

LIFE IP INTEMARES

Informe de Análisis de Riesgos de Especies Alóctonas e Invasoras en la RN2000

05/04/2023



ÍNDICE

Resumen ejecutivo.....	4
1. Introducción	6
2. Datos y metodología	8
3. Resultados y discusión	11
4. Agradecimientos	38
5. Referencias.....	38

ANEXO I: Fichas de especies alóctonas e invasoras.

ANEXO II: Presencia de EAI en espacios de la Red Natura 2000 y evaluación de impactos.

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

Centro Oceanográfico de Baleares IEO-CSIC Tercer informe: Evaluación de riesgos de expansión de especies alóctonas e invasoras, 2023.

Investigadora Principal: Dra. Aina Carbonell Quetglas.

Citar como:

Calvo-Manazza, M., Comas-González, R., Follana-Berná, G., Png-González, L., Carbonell Quetglas, A.,- 2022. Informe evaluación de riesgos 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, 40 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

La entrada de especies alóctonas desde puntos específicos (puntos calientes) como puertos comerciales y marinas recreativas constituye junto con el transporte contaminante en semillas y embalajes de la acuicultura las principales vías de entrada de EAI en las costas españolas. Se diferencian tres procesos relacionados con el establecimiento de EAI, 1- En la sub-región del Golfo de Vizcaya Costa Ibérica, el tráfico marítimo y la acuicultura, 2- En el Mediterráneo occidental el tráfico marítimo tanto relacionado con el transporte de mercancías como el recreativo por el turismo y la acuicultura y; 3- En la región Macaronesia el transporte marítimo relacionado con estructuras flotantes y el transporte por medios naturales.

El presente estudio proporciona la lista de especies establecidas en la Red Natura 2000 y realiza un análisis de riesgo de expansión de acuerdo a su introducción y al impacto inferido en base a la información adquirida y a la consulta de la literatura científica. Es un estudio teórico sobre el riesgo de dispersión de las especies alóctonas, proceso que es especialmente difícil de predecir por la dificultad de entender los mecanismos de dispersión una vez que las especies han sido introducidas por la actividad humana.

Se han seleccionado las especies que presentan una mayor frecuencia de aparición en espacios de la RN 2000 (excluidas las especies invasoras del catálogo español, por estar ya regulado su seguimiento), cartografiando su distribución, mediante representaciones gráficas de densidad de datos (mapas de calor). Se incluye en el cartografiado la proximidad a puertos comerciales y recreativos, una de las principales vías de introducción, estableciendo una clasificación de riesgo bajo, medio o alto en función de la certidumbre de la vía de introducción y del vector de introducción, así como de las características del ciclo de vida en relación a su potencial de dispersión y de tolerancia ambiental en los diferentes sitios y regiones. No obstante, siempre hay que tener en cuenta que otras especies no incluidas en la selección pueden en el futuro desarrollar poblaciones con potencial invasor.

Se recomienda un seguimiento específico de especies objetivo, y una formación en el reconocimiento de especies, así como diversificar y equilibrar el seguimiento en función de las características del espacio marino que ocupan las especies y los tipos de hábitats y de las especies de mayor riesgo de dispersión.

Executive Summary

The entry of alien species from specific points (hot spots) such as commercial ports and recreational marinas constitutes, together with the contaminant transport of seeds and aquaculture packaging, the main entry routes for Non-Indigenous Species (NIS) on the Spanish coasts. There are three processes related to the establishment of NIS, 1- In the sub-region of the Bay of Biscay Iberian Coast, maritime traffic and aquaculture; 2- In the western Mediterranean Sea, maritime traffic both related to the transport of goods and recreational by tourism and aquaculture and; 3- In the Macaronesia region, maritime transport related to floating structures and transportation by natural means.

The present study provides the list of species established in the RN2000 and performs a risk analysis according to their introduction and perceived impact. It is a theoretical study on the risk of the spread of alien species. This process is especially challenging to predict due to the difficulty of understanding dispersal mechanisms once the species have been introduced by human activity. The analysis is on the information stored in the Database until 2022, the field knowledge, and the consulted scientific literature.

The species that present a relatively higher frequency of appearance over time have been selected (excluding the invasive species included in the Spanish catalog since their monitoring is already regulated), mapping their distribution through data density graphs (heat maps) by Regional Management Unit (RMU). Proximity to commercial and recreational ports, one of the main routes of introduction, is included in mapping heat maps. For NIS that may be important in the coming years, a low, medium, or high-risk classification is established by analyzing their distribution, pathway, and vector of introduction, life cycle, and tolerance for specific hub sites or regions. However, it must always be considered that other species not included in the selection may, in the future, develop populations that cause problems.

It is recommended that monitoring should be specific of target species, and training in species identifications, diversifying and balancing monitoring based on the hubs and the species with the most significant risk of dispersion.

1. Introducción

Las especies alóctonas e invasoras (EAI), también conocidas como no nativas, exóticas, o no autóctonas, son especies que han sido introducidas fuera de su rango natural de distribución, ya sea por dispersión natural o por las actividades humanas. Estas especies, fuera de su medio ambiente, pueden sobrevivir y reproducirse en el nuevo entorno amenazando la biodiversidad local y/o causando daños a la salud humana o al ecosistema y pueden tener impactos económicos, volviéndose invasoras. Se consideran, por tanto, un agente de bio-polución en el medio marino (Elliot, 2003).

Los estudios sobre especies alóctonas aumentan significativamente a partir de la década de los años noventa (Carlton 1996; Galil 2007; Occhipinti-Ambrogi, 2007; Olenin et al. 2007; Galil et al. 2014; Ojaveer and Kotta 2014; Kumschick ET AL. 2015; Dijkstra et al. 2017; Giakoumi et al., 2019; Tsiamis et al., 2021) con numerosos trabajos que analizan las vías y vectores de introducción, reconociendo que las invasiones biológicas desafían severamente la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales y son uno de los más importantes impulsores directos de la pérdida de biodiversidad, ejerciendo una gran presión sobre los ecosistemas, con efectos ecológicos y económicos (MEA, 2005).

Las causas del aumento de introducciones se encuentran en la rápida globalización y las crecientes tendencias del tráfico marítimo, tanto por el transporte de pasajeros y mercancías como por las actividades recreativas relacionadas con el turismo, que han aumentado considerablemente en las últimas décadas, acelerando al mismo tiempo la introducción de especies alóctonas (Hulme, 2009; Katsanevakis et al., 2013).

El impulso del desarrollo de la aproximación ecosistémica a la gestión medio ambiental tuvo como consecuencia el desarrollo de una nueva regulación Europea que se hizo efectiva el 1 de Enero del 2015 (Regulación 1143/2014, y su actualización Reg. 1143/2016) con el objetivo de prevenir la introducción de especies que representan una amenaza o impactan adversamente en la biodiversidad o en los servicios del ecosistema.

Existe un amplio consenso internacional en cuanto a que los tratamientos preventivos de la gestión en los espacios marinos son una prioridad absoluta para combatir eficazmente la introducción y el impacto de las especies alóctonas y potencialmente invasoras, destacando la importancia de gestionar y controlar las vías de

introducción (Ojaveer et al., 2018; Gollasch, 2020). Sin embargo, tanto para las especies introducidas debido a la actividad humana y establecidas con poblaciones viables, como para las que llegan por medios naturales, esta posibilidad de gestión para reducir su distribución y abundancia no es viable. Mientras que sí existe la posibilidad de que puedan ser controladas antes de que lleguen o se establezcan. Esta posibilidad es la causa de promover el seguimiento de especies objetivo en los puntos de introducción y en los espacios marinos protegidos (EMP) como establece la Directiva Marco de las Estrategias Marinas (EU MSFD Directiva 2008/56/CE y 2017/845).

El objetivo de este estudio es identificar la lista de especies establecidas en las diferentes demarcaciones en riesgo de expandirse en base al conocimiento adquirido y de la literatura científica, mediante un enfoque que tiene en cuenta las características del ciclo biológico de cada especie y de su tolerancia medio-ambiental a diferentes condiciones oceanográficas y en función de las vías y actividades que están en el proceso de su introducción (Lehtineimi et al. 2015).

El objetivo principal de la Acción C.1.5ª, “Acciones para el control de especies alóctonas”, del proyecto del proyecto LIFE IP 012 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 de introducción, en relación a las especies alóctonas, con especial atención a las potencialmente invasoras.

En el desarrollo de la Acción el presente informe (tercer informe) corresponde al objetivo V de la Acción “Evaluar el riesgo de dispersión de especies alóctonas invasoras desde puntos de introducción primaria, como puertos industriales, a las áreas de RN 2000”. Además, se actualiza la información de los objetivos I-IV y VI desarrollados en el segundo informe (28-01-2022). Especialmente, se actualiza la información del objetivo I de “poner a disposición información sobre el estado actual de presencia de especies alóctonas”, con información de registros hasta septiembre del año 2022; el objetivo II de “capacitar en la detección temprana” se aborda mediante 102 fichas descriptivas de especies invasoras y potencialmente invasoras; el IV objetivo, de “desarrollo de protocolos de muestreo y seguimiento de especies alóctonas en la RN 2000” se acomete en base al conocimiento adquirido en el programa de campañas piloto para el muestreo de la macrobiota y; el objetivo III de “detección de lagunas en el conocimiento” se plantea en base a la distribución de la información georeferenciada y al conocimiento de los grupos taxónomicos.

2. Datos y metodología

Mediante el lenguaje de tratamiento y análisis de datos R (R Core Team (2020)) se seleccionaron los registros por especie y demarcación: Nordatlántica (NOR); Sudatlántica (SUD); Estrecho-Alborán (ESAL); Levantino-Balear (LEBA) y Canaria (CAN)) de la Base de Datos (DB) general de EAI. La BD se limpió de registros con localizaciones inexactas para la realización de mapas. De manera que, solo los registros con localizaciones estandarizadas y validadas en el sistema de georreferencia WGS84 Grado decimal epsg: 4326 componen la BD de trabajo actualizada hasta el año 2022, y proporciona la mejor información disponible por el momento, constando de 17.007 registros.

Una vez establecida la BD de trabajo, se agruparon los registros identificando si se trataba de especies introducidas por la actividad humana, o especies que llegan por medios naturales catalogadas como especies en “Expansión de rango” con el objetivo de conocer la composición de especies no-autóctonas en cada demarcación en función de las vías de introducción; para aquellas especies cuyo estatus no se pudo determinar, especies dudosas, en debate o especies errantes, éstas se incluyeron en un grupo cajón de sastre denominado “Otros” (Tabla 3.1.)

Tabla 3.1. Definición de los estatus establecidos para las EAI en la Base de Datos

ALIEN: Sinónimo de alóctona, no-autóctona, exótica): especie, subespecie o taxon inferior, con clara evidencia, de su introducción fuera de su área de distribución natural original, como resultado de la actividad humana, denominándose introducción primaria. A partir de ésta, se puede dar la introducción secundaria, que ocurre sin participación humana, por medios naturales, tales como por corrientes oceánicas.

CRIPTOGÉNICA: Especie que no puede ser demostradamente clasificada como nativa o como alóctona, debido a que no hay evidencias definitivas de su origen exótico, o del modo de introducción desde su área de distribución natural, que puede ser por tanto una dispersión natural versus a una dispersión mediada por el factor humano.

CRIPTOGÉNICA EN EXPANSIÓN: Especie con alguna evidencia sobre su condición de alóctona, pero con incertidumbre debido a un modo de introducción poco claro desde el área de distribución nativa (propagación natural versus mediada por humanos).

EXPANSIÓN DE RANGO: propagación natural de la especie como posible respuesta al cambio global.
OTROS: Reune los registros dudosos (generalmente por falta verificación de la presencia de la especie o del registro en sí), debatibles (especies de taxones complejos, que está en discusión su origen exótico), y especies errantes poco comunes.

Para evaluar el riesgo de dispersión de EAI desde puntos de introducción primaria tales como puertos comerciales y recreativos en las proximidades de la RN2000, se elaboraron mapas de distribución de las especies de mayor o moderado riesgo de introducción, realizando previamente una selección de las especies siguiendo los siguientes criterios: número de registros desde mayor a menor número de registros en la RN2000; excluyendo las especies en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras (según el Real Decreto 630/2013) ya que para dichas especies ya se les presume un seguimiento y en todo caso al estar establecidas y ampliamente extendidas entran en la categoría de no ser aplicable medidas de gestión encaminadas a la reducción de su abundancia y distribución; en segundo lugar se la selección se dirigió a las especies con vector introducción antrópico, principalmente por transporte marítimo de aguas de lastre y biofouling y por transporte contaminante relacionado con la acuicultura; seguidamente se selección las especies que presentan un historial extenso de registros distribuidos a lo largo del tiempo, demostrando así, cierta capacidad de establecimiento. Finalmente, se incluyen la información de la biología y la ecología que tiene mayor relevancia en relación a su potencial dispersión

Es importante remarcar que, la información aportada para cada especie en cuanto a los años de registros, el hecho de que no haya registros de años recientes (< una década), no significa que esta especie no haya estado presente en años recientes, si no que quizás simplemente no hay registros más recientes en la BD.

Para cada especie EAI seleccionada en su demarcación marina, se optó por elaborar un mapa de calor (Heatmaps) (Słomska-Przech et al 2021), con el uso de software de QGIS (QGIS Development Team, 2021) se visualizaron las especies de mayor riesgo de impacto en los espacios marinos de la RN2000 en cuanto a presencia y distribución. Ya que éstos son muy útiles cuando se tienen conjuntos de datos muy grandes y permiten representar en el mapa la densidad de puntos o elementos que conforman la representación. La densidad se calcula en

función del número de puntos en una ubicación. Un mayor número de puntos agrupados dan como resultado valores más grandes.

