

LIFE IP INTEMARES

Informe de Impactos de Especies Alóctonas e Invasoras en
la RN2000

18/04/2022



ÍNDICE

Resumen ejecutivo	3
Executive summary	6
1. Introducción	9
2. Objetivos	11
3. Metodología	12
4. Resultados y discusión	13
A. Registros totales de EAI en espacios marinos de la RN2000.	14
B. Evaluación preliminar de impacto a partir del número de especies registradas.	22
C. Principales impactos.	28
D. Lagunas de conocimientos y futuros estudios	29
5. Agradecimientos	32
6. Referencias	32

ANEXO I: Presencia de EAI en espacios de la Red Natura 2000

Autores del informe: Robert Comas González, Guillermo Follana Berná, Lydia Png González, Matías Calvo Manazza, , Aina Carbonell Quetglas.

Centro Oceanográfico de Baleares IEO-CSIC

Primer informe de impactos, 2022.

Investigadora Principal: Dra. Aina Carbonell Quetglas.

Citar como:

Comas-González, R., Follana-Berná, G., Png-González, L., Calvo-Manazza, M., y Carbonell Quetglas, A.- 2021. Informe de Impactos de Especies Alóctonas e Invasoras en la RN2000. Informe proyecto LIFE IP INTEMARES (LIFE15 IPE/ES/000012). Instituto Español de Oceanografía (IEO-CSIC) – Centro Oceanográfico de Baleares. Coordinación: Fundación Biodiversidad, Madrid, 34 pp.

El proyecto LIFE IP INTEMARES, que coordina la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, avanza hacia un cambio de modelo de gestión eficaz de los espacios marinos de la Red Natura 2000, con la participación activa de los sectores implicados y con la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

Participan como socios el propio ministerio, a través de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación; la Junta de Andalucía, a través de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, así como de la Agencia de Medio Ambiente y Agua; el Instituto Español de Oceanografía; AZTI; la Universidad de Alicante; la Universidad Politécnica de Valencia; la Confederación Española de Pesca, SEO/BirdLife y WWF-España. Cuenta con la contribución financiera del Programa LIFE de la Unión Europea.

Resumen ejecutivo

Este informe se enmarca en la “Subacción C.1.5.a: Acciones para el control de especies alóctonas”, del proyecto “LIFE IP INTEMARES”. Da respuesta a los objetivos del punto “C.1.5.a-1: Desarrollo de un sistema de información (SI) sobre especies alóctonas y ejecución de 2- campañas exploratorias de caracterización de la distribución de especies alóctonas en espacios marinos protegidos”. El objetivo general de esta acción, es recabar información basada en el mejor conocimiento y las mejores prácticas disponibles para diseñar medidas innovadoras en materia de análisis de riesgos, prevención, detección temprana y erradicación rápida de especies alóctonas, principalmente las invasoras, con el fin de disponer de herramientas de control específicas en las áreas de la Red Natura 2000 (RN 2000) en el medio marino.

En diciembre de 2020 (actualizado en mayo de 2021), se elaboró el “Informe sobre el estado actual de conocimiento de las Acciones para el control de especies alóctonas”. En este informe, se presentó el primer borrador de fichas descriptivas de especies con potencial invasor, elaboradas para responder al objetivo del desarrollo de un SI de Especies Alóctonas e Invasoras (EAI). A partir de esa puesta en marcha, la información se ha ido ampliando y actualizando a través de la incorporación de registros de EAI de todo el litoral español a lo largo de los años, en una base de datos (BD). Esta BD, se ha desarrollado dentro del propio proyecto LIFE IP INTEMARES y del proyecto para la evaluación del Descriptor 2 de los impactos de las EAI bajo la dirección de la Directiva Marco de las Estrategias Marinas de la Unión Europea para la evaluación del Buen Estado Ambiental del medio marino (BEA) y sirve para dar respuesta a las diferentes demandas de información (nacionales e internacionales) de la presencia, dispersión, impactos y medidas de control de EAI en España.

El presente informe se ha elaborado con la finalidad de establecer la situación sobre el conocimiento de la introducción y distribución de EAI en espacios de la RN2000. El estudio pone especial atención a aquellas EAI introducidas por actividades humanas (mayoritariamente mediante el transporte en aguas de lastre de los barcos, bioincrustaciones en los cascos de barcos y el transporte en huéspedes y contaminación por la acuicultura).

Las especies que naturalmente aumentan su área de distribución no se tienen en cuenta. Sin embargo, las especies que se propagan a las áreas vecinas por medios naturales después de la introducción (dispersión secundaria), si se consideran también en el análisis de EAI.

Para el presente estudio, se ha utilizado la información de la que se dispone en la BD, que se actualiza periódicamente con datos provenientes tanto de campañas del propio Instituto Español de Oceanografía, como de publicaciones científicas y portales de datos estatales o regionales. Los datos de la BD son validados periódicamente por expertos nacionales y se coordinan con la información de plataformas internacionales a nivel europeo (OSPAR, UNEP/IMAP SPA/RAC). A partir de estos datos, con el uso de software de SIG (QGIS) y software de tratamiento y análisis de datos (R), se ha analizado el estado actual de los espacios marinos de la RN2000 en cuanto a presencia y distribución de EAI. Para ello, se han analizado parámetros como el número de registros totales o el número de especies registradas en cada espacio RN2000.

Los resultados muestran una desigual presencia de EAI en función del grupo taxonómico, siendo las macroalgas el grupo con mayor presencia y distribución, con especial destaque de *Caulerpa cylindracea*. Se observan también claras diferencias entre zonas geográficas, siendo la costa Mediterránea, en concreto la demarcación Levantino-Balear, la que presenta una mayor concentración de registros de EAI en espacios de la RN2000. No obstante, cabe destacar en estos resultados dos limitaciones. Por un lado, se hace evidente el desigual flujo de datos desde las instituciones (gobiernos, institutos de investigación, universidades, etc.) de las diferentes regiones, lo cual incrementa la subestimación de muchos de los espacios analizados. Por otro lado, existen sesgos en el desarrollo de los muestreos, siendo que, por ejemplo, determinadas regiones y zonas de la RN2000 son más susceptibles a ser muestreadas que otras, por el interés de los ecosistemas presentes, la facilidad de muestreo, etc. A todo ello, hay que añadir la falta de estandarización en la recogida de datos en muchos casos, lo que dificulta el uso de información más allá de parámetros de presencia/ausencia.

En resumen, el presente estudio, además de analizar y mostrar el estado actual de conocimiento de EAI en las costas españolas, sirve también de guía para abordar las lagunas de conocimiento y proponer mejoras de coordinación para futuros estudios e implementación de nuevas medidas de control. Se hace especial hincapié en establecer una coordinación entre programas de muestreo de biodiversidad con muestreos dirigidos a la detección de EAI, de forma que los primeros, sean a su vez, un primer paso para la detección temprana de EAI. La información que se presenta en el informe, ha servido también de base para la actualización y ampliación de las fichas descriptivas.

Adicionalmente, se ha recopilado información sobre potenciales impactos de las especies con mayor distribución en la RN2000, con el objetivo de establecer el punto de partida para un análisis de riesgos de especies y/o grupos taxonómicos que podrían ser potenciales invasores.

Paralelamente, se presentan los informes de las campañas NIS_LIC_MENORCA_0721 y NIS_RAS_0721, que han servido como primeras campañas piloto, tanto para el propio seguimiento de EAI en la RN2000, como para analizar la adecuación de seguimientos de biodiversidad ya establecidos, para la detección de EAI. Dichos informes se presentan como documentos de verificación.

Executive summary

This report is part of "Sub-action C.1.5.a: Actions for the control of non-native species", within the "LIFE IP INTEMARES" project. Specifically, it responds to the objectives of point "C.1.5.a-1: Development of an information system (IS) on alien species and execution of exploratory campaigns to characterize the distribution of alien species in the sea".

The general objective of this action is to collect information based on the best knowledge and best practices available, to design innovative measures in terms of risk analysis, prevention, early detection and rapid eradication of non-native species, mainly invasive species, in order to have specific control tools in the areas of the Red Natura 2000 (RN 2000), in the marine environment.

In December 2020 (with an update in May 2021), was made the "Report on the current state of knowledge of the Action for the control of non-native species". In this report, the first draft of descriptive sheets of species with invasive potential was presented, to respond to the objective of developing an IS on Non-Indigenous Species (NIS - EAI in Spanish). Since the start-up, the information has been extended and updated, through the incorporation of NIS records of the entire Spanish coast over the years, in a database (DB). This DB has been developed within the project itself and under the assessment of Descriptor 2 (impacts of NIS) for the EU Management Strategy Directive Framework for the assessment of the Good Environment State (GES) of European Seas and serves to respond to the different demands for information (national and international) on the presence, dispersion, impacts, and control measures of marine NIS in Spain.

This present report has been made with the purpose of establishing the situation, regarding the knowledge of the introduction and distribution of NIS in the RN 2000 areas. The study pays special attention to those NIS introduced by human activities (mostly through transport by ship ballast water, bio-fouling on ship hulls, and host transport and contamination of aquaculture). Species that naturally increase their range are not taken into account. However, species that spread to neighbouring areas by natural means after introduction (secondary dispersal) are also considered NIS for the analysis.

For this study, the information available in the database has been used. This information is periodically updated with data from campaigns of the Spanish Institute of Oceanography (IEO - CSIC), as well as from scientific publications, and national or regional data portals. The data of the DB is periodically validated by national experts and is coordinated with information from international platforms at the European level (OSPAR, EEA, etc.). From these data, with the use of GIS software (QGIS), and data processing and analysis software (R), the current state of the RN2000 marine areas has been analysed in terms of the presence and distribution of NIS. To do this, parameters such as the number of total records or the number of species recorded in each RN2000 area, have been analysed.

The results show an unequal presence of NIS depending on the taxonomic group, with macroalgae being the group with the highest presence and distribution and, especially *Caulerpa cylindracea* standing out. The differences between geographical areas also stand out, with the Mediterranean coast, specifically the Levantine-Balearic Spanish marine region, presenting the highest concentration of EAI records in spaces of the RN2000. However, two limitations should be noted in these results. On the one hand, the unequal flow of data from the institutions (governments, research institutes, universities, etc.) of the different regions is evident, which increases the underestimation of many of the spaces analyzed. On the other hand, there are biases in the development of sampling, since, for example, certain regions and areas of the RN2000 are more likely to be sampled than others, due to the interest of the ecosystems present, the ease of sampling, etc. To all this, must be added the lack of standardization in data collection in many cases, which makes it difficult to use the information beyond presence/absence parameters.

In summary, this study, in addition to analysing and showing the current state of knowledge of NIS on the Spanish coast, also serves as a guide to address knowledge gaps and propose coordination improvements for future studies and implementation of new control measures. Special emphasis is placed on establishing coordination between biodiversity sampling programs with samplings focused on the detection of NIS, so that the former are, in turn, a first step for the early detection of NIS.

The information presented in the report has, in turn, served as the basis for updating and expanding the fact sheets, presented in Annex I.

Additionally, information about the potential impacts of the species with the greatest distribution in RN2000 areas, have been compiled with the aim of establishing the starting point for risk analysis of species and/or taxonomic groups, that could be potential invaders.

