



Implicación del Transporte Marítimo en la Contaminación de los Mares, desde el Mar Caribe hasta el Puerto de Gijón

Implication of Maritime Transport in the Pollution of the Seas, from The Caribbean Sea to the Port of Gijón

Verónica Soto López: UO60140@uniovi.es *Orcid.org: 0000-0002-4950-0108*

D. Menéndez-Teleña: UO244452@uniovi.es *Orcid.org:0000-0001-8954-356X*

Marlene Bartolomé: bartolomemarlene@uniovi.es *Orcid.org: 0000-0002-4702-7505*
Universidad de Oviedo, Departamento de Ciencia y Tecnología Náutica, España.

Resumen

Las especies exóticas invasoras están reconocidas como una de las mayores amenazas para los ecosistemas marinos. Los barcos y las actividades marítimas han sido identificados como los principales responsables de la entrada accidental de especies en el mundo marino. Las políticas de los países costeros se centran en la prevención temprana de dichas especies. El aumento del transporte marítimo ha hecho que la distribución de la distinta biota sea cada vez más rápida. Por ello, es evidente la necesidad de centrar los recursos en las políticas medioambientales portuarias. Las incrustaciones, fijación de biota en los cascos de los buques, es una de las principales causas del transporte de especies exóticas invasoras por todo el globo. El Puerto de Gijón es uno de los principales puertos marítimos del Arco Atlántico, con un movimiento anual de más de 20 millones de toneladas procedentes de todos los rincones del planeta, por ello dicho movimiento podría ser una de las causas de la introducción de especies invasoras en sus aguas. En este estudio, se ha evaluado la posible implicación de los buques procedentes del mar Caribe en la contaminación biológica marina por incrustaciones en el Puerto de Gijón. Para ello, se realiza una evaluación de riesgos fundamentada en el tráfico marítimo recibido en este puerto en el periodo 2004-2017.

Palabras clave: Transporte marítimo, biofouling, contaminación marítima, especies invasoras.

Abstract

Invasive alien species are recognised as one of the greatest threats to marine ecosystems. Ships and maritime activities have been identified as the main responsible for the accidental entry of species into the marine world. Policies in coastal countries focus on early prevention of such species. The increase in maritime transport has made the distribution of different biota increasingly rapid. Therefore, there is a clear need to focus resources on port environmental policies. Biofouling, the attachment of biota to the hulls of ships, is one of the main causes of the transport of invasive alien species around the globe. The Port of Gijón is one of the main maritime ports of the Atlantic Arc, with an annual movement of more than 20 million tonnes from all around the world, so this movement could be one of the causes of the introduction of invasive species into this waters. In this study, the possible involvement of ships from the Caribbean Sea in marine biological pollution by biofouling in the Port of Gijón



has been evaluated. For this purpose, a risk assessment is carried out based on the maritime traffic received in this port in the period 2004-2017.

Keywords: Maritime transport, biofouling, maritime pollution, invasive species, Caribbean Sea.

Introducción

Las invasiones biológicas marinas son consideradas actualmente una de las mayores amenazas para la biodiversidad y los ecosistemas marinos en todo el mundo [1]. Siempre ha existido un flujo de especies controlado de un territorio a otro mediante barreras naturales [2] y ello, hacía que hubiese un equilibrio natural de los ecosistemas tanto marino como terrestre. Pero en los últimos siglos, el transporte marítimo ha modificado dichas barreras naturales [3] y, por lo tanto, la distribución de muchas especies se ha incrementado de forma rápida y exponencial.

El transporte marítimo es esencial para la economía mundial teniendo en cuenta que alrededor del 90% de las mercancías se transportan por vía marina [4]. Este tipo de transporte ha incrementado la velocidad de dispersión de especies exóticas, provocando además un aumento en los costos y economía de los países receptores, los cuales deben afrontar por el impacto ocasionado por dichas especies en la pesca, la acuicultura y la economía local [5].

