



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

TICS BONITO



FV0.3

INFORME DE COMPILACIÓN DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

Acrónimo del proyecto:	TICS BONITO
Título del proyecto	Tecnologías inteligentes para la pesca sostenible del bonito
Fecha de inicio de proyecto:	21/07/2024
Duración (meses):	19
Identificador de la convocatoria:	Convocatoria 2023 Programa Pleamar
Fecha de entrega planificada:	Mes 19
Fecha de entrega definitiva:	21-02-2026
Responsable:	UVIGO
Estado:	Emitido

ESTE PROYECTO SE DESARROLLA CON LA COLABORACIÓN DE LA FUNDACIÓN BIODIVERSIDAD DEL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO, A TRAVÉS DEL PROGRAMA PLEAMAR, Y SE COFINANCIA POR LA UNIÓN EUROPEA POR EL FEMPA (FONDO EUROPEO MARÍTIMO, DE PESCA Y DE ACUICULTURA).



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

Histórico de versiones

Revisión	Fecha	Descripción
1	01/02/2026	Primer borrador
2	21/02/2026	Emitido

Contribuyentes del informe

Nombre	Nombre de la entidad	Detalles de la contribución
Julio Garrido Campos	Universidad de Vigo	Redacción del informe
Diego Silva Muñiz	Universidad de Vigo	Redacción del informe
Blanca Lekube	Leartiker S. Coop.	Redacción del informe
Pablo Larreategi	Leartiker S. Coop.	Redacción del informe

ESTA PUBLICACIÓN SE PRODUCE ENMARCADE DENTRO DE UN PROYECTO COFINANCIADO POR EL FONDO EUROPEO MARÍTIMO, DE PESCA Y DE ACUICULTURA.

LAS OPINIONES Y DOCUMENTACIÓN APORTADAS EN ESTA PUBLICACIÓN SON DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR O AUTORES DE LA MISMA, Y NO REFLEJAN NECESARIAMENTE LOS PUNTOS DE VISTA DE LAS ENTIDADES QUE APOYAN ECONÓMICAMENTE EL PROYECTO.

TICS BONITO





Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



GOBIERNO
DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

UniversidadeVigo

TABLA DE CONTENIDO

1	Resumen ejecutivo	3
2	Antecedentes	4
3	Compilación de publicaciones científicas	5
4	Conclusiones	13





Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



MEMBER OF BASQUE RESEARCH
& TECHNOLOGY ALLIANCE

Universidade de Vigo

1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento recopila las publicaciones científicas vinculadas al proyecto TICS BONITO. Su objetivo es dejar constancia de la producción científica generada durante la ejecución del proyecto o directamente relacionada con sus resultados, facilitando la trazabilidad de dichas contribuciones y su alineación con los objetivos técnicos y de difusión del proyecto.

El informe se ha estructurado como una compilación ordenada de referencias bibliográficas, acompañadas de una breve descripción de su contenido, su estado de publicación y su relación con las líneas de trabajo desarrolladas.

Este informe forma parte de actividad “A0 Plan de comunicación” y específicamente en la subactividad “A0.5 Publicaciones en revistas científicas”.

2 ANTECEDENTES

El proyecto TICS-BONITO aborda la innovación tecnológica en la pesca del bonito para garantizar unas artes de pesca sostenibles y respetuosas con la propia especie y el medio ambiente en general, a través de mejoras tecnológicas en los procesos de pesca que redunden en su eficiencia.

La pesca del bonito se realiza mediante diferentes procedimientos: algunos de ellos llevados a cabo en embarcaciones más pequeñas a lo largo de la costa con el arte de la costera, hasta las más intensivas que se realizan en los caladeros de todo el mundo. Hoy en día, la sostenibilidad es una máxima que las armadoras tienen y han de tener entre sus prioridades. En este sentido, el proyecto se articula alrededor de dos artes de pesca del bonito: la pesca costera de bonito y la pesca de altura de cerco.

El presente documento constituye el Entregable FV0.4 **INFORME DE COMPILACIÓN DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS** en el marco del Proyecto TICS BONITO tal como se describe en la memoria aprobada de descripción de las acciones, calendario de ejecución y resultados que se obtendrán.

Este informe forma parte de actividad “A0 Plan de comunicación” y específicamente en la subactividad “A0.5 Publicaciones en revistas científicas”. En este se incluye la producción científica derivada de los resultados obtenidos, tanto en el ámbito de la pesca costera como en el de la pesca de altura.



Ilustración 1. Marco general de actividades del proyecto.