Estos mapas, por tanto, se representan con un radio de unos pocos kilómetros alrededor del punto de registro representando un área de distribución potencial a partir de las coordenadas concretas de registros. Visualmente, cuanto más oscura es la tonalidad, mayor concentración de registros representa. Debido a esto último, hay que tener en cuenta que, aunque los registros del Anexo II (ver, Tablas 1-5) muestren un número determinado de espacios RN2000 donde cada especie en cuestión está registrada, en el mapa de calor, las representaciones pueden tener contacto con un mayor número de espacios RN2000 que los especificados en dichas tablas, ya que no son puntos concretos de registros, si no áreas de potenciales distribución que abarcan más espacio. Además, es importante resaltar que se ha adaptado el mapa de calor a la escala espacial para cada Demarcación Marina (DM), por lo que los datos representados en los mapas para cada especie, no deben tomarse como datos cuantitativos sino cualitativos a modo de visualización de la distribución potencial donde se encuentran más registros. Estos mapas también, describen:

1. Primer registro para la demarcación (cuadrado amarillo), cuando se dispone de la localización (en algunos casos, no hay coordenada del primer registro porque la publicación no lo especificaba o porque no se tiene acceso a ella).
2. Puertos del Estado (puertos comerciales) próximos, para tener una visión de la proximidad de registros a estos "hot spot" (triángulo verde) y otros puertos y marinas secundarias (puntos negros).
3. Límites de las áreas de la RN2000 y las demarcaciones marinas.

Mediante Anexos se resume la información elaborada:

Anexo I: Fichas descriptivas de las especies de mayor impacto reconocido (especies invasoras RD 630/2014) y de las especies con potencial impacto en las costas españolas. "ATLAS DE ESPECIES ALÓCTONAS MARINAS E INVASORAS EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS (2020)". Elaborada en la colaboración con expertos en diferentes taxones.

Anexo II: Lista de especies en RN en las diferentes demarcaciones en base a la información disponible de registros geo-referenciados.

Se incluye como informe de verificación el informe de la campaña por escafandra autónoma en el hábitat infralitoral rocoso realizada en el Sur de Almería-Seco de los Olivos durante 2022 y las campañas rápidas de detección de especies alóctonas en las proximidades del LIC en marinas recreativas (Informe NIS_LIC_ALMERÍA_0422, LIC del Sur de Almería y Seco de los Olivos)

3. Resultados y discusión

3.1. Niveles de certeza de cómo llegan las EAI

Si bien para cada especie EAI se presume una vía de introducción, no siempre es correcto y algunos autores adjudican la vía de introducción por el transporte marítimo implicado en las aguas de lastre sin una evidencia clara de ello. Por otra parte, el estatus de las especies refleja también la certidumbre en cuanto a que se trate de una introducción por la actividad humana, haya indicios de que la especie es introducida “criptogénica” o haya solamente sospechas en cuanto a su introducción “criptogénica en expansión”. En algunas ocasiones una especie es introducida por la actividad humana y también llega por medios naturales lo que dificulta su clasificación en un estatus específico. Las diferentes categorías de estatus de especies introducidas son un indicador de los elementos ambientales, oceanográficos, de topografía y antropógenos que predominan en cada zona.

En la demarcación Canaria se da el mayor porcentaje de especies en expansión de rango, debido a las corrientes del Gran Ecosistema Canario de distribución natural de especies tropicales, probablemente reforzado por el cambio global. Mientras que, en la demarcación Nordatlántica y Sudatlántica se da la mayor proporción de especies “Alíen”; estas demarcaciones de la sub-región del Golfo de Vizcaya y del sur de la Costa Ibérica se encuentran en la región de influencia del Canal de la Mancha y del Estrecho de Gibraltar, canales entre los del mayor número de rutas de tráfico marítimo del mundo. La demarcación del Estrecho-Gibraltar presenta la mayor proporción de la categoría “otros”, en esta demarcación se da un mayor número de especies errantes, y de especies introducidas desde la ribera sur o desde la inmediaciones del Atlántico, que también llegan pueden llegar transportadas y por medios naturales. En cuanto al porcentaje de especies por categoría, más del 75% son alíen en las demarcaciones Atlánticas, y en torno al 50% lo son

en la demarcación Mediterránea Levantino-Balear, mientras en las regiones Estrecho-Alboran y Canaria el porcentaje es inferior al 40%.

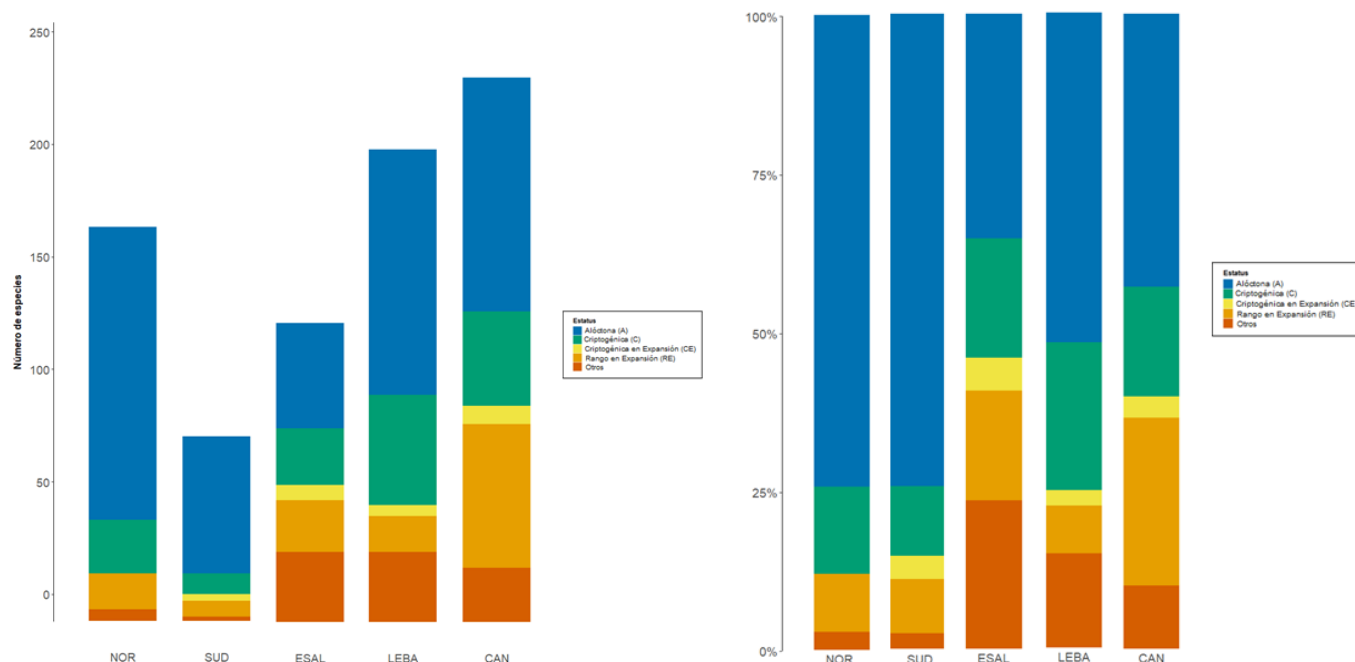


Figura 3.1.1. Número de especies por categoría en cada demarcación. Alien (A); Criptogénica (Cry); Criptogénica en expansión (Cry-ExP), en Rango de Expansión (Range Expanding) y otros (vagabundas, cuestionables, dudosas). Noratlántica (NOR) y; Demarcación Sudatlántica (SUD); Demarcación Estrecho-Alborán (ESAL); Demarcación Levantino-Balear (LEBA), Demarcación Demarcación Canaria (CAN).

A fin de establecer los niveles de certeza utilizados en el análisis de riesgos para categorizar la certidumbre de la vía de introducción, se ha empleado la clasificación establecida en Olenin et al. 2010, modificada incluyendo especies introducidas simultáneamente por el transporte y por medios naturales (corrientes, propios medios móviles, etc.) (Tabla 3.1.1).

Tabla 3.1.1 Diferentes niveles de certeza utilizados para describir la llegada de de especies alóctonas (modificado a partir de Olenin et al., 2010).

NIVEL DE CERTEZA	NIVEL DE CERTIDUMBRE	DE	EJEMPLO
1. INTRODUCCIÓN CIERTA	Evidencia de introducción clara	de	Introducciones por la acuicultura y la acuariofilia
2. INTRODUCCIÓN PROBABLE	Evidencia de llegada por causa de una actividad que puede tener lugar en cualquier área		Especies cuya área de origen es conocida y se introducen en la nueva área por el transporte marítimo en aguas de lastre o biofouling.
3. INTRODUCCIÓN POSIBLE	Evidencias de llegas por otras vías, que pueden incluir la propagación natural		Introducciones por corredores /canales naturales o artificiales (Canal de Suez) introducciones por medios naturales o introducidas simultáneamente por transporte y por medios naturales.

3.2. Patrones de distribución de EAI en los espacios marinos protegidos

Partiendo de 17.007 registros (Figura 3.3.1), la distribución de todos los registros de localizaciones dentro RN2000 fue de un 53,6 % del total del total.

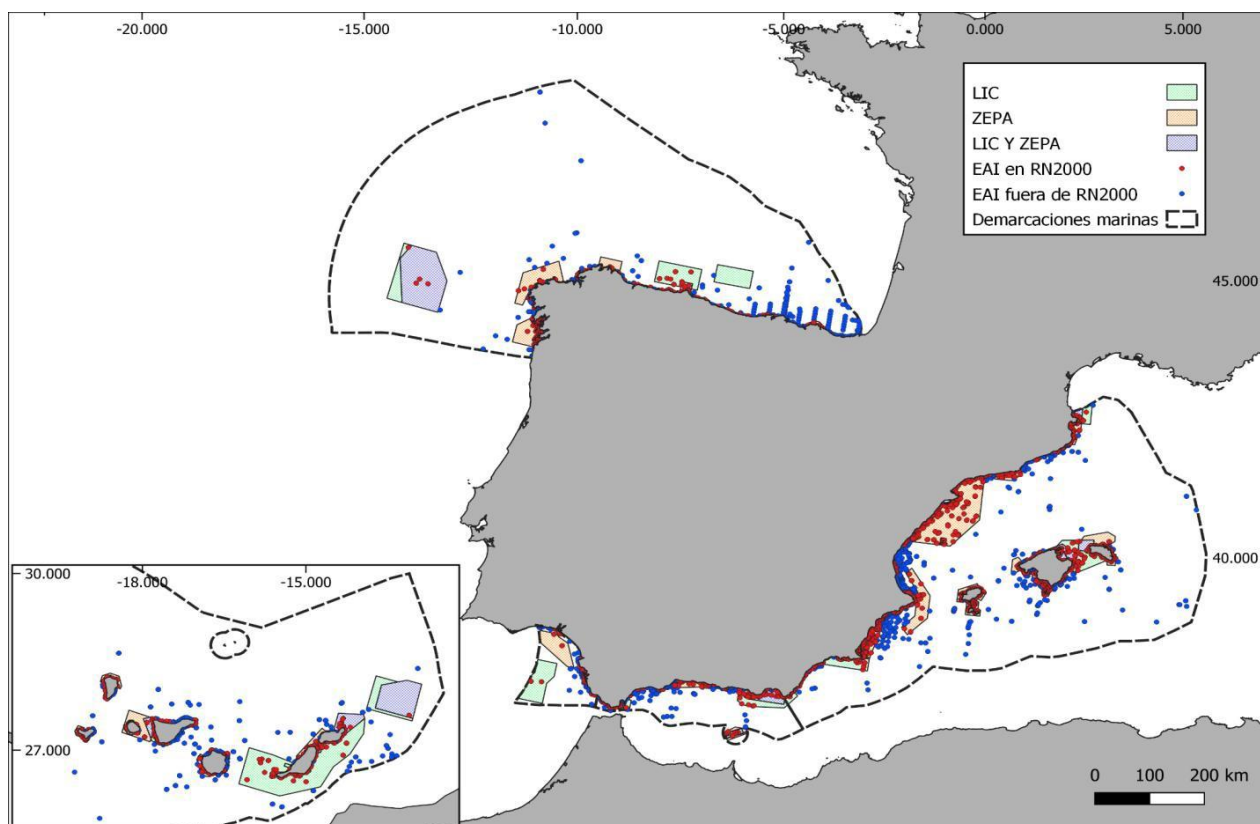


Figura 3.2.1. Distribución de registros de EAI en las diferentes demarcaciones. Puntos rojos localizaciones en la RN2000, puntos azules localizaciones fuera de los espacios marinos protegidos.

En los espacios marinos protegidos el mayor número de especies alóctonas y criptogénicas (Tabla 3.2.1; Figura 3.2.2) se dan en hábitats con niveles altos de marisqueo y acuicultura, y el vector de introducción más importante es el transporte contaminante relacionado en las zona del Delta del Ebro y las Rías Baixas en Galicia; y en espacios marinos en los que la navegación marítima recreativa es el vector más probable de introducción al ser zonas con una alta intensidad de actividad turística, es el caso de la isla de Tabarca, Benidorm, Cabrera en las Islas Baleares.