Se debe de tener en cuenta, alrededor de cien mil buques mercantes de arqueo bruto superior a 100 GT navegan por todo el mundo, moviendo alrededor de 10,7 millones de toneladas de mercancías de todo tipo [6]. Para el periodo 2019-2024 la Conferencia de la Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (Unctad, 2019) prevé una expansión del comercio marítimo internacional del 3.4% [4]. Ese aumento de tránsito global por vía marítima es uno de los motivos por los que ha aumentado también la distribución accidental de muchas especies exóticas marinas. Unas se trasladan introducidas en el agua de lastre, agua tomada del mar los buques mercantes para dar estabilidad y mejor maniobrabilidad. Mientras, otras lo hacen adheridas al casco de los buques mediante incrustaciones (biofouling).

Los ecosistemas marinos se enfrentan a constantes introducciones de nuevas especies, sobre todo en los puertos, las principales puertas de entrada de la biota marina no nativa, a través de incrustaciones y el agua de lastre [7]. Teniendo en cuenta que la erradicación es más difícil en las etapas tardías de la invasión que en las tempranas, se necesitan nuevas estrategias para la prevención y detección precoz de especies no nativas en los puertos [8].

Desde la Organización Marítima Internacional (OMI, 2019), se han desarrollado diferentes políticas para proteger los ecosistemas marinos, una de ellas es el convenio MARPOL 73/78, Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, cuyo foco se centra en la contaminación marina generada por el transporte marítimo. Incluye temas como los derrames de petróleo, el transporte de productos químicos, los sistemas anti incrustantes y la gestión del agua de lastre [9]. A pesar de la implementación de dichas políticas por parte de los estados miembros de la OMI y de todo el conocimiento disponible sobre las estrategias de detección y prevención



de la introducción de especies exóticas invasoras marinas, las estrategias adecuadas están lejos de ser usadas de manera efectiva dentro de los puertos.

Dos casos reconocidos internacionalmente, los cuales han modificado drásticamente la navegación a nivel mundial, son la apertura del canal de Suez en 1869, un canal artificial que une el mar Mediterráneo con el mar Rojo y de vital importancia para el abastecimiento europeo de petróleo y el comercio mundial en general. Permite la comunicación entre Europa con el sur de Asia, sin necesitar rodear el continente africano por el cabo de Buena Esperanza.

Y el otro es el canal de Panamá, vía de navegación interoceánica, une el mar Caribe con el océano Pacífico. Desde su inauguración en 1914, dicho canal ha conseguido reducir en distancia y tiempo la comunicación marítima e impulsando la economía a nivel mundial. Ha influido en la posible distribución recíproca de especies desde el Océano Pacífico al mar Caribe, de ahí a otros puntos del Océano Atlántico y viceversa.

Este estudio se orienta en la posible introducción (por incrustaciones) de especies no nativas, en las aguas del Puerto de Gijón (en la zona norte de España) a través de buques procedentes de puertos situados en las aguas del mar Caribe. Para este trabajo se ha partido del principio de que cuanto mayor es la frecuencia y el tiempo de estancia en puerto de un buque proveniente de un determinado lugar, mayores son los riesgos de introducción de especies exóticas en el área o puerto de descarga. Por otro lado, la similitud ambiental entre los puertos de origen y de destino, así como la ocurrencia de especies de riesgo en la región del puerto donante influye en gran medida en el aumento de dicho riesgo.

Objetivo General

Analizar los riesgos de introducción de especies invasoras desde puertos de la zona del mar Caribe hasta el Puerto de Gijón.

Objetivos Específicos

Analizar los datos del tráfico marítimo proveniente de la zona de estudio en el Puerto de Gijón.

Identificar las especies invasoras que han llegado al puerto de estudio en el casco de buques procedentes del mar Caribe.

Estudiar las similitudes de las condiciones para la supervivencia de las especies invasoras en el Puerto de Gijón en comparación con puertos similares.

Metodología

El estudio tipificó como descriptivo con un diseño documental, transversal, recolectando los datos directamente de documentos y bases de datos de donde se obtuvo toda la información relativa al tráfico marítimo, incluyendo datos relativos a las características, carga, descarga y los viajes realizados por todos los buques que llegaron a Gijón durante el periodo 2004 - 2017.



Los datos de mayor relevancia fueron consultados directamente en la página web <http://www.puertos.es/en-us>, gestionada por el Gobierno de España, donde se recogen las estadísticas del tráfico marítimo de cada uno de los puertos de España desde el 1962. La base de datos específica, creada por las autoridades portuarias de Gijón, contiene las operaciones de todos los buques que hicieron escala en el puerto. Para este estudio no se tomaron en cuenta todas las operaciones, solo aquellas implicadas en riesgos por incrustaciones. Además, el estudio se centró en los buques mercantes cuyo origen son puertos bañados por el mar Caribe y que hayan llegado al Puerto de Gijón en el periodo citado.

