

Jornadas de Automática

Tecnologías Inteligentes para la Pesca Sostenible del Bonito: Proyecto TICS-BONITO

Rivera-Andrade, Josue^a, Riveiro, Enrique^a, Silva-Muñiz, Diego^a, Larreategi, Pablo^b, Lekube, Blanca M.^b, Garrido, Julio^{a,*}

^a Grupo en Ingeniería Eficiente y Digital (EN.EDI), Dpto. de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Vigo, 36310, Vigo, España. ^b Transporte Sostenible, Leartiker SCoop., Xemein Etorbidea, 12A, 48270, Markina-Xemein, España.

To cite this article: Rivera-Andrade, Josue, Riveiro, Enrique, Silva-Muñiz, Diego, Larreategi, Pablo, Lekube, Blanca M., Garrido, Julio. 2025. Smart Technologies for Sustainable Bonito Fishing: TICS-BONITO Project. *Jornadas de Automática*, 46. <https://doi.org/10.17979/ja-cea.2025.46.12202>

Resumen

La pesca del atún constituye un elemento clave para la economía mundial y, particularmente, para España, que ocupa el quinto puesto global con más de 300 mil toneladas métricas anuales. Frente a la sobreexplotación y la pérdida de biodiversidad asociada a las artes de pesca más intensivas, el proyecto TICS-BONITO propone innovaciones tecnológicas para fomentar una pesca selectiva y respetuosa. En la modalidad costera se propone el desarrollo de un soporte para caña de pescar para facilitar el trabajo en cubierta y sensores de tensión que detecten la picada y estimen el peso de los ejemplares, digitalizando variables de proceso importantes para análisis de datos. Para la pesca de altura de cerco se optimizarán Dispositivos Concentradores de Peces mediante materiales biodegradables con cuerdas y fibras naturales, evitando la contaminación por plásticos abandonados y reduciendo la contaminación marina. El trabajo con entidades colaboradoras garantiza la validación y futura industrialización de estos prototipos, promoviendo una transición hacia una economía azul más sostenible.

Palabras clave: Sostenibilidad, Cambio Climático, Soporte al operador humano, Automatización y diseño centrados en el humano, Mecatrónica, Aplicaciones en materiales avanzados.

Smart Technologies for Sustainable Bonito Fishing: TICS-BONITO Project

Abstract

Tuna fishing represents a critical pillar of the global economy, particularly for Spain, which ranks fifth worldwide with annual landings exceeding 300 thousand metric tons. In response to overexploitation and biodiversity loss associated with more intensive fishing methods, the TICS-BONITO project introduces technological innovations to support selective and environmentally respectful harvesting. In the inshore fishery, the project proposes developing a rod support system to facilitate deck operations paired with tension sensors that detect bite events and estimate the weight of each specimen, thereby digitalizing key process variables for enhanced data analysis. For offshore purse-seine operations, Fish Aggregating Devices will be optimized using biodegradable materials composed of natural ropes and fibers, thus preventing pollution from abandoned plastics and minimizing marine contamination. Collaboration with partner organizations ensures validation and future industrial-scale deployment of these prototypes, advancing the transition toward a more sustainable blue economy.

Keywords: Sustainability, Climate Change, Human operator support, Human-centered automation and design, Mechatronics, Applications in advanced materials.

1. Introducción

La pesca constituye un pilar fundamental de la economía mundial y un motor de desarrollo en numerosas regiones

costeras, especialmente en España. En 2022, las exportaciones globales de productos acuáticos alcanzaron un valor de 195 mil millones de dólares, de los cuales un 9 % correspondió exclusivamente a la industria atunera, lo que representa 17 mil

millones de dólares. Esta industria da sustento a más de 30,6 millones de personas en todo el mundo, principalmente a través de la pesca a pequeña escala, que emplea al 90 % de los pescadores a nivel global (FAO, 2024).

España, por su parte, se posiciona como uno de los principales actores en la captura y exportación de atún, ocupando el quinto puesto a nivel global con un volumen de captura superior a las 300 mil toneladas métricas anuales (McKinney et al., 2022). Este liderazgo se fundamenta en una flota tecnificada y un marco normativo que fomenta prácticas sostenibles y la preservación de los recursos marinos.

