

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2022

INFORME DEL PROYECTO REF. SV-22-GIJON-1-17

1. Datos del proyecto

Título: Incrustaciones en los cascos de los buques asturianos: problemática, efectos económicos, medioambientales y posibles mejoras

Fechas inicial y final del proyecto: Julio - Diciembre 2022

Investigador/a Principal: Marlene Bartolomé Sáez

Otros investigadores: José Manuel Cuetos Megido, María de los Reyes Poo Argüelles, Ángel José del Reguero Huerga, Deva Menéndez Teleña y Verónica Soto López

Personal contratado: Alejandro Fernández Cudeiro

Fechas inicial y final de contratación: 04/07/2022 a 30/12/2022.

Empresas o instituciones colaboradoras: Seerstems Robótica y Sistemas S.L.

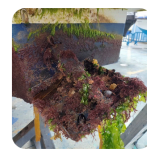
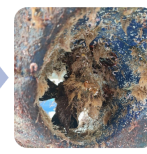
Redes sociales de investigadores y empresas (Linkedin, Twitter, Instagram):

<https://www.linkedin.com/in/deva-men%C3%A9ndez-tele%C3%B1a;>

[https://www.linkedin.com/in/ver%C3%B3nica-soto-36758259/;](https://www.linkedin.com/in/ver%C3%B3nica-soto-36758259/)

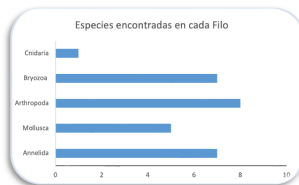
<https://www.linkedin.com/company/seerstems/about/?viewAsMember=true>

2. Resumen Gráfico



Muestras en embarcaciones
menores en los Puertos de Gijón,
Lastres y Cudillero

Toma de muestras de incrustaciones en
diferentes partes de la embarcación



Identificadas las especies y
analizadas las zonas de las
embarcaciones con más
incrustaciones...

Se redacta la
producción científica
del proyecto (un
artículo, un póster y
una comunicación
oral en Congreso
internacional)



3. Memoria descriptiva del proyecto

3.1 Resumen ejecutivo

Las incrustaciones en los buques, también conocidas como fouling, son muy preocupantes tanto para el medio marino como para los propietarios de los buques. Los problemas más importantes que genera son el rozamiento de la superficie del casco con el agua, que afecta a la velocidad y consumos de la embarcación, y la alteración del material de la zona en contacto, degradándolo y debilitándolo. Además, la contaminación biológica causada por la introducción de especies marinas invasoras a través de las incrustaciones del casco es uno de los grandes problemas que afronta el sector marítimo, generando consecuencias negativas tanto a nivel económico como medioambiental. Aunque es algo conocido en la marina mercante, se les ha prestado poca atención a las embarcaciones menores, siendo estas más numerosas, estando más dispersas geográficamente y teniendo desplazamientos más erráticos.

En este estudio, se tomaron muestras de incrustaciones en embarcaciones menores de los puertos de Gijón, Lastres y Cudillero con el objetivo de conocer cómo estas embarcaciones actúan de vectores secundarios de propagación, a la vez que se estiman las consecuencias que estas incrustaciones acarrearán a los buques. También, se plantean posibles soluciones a esta problemática por medio de la aplicación de revestimientos antifouling y la aprobación de normativas reguladoras.

3.1.1. Objetivos

Determinar la presencia de especies invasoras adheridas a los cascos de embarcaciones menores, como incrustaciones, en las costas asturianas e identificar las zonas del casco a las que se adhieren una mayor cantidad de incrustaciones, en función de su material, pintura antiincrustante y actividad.