Fundamentación teórica

Tráfico Marítimo

Desde la antigüedad, la humanidad ha empleado las rutas marítimas para el tráfico y el comercio de mercancías entre las diferentes sociedades, creciendo a lo largo de los siglos debido a los avances de las tecnologías de navegación y especialización de las regiones para el traslado de las materias primas y otros productos. Actualmente, la sociedad de consumo y la globalización económica ha hecho del transporte marítimo la solución oportuna para el traslado de mercancías y la relación entre mercado, fabricante y productor.

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Transporte (Unctad, 2019), más del 90% del comercio mundial se transporta por mar, la demanda mundial de transporte marítimo creció en 2008 un 4,3% con relación al año anterior, hasta alcanzar los 7.745 millones de toneladas. La importancia estratégica del comercio marítimo se refleja en los datos del sector del transporte, fundamentalmente en lo que se refiere a barcos fletados y toneladas de peso muerto de los mismos (tpm ó dwg) o capacidad de carga de un barco.

Especies Invasoras

Las especies exóticas invasoras son especies introducidas de forma natural, accidental o intencionada en un medio que no es el suyo y que, después de cierto tiempo, consiguen adaptarse al él y colonizarlo. Estas especies son la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el mundo, según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2019). Las especies exóticas invasoras, como el pez león rojo, representan una amenaza para la biodiversidad del planeta.

La globalización nos acerca a otros lugares, culturas y personas, pero también a especies animales y vegetales tan dañinas para la biodiversidad como el avispon asiático gigante (*Vespa mandarinia*), que llegó por sorpresa a Norteamérica en 2019. Estas incursiones son cada vez más frecuentes y una de las principales amenazas para la supervivencia de un millón de especies en el mundo, tal y como advierte la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES).

Se introducen en los territorios, adaptándose para su reproducción e invadiendo el hábitat, causando impactos en la biodiversidad, la salud o la economía, actuando como

depredadores que imposibilitan el desarrollo de las especies nativas, modificando física y químicamente el suelo, compiten por el alimento y el espacio, introducen nuevos parásitos y enfermedades.

Las especies invasoras viajan por todo el mundo siguiendo las rutas más insospechadas, instalándose a miles de kilómetros de sus ambientes naturales, lo cual puede ocurrir por la intervención intencional o no de las personas, o por fenómenos naturales, tales como: compraventa de plantas y animales exóticos; tráfico ilegal de especies; Turismo; Caza y pesca deportiva; Transporte y comercio internacional; Liberación, escape o abandono de mascotas; Peletería y cultivos.

Contaminación Marina

Durante años se vertieron a los mares toda clase de químicos, aguas residuales sin tratamiento, así como residuos radiactivos, con la creencia de que el fondo de los mares los desaparecería. Por los volúmenes de agua que conforman los océanos y mares, hasta los años 70 se suponía que tenían la capacidad de diluir todos los materiales contaminantes lanzados y por tanto no causaban daños al medio ambiente.

Sin embargo, estos materiales contaminantes se fueron acumulando, tanto en el fondo como en la superficie de océanos, mares y ríos, distribuyéndose por todos los continentes y llegado a lugares donde la actividad humana no está tan presente, como la fosa de las Marianas o la Antártida.

Puerto de Gijón (Golfo de Vizcaya)

El Puerto de Gijón, situado en el Golfo de Vizcaya, (Figura 1) es el puerto líder en el movimiento de graneles sólidos de España [10] y la principal entrada de carga internacional en el noroeste de la Península Ibérica. Destacan las operaciones de descarga tanto de graneles líquidos como las de carga de cemento y tráfico de mercancía general, mediante el transporte de contenedores.