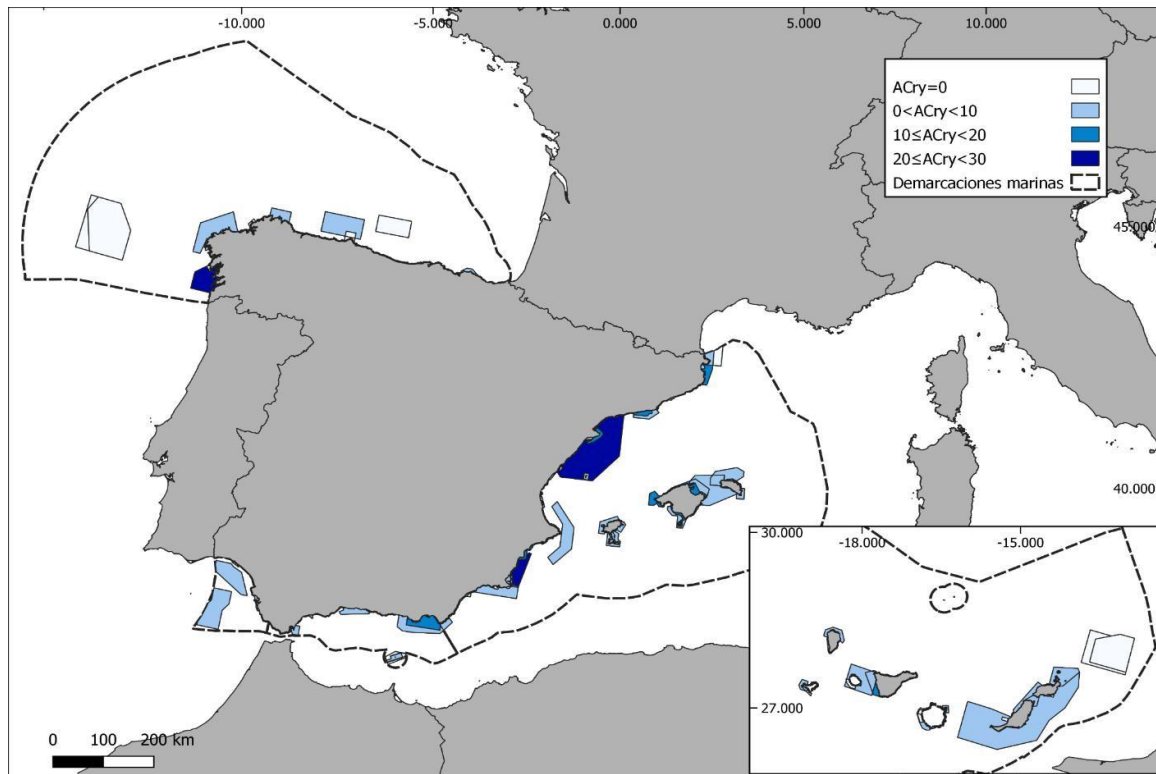


Figura 3.2.2 Número de especies Alóctonas y Criptogénicas o Criptogénicas en expansión (ACry) detectadas en los principales espacios RN2000.

Los espacios marinos con mayor proporción de especies en expansión de rango (Tabla 3.2.2; Figura 3.2.3) se encuentran en las demarcaciones del Estrecho-Alboran y Canaria. Ambas áreas se encuentran en zonas de transición entre diferentes condiciones medio-ambientales, caracterizadas por corrientes que pueden propagar las especies arrastradas o llegando por sus propias habilidades. Tales especies a menudo permanecen dentro de las regiones confinadas a menos que la propagación antropogénica les facilite la dispersión fuera de las regiones. Generalmente son especies móviles con capacidad de movimiento, y se dan pocos casos de especies enteramente bentónicas.

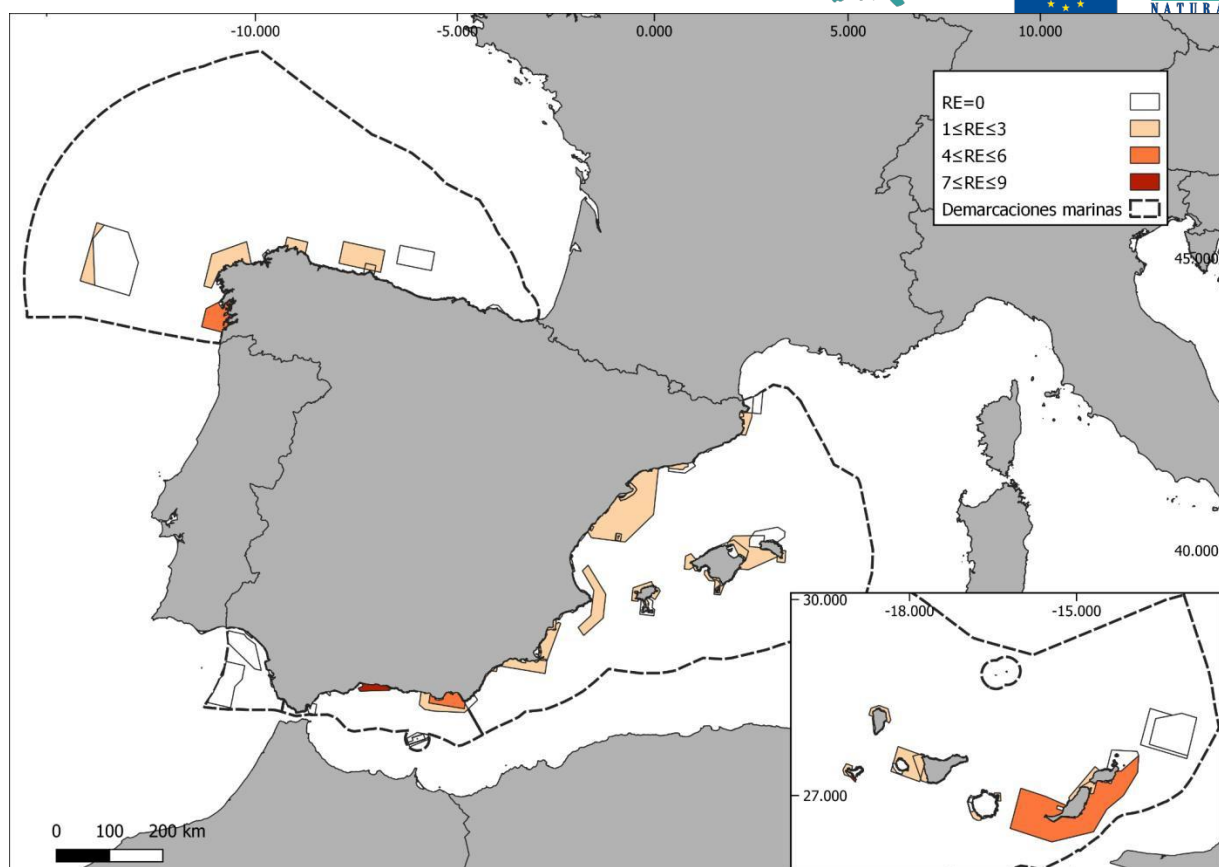


Figura 3.2.3 Número de especies en expansión de rango (RE) en los espacio RN2000.

Tabla 3.2.1. EMP con mayores registros de EAI con estatus A, C o CE que se incluyen a un al rango de intervalo más alto ($20 \leq ACry < 30$). DM: Demarcación marina; Tipo de espacio marino (LIC o ZEPA); Código del espacio marino de la Red Natura 2000; Nombre del EMP, número de diferentes especies EAI.

DM	Tipo de espacio	Código	Nombre	Nº de especies
NOR	ZEPA	ES0000499	Espacio marino de las Rías Baixas de Galicia	28
LEBA	ZEPA	ES0000512	Espacio marino del Delta de l'Ebre-Illes Columbretes	25
LEBA	LIC y ZEPA	ES0000508	Espacio marino de Tabarca-Cabo de Palos	23
LEBA	LIC y ZEPA	ES5213021, ES0000121	Illots de Benidorm i Serra Gelada	22

Tabla 3.2.2. EMP con mayor proporción de especies en expansión de rango (RE). Demarcación marina (DM); Tipo de espacio marino (LIC o ZEPA); Código del espacio marino de la Red Natura 2000; Nombre del EMP, número de diferentes especies EAI.

DM	Tipo de espacio	Código	Nombre	Nº de especies
CAN	LIC	ES7020057	Mar de Las Calmas (El Hierro)	8
ESAL	ZEPA	ES0000504	Bahía de Málaga-Cerro Gordo	7

Se han realizado fichas descriptivas, con el objetivo de implementar un Sistema de Información (SI) para ayudar a la detección temprana en la RN2000 (Anexo I). A partir de los resultados elaborados, se resume en el Anexo II la lista de las especies presentes en los diferentes espacios protegidos de la RN2000 por demarcación, estatus, vector de introducción e impactos.

3.3. Evaluación de riesgos

Se presentan mapas de calor (Figuras 3.3.1- 3.3.30) las especies con mayor riesgo de dispersión a las áreas de la RN2000, desde puntos de introducción primaria (puertos) en las demarcaciones marinas de la costa española.

Las especies seleccionadas en este estudio se han clasificado en bajo, moderado y alto riesgo de impacto (Tabla 3.3.1). Para la sub-región de Golfo de Vizcaya-Costa Ibérica, en la demarcación NOR, las especies objetivo corresponden a la especie de cultivo de ostras (*Magallana gigas*) en la zona oriental de la sub-región y; al alga macrófita de cultivo en la zona occidental (*Undaria pinnatifida*), con un alto riesgo extensión a toda la sub-región de las dos especies. Asociadas al transporte contaminante por la acuicultura se encontraría también *Corella eumyota* (ascidia) y *Colpomenia peregrina* (alga parda), introducidas con la semilla de las dos especies anteriores, ambas con un alto riesgo de dispersión; *Cynoscion regalis* es un pez introducido por transporte marítimo, presente en rias, en zonas estuarinas, especie con gran tolerancia a cambios de salinidad. En cuanto a las especies seleccionadas en la demarcación SUD *Amathia verticillata* (briozoo); *Chaetopleura angulata* (molusco) y *Ectinascidea turbinata* (Ascidia) extendidos en ambientes portuarios, con alto riesgo de dispersión, debido a su capacidad reproductiva son ejemplos de organismo introducidos por las aguas de lastre y el biofouling.

Para la sub-región del Mediterráneo Occidental, en la demarcación ESAL se han seleccionado las especies *Clavelina lepadiformis* (ascidia) y *Oculina patagónica* (cnidario) introducidas por el transporte marítimo que están teniendo un rápida dispersión favorecida por el cambio global, ambas son frecuentes en ambientes portuarios; *Dictyota cyanoloma* (alga verde), *Antithamnion amphigeneum* (alga roja) introducidas por el transporte marítimo en aguas de lastre y biofouling presentan también una gran capacidad de dispersión, y por último *Gymnodinium catenatum* corresponde a un alga microscópica que produce floraciones masivas tóxicas que afectan a la salud.

En la demarcación LEBA las especies seleccionadas han sido *Notomastus aberans* (poliqueto), *Halimeda incrassata* (alga verde), *Clavelina lepadiformis* (ascidia), *Ascidella scabra* (ascidia), *Microcosmus squamiger* (ascidia) , *Hypnea spinella* (alga roja) , *Oculina patagónica* (cnidario), *Pennaria disticha* (cnidario) , *Paraleucilla magna* (esponja) y *Pinctada radiata*

(molusco). De esta lista, la mayoría de especies corresponden a la macrobiota sésil, introducida por el transporte marítimo, algunas de ellas solo detectadas localmente, pero con un alto riesgo de dispersión.

Por último en la región Macaronesia, en el archipiélago Canario, las especies seleccionadas han sido *Tubastraea coccínea* (cnidario) *Macrorhynchia philippina* (cnidario), *Exaiptasia diaphana* (cnidario) especies frecuentes en ambientes portuarios, y *Cronius ruber* (cangrejo), introducido por el transporte marítimo y secundariamente extendido en el archipiélago por medios naturales, es un invasor en todo el archipiélago; *Pseudotetraspora marina* (alga verde), especie reciente extendida en las islas occidentales y *Colpomenia sinuosa* (alga parda), muy extendida en todo el archipiélago; mientras que *Abudefduf saxatilis* (pez) ha sido introducido en el archipiélago por transporte marítimo y simultáneamente por dispersión natural asociada a objetos flotantes.

DEMARCACIÓN NORDATLÁNTICA (NOR)

- ***Colpomenia peregrina***
 - Primer registro: 1905.
 - Posteriores registros: 1997, 2000 a 2021.

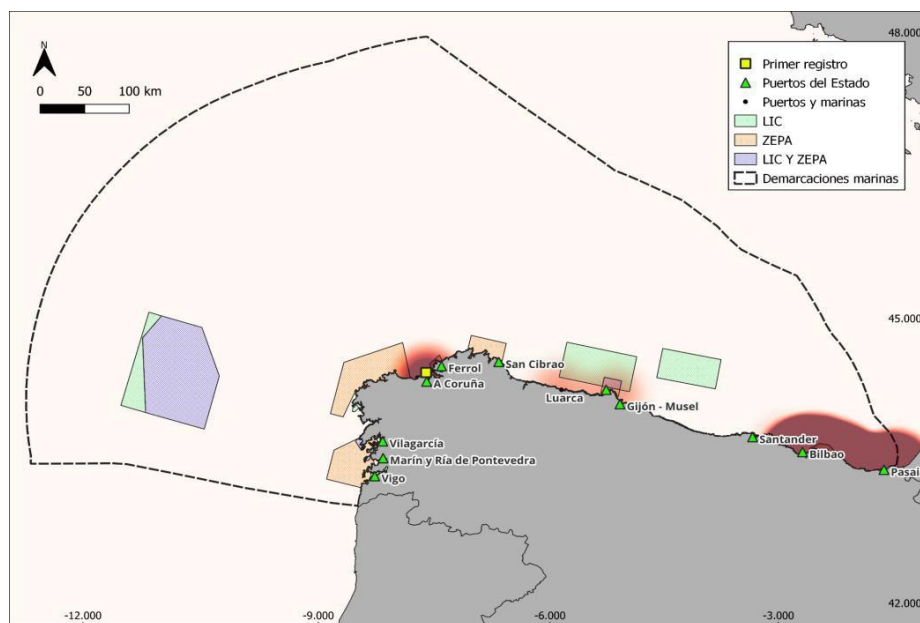


Figura 3.3.1. Mapa de calor de la distribución de *C. peregrina*

- ***Corella eumyota***
 - Primer registro: 2003.
 - Posteriores registros :2004, 2005, 2008, 2009.
 -

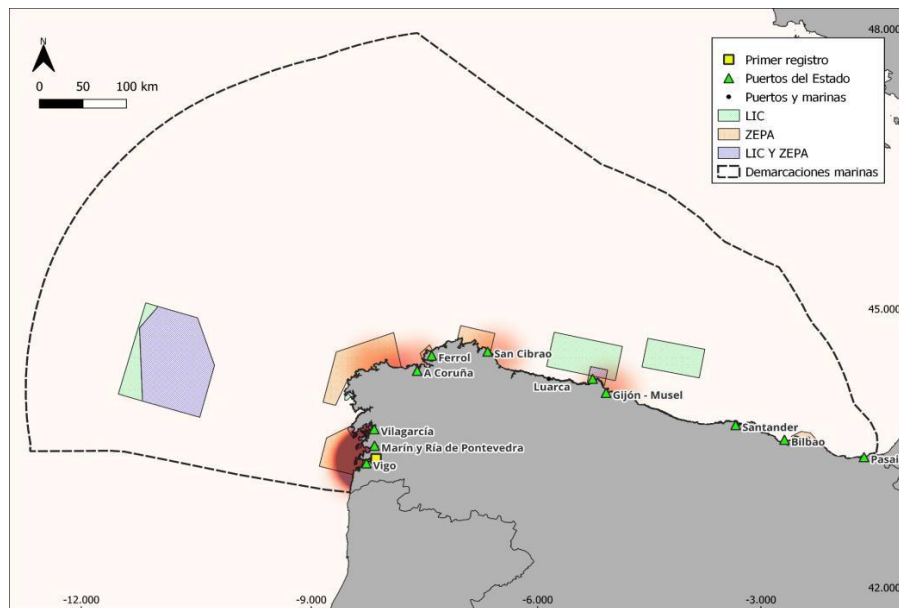


Figura 3.3.2. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. eumyota*.