3.1.2. Metodología

En la salida de diversas embarcaciones menores (pesca y recreo) a dique seco se recogen 28 muestras de especies adheridas al casco en diferentes zonas de este. Las especies se retiran con una rasqueta flexible y se etiquetan, indicando la zona del buque de la que se obtienen y se introducen en frascos estériles de polipropileno. Además, se toman datos de las características del buque, zona de navegación, tipo de actividad, fecha y tipo de tratamiento antifouling utilizado en la última varada y documentación fotográfica del estado de este. De 7 embarcaciones objeto del estudio, se tomó información fotográfica de la superficie del casco, para conocer el estado de tratamiento del mismo. También se realizaron entrevistas semiestructuradas a los propietarios para obtener información que pudiese ser de ayuda más adelante en el estudio como, velocidad habitual, épocas en la que navega o si pasa mucho tiempo atracada en el mismo puerto o va a otros de la zona.

3.1.3. Resultados

Se constató que la propagación de especies invasoras a través de incrustaciones en embarcaciones menores está teniendo lugar en la región de estudio. Ya se han encontrado especies invasoras que antes no estaban catalogadas en los puertos de Cudillero y Lastres. Se debe de mantener un control eficaz de estas embarcaciones para que no sigan siendo un vector de propagación en nuestras aguas. Para ello se deben buscar herramientas y desarrollar normativas, tanto para las embarcaciones menores, como para los puertos receptores, que ayuden a su prevención, gestión y control. Como, por ejemplo, una limpieza más frecuente del casco y la utilización de pinturas antifouling que esté demostrada su eficacia.

Tras las entrevistas realizadas a los dueños de las embarcaciones se constató que todos ellos ven que la velocidad de estas aumenta en 1 a 2 nudos con el casco limpio. Y se determinó también que las zonas con más incrustaciones se corresponden con las de menor fricción con el agua en su desplazamiento, influenciando también el tipo de material, el tratamiento aplicado y su frecuencia. El tratamiento periódico y eficaz mejorará la eficiencia de la embarcación y reducirá su consumo.

3.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Tipo	Objetivo	Grado de consecución
Principal	Estudiar los beneficios económicos, de mantenimiento y medioambientales que supondría una limpieza más frecuente del casco de las embarcaciones menores	70 %
Específico	Identificar las zonas del casco en las que aparecen más incrustaciones	100%
Específico	Analizar las diferencias entre los tipos de casco y los tipos de pinturas para buscar las más eficaces	70%
Específico	Valorar la utilización de barreras marinas durante los mantenimientos en astillero para que los residuos de la limpieza, especies incrustadas y pintura antifouling, no se viertan al mar con el consiguiente peligro medioambiental	100%

3.3 Tareas realizadas

- Revisión bibliográfica.
- Contactos con propietarios de las embarcaciones en los puertos de Gijón, Lastres y Cudillero.
- Diseño de las entrevistas semiestructuradas a los propietarios.
- Toma de muestras de los rascados de las incrustaciones de las embarcaciones a la vez que se fotografía el casco de estas.
- Realización de las entrevistas.
- Análisis de los resultados.
- Redacción de un artículo y de una comunicación oral y un póster para un Congreso Internacional.

3.4 Resultados obtenidos

1. Evidencia de la contaminación biológica a través de las incrustaciones en embarcaciones menores. Propagación y asentamiento de especies invasoras.
2. Necesidad de mantenimiento del casco para evitar la propagación de especies invasoras.
3. Demostración de que los desplazamientos de las embarcaciones menores son factores de propagación de especies invasoras.
4. Necesidad de una regulación internacional para prevenir la contaminación biológica por incrustaciones.

