



**Documento de Política y Antecedentes Técnicos  
Promoviendo Materiales Biodegradables en Dispositivos de Concentración de Peces  
(DCP)**

**Hacia Plásticos de Pesca Seguros y Sostenibles por Diseño**

Emma Algotsson

15 Mayo, 2026

**Resumen Ejecutivo**

Los dispositivos de concentración de peces (DCP) y los artes de pesca sintéticos son reconocidos cada vez más como una fuente significativa de contaminación marina por plásticos, pesca fantasma y daños ecológicos a largo plazo. Los plásticos convencionales para la pesca, como el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y el nailon, están diseñados para ser duraderos en condiciones marinas adversas. Si bien esta durabilidad es esencial durante el uso operativo, se convierte en un grave pasivo ambiental cuando los artes son abandonados, perdidos o descartados en el mar (ALDFG, por sus siglas en inglés). Los DCP perdidos y sus apéndices asociados pueden seguir enredando especies marinas durante períodos prolongados, a la vez que se fragmentan gradualmente en microplásticos persistentes.

La magnitud del problema es considerable. Los estudios estiman que hasta el 40 % de los DCP a la deriva pueden perderse o no recuperarse durante las operaciones (Richardson et al., 2022; Imzilen et al., 2022). Esto ha llevado a las Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (OROP), incluidas la Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT) y la Comisión de Pesca del Pacífico Occidental y Central (WCPFC), a explorar estrategias de sustitución de materiales y alternativas biodegradables para la construcción de DCP.

Catchgreen ha desarrollado artes de pesca y componentes para DCP basados en poliéster biodegradable, utilizando succinato de polibutileno (PBS) y mezclas de polímeros biodegradables relacionados. Estos materiales están diseñados para mantener el rendimiento operativo durante el despliegue activo, al tiempo que reducen la persistencia ambiental a largo plazo si se pierden en entornos marinos. Este enfoque se alinea con el concepto de «degradación programada», mediante el cual los materiales conservan una durabilidad suficiente durante su uso, pero pierden funcionalidad progresivamente tras una exposición ambiental prolongada.

El PBS difiere fundamentalmente de los plásticos de poliolefina convencionales porque su estructura química contiene enlaces éster susceptibles de hidrolizarse y degradarse

microbianamente. En condiciones marinas adecuadas, el PBS sufre un proceso de degradación en dos etapas: primero una descomposición hidrolítica y luego una asimilación biológica por parte de microorganismos naturales. A diferencia de los plásticos convencionales, que pueden fragmentarse manteniendo su integridad química, los materiales a base de PBS tienen el potencial de sufrir una conversión biológica progresiva en dióxido de carbono, agua y biomasa.

Investigaciones realizadas en Corea del Sur y en otros países han reforzado la pertinencia del PBS y las mezclas basadas en PBS para aplicaciones en la pesca. Estudios que evalúan artes de pesca de PBS en condiciones de interfaz agua marina-sedimento demostraron una biodegradación medible acompañada de reducciones en la resistencia a la tracción y el peso molecular, así como colonización microbiana asociada a vías de degradación (Kim et al., 2023). Estos hallazgos son especialmente relevantes porque los artes de pesca perdidos y los apéndices de los DCP frecuentemente se depositan en el lecho marino, donde los entornos de sedimentos biológicamente activos pueden facilitar los procesos de degradación.

Catchgreen ya ha realizado pilotos con materiales de pesca biodegradables en nasas de cangrejo y langosta en Noruega y Sudáfrica, mientras que los cabos a base de PBS también se han probado en redes de enmalle modificadas y en sistemas de cultivo de algas marinas en Kenia. La investigación actual llevada a cabo con SINTEF en Noruega evalúa cuatro grados diferentes de PBS de Catchgreen mediante técnicas analíticas avanzadas, incluyendo respirometría, pirólisis GC-MS, espectroscopía FTIR, pruebas de tracción y análisis de comunidades microbianas. Los primeros resultados indican reducciones medibles en la resistencia a la tracción y evidencia de procesos de degradación hidrolítica consistentes con estudios internacionales de biodegradación de PBS.

Es importante destacar que el objetivo de los materiales de pesca biodegradables no es una degradación inmediata o rápida. Más bien, la meta es una durabilidad controlada: mantener la integridad estructural durante el uso operativo y, al mismo tiempo, reducir la persistencia a largo plazo si los materiales se pierden en el mar. Esta distinción es fundamental en las aplicaciones pesqueras, donde los cabos, apéndices y componentes de los artes deben soportar una exposición prolongada a rayos UV, abrasión, estrés hidrodinámico y cargas mecánicas.

A pesar del creciente interés en los materiales de pesca biodegradables, persisten importantes lagunas normativas y de estandarización. Los estándares actuales de biodegradabilidad marina, incluidas las metodologías ISO y ASTM, fueron desarrolladas principalmente para películas delgadas y plásticos de un solo uso analizados en condiciones de laboratorio controladas. No abordan adecuadamente los materiales pesados de alta resistencia para la pesca, como cabos, líneas trenzadas o apéndices estructurales de DCP diseñados para un uso operativo prolongado.

Como resultado, actualmente no existen estándares armonizados a nivel internacional específicamente diseñados para artes de pesca biodegradables y sistemas de DCP. Los debates científicos y políticos apoyan cada vez más marcos de evaluación integrados que combinen pruebas de biodegradación en laboratorio, estudios de interfaz agua marina-sedimento, análisis ecotoxicológico, evaluación del rendimiento mecánico y ensayos piloto reales en condiciones operativas. Esto refleja una transición más amplia hacia un enfoque

de «seguridad y sostenibilidad por diseño» para los plásticos de pesca, reconociendo que el rendimiento del material depende no solo de la química del polímero, sino también de las condiciones ambientales, la geometría del producto y el diseño específico para cada aplicación.

Los experimentos piloto específicos para cada aplicación son, por tanto, esenciales para evaluar el rendimiento operativo, el comportamiento de degradación, la interacción ambiental y los resultados posteriores a la pérdida en condiciones de pesca reales. La evidencia generada en pilotos también puede apoyar el futuro desarrollo de estándares al proporcionar criterios de desempeño para artes de pesca biodegradables y sistemas de DCP.

Catchgreen propone, por tanto, un enfoque por fases, basado en la ciencia, para la implementación de DCP biodegradables que incluya:

1. Experimentos piloto controlados en condiciones reales de pesca;
2. Un seguimiento científico independiente y validación;
3. Integración de evidencia de laboratorio y de campo;
4. Desarrollo de marcos de estándares específicos para cada aplicación;
5. Apoyo a las discusiones regulatorias de las OROP sobre la sustitución de materiales en DCP.

Si bien la evidencia actual respalda la idoneidad potencial de los sistemas basados en PBS para aplicaciones en la pesca, el comportamiento de degradación a largo plazo en diferentes hábitats marinos y condiciones operativas aún requiere una validación continua en campo y el desarrollo de estándares armonizados.

Los materiales de pesca biodegradables no son una solución única para la contaminación marina por plásticos. Sin embargo, cuando se diseñan cuidadosamente, se evalúan científicamente y se implementan de manera responsable, pueden constituir una herramienta importante para reducir los impactos ecológicos a largo plazo asociados con los artes de pesca sintéticos persistentes y los componentes perdidos de los DCP.