3 COMPILACIÓN DE PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

En este apartado se recopilan las publicaciones científicas vinculadas al proyecto TICS BONITO. Para cada una de ellas se incluye una tabla con información detallada como: el tipo de publicación, título, autores, año de publicación, su estado, una breve descripción y la relación con las líneas de trabajo desarrolladas.

Nº	1
Tipo	Conferencia nacional (presentación)
Título	Tecnologías Inteligentes para la Pesca Sostenible del Bonito: Proyecto TICS-BONITO
Autores	Josue Rivera-Andrade, Enrique Riveiro, Diego Silva-Muñiz, Pablo Larreategi, Blanca Lekube y Julio Garrido
Año	2025
Medio	XLVI Jornadas de Automática
Estado	Realizada
Relación con TICS BONITO	La publicación presenta de forma general los objetivos y las dos líneas principales de trabajo del proyecto: el desarrollo de los soportes para la pesca costera y el desarrollo de DCP/FAD biodegradables para la pesca de altura. Se centra en los resultados de la actividad A2 y A3.
Evidencia	Ilustración 2

Nº	2
Tipo	Artículo en revista científica
Título	Tecnologías Inteligentes para la Pesca Sostenible del Bonito: Proyecto TICS-BONITO
Autores	Josue Rivera-Andrade, Enrique Riveiro, Diego Silva-Muñiz, Pablo Larreategi, Blanca Lekube y Julio Garrido
Año	2025
Medio	Jornadas de Automática (ISSN 3045-4093)
Estado	Publicado
Relación con TICS BONITO	La publicación presenta de forma general los objetivos y las dos líneas principales de trabajo del proyecto: el desarrollo de los soportes para la pesca costera y el desarrollo de DCP/FAD biodegradables para la pesca de altura. Se centra en los resultados de la actividad A2 y A3.
Evidencia	https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12202 Ilustración 3



Nº	3
Tipo	Artículo en revista científica
Título	Diseño, simulación y validación de prototipo de sistema automatizado para la pesca sostenible de túnidos con caña y cebo vivo.
Autores	Enrique Riveiro Fernández, Uxía Pérez García, Paula Gil Vicente, Diego Silva Muñiz, Julio Garrido Campos
Año	2026
Medio	Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial
Estado	En preparación
Relación con TICS BONITO	Se centra en los resultados de la actividad A5, A6 y A7.
Evidencia	Ilustración 4

Nº	4
Tipo	Conferencia internacional
Título	TICS-BONITO project: Smart technologies for sustainable fishing of tuna
Autores	Blanca Lekube y Julio Garrido
Año	2024
Medio	5th International Conference on Bio-based Polymers and Composites (BiPoCo 2024)
Estado	Publicado
Relación con TICS BONITO	La publicación presenta de forma general los objetivos y las dos líneas principales de trabajo del proyecto: el desarrollo de los soportes para la pesca costera y el desarrollo de DCP/FAD biodegradables para la pesca de altura. Se centra en la actividad A2.
Evidencia	Ilustración 5

Nº	5
Tipo	Conferencia internacional
Título	Marine Biodegradation of Polyhydroxyalkanoate-Based Materials: Long-Term Mechanical and Mass Loss Assessment under Controlled Sea-water Conditions



Autores	Blanca Lekube, Alexandrina Bleah, Pablo Larreategi, Maider Iturrondobeitia, Julen Ibarretxe
Año	2026
Medio	6th International Conference on Bio-based Polymers and Composites (BiPoCo 2026)
Estado	En preparación / Envío
Relación con TICS BONITO	La publicación presenta el análisis de biodegradación de diferentes materiales biobasados en condiciones controladas en el mar. Expone el seguimiento llevado a cabo durante aproximadamente un año de las propiedades mecánicas y el peso de probetas de diferentes materiales potenciales a ser utilizados en el dispositivo DCP/FAD biodegradables para la pesca de altura. Se centra en la actividad A2.
Evidencia	Ilustración 6

Nº	6
Tipo	Conferencia nacional
Título	Control y detección de picada en carrete automatizado para bonito
Autores	Paula Gil Vicente, Uxía Pérez García, Enrique Riveiro, Diego Silva Muñiz, Julio Garrido Campos
Año	2026
Medio	XLVII Jornadas de Automática
Estado	En preparación / Envío
Relación con TICS BONITO	Esta publicación presenta el desarrollo de un carrete automatizado para la pesca del bonito. El sistema reproduce de forma automática las maniobras de largada y recogida de sedal, incorporando detección de picada a partir del par medido por el propio servomotor, sin necesidad de sensores adicionales. Se centra en los resultados de las actividades A5, A6 y A7.
Evidencia	Ilustración 7



Ilustración 2. Evidencia de la publicación 1.