5. Los nuevos revestimientos antifouling se centran en ser biocidas y en tener unos niveles de eficacia superiores, además de ser medioambientalmente sostenibles. Esto influirá en la velocidad del buque y de la misma manera en el consumo de combustible y los GEI.
6. Se identificaron 5 filos de especies distintos Annelida, Arthropoda, Bryozoa, Cnidaria y Mollusca. Los artrópodos, con 8 especies, presentaron una mayor biodiversidad; seguidos por los briozoos y los anélidos con 7 especies distintas cada uno. Los menos diversos fueron los moluscos, 5 especies, y los cnidarios, 1 especie. Sólo el filo Bryozoa y Arthropoda presenta especies invasoras, dos en cada una además de una criptogénica en briozoos. Destaca que el briozoo invasor, *Watersipora subatra* (Ortmann, 1890), fue la especie más abundante, apareciendo en 13 de las 28 muestras analizadas.
7. Se determinó también que las embarcaciones de menor actividad y con más tiempo de atraque en puerto, tienen más incrustaciones, situación que se agrava a mayor tiempo entre mantenimientos. El rozamiento de los filetes de agua con el casco reduce las incrustaciones, siendo las zonas más afectadas las de menor fricción (parte interna de estabilizadores, hélice o timón, salidas de tomas de agua de mar). El tipo de material influye ya que en superficies de acero se encuentran más especies. A mayor velocidad de navegación, menos probabilidad de incrustaciones, pero aun así la máxima se ve reducida con la adhesión de incrustaciones.

3.5 Trabajos o necesidades futuras

Tras el análisis de las muestras recogidas se encuentran varias especies invasoras, por lo que se pretende continuar el estudio recogiendo más muestras a otros buques y ampliarlo a más puertos asturianos. De esta manera se podría determinar si las especies que se detectan como invasoras en los buques ya están implantadas en los puertos o no.

Se pretende también evaluar como las incrustaciones al influir en la rugosidad del casco también influyen en las características hidrodinámicas del mismo.

3.6 Divulgación de los resultados

A continuación, se presentan las comunicaciones que, por el momento, se han realizado sobre la investigación. Se espera la continuidad de la investigación para el siguiente año y poder realizar más publicaciones científicas en un periodo corto de tiempo. En primer lugar, el artículo “Incrustaciones en las embarcaciones menores como factores de contaminación biológica y resistencia al avance”, aceptado y pendiente de publicación en el Anuario de Estudios Marítimos que saldrá a principios del 2023, publicado por el Instituto Universitario de Estudios Marítimos. En segundo lugar, la comunicación “Embarcaciones menores como vector de propagación de especies invasoras en forma de incrustaciones” enviado al 3º Congreso Anual Internacional de Estudiantes de Doctorado organizado por la Universidad de Miguel Hernández y que se celebrará en febrero de 2023. Y, en tercer lugar, el póster “¿Cómo afectan las incrustaciones a la resistencia al avance de las embarcaciones menores?” también enviado al 3º Congreso Anual Internacional de Estudiantes de Doctorado.

4. Memoria económica

4.1 Gastos:

Incluir los gastos asociados al proyecto: personal del contratado IUTA u otras personas colaboradoras, materiales utilizados, amortización de equipos durante el proyecto,...

Concepto	Gasto
Personal	3.286€
Fungibles	
Amortización	
...	
TOTAL GASTOS	3.286€

4.2 Ingresos:

Incluir la financiación del proyecto: ayuda del IUTA, ingresos aportados por entidades colaboradoras, financiación propia,...

Entidad/Empresa financiadora Ref. Proyecto/Contrato	Concepto	Ingreso
Ayuda IUTA		3.286€
TOTAL INGRESOS		3.286€