Parallel to this report, the reports of the NIS_LIC_MENORCA_0721 and NIS_RAS_0721 campaigns, are presented as verification documents. Those campaigns are the first pilot campaigns, and have served both for the NIS monitoring itself, and to analyze the adequacy of already established biodiversity monitoring, for the detection of NIS.

1. Introducción

Una especie alóctona es aquella que ha sido introducida de forma intencionada, o no, por causas principalmente antrópicas (IUCN, 1999). Estas especies, son consideradas invasoras si su población presenta elevados rangos de crecimiento y dispersión (Occhipinti-Ambrogi and Galil, 2004), o si su introducción causa (o tiene el potencial de causar) daños ambientales, económicos y/o para la salud humana (IUCN, 1999). La introducción de EAI, puede considerarse como un agente de biopolución en el medio marino, por ser un factor de perturbación en el ecosistema y por las consecuencias, tanto ecológicas como económicas, que ello puede conllevar (Elliot, 2003).

El objetivo de la Acción C.1.5a, del proyecto LIFE IP INTEMARES, es poner a disposición de las administraciones responsables de la gestión de las áreas de la Red Natura 2000 (RN2000), información de base sobre el estado actual y riesgos, en relación a las especies alóctonas, con especial atención a las potencialmente invasoras.

La actualización de datos de especies alóctonas e invasoras (EAI), se realiza de manera continua, registrando cualquier nueva información publicada y comprobando la validez de la información, mediante consultas con expertos en los diferentes filos.

Debido al desfase que existe entre la detección de una especie y el registro de esta en modo de publicación científica, se consideran los datos completamente actualizados, teniendo en cuenta que la actualización hasta la fecha es de la información disponible y validada hasta el momento.

Para las diferentes demarcaciones españolas, se observa una estabilización de la tasa de introducción de EAI en los últimos años. Analizando las listas de especies introducidas por demarcación en tres periodos, antes del año 2012, entre el año 2012 y 2017 y para el periodo 2018-2020, se da tendencia decreciente del número de nuevas introducciones.

El número de especies EAI en cada demarcación entre los años 2017 y 2020 fue para las demarcaciones Noratlántica y Sudatlántica, que corresponden a la subregión marina Atlántica de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina (DMEM) del "Golfo de Vizcaya y Costa

Peninsular Ibérica”, un total 149 especies con un aumento del 2% en relación al periodo 2012. Para las demarcaciones Levantino-Balear y Estrecho de Gibraltar-Alborán, correspondientes a la subregión marina de la DMEM del “Mediterráneo Occidental”, el número de especies fue de 202, con una tasa de incremento del 5% respecto al periodo anterior. En la demarcación Canaria se han registrado un total 211 EAI, subregión incluida en la región Macaronésica, y la actualización de la lista hasta el año 2017 llevó a aumentar aproximadamente un 30% el número de especies, y solo un especie más se ha registrado hasta el año 2020.

Existen diferencias entre las diferentes demarcaciones en la predominancia/dominancia de filos de EAI. Mientras, en la zona Atlántica los crustáceos son el filo predominante, seguido de las algas macrófitas; en el Mediterráneo son las algas macrófitas seguidas de los cordados los filum predominantes. Ello conlleva planteamientos específicos a la hora de analizar los riesgos de dispersión, y de abordar medidas de gestión en espacios de la RN2000, dependiendo del tipo de hábitats y especies y de las posibles respuestas a los efectos de la gestión.

Uno de los mayores problemas para la conservación de los Espacios Marinos Protegidos (EMP) es que las especies invasoras no pueden mantenerse fuera de ellos, que sin embargo son zonas preservadas con el objetivo de proteger hábitats naturales y especies vulnerables de las presiones humanas. Los EMP se contemplan como herramientas ambientales que sostienen ecosistemas marinos no dañados, y ayudan a reparar los dañados (Staeher et al., 2021).

A través de la competencia por los recursos y el espacio, la presencia de EAI puede alterar la composición de especies, las cadenas alimentarias, los ciclos biogeoquímicos y la calidad del agua. Estas presiones sobre el medio ambiente marino pueden tener impactos económicos y para la salud. Dichos efectos negativos están documentados para un subgrupo de EAI, catalogado como especies invasoras (RD 630/2013). Los impactos de éstas se conciben como una amenaza significativa para la biodiversidad marina mundial.

Debido a la dificultad en evaluar qué EAI tiene el potencial de volverse invasora, se han de tomar medidas para prevenir su introducción, ya que la eliminación posterior a la introducción es muy difícil de llevar a cabo. Por ello, la prevención es el enfoque de gestión más

rentable, evitando así las costosas y, en ocasiones, inefectivas medidas de erradicación (Dijkstra et al., 2017; Ewel & Putz 2004; Sambrook et al., 2014).

El objetivo general del presente informe es dar a conocer la situación actual de biopolución por EAI introducidas por actividades humanas en los espacios RN2000. El estudio se centra en las especies que se detectan fuera de su rango natural de dispersión, por ejemplo, mediante la transferencia de agua de lastre de los barcos, la bio-incrustación (acumulación de organismos en los cascos de los barcos) y la acuicultura. Las especies que naturalmente aumentan su área de distribución no se tienen en cuenta, sin embargo, las EAI que se propagan a las áreas vecinas por medios naturales después de la introducción (dispersión secundaria), se consideran también EAI para los análisis.

La acción para el control de especies alóctonas en la RN 2000, incluye la creación de las fichas descriptivas de las especies con potencial invasor, establecidas o consideradas invasoras, y desarrollar una propuesta de seguimiento de especies EAI en la RN 2000 mediante la ejecución de campañas piloto. Estas campañas tienen como objetivo, analizar la adecuación de los seguimientos de biodiversidad en la detección de EAI (Campaña EAI, 2021a; Campaña EAI, 2021b). En el Anexo I, se incluye la información detallada de EAI en la RN2000.

2. Objetivos

- I. Representar cuantitativa y gráficamente la presencia y distribución de EAI en espacios marinos incluidos en la RN2000.
- II. Establecer el grado de biopolución en función del número total de especies presentes y de su distribución.
- III. Analizar las lagunas de conocimiento y las limitaciones en relación al seguimiento de las EAI y la gestión en espacios marinos de la RN2000.

3. Metodología

La información empleada corresponde a los datos de localización y de las características biológicas y ecológicas de cada especie almacenada en la BD. Además, se han empleado los resultados obtenidos en la campaña piloto realizada en el LIC del Canal de Menorca (Campaña EAI, 2021a), siguiendo un protocolo de muestreo de biodiversidad y los resultados de una campaña rápida (Rapid Assessment Surveys, RAS) de detección de EAI, fuera del LIC, en marinas recreativas próximas a éste (Campaña EAI, 2021b).

Debido a la falta de estandarización en la información que se obtiene de publicaciones científicas o datos aportados por programas de seguimiento realizados por diferentes organismos (Data mining), y de ciencia ciudadana, no es posible emplear medidas de cuantificación por la gran heterogeneidad de métodos de medida de abundancia que se dan entre estudios. Por ejemplo: en algunos casos un registro corresponde a un individuo y en otros casos corresponde a varios individuos de la misma especie; a veces se utilizan medidas de abundancia en porcentaje de cobertura y otras de abundancia relativa; en algunos casos se dan valores de abundancia en número o biomasa de individuos por m² y en otros por unidad de muestreo, transecto, Km², hora, etc. Por este motivo, se ha optado por considerar cada registro como un dato de presencia/ausencia, junto a la información de distribución espacial para determinar la frecuencia de aparición y extensión de la distribución de EAI en los EMP.

Con uso de software de Sistema de Información Geográfica (SIG – QGIS) y software de tratamiento y análisis de datos (R), se filtraron y seleccionaron los registros de EAI cuyas coordenadas caían dentro de los límites de alguno de los espacios marinos de la RN2000, con el fin de dar respuesta a los objetivos I y II del informe. Así, los datos fueron tratados y analizados para obtener la siguiente información:

- A. Registros totales de EAI en espacios marinos de la RN2000.
 - Número de registros totales de EAI en espacios marinos de la RN2000.
 - Número de registros totales de EAI por tipo de espacio RN2000.
 - Relación de los registros totales de EAI en espacios RN2000 con la zonación batimétrica y el tipo de fondo.

B. Evaluación preliminar de impacto a partir del número de especies registradas.

- Número de diferentes EAI en espacios marinos de la RN2000.
- Número de diferentes EAI con consideración de estatus alóctona (A), cuando se considera exótica introducida por vector antrópico; o criptogénica (C), cuando se considera con una gran probabilidad de ser alóctona, pero con una probabilidad menor de ser nativa o introducida por dispersión natural.

C. Principales impactos

- Una vez establecida la frecuencia y la distribución de EAI en la RN2000 a través del proceso de tratamiento de datos (puntos A y B) se ha elaborado la lista de EAI que aparecen en dichos espacios (Tabla 1, Anexo I) y la lista de especies con potenciales impactos (Tabla 2, Anexo I).

En base a este análisis (puntos A, B y C), se han establecido las lagunas de conocimiento y limitaciones (objetivo III) que existen actualmente para conocer los impactos de EAI en espacios marinos de la RN2000.

4. Resultados y discusión

La BD, consta de un total de 10653 registros, en el conjunto de las demarcaciones marinas españolas. Estos registros, hacen referencia a especies con diferentes categorizaciones de estatus, validadas hasta el año 2021. Además del de alóctona y criptogénica, se incluyen otros registros de especies, tales como, especies nativas de aguas termófilas en expansión, especies vagabundas, especies cuestionables, especies dudosas, con el objetivo registrar la información de dichas especies para determinar su relación con posibles impactos antrópicos y ambientales. En los siguientes apartados se van especificando las características de presencia y distribución en espacios RN2000.

A. Registros totales de EAI en espacios marinos de la RN2000.

En la RN2000 se diferencian 3 tipos de espacios: LIC, ZEPA y aquellos en que se superponen LIC y ZEPA (Figura 1).