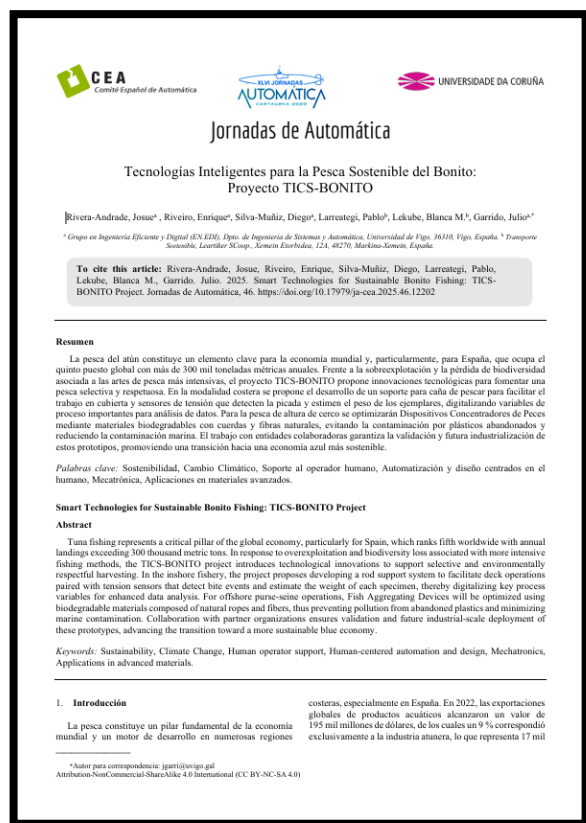


Ilustración 3. Evidencia de la publicación 2.

Diseño, simulación y validación de prototipo de sistema automatizado para la pesca sostenible de túnidos con caña y cebo vivo.

Enrique Riveiro Fernández, Uxia Pérez García, Paula Gil Vicente, Diego Silva Muñiz, Julio Garrido Campos

Resumen

La pesca extractiva ocasiona un impacto significativo sobre los ecosistemas marinos, incluyendo la captura incidental de especies no objetivo, la degradación de los fondos oceánicos y la sobreexplotación de los recursos pesqueros. Frente a esta problemática, métodos tradicionales como la pesca de bonito con caña y cebo vivo constituyen una alternativa sostenible, al permitir una captura altamente selectiva tanto en términos de especie como de talla del ejemplar. Esta modalidad, de carácter artesanal y con una técnica que ha permanecido prácticamente inalterada durante décadas, se encuentra actualmente en declive debido a las exigentes condiciones físicas que impone a los pescadores y a los riesgos laborales asociados. La incorporación de sistemas automatizados en las maniobras de captura se presenta como una vía para preservar las ventajas medioambientales de esta técnica tradicional, a la vez que se mejora la ergonomía y seguridad de los trabajadores.

En el presente artículo se describe el desarrollo integral de un sistema automatizado para este fin. El trabajo abarca desde la simulación dinámica del proceso de pesca en entornos MATLAB/Simulink, hasta el diseño y dimensionamiento de los componentes mecánicos del sistema, incluyendo la construcción de un primer prototipo funcional y su posterior validación experimental en condiciones controladas de laboratorio. Los resultados obtenidos confirman la viabilidad técnica de la propuesta y sientan las bases para futuras pruebas en entornos reales de operación.

Introducción

La pesca del atún es un pilar fundamental en el desarrollo económico de múltiples comunidades costeras. En 2022, las exportaciones globales de productos pesqueros alcanzaron un valor de 195 mil millones de dólares, de los cuales un 9% correspondió exclusivamente a la industria atunera, representando 17 mil millones de dólares (FAO, 2024).

En el sector atunero, España ocupa el quinto puesto global con un volumen de captura superior a las 300 mil toneladas métricas anuales (McKinney, R., Gibbon, J., Wozniak, E., Galland, G. (2022). Netting Billion: 2020. A Global Tuna Valuation. The Pew Charitable Trusts.). Este liderazgo se apoya tanto en su profunda tradición pesquera como en la constante innovación tecnológica que caracteriza al sector.

La pesca del atún ha experimentado una evolución significativa desde sus orígenes como actividad localizada y estacional en comunidades costeras hasta convertirse en una industria globalizada. En la actualidad, independientemente de la técnica de pesca, la sostenibilidad y el respeto a la biodiversidad marina y al resto de especies representan una prioridad para el sector. Esta preocupación ha llevado al impulso de modelos de crecimiento global más sostenible (FAO, 2024).