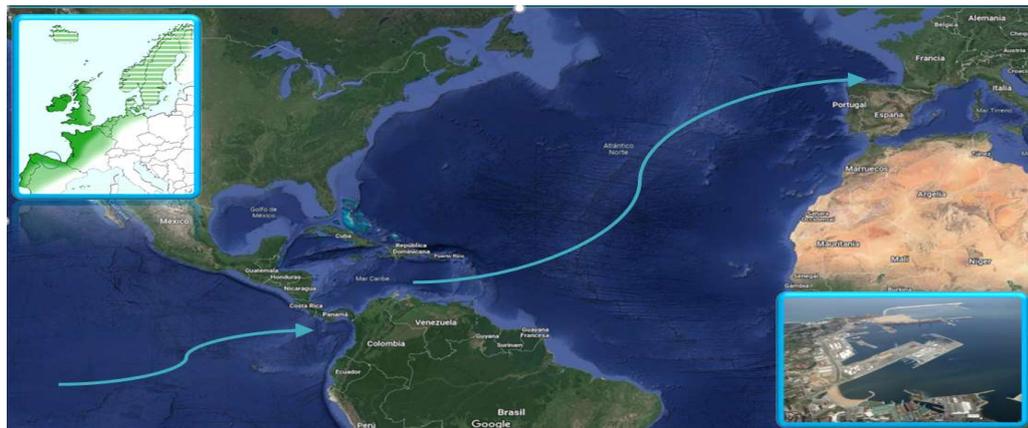


Figura 1: Situación el puerto de Gijón.

Fuente: Elaboración propia.



Este puerto cuenta con 7.000 metros lineales de atraque distribuidos en cuatro terminales y por las dimensiones de sus muelles, pueden atracar buques de hasta 300 metros de eslora. Los buques que llegan a Gijón proceden de lugares muy diversos del globo como Venezuela, Colombia, Holanda, Marruecos, Brasil, Sudáfrica, Australia entre otros, contribuyendo a ser uno de los causantes de la introducción de especies invasoras en nuestras costas.

Resultados

Tráfico marítimo proveniente de la zona de estudio. Riesgo de contaminación por agua de lastre e incrustaciones

Los vectores más importantes de contaminación marina ocasionada por los buques son el agua de lastre y las incrustaciones. En el caso del agua de lastre, en base a los datos proporcionados por los informante del Puerto de Gijón se determinó, no existen buques procedentes de la zona de estudio que lleguen a Gijón con agua de lastre. Los buques procedentes de mar Caribe arriban solo para descargar mercancías, razón por la cual este estudio se focalizó en el análisis del riesgo generado por incrustaciones.

Para calcular el riesgo de contaminación por incrustación se tomaron en cuenta todos los buques que acudieron a las operaciones de descarga o de tránsito y descarga. Las variables utilizadas para determinar dicho riesgo fueron: la superficie del buque en contacto con el agua, obra viva y el tiempo de permanencia de los buques en el puerto. Se eligieron estos parámetros considerando, a mayor superficie del buque más alta es la posibilidad de la adherencia de las incrustaciones, por tanto, mayor riesgo de traslado de especies. Por otro lado, cuanto más tiempo de permanencia del buque en el puerto, mayor tiempo para las especies dispersarse por la zona de estudio, reproducirse y ocasionar el desplazamiento de especies nativas.

Motivado a que los datos recolectados del Puerto de Gijón no se mostraba el valor de la obra viva de los buques, se procedió a calcular en función de las tonelaje bruto o Gross Tonnage (GT siglas en inglés) del buque una medida adimensional que indica el volumen de todos los espacios internos del buque, utilizado en el ámbito marino como medio para clasificar los buques comerciales. Cuanto mayor sea el valor de GT, mayor será la superficie del buque, por tanto, del casco en contacto con el agua.

En cuanto al parámetro tiempo, como ya se mencionó, cuanto mayor sea el tiempo de permanencia del buque en el puerto, mayor posibilidad de propagación y establecimiento en la zona de Gijón de las especies que llegaron adheridas al casco. Por tanto, la unidad empleada para el cálculo del riesgo fue "GT x t", tonelaje bruto (GT) multiplicado por el tiempo (t) en días de estancia en puerto.

En la figura 2 se pueden observar los puertos con mayor riesgo de incrustaciones, teniendo en cuenta los parámetros de GTs por tiempo de estancia en puerto. Para ello se representan los nombres de los puertos que generan más riesgo por incrustaciones, precedidos de dos letras correspondientes a la lista de nombres de países de los puertos (nombre oficial abreviado en inglés según la norma ISO 3166-1) [11]. Además, se

representa con la letra “D” el tipo de operación realizada por el buque en el puerto, en este caso “descarga”.

