

INFORME DEL PROYECTO REF.SV-23-GIJÓN-1-06

Procedimiento para la detección, análisis y evaluación de las incrustaciones en embarcaciones menores asturianas

Fechas inicial y final del proyecto:

01/ 07 / 2023 al 31 / 12/ 2023

Investigador/a Principal:

Verónica Soto López

Otros investigadores:

Deva Menéndez Teleña

Personal contratado:

Alejandro Fernández Cudeiro

Fechas inicial y final de contratación:

01 / 09 / 2023 al 30 / 12 / 2023

Empresas o instituciones colaboradoras:

Seerstems Robótica y Sistemas S.L.

Redes sociales de investigadores y empresas:

Seerstems.net

www.linkedin.com/in/alejandro-fernández-cudeiro/

<https://es.linkedin.com/in/verónica-soto-36758259>

www.linkedin.com/in/deva-menéndez-teleña

Resumen Gráfico



Memoria descriptiva del proyecto

1. Resumen ejecutivo

El movimiento de especies invasoras (NIS) se considera una de las mayores amenazas en la ecología y el bienestar económico del planeta ya que estas causan enormes perjuicios a la biodiversidad (OMI, 2021). Se define una especie NIS como *“un organismo introducido fuera de su área de distribución natural pasada o presente por la actividad humana directa o indirectamente”* (European Environment Agency et al. 2012). El transporte marítimo está considerado como uno de los principales vectores de movimiento de especies invasoras, y es por ello, que los puertos son considerados las principales puertas de entrada de biota exótica marina, a través tanto del agua de lastre como de las incrustaciones en el casco de los buques (Molnar et al. 2008).

Siempre ha existido un flujo de especies controlado de un territorio a otro mediante barreras naturales (Richardson y Pyšek 2007) y ello hacía que hubiese un equilibrio natural ya que las introducciones se hacía de manera escalonada. Pero desde la revolución industrial y sobre todo en lo va de este siglo, el comercio marítimo ha experimentado un gran crecimiento, contribuyendo a la modificación de dichas barreras naturales y, por tanto, la distribución de especies de manera exponencial (Kotta et al. 2015).

En el año 2022, el transporte marítimo alcanzó 11.000 millones de toneladas de mercancías, lo que significa que más de un 80% de las mercancías transportadas a nivel mundial se movieron a través de los océanos mediante barcos (Naciones Unidas 2022). Aunque el transporte mediante buques mercantes es la cara más visible del transporte marítimo, no debe dejarse de lado una parte muy relevante de dicho sector como son las embarcaciones menores. Dichas embarcaciones son las que tienen una eslora, longitud que tiene una nave, inferior a 24 metros y con 50 toneladas o menos de volumen interno medido en toneladas de registro bruto siendo. Este tipo de embarcaciones son los pesqueros y embarcaciones de recreo mayoritariamente.

La importancia de estas embarcaciones menores radica tanto en su número, unos 28.000.000 a nivel mundial (Martínez Martín et al. 2018) frente a los 120.000 buques mercantes (Gabinete de estudios ANAVE 2020), como en los desplazamientos que realizan. Las embarcaciones menores carecen de patrones en sus desplazamientos y el registro de sus viajes no es de obligatorio cumplimiento, a diferencia de las embarcaciones mercantes. Es por ello, que el estudio, seguimiento

y control de este tipo de embarcaciones se hace muy complicado, e incluso muchas veces llega a ser imposible, en contrapartida con el de la flota mercante. Las embarcaciones de recreo son el principal vector secundario de movimiento de especies. Tienen una eslora entre 2,5 y 24 metros y están destinadas a fines recreativos o deportivos (Ministerio de Fomento, 1999). Son uno de los principales factores de la distribución de especies exóticas invasoras en los estuarios y entornos marinos (K.M.Wasson et al, 2001), (D. Minchin, S. Gollasch, y I. Wallentinus, 2005).

Además de la contaminación biológica que pueden generar, tenemos que tener en cuenta que las incrustaciones en los cascos de las embarcaciones reducen el rendimiento hidrodinámico de estas, aumentando así la resistencia del buque al avance, incrementando los gastos de combustible y la emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos (OMI, 2021).