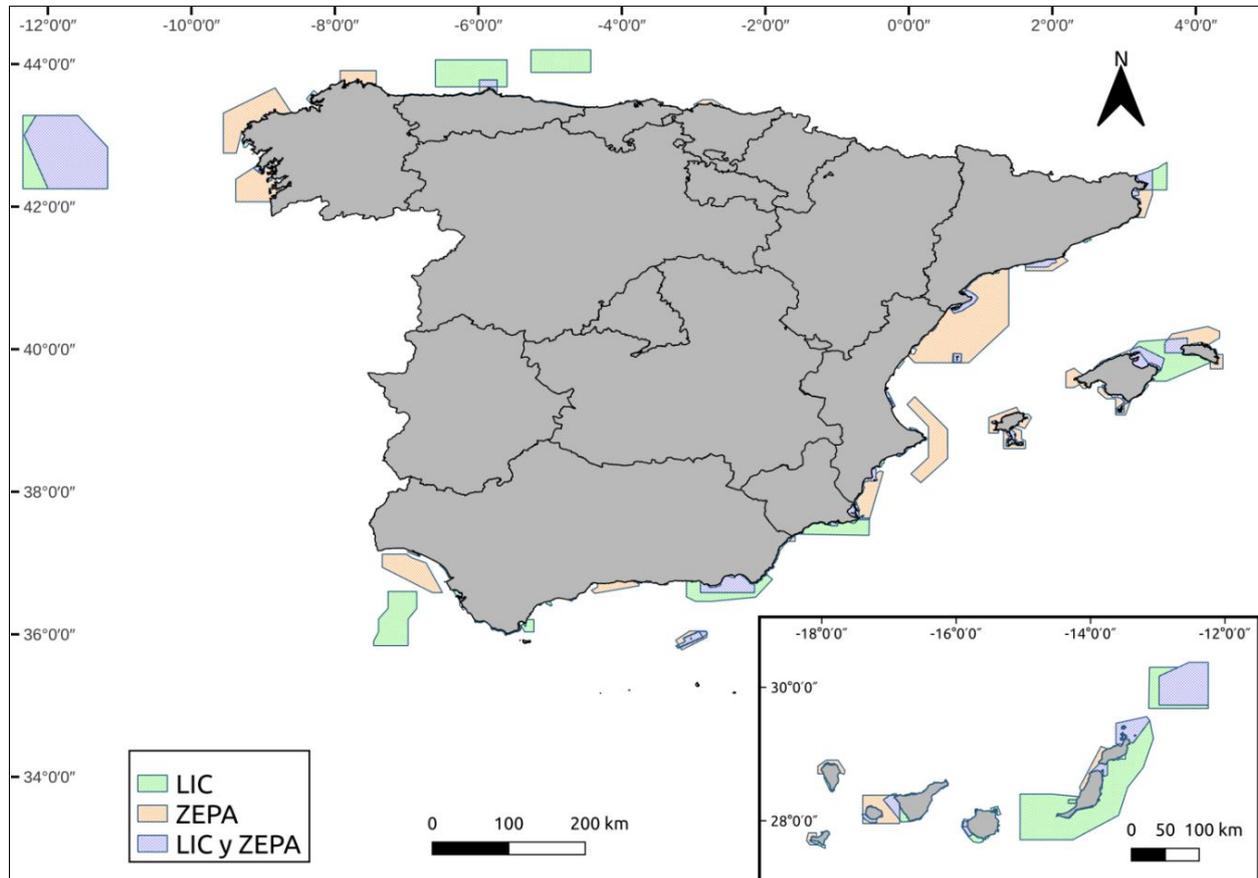


Figura 1. Espacios marinos de la RN2000 según su clasificación.

De los 10653 registros de la BD, en 8744 consta información de localización geográfica. De ellos, 6663 registros (un 88,4%) corresponden a localizaciones en espacios de la RN2000. En la Figura 2 se representan los registros actuales dentro y fuera de espacios RN2000. Para contextualizar estos datos, hay que considerar que la RN2000 ocupa una parte muy importante del litoral y que, además, los estudios de biodiversidad, se realizan con mayor frecuencia en dichos espacios, en comparación con un menor número de publicaciones fuera de ellos, por lo que justifica encontrar la mayor parte de registros de EAI dentro de espacios de la RN2000.

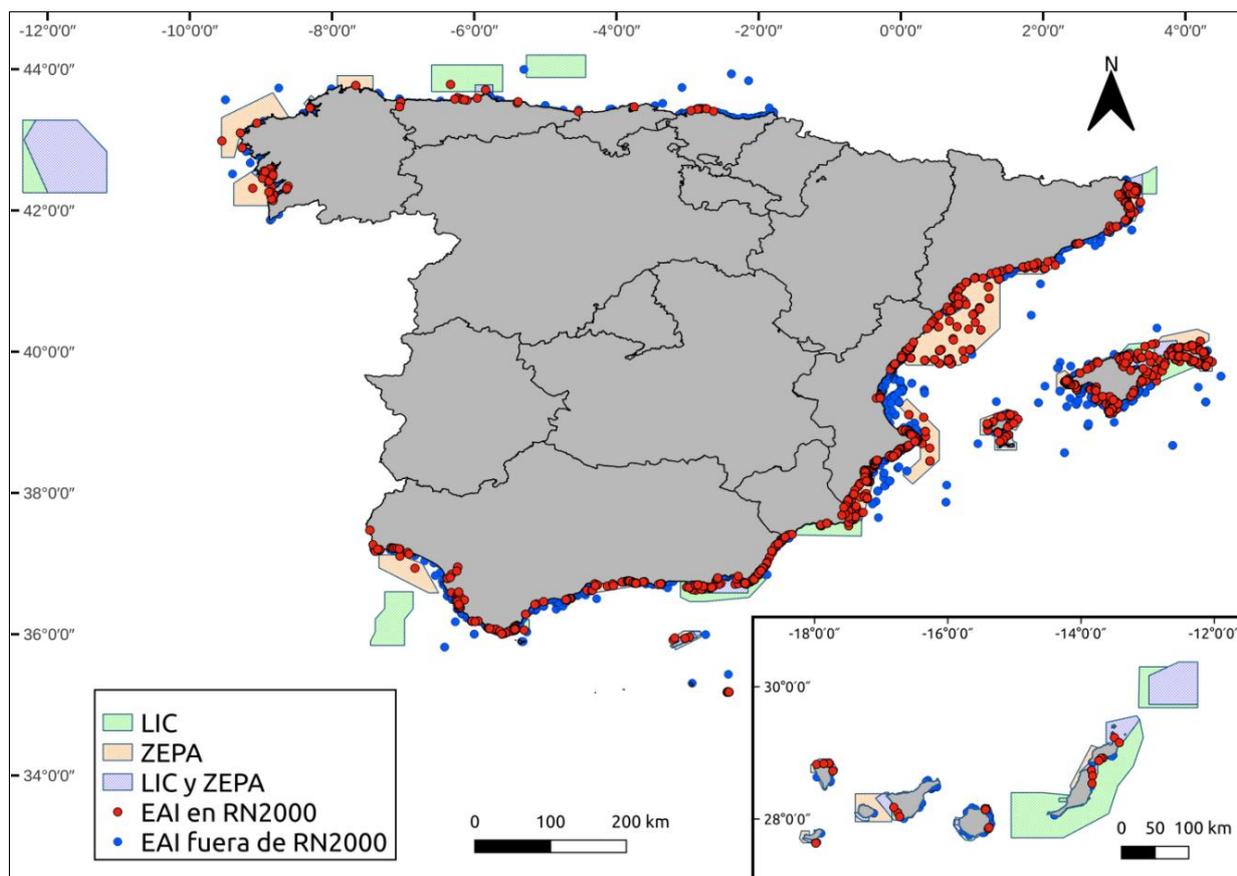


Figura 2. Distribución del total de registros de EAI dentro (puntos rojos) y fuera (puntos azules) de los diferentes espacios RN2000.

Las localizaciones de EAI en EMP, correspondieron a un total de 211 especies, con diferentes frecuencias de registro (Tabla 1, Anexo I). La mediana de registros (el centro de la distribución de las frecuencias de registros de cada especie), se situó en 2 registros y el análisis de cuantiles (proporción de registros por porcentaje acumulado de la distribución) mostró una gran heterogeneidad en cuanto al número de registros por especie, yendo de 1 registro a 1354 (0% - 1 registro; 25% - 1 registro; 50% - 2 registros; 75% - 4 registros; 100% - 1354 registros), siendo *Caulerpa cylindracea* la especie con el mayor número de registros (Figura 3).

En la Tabla 1 del Anexo I, se muestran el conjunto de espacios marinos de la RN2000 en los que aparecen especies EAI, con anotación de las especies incluidas en el catálogo español de especies exóticas invasoras (R.D. 630/2013).

Observando los datos a nivel de filo (Tabla 1), las algas macrófitas encabezan el número de registros con un total de 5078 registros (3404 de Rhodophyta, 1554 de Chlorophyta y los 120

registros de la familia Phaeophyceae que hay dentro de los 121 registros del filo Ochrophyta), lo que equivale a un 76,2% de los registros de EAI. El registro de algas marinas macrófitas en su conjunto, representa el mayor porcentaje con una gran diferencia con el siguiente filo en cuanto a número de registros que corresponde a los cordados, que representan 703 de los registros, equivalentes a un 10,55% del total. Los registros de Cordados pertenecen mayoritariamente a ascidias, siendo que, de los 703 registros, 517 son de la clase Ascidiacea (Ascidias) y 186 pertenecen a la clase Actinopterygii (peces).

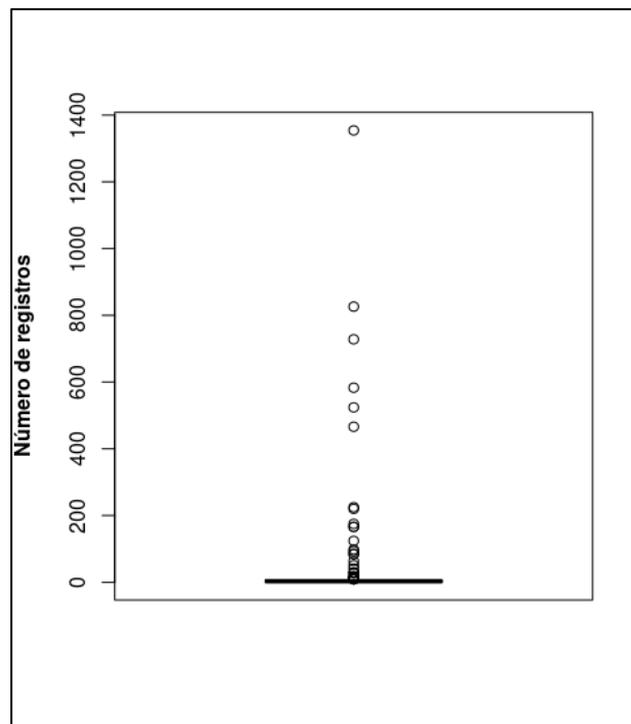


Figura 3. Boxplot del número de registros totales (la mediana, representada por la línea oscura).

Por otro lado, es importante destacar también la relación de esos registros a nivel de filo, con la cantidad de especies registradas en cada caso (Tabla 1 y Figura 4). En este sentido, destacan 5 fillos: Chordata (con 50 especies registradas), Mollusca (con 39 especies registradas), Rhodophyta (con 29 especies registradas), Annelida (con 24 especies registradas) y Arthropoda (con 22 especies registradas).

En cuanto a grandes grupos, considerando todas las especies de algas marinas macrófitas, estas suman un total de 43 especies registradas (29 Rhodophyta, 8 Chlorophyta y 7 de la clase Phaeophyta, incluidas en el filo de Ochrophyta).

Teniendo en cuenta el número de especies que engloba cada uno de los filios, destacan los cordados, un filo con un mayor número de especies registradas que las Rhodophytas, a pesar de estas tener muchos más registros totales, lo cual se explica en parte por el hecho de que el filo Chordata engloba más especies que el filo Rhodophyta.

Otra cuestión a tener en cuenta en estos datos, son los registros que pueden ser casuales, es decir de especies detectadas aisladamente en una o pocas localizaciones frente a los registros de especies establecidas, detectadas con mayor frecuencia y/o más extendidas y con poblaciones estables. Por ejemplo, que el filo Chordata tengan más especies registradas que el filo Rhodophyta, también se explica en parte porque entre los cordados se da una mayor proporción de registros casuales.