## **1. Introduction**

Los artes de pesca desempeñan un papel fundamental en los sistemas alimentarios mundiales, pero su dependencia de plásticos sintéticos de alta durabilidad ha generado desafíos ambientales significativos y persistentes. Materiales como el polietileno, el polipropileno y el nailon están diseñados para resistir condiciones marinas extremas, incluyendo la exposición prolongada al agua salada, la radiación UV y el estrés mecánico. Estas propiedades son esenciales para el rendimiento operativo; sin embargo, también resultan en una persistencia a largo plazo cuando los artes son abandonados, perdidos o descartados (ALDFG).

Los dispositivos de concentración de peces (DCP) son especialmente preocupantes en este contexto. Debido a su uso generalizado y su carácter a la deriva, una proporción significativa se pierde en el mar, con estimaciones de que hasta el 40% no llega a recuperarse (Richardson et al., 2022; Imzilen et al., 2022). Una vez perdidos, los DCP y sus componentes sintéticos asociados pueden continuar afectando a los ecosistemas marinos

mediante la pesca fantasma, el enredo de especies no objetivo y la acumulación gradual de microplásticos a medida que los materiales se fragmentan sin biodegradarse. Los polímeros convencionales son altamente resistentes a la degradación biológica y pueden persistir en entornos marinos durante décadas o más, lo que significa que sus impactos ambientales pueden prolongarse mucho más allá de su vida útil operativa.

Catchgreen ha desarrollado productos basados en polímeros biodegradables diseñados para reducir la persistencia ambiental a largo plazo, manteniendo al mismo tiempo la durabilidad funcional durante la vida útil del servicio. Este documento ofrece una visión técnica de la plataforma de polímeros utilizada en los productos Catchgreen, explica el comportamiento de degradación de los polímeros biodegradables en entornos marinos, y aborda la interacción entre la química del polímero, las condiciones ambientales y las comunidades microbianas. El documento también describe las características de rendimiento relevantes para las aplicaciones pesqueras y el panorama regulatorio y de certificación actual que rige los materiales biodegradables en contextos de DCP y pesca.

## **2. Plataforma de Polímeros: Succinato de Polibutileno (PBS)**

Los productos de Catchgreen se fabrican principalmente con succinato de polibutileno (PBS), un poliéster alifático que ha despertado un creciente interés para aplicaciones donde se busca reducir la persistencia ambiental. El PBS se sintetiza mediante la policondensación de ácido succínico (o succinato de dimetilo) y 1,4-butanodiol. El polímero resultante contiene enlaces éster en su cadena principal. Estos enlaces éster son susceptibles a la hidrólisis y al ataque enzimático en condiciones ambientales apropiadas, lo que diferencia fundamentalmente al PBS de las poliolefinas convencionales.

A diferencia del polietileno o el polipropileno, cuyas cadenas carbono-carbono son resistentes al ataque microbiano, el PBS está diseñado químicamente para permitir una descomposición controlada. Esta diferencia en la química del polímero sustenta su posible idoneidad para aplicaciones orientadas al mar, donde la mitigación de la acumulación de plásticos a largo plazo es una prioridad.

Revisiones recientes de materiales de red sostenibles han identificado el PBS, el PBAT, el PHA y sistemas compuestos relacionados a base de poliéster como los candidatos más prometedores para aplicaciones de pesca y acuicultura marina, debido a su equilibrio entre procesabilidad, rendimiento mecánico y posible biodegradabilidad (Pagnotta, 2025). Entre ellos, el PBS y sus copolímeros han surgido como especialmente prometedores para aplicaciones pesqueras, ya que ofrecen un equilibrio favorable entre durabilidad mecánica y degradabilidad marina controlada en condiciones operativas. Sin embargo, no todos los polímeros biodegradables o biobasados son igualmente adecuados para entornos marinos. Algunos materiales, incluidas muchas formulaciones de PLA, pueden biodegradarse eficazmente en condiciones de compostaje industrial, pero siguen siendo muy persistentes en condiciones marinas ambientales. Otros polímeros biodegradables pueden presentar limitaciones como fragilidad excesiva, sensibilidad al agua, insuficiente estabilidad mecánica a largo plazo, o tasas de degradación demasiado lentas o rápidas para aplicaciones activas de pesca. Por ejemplo, los materiales de PLA pueden presentar una flexibilidad limitada y una biodegradación lenta en el agua de mar, mientras que algunos sistemas de PHA pueden degradarse demasiado rápido para un despliegue operativo prolongado.

La biodegradabilidad marina es, por lo tanto, altamente específica del hábitat y depende de factores ambientales como la temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la salinidad, la interacción con sedimentos, las condiciones hidrodinámicas y la composición de las comunidades microbianas. Esta distinción entre materiales biobasados, compostables y genuinamente biodegradables en el mar es reconocida cada vez más en los debates científicos y políticos internacionales sobre plásticos marinos y sustitución de artes de pesca (SAPEA, 2020; Dilkes-Hoffman et al., 2019; European Bioplastics, 2023).

Como resultado, el PBS, el PBSAT y mezclas de poliéster relacionadas se investigan cada vez más para redes de pesca, cabos y artes marinos en los que los materiales deben mantener la integridad estructural durante el despliegue activo y, al mismo tiempo, reducir la persistencia a largo plazo si se pierden. Los estudios han informado que los monofilamentos a base de PBS pueden alcanzar un rendimiento pesquero comparable al de los artes convencionales de nailon en ciertas aplicaciones, cuando se diseñan adecuadamente para el entorno de uso previsto (Kim et al., 2021; An et al., 2022).

Una ventaja adicional del PBS es la flexibilidad de sus materias primas. Puede producirse utilizando intermedios derivados de combustibles fósiles o materias primas biobasadas, como el ácido succínico derivado de la fermentación. Es importante señalar que el origen del carbono no altera la estructura química del polímero. Las propiedades mecánicas, el comportamiento de procesamiento, la cristalinidad y las vías de degradación siguen estando gobernados por la arquitectura del polímero, no por la fuente de la materia prima. Si bien el PBS biobasado puede ofrecer ventajas en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero o huella de carbono, el rendimiento de biodegradabilidad está determinado por la propia química del polímero. Además, es técnicamente viable incorporar materias primas de origen fósil recicladas mediante procesos de reciclaje químico para fomentar el uso circular del carbono; sin embargo, esta práctica aún no se ha implantado de forma generalizada a gran escala.

La producción industrial moderna de PBS puede llevarse a cabo sin residuos de catalizadores de metales pesados, recurriendo en su lugar a sistemas catalíticos alternativos que evitan la presencia de metales regulados en el polímero final. Esto reviste especial importancia en las aplicaciones marinas, donde la seguridad de los materiales y las consideraciones ecotoxicológicas son fundamentales.

Los programas de investigación pesquera, en particular en Corea del Sur, se han centrado cada vez más en el PBS y sus copolímeros para aplicaciones en la pesca marina. Las instituciones de investigación y los fabricantes han desarrollado sistemas de artes de pesca biodegradables utilizando PBS, PBSAT y mezclas de poliéster relacionadas, diseñadas específicamente para equilibrar el rendimiento a la tracción, la durabilidad operativa y la biodegradación controlada en entornos marinos.

