes de caucho sintético.

- **Bioplástico PBS** (p. ej., Zunibal ZunFloat). Componente del plantado: Flotación (boya de balsa). Estado de la certificación: Cuenta con la certificación de biodegradabilidad marina de la JBPA y la certificación de diseño ecológico ISO 14006. Probado como material en gránulos en condiciones estándar. Sin certificación para formas gruesas o estructurales como las utilizadas en los flotadores del plantado. Diseñado para ser reutilizable (ciclo de 5 años), tasa de biodegradación variable en condiciones ambientales estándar.
- **Bioplásticos PHA/PHB**. Componente del plantado: Experimental (paneles, cordeles). Estado de certificación: Algunas variantes de PHA han demostrado biodegradación marina parcial o completa en entornos de investigación. Actualmente no hay productos comerciales específicos para plantados certificados. Prometedores para futuras aplicaciones en plantados, a la espera de más pruebas.
- **Otros bioplásticos** (PLA, PBAT, PCL, mezclas de almidón). Componente del plantado: No se utilizan ampliamente en los plantados del OPO. Estado de la certificación: Algunos cuentan con certificaciones de compostaje industrial (EN 13432), pero con certificaciones de biodegradabilidad marina limitadas o inexistentes. El PLA muestra una degradación marina muy lenta. El PCL y el PBAT muestran resultados variables dependiendo de las condiciones de ensayo.

Esta evaluación revela varias conclusiones clave. En primer lugar, los materiales bio-FAD más utilizados en el OPO son las fibras naturales de origen vegetal, que no requieren certificación de bioplástico, pero que están aceptadas en virtud de la disposición sobre materiales no sintéticos de la Resolución C-23-04. En segundo lugar, los recubrimientos de caucho y látex, a pesar de su amplia aplicación, carecen de certificación de biodegradabilidad marina, y su comportamiento de degradación y composición química siguen sin estar documentados en gran medida. En tercer lugar, entre los bioplásticos, solo el PBS (tal y como se utiliza en el Zunibal ZunFloat) cuenta con una certificación de biodegradabilidad marina, y esta se obtuvo para material en forma de gránulos en lugar de para los componentes estructurales gruesos que se despliegan realmente en el mar. En cuarto lugar, para la mayoría de los polímeros bioplásticos, las certificaciones existentes se refieren a condiciones de compostaje industrial o de biodegradación en el suelo que difieren sustancialmente del medio marino. Estas lagunas ponen de relieve la necesidad de protocolos de ensayo específicos para los plantados y de una mayor transparencia por parte de los fabricantes en cuanto a la composición de los materiales y el estado de la certificación.

## 7. SISTEMA DE CATALOGACIÓN Y RECOPIACIÓN DE DATOS

Para asesorar mejor al Grupo de Trabajo sobre plantados y a la Comisión sobre el cumplimiento de la certificación, debería elaborarse un catálogo de materiales de base biológica utilizados en la construcción de bio-FAD. Cada entrada debería indicar la estructura del polímero, el nombre comercial, el fabricante y la función dentro del plantado (por ejemplo, balsa, cuerda, cordel o panel; componente de superficie o sumergido). Cuando sea posible, las entradas deberían incluir las normas de ensayo aplicables, el organismo de certificación, el sistema de etiquetado y cualquier otra información pertinente. Este sistema podría permitir la documentación sistemática de los materiales utilizados a nivel de buque o de empresa.

Cuando un material cuente con una certificación parcial, esto debería indicarse claramente (por ejemplo, mediante un sufijo al nombre comercial). A efectos de investigación y presentación de informes, el catálogo podría integrarse en las bases de datos de la CIAT (por ejemplo, la base de datos de objetos flotantes), utilizando el nombre comercial de cada componente como clave de referencia cruzada.

Un reto práctico para los observadores es que resulta difícil distinguir los materiales naturales de los sintéticos en los paneles, cabos o revestimientos en el momento del despliegue y, especialmente, tras largos periodos a la deriva. La solución más fiable podría ser obtener información sobre los materiales del

buque o la empresa antes de la salida, a través de la Secretaría o la oficina de campo. Los datos de los componentes registrados en el momento del despliegue podrían entonces vincularse, idealmente, a los encuentros posteriores utilizando el número de serie de la boya, incluyendo cualquier material añadido o sustituido para prolongar la vida útil del plantado. También podrían organizarse auditorías periódicas para garantizar el uso adecuado de los materiales en la construcción de los plantados, junto con la presentación de facturas detalladas de los materiales adquiridos.

Las principales fuentes de información para la elaboración y el mantenimiento de este catálogo son:

### **7.1. BASE DE DATOS DE OBJETOS FLOTANTES DE LA CIAT**

El programa de observadores de la CIAT se estableció en 1979 tras un acuerdo alcanzado en la 34.<sup>a</sup> reunión de la Comisión (CIAT, 1980). Inicialmente, la recopilación de datos se centró en las interacciones de la pesca con los mamíferos marinos, las capturas de especies objetivo y las características operativas de la flota (Duffy et al., 2022; Joseph, 1994).

Los observadores de la CIAT comenzaron a recopilar datos sobre objetos flotantes en 1987. Los registros iniciales incluían la fecha y la ubicación de cada lance o avistamiento, las dimensiones del objeto, el porcentaje sumergido, el historial de interacciones previas, dibujos esquemáticos e información general sobre el tipo, la forma, el material y el color.

En 1997 se añadieron campos adicionales: tipo y cobertura de la epibiota, profundidad máxima y códigos ampliados para el tipo y la forma del objeto.

En 2005 se introdujeron importantes actualizaciones. Los observadores comenzaron a registrar los detalles de los componentes, el método y el equipo utilizados para localizar el objeto, las capacidades del equipo de transmisión y el origen del objeto. También se añadieron datos sobre la fauna enredada. A los objetos se les asignó un identificador único y un número de avistamiento consecutivo, lo que permitió su seguimiento dentro de los viajes.

En abril de 2019, en cumplimiento de la Resolución [C-17-02](#) sobre las *Medidas de Conservación para los Túnidos Tropicales en el Océano Pacífico Oriental (OPO) durante 2018-2020*, los observadores comenzaron a recopilar información relevante sobre las boyas fijadas a los plantados (p. ej., identificación, interacciones), así como información detallada específica por especie sobre la fauna enredada. Además, recopilaron información relacionada con el origen natural o sintético de los diferentes materiales utilizados en la construcción de las estructuras flotantes y sumergidas de los plantados. La Tabla 3 muestra la lista de estos componentes.

### **7.2. CON LA INDUSTRIA Y OTRAS PARTES INTERESADAS**

El personal científico de la CIAT ha mantenido una estrecha colaboración con la industria atunera y una amplia gama de partes interesadas del sector pesquero. En relación con los bio-FAD, el personal científico, junto con la flota, el Grupo de Conservación del Atún (TUNACONS) y la Asociación de Grandes Congeladores de Atún (AGAC), llevó a cabo un experimento a gran escala con bio-FAD en el Océano Pacífico oriental (véase Román et al., 2022; Román et al., 2023). En los últimos años, la colaboración entre la CIAT y la industria se ha ampliado a otras áreas de la gestión de la pesca del atún. Por ejemplo, el personal científico ha participado en seminarios para capitanes y talleres de capacitación organizados por TUNACONS, la Asociación de Atuneros del Ecuador (ATUNEC) y AGAC. Además, desde 2024, se ha invitado a toda la flota de cerco de atún del OPO a participar en el [Seminario Anual en Línea para Capitanes](#) de la CIAT.

Esta cooperación ha generado confianza y ha permitido establecer objetivos comunes. A efectos de este análisis, será importante involucrar a la industria en relación con la solicitud del FADWG-9/SAC-16 y la respuesta propuesta. Una contribución clave de la industria será la información sobre los materiales biodegradables utilizados en la construcción de bio-FAD, incluidas las normas de certificación aplicables a cada material. Esto mejorará la resolución de la base de datos de objetos flotantes de los observadores y facilitará la catalogación adecuada en el inventario de componentes de los plantados.

La colaboración con organizaciones de investigación también ha dado resultados importantes. El trabajo conjunto con AZTI-Technalia y la Fundación Internacional para la Sostenibilidad de los Productos del Mar (ISSF) ha contribuido a los debates del Grupo de Trabajo sobre plantados y del FADWG. El personal de la CIAT ha participado en el Taller Internacional sobre bio-FAD, y el trabajo posterior con AZTI-Technalia ha incluido ensayos de materiales bioplásticos en el Laboratorio de la CIAT en Achotines, Panamá.

### **7.3. FABRICANTES QUE UTILIZAN BIOPLÁSTICOS Y OTROS MATERIALES BIODEGRADABLES EN LA CONSTRUCCIÓN DE PLANTADOS**

En esta sección se enumeran, por orden alfabético, los materiales basados en biopolímeros que utilizan actualmente los fabricantes de bio-FAD en la pesquería del OPO, tal y como se comercializan y según la información de que dispone el personal de la CIAT. Su inclusión no implica el respaldo a ningún producto en particular.

[SANOCEANOS](#). Fabrica bio-FAD utilizando cuerdas y paneles de fibras naturales, recubiertos con un material impermeabilizante elastomérico (caucho) natural (Figura 5). El proceso de producción del recubrimiento de caucho no está documentado.

[TEIMSA, S.A.](#) Produce paneles industriales de algodón multicapa recubiertos con látex natural, resistentes a la abrasión, la corrosión y la exposición prolongada a los rayos UV (Figura 6). El proceso de producción del látex no está documentado.

[TUNACONS](#). Fabrica bio-FAD utilizando cuerdas y paneles de fibras naturales (Figura 7). Las cuerdas y los paneles se sumergen en una solución de látex y amoníaco (NH<sub>3</sub>) al 2 %, utilizado como anticoagulante, y luego se secan en la planta de fabricación para permitir que el NH<sub>3</sub> se evapore y el látex se solidifique en caucho natural (J. García, com. pers.).