Tabla 1. Número de registros (N) de cada filo (Grupo taxonómico, incluyendo diferentes clases) y Frecuencia relativa de registros (% de registros que corresponden a cada filo, FR). Número de especies diferentes en cada filo (Nº Especies), y Frecuencia relativa de especies (% de especies en relación al número total de especies, FE).

Filo	N	FR (%)	Nº Especies	FE (%)
Rhodophyta	3404	51,07	29	13,74
Chlorophyta	1554	23,31	8	3,79
Chordata	703	10,55	50	23,70
Arthropoda	304	4,56	22	10,43
Porifera	243	3,65	4	1,90
Cnidaria	153	2,30	12	5,69
Ochrophyta	124	1,86	8	3,79
Mollusca	85	1,28	39	18,48
Annelida	47	0,71	24	11,37
Bryozoa	25	0,38	5	2,37
Ctenophora	9	0,14	1	0,47
Myxozoa	8	0,12	4	1,90
Nematoda	2	0,03	1	0,47
Nemertea	2	0,03	1	0,47
Cercozoa	1	0,02	1	0,47
Echinodermata	1	0,02	1	0,47
Foraminifera	1	0,02	1	0,47

En cuanto a la distribución de estos registros en función del tipo de espacio de la RN2000, se cuentan 1059 registros en espacios tipo LIC, 834 en espacios tipo ZEPA y 4770 en espacios tipo LIC y ZEPA, lo que supone un 15,9%, un 12,5% y un 71,6% respectivamente del

total de registros por categoría de espacio (Figura 5). A esta diferente proporción de registros según el tipo de EMP, hay que añadir las diferencias por el sesgo en el número de estudios conocidos en los diferentes EMP. Por ejemplo, a nivel de demarcación, la Levantino-Balear es la que acumula más información en la BD, lo que influye a una mayor concentración de registros (Figura 6), con especial atención en la zona del Canal de Menorca, con 744 registros en el espacio LIC y ZEPa ESZZ16002 / ES0000521, 704 registros en el espacio LIC y ZEPa ESZZ16002 / ES0000520 y 291 registros en el LIC ESZZ16002.

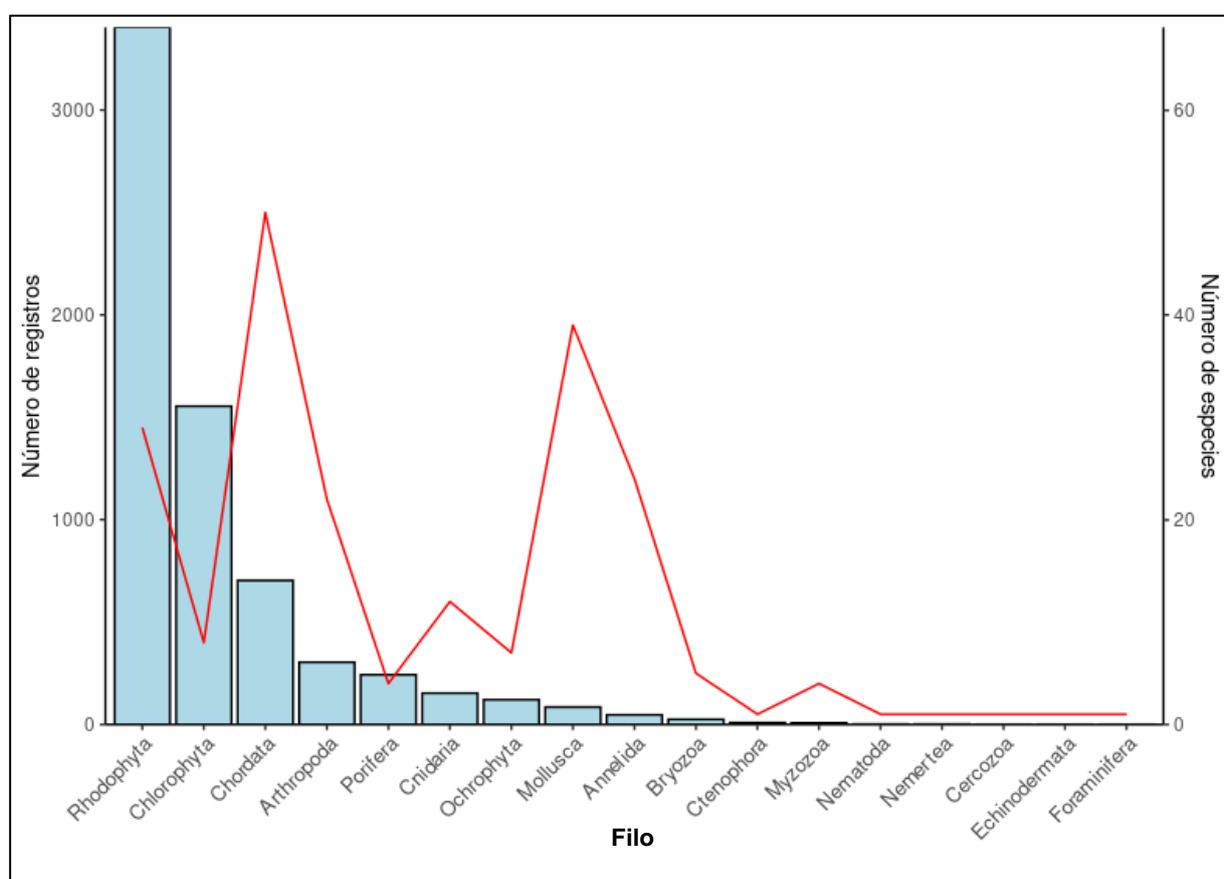


Figura 4. Número de registros de cada filo (barras azules) y número de especies de cada filo (línea roja).

Entre los 5 espacios con mayor cantidad de información, se encuentran además del LIC antes mencionado, el LIC y ZEPa ES5310035 / ES0000521 con 338 registros, también en Baleares, en el norte de Menorca y, en la Comunidad Valenciana, al sur del cabo de la Nao, entre Benidorm y Calpe, el espacio LIC y ZEPa ES5213021 / ES0000121 con 504 registros.

Estas diferencias por sesgo, también se pueden dar a nivel de EMP. Por ejemplo, dentro de los espacios que engloban estatus de LIC y ZEPA, se incluyen zonas de estudios muy típicas como Cap de Creus, Islas Medas, Mar Menor y Cabo de Palos, Cabo de Gata, Columbretes o Cabrera, con un mayor número de programas de seguimiento y muestreo, muy superior a otras zonas con otras categorías de protección. Por otro lado, la demarcación de la que se dispone de menor información en la BD, en el momento de la realización del presente estudio, es la demarcación Canaria.

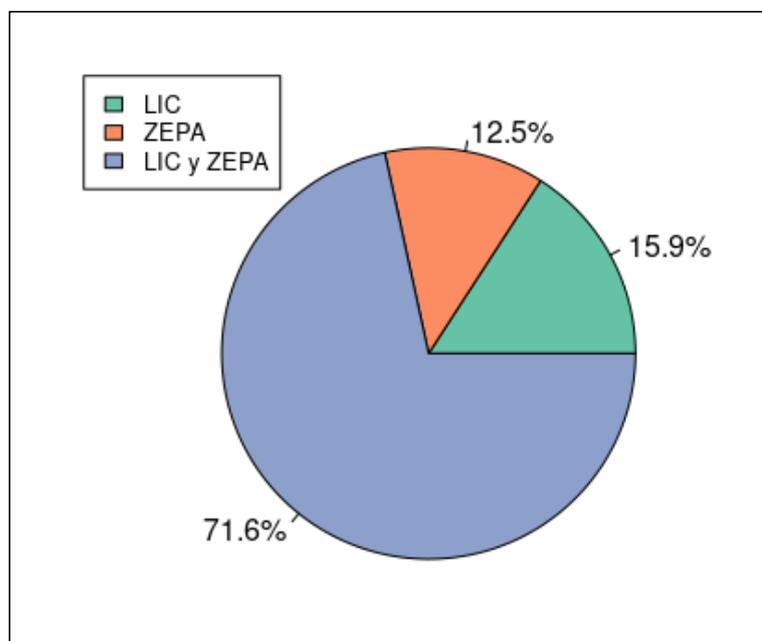


Figura 5. Número de registros (frecuencia en %), en función de la categoría de espacio RN2000 (LIC, ZEPA o LIC y ZEPA).

Paralelamente, se analizó la presencia de las EAI en función del tipo de fondo y hábitat. Del total de los registros de EAI en los espacios RN2000, analizando a su vez la superposición con la zonación batimétrica, se observa como la franja del infralitoral es claramente la que presenta mayores registros, con un 87% de los registros, frente al 12,6% y 0,4% de los registros de las zonaciones circalitoral y batial respectivamente (Figura 7).

Dentro del infralitoral, se presenta un mayor número de registros para los fondos rocosos y arrecifes biogénicos (Figura 8).

En este caso, aunque podría influir el hecho de que el esfuerzo de muestreo en la zona infralitoral, está más direccionado hacia el hábitat infralitoral rocoso, también es coherente con el hecho de que la mayor parte de EAI, se establecen en este tipo de hábitats. En este sentido, estos datos también coinciden con el hecho de que los espacios con ningún registro (Figura 6) son mayoritariamente los situados a más distancia de la costa, como los LIC ESZZ16001 (al este del Cap de Creus, en Cataluña), ESgoATLo1 (al noreste de Asturias), ESZZ12002 (al sud del golfo de Cádiz), y el LIC y ZEPA ESZZ12001 / ES0000498 (al oeste de Galicia). En la Figura 9, se muestra un ejemplo en detalle, de las capas usadas en el Canal de Menorca para determinar los valores de EAI por tipo de hábitat y espacio RN2000.