Catchgreen también está avanzando hacia la adopción de mezclas de polímeros biodegradables PBS/PBAT desarrolladas en Corea como parte de su estrategia de próxima generación para DCP y artes de pesca degradables en el mar. Estas mezclas se consideran cada vez más candidatas prometedoras para aplicaciones pesqueras, ya que están diseñadas para mantener suficiente integridad mecánica durante el despliegue activo y, al mismo tiempo, degradarse progresivamente bajo exposición marina a largo plazo. Esto refleja una tendencia internacional más amplia hacia el uso de sistemas de polímeros biodegradables

específicos para cada aplicación, diseñados expresamente para entornos de pesca marina, en lugar de adaptados a partir de aplicaciones de plástico de un solo uso.

### **3. Mecanismo de Biodegradación Marina**

El PBS se degrada mediante un proceso en dos etapas. La primera implica la hidrólisis de los enlaces éster al entrar en contacto con la humedad, lo que provoca la escisión de las cadenas poliméricas y una reducción progresiva del peso molecular. A medida que disminuye el peso molecular, el material se vuelve cada vez más susceptible a la acción microbiana. En la segunda etapa, los microorganismos de origen natural segregan enzimas que metabolizan las cadenas poliméricas acortadas, convirtiendo en última instancia el material en biomasa, dióxido de carbono, agua y compuestos de origen natural.

Esta vía de degradación difiere fundamentalmente de la simple fragmentación física. Los plásticos convencionales pueden fragmentarse en partículas progresivamente más pequeñas mientras permanecen químicamente intactos, contribuyendo a la acumulación a largo plazo de contaminación persistente por plásticos y microplásticos en los ecosistemas marinos. En contraste, la verdadera biodegradación implica una mineralización microbiana progresiva y una asimilación biológica, en lugar de la mera formación de fragmentos persistentes más pequeños. Esta distinción es especialmente importante en el caso de los artes de pesca y los DCP, donde los efectos medioambientales dependen no solo de la degradación visible, sino también de si se reduce la persistencia del plástico a largo plazo.

El comportamiento de biodegradación marina depende en gran medida del contexto ambiental. Este proceso no es una característica inherente al material por sí solo, sino una propiedad emergente de un sistema compuesto por el polímero, el entorno marino específico y la comunidad biológica presente (Lott et al., 2020). La temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la diversidad microbiana, la salinidad, las condiciones hidrodinámicas y la interacción con sedimentos influyen en la cinética de degradación. Las evaluaciones recientes de biodegradación marina demuestran además que las tasas de degradación difieren sustancialmente entre los distintos hábitats marinos, incluidas las aguas pelágicas, los sedimentos costeros, los sistemas estuarinos y los entornos de aguas profundas (GO!PHA, 2026). Las aguas superficiales tropicales pueden acelerar la hidrólisis y la actividad microbiana, mientras que los entornos fríos de las profundidades marinas pueden ralentizar considerablemente los procesos de biodegradación debido a la reducción del metabolismo microbiano y a las bajas temperaturas. Esto ha llevado a reconocer cada vez más que las futuras normas de biodegradabilidad marina podrían requerir criterios de evaluación específicos para cada hábitat, en lugar de basarse en umbrales genéricos de biodegradación.

En los entornos marinos, las comunidades microbianas capaces de degradar poliésteres tienden a ser más abundantes en zonas ricas en sedimentos biológicamente activas que en la columna de agua abierta. Por ello, la interfaz agua marina-sedimento se considera especialmente relevante para evaluar el comportamiento ambiental a largo plazo de los artes de pesca biodegradables. Esto es particularmente importante porque los artes de pesca perdidos y los apéndices de los DCP frecuentemente se hunden y se acumulan en el lecho marino, donde la pesca fantasma puede continuar durante períodos prolongados (Kim et al., 2023; SAPEA, 2020).

El PBS tiene una densidad superior a la del agua marina (típicamente  $>1,2 \text{ g/cm}^3$ ), mientras que el HDPE flota ( $<1,0 \text{ g/cm}^3$ ) y el nailon tiene una flotabilidad casi neutra ( $\sim 1,1 \text{ g/cm}^3$ ). En consecuencia, los cabos o apéndices a base de PBS que se pierden tienen más probabilidades de hundirse hasta el lecho marino que de permanecer a flote indefinidamente. Este comportamiento de hundimiento puede aumentar la interacción con las comunidades microbianas asociadas a los sedimentos y potencialmente facilitar la biodegradación en condiciones ambientales favorables.

Los plazos de degradación en el mundo real dependen en gran medida del grosor del material, la cristalinidad, la geometría, el diseño del producto y la exposición ambiental. Los cabos gruesos de alta resistencia y los componentes estructurales se degradarán más lentamente que las películas delgadas en condiciones idénticas. Por tanto, el comportamiento de degradación no puede generalizarse entre aplicaciones y requiere pruebas específicas para cada aplicación en condiciones ambientales realistas.

Investigaciones recientes de Corea del Sur han aportado importantes evidencias empíricas sobre el comportamiento de biodegradación de los artes de pesca de PBS en condiciones de sedimentos marinos relevantes para la pesca fantasma. Kim et al. (2023) evaluaron artes de pesca de PBS mediante protocolos de interfaz agua marina-sedimento basados en ISO 19679, diseñados para simular las condiciones donde se acumulan habitualmente los artes de pesca perdidos. El estudio demostró una biodegradación mensurable del PBS mediante la conversión biológica a dióxido de carbono en un período de 180 días, acompañada de reducciones en el peso molecular y las propiedades a la tracción. Los autores concluyeron que la degradación avanzó mediante iniciación hidrolítica, abrasión superficial y asimilación microbiana de los productos de degradación. De manera destacada, el análisis microbiano identificó al género *Rhodococcus* como organismo dominante asociado a la biodegradación del PBS en entornos de sedimentos marinos.

Estos hallazgos son especialmente relevantes para las aplicaciones de los dispositivos de atrae-pescado (FAD), ya que demuestran que los materiales de pesca a base de PBS pueden sufrir una biodegradación progresiva en condiciones marinas reales, en lugar de limitarse a fragmentarse en partículas de plástico persistentes. El estudio también refuerza la importancia de combinar el análisis de la degradación fisicoquímica con métodos de evaluación respirométrica y microbiana a la hora de evaluar los artes de pesca biodegradables y los sistemas de polímeros marinos.

#### **4. Implicaciones para la Pesca Fantasma**

La pesca fantasma sigue siendo una preocupación global importante. Las redes y artes perdidos fabricados con polímeros convencionales pueden continuar enredando vida marina durante períodos prolongados. Dado que los materiales a base de PBS pierden gradualmente resistencia a la tracción a medida que avanza la degradación, la vida útil funcional de los artes perdidos puede acortarse en comparación con los artes sintéticos convencionales.