5. Bibliografía

1. Alza, P., Rojas, L., Basáñez, J., 2010. Drag Reduction trough Special paints Coated on the hull; Coutts
2. A., Piola, R., Hewitt, C., Connell, S., Gardner, J., 2010. Effect of vessel voyage speed on survival of biofouling organisms: Implications for translocation of non-indigenous marine species. *Biofouling* 26, 1–13. <https://doi.org/10.1080/08927010903174599>
3. ASHTON, G., KARIN, B., SHUCKSMITH, R., COOK, E., 2006. Risk assessment of hull fouling as a vector for marine non-natives in Scotland. *Aquat. Invasions* 1, 214–218. <https://doi.org/10.3391/ai.2006.1.4.4>
4. BERGSTROM, D.M., LUCIEER, A., KIEFER, K., WASLEY, J., BELBIN, L., PEDERSEN, T.K., CHOWN, S.L., 2009. Indirect effects of invasive species removal devastate World Heritage Island. *J. Appl. Ecol.* 46, 73–81. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01601.x>
5. CANDELAS CORRALES, G., 2018. Estudio y realización de base de datos de pinturas Antifouling para embarcaciones de recreo
6. CANDRIES, M., ATLAR, M., 2005. Experimental Investigation of the Turbulent Boundary Layer of Surfaces Coated With Marine Antifoulings. *J. Fluids Eng.* 127, 219–232. <https://doi.org/10.1115/1.1891148>
7. CARLTON, J.T., 1996. Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology. *Biol. Conserv., Invasion Biology* 78, 97–106. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(96\)00020-1](https://doi.org/10.1016/0006-3207(96)00020-1)
8. CLARKE MURRAY, C., PAKHOMOV, E.A., THERRIAULT, T.W., 2011. Recreational boating: a large unregulated vector transporting marine invasive species. *Divers. Distrib.* 17, 1161–1172. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00798.x>

9. CLARKE MURRAY, C., THERRIAULT, T.W., MARTONE, P.T., 2012. Adapted for invasion? Comparing attachment, drag and dislodgment of native and nonindigenous hull fouling species. *Biol. Invasions* 14, 1651–1663. <https://doi.org/10.1007/s10530-012-0178-0>
10. DAVIDSON, I., ZABIN, C., CHANG, A., BROWN, C., SYTSMA, M., RUIZ, G., 2010. Recreational boats as potential vectors of marine organisms at an invasion hotspot. *Aquat. Biol.* 11, 179–191. <https://doi.org/10.3354/ab00302>
11. DURR, S., THOMASON, J.C., 2010. *Biofouling*, 1st ed. ed. Blackwell Publishing.
12. FLOERL, O., 2002. *Inracoastal Spread of Fouling Organisms by Recreations Vessels*.
13. FLOERL, O., INGLIS, G., 2003. Boat harbour design can exacerbate hull fouling. *Austral Ecol.* 28, 116–127. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2003.01254.x>
14. HEGER, T., TREPL, L., 2003. Predicting Biological Invasions. *Biol. Invasions* 5, 301–309. <https://doi.org/10.1023/B:BINV.0000005568.44154.12>
15. IMO, 2020. *Fourth IMO GHG Study 2020*.
16. IMO, 2012. *Guidance for minimizing the transfer of invasive aquatic species as biofouling (hullfouling) for recreational craft*. MEPC. 1/CIRC. 792, International Maritime Organization. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/MEPC.1-Circ.792.pdf> (accessed 10.14.22)
17. IMO, 2001. *Adoption of the Final Act of the Conference and Any Instruments, Recommendations and Resolutions Resulting from the Work of the Conference - International Convention on the Control of Harmful Anti-Fouling Systems on Ships*, 2001 28. <https://www.gc.noaa.gov/documents/afs-convention.pdf> (accessed 10.25.22)
18. MCCLARY, D., PASCHKE, P., REMPEL-HESTER, M.A., KNOWLEN, M., PINZA, M., 2017. *Washington State Vessel-Related Biofouling Management 6-Year Strategic Plan [WWW Document]*. Wash. Dep. Fish Wildl. URL <https://wdfw.wa.gov/publications/02252> (accessed 8.16.22).
19. MINCHIN, D., GOLLASCH, S., 2003. Fouling and Ships' Hulls: How Changing Circumstances and Spawning Events may Result in the Spread of Exotic Species. *Biofouling* 19, 111–122. <https://doi.org/10.1080/0892701021000057891>
20. Ministry for Primary Industries, 2018a. *Biofouling on Vessels Arriving to New Zealand* 10
21. Ministry for Primary Industries, 2018b. *Guidance Document for the Craft Risk Management Standard for Biofouling* 31
22. MOSER, C.S., WIER, T.P., GRANT, J.F., FIRST, M.R., TAMBURRI, M.N., RUIZ, G.M., MILLER, A.W., DRAKE, L.A., 2016. Quantifying the total wetted surface area of the world fleet: a first step in determining the potential extent of ships' biofouling. *Biol. Invasions* 18, 265–277. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-1007-z>
23. MURRAY, C., LYNNE, C., 2012. *The role of recreational boating in the introduction and spread of marine invasive species*. University of British Columbia. <https://doi.org/10.14288/1.0053492>
24. NAKAO, M., 1988. Senpaku no toso to torio (Coating and paint for ships). *Ship Technol. Soc.* 85–87
25. PIOLA, R.F., DAFFORN, K.A., JOHNSTON, E.L., 2009. The influence of antifouling practices on marine invasions. *Biofouling* 25, 633–644. <https://doi.org/10.1080/08927010903063065>
26. Schultz, M.P., Swain, G.W., 2000. The influence of biofilms on skin friction drag. *Biofouling* 15, 129–139. <https://doi.org/10.1080/08927010009386304>
27. SIMARD, NATHALIE, PELLETIER-ROUSSEAU, M., CLARKE MURRAY, C., MCKINDSEY, C., THERRIAULT, T., LACOURSIÈRE-ROUSSEL, A., BERNIER, R., SEPHTON, D., DROLET, D., LOCKE, A., MARTIN, J., DRAKE, A., MCKENZIE, C., 2017. *National Risk Assessment of Recreational Boating as a Vector for Marine Non-indigenous Species*