[Zunibal Inc.](#) Fabrica un componente de flotación para plantados de base biológica (ZunFloat), diseñado para ser reutilizable (Figura 8) y para reducir los costes de materiales, mano de obra y transporte; está pensado para ser reciclado cada cinco años. El ZunFloat se basa en PBS (polibutileno succinato), un polímero compostable y biodegradable que se descompone en biomasa, H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> mediante la acción microbiana, normalmente en condiciones específicas de compostaje; las tasas de degradación en condiciones ambientales estándar son variables (MCG; Ghasemlou et al., 2024). Probado según las normas como material para pellets, este polímero cuenta con una certificación de biodegradabilidad marina expedida por la Asociación Japonesa de Bioplásticos (JBPA; I. Zudaire, com. pers.).

[ITSASKORDA, S.L.](#) Empresa dedicada al desarrollo de cuerdas y cordeles biodegradables para la pesca del atún (p. ej., *Natukor encerado*, *Tunako-Bio*, *Hilo Trenzado-Bio*). Las cuerdas se fabrican utilizando una mezcla de algodón y tencel (ambos de origen natural y biodegradables) como materia prima, y mediante trenzado con o sin rizado en el proceso de fabricación. Los hilos proceden de residuos textiles proporcionados por proveedores locales. Se realizaron comparaciones de la degradación de los cordeles a lo largo del tiempo utilizando un enfoque de modelización estadística para evaluar dicha degradación (López et al., 2019). A continuación, se ajustaron y extrapolaron modelos lineales para estimar el punto en el que la resistencia a la rotura alcanzaba el cero, lo que proporcionó tiempos previstos hasta la rotura. Los resultados mostraron un tiempo mínimo previsto hasta la rotura de aproximadamente 193 días y un

máximo de unos 557 días, con estimaciones intermedias en torno a los 417 días, lo que refleja una variabilidad sustancial en la durabilidad entre los materiales.

Los fabricantes de plantados que trabajan con bioplásticos deben considerarse socios clave en la búsqueda de soluciones innovadoras para reducir la contaminación por plásticos. En el contexto de las aplicaciones marinas, recientemente se han desarrollado varios bioplásticos biodegradables para su uso en artes de pesca. Entre ellos se encuentran el polibutileno succinato (PBS) de base biológica y los polihidroxialcanoatos (PHA), un grupo de poliésteres sintetizados mediante fermentación bacteriana. Ciertos PHA, como el polihidroxibutirato (PHB), han demostrado una biodegradación parcial o completa en entornos marinos (Chae y Lee, 2025; Ghasemlou et al., 2024; Kim et al., 2023). Por lo tanto, podría merecer la pena explorar el uso de poliésteres PHA en la construcción de plantados (por ejemplo, paneles, cordeles).

#### **7.4. ENCUESTAS**

Desde septiembre de 2020, el personal de la CIAT ha realizado encuestas informales y anónimas en seminarios de capacitación para capitanes que abarcan el despliegue, la recuperación, las interacciones y la dinámica pesquera de los plantados, entre otros temas. Sería valioso incluir preguntas específicas sobre materiales biodegradables en futuras encuestas, ya que permitiría identificar nuevos productos y recopilar los nombres coloquiales utilizados localmente para los bioplásticos y otros materiales considerados biodegradables para la construcción de plantados.

### **8. DEBATE**

#### **8.1. ¿DEBERÍAN UTILIZARSE PLÁSTICOS DE BASE BIOLÓGICA EN LOS PLANTADOS?**

El uso de plásticos de base biológica en los plantados puede parecer atractivo como forma de reducir la dependencia de los materiales e sus derivados de combustibles fósiles. Sin embargo, la transición promovida en virtud de la Resolución C-23-04 de la CIAT está impulsada fundamentalmente por la necesidad de reducir los impactos ambientales, los desechos marinos y la contaminación, lo que significa que el criterio decisivo no es si un material es de base biológica, sino si es demostrablemente seguro para el medio ambiente y eficazmente biodegradable en condiciones marinas, con una trazabilidad y certificación fiables.

#### **8.2. POR QUÉ «DE BASE BIOLÓGICA» POR SÍ SOLO NO ES SUFICIENTE**

El término «de base biológica» se refiere al origen de la materia prima, no a su destino ambiental. Muchos plásticos de base biológica son químicamente similares a los plásticos convencionales y pueden persistir en el medio ambiente durante largos periodos. Si dichos materiales se utilizan en componentes de plantados que puedan perderse en el mar, podrían seguir contribuyendo a la generación de residuos marinos y microplásticos a largo plazo, así como a los impactos por varamientos, lo que socavaría los objetivos medioambientales de la transición hacia los bio-FAD.

#### **8.3. EL REQUISITO CLAVE: BIODEGRADABILIDAD MARINA VERIFICADA**

Para las aplicaciones en los plantados, la cuestión relevante es si un material se biodegrada en condiciones oceánicas realistas (por ejemplo, temperatura, salinidad, disponibilidad de luz, oxígeno, comunidades microbianas, compartimento de profundidad). Las principales limitaciones de las normas actuales son:

- **La biodegradación se deduce a partir de indicadores indirectos** (evolución de CO<sub>2</sub>/biogás, consumo de oxígeno, reducciones de TOC/DOC), y ningún método cuantifica directamente la conversión del carbono del polímero en biomasa;
- existe **una elevada variabilidad espacial y temporal** en las condiciones oceánicas, que muchas

normas no tienen en cuenta;

- **los protocolos de ensayo actuales pueden ser poco adecuados** para componentes gruesos, complejos o multimateriales, que son habituales en los diseños prácticos de los plantados.

Como resultado, un material etiquetado como «biodegradable» según algunos esquemas puede no degradarse como se espera en los entornos donde los plantados a la deriva, varan o se hunden.

#### **8.4. DURABILIDAD OPERATIVA FRENTE A OBJETIVOS MEDIOAMBIENTALES**

Los pescadores necesitan que los plantados funcionen durante un periodo de vida útil significativo (unos 12 meses, según los pescadores del OPO), y el interés de la industria por los recubrimientos y los componentes basados en polímeros se debe en parte a la necesidad de aumentar la durabilidad y, posiblemente, permitir su reutilización. Sin embargo, una mayor durabilidad puede entrar en conflicto con el objetivo de minimizar el daño cuando se pierden los plantados. Esto crea una doble tensión:

- I. los materiales más duraderos pueden ser beneficiosos desde el punto de vista operativo, pero suponen un riesgo medioambiental si no se biodegradan realmente en el medio marino; y,
- II. si la biodegradación se produce principalmente en el suelo o en instalaciones de compostaje, los beneficios medioambientales dependen de la recuperación y la gestión controlada al final de la vida útil, lo cual no está garantizado para todos los plantados.

#### **8.5. SEGURIDAD QUÍMICA, RIESGOS DE CREDIBILIDAD Y CUESTIONES PRÁCTICAS**

Algunos «bioplásticos» pueden contener sustancias químicas con una toxicidad comparable a la de los plásticos convencionales, y un etiquetado ambiguo y una trazabilidad deficiente pueden minar la confianza del sector y comprometer su implantación a medio y largo plazo. Esto aboga por un enfoque de precaución: los plásticos de base biológica no deberían adoptarse a gran escala a menos que su composición química, sus aditivos y su destino ambiental sean transparentes y estén verificados de forma independiente.

Por lo tanto, los plásticos de base biológica podrían ser adecuados en los plantados solo en las siguientes condiciones, tales como:

1. Identificación y trazabilidad claras del polímero (nombre comercial, fabricante, composición química).
2. Certificación independiente relevante para las condiciones marinas de interés (por ejemplo, no solo la zona fótica).
3. Pruebas de que el material no introduce aditivos peligrosos y no aumenta el riesgo de microplásticos.
4. Consideración de un enfoque de gestión que vincule los materiales a un catálogo o base de datos para la investigación, el seguimiento y el cumplimiento.
5. Cuando la biodegradación dependa del compostaje, un plan realista para la recogida y el transporte a las instalaciones adecuadas.

### **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Este documento revisa el panorama de las normas de certificación de biodegradabilidad marina en lo que se refiere a los materiales de base biológica utilizados actualmente en la construcción de bio-FAD en el OPO, en respuesta a las recomendaciones del FADWG-9 y el SAC-16. El análisis abarca los bioplásticos, los

recubrimientos de caucho/látex y las fibras naturales de origen vegetal. Se identifican la información clave y las limitaciones de las normas y los sistemas de certificación existentes, y se propone un enfoque para catalogar los materiales de bio-FAD en función de estas normas. El personal científico de la CIAT reconoce que los polímeros utilizados en la fabricación de bioplásticos y otros materiales pueden ofrecer una alternativa viable para prolongar la durabilidad de los bio-FAD. Al mismo tiempo, el personal está atento al creciente mercado de componentes de base biológica, en el que cada vez se anuncian más materiales como biodegradables. Más allá de la biodegradabilidad, se debe considerar explícitamente la seguridad química. Detección de aditivos peligrosos, monómeros tóxicos o subproductos, especialmente en los materiales utilizados en los plantados destinados a un despliegue a gran escala en el medio marino. A este respecto, el personal considera necesario un inventario y un catálogo de estos materiales basados en su nombre comercial, su firma química, junto con cualquier norma y certificación de que puedan ir acompañados, a fin de determinar si cumplen o no con las normas de certificación de biodegradabilidad marina para que puedan ser aceptados por la flota y la Comisión. Para ello, es esencial la colaboración continua entre todas las partes interesadas pertinentes, como la industria pesquera, las ONG, los fabricantes, las instituciones de investigación y los organismos de certificación. A fin de garantizar la correcta aplicación de la Resolución C-23-04 y la fiabilidad de la recopilación de datos sobre estos materiales (véanse las secciones 6 y 7), también es importante obtener esta información antes de la salida del buque. Por último, puede ser necesario armonizar las expectativas relativas a la vida útil de los bio-FAD con los objetivos medioambientales de la Resolución C-23-04. En lugar de buscar una durabilidad indefinida, la innovación futura debería tener como objetivo optimizar el rendimiento funcional durante el uso activo, garantizando al mismo tiempo una degradación o recuperación segura una vez que el plantado ya no sea objeto de seguimiento ni esté operativo. Teniendo en cuenta estas consideraciones, las recomendaciones del personal son las siguientes:

**Aplicar un enfoque de precaución** al uso de nuevos materiales bioplásticos o recubiertos en los plantados, permitiendo su uso solo cuando existan pruebas claras de seguridad ambiental, incluido el cumplimiento de normas y certificaciones reconocidas de biodegradabilidad marina.