En la misma figura también se representan los puertos con mayor riesgo de contaminación por biofouling de los países de Sudamérica y Centroamérica. Puesto que el estudio se centra en las aguas del Mar Caribe se consideraron los puertos de Colombia: Puerto Bolívar, Drummond, Prodeco, Santa Marta, Puerto Colombia, y de Venezuela: Lago de Maracaibo y Puerto Ordaz. Como se puede apreciar, los de mayor riesgo son Drummond, Prodeco y Puerto Bolívar, por ser puertos exportadores de grandes cantidades a granel de sólidos que descargan su mercancía en Gijón.

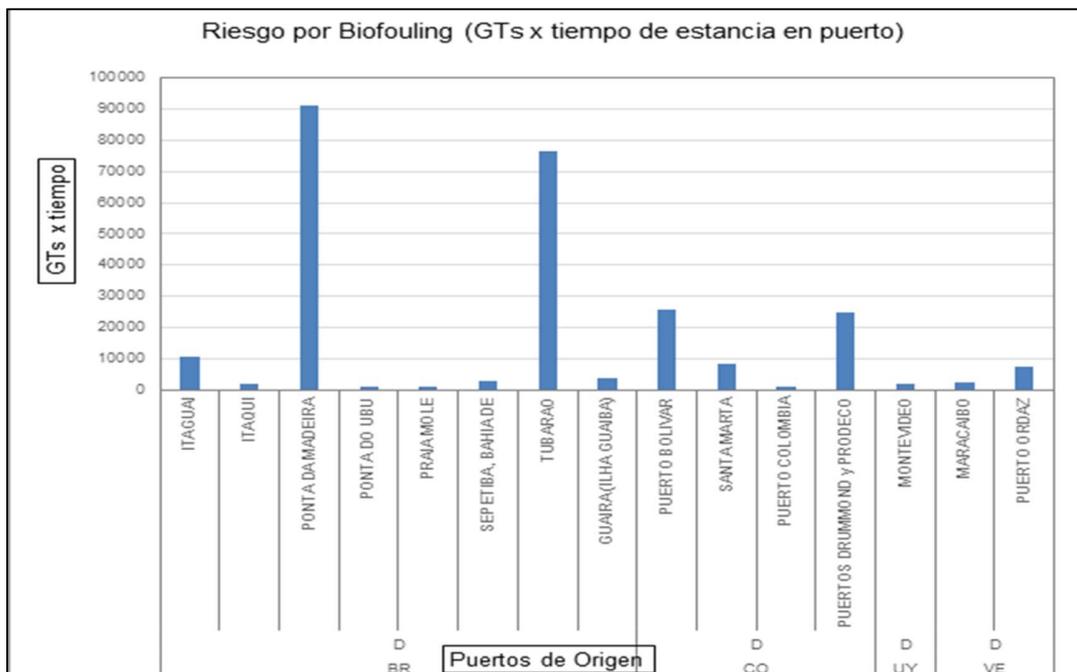


Figura 2: Puertos con más riesgo por biofouling.

Fuente: Elaboración propia

Especies invasoras existentes en las zonas con más riesgo de ser transportadas al Puerto de Gijón.

Teniendo en cuenta que el principal objetivo de este trabajo fue analizar los riesgos de introducción de especies marinas desde puertos de la zona del mar Caribe hasta la región receptora, en primer lugar, se estudiaron los puertos de origen de buques con mayor riesgo. Y, en segundo lugar, se identificaron las especies exóticas invasoras existentes en las zonas con más riesgo de ser transportadas a la región receptora.

Para ello, se realizó la búsqueda y revisión online las bases de datos disponibles de ámbito internacional gratuitas. En este caso se seleccionó la base de datos GISD, Global



Invasive Species Database (<http://www.iucngisd.org/gisd/>) por su mayor alcance geográfico en comparación con otras similares. Esta base de datos está gestionada por el Grupo de Especialistas en Especies Invasoras (ISSG) de la Comisión de Supervivencia de Especies de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

La plataforma permite seleccionar y afinar la búsqueda de especies por medio de parámetros taxonómicos, categorizándolas en: animales, plantas, bacterias, virus, cromista, hongos, promista o virus. Para elegir la localización de los animales o plantas se organizó por regiones, países, mares u océanos, a fin de obtener una búsqueda con mejor resultado.