En este contexto, técnicas como la de caña y cebo vivo adquieren una relevancia especial, al ofrecer un enfoque que combina la eficiencia productiva con prácticas más respetuosas con el ecosistema marino.

Actualmente, este método supone el 7% de las capturas mundiales y más importante en el Atlántico para los desembarques de atún, después de las flotas de cerco y palangre de superficie. En 2024, la pesca con cebo vivo representó el 38% de las capturas totales de atunes blancos (*Thunnus albacunga*) y el 69% de las capturas de atunes listados (*Katsuwonus pelamis*) en el Océano Atlántico [ISSF Technical Report 2025-01], lo que demuestra su relevancia continua en la industria pesquera moderna.

Esta técnica se realiza sobre cubierta, a lo largo de la banda de estribor, usando cañas de fibra de vidrio o de madera, con una longitud variable para la pesca de túnidos de entre 4 y 6 metros.

En el extremo de las cañas va una línea de monofilamento de nylon. Para la captura de ejemplares de bonitos jóvenes (*Thunnus albacunga*), la captura y el izado se realizan manipulando manualmente dichas cañas.

Página 1 | 14

El uso de cebo vivo hace que el banco se mantenga próximo a la embarcación, lo que permite el lance periódico de las cañas, pescando ejemplares de uno a uno. Cada marinerio que manipula una caña está asistido por otro miembro de la tripulación para reducir de ser necesario los esfuerzos en el izado de la captura hasta la superficie y posteriormente a bordo. Durante las maniobras de arriado, tiento del pescado e izado, la persona asignada a la caña debe soportarla por su base con el único auxilio de recipientes de manufactura artesanal para afirmarla a la inglete.

El hecho de que las capturas se realicen una a una hace que esta técnica tenga una selectividad alta, enfocándose casi exclusivamente en especies objetivo de atún. Esto reduce significativamente la pesca accidental (*bycatch*) de especies no objetivo, lo que convierte el método en una de las modalidades más sostenibles desde el punto de vista de la conservación de la biodiversidad marina.

Estado del arte

A pesar de la relevancia socioeconómica y ecológica de la pesca con caña y cebo vivo, su técnica operativa ha permanecido prácticamente inalterada desde su implantación en barcos atuneros. En España, esta modalidad se practica de manera similar a como se hacía a mediados del siglo XX, con escasas modificaciones más allá de la modernización de las embarcaciones, el sistema de detección de cardámenes y aspectos auxiliares como la disposición de viveros o la conservación del cebo (Ferreiros et al., 2009). De este modo, la mecánica de captura sigue dependiendo casi exclusivamente del esfuerzo humano.

La escasa innovación en la técnica hace la ejecución de manera repetitiva de las maniobras de arriado, tiento e izado sigan suponiendo esfuerzos considerables para los marinerios. Diversos estudios señalan los riesgos físicos que implica, desde trastornos musculoesqueléticos hasta otros riesgos de seguridad debido al cansancio acumulado en las maniobras- caídas, golpes contra la estructura, proyección de anzuelos y posturas inestables sobre cubierta mojada (Ferreiros et al., 2009; Ikhan et al., 2023).

En la literatura se reportan intentos de solución de esta problemática mediante el uso de cañas semiautomáticas. El intento más relevante de innovación fue el desarrollado por AZTI-Tecnalia, que en 2009 presentó un prototipo de caña de control automático diseñado para reducir el esfuerzo físico del operario mediante la automatización de las maniobras de izado y arriado. Si bien los resultados demostraron una reducción significativa de los riesgos ergonómicos —disminuyendo los considerados graves en un 71 % y los moderados en un 29 %—, la implementación práctica del sistema encontró importantes limitaciones. El hecho de que los bonitos de la flota española sean multipropósito (Manual ICCAT, 2008) hace poco viable la solución propuesta, en la que las cañas estaban fijas al borde y los motores y componentes eléctricos eran de gran tamaño.

Otra propuesta reportada es el uso de cañas automáticas izadas mediante motores hidráulicos (Lecuona Emazabal, 2015). El problema en este tipo de solución reside en el poco control del movimiento de izado, que puede provocar un aterrizaje agresivo del ejemplar sobre la cubierta, ocasionando golpes y contusiones que deterioran el estado del pez. Este tipo de impacto afecta directamente a la calidad del ejemplar, comprometiendo tanto su apariencia externa como sus propiedades organolépticas (European Commission, 2021). Dado que los clientes y procesadores exigen estándares de frescura y presentación cada vez más elevados, estos daños suponen una reducción del valor comercial del producto y dificultan su aceptación en los mercados más exigentes.