**Proporcionar orientación sobre los objetivos de rendimiento medioambiental** de los materiales de los plantados, en particular los tiempos de degradación previstos y el medio ambiental (por ejemplo, agua de mar o sedimentos) en el que deben evaluarse las normas de biodegradabilidad marina, y revisar periódicamente estas normas a medida que evolucionen la ciencia y las regulaciones internacionales.

**Fomentar los estudios y ensayos** de materiales de base biológica para los plantados, incluido el desarrollo de protocolos de biodegradabilidad marina que reflejen el espesor, la complejidad estructural y la composición multimaterial de los componentes reales de los plantados.

**Reforzar los requisitos de notificación** exigiendo a los buques o empresas que, antes de cada viaje, presenten a la Secretaría o a la oficina de campo el nombre comercial, la composición del polímero (de base biológica o fósil), el fabricante, la función y cualquier norma y certificación de biodegradabilidad aplicable de los materiales utilizados en la construcción de bio-FAD, para su integración en las bases de datos de la CIAT.

## 10. REFERENCIAS

- Aboelkheir, M.G., Bedor, P.B., Leite, S.G., Pal, K., Toledo-Filho, R.D., Gomes de Souza Jr., F. 2019. Biodegradation of Vulcanized SBR: A Comparison between *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Streptomyces sp.* Sci Rep. 9(1):19304. PMID: 31848361; PMCID: PMC6917721. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-55530-y>.
- Barron, A., Sparks, T.D. 2020. Commercial marine-degradable polymers for flexible packaging. *Iscience*, 23(8).
- Benito-Kaesbach, A., Beltrán-Sanahuja, A., Mathers, R.T. and Sanz-Lázaro, C., 2025. Understanding the degradation of bio-based polymers across contrasting marine environments using complementary analytical techniques. *Journal of Cleaner Production*. 524. 146435. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652625017858?via%3Dihub>.
- Briassoulis, D., Pikasi, A., Papadaki, N.G., Mistriotis, A. 2024. Biodegradation of plastics in the pelagic environment of the coastal zone –Proposed test method under controlled laboratory conditions. *Sci. Total Environ.* 912. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168889>.
- Chae, Y.J. and Lee, T.G., 2025. Controlled biodegradability of polyhydroxybutyrate via surface coating with cellulose triacetate. *Scientific reports*, 15(1), p.25776. <https://www.nature.com/articles/s41598-025-10782-9>.
- Cheng, J., Eyheraguibel, B., Jacquin, J., Pujo-Pay, M., Conan, P., Barbe, V., Hoypierres, J., Deligey, G., Ter Halle, A., Bruzard, S., Ghiglione, J.F., Meistertzheim, A.N. 2022. Biodegradability under marine conditions of bio-based and petroleum-based polymers as substitutes of conventional microparticles. *Polymer Degradation and Stability*. 206. 110159. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.110159>.
- Coran, A.Y. 2013. Chapter 7 - Vulcanization, Eds.: James E. Mark, Burak Erman, C. Michael Roland, The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition), Academic Press, Pages 337-381, ISBN 9780123945846, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394584-6.00007-8>.
- Delacuvellerie, A., Benali, S., Cyriaque, V., Moins, S., Raquez, J.M., Gobert, S., Wattiez, R. 2021. Microbial biofilm composition and polymer degradation of compostable and non-compostable plastics immersed in the marine environment. *J. Hazard. Mater.* 419, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126526>.
- DIN CERTCO. 2022. Certification Scheme "Marine Biodegradable". Iub, Edition: 11.22, Print: 2023-08-31. <https://www.dincertco.de/din-certco/en/main-navigation/products-and-services/certification-of-products/environmental-field/biodegradable-in-marine-environment/>.
- Duffy, L., Vogel N., Griffiths S., Román M., and Lennert-Cody C. 2022. "History of the IATTC bycatch data collection and description of the 'bycatch database' for use in ecosystem and bycatch research". IATTC: Special Report 25. Available at: [https://www.iattc.org/GetAttachment/c1d18b01-16e5-4974-98e7-8bb25101d665/No-25-2022-Multiple\\_History-of-the-IATTC-Bycatch-Data-Collection.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/c1d18b01-16e5-4974-98e7-8bb25101d665/No-25-2022-Multiple_History-of-the-IATTC-Bycatch-Data-Collection.pdf).
- Escalle, L., Phillips, J. S., Lopez, J., Lynch, J. M., Murua, H., Royer, S. J., Swimmer, Y., Murua, J., Sen Gupta, A., Restrepo, V., & Moreno, G. 2024. Simulating drifting fish aggregating device trajectories to identify potential interactions with endangered sea turtles. *Conservation Biology*, 38, e14295. <https://doi.org/10.1111/cobi.14295>

- Escalle, L., Moreno, G., Hare, S., & Hamer. 2025. Progress Report of Project 110a: non-entangling and biodegradable FAD trial in the Western and Central Pacific Ocean. WCPFC Scientific Committee 21<sup>st</sup> Regular Session (2025), Nuku'alofa, Tonga.
- European Bioplastics, 2022. Bioplastics –facts and figures. Available at [https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP\\_Facts\\_and\\_figures.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf).
- European Union. 2020. Biodegradability of plastics in open environment. Group of Chief Scientific Advisors. Scientific Opinion No.10, Dec. 2020. Informed by SAPEA Evidence Review Report No. 8. <https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/0c0d6267-433a-11eb-b27b-01aa75ed71a1>.
- European Union. 2022. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics. European Commission. Brussels, 30.11.2022. COM(2022) 682 final. [https://environment.ec.europa.eu/document/download/14b709eb-178c-40ea-9787-6a40f5f25948\\_en?filename=COM\\_2022\\_682\\_1\\_EN\\_ACT\\_part1\\_v4.pdf](https://environment.ec.europa.eu/document/download/14b709eb-178c-40ea-9787-6a40f5f25948_en?filename=COM_2022_682_1_EN_ACT_part1_v4.pdf).
- Filiciotto, L., Rothenberg, G. 2021. Biodegradable Plastics: Standards, Policies, and Impacts. ChemSusChem. 14. 56. <https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/cssc.202002044>.
- Filmalter, J. D., M. Capello, Deneubourg, J.-L., Cowley, P. D., and Dagorn, L. 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., Dagorn, L., Sancristobal, I., and Moreno, G. 2009. Design of ecological FADs. Indian Ocean Tuna Commission, Working Party on Ecosystems and Bycatch (WPEB. Document IOTC-2009-WPEB-16).
- Ghasemlou, M., Barrow, C.J., Adhikari, B. 2024. The future of bioplastics in food packaging: An industrial perspective. *Food packaging and shelf life*. 43.
- Hall, M., Román, M. 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>.
- Hino, S., Kawasaki, N., Yamano, N., Nakamura, T., Nakayama, A. 2023. Effects of particle size on marine biodegradation of poly(l-lactic acid) and poly(ε-caprolactone). *Mater. Chem. Phys.* 303, <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127813>.
- CIAT, 2025. La pesquería de atún en el Océano Pacífico oriental en 2024. Comisión Interamericana del Atún Tropical. 16<sup>a</sup> Reunión del Comité Asesor Científico. Documento SAC-16-01 (Corr.). Disponible en: [https://www.iattc.org/GetAttachment/cdcd420b-b678-4336-bd22-e8ad96280d31/SAC-16-01\\_La-pesquería-atunera-en-el-OPO-en-2024.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/cdcd420b-b678-4336-bd22-e8ad96280d31/SAC-16-01_La-pesquería-atunera-en-el-OPO-en-2024.pdf).
- CIAT, 1980. Informe Anual de la Comisión Interamericana del Atún Tropical. 1979. La Jolla, California. [https://www.iattc.org/GetAttachment/fd369022-9ea6-425c-abba-c62c0c880754/IATTC-Annual-Report\\_1979.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/fd369022-9ea6-425c-abba-c62c0c880754/IATTC-Annual-Report_1979.pdf).
- ISSF. 2025. Status of the World Fisheries for Tuna. Mar. 2025. ISSF Technical Report 2025-01. International Seafood Sustainability Foundation. Pittsburgh, PA, USA .