- ***Cynoscion regalis***
 - Primer registro: 2016.
 - Posteriores registros: 2017, 2020, 2021.

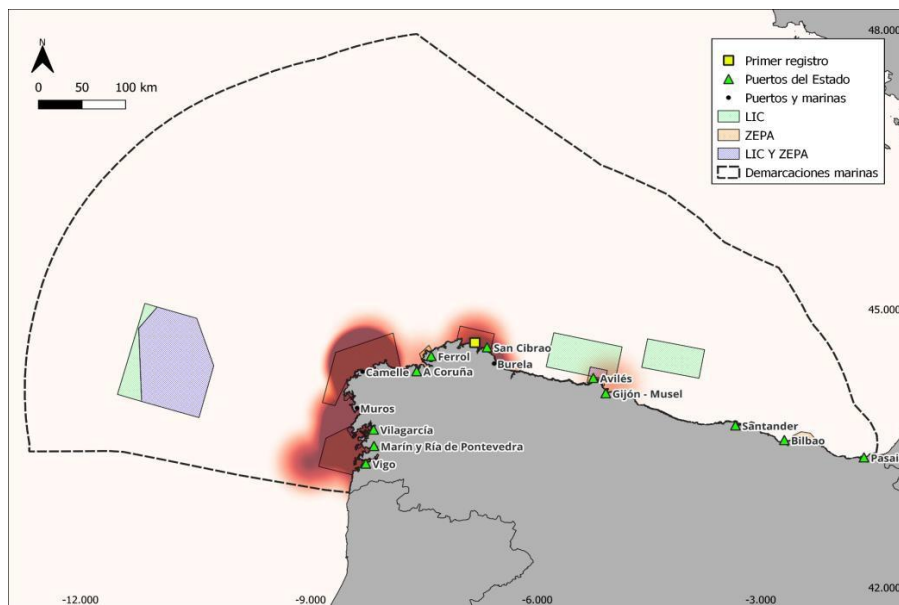


Figura 3.3.3. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. regalis*.

- ***Magallana gigas***
- Primer registro: 1976.
- Posteriores registros: 2002 a 2022.

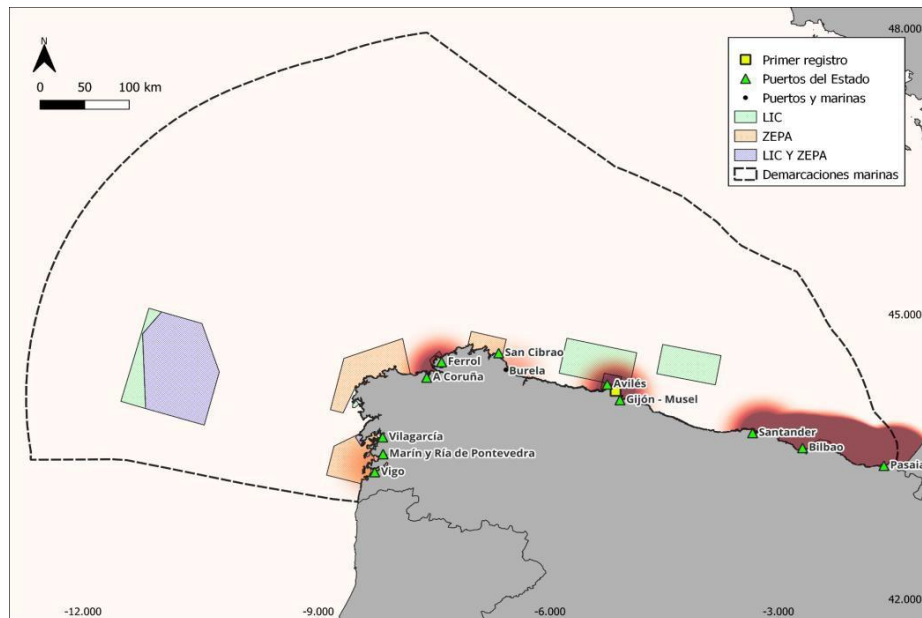


Figura 3.3.4. Mapa de calor de la distribución potencial de *M. gigas*.

- ***Undaria pinnatifida***
- Primer registro: 1988.
- Posteriores registros: 1992, 1995, 1999, 2000, 2001, 2002, 2004, 2011, 2015, 2018, 2021, 2022.

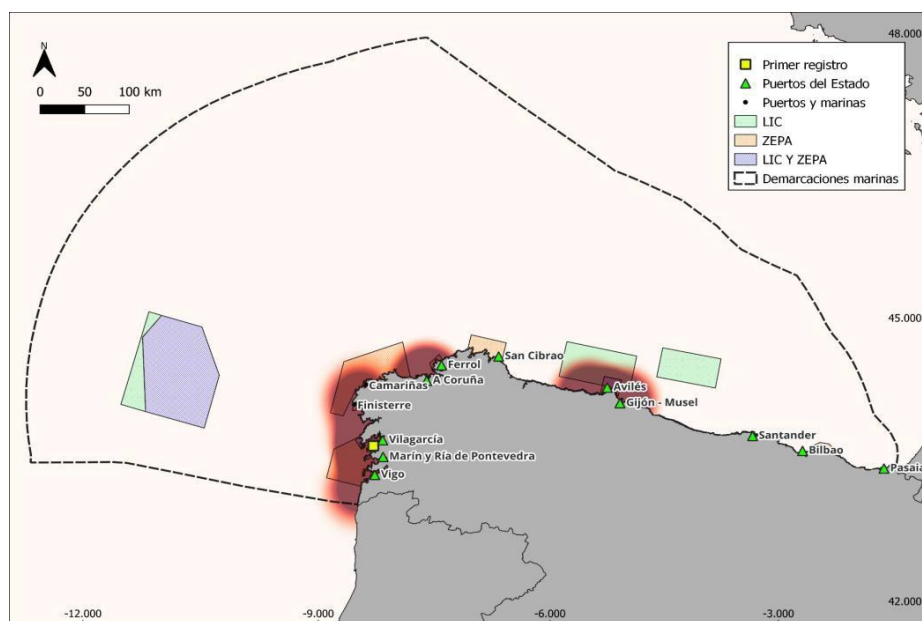


Figura 3.3.5. Mapa de calor de la distribución potencial de *U. pinnatifida*.

DEMARCACIÓN SUDATLÁNTICA (SUD)

- ***Amathia verticillata***
 - Primer registro: antes del 1807.
 - Registros posteriores: 1823, 2009, 2010, 2011 y 2012.

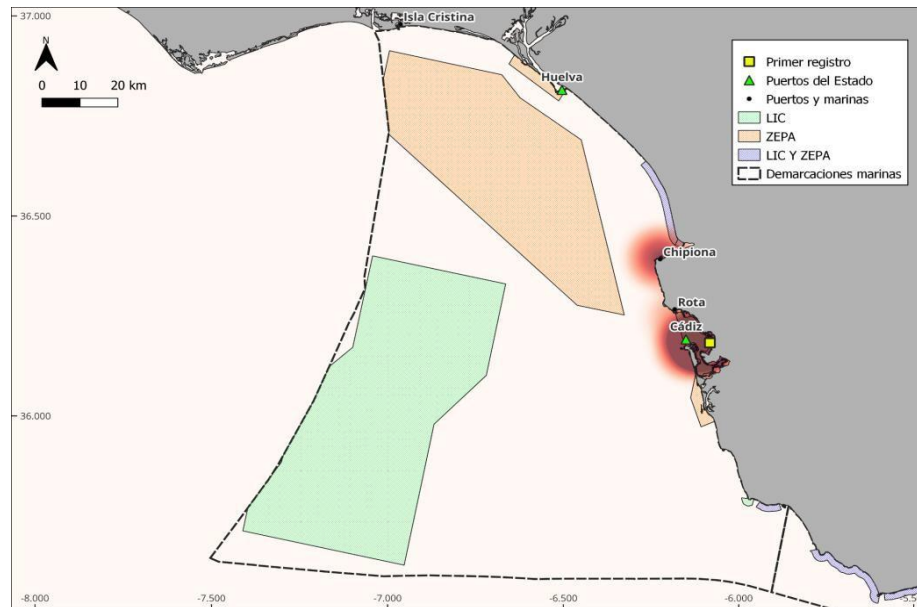


Figura 3.3.6. Mapa de calor de la distribución potencial de *A. verticillata*.

- ***Chaetopleura angulata***
 - Primer registro: 1917.
 - Registros posteriores: 1974, 1976, 1980, 1992, 1996, 1994, 1999, 2006, 2010, 2020, 2022.

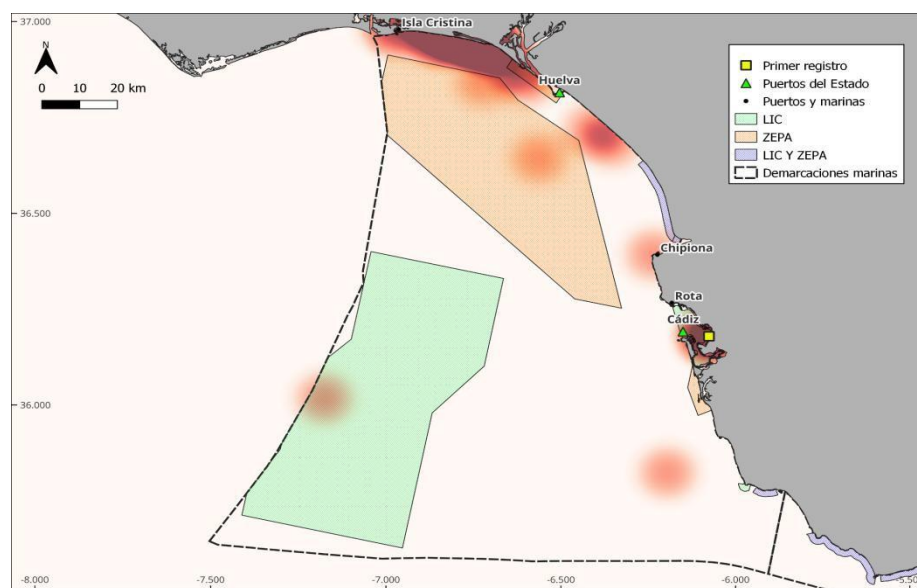


Figura 3.3.7. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. angulata*.

- ***Ecteinascidia turbinata***

- Primer registro: 1989.
- Registros posteriores: 2004, 2005, 2006, 2007, 2009, 2010, 2011, 2021, 2022.

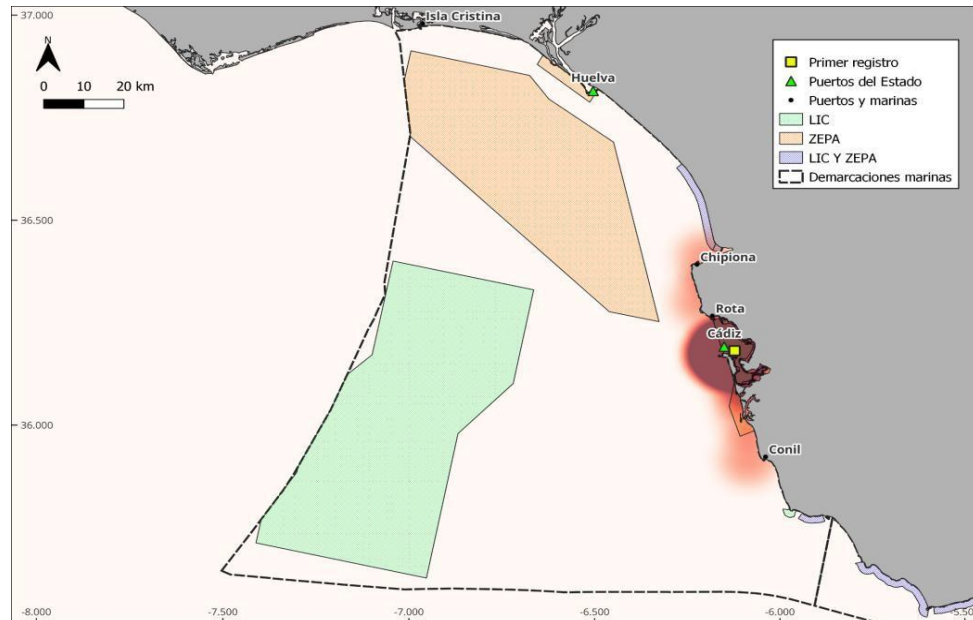


Figura 3.3.8. Mapa de calor de la distribución potencial de *E. turbinata*.

DEMARCACIÓN ESTRECHO-ALBORÁN (ESAL)

- ***Gymnodinium catenatum***

- Primer registro: 1989.
- Posteriores registros: 2009.