Estudios como el de Brakstad et al. (2022) han documentado reducciones mensurables en la resistencia mecánica de redes de pesca biodegradables durante la inmersión marina durante varios años, mientras que las redes convencionales de nailon no mostraron prácticamente ningún cambio. Otros investigadores, como Grimaldo et al. (2018-2020), han

planteado interrogantes sobre la resistencia inicial y la durabilidad, sugiriendo que parte de la reducción en la pesca fantasma puede deberse a propiedades mecánicas iniciales más bajas, más que a la degradación gradual por sí sola. Estos hallazgos subrayan la importancia de un diseño cuidadoso específico para cada aplicación.

La relevancia de los artes de pesca biodegradables para la prevención de la pesca fantasma también ha sido reforzada por la investigación coreana sobre redes de pesca de PBS en entornos de sedimentos marinos. Kim et al. (2023) concluyeron que los artes de pesca biodegradables tienen el potencial no solo de reemplazar a los artes no degradables convencionales, sino también de reducir los impactos a largo plazo de la pesca fantasma mediante la biodegradación progresiva tras su pérdida. Sus hallazgos demostraron una reducción cuantificable de las propiedades de resistencia a la tracción y del peso molecular de los artes de pesca de PBS tras su exposición a los sedimentos marinos, lo que respalda la idea de que los materiales biodegradables pueden reducir la persistencia a largo plazo y el impacto ecológico en comparación con los plásticos convencionales.

En algunos contextos, las pruebas piloto con componentes biodegradables no han revelado ningún impacto negativo en el rendimiento de la captura, tal y como se ha demostrado en estudios sobre los mecanismos de escape de las nasas para cangrejos (Bilkovic et al., 2012; Wilcox y Hardest, 2016). La equivalencia en el rendimiento depende de que las propiedades de los materiales se adapten a las funciones específicas de los artes de pesca.

La literatura pesquera más amplia describe cada vez más los artes de pesca biodegradables mediante el concepto de «degradación programada», por el que los materiales se diseñan intencionalmente para conservar un rendimiento operativo suficiente durante el uso activo, perdiendo progresivamente funcionalidad tras una exposición ambiental prolongada o tras perderse en el mar (Kim et al., 2021; Bae et al., 2023). Recent reviews of biodegradable net systems have highlighted this balance between functional durability and controlled end-of-life degradation as a central design objective for next-generation fishing gear. (Kim et al., 2021; An et al., 2022).

Los estudios realizados con redes de pesca de PBS han demostrado que el comportamiento de degradación puede modificarse deliberadamente mediante factores como la composición del polímero, el diámetro del hilo, la configuración de la malla y la ingeniería de mezclas (Park et al., 2017; Bae et al., 2023). Esto refuerza la importancia de diseñar los accesorios de los dispositivos de concentración de peces (FAD) y los componentes de pesca biodegradables como sistemas específicos para cada aplicación, en lugar de considerar la biodegradabilidad como una propiedad única y uniforme del material.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de un diseño específico para cada aplicación en el caso de los artes de pesca biodegradables y los DCP. El rendimiento de los materiales no solo depende de la composición química de los polímeros, sino también de la configuración estructural, la carga operativa y las condiciones de exposición ambiental.

## **5. Panorama Regulatorio y de Certificación**

La ausencia de estándares armonizados internacionalmente para plásticos marinos biodegradables sigue siendo uno de los principales obstaculizadores para la adopción a gran escala de materiales biodegradables en aplicaciones pesqueras y de acuicultura.

Aunque se presta cada vez más atención a los materiales alternativos capaces de reducir los impactos ambientales a largo plazo asociados a los plásticos sintéticos persistentes, la claridad regulatoria sigue siendo limitada para sistemas marinos duraderos de alta resistencia, como redes de pesca, cabos, apéndices de DCP, infraestructuras de acuicultura y equipos de cultivo de algas marinas.

Los estándares de biodegradación existentes, desarrollados por organizaciones como ASTM, ISO y la NOAA, fueron concebidos principalmente para películas delgadas y materiales de envasado analizados en condiciones de laboratorio controladas. Si bien estas metodologías constituyen herramientas importantes para evaluar el potencial de biodegradación, no abordan adecuadamente los requisitos operativos de las aplicaciones pesqueras, donde los productos deben soportar una prolongada exposición marina, cargas hidrodinámicas, abrasión, exposición UV y estrés mecánico, manteniéndose funcionales durante períodos de despliegue prolongados.

Las metodologías respirométricas utilizadas en estándares como ASTM D6691-09, ASTM D7473-12, ISO 18830, ISO 19679 y ASTM D7991-15 evalúan la conversión biológica de los plásticos en dióxido de carbono en condiciones aeróbicas controladas. Sin embargo, estos métodos también pueden verse influidos por la respiración de la biopelícula que se produce en la superficie del material, lo que complica la interpretación en el caso de productos marinos gruesos y duraderos expuestos durante largos periodos. Los protocolos existentes suelen establecer umbrales de mineralización de entre aproximadamente el 60% y el 70% de conversión de carbono en plazos específicos, pero estos marcos no se diseñaron para evaluar productos diseñados intencionadamente para una degradación controlada y gradual de operación en condiciones marinas reales.

La certificación «Ok Marine Biodegradable» de TÜV Austria representa actualmente una de las etiquetas de biodegradabilidad marina más reconocidas a nivel internacional. La certificación evalúa la biodegradación en condiciones marinas de laboratorio simuladas y está destinada principalmente a plásticos de un solo uso y materiales relativamente delgados. Sin embargo, el marco de certificación no fue desarrollado para cabos gruesos, líneas trenzadas, componentes estructurales moldeados ni productos que deben mantener la integridad mecánica durante el despliegue pesquero prolongado. Por tanto, si bien la certificación TÜV Marine constituye un importante punto de referencia, aún no representa una vía de certificación completa para sistemas de DCP duraderos u otras aplicaciones pesqueras de larga vida útil.

La literatura científica reconoce cada vez más las limitaciones que entraña la aplicación de metodologías de biodegradación de películas finas a los artes de pesca y las infraestructuras marinas sometidas a cargas. Muchos estudios de biodegradación marina siguen realizándose en condiciones de laboratorio altamente controladas que pueden no reflejar con precisión la exposición ambiental real, especialmente en el caso de cuerdas, monofilamentos, componentes estructurales y redes de pesca expuestas a hábitats marinos variables y largos periodos de vida útil (SAPEA, 2020; Dilkes-Hoffman et al., 2019; Kim et al., 2023).

Hay un reconocimiento creciente de que las futuras vías de certificación para materiales de pesca biodegradables requerirán enfoques de evaluación integrados y basados en el

rendimiento. Los debates europeos sobre normas apoyan cada vez más la adopción de sistemas de evaluación de biodegradación marina de «3 niveles» que combinen:

- pruebas de biodegradación en laboratorio bajo condiciones controladas;
- simulaciones ambientales en mesocosmos o tanques;
- validación en campo bajo condiciones reales de exposición marina.