- JBPA. 2025. Testing methods required for listing on the Positive List (PL). JBPA. [https://www.jbpaweb.net/assets/documents/4\\_Testing%20Methods%20Required%20for%20Listing%20on%20the%20PL\\_Revised.pdf](https://www.jbpaweb.net/assets/documents/4_Testing%20Methods%20Required%20for%20Listing%20on%20the%20PL_Revised.pdf).
- Johannessen, C., Liggio, J., Zhang, X., Saini, A., Harner, T. 2022. Composition and transformation chemistry of tire-wear derived organic chemicals and implications for air pollution. *Atmospheric Pollution Research*. 13. 101533. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101533>.
- Joseph, J. 1994. The tuna-dolphin controversy in the eastern Pacific Ocean: Biological, economic, and political impacts *Ocean Development & International Law* 25: 1-30.
- Kato, S., Ueda, T., Aoshima, T., Kosaka, N., Nitta, S. 2023. BioPBS™ (Polybutylene Succinate). In: Künkel, A., Battagliarin, G., Winnacker, M., Rieger, B., Coates, G. (eds) *Synthetic Biodegradable and Biobased Polymers. Advances in Polymer Science*, vol 293. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/12\\_2023\\_159](https://doi.org/10.1007/12_2023_159).
- Kim, J., Park, S., Jung, S., Yun, H., Choi, K., Heo, G., Jin, H.J., Park, S., Kwak, H.W. 2023. Biodegradation behavior of polybutylene succinate (PBS) fishing gear in marine sedimentary environments for ghost fishing prevention. *Polym. Degrad. Stab.* 216. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2023.110490>.
- Klun, B., Rozman, U., Kalčíková, G. 2023. Environmental aging and biodegradation of tire wear microplastics in the aquatic environment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 11. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.110604>.
- Lavagnolo, M., Poli, V., Zampini, A., Grossule, V. 2024. Biodegradability of bioplastics in different aquatic environments: A systematic review. *Journal of Environmental Sciences*. 142. 169–181.
- Lee, W., Kim, J., Lee, T.G. 2025. Certifications and testing methods for biodegradable plastics. *Rev Chem Eng.* 41(2): 125–146. <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/revce-2024-0061/html>.
- Lennert-Cody, C. E., and Hall, M. 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.
- Liu Q, Lou P, Sun Z, Li D, Ji H, Xu Z, Li L, Xue J, Wang R, Wang Z, Zhang L. Bio-Based Elastomers: Design, Properties, and Biomedical Applications. *Advanced Materials*. 37(22): e2417193. <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202417193>.
- Lopez, J.M. Ferarios, J. Santiago, M. Ubis, G. Moreno, H. Murua, Evaluating potential biodegradable twines for use in the tropical tuna FAD fishery, *Fish. Res.* 219 (2019), 105321.
- Luo, X., Muttaqin, F., Zhang, Y. 2024. Investigating non-petroleum-based biodegradable polymers as eco-friendly and sustainable materials in asphalt modification: A review on natural rubbers and natural oils. *Journal of Cleaner Production*. 420. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140483>.
- Mao, X., Xu, Y., Cheng, Z., Yang, Y., Guan, Z., Jiang, L., Tang, K. 2022. The impact of microplastic pollution on ecological environment: a review, *Front. Biosci. (Landmark Ed.)*. 27, 46.
- Maufroy, A., Chassot, E., Joo, R., and Kaplan, D. M. 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.

- Moreno, G., Murua, J., Jauharee, A.R., Zudaire, I., Murua, H., Restrepo, V., 2020. Compendium of ISSF research activities to reduce FAD structure impacts on the ecosystem. ISSF Technical Report 2020-13. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA. <https://issf-foundation.org/download-monitor-demo/download-info/issf-2020-13-compendium-of-issf-research-activities-to-reduce-fad-structure-impacts-on-the-ecosystem/>
- Moreno, G., J. Salvador, I. Zudaire, J. Murua, J.L. Pelegrí, J. Uranga, H. Murua, M. Grande, J. Santiago, V. Restrepo, The Jelly-FAD: a paradigm shift in the design of biodegradable fish aggregating devices, *Mar. Policy* 147 (2023), 105352. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105352>
- Mousavi, S., Brown, T. and Malmsheimer, R.W. (2025), Sustainable bioplastic products for building applications: recent trends and future opportunities – A systematic review. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. <https://doi.org/10.1002/bbb.70005>.
- Murua, H., Zudaire, I., Tolotti, M., Murua, J., Capello, M., Basurko, O., Krug, I., Grande, M., Arregui, I., Uranga, J., Ferarios, J.M., Sabarros, P., Ruiz, J., Baidai, J., Ramos, M.L., Báez, J.C., Abascal, F., Arrizabalaga, H., Moreno, G., Dagorn, L., Santiago, J. 2023. Lessons learnt from the first large-scale biodegradable FAD research experiment to mitigate drifting FADs impacts on the ecosystem. *Mar. Policy* 148 (2023) 105394. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105394>.
- Nakayama, A., Yamano, N., Kawasaki, N. 2019. Biodegradation in seawater of aliphatic polyesters. *Polym. Degrad. Stab.* 166: 290–299.
- Pattanawanidchai, S., Saeoui, P., Leejarkpai, T., Pokphat, P., Jiangchareon, B., Thuanboon, S., Boonyuen, N., Suriyachadkun, C., Boonmee, C. 2024. An Assessment of Biodegradability and Phytotoxicity of Natural Rubber in a Simulated Soil Condition via CO<sub>2</sub> Evolution Measurement. *Polymers*. 16. 2429. <https://doi.org/10.3390/polym16172429>.
- Rios-Mendoza, L.M., Leon Vargas, D., Balcer, M. 2023. Microplastics occurrence and fate in the environment, *Curr. Opin. Green. Sustain. Chem.* 32, 100523.
- Rodgers, B., Waddell, W. 2005. *The Science of Rubber Compounding*. Chapter 9. Eds.: James E. Mark, Burak Erman, Frederick R. Eirich. *Science and Technology of Rubber (Third Edition)*. Academic Press. Pages 401-454. ISBN 9780124647862. <https://doi.org/10.1016/B978-012464786-2/50012-2>.
- Román, M., Lopez, J., Hall, M., Robayo, F., Vogel, N., García, J.L., Herrera, M., Aires-da-Silva, A. 2022. Prueba de prototipos y materiales biodegradables para la pesquería sobre plantados de atunes tropicales: informe de avances y recomendaciones del personal. CIAT. 6ª Reunión del Grupo de Trabajo *ad hoc* Permanente sobre Plantados. 12-13 Mayo, 2022. Documento FAD-06-02. [https://www.iattc.org/GetAttachment/64b617f6-aeff-442e-bfb7-269e9ade7464/FAD-06-02\\_Plantados-biodegradables-informe-final-del-proyecto-y-recomendaciones-del-personal.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/64b617f6-aeff-442e-bfb7-269e9ade7464/FAD-06-02_Plantados-biodegradables-informe-final-del-proyecto-y-recomendaciones-del-personal.pdf).
- Román, M., Lopez, J., Uranga, J., Hall, M., Robayo, F., Vogel, N., García, J.L., Herrera, M., Aires-da-Silva, A. 2023. Resultados del experimento a gran escala de plantados biodegradables en el Océano Pacífico oriental. CIAT. 7ª Reunión del Grupo de Trabajo *ad hoc* Permanente sobre Plantados. 12-13 May, 2023. Document FAD-07-02. [https://www.iattc.org/GetAttachment/4a84d16d-0d11-4e29-9d16-84bb84c72240/FAD-07-02\\_Informe-del-proyecto-de-plantados-biodegradables.pdf](https://www.iattc.org/GetAttachment/4a84d16d-0d11-4e29-9d16-84bb84c72240/FAD-07-02_Informe-del-proyecto-de-plantados-biodegradables.pdf).
- SAPEA. 2020. Biodegradability of plastics in the open environment: Evidence Review Report No. 8. Berlin: Science Advice for Policy by European Academies. 231pp. <https://scientificadvice.eu/advice/biodegradability-of-plastics-in-the-open-environment/>
- Schwab, S.T., Nelson, T.S., Mecking, S. 2024. Chemically Recyclable and Biodegradable Vulcanized Rubber. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*. 12(16). <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c08435>.

- Shah, A.A, Hasan, F., Shah, Z., Kanwal, N., Zeb, S. 2013. Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Volume 83. Pp 145-157. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.05.004>.
- Sinopoli, M., Cillari, T., Andaloro, F., Berti, C., Consoli, P., Galgani, F., and Romeo, T. 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>.
- Tanadchangsang, N., Pattanasupong, A. 2022. Evaluation of biodegradabilities of biosynthetic polyhydroxyalkanoates in Thailand seawater and toxicity assessment of environmental safety levels. *Polymers* 14: 428.
- upPE-T. 2025. BOKU University contribution to upPE-T Deliverable report D7. 15 D80–Standardisation contribution. [https://uppet.eu/pdf/upPE-T%20D7\\_15%20D80%20Standardisation%20BOKU%20part\[1\].pdf](https://uppet.eu/pdf/upPE-T%20D7_15%20D80%20Standardisation%20BOKU%20part[1].pdf).
- Vaysse, L., Bonfils, F., Sainte-Beuve, J., Cartault, M. 2013. Chapter 10.17 - Natural Rubber, Eds.: Krzysztof Matyjaszewski, Martin Möller. *Polymer Science: A Comprehensive Reference*. Elsevier, 281-293, ISBN 9780080878621. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53349-4.00267-3>.
- Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C., Wagner, M. 2020. Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition. *Environment International*. 145. 106066. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>.

## 11. TABLAS

**TABLE 1.** FAD categories according to their degree of biodegradability, as indicated in the Resolution [C-23-04](#).

**TABLA 1.** Categorías de plantados según su grado de biodegradabilidad, de acuerdo con lo establecido en la Resolución [C-23-04](#).

Categoría	Definición
I	El plantado está fabricado con materiales totalmente biodegradables.
II	El plantado está fabricado con materiales totalmente biodegradables, excepto los componentes de flotación de plástico (por ejemplo, boyas de plástico, espuma, corchos de redes de cerco).
III	La parte sumergida del plantado está fabricada con materiales totalmente biodegradables, mientras que la parte superficial y cualquier componente de flotación contienen materiales no biodegradables (por ejemplo, rafia sintética, estructura metálica, flotadores de plástico, cuerdas de nailon).
IV	La parte sumergida del plantado contiene materiales no biodegradables, mientras que la parte superficial está fabricada con materiales totalmente biodegradables, salvo, posiblemente, los componentes de flotación.
V	Tanto la parte superficial como la parte sumergida del plantado contienen materiales no biodegradables.