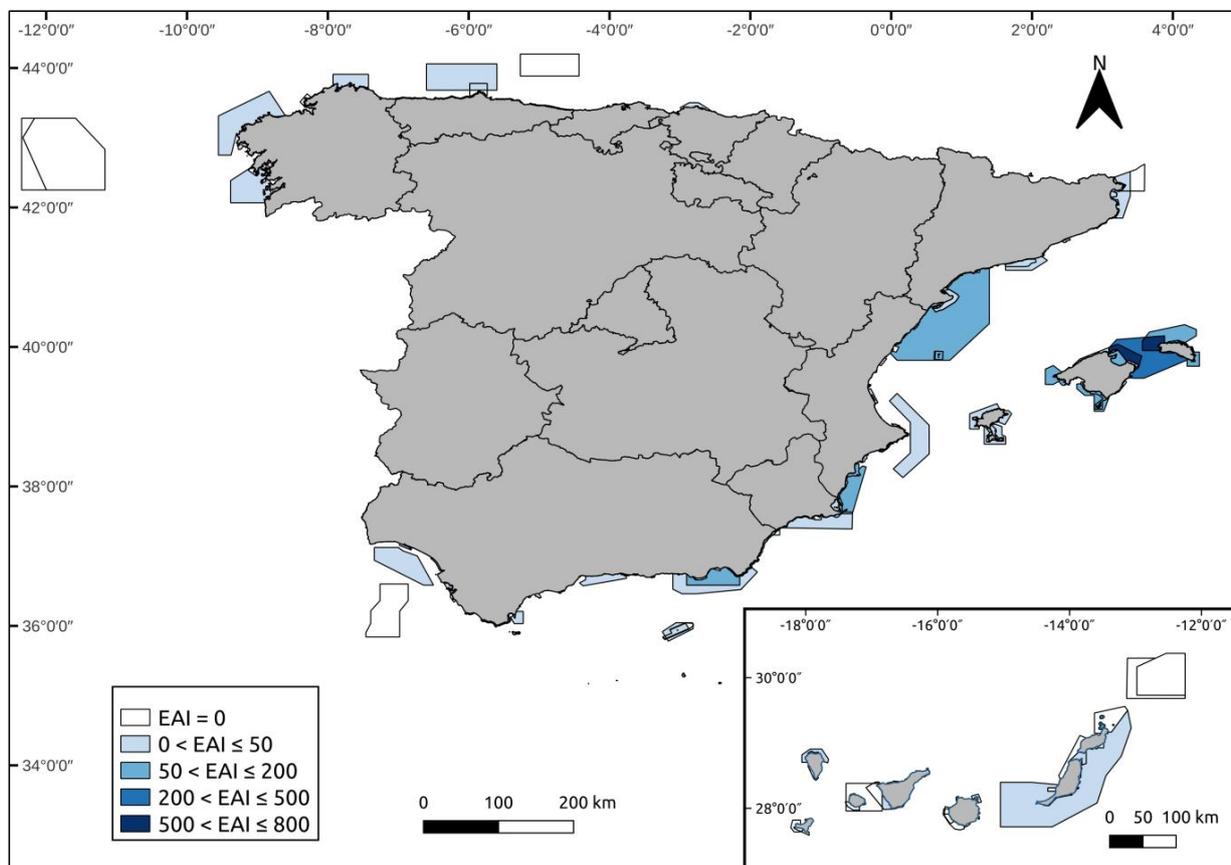


Figura 6. Número de registros (por intervalos) de EAI en cada espacio RN2000.

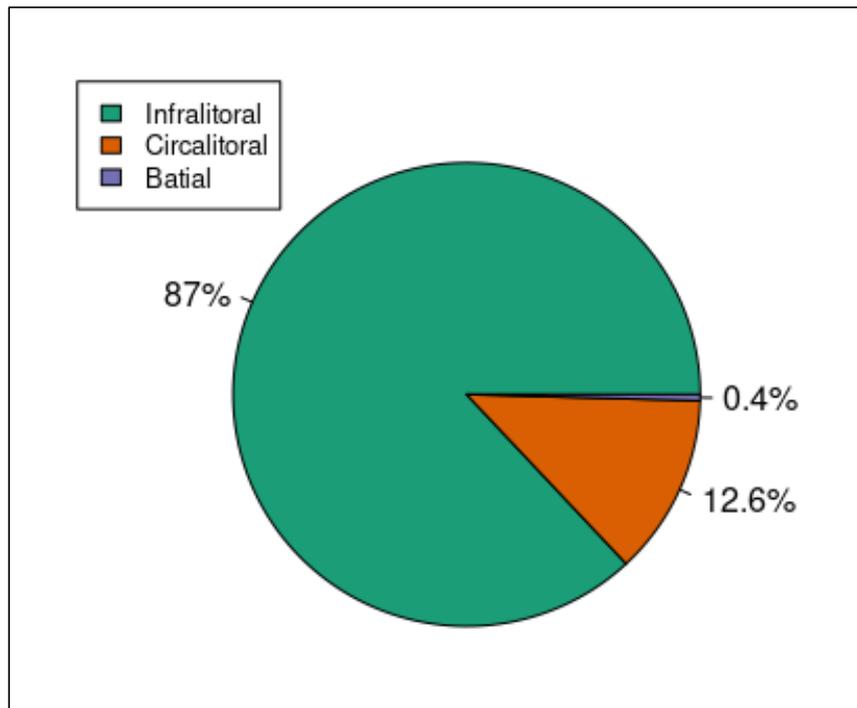


Figura 7. Número de registros (frecuencia en %) en función del rango batimétrico.

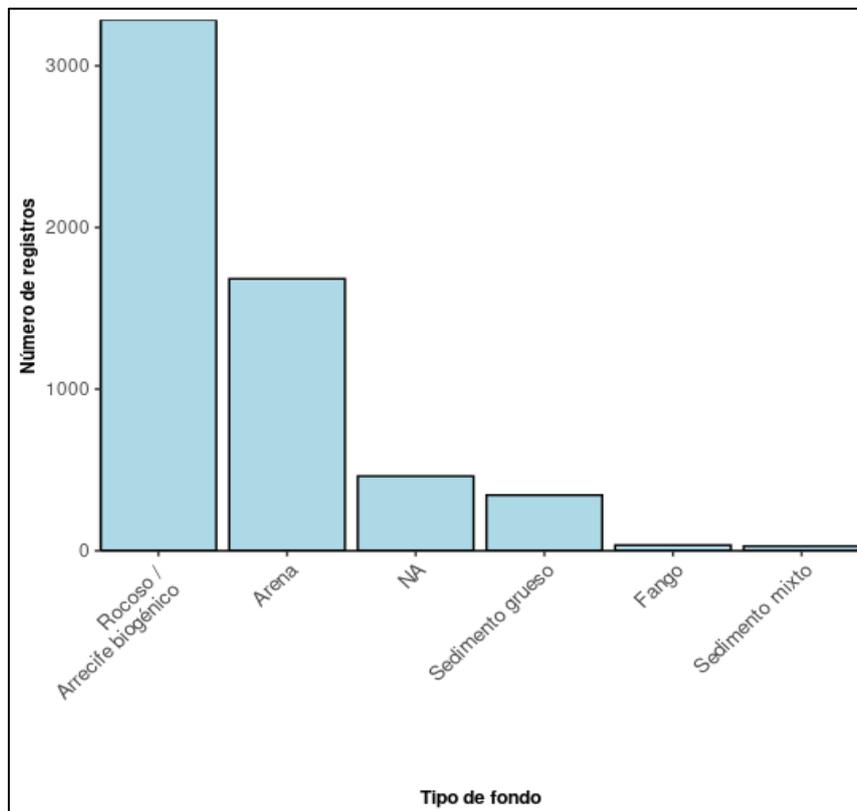


Figura 8. Número de registros en función del tipo de fondo del Infralitoral.

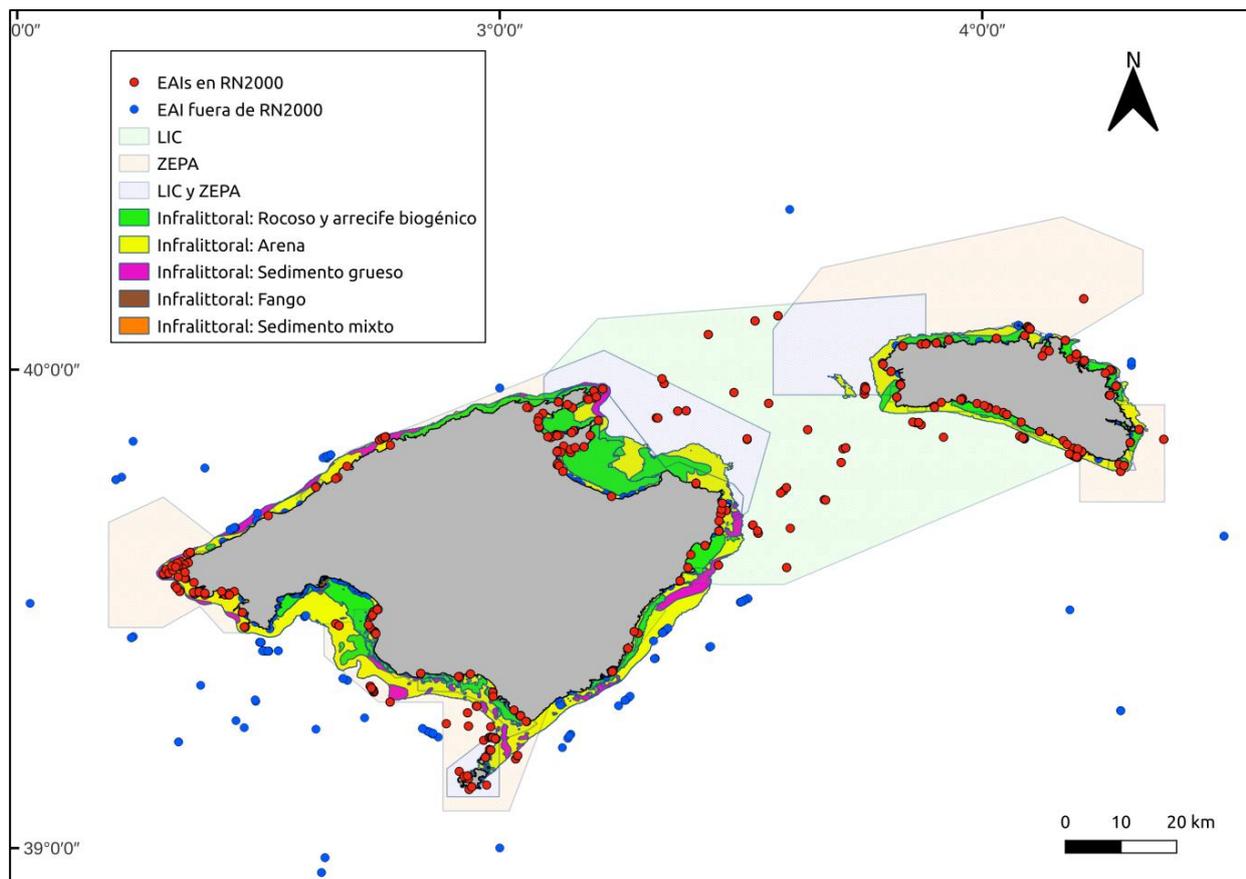


Figura 9. Mapa del Canal de Menorca con las diferentes capas usadas para el análisis.

B. Evaluación preliminar de impacto a partir del número de especies registradas.

A partir de los registros de EAI que se localizan dentro de los espacios marinos de la RN2000, se comprobó el número de diferentes EAI registradas en cada uno de estos espacios (Figura 10). El rango de variación se da entre un mínimo de 0 a un máximo de 28 especies registradas, con una mediana de 0 EAI registradas por espacio marino de la RN2000 (Figura 11). El análisis de cuantiles muestra una distribución heterogénea, con 0% - 0 registros; 25% - 0 registros; 50% - 0 registro; 75% - 3 registros y 100% - 28 registros. En la Figura 12, se muestran los resultados diferenciando el tipo de espacio de la RN2000.

La distribución de los valores de los cuantiles, junto a la mediana, muestra que los casos de espacios marinos RN2000 con bajo número de EAI abundan más que los espacios con un elevado número. En la Figura 13 se muestra esa distribución, con una escala más detallada de

los intervalos del número de especies registradas en los diferentes EMP. Los espacios en los que se han registrado entre 0 y 5 EAI son casi el 87% ($Spp\ EAI=0$ y $0 < Spp\ EAI \leq 5$), mientras que solo en un 13% aproximadamente de los EMP se da un número de EAI mayor.