En cuanto a la legislación existente para controlar los sistemas antiincrustantes de los barcos tenemos el *Convenio para el control de los sistemas antiincrustantes perjudiciales en los buques (AFS)*, y el *Certificado Internacional de Seguridad de Buque de Carga*, que tienen que obtener todos los buques de más de 500 GTs, en el que obliga a los buques a tratar la obra viva y cambiar las pinturas antiincrustantes cada cierto tiempo. Este tipo de legislación no regula, por lo tanto, las embarcaciones menores. Únicamente existe un documento publicado por el Comité de Protección del Medio Marino de la Organización Marítima Internacional (OMI) en el 2021, llamado *Guía para minimizar la transferencia de especies acuáticas como biofouling en las embarcaciones de recreo* (IMO, 2012). Este documento pretende establecer un marco global para la gestión del biofouling en las embarcaciones menores de 24 metros de eslora, pero no va más allá de unas meras recomendaciones sin ningún tipo de vinculación legal. El mantenimiento de los cascos de los buques tales como limpiezas, cambios de pintura, o salidas a dique seco, van a depender únicamente del propietario del buque y sus “buenas prácticas”, con la consiguiente problemática que esto conlleva.

Este proyecto se desarrolla en el ámbito geográfico del Principado de Asturias que cuenta una significativa tradición pesquera. Este territorio tiene más de 250 embarcaciones de pesca (SADEI 2022) distribuidas en 18 puertos, dos de ellos son importantes puertos comerciales, el de Gijón y el de Avilés, y más de 200 playas (Principado de Asturias). Estos datos unidos a la escasa legislación sobre el impacto de contaminación biológica a través de las embarcaciones menores hacen necesaria la investigación propuesta para Asturias.

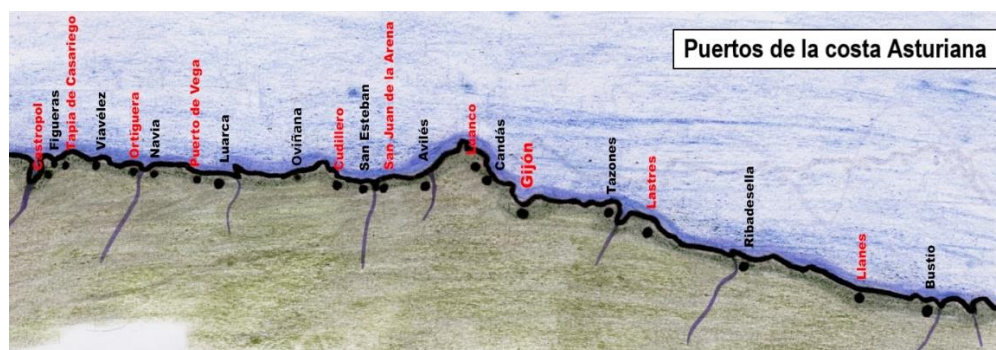


Figura 1: Mapa de los Puertos de la Costa Asturiana. Fuente: imagen adaptada Arantza Elcoro Alberdi.

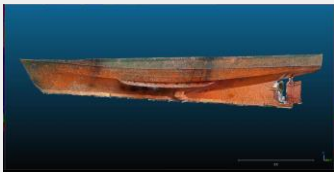
El objetivo principal de la investigación es analizar las incrustaciones de las embarcaciones menores de la región asturiana, con el fin de proponer medidas correctivas que puedan ser adoptadas por los responsables portuarios y los propietarios de dichas embarcaciones. Para ello, se quiere desarrollar un procedimiento para poder identificar de manera rápida y sencilla la superficie de la obra viva (superficie que está en contacto con el agua) de embarcaciones menores con incrustaciones utilizando un modelado 3D del casco.

La metodología seguida es la siguiente:

- Se analizan los puertos y las embarcaciones menores de la región asturiana y se contacta con los responsables, propietarios o encargados del mantenimiento de los cascos.
- Se hace un modelado 3D del barco a flote, antes de que se realice el mantenimiento habitual.
- Se recopila información relevante con un formulario que se realiza al propietario (periodos de mantenimiento, velocidad, patente, zonas de navegación, etc).
- Se llevan a cabo cálculos teóricos de la obra viva y se comparan con los resultados obtenidos de procesar el modelo 3D en programas como Cloud Compare o Meshlab, para poder analizarlos y determinar el porcentaje del casco con incrustaciones.