Estas dificultades reflejan una brecha de innovación entre las exigencias ergonómicas actuales y la conservación de las prácticas tradicionales. En consecuencia, la búsqueda de respuestas para esta problemática debe pasar por el desarrollo de soluciones intermedias, capaces de mejorar la seguridad y el confort laboral sin desvirtuar el carácter artesanal de la técnica. Bajo esta línea, el diseño de un soporte semiautomático adaptable y ergonómico surge como una alternativa idónea para optimizar las condiciones de trabajo del pescador y avanzar hacia una pesca más segura, sostenible y tecnológicamente integrada.

TICS BONITO

El proyecto TICS-BONITO aborda la innovación tecnológica en la pesca de túnidos con el objetivo de garantizar artes de pesca sostenibles y respetuosas con la especie objetivo, el resto de las especies y el medio ambiente en general. Para ello, promueve mejoras tecnológicas en los procesos pesqueros que redunden en su eficiencia: eficiencia en la selección de capturas y en la limitación de daños

Página 2 | 14

Ilustración 4. Evidencias de la publicación 3.

TICS-BONITO PROJECT

Smart technologies for sustainable fishing of tuna

Blanca María Lekube¹, Julio Garrido²

¹Leartiker S.Coop, Member of Basque Research & Technology Alliance, 48270 Markina-Xemein, Spain
²School of Industrial Engineering, Universidade de Vigo, 36310 Vigo, Spain



INTRODUCTION

The TICS-BONITO Project focuses on technological innovations to foster sustainability in the tuna fishing industries. There are two main kinds of tuna fishing: coastal fishing, which is made in smaller vessels along the coastline, and the intensive fishing carried out in open waters. Among the diverse fishing gear used in tuna fishing, fish aggregating devices (FAD) are usually floating devices with hanging nets, used to attract fish. It is estimated that around 120.000-150.000 devices are thrown yearly to the seas for fishing, some of them being abandoned without use, with the consequent negative impact on the marine environment and ecosystems. In order to improve sustainability of those devices, the project proposes alternatives that are non-entangling, biodegradable, modular and sensor-equipped, with the aim of protecting marine species from entanglement as well as reducing pollution of the seas.



OBJECTIVES

- Development of a biodegradable material in marine environments based on polyhydroxyalkanoates (PHA) with mechanical resistance to marine current and wave stresses
- Removing entangling objects from FADs, in order to protect marine species
- Designing a FAD based on biodegradable materials with modularity features, aimed at reparability, easy transport and storage in vessels, size adaptability and improved motion
- Developing a monitored and controlled floatability of the device with a sensor system
- Optimizing the manufacturing process of FADs for scalable and cost-efficient fabrication

EXPECTED RESULTS

Among others, one main result of the project will be an eco-designed FAD suitable for industrial manufacturing with innovative functionalities such as modularity, controlled floatability and biodegradability in marine environments. This will benefit marine species by reducing plastic pollution in the seas from abandoned devices thanks to the development of marine biodegradable materials suited for FAD applications. In addition, the new design will allow for non-entangling surfaces that will not pose a threat to marine species. Other specific features such as controlled floatability, modularity and cost-efficient manufacturing will support the necessities of the tuna fishing industry.

FUNDING

"This project is developed with the collaboration of the Biodiversity Foundation of the Ministry for Ecological Transition and the Demographic Challenge, through the Pleamar Programme, and is co-financed by the European Union through the European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund."



TICS-BONITO project: Smart technologies for sustainable fishing of tuna

Blanca María Lekube¹, Julio Garrido²

¹Leartiker S.Coop, Member of Basque Research & Technology Alliance, 48270 Markina-Xemein, Spain
²Automation and System Engineering Department, School of Industrial Engineering, Universidade de Vigo, 36310 Vigo, Spain

Introduction

The TICS-BONITO Project focuses on technological innovations to foster sustainability in the tuna fishing industries. There are two main kinds of tuna fishing: coastal fishing, which is made in smaller vessels along the coastline, and the intensive fishing carried out in open waters. Among the diverse fishing gear used in tuna fishing, fish aggregating devices (FAD) are usually floating devices with hanging nets, used to attract fish. It is estimated that around 120.000-150.000 devices are thrown yearly to the seas for fishing, some of them being abandoned without use, with the consequent negative impact on the marine environment and ecosystems. In order to improve sustainability of those devices, the project proposes alternatives that are non-entangling, biodegradable, modular and sensor-equipped, with the aim of protecting marine species from entanglement as well as reducing pollution of the seas.