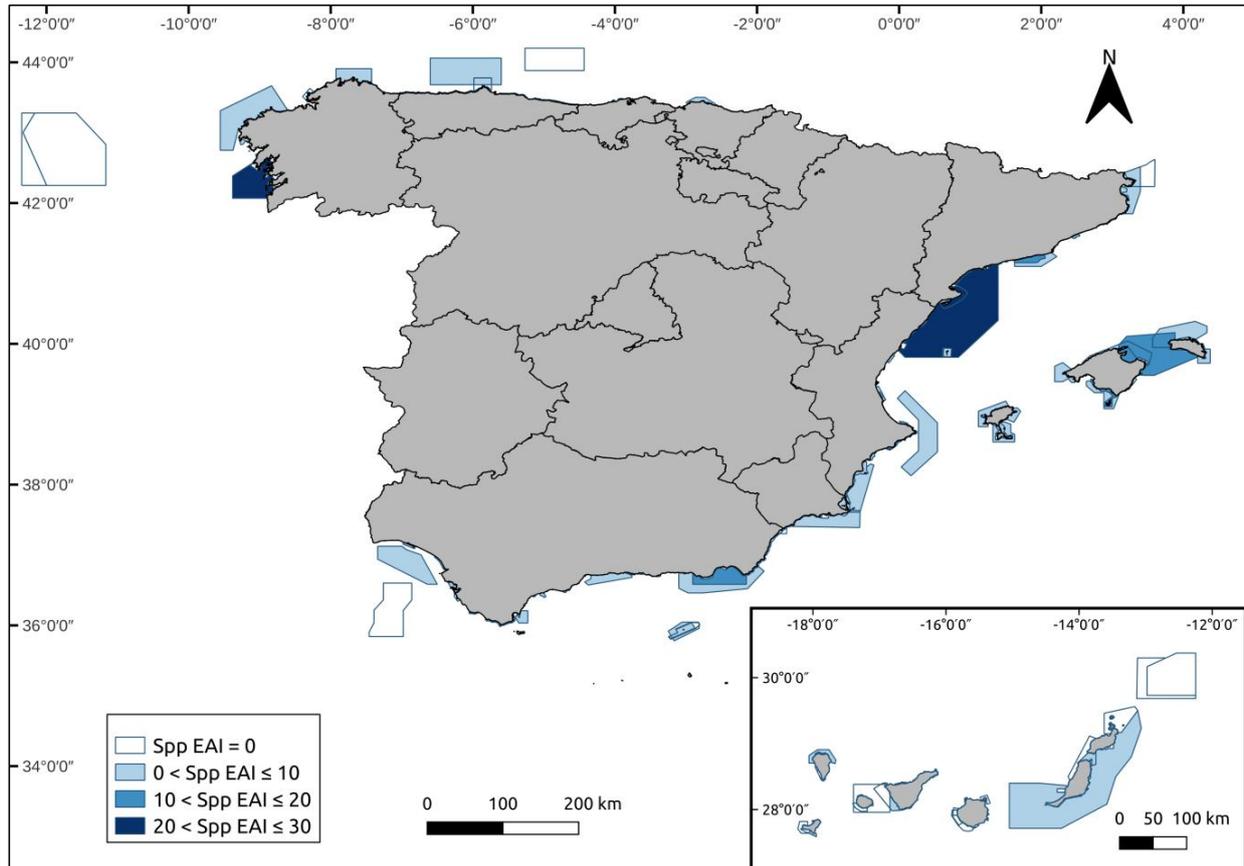


Figura 10. Número (por intervalos) de diferentes EAI en cada espacio RN2000.

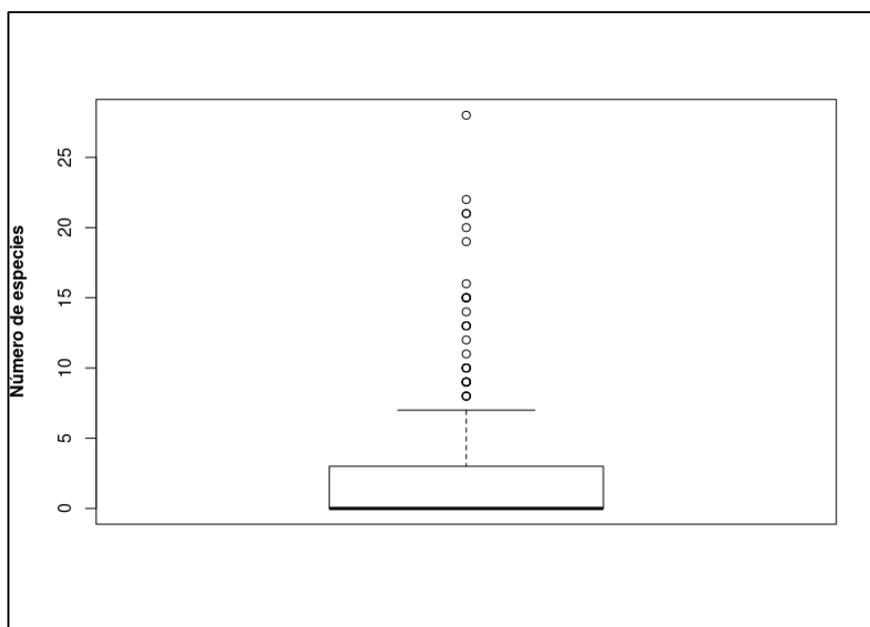


Figura 11. Boxplot del número de especies (EAI) registradas (la mediana, representada por la línea oscura).

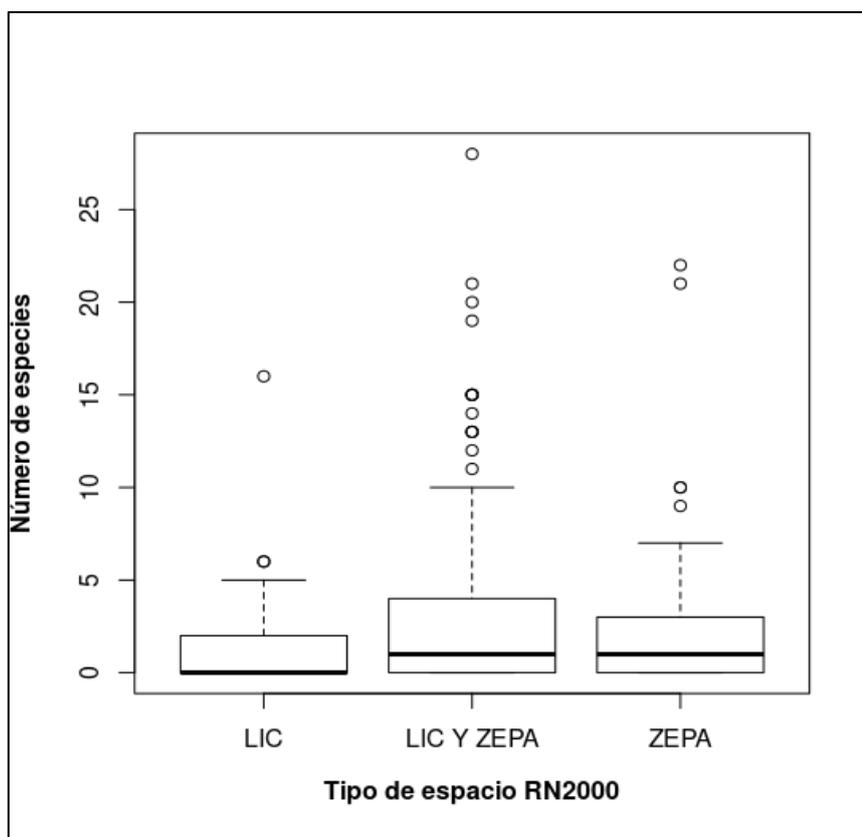


Figura 12. Boxplot del número de especies (EAI) registradas, por tipo de espacio RN2000 (la mediana, representada por la línea oscura).

En la Tabla 1 del Anexo I, se pueden ver los espacios marinos de la RN2000 en los que se han registrado como mínimo una EAI.

Debido a que algunas de las especies registradas tienen un estatus de nativa expansión natural o son especies cuestionables como especie exótica, se aplicó un último filtro en el que seleccionaron únicamente las que están clasificadas con el estatus de alóctonas o criptogénicas. No se separaron estas dos categorías, ya que muchas de las criptogénicas presentan características de alóctonas con la peculiaridad de no haber una determinación segura del origen de introducción en esa localización, pudiendo esa misma especie, presentar un estatus de alóctona en otra localización por ser conocido su origen de introducción de esa población en concreto.

Atendiendo pues al estatus de alóctonas o criptogénica de las EAI registradas en cada espacio RN2000, se observa una tendencia parecida a la anterior (Figura 10), siendo los mismos espacios que presentaban mayor número de EAI, los que presentan también mayor número de EAI alóctona o criptogénicas (Figura 14).

También en este caso la mediana es 0 (Figura 15) y, junto a la distribución de los datos con los cuantiles (0% - 0 registros; 25% - 0 registros; 50% - 0 registro; 75% - 2 registros y 100% - 20 registros), se observa una clara predominancia de valores bajos (Figura 15 y Figura 16 con la diferenciación por tipo de espacio), siendo que los espacios en los que se han registrado entre 0 y 5 especies alóctonas o criptogénicas (AC), suman aproximadamente el 89% ($AC=0$ y $0 < AC \leq 5$) y el resto de valores suman cerca del 11% ($5 < AC \leq 10$, $10 < AC \leq 15$, $15 < AC \leq 20$) (Figura 17).

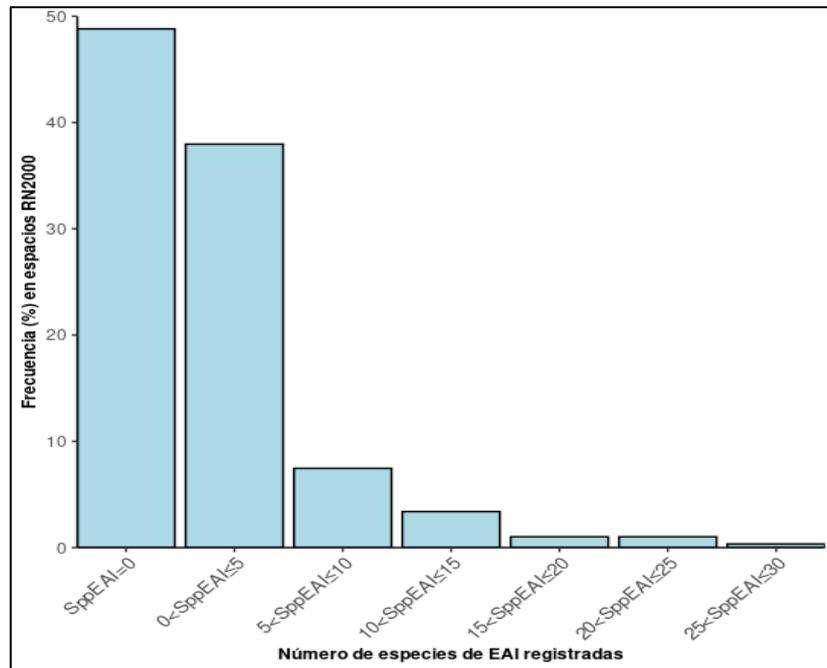


Figura 13. Frecuencia en espacios RN2000 del número (por intervalos) de especies diferentes de EAI (Spp EAI).