1.1. Sobre el arte de la pesca en la actualidad

La pesca del atún se lleva a cabo mediante distintos procedimientos, que van desde métodos artesanales en embarcaciones pequeñas a lo largo de la costa, utilizando el arte de la costera, hasta prácticas más intensivas desarrolladas en caladeros de todo el mundo.

Independientemente de la intensidad, el arte o el lugar en que se practique, la sostenibilidad de la pesca y el respeto a la biodiversidad marina y al resto de especies constituyen hoy una prioridad para las armadoras. La creciente preocupación por el medio ambiente y la pérdida de biodiversidad marina asociada a la pesca intensiva han impulsado un cambio de mentalidad hacia un modelo de crecimiento global más sostenible. (FAO, 2024).

Por una parte, el nuevo Pacto Verde Europeo ha puesto en marcha una estrategia de neutralidad climática para 2050, con el objetivo de convertirse en una economía competitiva y eficiente en el uso de los recursos (Comisión Europea, 2021). Uno de sus pilares fundamentales es el Plan de Acción de Economía Circular, adoptado por la Comisión Europea en marzo de 2020. Este plan incluye medidas específicas para el sector de los plásticos, como nuevos requisitos obligatorios sobre contenido reciclado, una atención especial a los microplásticos marinos y la promoción de plásticos de base biológica y biodegradables.

Por otro lado, la Comisión Europea, a través del nuevo enfoque para una economía azul sostenible en la Unión Europea, subraya que esta debe generar oportunidades tangibles para mitigar los efectos perjudiciales sobre los océanos y las costas (Comisión Europea, 2021a). Esto implica fomentar acciones dirigidas a la preservación de los ecosistemas marinos y a la reducción de la contaminación. En este contexto, el apoyo a artes de pesca tradicionales y sostenibles, como las artes de pesca costera, resulta fundamental.

En respuesta a los desafíos que enfrenta actualmente el sector pesquero, han surgido diversas iniciativas centradas en la sostenibilidad y la innovación tecnológica. Entre ellas se sitúa el proyecto TICS-BONITO, cuyo objetivo es transformar la pesca del atún en España mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas que mejoren la selectividad de las capturas, reduzcan el impacto ambiental y contribuyan a unas mejores condiciones para el sector.

Este artículo ofrece una visión general del estado actual del proyecto. La Sección 2 describe el proyecto TICS-BONITO y expone brevemente las principales líneas de trabajo previstas. La Sección 3 analiza las tecnologías propuestas para apoyar la pesca costera, mientras que la Sección 4 se centra en las

innovaciones dirigidas a la pesca de altura con cerco, en particular en torno a los Dispositivos de Concentración de Peces (DCPs) biodegradables. Finalmente, la Sección 5 resume las conclusiones y detalla los próximos pasos en el desarrollo del proyecto.

2. Proyecto 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 a otras especies; eficiencia en el uso de artes respetuosas, como la pesca con caña; eficiencia en el uso de recursos; y eficiencia en el respeto al medio ambiente, como en el caso del diseño con materiales biodegradables.

El proyecto se articula en torno a dos modalidades de pesca del atún: la pesca costera y la pesca de altura con cerco (en adelante, cerco). En el caso de la pesca costera, en sus variantes de caña con cebo vivo, cacea o curricán, el proyecto propone el desarrollo de herramientas tecnológicas y la incorporación de sensores que acompañen la actividad pesquera, con el fin de respaldar esta arte, considerada una de las más sostenibles y respetuosas.

En cuanto a la pesca de cerco, y en línea con el Pacto Verde Europeo, se plantea la optimización de los Dispositivos de Concentración de Peces (DCPs) flotantes, con el objetivo de impulsar sistemas más sostenibles. De este modo, se busca contribuir a la protección de las especies y ecosistemas marinos, así como a la conservación del litoral y los fondos marinos frente a la contaminación generada por dispositivos abandonados a la deriva.