Se han recogido datos de más de 50 embarcaciones menores en diferentes puntos de la costa asturiana como Cudillero, Gijón, El Puntal y Lastres, entre otros. Se han realizado capturas de la obra viva de los barcos haciendo un video tridimensional de las embarcaciones. Se ha desarrollado un procedimiento que determina la superficie total de la obra viva de cada embarcación mediante el tratamiento de las imágenes 3D en nubes de puntos y su conversión en mallas. Todo este procedimiento se ha verificado comparándolo con resultados obtenidos de los datos teóricos calculados con las dimensiones de las embarcaciones. La utilización de herramientas de modelado 3D permiten detectar de manera rápida y eficaz el porcentaje del casco con incrustaciones.

2. Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Tipo	Objetivo	Imagen	Grado de consecución
Principal	Desarrollar un procedimiento para poder identificar de manera rápida y sencilla la superficie de la obra viva de embarcaciones menores con incrustaciones utilizando un modelado 3D del casco		90 %
Secundario/ Específico	Analizar las características y parámetros de cada embarcación en relación con las incrustaciones obtenidas: tipo de embarcación, zona de navegación, velocidad de navegación, puerto de atraque, pintura antifouling empleada, última limpieza de casco realizada, material del casco...		90 %
Secundario/ Específico	Recogida y análisis de muestras biológicas en las distintas zonas del casco de las embarcaciones, prestando especial atención a las zonas de nicho.		80%
Secundario/ Específico	Realizar un modelado 3D de la obra viva del casco de la embarcación para obtener dimensiones del casco y evaluar la ocupación por incrustaciones		80%

3. Tareas realizadas:

ID	Descripción	MESES					
		1	2	3	4	5	6
Fase 1	Recopilación de datos en bruto						
Tarea 1.1	Título descriptivo de la tarea						
Tarea 1.2	Mapeado 3D, mediante la toma de fotografías, videos e imágenes 3D, de la obra viva de las embarcaciones que posteriormente permitirá determinar el nivel de incrustaciones de estas						
Tarea 1.3	Realización de preguntas a los propietarios de las embarcaciones.						
Fase 2	Determinación de las variables que se deben tener en cuenta para los datos demográficos.						
Tarea 2.1	Análisis de las muestras biológicas en el laboratorio por parte del departamento de Biología de Organismos y Sistemas, de Uniovi						
Tarea 2.2	Volcado de todos los datos obtenido en la Fase 1 y en la Fase 2.1 en las hojas de Excel y bases de datos correspondientes.						
Fase 3	Determinación de las variables que se deben tener en cuenta para los datos demográficos.						
Tarea 3.1	Análisis de los datos disponibles en referencia a los diferentes tipos de barcos y puertos que se han sido objeto de estudio.						
Tarea 3.2	Análisis y procesamiento de todas las imágenes 3D disponibles.						
Tarea 3.3	Cruce y comparativa de los datos.						

Figura II. Planificación del proyecto

- **Fase 1:** Toma de muestras en las embarcaciones.
 - **Tarea 1:** Toma de muestras en las embarcaciones.
 - **Tarea 2:** Mapeado 3D, mediante la toma de fotografías, videos e imágenes 3D, de la obra viva de las embarcaciones que posteriormente permitirá determinar el nivel de incrustaciones de estas.
 - **Tarea 3:** Realización de preguntas a los propietarios de las embarcaciones.
- **Fase 2:** Determinación de las variables que se deben tener en cuenta para los datos demográficos.
 - **Tarea 1:** Análisis de las muestras biológicas en el laboratorio por parte del departamento de Biología de Organismos y Sistemas, de Uniovi.

- **Tarea 2:** Volcado de todos los datos obtenido en la Fase 1 y en la Fase 2.1 en las hojas de Excel y bases de datos correspondientes.
- **Fase 3:** Determinación de las variables que se deben tener en cuenta para los datos demográficos.
 - **Tarea 1:** Análisis de los datos disponibles en referencia a los diferentes tipos de barcos y puertos que se han sido objeto de estudio.
 - **Tarea 2:** Análisis y procesamiento de todas las imágenes 3D disponibles.
 - **Tarea 3:** Cruce y comparativa de los datos de los diferentes tipos de barcos, sus características, sus puertos de amarre, etc.; con los resultados obtenidos en los análisis biológicos y con el grado de incrustaciones presentes en la obra viva de las embarcaciones objeto de estudio, lo cual se ha obtenido mediante el mapeado 3D del casco de dichas embarcaciones.