El ámbito geográfico es mundial y la búsqueda puede realizarse por grupos taxonómicos, ubicación geográfica, sistema (agua dulce, terrestre, marina), vía, impacto y gestión, como: agua dulce; marina; terrestre; salobres; marina / agua dulce / salobre; terrestre / agua dulce / marina; marino / terrestre; agua dulce / terrestre. Las vías e introducción permitidas son muy variadas, por ejemplo, transporte-almacenamiento, vía de liberación o esclusas.

En la tabla 1 se detallan los parámetros utilizados para la realización de este estudio. Se escogieron animales y plantas por ser las especies con mayor probabilidad de ser transportadas por incrustaciones adheridas al casco. Puesto que algunos puertos se encuentran en ríos o estuarios se tienen en cuenta aguas salobres. Como medio de transporte, además de tener en cuenta el riesgo de contaminación por biofouling, se añade el parámetro esclusas por la influencia del canal de Panamá en el Mar Caribe.

Tabla 1

Parámetros utilizados en la base de datos GISD para este estudio

Taxonomía	Animales y plantas
Localización	Puerto de origen del buque (Mar Caribe / Colombia / Venezuela / Uruguay / Brasil)
Tipo de medio	Marina / agua dulce / salobre
Medio de transporte	Incrustaciones y esclusas

Fuente: Elaboración propia (2019)

Poniendo el foco del estudio en los puertos ubicados en el mar Caribe, se puede observar la existencia de tres especies exóticas invasoras. *Acanthophora spicifera* procedente de las Islas Aves, situada al sureste de Puerto Rico; *Perna viridis* de la Laguna del Parque Nacional La Arestinga, ubicada en el estado Nueva Esparta; y por último, *Geukensia demissa*, la cual solo se encuentra en las aguas del Lago de Maracaibo, al occidente de Venezuela. Las especies *Acanthophora spicifera* y *Perna viridis* están extendidas por toda la costa de Venezuela.

La *Acanthophora spicifera* es una macroalga, la cual crece hasta 40 cm de altura. Su desarrollo y color depende de si se localiza en zonas de gran movimiento o en zonas de movimientos más moderados, así como de la profundidad y fondo donde se encuentre. Es



nativa del mar Caribe, pero estudios de la zona de Panamá han reportado el desplazamiento de la especie hacia otros hábitats, al ser consumida por peces, erizos y cangrejos [12].

El *Perna viridis* es un molusco originario de la región de Asia-Pacífico, una especie exótica invasora que se cosecha como recurso alimentario principalmente en la zona de Jamaica y Venezuela. La introducción de este molusco en esta zona se presume, fue por la acumulación del mismo en el casco de buques mercantes que cruzaron el canal de Panamá. Esto produjo su traslado de manera accidental a otros territorios marinos [13]. Tiene una alta capacidad de rápido crecimiento haciendo peligrar la zona donde se introduce, ya logra desplazar a las especies nativas.

Por último, el *Geukensia demissa*, un molusco nativo de América del Norte, una especie exótica invasora en México y Venezuela. Su hábitat son zonas de marismas en su nivel más bajo. Esta especie, es un bio-indicador de la contaminación, la calidad del agua, por lo cual es muy utilizado para llevar a cabo estudios de evaluación de contaminación [14]. No compete con especies nativas por el espacio, pero si por la alimentación, son capaces de filtrar gran cantidad de agua y alimentos.

A continuación, en la tabla 2 donde se muestran el reino y filo al cual pertenecen, así como el origen geográfico de las tres especies anteriormente detalladas.

Tabla 2

Especie, reino, filo y origen geográfico de las especies exóticas invasoras a estudio

Especie	Reino	Filo	Origen Geográfico
<i>Acanthophora spicifera</i>	Planta	Microalga	Islas Aves / Venezuela/ Colombia / Panamá / Brasil / Costa Rica
<i>Perna Viridis</i>	Animal	Rodofita	Laguna de La restinga (Parque Nacional, Venezuela)
<i>Geukensia demissa</i>	Animal	Molusco	Lago de Maracaibo/Venezuela

Fuente: Elaboración propia.