Iniciativas vinculadas a la UE, como el proyecto ANIPH, han propuesto marcos de evaluación integrados capaces de evaluar la biodegradación, la persistencia, el tiempo de residencia, la ecotoxicidad y el rendimiento operativo de forma simultánea en condiciones marinas ambientalmente relevantes (GO!PHA, 2026). Estos enfoques buscan mejorar la reproducibilidad superando las limitaciones asociadas a las pruebas de biodegradación exclusivamente de laboratorio. La bibliografía sobre ingeniería pesquera llega igualmente a la conclusión de que es necesario integrar la modelización numérica, los ensayos de laboratorio, las pruebas en tanques y la validación sobre el terreno para evaluar adecuadamente tanto el rendimiento operativo como el comportamiento medioambiental (Kim et al., 2021; Bae et al., 2023; An et al., 2022)

La biodegradabilidad marina se entiende cada vez más como un fenómeno específico de cada hábitat, en lugar de como una propiedad material única y universal. El comportamiento de degradación puede variar sustancialmente entre las aguas pelágicas, los sedimentos costeros, los sistemas estuarinos y los entornos de aguas profundas, dependiendo de la temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la salinidad, la diversidad microbiana, las condiciones hidrodinámicas y la interacción con los sedimentos (GO!PHA, 2026). Esta distinción es especialmente importante para los artes de pesca y los sistemas de dispositivos de concentración de peces (DCP), ya que los componentes perdidos pueden pasar por múltiples entornos marinos a lo largo de su ciclo de vida operativo y posterior a la pérdida. En consecuencia, los futuros marcos normativos podrían requerir metodologías de evaluación específicas para cada hábitat, en lugar de basarse únicamente en umbrales de biodegradación genéricos derivados de ensayos de laboratorio.

La evaluación de la biodegradabilidad también debe tener en cuenta la formulación completa del producto, y no solo la resina polimérica base. Los aditivos, pigmentos, estabilizadores, recubrimientos, plastificantes, compatibilizantes y productos intermedios de degradación pueden influir en los resultados de seguridad ambiental y, por lo tanto, requieren una evaluación ecotoxicológica integrada junto con ensayos de mineralización (Zimmermann et al., 2020; GO!PHA, 2026). Esto es especialmente relevante para los productos de la pesca y la acuicultura diseñados específicamente para una exposición marina a largo plazo y que deben cumplir exigentes requisitos de rendimiento mecánico.

Los estudios de ingeniería sobre artes de pesca sostenibles demuestran además que los materiales pesqueros biodegradables no pueden evaluarse independientemente de la geometría del producto, la estructura de la malla, el diámetro del hilo, la configuración de los nudos, la arquitectura del trenzado y el comportamiento hidrodinámico (Pagnotta, 2025). Las variables de construcción influyen considerablemente en el rendimiento a la tracción, las características de resistencia al avance, el comportamiento ante la deformación, la vida útil y la cinética de degradación en entornos marinos. Estos hallazgos refuerzan la importancia de la optimización integrada de materiales y diseño a la hora de desarrollar DCP biodegradables, redes de pesca, cabos e infraestructuras de acuicultura.

Para subsanar estas deficiencias normativas y técnicas será necesario colaborar de forma coordinada con los organismos normativos internacionales y regionales. La colaboración con la Organización Internacional de Normalización (ISO) reviste especial importancia para desarrollar estándares basados en el rendimiento que permitan integrar los requisitos de durabilidad, las condiciones de exposición marina, las vías de degradación y los indicadores de seguridad medioambiental en marcos de certificación coherentes. La colaboración con los comités técnicos de la ISO dedicados a los plásticos, los ensayos en el medio marino y los artes de pesca contribuiría al desarrollo de metodologías específicas para cada aplicación, en lugar de basarse exclusivamente en criterios genéricos basados en pruebas con finas películas.

Las organizaciones regionales y continentales también desempeñan un papel importante en la configuración de los marcos de estandarización emergentes. La colaboración con organismos como ASTM International, ANSI, ECOS Europa y África, y las oficinas nacionales de normalización puede contribuir a garantizar que la integridad medioambiental, la transparencia, la credibilidad científica y las consideraciones prácticas relacionadas con la pesca queden integradas en los futuros sistemas de certificación.

La ausencia de estándares armonizados internacionalmente impone una carga desproporcionada sobre las economías en desarrollo, que pueden tener dificultades para adaptarse a requisitos normativos fragmentados o inconsistentes, lo que puede afectar al acceso a los mercados y a la participación en cadenas de valor pesqueras sostenibles emergentes. Es, por tanto, esencial que las normas y regulaciones se desarrollen de manera inclusiva, en consulta con los países en desarrollo, garantizando que los productores reciban apoyo mediante asistencia técnica, desarrollo de capacidades, transferencia de tecnología y mecanismos de financiación adecuados. Sin ese apoyo, los marcos normativos emergentes corren el riesgo de excluir involuntariamente a los productores de las economías en desarrollo de la participación en los mercados mundiales de la pesca y la acuicultura.

## **6. Artes de Pesca Biodegradables de Catchgreen: Desarrollo de Productos, Rendimiento y Validación Científica**

Catchgreen desarrolla artes de pesca biodegradables y componentes marinos en tamaños y configuraciones personalizadas para aplicaciones pesqueras y de acuicultura. Los productos incluyen cabos de distintos diámetros y capacidades de carga, hilos y líneas trenzadas, esteras no tejidas y materiales tipo tela de sombreado, y apéndices de atracción diseñados específicamente para aplicaciones en DCP. Los materiales pueden producirse con o sin estabilizadores UV, según la vida útil requerida y el perfil de exposición ambiental. Cuando se utilizan estabilizadores, Catchgreen prioriza los aditivos biodegradables certificados para minimizar el impacto ambiental y evitar la introducción de contaminantes persistentes en los entornos marinos.

En las aplicaciones de DCP, los materiales biodegradables pueden utilizarse en apéndices colgantes, banderines, paneles, cabos y componentes no enmallantes. Catchgreen ya ha pilotado materiales biodegradables en colaboración con Dsolve y SINTEF (la Fundación para la Investigación Industrial y Técnica del Instituto Noruego de Tecnología) en diversas aplicaciones pesqueras, incluyendo ensayos de nasas de cangrejo y langosta en Sudáfrica.

En contextos de acuicultura, los cabos a base de PBS también se han pilotado en sistemas de cultivo de algas marinas y en redes de enmalle modificadas por el Instituto de Investigación Pesquera de Kenia.

Las observaciones de campo indican que los cabos a base de PBS pueden permanecer completamente funcionales entre dos y cinco años en condiciones operativas, dependiendo de la exposición ambiental, el diseño del producto y las especificaciones de despliegue. El objetivo de diseño no es, por tanto, la degradación inmediata, sino la durabilidad controlada: los productos están diseñados para mantener la integridad estructural durante el uso operativo, reduciendo al mismo tiempo la persistencia a largo plazo si se pierden o abandonan en el entorno marino.

Este principio de durabilidad controlada concuerda con el concepto más amplio de «degradación programada», cada vez más presente en la literatura sobre pesca, según el cual los materiales se diseñan intencionadamente para mantener un rendimiento operativo suficiente durante su uso activo, al tiempo que pierden progresivamente su funcionalidad tras una exposición ambiental prolongada o su pérdida en el mar. La selección de materiales, el diámetro del hilo, la estructura del trenzado, la configuración de los nudos, la geometría de la malla y la exposición hidrodinámica influyen conjuntamente tanto en el rendimiento operativo como en el comportamiento de degradación tras la pérdida (Pagnotta, 2025).