Objectives

- Development of a biodegradable material in marine environments based on polyhydroxyalkanoates (PHA) with mechanical resistance to marine current and wave stresses
- Removing entangling objects from FADs
- Designing a FAD based on biodegradable materials with modularity features, aimed at reparability, easy transport and storage in vessels, size adaptability and improved motion
- Developing a monitored and controlled floatability of the device with a sensor system
- Optimizing the manufacturing process of FADs for scalable and cost-efficient fabrication

Expected results

Among others, one main result of the project will be an eco-designed FAD suitable for industrial manufacturing with innovative functionalities such as modularity, controlled floatability and biodegradability in marine environments.

Ilustración 5. Evidencias de la publicación 4.



Cofinanciado por
la Unión Europea



MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondos Europeos



GOBIERNO
DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Universidade de Vigo

Marine Biodegradation of Polyhydroxyalkanoate-Based Materials: Long-Term Mechanical and Mass Loss Assessment under Controlled Seawater Conditions

Blanca María Lekube¹, Alexandrina Bleah¹, Pablo Larreategi¹, Maider Iturrondobetia², Julen Ibarretxe²

¹ Leartiker S.Coop., Member of Basque Research & Technology Alliance, 48270 Markina-Xestiz, Spain

² University of the Basque Country (UPV/EHU), Faculty of Engineering of Bilbao, 48013 Bilbao, Spain
blekub@leartiker.com

Introduction

Polyhydroxyalkanoates (PHAs) are biodegradable biopolymers widely proposed as sustainable alternatives to conventional plastics in marine-related applications. More specifically, large objects called fish aggregating devices (FADs) are used nowadays using conventional materials, however, legislation will only allow the use of biodegradable materials on those devices by the year 2030.

While their biodegradation behavior in marine environments has been reported in terms of mass loss and surface erosion, limited information is available regarding the long-term evolution of their mechanical performance during exposure to real seawater conditions. Understanding the simultaneous degradation of mechanical properties and material mass is essential to accurately assess the functional lifetime and environmental performance of PHA-based materials in the marine environment.

Experimental

Several PHA-based materials were subjected to controlled marine exposure tests over a period of one year. The samples were immersed in natural seawater under controlled conditions, simulating realistic marine environments. Standardized tensile test specimens were periodically extracted to evaluate the evolution of mechanical properties, particularly tensile strength, elongation at break, and elastic modulus. Sampling was carried out at short intervals during the early stages of exposure (15 days and 1 month), followed by longer intervals every 2–3 months throughout the remainder of the study. In parallel, biodegradation was quantitatively assessed by monitoring weight loss over time. The combination of mechanical testing and gravimetric analysis allowed for a comprehensive evaluation of degradation mechanisms and material performance.

Results and conclusions

The results revealed a progressive degradation of the PHA-based materials in the marine environment, characterized by a gradual reduction in mechanical properties and a continuous loss of mass over the exposure period.

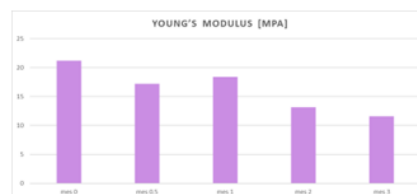


Figure 1 Evolution of the mechanical properties of the foamed PHBH material.

Mechanical performance deterioration was observed to precede significant mass loss, indicating that surface erosion and molecular-level degradation impact material functionality at early stages. Over longer exposure times, substantial weight loss confirmed ongoing biodegradation consistent with surface-driven mechanisms. Differences in degradation rates among the tested materials highlighted the influence of material formulation on marine biodegradation behavior. Overall, the combined analysis of tensile properties and mass loss provided valuable insights into the functional lifetime of PHA-based materials in marine conditions. These findings contribute to a more realistic assessment of the environmental performance of biodegradable polymers and support their informed use in marine and fisheries applications.

Acknowledgement

This work has been developed within the TICS-Bonito project with the collaboration of the Biodiversity Foundation of the Ministry for Ecological Transition and the Demographic Challenge, through the Pleamar Consorcio, and is co-financed by the European Union through the European Maritime, Fisheries and Aquaculture Fund.*

Ilustración 6: Evidencias de la publicación 5.