En este sentido, el proyecto TICS-BONITO se centra en generar propuestas que complementen los equipamientos existentes a bordo de embarcaciones dedicadas a ambas artes de pesca. Para ello, cuenta con el apoyo de entidades colaboradoras del sector pesquero, como la Cofradía de Pescadores Elcano de Getaria, uno de los principales puertos de pesca de bajura del País Vasco, y Albacora, empresa de tradición familiar de pesca de túnidos de Bermeo.

3. Mecanismos de soporte para la pesca costera

Si bien las artes de pesca costera fueron en su momento la principal modalidad extractiva de túnidos, llegando a representar hasta el 50 % de la captura mundial de atún en la década de 1950 (Gillett, 2015), su peso disminuyó con la expansión del cerco y el palangre, modalidades que aumentan la eficiencia en la captura del atún.

Sin embargo, ese aumento de eficiencia también ha incrementado la captura accidental (*bycatch*) de especies vulnerables y protegidas, como tiburones, tortugas marinas, peces pelágicos menores, aves marinas y cetáceos, lo que constituye actualmente un problema medioambiental significativo (Restrepo et al., 2025).

El proyecto TICS-BONITO busca respaldar la pesca costera e incentivar su práctica, dada su ventaja clave en la reducción del *bycatch*. En particular, la pesca con caña y cebo vivo mantiene un beneficio fundamental: permite la captura de tónidos juveniles y adultos mediante un único lance.

En torno a este principio, se propone el desarrollo de un mecanismo de soporte para la caña de pescar que mejore las condiciones de trabajo de los pescadores. Asimismo, se pretende reforzar la adquisición y digitalización de datos relevantes para las entidades colaboradoras, mediante la incorporación de sensores de tensión que permitan detectar la picada de forma automática y estimar el peso de las capturas.

3.1. Soporte de caña

En la literatura se reporta el uso de cañas semiautomáticas fijadas en la cubierta de las embarcaciones para la pesca de tónidos (Ferarios et al., 2009). No obstante, el carácter multipropósito de los barcos de las entidades colaboradoras hace que estas tecnologías no resulten adecuadas, debido a que participan en campañas de captura de diversas especies marinas durante todo el año,

Otra tecnología de cubierta reportada es el uso de cañas automáticas izadas por motores hidráulicos (Lecuona Emazabel, 2015). Sobre estos dispositivos, las entidades colaboradoras señalan que tiene el inconveniente de reducir la calidad del atún capturado. Los ejemplares sufren golpes al caer sobre cubierta tras su extracción, afectando negativamente la calidad del producto final. Este aspecto resulta crítico dado que los clientes actuales exigen estándares cada vez más elevados, lo que deriva en dificultades para vender el producto.

Asimismo, los colaboradores señalaron que las estructuras fijas instaladas en cubierta con un único grado de libertad no ofrecen la adaptabilidad necesaria para su dinámica de trabajo actual. Antes de la picada, las cañas deben acompañar el movimiento natural del barco, por lo que resulta

imprescindible que cualquier estructura de soporte permita ajustar de forma sencilla la posición angular de la caña en los ejes de cabeceo y guiñada, garantizando así su correcta alineación con el comportamiento de la embarcación.

Finalmente, destacaron la necesidad de redistribuir sus tareas a bordo de forma eficiente, antes y durante la faena. Se muestran interesados en probar nuevas soluciones tecnológicas no intrusivas que les ayuden a resolver sus necesidades sin comprometer la dinámica de trabajo actual.

Para dar respuesta a las necesidades expuestas por las entidades colaboradoras, el proyecto TICS-BONITO propone desarrollar un soporte para caña de pescar que optimice la dinámica de trabajo de los pescadores en cubierta. Este mecanismo está compuesto por un pivote con dos grados de libertad y cuenta con elementos de bloqueo accionados manualmente por el pescador, permitiendo así modificar fácilmente la posición angular de la caña durante cualquier momento del proceso de pesca.

Una vez colocada la caña en el soporte, el dispositivo permite al pescador realizar otras actividades necesarias para el equipo mientras espera la picada. Posteriormente, al producirse la picada, el usuario puede utilizar el dispositivo como punto de apoyo, facilitando la extracción de atunes de mayor peso y tamaño. Además, dado que es el mismo pescador quien manipula directamente la caña, la captura del atún puede realizarse siguiendo el procedimiento tradicional, asegurando así la integridad y calidad de la captura.