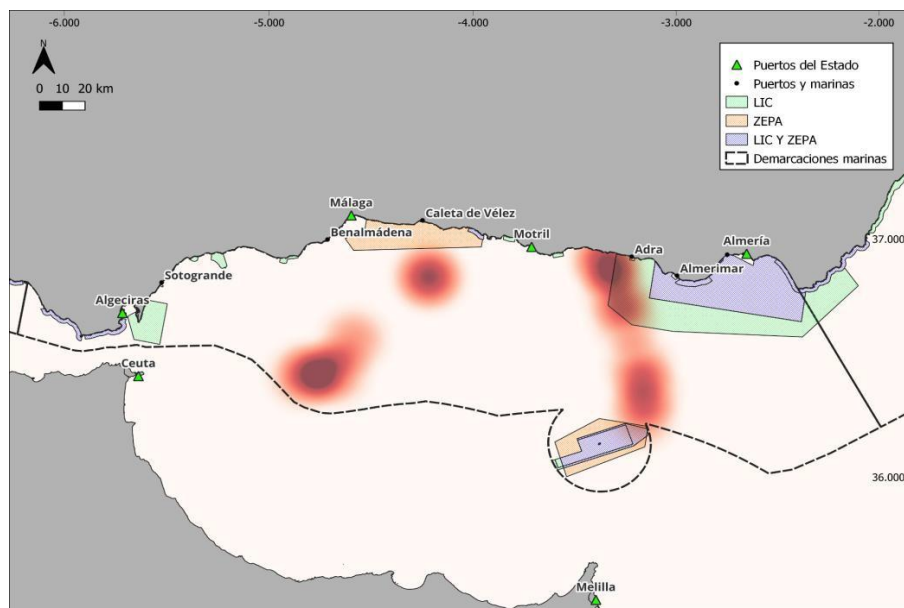


Figura 3.3.9. Mapa de calor de la distribución potencial de *G. catenatum*.

- ***Oculina patagonica***

- Primer registro: 1975.
- Posteriores registros: 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016, 2019, 2020, 2021, 2022.

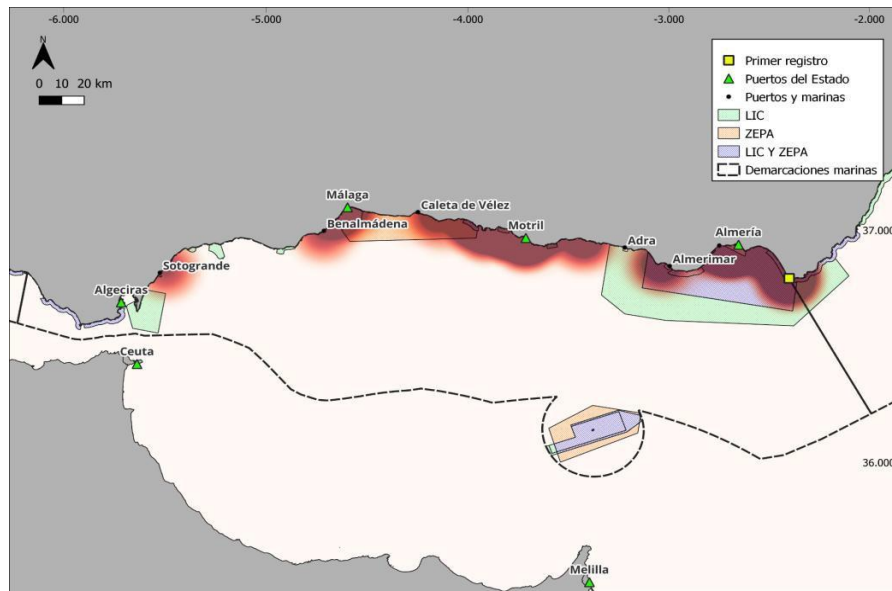


Figura 3.3.10. Mapa de calor de la distribución potencial de *O. patagonica*.

- ***Antithamnion amphigeneum***

- Primer registro: 1992.
- Registros posteriores: 2007.

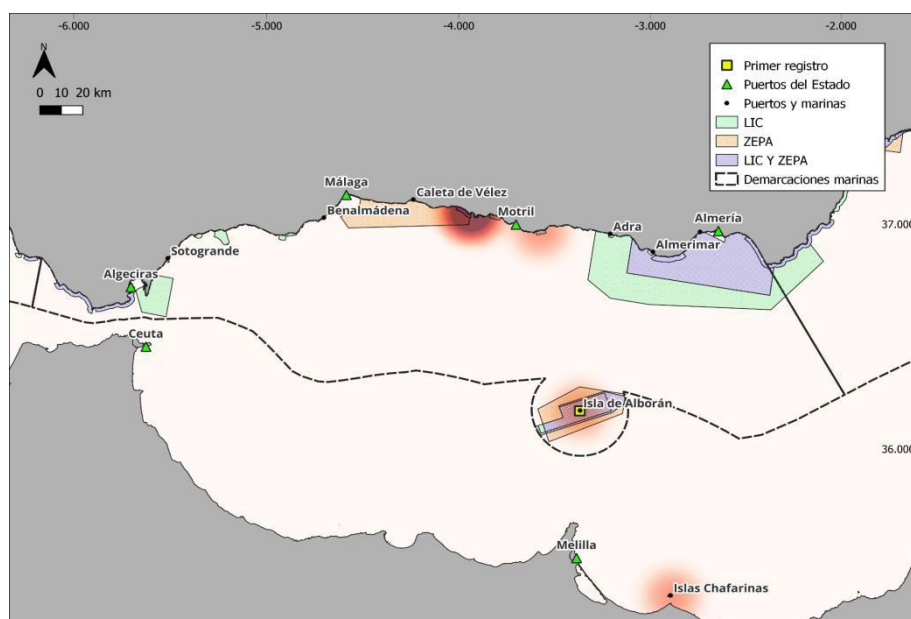


Figura 3.3.11. Mapa de calor de la distribución potencial de *A. amphigeneum*.

- ***Clavelina lepadiformis***

- Primer registro: 1989.
- Registros posteriores: 2011, 2017, 2020, 2021, 2022.

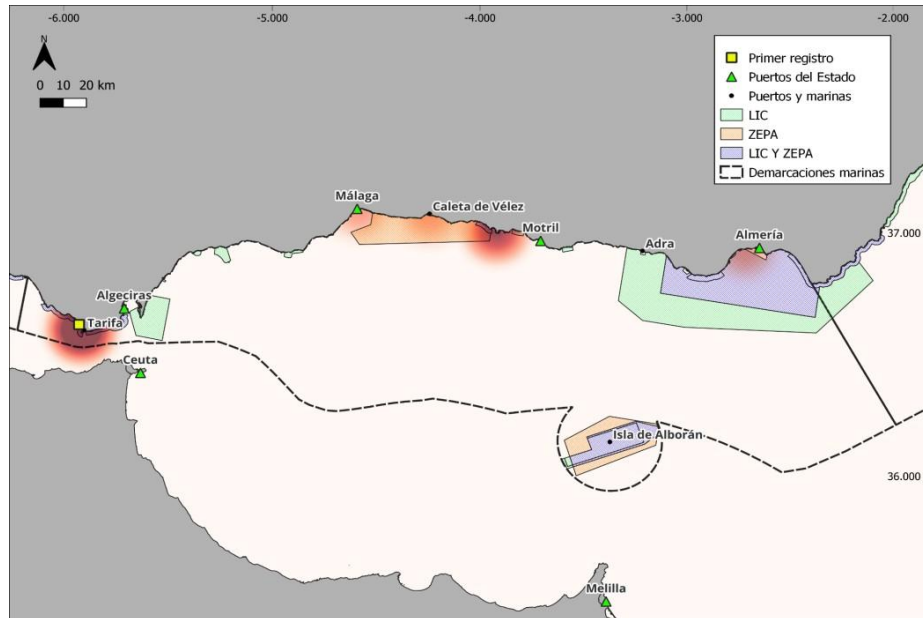


Figura 3.3.12. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. lepadiformis*.

- ***Dictyota cyanoloma*:**

- Primer registro: 2013.
- Posteriores registros: 2014, 2022.

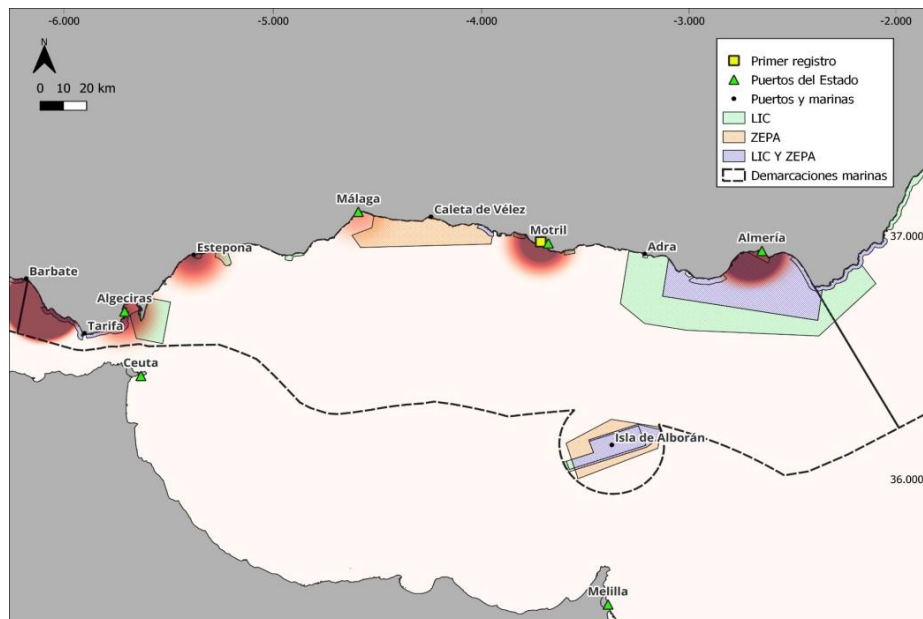


Figura 3.3.13. Mapa de calor de la distribución potencial de *D. cyanoloma*.

DEMARCACI3N LEVANTINO-BALEAR (LEBA)

- ***Ascidella scabra***
 - Primer registro: 1953.
 - Posteriores registros: 2003 a 2019.

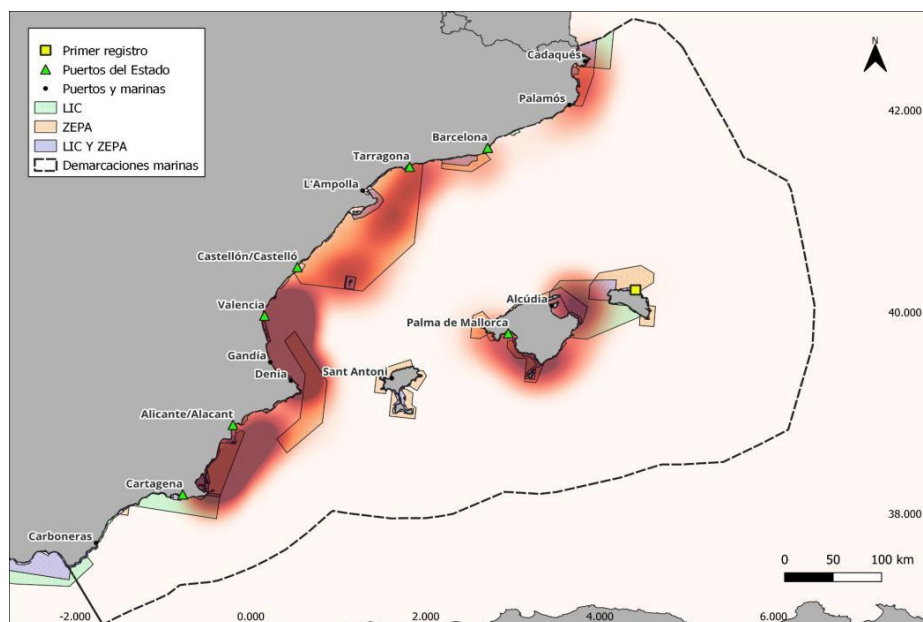


Figura 3.3.14. Mapa de calor de la distribución potencial de *A. scabra*.

- ***Clavelina lepadiformis***
 - Primer registro: 1890.
 - Posteriores registros: 1998, 1999, 2002, 2007 a 2015, 2018 a 2022.

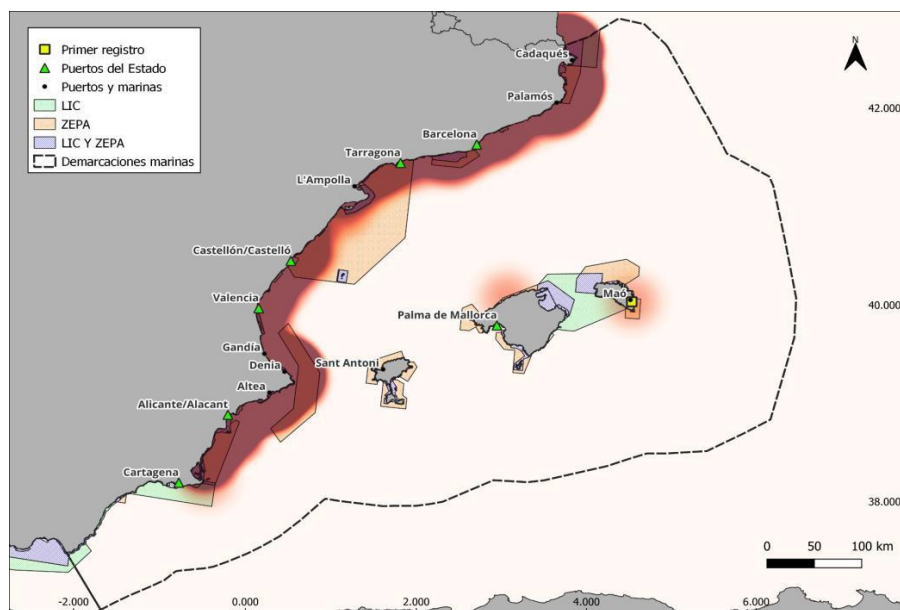


Figura 3.3.15. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. lepadiformis*.

- ***Halimeda incrassata***

- Primer registro: 2011.
- Posteriores registros: 2014 a 2021.