**TABLE 2.** Current biodegradability test standards of bioplastics according to certification criteria for biodegradation in marine environments.

**TABLA 2.** Estándares actuales de análisis de biodegradabilidad de bioplásticos según criterios de certificación de su biodegradación en el mar.

Norma	Enfoque	Método clave	Muestra de bioplástico	Inóculo	Duración de la prueba	Temperatura de incubación	Criterios de validación/condiciones de degradación	Referencia
<a href="#">ASTM D6691</a>	Porcentaje de biodegradación de materiales plásticos y aditivos en un entorno marino pelágico	Mediante la determinación de la biodegradación aeróbica de los plásticos por un conglomerado microbiano	PBS (película) PCL (película) PBAT (polvo) PLA (película) PHB (gránulos) Celulosa (filtro)	Agua de mar natural	~90 días	30 °C	70 % o más biodegradación tras 6 meses para el material de referencia	(Lee et al., 2025) Kim et al. (2023) Hino et al. (2023) Delacuvellerie et al. (2021) Briassoulis et al. (2024)
<a href="#">ISO 19679</a>	Biodegradación % de plásticos no flotantes cuando se depositan sobre sedimentos arenosos entre la interfaz agua de mar/fondo marino	Determinación de las pruebas de biodegradación aeróbica mediante la medición del CO <sub>2</sub> desprendido	PBS PCL (polvo) PBAT (película) PLA (polvo) PHB (película) Celulosa (filtro)	Agua de mar natural y sedimentos	~2 años	15-25 °C	≥60 % de grado de biodegradación para el material de referencia tras 180 días, con una emisión de CO <sub>2</sub> que no supera el 20 %	(Lee et al., 2025) Nakayama et al. (2019) Tanadchangsang y Pattanasupong (2022) Briassoulis et al. (2024)
<a href="#">ISO 23977-1</a>	Determinación del porcentaje de biodegradación aeróbica de materiales plásticos expuestos al agua de mar	Análisis del CO <sub>2</sub> desprendido	Cualquier tipo. Láminas, gránulos y componentes plásticos de menor tamaño	Agua de mar natural	~2 años	15-25 °C	Hasta un 90 % de biodegradación en un año, pero la prueba podría prolongarse hasta dos años si aún se observa una biodegradación significativa	DIN CERTCO (2022) <a href="#">AROPHA_1</a> <a href="#">AROPHA_2</a> <a href="#">CERI</a> <a href="#">BPC Instruments</a>
<a href="#">ISO 23977-2</a>		Medición de la demanda de oxígeno en respirómetro cerrado						
<a href="#">ISO 22404</a>	Determinación del porcentaje de biodegradación aeróbica de materiales no flotantes cuando se entierran en sedimentos marinos	Mediante la medición del CO <sub>2</sub> desprendido. La norma exige que se incluya en el ensayo un material de referencia, como la	Apto para cualquier bioplástico que pueda moldearse en películas o láminas	Sedimento marino	~2 años	15-25 °C	La prueba es válida si la celulosa se degrada <u>en más del 60 %</u> en un plazo de 6 meses, lo que confirma que el sedimento presenta actividad microbiana aeróbica capaz de llevar a cabo la	<a href="#">CERI</a> <a href="#">ISO 22404:2019(en)</a> Briassoulis et al. (2024) <a href="#">BPC Instruments</a>

<a href="#">EN ISO 18830</a>	Determinación de la biodegradación aeróbica de materiales plásticos no flotantes en una interfaz de agua de mar/sedimento	Método mediante la medición de la demanda de oxígeno en un respirómetro cerrado	Apto para cualquier bioplástico que pueda moldearse en láminas o películas	interfaz de agua de mar/sedimento arenoso	~2 años	15-25 °C	Se requiere una biodegradación de hasta el 90 % (total o en relación con un material de referencia adecuado) tras 6 meses para demostrar la biodegradación intrínseca en el medio	Lavagnolo et al. (2024) DIN CERTCO (2022) Briassoulis et al. (2024) <a href="#">BPC Instruments</a>
<a href="#">ISO 15314</a>	Biodegradabilidad en entornos simulados, incluida la exposición marina	Métodos de oxidación y fotooxidación para exponer plásticos en entornos marinos con el fin de evaluar la	Cualquier tipo (sin información sobre la forma)	Agua de mar natural	Exposición superficial e inmersión parcial (1 año). Inmersión completa (6 meses)	Depende del lugar de exposición marina	Sin información	Lavagnolo et al. (2024) <a href="#">Instrumentos BPC ISO 15314:2018</a>
<a href="#">ASTM D7991</a>	Biodegradación aeróbica de plásticos enterrados	Este método de ensayo no mide la cantidad de carbono orgánico que se convierte en biomasa, sino únicamente la biodegradación que conduce a la mineralización	Se utiliza a menudo con diversos tipos de polímeros, incluidos los bioplásticos (sin información sobre la forma)	Sedimento arenoso y agua de mar	~ 2 años	Sin información	Sin información	Lavagnolo et al. (2024) <a href="#">ASTM D7991</a> <a href="#">BPC Instruments</a>
TÜV Austria (OK Biodegradable MARINE)	Certificación de biodegradabilidad en el medio marino (zona pelágica)	Biodegradación según ASTM D6691 / ISO 23977; desintegración según ISO 23832; además de ensayos de ecotoxicidad y	Material plástico (polvo, película o producto acabado)	Agua de mar natural (recogida del medio marino, p. ej., Mar del Norte)	Máximo 6 meses (biodegradación); 12 semanas (desintegración)	30 °C	≥90 % de conversión de carbono a CO <sub>2</sub> en 6 meses; ≥90 % de desintegración en 12 semanas; cumplimiento de los límites de ecotoxicidad y metales pesados/flúor	Esquema de certificación TÜV Austria OK biodegradable MARINE (referencias ISO 23977, ASTM D6691, ISO 23832)

ASTM D7881 (mencionado en la Resolución C- 23-04)	Sin relación alguna con la biodegradación. Norma de análisis químico para determinar impurezas en ácido tereftálico purificado.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	Incluido erróneamente en la Resolución C- 23-04 como una de las opciones estándar para la biodegradabilidad.
---	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	--

**TABLE 3.** Name of the FAD components currently collected by IATTC observers.

**TABLA 3.** Nombre de los componentes de plantados actualmente recopilados por observadores de la CIAT.

Nombre del componente	Nombre del componente	Descripción ENG	Descripción SPN	Año de recolección	
Árbol	Árbol	Árbol	Árbol	2005	
Carcasa	Animal	Animal muerto	Animal muerto		
Peso	Peso	Cadena / cable / anillos	Cadena / cable / anillos / peso		
Caña	Caña	Caña / bambú	Caña / bambú		
Cebo	Cebo	Contenedor de carnada /	Contenedor con carnada / carnada		
Cuerda	Cuerda	Cordón / cuerda	Cuerda / sogá		
Flotadores	Flotador	Flotadores / corchos	Flotadores / corcho		
Luces	Luz	Luz artificial para atraer a los	Luz artificial para atraer a los peces		
Redes	Malla	Material de red	Malla de red		
Saco	Saco	Sacos / bolsas	Sacos / bolsas		
Tablero	Madera	Tablas / palés / contrachapado	Madera / contrachapado / tarima /		
Tambor	Tambor	Bidón de metal / bidón de plástico	Tambor metálico / plástico		
Tubos	Tubo	Tubos de PVC u otro plástico	Tubos de PVC u otro plástico		
Plástico	LonaPlas	Lona de plástico	Lona de plástico, tela u otro		
Desconocido	Desc	Desconocido	Desconocido		
Otros	OTR	Otros	Otro		
SOGA	SOGA	Cuerda de material desconocido	Cuerda de material desconocido		2019
SOGN	SOGN	Cuerda de material natural	Cuerda de fibra natural		
SOGS	SOGS	Cuerda de material sintético	Cuerda de fibra sintética		
LONA	LONA	Lona de material desconocido	Lona de material desconocido		
LONN	LONN	Lona de material natural	Lona de fibra natural		
LONS	LONS	Lona de material sintético	Lona de fibra sintética		
RED	ROJO	Malla de red	Malla de red		
SACN	SACN	Saco de material natural	Saco/tejido de fibra natural		
SACS	SACS	Saco de material sintético	Saco/tejido de fibra sintética		
ARBL	ARBL	Árbol, de cualquier tipo	Árbol natural (palmera, frutal, etc.)		
MADR	MADR	Madera transformada (palés,	Madera moldeada (tarima, carretes)		
BMBU	BMBU	Bambú, caña	Bambú, caña		
BAND	BAND	Bandera	Bandera		
REFL	REFL	Reflector de radar	Reflector de radar		
LAMP	LAMP	Luces	Lámpara		
PLAS	PLAS	Objetos de plástico	Objeto de plástico		
TUPL	TUPL	Tubo de plástico (PVC, etc.)	Tubos de plástico (PVC, etc.)		
LLAN	LLAN	Neumático	Neumáticos		
CARP	CARP	Cebo en bidón de plástico	Cebo en tubo/recipiente de plástico		
CARM	CARM	Cebo en bidón metálico	Cebo en tubo/recipiente metálico		
CONP	CONP	Bidón de plástico sin carnada	Contenedor de plástico sin carnada		
CONM	CONM	Bidón metálico sin carnada	Contenedor metálico sin carnada		
BAMU	BAMU	Ballena muerta	Ballena muerta		
OAMU	OAMU	Otro animal muerto (no ballena)	Otro animal muerto (no ballena)		
ALGA	ALGA	Alga	Algas marinas		
PLNG	PLNG	Palangre abandonado	Palangre abandonado		
EPES	EPES	Otros artes de pesca	Otro equipo de pesca abandonado		
BOYA	BOYA	Boya o flotador (no de	Boya o flotador (no de investigación)		
SALV	SALV	Salvavidas	Anillo salvavidas		
METL	METL	Metal (cadena, cable, anillos,	Metales (cadena, cable, anillos, etc.)		
BOYI	BOYI	Boya científica (funcional)	Boya de investigación funcional		
MASC	MASC	Más componentes de los que permite el espacio	Más componentes que los espacios disponibles		

**TABLE 4.** Mapping of bio-based materials currently used in EPO bio-FAD construction against available marine biodegradability certification standards.