Las Figuras 1a y 1b muestran dos de los diseños conceptuales propuestos. El diseño representado en la Figura 1a permite regular la caña en los ejes de cabeceo y guiñada, mientras que el diseño ilustrado en la Figura 1b añade, además, la posibilidad de modificar su altura. Actualmente, se evalúan diversas alternativas para la fijación del soporte a la cubierta, con el objetivo de facilitar a los pescadores el desplazar rápidamente el soporte por toda la cubierta, añadiendo así un grado de libertad adicional al dispositivo.

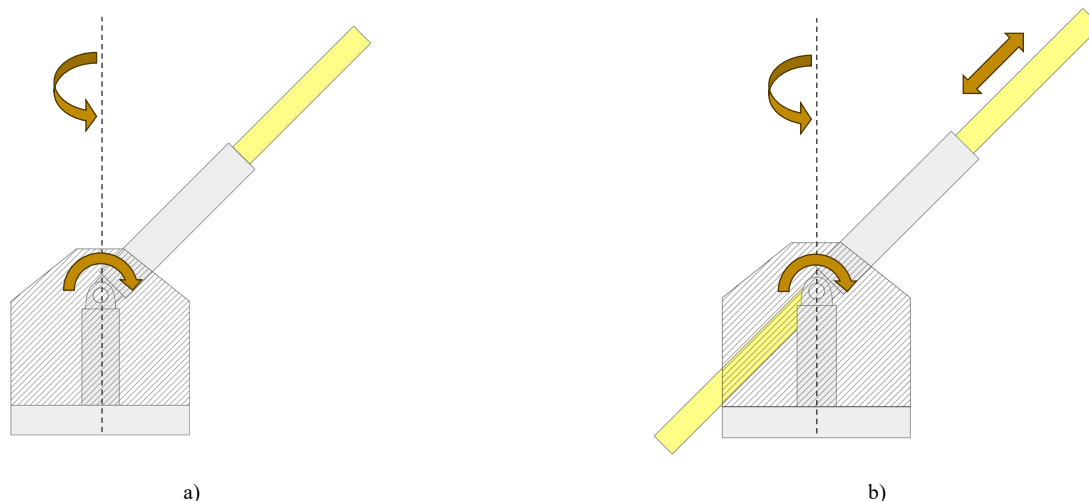


Figura 1: Ejemplos de diseños conceptuales del soporte para caña. En a) se muestra un soporte con dos grados de libertad y altura fija. En b) se presenta un soporte también con dos grados de libertad, pero con altura regulable. Ambos diseños incluyen elementos de bloqueo que permiten modificar la posición angular de la caña.

3.2. Adquisición y digitalización de variables de proceso

Para apoyar los equipos en las embarcaciones dedicadas a la pesca costera, el proyecto TICS-BONITO propone utilizar sensores de tensión que permitan detectar automáticamente la picada y estimar el peso de las capturas.

Las embarcaciones analizadas cuentan con cañas específicas para la extracción de túnidos de grandes dimensiones, las cuales están conectadas a carreteles motorizados controlados desde el puente o directamente desde la cubierta. En cuanto a la detección de la picada, una de las propuestas del proyecto es instalar sensores de tensión en los sedales de las cañas. Esto permitiría accionar los motores asociados a los carreteles, habilitando una extracción semiautomática y controlada del atún.

Otra propuesta consiste en incorporar el sensor de picada en el halador hidráulico empleado en la modalidad de pesca de cacea o curricán. En este caso, la detección automática activaría el sistema de control del halador hidráulico para realizar la pesca de forma semiautomática. Este sistema incluiría, además, un sistema de control que permita al pescador elegir el modo de trabajo más adecuado (manual o semiautomático) según las necesidades operativas.

Respecto a la estimación del peso, el proyecto propone la adquisición y digitalización de esta variable durante la extracción de los atunes. Mediante los sensores de tensión instalados tanto en las cañas como en las grúas, sería posible registrar automáticamente el peso estimado de cada captura junto con otros datos relevantes, como fecha, hora y ubicación geográfica. Esta información digitalizada facilitaría posteriores análisis y estudios de la actividad pesquera.