Condiciones para la supervivencia de las especies invasoras en el Puerto de Gijón en comparación con puertos similares.

Para que las especies a estudio identificadas tras introducir los parámetros en el GISD sobrevivan y lleguen a ser especies exóticas invasoras, deben estar en unas condiciones ambientales óptimas para establecerse y llegar a reproducirse. Esto genera la necesidad de estudiar las similitudes entre el clima de origen y el de destino. Para ello, se estudiaron las condiciones ideales de supervivencia de las especies encontradas, como la temperatura y salinidad del Puerto de Gijón para su comparación con puertos similares con mayor riesgo por incrustaciones.

Las tres especies nombradas anteriormente, podrían haber llegado a las aguas del Puerto de Gijón transportadas en el casco de alguno de los buques que arribaron en



sus aguas con dicho origen en el periodo estudiado, pero dichas especies, necesitan ciertas condiciones ambientales para sobrevivir y proliferar en un nuevo medio. En la tabla 3 se representan los parámetros de temperatura (°C) y salinidad (psu) de las tres especies a estudio.

Tabla 3

Parámetros de temperatura y salinidad de las especies a estudio.

Especie	Temperatura (°C)		Salinidad (Unidad práctica de salinidad, psu)	
	Nivel de supervivencia Media	Nivel de supervivencia Alto	Nivel de supervivencia Media	Nivel de supervivencia Alto
<i>Acanthophora spicifera</i>	20° C - 25° C	25° C - 30° C		30 - 35 psu
<i>Perna viridis</i>	20° C - 25° C	25° C - 30° C	25 - 30 psu	30 - 35 psu
<i>Geukensia demissa</i>	15° C - 20° C	10° C - 15° C	20 - 25 psu	30 - 35 psu

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 3, las temperaturas del agua de mar en el Puerto de Gijón en el periodo de estudio fueron 10,2 °C mínima y 24,4 °C de temperatura máxima [15]. Con relación a la salinidad en el Puerto de Gijón, su rango en el periodo de estudio estaba entre 32,95 a 36,69 psu. Se observa, las temperaturas de nivel de supervivencia alto de la *Acanthophora spicifera* y del *Perna viridis* están lejos de coincidir con las temperaturas del Puerto de Gijón mientras, la especie el *Geukensia demissa* se acerca a ellas. Por otro lado, los parámetros de salinidad de las tres especies estarían cercanos al rango de salinidad del puerto.

Tras el análisis de la situación de las aguas del Puerto de Gijón mediante muestras realizadas por buzos en el estudio de Ibabe [16] se ha podido demostrar que si las especies de moluscos *Geukensia demissa* y *Perna viridis* y la especie de macroalga *Acanthophora spicifera* fueron trasladadas en el casco de algún buque proveniente de las aguas de Venezuela, no han llegado a ser especies exóticas invasoras en las aguas del Puerto de Gijón.

Conclusiones

Mediante el presente estudio se analizaron los riesgos de introducción de especies invasoras por incrustaciones en el Puerto Internacional de Gijón, a través de las estadísticas de las operaciones de carga y descarga durante el periodo comprendido entre 2004 y 2019, obteniéndose las siguientes conclusiones.



Aunque las especies de moluscos *Geukensia demissa* y *Perna viridis* y la especie de macroalga *Acanthophora spicifera*, no son para el momento de realización del presente estudio las especies exóticas invasoras en las aguas del Puerto de Gijón, se pudo observar la llegada y atraque diario de buques procedentes de las latitudes estudiadas, por lo que se hace apremiante, mantener vigilancia activa y permanente de este vector de transmisión de especies marinas.

La investigación corroboró la introducción de especies invasoras por incrustaciones a nivel mundial. Por ello, se hace evidente la necesidad de desarrollar e implementar herramientas eficaces de detección temprana en los diferentes puertos, siguiendo las recomendaciones dadas por la Organización Marítima Internacional, así como con los estándares de la economía azul que persiguen la explotación los recursos naturales de manera sostenible y la protección del medio ambiente.