**TABLA 4.** Comparación de los materiales bio-basados que se utilizan actualmente en la construcción de bio-FAD de la OPO con las normas de certificación de biodegradabilidad marina disponibles.

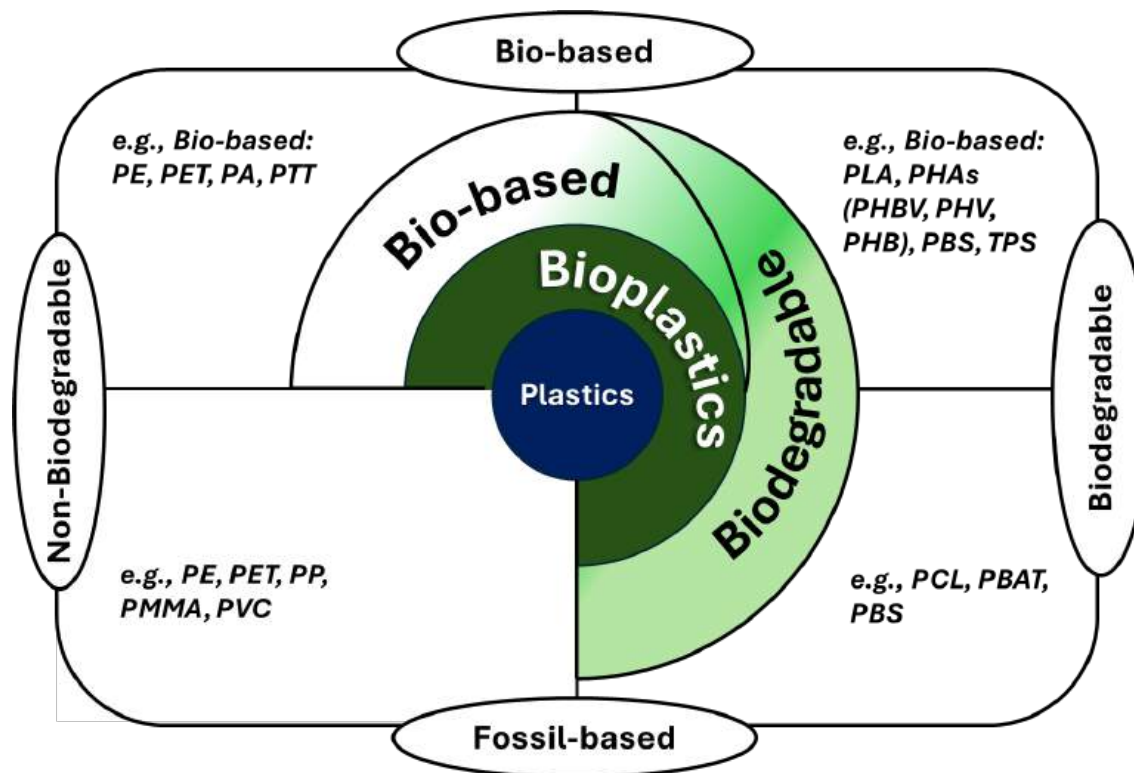
Componente/material del plantado	Tipo de material	Norma(s) de biodegradabilidad marina aplicable(s)	Organismo de certificación	Productos certificados en uso en el OPO (si se conocen)	Estado de cumplimiento / deficiencia
Cuerda / panel (lona): algodón, abacá, yute, sisal, cáñamo, fibra de coco	Fibra vegetal natural	Intrínsecamente biodegradable; utilizado como material de referencia en ASTM D6691, ISO 23977-1/2, ISO 22404	No se requiere certificación marina formal	SANOCEANOS, TEIMSA, TUNACONS (abacá, algodón); todos los experimentos con bio-FAD de la flota del OPO (Román et al., 2022; 2023)	CUMPLE por naturaleza con la definición de C-23-04. Deficiencia clave: durabilidad, no biodegradabilidad.
Estructura: caña de bambú, madera de balsa, madera de paulownia	Material lignocelulósico natural	Inherentemente biodegradable; no existe ninguna norma de certificación marina específicamente aplicable	No se requiere certificación formal	Ampliamente utilizado en los experimentos con bio-FAD de la CIAT y en la flota del OPO	CONFORME por naturaleza. Sin lagunas de certificación. La identificación por parte de los observadores tras el despliegue puede resultar difícil.
Recubrimiento de cuerdas/paneles: caucho natural (látex)	Elastómero de base biológica (látex de <i>Hevea brasiliensis</i> )	Biodegradable por naturaleza si no está vulcanizado; no se ha identificado ningún ensayo marino normalizado para el caucho natural vulcanizado	No se ha identificado ningún sistema de certificación marina aplicable	SANOCEANOS (recubrimiento elastomérico natural); TUNACONS (látex + proceso con NH <sub>3</sub> )	INCERTO. El caucho natural (NR) sin vulcanizar probablemente cumple los requisitos; la vulcanización ralentiza significativamente la biodegradación (más de 100 años). No se ha documentado el proceso de producción de los productos actuales en OPO. Requiere una investigación

Componente/material del plantado	Tipo de material	Norma(s) de biodegradabilidad marina aplicable(s)	Organismo de certificación	Productos certificados en uso en el OPO (si se conocen)	Estado de cumplimiento / deficiencia
					más exhaustiva.
Componente de flotación: PBS (succinato de polibutileno) — ZunFloat	Bioplástico de base biológica / biodegradable	ASTM D6691, ISO 23977-1; ensayado en forma de gránulos	JBPA (biodegradabilidad marina)	ZunFloat (Zunibal Inc.) — Certificación marina JBPA confirmada (como gránulo, no como producto final; I. Zudaire, com. pers.)	CUMPLIMIENTO PARCIAL. Certificado a escala de gránulos (JBPA); no existe una prueba estándar para componentes de PBS gruesos/estructurales. Diseñado principalmente para la reutilización/reciclaje (vida útil de 5 años). La norma ISO 14006 citada en algunas comunicaciones es una norma de diseño ecológico, NO una certificación de biodegradabilidad.
Componente de paneles/cordeles/cuerdas: poliésteres PHA (PHB, PHBV)	Bioplástico de base biológica/biodegradable	ASTM D6691, ISO 23977-1; biodegradación marina demostrada en la bibliografía (Chae y Lee, 2025)	TÜV Austria, DIN CERTCO, JBPA (dependiendo del producto específico)	En fase de estudio para paneles/hilos del plantado; actualmente no hay ningún producto en el OPO confirmado en uso	POTENCIALMENTE CONFORME, pero aún no confirmado en el uso en el OPO. Opción prometedora para paneles y cordeles; requiere verificación de certificación específica del producto.

Componente/material del plantado	Tipo de material	Norma(s) de biodegradabilidad marina aplicable(s)	Organismo de certificación	Productos certificados en uso en el OPO (si se conocen)	Estado de cumplimiento / deficiencia
Varios componentes: PLA (ácido poliláctico)	Bioplástico de base biológica; compostable pero NO biodegradable en el medio marino	No existe ninguna norma aplicable de biodegradabilidad marina; se degrada solo a altas temperaturas en compostaje industrial	No certificable en cuanto a biodegradabilidad marina	No confirmado para uso en plantados del OPO; a veces se identifica erróneamente como «biodegradable» en materiales de marketing	NO CONFORME para uso marino. NO debe aceptarse como biodegradable según la norma C-23-04 a menos que se recupere y se someta a compostaje.
Varios componentes: PE de base biológica, PET de base biológica, PA de base biológica (plásticos de base biológica no biodegradables)	Origen de base biológica, pero NO biodegradable	No existe una norma de biodegradabilidad marina aplicable; químicamente idéntico a los equivalentes de origen fósil	No certificable en cuanto a biodegradabilidad	Puede aparecer en componentes de plantados comercializados como «de base biológica»; uso en el OPO sin confirmar	NO CONFORME. El etiquetado «de base biológica» no implica biodegradabilidad. Estos materiales no cumplen la definición de la norma C-23-04 y deben rechazarse como componentes de la Categoría I.