En lo referente a la adquisición de variables de proceso, el proyecto prioriza el uso de sensores *plug-and-play*, es decir, sensores fácilmente instalables y desmontables en cañas y grúas. Más allá de la precisión en la medición, se valora su capacidad de integración sin alterar la dinámica operativa existente. Este enfoque busca reducir la intrusión en las tareas a bordo y minimizar el despliegue de cableado sobre la cubierta.

4. Innovación de la pesca de altura de cerco

Los Dispositivos de Concentración de Peces (DCPs) han sido utilizados tradicionalmente para incrementar la eficiencia en la captura de atún. Según datos de la *International Seafood Sustainability Foundation (ISSF)*, los DCPs se emplean en el 65 % de las operaciones mundiales de cerco y son responsables del 40 % de las capturas globales de barrilete (Restrepo et al., 2017). Sin embargo, debido a su fabricación con materiales sintéticos y a la complejidad logística de su uso que implica dejarlos largos periodos en el mar, frecuentemente se pierden, abandonan o descartan. Esto provoca que su uso extensivo contribuya significativamente a la contaminación marina.

Ante esta problemática, se han intensificado los esfuerzos por desarrollar DCPs más sostenibles. El *Marine Stewardship Council (MSC)* ha presentado diversos ejemplos referenciales de diseños elaborados con materiales naturales (véase Figura 2). Del mismo modo, investigadores como

Moreno han propuesto dispositivos elaborados con materiales biodegradables, conocidos como bio-DCPs (Moreno et al., 2020). A pesar de estos avances, los pescadores aún muestran reticencias respecto a su adopción, principalmente debido a que los bio-DCPs tienen una vida útil considerablemente más corta que los DCPs tradicionales (Moreno et al., 2023).

En esta misma línea, el proyecto TICS-BONITO propone un enfoque innovador que incluye el diseño, fabricación sistemática, estandarización y optimización de bio-DCPs flotantes. Estos nuevos dispositivos serán no enmallantes, biodegradables, modulares y contarán con sensores integrados, facilitando así la sustitución de los métodos tradicionales de producción manual.

Aunque las opciones biodegradables para ambientes marinos aún son limitadas, el proyecto prioriza la formulación de materiales y la optimización del diseño para garantizar resistencia, durabilidad y una degradación controlada. Para ello, se está trabajando en el diseño un prototipo flotante con arquitectura modular que puede adaptarse fácilmente a embarcaciones de diferentes tamaños, permitiendo la sustitución sencilla de partes deterioradas. Esta característica alarga la vida útil del sistema y mejora considerablemente su competitividad económica.

Actualmente, se están desarrollando probetas con diversos materiales biodegradables para efectuar ensayos específicos de durabilidad y degradabilidad. Paralelamente, se está trabajando en la optimización de la geometría del bio-DCP con el objetivo de cumplir con los requisitos de durabilidad demandados por las entidades colaboradoras.

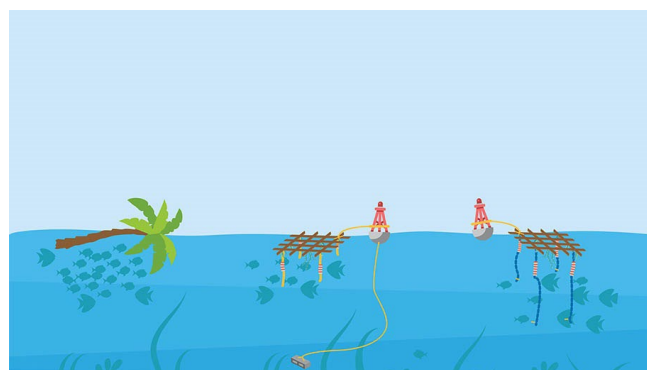


Figura 2: DCP Natural, DCP anclado y DCP a la deriva (MCS Internacional, n.d.)

5. Conclusiones

El proyecto TICS-BONITO avanza en la transformación tecnológica de la pesca del atún mediante soluciones orientadas a la sostenibilidad y al impulso de una economía azul. Este artículo ha revisado el estado actual del proyecto y de han descrito las innovaciones propuestas para lograr este objetivo.