Para comprender mejor el comportamiento de degradación y las características de rendimiento a largo plazo, cuatro grados diferentes de PBS de Catchgreen están siendo evaluados científicamente por SINTEF en Noruega. El programa de investigación aplica múltiples herramientas analíticas, incluyendo análisis respirométrico, pirólisis GC-MS por desorción térmica (TD/pyrGC-MS), microscopía electrónica de barrido (MEB) y microscopía óptica, calorimetría diferencial de barrido (DSC), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), potencialmente espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS), pruebas de tracción mecánica y análisis de la composición de comunidades microbianas mediante secuenciación de amplicones del ARNr 16S.

El proyecto lleva aproximadamente 36 meses en curso y aún no se dispone de resultados concluyentes para todos los métodos analíticos. Sin embargo, ya se han observado en muestras analizadas en laboratorio pérdidas parciales de material superficial y reducciones mensurables en la resistencia a la tracción. Los resultados de FTIR indican que la degradación en etapa temprana probablemente ocurrió mediante la eliminación de especies de menor peso molecular de la superficie, consistente con la iniciación hidrolítica predicha. Esto se indica por un desplazamiento en los picos carbonilo de  $1715\text{ cm}^{-1}$  a  $1711\text{ cm}^{-1}$  en algunos grados. La rugosidad superficial también ha aumentado en al menos dos muestras.

Estos resultados concuerdan con los estudios coreanos que evalúan los artes de pesca de PBS en condiciones de sedimentos marinos. Kim et al. (2023) observaron de manera similar reducciones progresivas en las propiedades de tracción y el peso molecular durante la biodegradación, al tiempo que identificaron la hidrólisis y la erosión superficial como mecanismos clave de degradación. Su trabajo demostró además que las comunidades microbianas de los sedimentos marinos desempeñan un papel importante en las vías de biodegradación del PBS. Cada vez se reconoce más la importancia de los ensayos en la interfaz con los sedimentos, ya que los artes de pesca perdidos y los apéndices de los

dispositivos de concentración de peces (DCP) se acumulan con frecuencia en el lecho marino, donde las condiciones ambientales difieren sustancialmente de las de la columna de agua abierta. La temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la diversidad microbiana, la salinidad, las condiciones hidrodinámicas y la interacción con los sedimentos pueden influir en el comportamiento de la biodegradación y en la cinética de degradación.

Los análisis de pirolisis GC-MS en curso se están complementando con cuantificación por GC-MS/LC-MS de productos de degradación específicos a lo largo del tiempo (degradación primaria), permitiendo la extrapolación de las tasas de degradación más allá del período de prueba. Al combinar los análisis respirométricos y químicos, es posible evaluar tanto las vías de biodegradación primaria (específicas del componente) como las últimas (conversión a CO<sub>2</sub> y agua). Esta distinción es importante porque la fragmentación física por sí sola no indica necesariamente una verdadera biodegradación. Los plásticos convencionales pueden fragmentarse en partículas cada vez más pequeñas sin perder sus propiedades químicas, lo que contribuye a la acumulación persistente de microplásticos en los ecosistemas marinos. Por el contrario, la verdadera biodegradación implica una mineralización microbiana progresiva y una asimilación biológica en dióxido de carbono, agua, biomasa y compuestos naturales.

El debate científico y normativo general se está orientando cada vez más hacia marcos de evaluación integrados de «tres niveles» que combinan ensayos de biodegradación en laboratorio, simulaciones ambientales en mesocosmos o tanques, y validación sobre el terreno en condiciones reales de exposición marina (GO!PHA, 2026). Estos enfoques son especialmente relevantes para las aplicaciones pesqueras, ya que permiten evaluar simultáneamente el rendimiento operativo, la persistencia ambiental, la ecotoxicidad y el comportamiento de degradación en condiciones de uso realistas. También existe un reconocimiento cada vez mayor de que las evaluaciones de biodegradabilidad deben tener en cuenta la formulación completa del producto y no solo la resina polimérica base, ya que los aditivos, pigmentos, estabilizadores, recubrimientos y productos intermedios de degradación pueden influir en los resultados de seguridad ambiental.

Basado en estas pruebas de biodegradabilidad, junto con el conjunto de conocimientos científicos existentes sobre el comportamiento del PBS en entornos marinos, es posible concluir que los materiales a base de PBS de Catchgreen demuestran características consistentes con la biodegradabilidad marina. La evidencia disponible indica que los materiales sufren una degradación hidrolítica y microbiana progresiva en condiciones marinas, en lugar de persistir únicamente mediante la fragmentación física. Aunque sigue siendo importante llevar a cabo más validaciones sobre el terreno a largo plazo y desarrollar normas armonizadas, los resultados actuales proporcionan una sólida base científica que respalda la idoneidad de estos materiales para ensayos piloto controlados en la pesca, la acuicultura y con los DCP.

## **7. Enfoques de Diseño Integrado para Artes de Pesca Biodegradables**

El desarrollo de artes de pesca biodegradables requiere cada vez más un enfoque de ingeniería integrado basado en sistemas, más que una simple sustitución de plásticos convencionales por polímeros biodegradables. El rendimiento operativo, el comportamiento ambiental y las vías de degradación están influenciados no solo por la química del polímero, sino también por la geometría del producto, la estructura del hilo, la

configuración de la malla, el diseño de los nudos, la arquitectura del trenzado, la carga hidrodinámica y las condiciones de exposición ambiental (Pagnotta, 2025). Por tanto, los sistemas de pesca biodegradables deben diseñarse como sistemas funcionales completos en los que las propiedades del material y la ingeniería estructural se optimicen simultáneamente.

Este enfoque es especialmente importante para las aplicaciones pesqueras y de DCP, ya que los artes marinos están expuestos a condiciones operativas complejas y muy variables, incluyendo carga de tracción, abrasión, radiación UV, bioincrustación, estrés hidrodinámico y deformación mecánica repetida. El rendimiento del producto depende, por tanto, de la interacción entre la composición del polímero y el diseño de ingeniería. Parámetros como el diámetro del hilo, la cristalinidad, la orientación de la malla, la firmeza de los nudos, la estructura del filamento y la composición de la mezcla pueden influir significativamente en la resistencia a la tracción, la flexibilidad, las características de resistencia al arrastre, la vida útil y el comportamiento frente a la degradación en condiciones de exposición marina (Park et al., 2017; An et al., 2022; Bae et al., 2023).

A diferencia de los plásticos convencionales derivados del petróleo, que están optimizados principalmente para ofrecer la máxima durabilidad y persistencia, los materiales de pesca biodegradables deben encontrar un equilibrio entre la fiabilidad operativa y una degradación controlada al final de su vida útil. Esto ha llevado a un uso cada vez mayor del concepto de «degradación programada», según el cual los materiales se diseñan intencionadamente para mantener un rendimiento suficiente durante su uso activo, al tiempo que pierden progresivamente su integridad estructural tras una exposición ambiental prolongada o su pérdida en el mar. Lograr este equilibrio requiere una optimización cuidadosa de la formulación del polímero, las condiciones de procesamiento, la selección de estabilizadores y el diseño del producto de acuerdo con la pesquería prevista y el entorno de uso.