Mediante la realización de seguimientos periódicos por parte de las autoridades nacionales, es posible evaluar el estado ambiental de estos ecosistemas acuáticos y, de esta forma, desarrollar estrategias para evitar un mayor deterioro y pérdida de biodiversidad a nivel mundial. La combinación de estos métodos puede hacer que se produzca un descenso de la propagación de especies exóticas invasoras y reducción en las pérdidas económicas y materiales producidas por ello.

Referencias Bibliográficas

- [1] J. L. Molnar, R. L. Gamboa, C. Revenga, y M. D. Spalding, «Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity», *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, n.o 9, pp. 485-492, 2008, doi: 10.1890/070064.
- [2] D. M. Richardson y P. Pyšek, «Elton, C.S. 1958: The ecology of invasions by animals and plants. London: Methuen», *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 31, n.o 6, pp. 659-666, dic. 2007, doi: 10.1177/0309133307087089.
- [3] J. Kotta, K. Nõomaa, R. Puntila, y H. Ojaveer, «Shipping and natural environmental conditions determine the distribution of the invasive non-indigenous round goby *Neogobius melanostomus* in a regional sea», *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 169, 2015, doi: 10.1016/j.ecss.2015.11.029.
- [4] Conferencia de la Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (Unctad, 2019). Informe Sobre El Transporte Marítimo 2019, p. 136.
- [5] L. J. Olson, «The Economics of Terrestrial Invasive Species: A Review of the Literature», *Agric. resour. econ. rev.*, vol. 35, n.o 1, pp. 178-194, abr. 2006, doi: 10.1017/S1068280500010145.
- [6] Exponav (2020). Flota Mundial por Pabellones: ¿Cuántos Buques Mercantes de Transporte navegan actualmente. Consultado en línea en nov. 07, 2020. <https://www.exponav.org/flota-mundial-por-pabellones-cuantos-buques->



- [7] A. L. Nunes, S. Katsanevakis, A. Zenetos, y A. C. Cardoso, «Gateways to alien invasions in the European seas», *Aquatic Invasions*, vol. 9, n.o 2, pp. 133-144, 2014, doi: 10.3391/ai.2014.9.2.02.
- [8] S. Ujiyama y K. Tsuji, «Controlling invasive ant species: a theoretical strategy for efficient monitoring in the early stage of invasion», *Sci Rep*, vol. 8, n.o 1, p. 8033, dic. 2018, doi: 10.1038/s41598-018-26406-4.
- [9] C. Brookman, «IMO Environmental Regulations—Is There a Case for Change the Standard Entry-into-Force Requirements?», *Marine Technology*, vol. 39, pp. 232-238, oct. 2002, doi: 10.5957/mt1.2002.39.4.232.
- [10] Autoridad Portuaria de Gijón (2019). El Puerto de Gijón - Autoridad Portuaria de Gijón, Puerto de Gijón -. <https://www.puertogijon.es/puerto/>
- [11] ISO (2020). 1292428778575-CODIGOS_ISO_3166_1.pdf. Accedido: nov. 04, 2020. Disponible en línea: https://www.mjusticia.gob.es/es/Ciudadano/Registros/Documents/1292428778575-CODIGOS_ISO_3166_1.PDF
- [12] J. A. Kilar y J. McLachlan, «Ecological studies of the alga, *Acanthophora spicifera* (Vahl) Børg. (Cerámiales: Rhodophyta): Vegetative fragmentation», *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 104, n.o 1, pp. 1-21, 1986, doi: [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(86\)90094-8](https://doi.org/10.1016/0022-0981(86)90094-8).
- [13] C. Sliwa y N. Bax, «National Introduced Marine Pest Information System (NIMPIS)», p. 23.
- [14] M. Torchin, K. Lafferty, A. Dobson, V. McKenzie, y A. Kuris, «Introduced species and their missing parasites», *Nature*, vol. 421, pp. 628-30, mar. 2003, doi: 10.1038/nature01346.
- [15] Puertos (2020). Predicción de oleaje, nivel del mar. Boyas y mareografos |Consultado en línea en nov. 04, 2020 <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>
- [16] A. Ibabe et al. (2020). Building on Gambi in ports for a challenging biological invasions scenario: Blue-gNIS as a proof of concept, *Marine Environmental Research*, vol. 169, p. 105340. Consultado en línea mayo 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2021.105340>