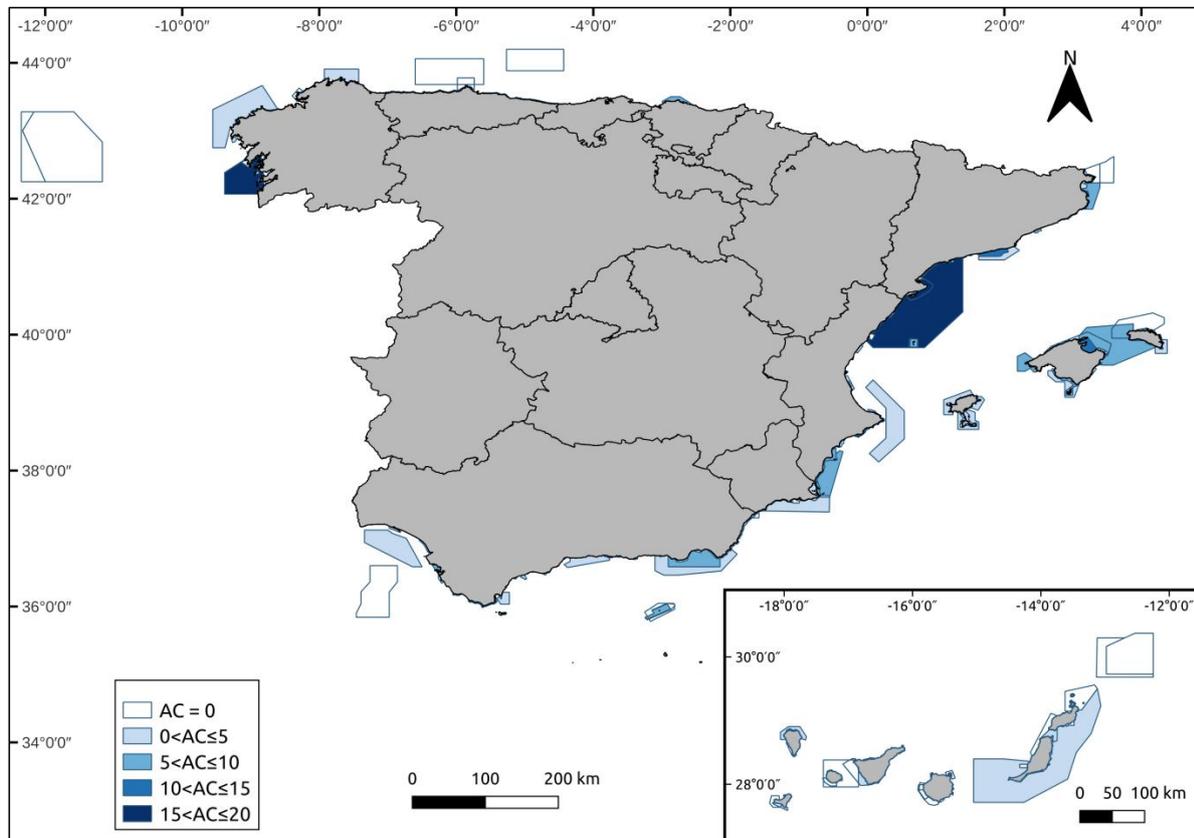


Figura 14. Número (por intervalos) de registros de especies Alóctonas o Criptogénicas (AC) en cada espacio RN2000.

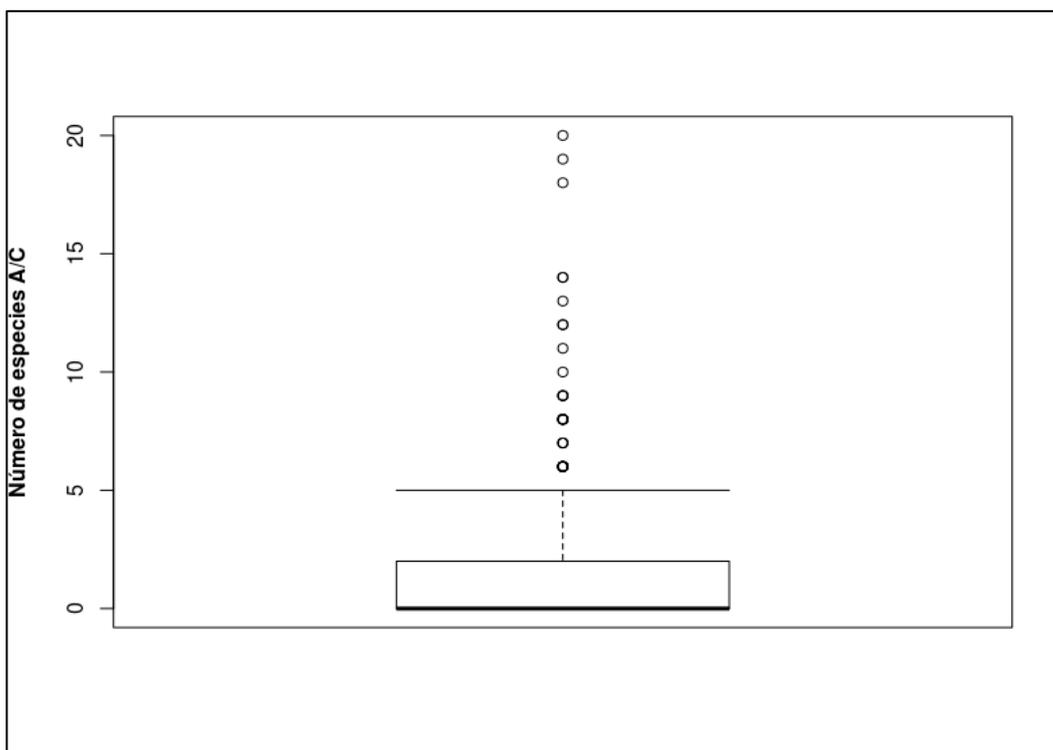


Figura 15: Boxplot del número de especies (EAI), Alóctonas (A) o Criptogénicas (C) registradas (la mediana, representada por la línea oscura).

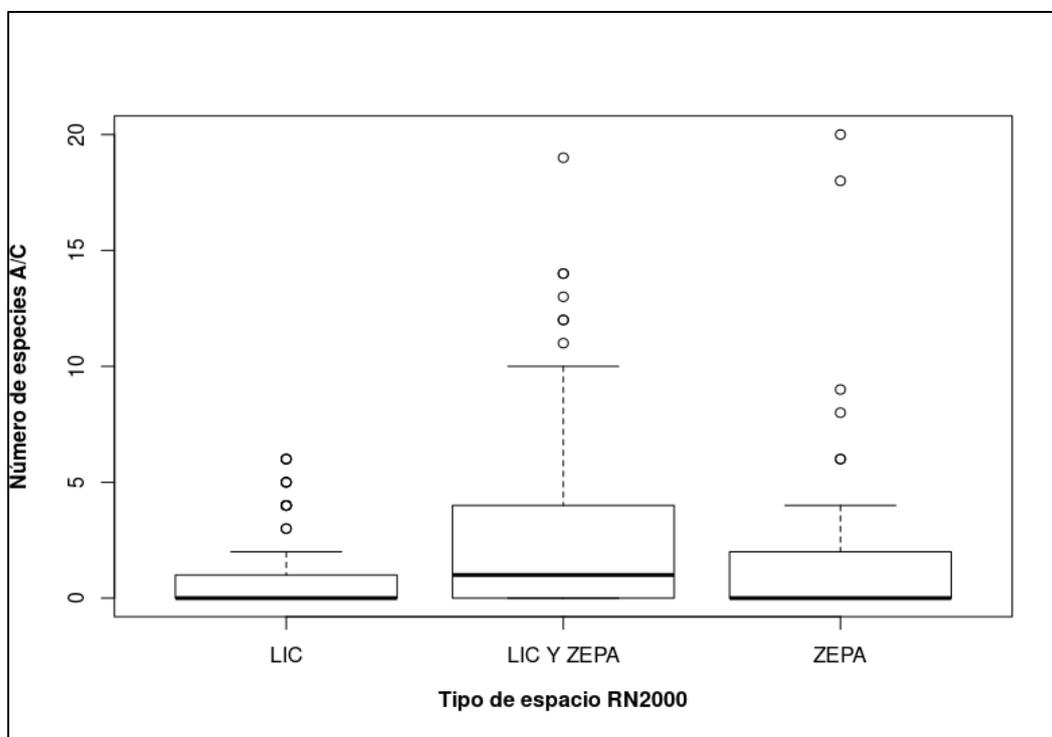


Figura 16: Boxplot del número de especies (EAI), Alóctonas (A) o Criptogénicas (C) registradas, por tipo de espacio RN2000 (la mediana, representada por la línea oscura).

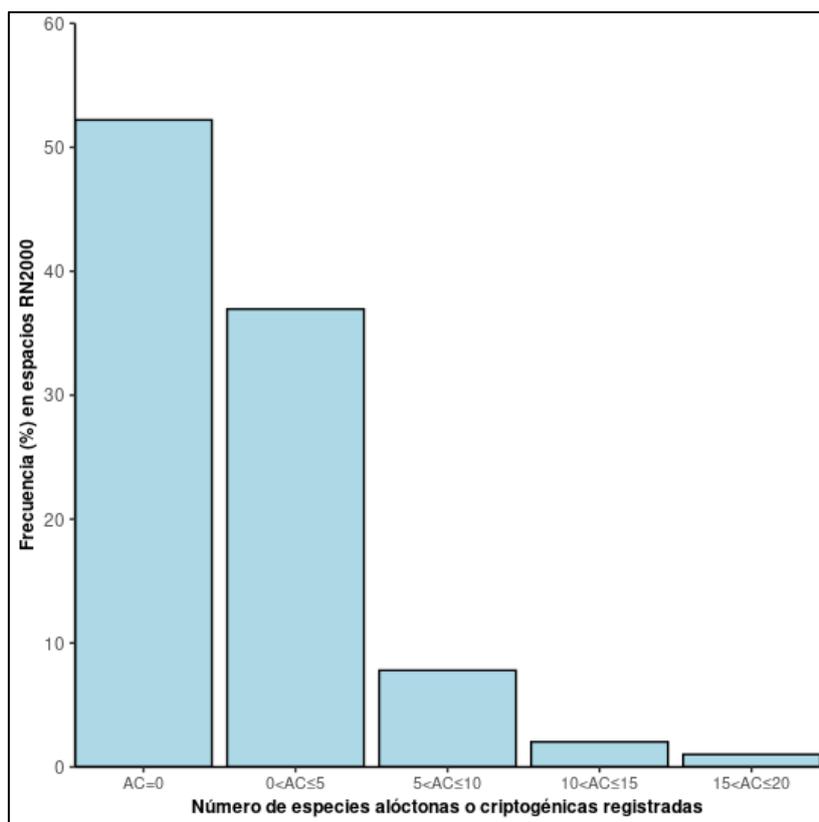


Figura 17. Frecuencia en espacios RN2000 del número (por intervalos) de especies Alóctonas o Criptogénicas (AC).