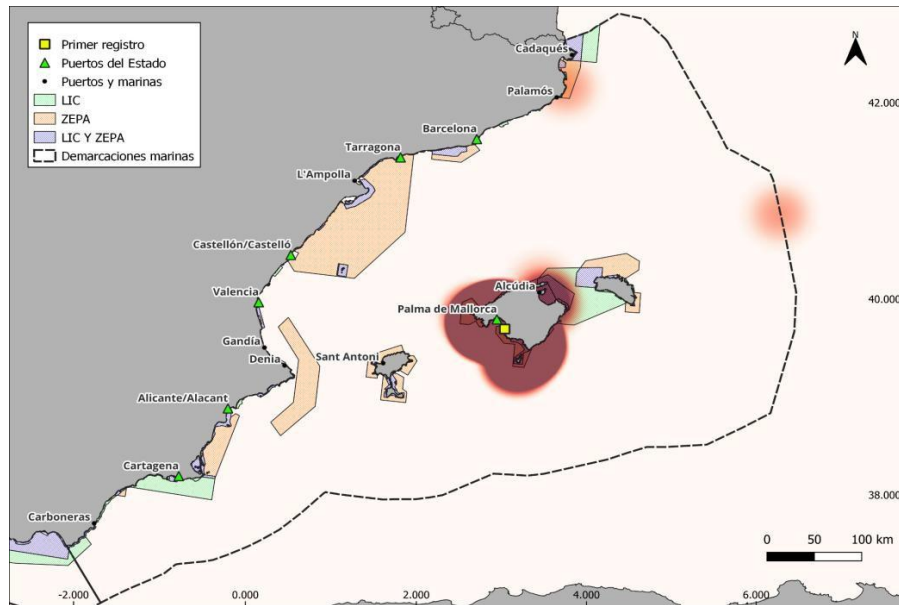


Figura 3.3.16. Mapa de calor de la distribución potencial de *H. incrassata*.

- ***Hypnea spinella***

- Primer registro: 1977.
- Posteriores registros: 1978, 1981, 1984, 1985, 1994, 1997, 2002, 2005, 2006, 2008, 2009, 2010.

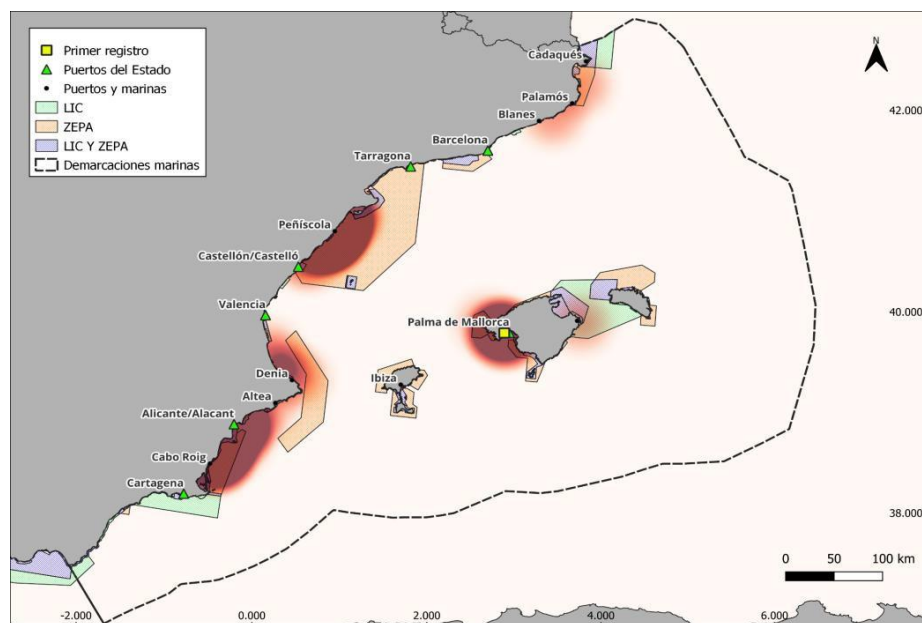


Figura 3.3.17. Mapa de calor de la distribución potencial de *H. spinella*

- ***Microcosmus squamiger***

- Primer registro: 1976.
- Posteriores registros: 1980, 1984, 1985, 1986, 1987, 1991, 1992, 2004, 2005, 2007, 2009, 2011, 2012, 2013, 2015.

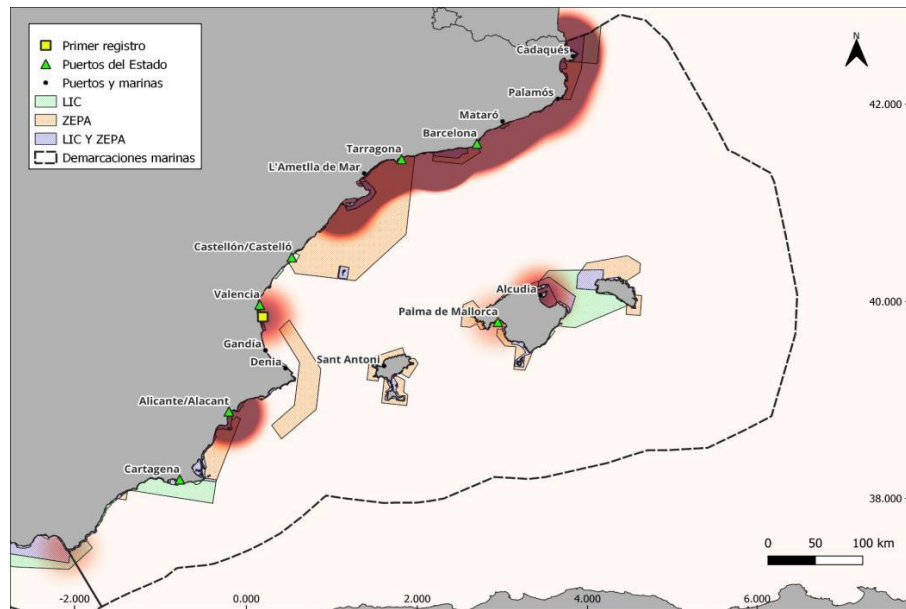


Figura 3.3.18. Mapa de calor de la distribución potencial de *M. squamiger*.

- ***Notomastus aberans***

- Primer registro: 1984.
- Posteriores registros: 1986, 1999, 2000, 2001, 2002, 2005, 2006 2009.

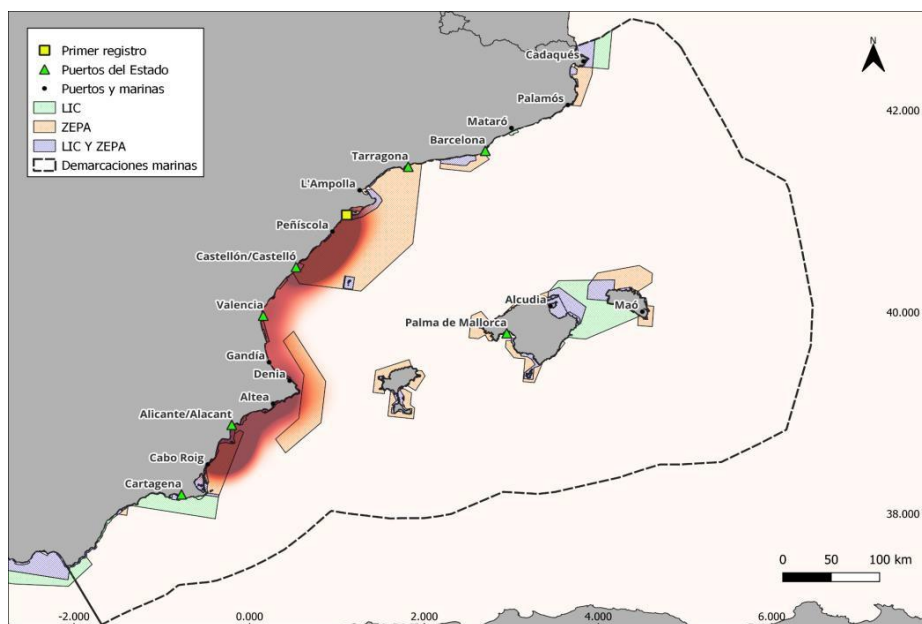


Figura 3.3.19. Mapa de calor de la distribución potencial de *N. aberans*.

- ***Oculina patagónica***
- Primer registro: 1972.
- Posteriores registros: 1994, 2001 a 2022.

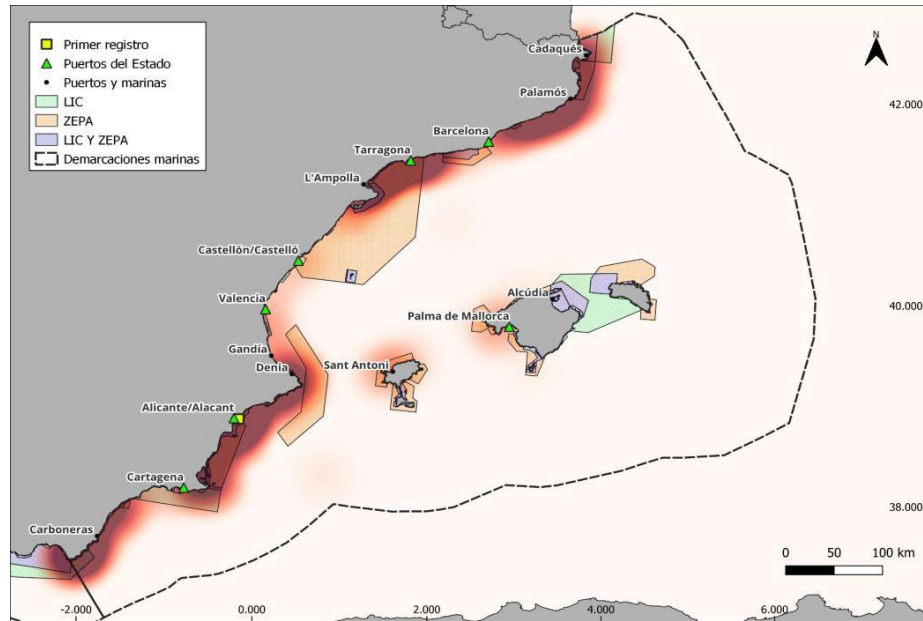


Figura 3.3.20. Mapa de calor de la distribución potencial de *O. patagónica*.

- ***Paraleucilla magna***:
- Primer registro: 2006.
- Posteriores registros: 2007 a 2012, 2018, 2022.

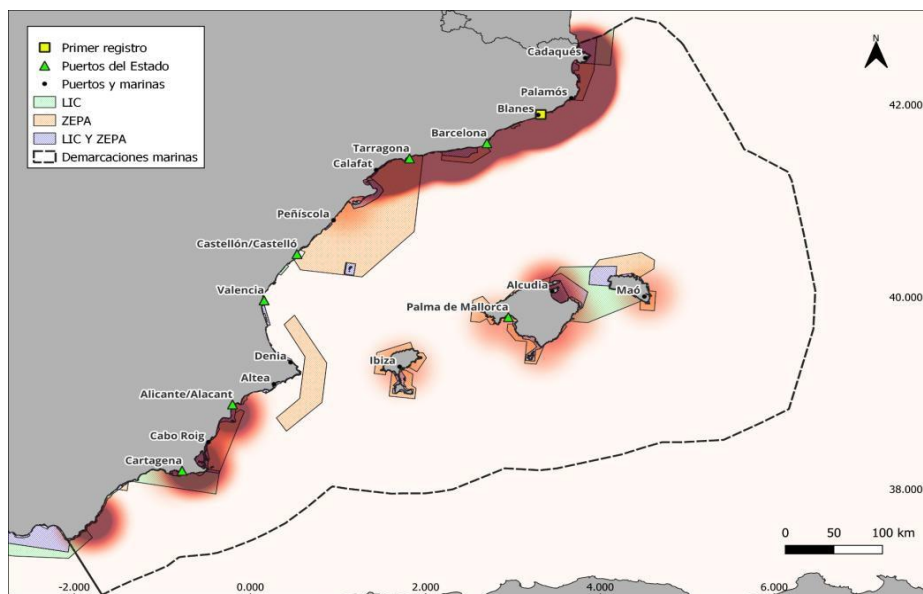


Figura 3.3.21. Mapa de calor de la distribución potencial de *P. magna*.

- ***Pennaria disticha***

- Primer registro: 1905.
- Posteriores registros: 2006, 2009, 2011 a 2016, 2018, 2020, 2021, 2022.

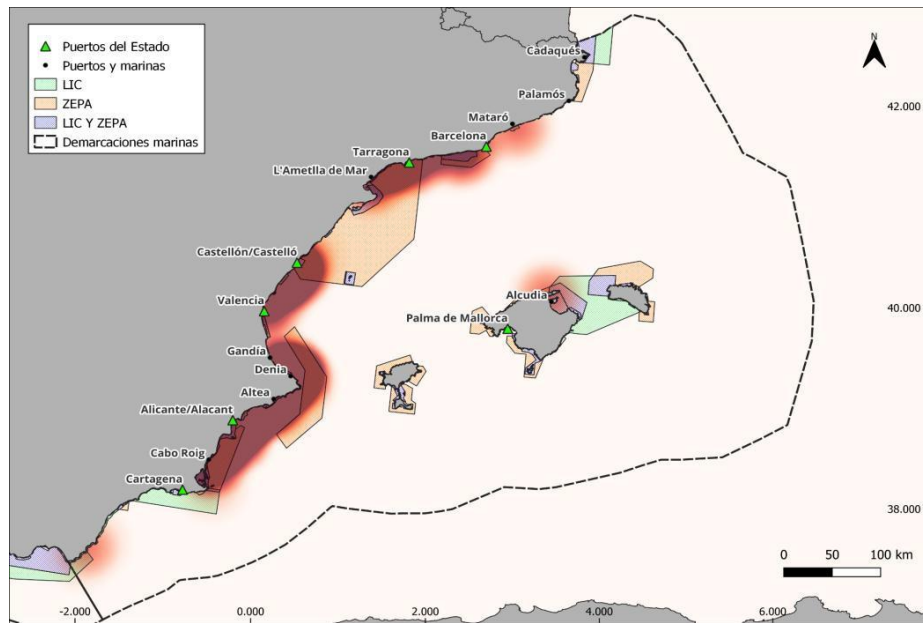


Figura 3.3.22. Mapa de calor de la distribución potencial de *P. disticha*.

- ***Pinctada radiata***

- Primer registro: 2019.
- Posteriores registros: 2020, 2021.