Jornadas de Automática

Control y detección de picada en carrete automatizado para bonito

Gil-Vicente, P.¹, Pérez-García, U.¹, Riveiro, E.¹, Silva-Muñoz, D.¹, Garrido, J.^{1,2}

¹ Grupo en Ingeniería Eficiente y Digital (EN-ED), Depto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Vigo, 36310, Vigo, España

To cite this article: Gil-Vicente, P., Pérez-García, U., Riveiro, E., Silva-Muñoz, D., Garrido, J. 2026. Paper Title in English. *Jornadas de Automática*, 47. <https://doi.org/>

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de un carrete automatizado para la pesca del bonito con la embarcación parada. El sistema reproduce de forma automática las maniobras de largada y recogida de sedal, incorporando detección de picada a partir del par medido por el propio servomotor, sin necesidad de sensores adicionales. A partir de dicha medida, se calculan consignas de funcionamiento adaptadas a la carga detectada y se implementa una regulación PI en velocidad con supervisión de par, permitiendo ajustar el movimiento del carrete al esfuerzo ejercido por la captura. El ciclo operativo, la lógica de control y el proceso de cálculo de consignas se validaron mediante ensayos experimentales con distintas cargas. Los resultados muestran que el sistema identifica la picada, adapta su respuesta a diferentes esfuerzos y realiza transiciones suaves entre maniobras, constituyendo una solución prometedora para automatizar esta modalidad de pesca.

Palabras clave: Sistemas de control del movimiento, sistemas mecatrónicos, percepción y **sensores**, supervisión de procesos, controladores lógicos programables.

Automated winch for bonito fishing with bite detection

Abstract

This work presents the development of an automated fishing reel for bonito fishing with the vessel stopped. The system automatically performs line release and retrieval maneuvers, incorporating bite detection from the torque measured by the servomotor itself, without requiring additional sensors. Based on this measurement, operating setpoints adapted to the detected load are calculated, and a PI speed controller with torque supervision is implemented, allowing the reel motion to be adjusted to the force exerted by the catch. The operating cycle, control logic, and setpoint calculation process were validated through experimental tests with different loads. Results show that the system detects the bite, adapts its response to varying force conditions, and performs smooth transitions between maneuvers, making it a promising solution for automating this fishing method.

Keywords: Motion Control Systems, Mechatronic systems, Perception and sensing, Process supervision, Programmable logic controllers.

1. Introducción

La caaca o curricán es el método más antiguo utilizado en la pesca del bonito en el mar Cantábrico, con referencias a su uso en el golfo de Vizcaya que se remontan al siglo XVI [1]. En Euzkadi, la pesca de tímidos con esta técnica alcanzó su madurez y su mayor extensión durante el último tercio del siglo XIX.

Para ello se empleaban traineras de seis u ocho remos, en cuyo centro se colocaba un palo que actuaba como mástil. Cuando soplab el viento, se amarraba una vela para aprovechar su impulso y facilitar el desplazamiento de la embarcación. Mediante esta técnica se capturaban principalmente bonitos y cimarrones (atún rojo) [1]. Este método de pesca se realiza mediante unas varas largas que sobresalen de los laterales de la embarcación, dispuestas

a modo de percha y denominadas **espoletas**, y otras más cortas situadas en la proa, denominadas **tangones**. Sobre estas varas se colocan unas anillas por las que se hacen pasar los aparejos de pesca, compuestos antiguamente por sedal y anzuelo.

Con la introducción del barco de vapor y otras mejoras tecnológicas, como el nylon o el carrete hidráulico, este método experimentó una completa transformación. Las nuevas embarcaciones permitieron alejarse de la costa y salir en busca de los cardámenes, en lugar de esperar a que se aproximaran al litoral, llegando a fondear en aguas de las Azores e Irlanda. En cuanto al carrete hidráulico, incrementó notablemente la eficacia de la pesca, ya que permitía a un solo tripulante manejar hasta 3 aparejos simultáneamente. Además, redujo el esfuerzo físico realizado por los pescadores, pues este dispositivo pasó a encargarse de izar la mayor parte de la carga durante el proceso de captura.

En cuanto al proceso de pesca, una vez localizado el banco de bonito y largados los curricanes, la embarcación navega de forma constante en las proximidades del banco, arrastrando los anzuelos cebados en el agua. Este movimiento imita el desplazamiento de pequeñas presas, haciendo que el bonito se vea tentado a su captura [3]. Además, los señuelos pueden arrastrarse a diferentes niveles de profundidad, lo que permite distinguir entre caaca de superficie, caaca de medio fondo o caaca de fondo.

No obstante, esta técnica ha caído en desuso, ya que el desplazamiento de la embarcación implica un mayor consumo de combustible frente a otras técnicas practicadas con el barco en reposo, como la pesca de caña y cebo vivo [2].