El comportamiento hidrodinámico es también una consideración importante en el diseño de artes de pesca biodegradables. Las fuerzas de arrastre, el flujo de agua, la interacción con los sedimentos y la fatiga mecánica pueden influir tanto en el rendimiento operativo como en la cinética de degradación a lo largo del tiempo. Para los apéndices de DCP y las estructuras no enmallantes, la flexibilidad, la flotabilidad, la densidad y la resistencia a la abrasión pueden afectar al comportamiento durante el despliegue y la interacción ambiental a largo plazo. Dado que los materiales a base de PBS son más densos que el agua de mar, los componentes perdidos pueden hundirse e interactuar más directamente con las comunidades microbianas asociadas a los sedimentos, lo que podría influir en las vías de degradación posteriores a la pérdida.

Los estudios de ingeniería apoyan cada vez más el uso del modelado numérico, la simulación en laboratorio, las pruebas en tanque y la validación en campo como herramientas complementarias para optimizar los sistemas de pesca biodegradables (Kim et al., 2021; Bae et al., 2023). El modelado numérico e hidrodinámico puede ayudar a predecir la distribución de tensiones, el comportamiento de deformación y la vida útil operativa en diferentes condiciones de despliegue, mientras que las pruebas de laboratorio y en mesocosmos proporcionan información sobre las vías de degradación y la respuesta del material bajo exposición ambiental controlada. Sin embargo, los despliegues piloto en el

mundo real siguen siendo esenciales, ya que la variabilidad del entorno marino no puede reproducirse completamente en condiciones de laboratorio.

Esta filosofía de diseño integrado reviste especial importancia para los futuros sistemas de DCP biodegradables, en los que el rendimiento medioambiental no solo depende de si los materiales se biodegradan, sino también de cómo se comportan los productos durante su uso, tras su pérdida y durante su interacción a largo plazo con los ecosistemas marinos. Por lo tanto, los sistemas de pesca biodegradables eficaces deben evaluarse a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, incluyendo la funcionalidad operativa, el rendimiento de captura, la durabilidad, el comportamiento de degradación, la interacción con los sedimentos, la seguridad ecotoxicológica y la persistencia medioambiental tras su pérdida.

## **8. Desarrollo de Estándares, Validación Científica y Evidencia Basada en Pilotos**

Building on the integrated design principles discussed above, standards development for biodegradable fishing gear increasingly requires assessment systems capable of evaluating both operational performance and environmental behaviour under realistic marine conditions.

Aunque la necesidad de estándares armonizados para materiales de pesca biodegradables es ampliamente reconocida, persisten importantes lagunas normativas y metodológicas. Las normas de biodegradación marina existentes, desarrolladas por organizaciones como ASTM, ISO y la NOAA, fueron concebidas principalmente para películas delgadas y materiales de envasado evaluados en condiciones de laboratorio controladas. Si bien estas metodologías constituyen importantes herramientas de evaluación para determinar el potencial de biodegradación, no tienen debidamente en cuenta las realidades operativas asociadas a los productos pesqueros duraderos, como cuerdas, hilos trenzados, redes de pesca y accesorios estructurales de los DCP, que están expuestos a un uso prolongado en el mar, cargas mecánicas, abrasión, exposición a los rayos UV y tensiones hidrodinámicas.

Las metodologías respirométricas utilizadas en normas como ASTM D6691-09, ASTM D7473-12, ISO 18830, ISO 19679 y ASTM D7991-15 evalúan la conversión biológica de los plásticos en dióxido de carbono en condiciones aeróbicas controladas. Estos métodos son valiosos para comprender las vías de degradación y el potencial de mineralización, pero la interpretación se vuelve más compleja en el caso de productos marinos gruesos y duraderos expuestos durante largos periodos, especialmente cuando la respiración de la biopelícula y los procesos de degradación heterogénea se producen simultáneamente. Por lo tanto, las normas existentes proporcionan una importante perspectiva mecánica, pero siguen siendo insuficientes como marcos de certificación independientes para aplicaciones pesqueras de larga duración diseñadas intencionadamente para una durabilidad controlada en lugar de una desintegración rápida.

La certificación «OK Marine Biodegradable» de TÜV Austria representa actualmente una de las etiquetas de biodegradabilidad marina más reconocidas a nivel internacional. Sin embargo, el marco de certificación fue desarrollado principalmente para materiales relativamente delgados y aplicaciones de un solo uso, en lugar de para productos que deben

mantener la integridad estructural durante un despliegue marino prolongado. En consecuencia, si bien la certificación TÜV Marine constituye un importante punto de referencia para la evaluación de la biodegradabilidad marina, aún no representa una vía de validación completa para artes de pesca duraderos, cabos, infraestructuras de acuicultura o de los DCP.

Un desafío adicional es que la biodegradabilidad marina no puede tratarse como una propiedad material universal única. La comprensión científica reconoce cada vez más que la biodegradación es altamente específica del hábitat y está influenciada por variables ambientales como la temperatura, la disponibilidad de oxígeno, la salinidad, la diversidad microbiana, la interacción con sedimentos, la exposición UV y las condiciones hidrodinámicas (GO!PHA, 2026). Un material que se biodegrada eficazmente en aguas costeras cálidas y poco profundas puede comportarse de manera muy diferente en entornos de aguas profundas y frías. Esta distinción es especialmente importante para las aplicaciones pesqueras, porque los artes de pesca perdidos y los apéndices de los DCP pueden transitar entre múltiples hábitats marinos a lo largo de su ciclo de vida operativo y posterior a la pérdida.

La interfaz agua marina-sedimento es especialmente relevante en este contexto, ya que los artes de pesca perdidos y los componentes de los DCP se acumulan frecuentemente en el lecho marino, donde los entornos de sedimentos biológicamente activos pueden facilitar los procesos de degradación de manera diferente a la columna de agua abierta. Como resultado, los umbrales de biodegradación derivados genéricamente en laboratorio pueden no representar adecuadamente el comportamiento ambiental real en los distintos sistemas marinos.

Los debates sobre estándares avanzan, por tanto, cada vez más hacia marcos de evaluación integrados y basados en el rendimiento, que combinen pruebas de biodegradación en laboratorio, simulaciones ambientales en mesocosmos o tanques, y validación en campo en condiciones reales de exposición marina. Los debates europeos emergentes apoyan la adopción de sistemas de evaluación de biodegradación marina de «3 niveles» que incorporen:

- pruebas de biodegradación en laboratorio bajo condiciones controladas;
- simulaciones ambientales en mesocosmos o tanques;
- validación en campo bajo condiciones reales de exposición marina.

Iniciativas vinculadas a la UE, como el proyecto ANIPH, han propuesto marcos integrados capaces de evaluar simultáneamente la biodegradación, la persistencia, el tiempo de residencia, la ecotoxicidad y el rendimiento operativo en condiciones marinas ambientalmente relevantes (GO!PHA, 2026). Estos enfoques buscan mejorar la reproducibilidad superando algunas de las limitaciones asociadas a las metodologías de biodegradación exclusivamente de laboratorio.