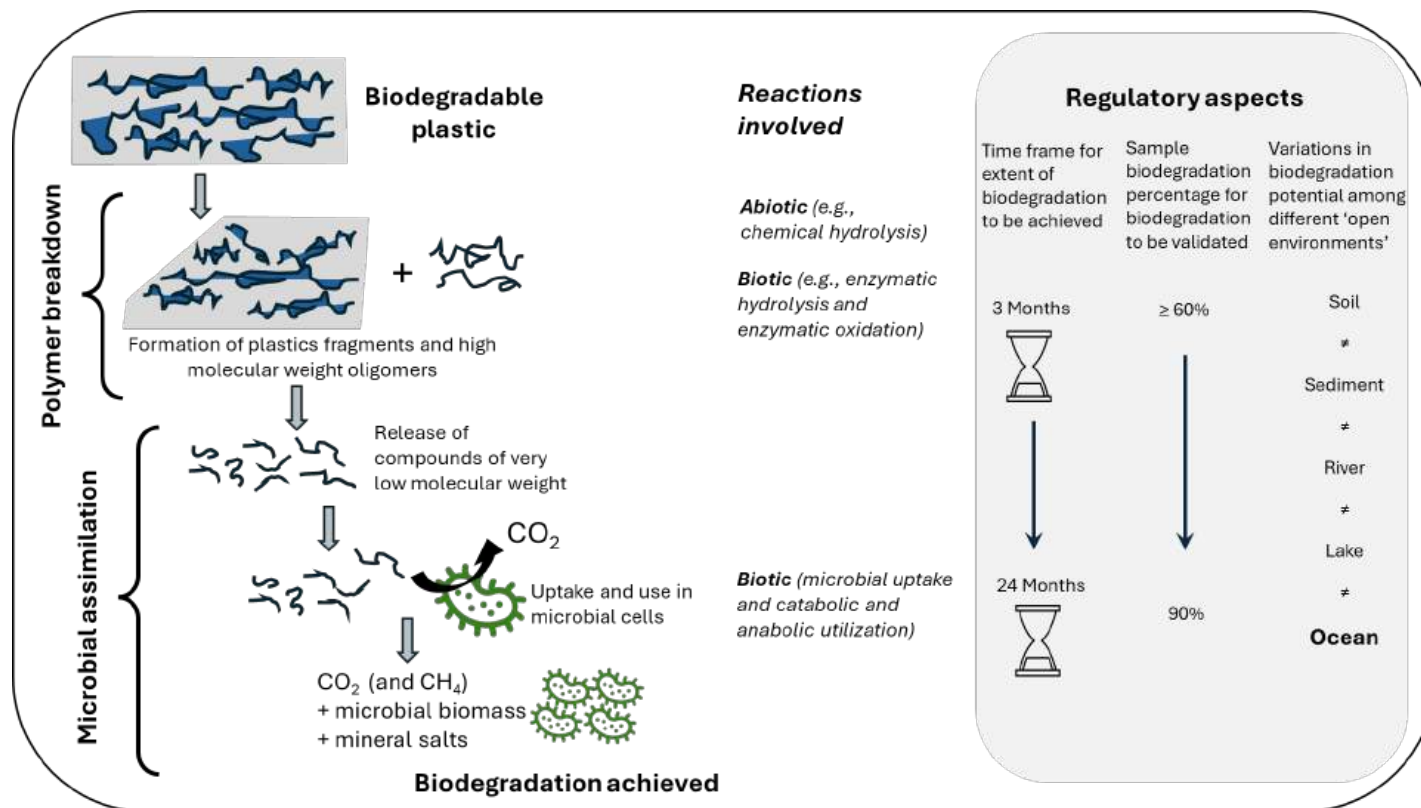
Codificación por colores: verde = conforme con [C-23-04](#); amarillo = incierto o parcialmente conforme, requiere investigación adicional; naranja = no conforme, no debe aceptarse como biodegradable para componentes de los plantados de las categorías I a IV. Esta tabla debe considerarse un documento de trabajo y actualizarse a medida que se disponga de nuevos datos de fabricantes y certificaciones.

12. FIGURAS



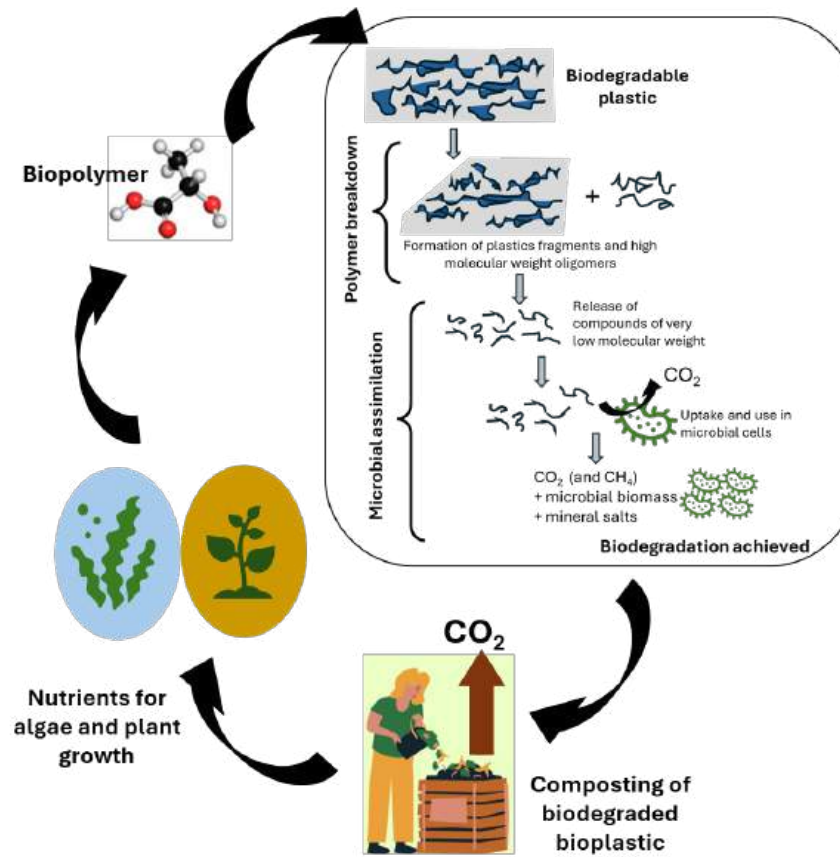
**FIGURE 1.** Bioplastics grouped by the origin of the source material and biodegradability (modified from Lavagnolo et al., 2024).

**FIGURA 1.** Bioplásticos agrupados de acuerdo con el material precursor y biodegradabilidad (modificado de Lavagnolo et al., 2024).



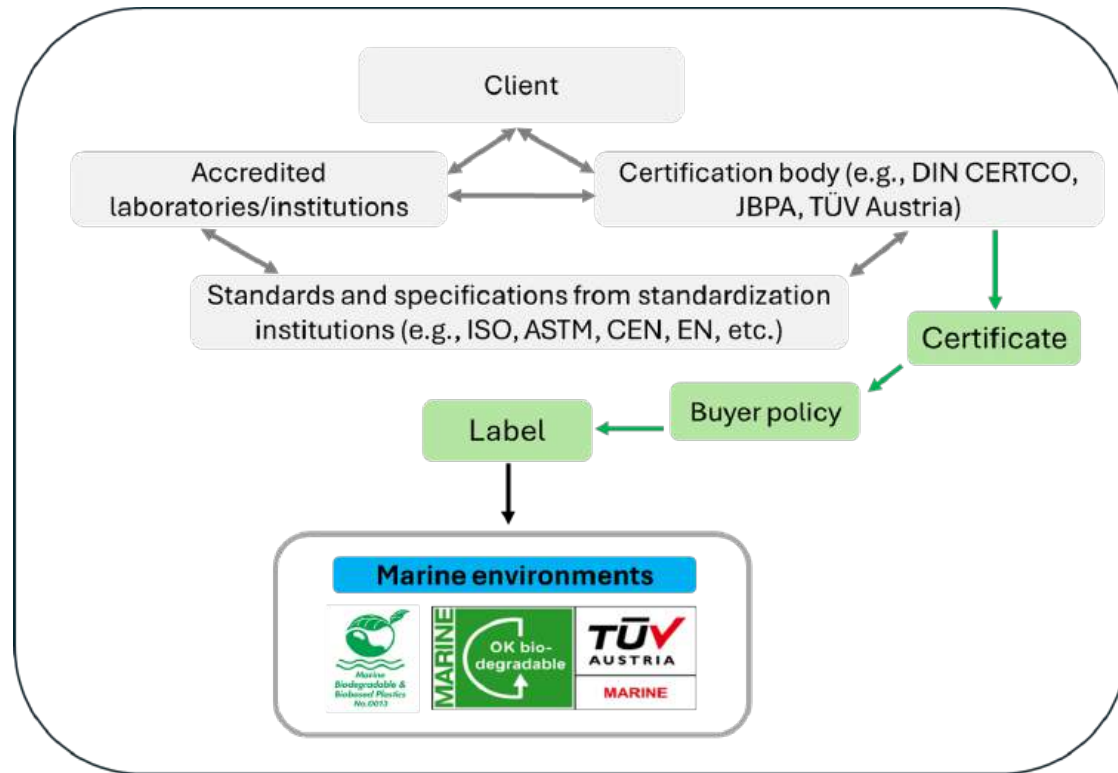
**FIGURE 2.** Process involved in bioplastic biodegradation, the reactions involved, and the regulatory considerations for certification criteria (modified from SAPEA, 2020).

**FIGURA 2.** Proceso involucrado en la biodegradación de los bioplásticos, reacciones implicadas y consideraciones normativas para los criterios de certificación (modificado de SAPEA, 2020)



**FIGURE 3.** Compostability process for bioplastics as part of a closed recycling cycle (modified from SAPEA, 2020).

**FIGURA 3.** Proceso de compostabilidad de bioplásticos como parte de un ciclo de reciclaje cerrado (modificado de SAPEA, 2020).



**FIGURE 4.** Certification procedure and examples of labels for marine environments (modified from SAPEA, 2020).

**FIGURA 4.** Proceso de certificación y ejemplos de etiquetado de biodegradabilidad en ambientes marinos (modificado de SAPEA, 2020).