No obstante, dados los objetivos destinados a promover el desarrollo sostenible establecidos en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas [4], este dispositivo se plantea como una solución automatizada para su uso con la embarcación parada.

Por lo tanto, esta propuesta pretende adaptar los **haladores** empleados en la técnica de caaca, combinando la secuencia de operaciones ejecutadas en este método con la maniobra realizada en la pesca al bolentino o **jizging**, que consiste en descender verticalmente el cebo en las proximidades del banco y, a continuación, realizar movimientos cortos de subida y bajada mediante la recogida y largada del sedal.

2. Proceso de pesca

El ciclo que realiza el carrete se basa en la secuencia de operaciones desempeñadas por los pescadores en este arte de pesca [5], al igual que sucede en la automatización de **haladores** en otras modalidades, como la pesca del verdel [2].

2.1. Ciclo operativo

El ciclo operativo del dispositivo se divide en 8 fases claramente diferenciadas.

El carrete permanece en estado de reposo hasta que se inicia el ciclo, mediante el accionamiento de un pulsador. A partir de ese momento, el **halador** ejecuta el proceso de forma automática, permitiendo al pescador desatenderlo y dedicarse a otras tareas.

Paula Gil Vicente et al. / *Jornadas de Automática*, 47 (2026)

En la fase inicial, la bobina larga sedal hasta que este alcanza la superficie del mar, ya que el anzuelo se encuentra elevado debido a la configuración del tangón o **espoleta** [1]. La altura a la que se encuentra el anzuelo, respecto de la superficie del mar, se mide y se registra al instalar el dispositivo a bordo, moviendo manualmente la bobina. De esta manera, se conocerá de forma aproximada el punto en el que el anzuelo toca el agua.

A continuación, se mide el par en vacío, operación que también se denomina cálculo del offset. Cuando el carrete gira, se registra un par distinto de cero provocado por las oscilaciones en el extremo de la línea. Es necesario medir y almacenar este valor, de forma que cuando se produzca la picada del pez sea posible calcular la fuerza ejercida por el mismo. Además, el par en vacío varía en función del sentido de giro del motor; es decir, no presenta el mismo valor cuando se larga que cuando se recoge el sedal. Por este motivo, se mide y se registra de forma independiente en cada una de estas maniobras.

Tras este breve periodo de ajuste, el dispositivo inicia el largado y la recogida de sedal de forma consecutiva, dentro de los márgenes de profundidad previamente configurados.

Como este dispositivo pretende operar con la embarcación parada, el sedal se larga y se recoge verticalmente, dentro del rango de profundidad en el que habita el banco de la especie objetivo. De esta forma, las longitudes máxima y mínima de sedal largado se estiman a partir de la experiencia de los pescadores y pueden reajustarse en función de las necesidades de cada momento.

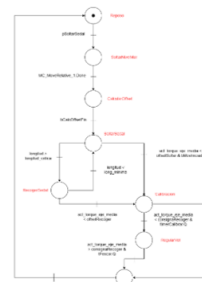


Figura 2. Red de Petri del proceso

Las maniobras de largado y recogida de sedal se repiten hasta que se registra carga en el extremo de la línea; momento en el cual se detecta una picada. Cuando un ejemplar muerde el anzuelo, el dispositivo mide el par que se ejerce sobre la línea. Con esta medida, se calculan las consignas de largado y recogida, con las cuales se regula la velocidad a la que opera

Ilustración 7. Evidencias de la publicación 6.

4 CONCLUSIONES

El informe ha permitido recopilar y ordenar las publicaciones científicas vinculadas al proyecto TICS BONITO. Con ello, queda reflejada la dimensión científica del proyecto y su contribución al conocimiento en este ámbito.

La documentación incorporada permite, además, acreditar los resultados alcanzados en materia de producción científica y su adecuada trazabilidad dentro del conjunto de actividades desarrolladas. También refleja la dificultad de publicar los resultados durante el periodo de ejecución del proyecto, especialmente en proyectos de una duración tan corta de 18 meses, dado que la mayoría de los resultados se obtienen hacia la fase final del proyecto. Por tanto, se puede observar que algunas de las publicaciones y participaciones en conferencias se llevarán a cabo durante el año 2026.

En relación con los indicadores previstos en la memoria oficial, se incorpora una comparativa entre los resultados esperados y los finalmente obtenidos, distinguiendo entre artículos en revista y aportaciones a conferencias nacionales e internacionales.

Ítem	Artículos en revista	Conferencia nacional	Conferencia internacional
Indicador memoria	3	2	2
Alcanzado	3 (1 publicado, 2 durante el 2026)	2	2