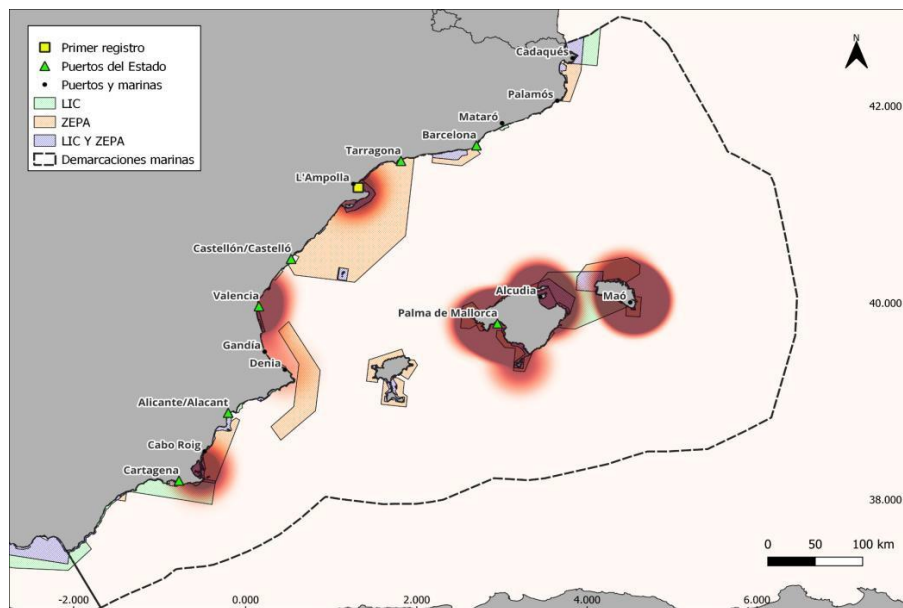


Figura 3.3.23. Mapa de calor de la distribución potencial de *P. radiata*.

DEMARCACIÓN CANARIA (CAN)

- ***Abudefduf saxatilis***
 - Primer registro: 1989.
 - Registros posteriores: 1991, 2014 a 2018, 2021, 2022.

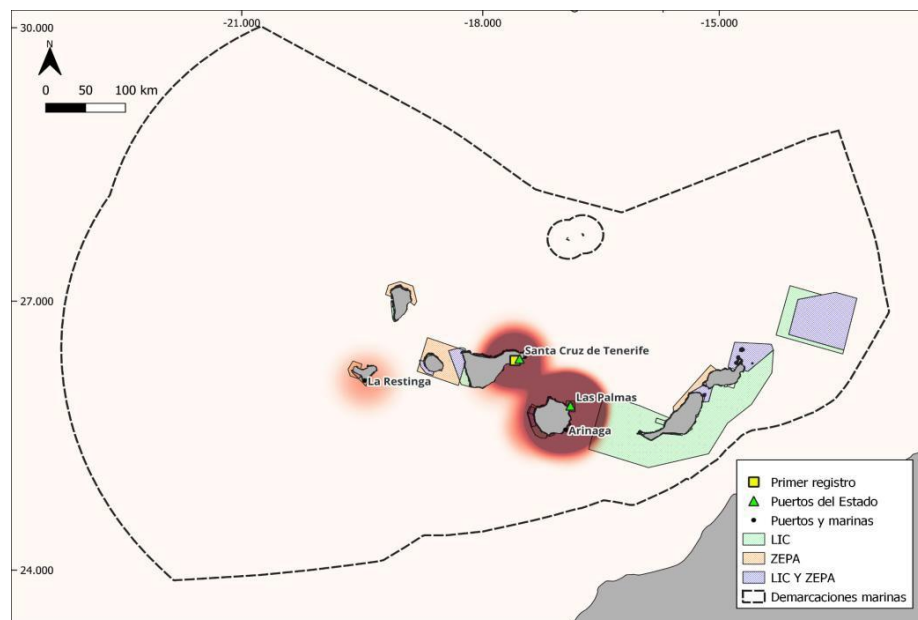


Figura 3.3.24. Mapa de calor de la distribución potencial de *A. saxatilis*.

- ***Colpomenia sinuosa***
 - Primer registro: antes del 1970.
 - Posteriores registros: 1972, 1974, 1977, 1978, 1979, 1982, 1983, 1984, 1986, 1989, 1991, 1992, 1994, 1995, 1999, 2015, 2018, 2022.

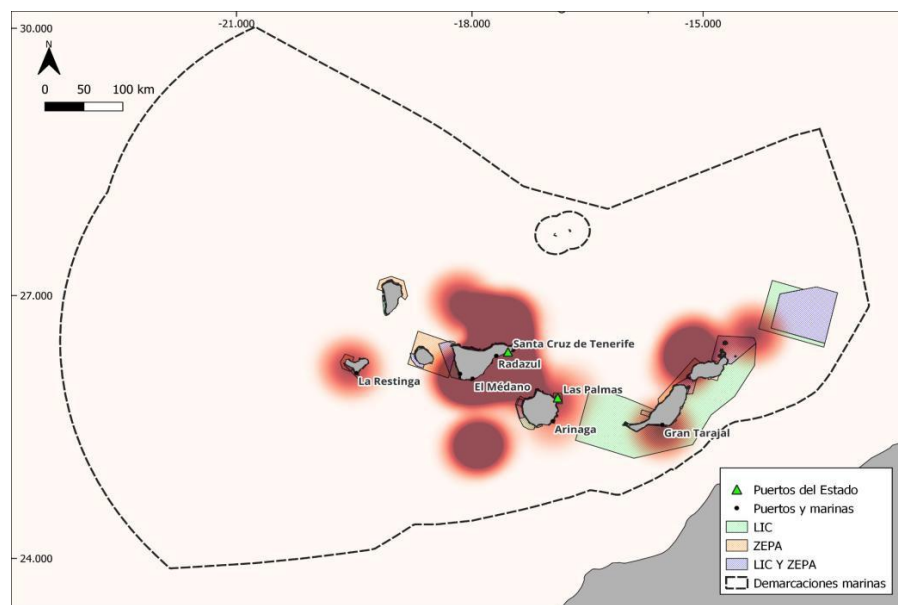


Figura 3.3.25. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. sinuosa*.

- ***Cronius ruber***
- Primer registro: 2016.
- Posteriores registros: 2017 a 2022.

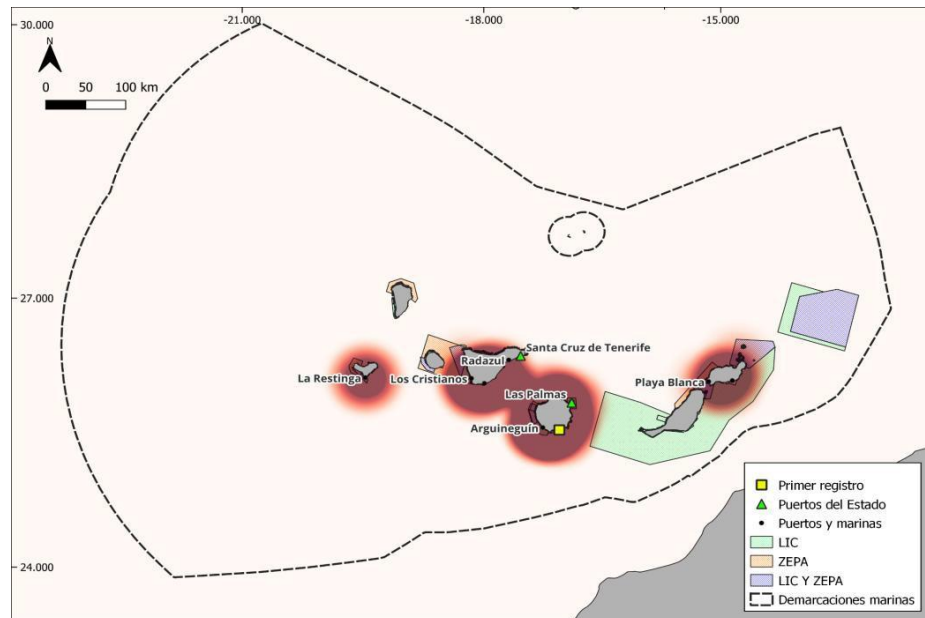


Figura 3.3.26. Mapa de calor de la distribución potencial de *C. ruber*.

- ***Exaiptasia diaphana***
- Primer registro: 1994.
- Posteriores registros: 2005, 2008, 2013, 2018, 2020, 2021, 2022.

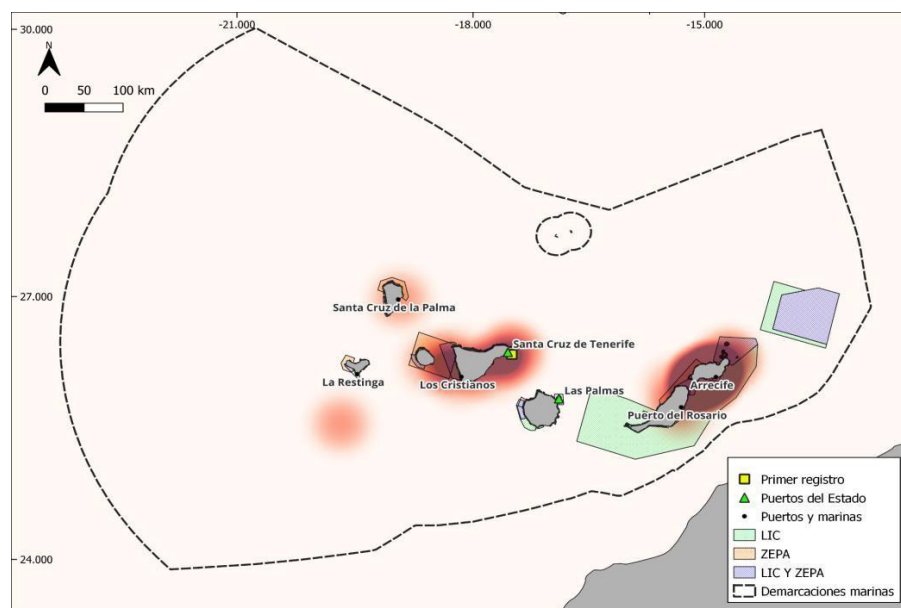


Figura 3.3.27. Mapa de calor de la distribución potencial de *E. diaphana*.

- ***Macrorhynchia philippina***
- Primer registro: 2015.
- Posteriores registros: 2016, 2018, 2021, 2022.

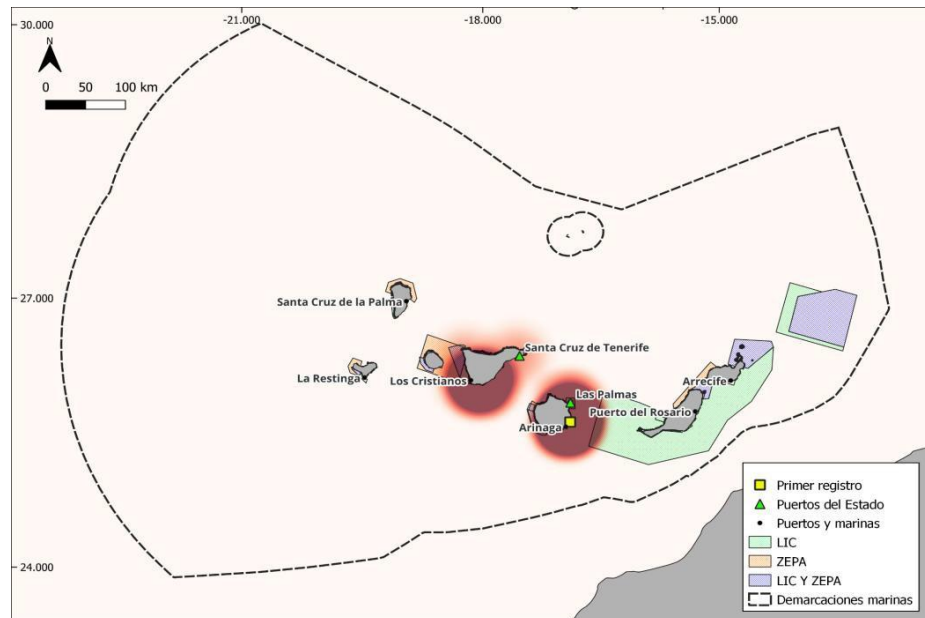


Figura 3.3.28. Mapa de calor de la distribución potencial de *M. philippina*.

- ***Pseudotetraspora marina***
- Primer registro: 2004.
- Posteriores registros: 2005 a 2008.

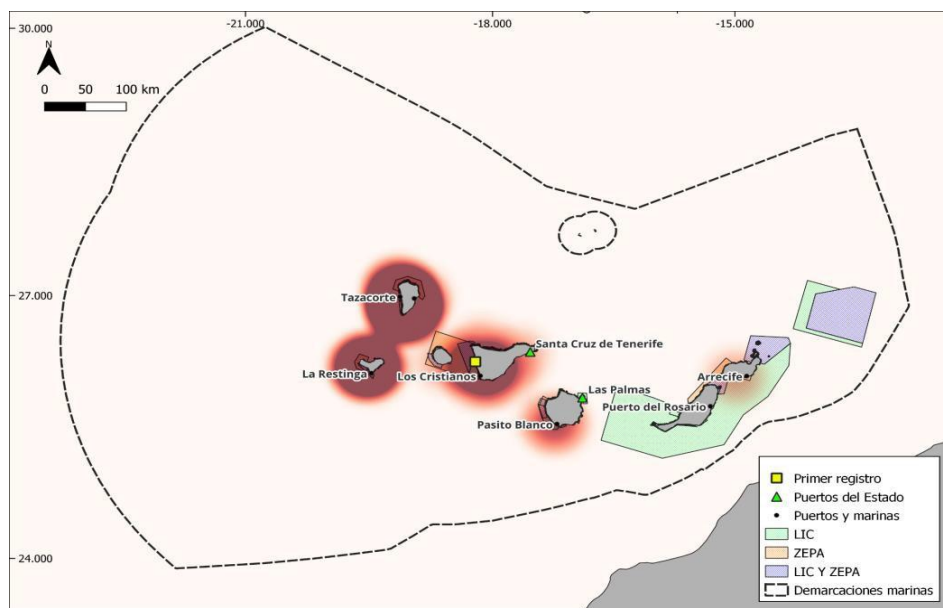


Figura 3.3.29. Mapa de calor de la distribución potencial de *P. marina*.