### Dispositivo Biodegradable Agregador de Peces



Figura 1

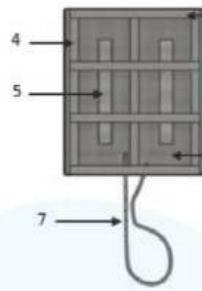


Figura 2

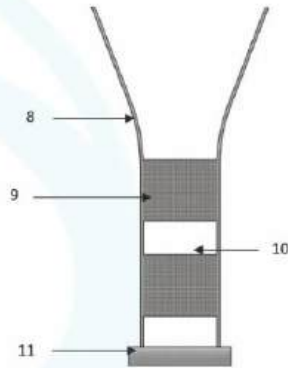


Figura 3

Figura 1: Dispositivo agregador de peces	
Pieza	Descripción
1	Parte flotante
2	Parte sumergible

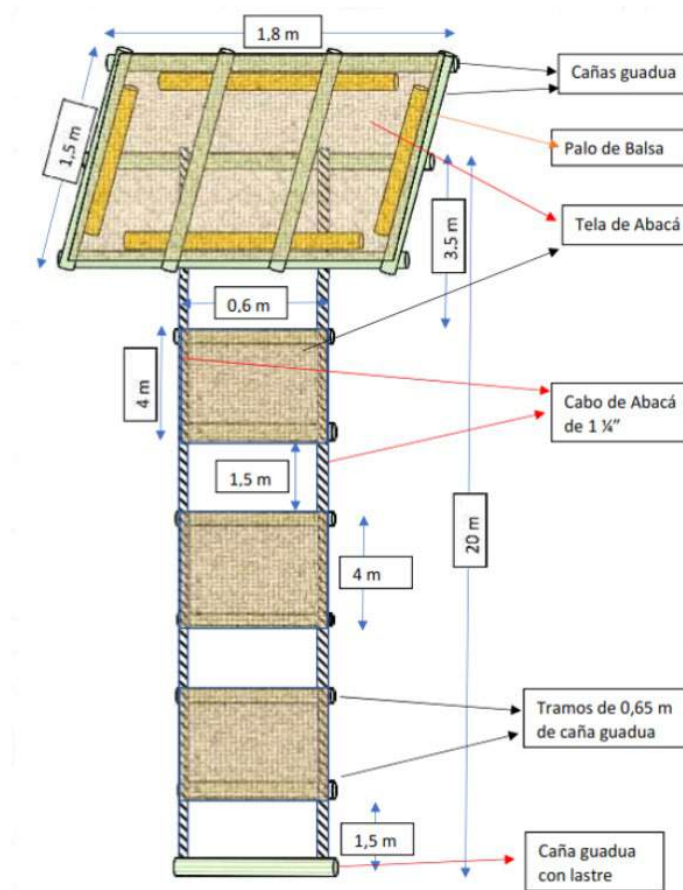
Figura 2: Parte flotante		
Pieza	Cantidad	Descripción
3	4	Caña guadua; L: 1.5m; Ø: 0.20~0.25
4	3	Caña guadua; L: 1.8m; Ø: 0.20~0.25
5	2	Madera balsa; L: 1.10m; Ø: 0.25~0.30
6	2	Paño de fibra de abacá 2.1x1.9m
7	1	Cuerda de abacá; L: 3.5m; Ø: 1"

Figura 3: Parte sumergible		
Pieza	Cantidad	Descripción
8	2	Cuerda de abacá; L: 2.2m; Ø: 32mm
9	2	Paño de fibra de abacá 2.5x0.7m
10	4	Caña guadua; L: 0.70m; R: 0.10~0.125
11	1	Caña guadua; L: 0.7m; Ø: 0.20~0.25

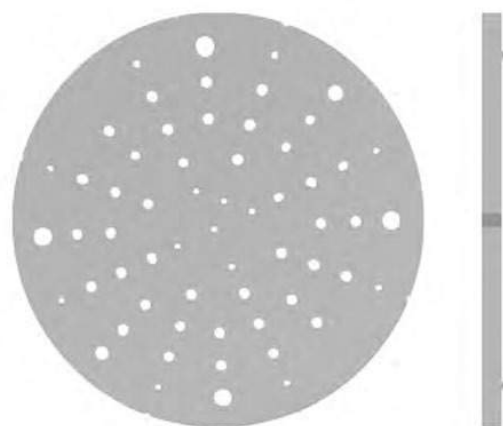
FIGURE 5. Bio-FAD manufactured by SANOCEANOS (image property of SANOCEANOS).  
 FIGURA 5. Bio-FAD fabricado por SANOCEANOS (imagen propiedad de SANOCEANOS).



FIGURE 6. Bio-FAD manufactured by TEIMSA (image property of TEIMSA).  
 FIGURA 6. Bio-FAD fabricado por TEIMSA (imagen propiedad de TEIMSA).



**FIGURE 7.** Bio-FAD manufactured by TUNACONS (image property of TUNACONS).  
**FIGURA 7.** Bio-FAD fabricado por TUNACONS (imagen propiedad de TUNACONS).



DIAMETER	WEIGHT	EDGE	FLOATAGE
180 Ø	35 kg	7,5 cm	150 Kg

**FIGURE 8.** Bio-FAD manufactured by ZUNIBAL (image property of ZUNIBAL).  
**FIGURA 8.** Bio-FAD fabricado por ZUNIBAL (imagen propiedad de ZUNIBAL).

## ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS CLAVE

**Polímero:** Un polímero es un material compuesto por moléculas muy grandes (macromoléculas) formadas por la repetición de unidades más pequeñas llamadas monómeros. Los polímeros pueden ser naturales (por ejemplo, celulosa, almidón, caucho natural) o sintéticos (por ejemplo, polietileno, polipropileno). Los plásticos —incluidos los bioplásticos— son una clase de materiales poliméricos diseñados para ofrecer propiedades específicas como resistencia, flexibilidad y durabilidad.

**BIODEGRADABLE según C-23-04:** Materiales no sintéticos<sup>4</sup> y/o alternativas de base biológica que se ajusten a las normas internacionales<sup>5</sup> para materiales biodegradables en entornos marinos. Los componentes resultantes de la degradación de estos materiales no deben ser perjudiciales para los ecosistemas marinos y costeros ni incluir metales pesados o plásticos en su composición.

**Definición de plantado biodegradable de otras OROP del atún (p. ej., IOTC):** Un plantado biodegradable estaría compuesto por materiales lignocelulósicos renovables que no sean de red (es decir, materia seca vegetal —aquí descrita como material natural)— y/o compuestos de base biológica que cumplan con las normas internacionales pertinentes o las etiquetas de certificación relativas a la biodegradabilidad del plástico en entornos marinos. Además, las sustancias resultantes de la degradación de estos materiales no deben ser tóxicas para los ecosistemas marinos y costeros ni contener metales pesados en su composición. Esta definición no se aplica a las boyas electrónicas acopladas a los dFAD para su seguimiento.

**Biodegradable (ASTM D6813; European Bioplastics):** Un material es biodegradable si los microorganismos presentes en la naturaleza pueden descomponerlo y convertir su carbono en CO<sub>2</sub> (en condiciones aeróbicas) o en CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> (en condiciones anaeróbicas), además de compuestos inorgánicos y nueva biomasa microbiana. En la práctica, la biodegradabilidad debe definirse siempre para un entorno específico (marino, suelo, compost, etc.) y un plazo determinado, ya que el mismo material puede comportarse de manera muy diferente en condiciones distintas.

**De base biológica (biobasado):** Un material de base biológica se produce total o parcialmente a partir de recursos biológicos renovables (plantas, algas, microorganismos, residuos agrícolas, etc.). El término se refiere al origen de la materia prima (de dónde proviene el carbono), no a lo que le sucede al material en el medio ambiente. Es importante destacar que «de base biológica» no significa necesariamente «biodegradable». Por lo tanto, existen materiales de base biológica que no son biodegradables.

**Bioplástico:** «Bioplástico» es un término genérico que engloba los plásticos de base biológica (procedentes de fuentes biológicas), biodegradables o ambos. Esta definición amplia puede resultar engañosa, ya que incluye materiales con destinos medioambientales muy diferentes: algunos son de base biológica pero no biodegradables, otros son biodegradables pero de origen fósil, y algunos tienen ambas propiedades. Por ese motivo, lo ideal es que el término «bioplástico» vaya acompañado de información clara sobre el tipo de polímero, los aditivos y las normas o certificaciones de biodegradabilidad pertinentes.

**Biodeterioro:** El biodeterioro se refiere al daño biológico que altera las propiedades de un material (por ejemplo, pérdida de resistencia, erosión superficial, fragmentación) debido a la actividad microbiana, sin que necesariamente se alcance la mineralización completa (conversión del carbono del polímero en

---

<sup>4</sup> Por ejemplo, materiales de origen vegetal, como el algodón, el yute, el cáñamo de Manila (abacá), el bambú y el caucho natural, o de origen animal, como el cuero, la lana y la manteca de cerdo.

<sup>5</sup> Normas internacionales como ASTM D6691, D7881, TUV Austria, normas europeas o cualquier otra norma de este tipo aprobada por los miembros de la CIAT.

CO<sub>2</sub>/CH<sub>4</sub> y biomasa). Un plástico puede mostrar biodeterioro y, sin embargo, persistir en forma de fragmentos si la biodegradación real es incompleta.

**Compostable:** Un material compostable es un subconjunto de los materiales biodegradables diseñado para biodegradarse en condiciones de compostaje y producir compost apto para su aplicación en el suelo. La compostabilidad suele requerir la recogida y el tratamiento en sistemas de compostaje adecuados y no implica que el material se biodegradará eficazmente en el océano.

**Plástico oxo-biodegradable:** Un plástico convencional (normalmente polietileno, polipropileno o poliestireno) que contiene aditivos prooxidantes diseñados para promover la degradación oxidativa abiótica cuando se expone a calor, oxígeno y radiación. Este proceso da lugar principalmente a la fragmentación del plástico en trozos más pequeños, incluidos microplásticos y potencialmente nanoplásticos, en lugar de una mineralización microbiana completa. Como resultado, los productos finales de la degradación son fragmentos de plástico persistentes, no dióxido de carbono, metano, agua o biomasa microbiana, por lo que los plásticos oxobiodegradables no cumplen los criterios de la verdadera biodegradabilidad.