La literatura científica también subraya cada vez más que la evaluación de la biodegradabilidad debe considerar la formulación completa del producto y no solo la resina base del polímero. Los aditivos, pigmentos, estabilizadores, recubrimientos, plastificantes, compatibilizantes y los intermedios de degradación pueden influir en los resultados de

seguridad ambiental y, por tanto, requieren una evaluación ecotoxicológica integrada junto con las pruebas de mineralización (Zimmermann et al., 2020; GO!PHA, 2026).

Para las aplicaciones pesqueras y de acuicultura, el desafío no reside simplemente en si un material se biodegrada, sino en si puede mantener un rendimiento operativo suficiente durante su uso, al tiempo que reduce la persistencia ambiental a largo plazo tras su pérdida. Los materiales utilizados en artes de pesca y sistemas de DCP deben, por tanto, equilibrar el rendimiento a la tracción, la resistencia a la abrasión, la flexibilidad, el comportamiento hidrodinámico, la estabilidad UV y las vías de degradación controlada, dentro del contexto de las condiciones específicas de despliegue. Esto refleja la transición más amplia hacia un enfoque de «seguridad y sostenibilidad por diseño» para los plásticos de pesca.

Los experimentos piloto específicos para cada aplicación son, en consecuencia, esenciales para evaluar la idoneidad en el mundo real de los materiales de pesca biodegradables. Los programas piloto controlados permiten evaluar simultáneamente la durabilidad operativa, el rendimiento de captura, la interacción ambiental, el comportamiento de degradación y los resultados posteriores a la pérdida en condiciones de exposición realistas. Dichos pilotos pueden evaluar la integridad a la tracción durante el uso, la resistencia a la abrasión, el comportamiento de hundimiento, el riesgo de pesca fantasma, la interacción con los sedimentos y la transformación a largo plazo del material en entornos marinos reales, en lugar de depender exclusivamente de la simulación en laboratorio.

Los experimentos piloto también generan el tipo de evidencia necesaria para el futuro desarrollo de estándares y la armonización regulatoria. Las observaciones en el mundo real pueden contribuir a definir criterios de rendimiento que establezcan una durabilidad aceptable durante el uso operativo, junto con una reducción mensurable de la persistencia tras la pérdida o el abandono. Estas formas de evidencia son especialmente relevantes para los debates de las OROP sobre la sustitución de materiales en los DCP, donde los reguladores exigen demostrar que los materiales alternativos son tanto funcionalmente efectivos como ambientalmente preferibles en comparación con los plásticos convencionales.

Catchgreen ha desarrollado, por tanto, un modelo estructurado para el despliegue piloto en múltiples emplazamientos de apéndices de DCP a base de PBS junto con componentes convencionales de HDPE, en distintos entornos marinos. Estos pilotos están diseñados para monitorear el rendimiento mecánico, el manejo operativo, los resultados de captura, el estado del material, el comportamiento de degradación y la interacción ambiental posterior a la pérdida durante períodos de despliegue prolongados.

Es importante destacar que estos pilotos no tienen como objetivo demostrar que el PBS es universal o rápidamente biodegradable en todas las condiciones marinas. Más bien, el objetivo es determinar si la sustitución de materiales sintéticos altamente persistentes por alternativas a base de PBS puede mantener el rendimiento pesquero, reduciendo al mismo tiempo de manera mensurable la persistencia ambiental a largo plazo y el impacto ecológico asociado a los componentes de DCP perdidos o abandonados.

El objetivo general es, por tanto, la sustitución basada en evidencias: mantener la efectividad operativa mientras se reduce el daño ambiental a largo plazo en relación con los plásticos convencionales. Los datos generados a través de estos programas piloto serán

importantes para informar el diálogo regulatorio, apoyar el futuro desarrollo de normas, orientar la optimización de productos y permitir afirmaciones ambientales científicamente sólidas alineadas con las mejores prácticas internacionales emergentes.

## Referencias

An, Y. J., et al. (2022). *Marine biodegradable polymers and their application in sustainable fishing gear systems*. *Polymers*, 14(18), 3815.

Bae, J. S., Kim, S. K., & Lee, W. I. (2023). *Engineering considerations for biodegradable fishing net systems under marine conditions*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 26(4), 211–225.

Bilkovic, D. M., Havens, K., Stanhope, D., & Angstadt, K. (2012). *Derelict fishing gear in Chesapeake Bay, Virginia: Spatial patterns and implications for marine fauna*. *Marine Pollution Bulletin*, 64(8), 1731–1739.

Brakstad, O. G., et al. (2022). *Mechanical deterioration and biodegradation behaviour of biodegradable fishing gear materials during long-term seawater exposure*. SINTEF Ocean Technical Report.

Dilkes-Hoffman, L. S., Pratt, S., Lant, P. A., & Laycock, B. (2019). *The role of biodegradable plastic in solving plastic solid waste accumulation*. In *Plastics to Energy* (pp. 469–505). Elsevier.

GO!PHA (2026). *The Science of Marine Biodegradation: A Scientific Foundation for Harmonised EU Marine Biodegradation Standards*.

Grimaldo, E., Herrmann, B., Su, B., et al. (2018). *Comparison of fishing efficiency and physical properties of biodegradable and nylon gillnets*. *Fisheries Research*, 207, 164–174.

Grimaldo, E., Larsen, R. B., Sistiaga, M., et al. (2019). *Physical properties and catch efficiency of biodegradable PBSAT gillnets compared with conventional nylon gillnets*. *PLOS ONE*, 14(9), e0222670.

Imzilen, T., Lett, C., Chassot, E., et al. (2022). *Drifting fish aggregating devices (dFADs): Deployment, beaching, and environmental impacts in tropical tuna fisheries*. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32, 881–906.

Kim, H. J., et al. (2023). *Biodegradation characteristics of polybutylene succinate fishing gear in marine sediment environments under ISO 19679 conditions*. *Journal of Hazardous Materials*, 452, 131307.

Kim, S. K., Lee, W. I., & Bae, J. S. (2021). *Development trends of biodegradable fishing gear materials for reduction of marine plastic pollution*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(6), 312–326.

Lott, C., Eich, A., Unger, B., Makarow, D., Battagliarin, G., Schlegel, K., Lasut, M.T., Weber, M., (2020a). *Field and mesocosm methods to test biodegradable plastic film under marine conditions*. *PLoS ONE* 15, e0236579.

- Nishida, H., & Tokiwa, Y. (1993). *Distribution of poly( $\beta$ -hydroxybutyrate) and poly( $\epsilon$ -caprolactone) aerobic degrading microorganisms in different environments*. *Journal of Environmental Polymer Degradation*, 1, 227–233.
- Pagnotta, L. (2025). *Sustainable Netting Materials for Marine and Agricultural Applications: A Perspective on Polymeric and Composite Developments*. *Polymers* 17, 1454
- Park, S. W., Kim, S. H., & Choi, H. S. (2017). *Mechanical performance and degradation behaviour of biodegradable PBS fishing nets under marine exposure conditions*. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(45), 45482.
- Richardson, K., Hardesty, B. D., & Wilcox, C. (2022). *Estimates of fishing gear loss rates at sea: A meta-analysis*. *Fish and Fisheries*, 23(2), 417–434.
- SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies). (2020). *Biodegradability of plastics in the open environment*. Berlin: SAPEA.
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). *Biodegradability of plastics*. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3722–3742.