En el ámbito de la pesca costera, se presentó un soporte para cañas con el objetivo de incentivar su práctica, dadas sus ventajas en cuanto a la reducción de la captura accidental de especies no objetivo (*bycatch*). Asimismo, se describieron las propuestas para la adquisición y digitalización de variables clave del proceso pesquero. Por otro lado, en la vertiente de la pesca de altura con cerco, se propuso el rediseño de los

clásicos Dispositivos de Concentración de Peces (DCPs), incorporando materiales biodegradables y naturales que satisfagan las exigencias del sector pesquero, principalmente en lo que respecta a la vida útil de estos.

Actualmente, todas las soluciones tecnológicas presentadas se encuentran en fase de análisis y rediseño. En estrecha colaboración con las entidades implicadas, se está trabajando para asegurar que las soluciones finales respondan a los objetivos previstos en términos de sostenibilidad y, simultáneamente, se adapten a las necesidades reales del sector, facilitando así su futura adopción e implementación.

Agradecimientos

Este proyecto se desarrolla con la colaboración de la Fundación Biodiversidad, del Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, a través del Programa Pleamar, y se cofinancia por la Unión Europea por el FEMPA (Fondo Europeo Marítimo, de Pesca y Acuicultura).



Referencias

- Comisión Europea, 2021. Pacto Verde Europeo: consecución de nuestros objetivos. Publications Office, LU.
- Comisión Europea, 2021a. Comunicación COM(2021) 240 final de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre un Nuevo enfoque de la economía azul sostenible de la UE, Blue Growth opportunities for marine and maritime sustainable growth.
- FAO, 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 - Blue Transformation in action. Roma.
DOI: 10.4060/cd0683en
- Ferrieros, J.M., Franco, J., Boyra, G., Monzón, P., 2009. Diseño, construcción y validación de una caña de control automático para la pesca de túnidos. Revista de Investigación Marina 13:14 pp.
- Gillett, R., 2015. Pole-and-line Tuna Fishing in the World: Status and Trends, PNLF Technical Report No.6. International Pole & Line Foundation, London.
- Lecuona Emazabel, A., 2015. Atún con cañas automáticas [Archivo de Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=BybLTL7h7Ak>
- McKinney, R., Gibbon, J., Wozniak, E., Galland, G., 2022. Netting Billions 2020: A Global Tuna Valuation. The Pew Charitable Trusts.
- MCS International, n.d. Is FAD fishing sustainable. MSC International. URL <https://www.msc.org/what-we-are-doing/our-approach/fishing-methods-and-gear-types/fish-aggregating-devices-fads> (accessed 5.27.25).
- Moreno, G., Salvador, J., Murua, J., Phillip Jr., N.B., Murua, H., Escalle, L., Ashigbui, B., Zudaire, I., Pilling, G., Restrepo, V., 2020. A multidisciplinary approach to build new designs of biodegradable Fish Aggregating Devices (FADs). (Scientific Committee Sixteenth Regular Session). WCPFC, Washington, DC.
- Moreno, G., Salvador, J., Zudaire, I., Murua, J., Pelegrí, J.L., Uranga, J., Murua, H., Grande, M., Santiago, J., Restrepo, V., 2023. The Jelly-FAD: A paradigm shift in the design of biodegradable Fish Aggregating Devices. Marine Policy 147, 105352.
DOI: 10.1016/j.marpol.2022.105352
- Restrepo, V., Dagorn, L., Itano, D., Justel-Rubio, A., Forget, F., Moreno, G., 2017. A Summary of Bycatch Issues and ISSF Mitigation Initiatives To-Date in Purse Seine Fisheries, with emphasis on FADs., ISSF Technical Report 2017-06. International Seafood Sustainability Foundation, Washington, D.C., USA.
- Restrepo, V., Murua, H., Justel-Rubio, A., Koehler, H., Moreno, G., 2025. Tuna Fisheries' Impacts on Non-Tuna Species and Other Environmental Aspects: 2025 Update., ISSF Technical Report 2025-02. International Seafood Sustainability Foundation, Pittsburgh, PA, USA.