28. SONG, S., DEMIREL, Y.K., ATLAR, M., 2019. *An investigation into the effect of biofouling on the ship hydrodynamic characteristics using CFD.* *Ocean Eng.* 175, 122–137. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2019.01.056>
29. STENSON, P., KIDD, B., CHEN, H., FINNIE, A., RAMSDEN, R., 2014. *Predicting the impact of hull roughness on the frictional resistance of ships*, in: *International Conference on Computational and Experimental Marine Hydrodynamics. Presented at the (MARTHY 2014 Conference Proceedings)*, Chennai, India, pp. 44–5
30. SYLVESTER, F., KALACI, O., LEUNG, B., LACOURSIÈRE-ROUSSEL, A., MURRAY, C.C., CHOI, F.M., BRAVO, M.A., THERRIAULT, T.W., MACISAAC, H.J., 2011. *Hull fouling as an invasion vector: can simple models explain a complex problem?* *J. Appl. Ecol.* 48, 415–423. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01957.x>
31. TOWNSIN, R.L., 2003. *The Ship Hull Fouling Penalty.* *Biofouling* 19, 9–15. <https://doi.org/10.1080/0892701031000088535>
32. ULMAN, A., FERRARIO, J., FORCADA, A., SEEBENS, H., ARVANITIDIS, C., OCCHIPINTI-AMBROGI, A., MARCHINI, A., 2019. *Alien species spreading via biofouling on recreational vessels in the Mediterranean Sea.* *J. Appl. Ecol.* 56, 2620–2629. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13502>
33. ÜNAL, U., ÜNAL, B., ATLAR, M., 2012. *Turbulent boundary layer measurements over flat surfaces coated by nanostructured marine antifoulings*
34. UNCTAD, 2021. *Informe sobre el Transporte Marítimo 2021*», Naciones Unidas editada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, p 31
35. YEGINBAYEVA, I.A., ATLAR, M., 2018. *An experimental investigation into the surface and hydrodynamic characteristics of marine coatings with mimicked hull roughness ranges.* *Biofouling* 34, 1001–1019. <https://doi.org/10.1080/08927014.2018.1529760>