C. Principales impactos.

En primer lugar, la lista de EAI en espacios RN2000 (Tabla 1 Anexo I), no implica para todas las especies impactos adversos. Sin embargo, sí afectan a la biodiversidad de dichos hábitats, aumentando o disminuyendo la biodiversidad y modificando la estructura del fondo marino y/o las funciones del ecosistema. Para esta lista, se han tenido en cuenta todas las EAI detectadas en la RN2000, independientemente de si presentan o no algún impacto reconocido, ya que sí podrían ser potenciales invasoras en escenarios de cambios ambientales que favorezcan su expansión, tales como el calentamiento global. Además, a esta lista se han añadido nueve especies más, cuyas localizaciones se registran fuera de la RN2000, pero en sus inmediaciones, porque tienen un reconocido impacto ambiental y por su proximidad a la RN2000 representan un riesgo claro de introducción.

A partir de la Tabla 1 del Anexo I se ha realizado una selección de aquellas EAI con mayor frecuencia de aparición y/o mayor extensión espacial (Tabla 2 del Anexo I), con información de sus principales vectores de introducción y de los potenciales impactos. Se han

incluido también, algunas especies que, aunque más localizadas, presentan un carácter invasor reconocido.

El tipo de impacto que más comúnmente caracteriza a dichas EAI, es el de efectos en la biodiversidad, bien sea por relaciones de competición, depredación, parasitismo y cambios en la red trófica. También son relativamente importantes los efectos directos o indirectos en la industria pesquera y/o de acuicultura, con un 44,16% de estas EAI con algún tipo de impacto sobre estos sectores. Entre los vectores de introducción, aquellos asociados con el transporte marítimo (aguas de lastre y “bio-fouling”), son los que claramente predominan, (85,71%), seguido de la introducción asociadas a la acuicultura (31,17%) (Tabla 2, Anexo I).

En cuanto a las medidas de control, se resumen en la tabla 3 del Anexo I, que describe las medidas actuales para el control y la gestión de EAI, sin menoscabo de que se puedan añadir medidas implantadas a nivel local en programas y planes de gestión en EMP.

D. Lagunas de conocimientos y futuros estudios

En primer lugar, los sesgos en el conocimiento de EAI entre los diferentes espacios de la RN2000 se deben a la diferente cantidad de datos publicados en cada demarcación y a la, precisión de localización de los datos; a diferencias en el conocimiento de la biodiversidad autóctona y exótica, etc., que son los dos factores principales que condicionan el escenario que en un momento dado se puede obtener de la biopolución por EAI en la RN2000. En ello puede influir no sólo la colaboración entre administraciones, sino también un diferente esfuerzo de muestreo, desigual entre diferentes espacios protegidos, según el interés del espacio o los recursos económicos dirigidos, o de otros factores como el seguimiento de especies objetivo o la dificultad en la identificación de ciertos taxones en comparación a otros, condicionada a su vez por la presencia de expertos en diferentes taxones en cada área. Además, los datos obtenidos en plataformas de Ciencia Ciudadana para algunas especies son de mayor probabilidad de encuentro o facilidad de identificación que otras, al ser más fácilmente identificables, son más conocidas y divulgadas, como por ejemplo *Caulerpa cylindracea*, *Asparagopsis armata* y *Asparagopsis taxiformis*.

Otro factor limitante en el procesamiento de los datos, es el hecho de que existen registros cuya localización es aproximada, y se establece en base a la literatura aportada en las mismas publicaciones, por ejemplo, especies que se citan con una localización menos precisa de una cala, un golfo, o toda una región, lo cual podría hacer variar la localización de algunos registros establecidos dentro o fuera de los espacios RN2000.

A pesar de que el estudio para el conocimiento del estado de las EAI es de elevada importancia para la gestión de los espacios marinos, destaca la dificultad de establecer una adecuada coordinación y estandarización entre seguimientos realizados en la RN2000, que en la mayoría de los casos se dirigen a un seguimiento de la biodiversidad y por tanto se da una falta de programas de seguimiento específicos para EAI en espacios marinos protegidos.

Otra dificultad, se da en referencia a algunos aspectos de las metodologías de muestreo (escala temporal, unidades de muestreo categorizadas o cuantitativas, adaptación de protocolos en función de las condiciones locales, etc.).

Por todo ello, por un lado, se está elaborando y poniendo en práctica a través de campañas piloto, protocolos de muestreo que permitan dentro de los propios seguimientos de biodiversidad, incorporar una mayor capacidad de detección de EAI (Campaña EAI, 2021a; Campaña EAI, 2021b). A través de estas campañas piloto, realizadas hasta la fecha en el LIC del Canal de Menorca, se está diseñando la posibilidad de establecer cambios en los protocolos de muestreo en los que se usa la metodología de buceo con escafandra autónoma, a fin de optimizar la detección de EAI. Para mayo de 2022, está prevista una campaña en el LIC de Seco de los Olivos, Almería, en el que se continuará con el protocolo propuesto en la primera campaña del canal de Menorca para la detección de EAI y se tendrán en cuenta posibles modificaciones para la optimización del muestreo. En 2023, se repetirán estas dos áreas de muestreo (LICs del canal de Menorca y Seco de los Olivos), para estudiar así también la evolución temporal de estos espacios, con uso de estos protocolos.

En la primera campaña piloto se consideró la realización de un muestreo para la biodiversidad en su conjunto, pero maximizando la posibilidad de detectar EAI. Sin embargo, una de las limitaciones que se encontraron, fue que, a pesar de haber optimizado el protocolo

de muestreo, el esfuerzo de muestreo era todavía en gran medida dedicado a la monitorización de la biodiversidad en la zona de estudio, y ello condicionaba un mayor esfuerzo específico para la cuantificación de EAI presentes. Así pues, a fin de optimizar el tiempo de muestreo dedicado a EAI sería necesario establecer una coordinación entre programas de seguimiento de biodiversidad con programas específicos de seguimiento de EAI, para poder contextualizar correctamente los impactos de EAI. Para ello, eso sí, habrá que tener en cuenta las unidades usadas en la toma de datos, a fin de hacer una correcta integración de estos. La implementación de estos muestreos específicos para EAI en coordinación con muestreos de biodiversidad, permitiría además realizar estudios más precisos en cuanto a variables como la abundancia, frecuencia temporal, distribución espacial, en espacios puntuales.

Atendiendo las limitaciones que se han detectado en la realización de la campaña, se ha visto la necesidad de proponer la aplicación de un muestreo específico de EAI, coordinado con los programas de muestreo de biodiversidad, considerando que el muestreo de la biodiversidad es indispensable para contextualizar de forma correcta los impactos de EAI.

El estudio de la abundancia a escala regional o sub-regional y para el conjunto de EAI, se hace inviable tanto por las limitaciones de datos hasta ahora mencionadas, como por tener unos requerimientos no asumibles en cuanto a tiempo y recursos, en comparación al estudio en base a los parámetros de presencia/ausencia y distribución espacial.

Esta coordinación de los programas de seguimiento de biodiversidad y específicos de EAI, es recomendable para establecer tendencias temporales de determinadas EAI objetivo a escalas locales. Además, activar programas de seguimiento específicos sería de gran importancia para, por ejemplo, la detección temprana de una especie invasora productora de potenciales impactos en un espacio marino de la RN2000.

Por último, hay que considerar que la BD está en continua actualización y datos que en este momento puedan estar ausentes de demarcaciones como la Canaria o algunas zonas de otras demarcaciones Atlánticas y Mediterráneas, se prevén tenerlas en los próximos meses. En este sentido, el mantenimiento de la BD y la periódica revisión de las características de estatus

de las especies en relación a su condición de EAI, así como de los vectores de introducción e impactos y efectos, además de la constante incorporación de nuevos datos, hace del presente estudio un punto de partida en el conocimiento de las EAI en RN2000.

5. Agradecimientos

El presente informe, se ha desarrollado en el marco del proyecto LIFE IP INTEMARES (LIFE15 IPE/ES/012), subvencionado por la Comisión Europea y coordinado por la Fundación Biodiversidad, como parte del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

6. Referencias

Campaña EAI, 2021a. Informe de la campaña "NIS_LIC_MENORCA_0721 (Canal de Menorca, Baleares)". Proyecto LIFE IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Grupo de Especies Alóctonas e Invasoras (EAI). Campaña realizada del 30 de junio al 14 de Julio de 2021.

Campaña EAI, 2021b. Informe de la campaña "NIS_RAS_0721 (Canal de Menorca, Baleares)". Proyecto LIFE IP INTEMARES. Instituto Español de Oceanografía. Grupo de Especies Alóctonas e Invasoras (EAI). Campaña realizada entre el 20 de julio y el 24 de agosto de 2021.

Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Gobierno de España. [Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras \(miteco.gob.es\)](http://miteco.gob.es).

DG ENV ENV/MSFD Action Plans, 2014. Action Plans for Integrated Regional Monitoring Programmes, Coordinated Programmes of Measures and Addressing Data and Knowledge Gaps in Mediterranean Sea. <http://actionmed.eu/>; <http://actionmed.eu/wp-content/uploads/2016/03/ActionMed-description-of-work.pdf>

- DG ENV ENV/MSFD Action Plans, 2017. Support Mediterranean Member States towards Coherent and coordinated Implementation of the second phase of the MSFD. MEDCIS.
- Dijkstra, J.A., Harris, L.G., Mello, K., Litterer, A., Wells, C. and Ware, C., 2017. Invasive seaweeds transform habitat structure and increase biodiversity of associated species. *J Ecol*, 105: 1668-1678.
- Elliot, M., 2003. Biological pollutants and biological pollution – an increasing cause for concern. *Marine Pollution Bulletin* 46, 275 – 280.
- Ewel J.J. & Putz F.E., 2004. A place for alien species in ecosystem restoration. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2, 354–360.
- FP7-ENV.2012.6.2-3, 2012. DEvelopment Of innovative Tools for understanding marine biodiversity and assessing good Environmental Status. <http://www.devotes-project.eu/project-overview/>
- IUCN, 1999. IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasions. *Newsletter of the Species Survival Commission IUCN – The World Conservation Union* 31, 28 – 42.
- Occhipinti-Ambrogi, A., Galil, B.S., 2004. A uniform terminology on bioinvasions: a chimera or an operative tool? *Marine Pollution Bulletin* 49, 688 – 694.
- Sambrook, K., Holt, R.H.F., Sharp, R., Griffith, K., Roche, R. C., Newstead, R. G. Wyn, G., Jenkins, S. R., 2014. Capacity, capability and cross-border challenges associated with marine eradication programmes in Europe: The attempted eradication of an invasive non-native ascidian, *Didemnum vexillum* in Wales, United Kingdom. *Marine Policy* 48, 51-58.
- Staeher, Peter & Jakobsen, Hans & Hansen, Jørgen & Andersen, Per & Christensen, Jesper & Goeke, Cordula & Thomsen, Mads & Stebbing, Paul, 2020. Trends in records and contribution of non-indigenous and cryptogenic species to marine communities in



Danish waters: potential indicators for assessing impact. *Aquatic Invasions*. 15. 10.3391/ai.2020.15.2.02.

Streftaris, N., & Zenetos, A., 2006. Alien Marine Species in the Mediterranean – the 100 'Worst Invasive' and their Impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1), 87-118.