4. Resultados obtenidos:

- Se han recogido datos de más de 50 embarcaciones menores en diferentes puntos de la costa asturiana.
- Se han realizado capturas de la obra viva de los barcos haciendo un video tridimensional de las embarcaciones.



Figura III: Ejemplo Modelado 3D de un pesquero

- Se ha desarrollado un procedimiento que determina la superficie total de la obra viva de cada embarcación mediante el tratamiento de las imágenes 3D en nubes de puntos y su conversión en mallas.

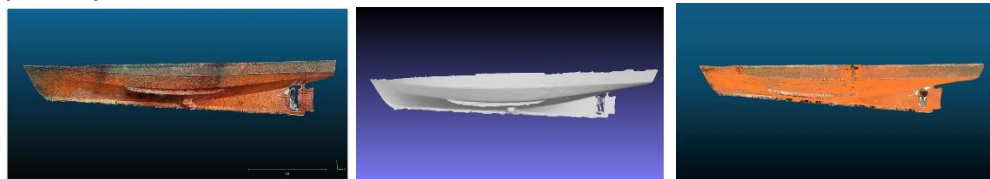


Figura III: Secuencia de imágenes de recorte obra viva del casco en nube de puntos; recorte obra viva del casco en malla y visualización de incrustaciones en la obra viva frente a la superficie limpia.

- Se han analizado las muestras biológicas obtenidas del raspado de las embarcaciones en el laboratorio del departamento de Biología de Organismos y Sistemas, de Uniovi. Llegando a un 80 % de material analizado.
- Todo este procedimiento se ha verificado comparándolo con resultados obtenidos de los datos teóricos calculados con las dimensiones de las embarcaciones.
- La utilización de este procedimiento de modelado 3D permite detectar de manera rápida y eficaz el porcentaje del casco con incrustaciones.
- Abordar el biofouling no solo tiene ventajas económicas y de seguridad, sino que también tiene un impacto significativo en la preservación del medio ambiente marino. Reducir la propagación de especies invasoras y la contaminación biológica ayuda a proteger los ecosistemas locales y mantener la biodiversidad.

5. Trabajos o necesidades futuras

Nos gustaría, en un futuro, hacer más automático el procedimiento por lo que valoramos incorporar en el proyecto un experto en esta materia.

Seguiremos cogiendo más muestras de embarcaciones tanto para el modelado del casco como para los datos biológicos para conseguir un mapa de muestreo de toda la costa asturiana, junto a investigadores del departamento de Biología de Organismos y Sistemas, de Uniovi.

Aunque el proyecto se centra en Asturias, el problema del biofouling y su impacto en el medio es un desafío global. Al encontrar soluciones efectivas, se pueden establecer estándares que beneficien a nivel mundial, promoviendo prácticas sostenibles y reduciendo el impacto ambiental en los mares y océanos. Queremos trasladar este procedimiento a otras zonas para poder verificar su eficacia en otro tipo de embarcaciones y climas.

6. Divulgación de los resultados

Título	Autores	PTT	Congreso	Lugar y fecha
<i>Análisis de las incrustaciones presentes en la obra viva de embarcaciones menores mediante modelados 3D</i>	Alejandro Fernández Cudeiro Iris Carrera Rodríguez Verónica Soto López Deva Menéndez Teleña	Póster	<i>Congreso Anual Internacional Miguel Hernandez</i>	Elche, febrero 2024
<i>En estos momentos se está redactando un artículo sobre el procedimiento</i>	Alejandro Fernández Cudeiro Iris Carrera Rodríguez Verónica Soto López Deva Menéndez Teleña	Artículo Científico	<i>Se valora mandarlo a una revista Q1</i>	Durante 2024

Figura IV. Divulgación de los resultados.

Memoria económica:

1. Gastos:

Añade los gastos finales que has tenido a lo largo del proyecto.

Concepto	Gasto
Personal (IUTA)	4.0000 €
Fungibles	0 €
Amortización	0 €
Otros (Desplazamientos, Inscripciones a Congresos, etc)	300 €
TOTAL GASTOS	4.300 €

2. Ingresos:

Añade los ingresos finales que has tenido a lo largo del proyecto. Indica las empresas y las referencias de los proyectos/contratos.

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
IUTA	Ayuda IUTA: Contratación de personal	4.0000 €
Otras entidades / empresas financiadoras		0 €
Financiación propia		300 €
TOTAL INGRESOS		4.300 €