- ***Tubastraea coccinea***
- Primer registro: 2015.
- Posteriores registros: 2016, 2017, 2018.

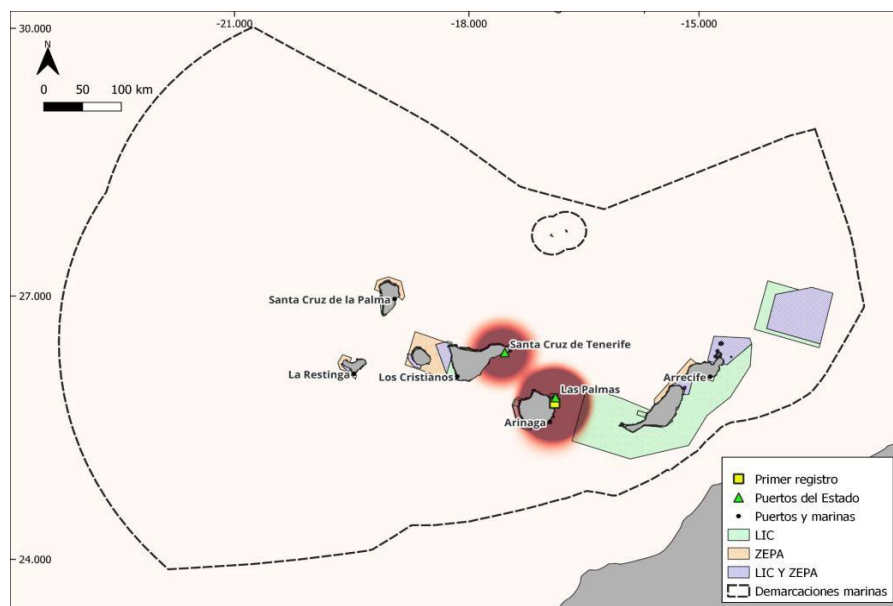


Figura 3.3.30. Mapa de calor de la distribución potencial de *T. coccinea*.

Tabla 3.3.1. Lista de especies EAI de moderado y elevado riesgo de expansión en la RN2000. Número de registros de cada Especie Alóctona e Invasora (EAI) por demarcación Estatus asignado en la Base de Datos BD IEO actualizada hasta el año 2022 (Estatus: A= Alóctona, C= Criptogénica, CE=Criptogénica en Expansión, RE= En Rengo de Expansión; principales vectores de introducción: Bw= Aguas de lastre, F= Incrustaciones en cascos de barcos (Biofouling) y por transporte marítimo asociado a las estructuras sumergidas, A= Transporte-contaminante por la acuicultura.

ESPECIE	VECTOR	ESTATUS	DEMARCACIÓN	PUERTOS	MARINAS	RN2000	NATIVA ÁREA DE ORIGEN	Riesgo de expansión
<i>Amathia verticillata</i>	Bw/F	C	SUD	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Chaetopleura angulata</i>	F	A	NOR y SUD	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Ecteinascidia turbinata</i>	Bw/F	C / A	SUD y LEBA / CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Gymnodinium catenatum</i>	A	C	NOR, SUD, ESAL		X	X	MUNDIALMENTE EXTENDIDO	MEDIA
<i>Oculina patagonica</i>	Bw/F	C	ESAL	X		X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	MEDIA
<i>Antithamnion amphigeneum</i>	Bw/F	A	NOR, ESAL y LEBA		X	X	OCEANO PACÍFICO OCCIDENTAL	MEDIA
<i>Clavelina lepadiformis</i>	F	C	ESAL, LEBA	X	X	X	ATLÁNTICO ORIENTAL	ALTA
<i>Dictyota cyanoloma</i>	Bw/F	A	ESAL	X		X	OCEANO PACÍFICO	MEDIA
<i>Colpomenia peregrina</i>	A	A	NOR	X	X	X	OCEANO PACÍFICO	ALTA
<i>Corella eumyota</i>	Bw/F	A	NOR	X	X	X	OCEANO PACÍFICO SUR	ALTA
<i>Cynoscion regalis</i>	Bw/F	A	NOR	X		X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	MEDIA
<i>Magallana gigas</i>	A	A	NOR	X			OCEANO PACÍFICO	BAJA
<i>Undaria pinnatifida</i>	Bw/F	A	NOR	X	X	X	OCEANO PACÍFICO	ALTA
<i>Abudefduf saxatilis</i>	Bw/F	A	CAN	X	X		ANFIATLÁNTICA	MEDIA
<i>Colpomenia sinuosa</i>	Bw/F	A	CAN	X	X	X	OCEANO PACÍFICO	ALTA
<i>Cronius ruber</i>	Bw/F	A/RE	CAN	X		X	OCEANO PACÍFICO	MEDIA
<i>Exaiptasia diaphana</i>	Bw/F	A	CAN	X	X	X	MEDITERRANEO	ALTA
<i>Macrorhynchia philippina</i>	Bw/F	A	CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Pseudotetraspora marina</i>	F	C/RE	CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Tubastraea coccinea</i>	Bw/F	A	CAN	X	X	X	OCEANO PACÍFICO	ALTA
<i>Ascidella scabra</i>	Bw/F	C	LEBA	X	X	X	ATLÁNTICO ORIENTAL	ALTA
<i>Halimeda incrassata</i>	Bw/F	A	LEBA y CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Hypnea spinella</i>	Bw/F	A	ESAL y LEBA	X	X	X	PANTROPICAL	ALTA
<i>Microcosmus squamiger</i>	Bw/F	A	NOR,SUD,ESAL,LEBA y CAN	X	X	X	OCEANO PACÍFICO ORIENTAL	ALTA
<i>Notomastus aberans</i>	Bw/F	A	ESAL y LEBA	X	X	X	ATLÁNTICO ORIENTAL TROPICAL	ALTA
<i>Oculina patagónica</i>	Bw/F	C / A	ESAL/ LEBA y CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Paraleucilla magna</i>	Bw/F	A	NOR,ESAL,LEBA y CAN	X	X	X	ATLÁNTICO OCCIDENTAL	ALTA
<i>Pennaria disticha</i>	Bw/F	CE	LEBA	X	X	X	ATLÁNTICO NORORIENTAL	ALTA
<i>Pinctada radiata</i>	Bw/F	A	LEBA	X	X	X	OCEANO PACÍFICO ORIENTAL	ALTA

Se ha creado el mapa general para tener una visión más global de las mayores concentraciones de registros de EAI y su proximidad a los principales puertos.

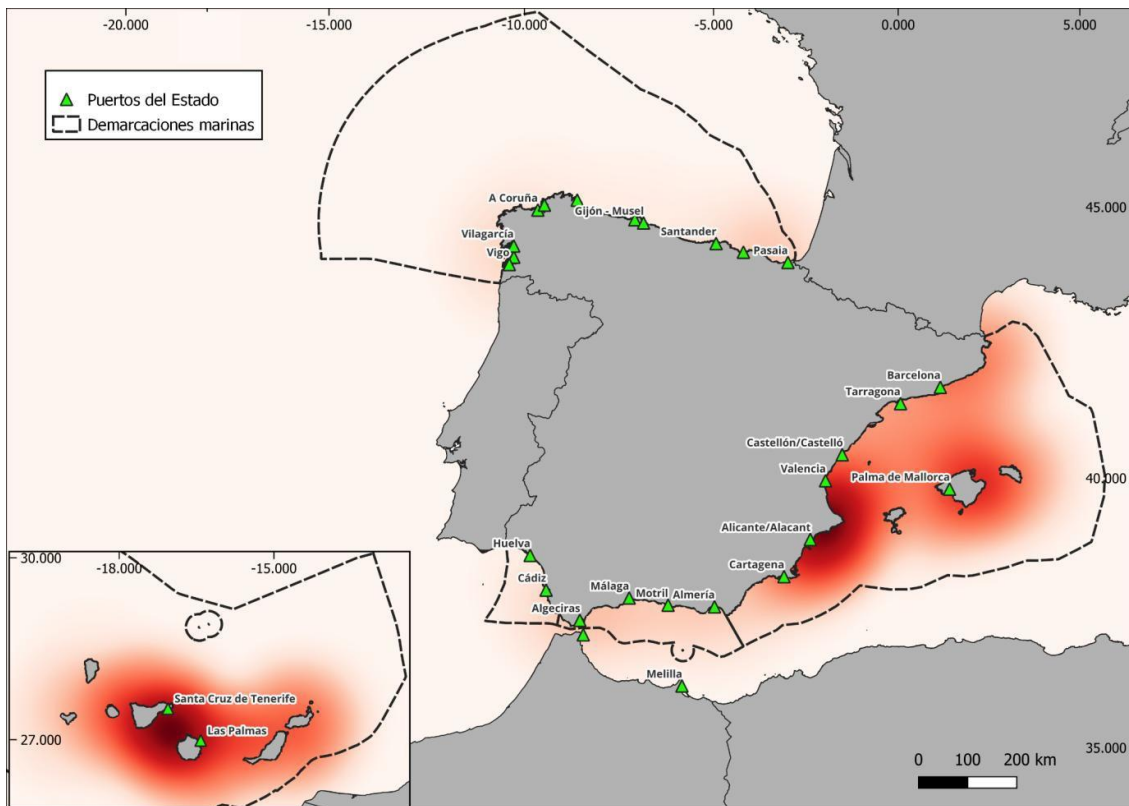


Figura 3.3.31. Mapa general que describe las zonas de mayores concentraciones de registros de especies EAI y los principales puertos comerciales en las diferentes demarcaciones marinas.

Hay que tener en cuenta que para esta representación se ha utilizado un algoritmo con una densidad menor para la representación del mapa de calor, para diferenciar las zonas con mayores concentraciones de las de menor concentración y evitar tonalidades de elevada concentración homogéneas en toda la costa, que se representarían si se usaran los algoritmos de densidades como los usados para los mapas de calor anteriores. Por ello, el hecho de que en este mapa haya zonas de la costa con tonalidad rojiza muy tenue o casi nula, no significa que no haya registros, sino que hay muchos menos en comparación a las más rojizas.

Este es un estudio teórico de los riesgos de dispersión de las especies alóctonas objetivo, debido a que es especialmente difícil predecir el proceso de expansión, por la dificultad de entender los mecanismos de dispersión de las especies que son introducidas por la actividad humana. Hay que tener en cuenta que otras especies no incluidas en la selección pueden en el futuro desarrollar poblaciones que causen problemas.

3.4 Seguimiento de especies objetivo y recomendaciones

Hasta el momento, se han realizado 6 campañas de prospección mediante escafandra autónoma y snorkel, y campañas en las inmediaciones de los espacios marinos protegidos, especialmente en puertos recreativos, denominadas campañas rápidas (RAS, en inglés), de detección de especies alóctonas, con el objetivo de conocer las posibles vías de introducción en cada EMP prospectado. Las recomendaciones realizadas en el segundo informe siguen vigentes y se incorporan al presente estudio. Las principales recomendaciones, se resumen en los siguientes puntos:

- 1- El muestreo de especies alóctonas se ha de abordar en asociación con muestreos existentes de biodiversidad y vigilancia.
- 2- El protocolo de muestreo se ha de establecer para el muestreo de un grupo particular de especies objetivo. Los primeros resultados obtenidos apuntan a que el muestreo debe fijar una prospección dirigida, y es necesario el conocimiento previo de identificación de las especies.
- 3- Las especies objetivo se deben establecer en función de los riesgos de expansión y de establecimiento conocidos para las especies detectadas en cada demarcación.
- 4- Sistemáticamente se han de obtener muestras y cuando aparecen especies nuevas, aunque no se puedan identificar in situ taxonómicamente, para su posterior identificación en el laboratorio.
- 5- Es muy recomendable el establecimiento de metodologías complementarias que permitan identificar tanto especies de la macrobiota como de la microbiota. Como por ejemplo los métodos moleculares de meta-barcoding, que pueden acelerar la detección de EAI y de nuevas introducciones; el establecimiento temporal de trampas específicas para determinados grupos taxonómicos o; el empleo de dragas para especies endo-bentónicas.
- 6- Se recomienda una planificación del muestreo en función del sitio y la región, teniendo en cuenta, los hábitats, las características topográficas y oceanográficas del EMP y del comportamiento de las especies.
- 7- Se recomienda tener en cuenta el ciclo de vida de las especies objetivo de seguimiento y el comportamiento de ocultación o exhibición en determinados periodos.
- 8- Se recomienda el muestreo oportunista, como por ejemplo la localización de especies con ayuda de la Ciencia Ciudadana, la supervisión general en diferentes momentos y sustratos y la

investigación de una determinada especie objetivo.

3.5 Lagunas en el conocimiento y futuros estudios

La elaboración de resultados es muy dependiente de la información disponible, por lo que este documento que se basa en la experiencia de campo y la lectura de la literatura científica, muestra la heterogeneidad de la información disponible, con una mayor selección de especies en las demarcaciones con más información. En el futuro el análisis de riesgos y las listas de especies objetivo por demarcación se han de validar mediante consulta al grupo de expertos nacionales en los diferentes grupos taxonómicos. Lo que se ha establecido y propone en el presente documento es el procedimiento para realizar dicha lista de especies objetivo de seguimiento de las especies más frecuentemente detectadas en los espacios marinos protegidos de cada demarcación.

4. 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.

5. Referencias

- Carlton, J.T. (1996). Biological invasions and cryptogenic species. *Ecology*, 77: 1653-1655.
- Dijkstra, J.A., Harris, L.G., Mello, K., Litterer, A., Wells, C. and Ware, C., (2017). Invasive seaweeds transform habitat structure and increase the 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. and Putz, F.E. (2004). A place for alien species in ecosystem restoration. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 354–360.
- Galil, B.S. (2007). Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 314–322.

- Galil, B.S., Marchini, A., Occhipinti-Ambrogi, A., Minchin, D., Narščius, A., Ojaveer, and H., Olenin, S. (2014). International arrivals: widespread bioinvasions in European seas. *Ethology Ecology and Evolution*, 26: 152-171.
- Gollasch, S., David, M., Broeg, K., Heitmüller, S., Karjalainen, M., Lehtiniemi, M., Normant-Saremba, M., Ojaveer, H., Olenin, S., Ruiz, M., Helavuori, M., Sala-Pérez, M., and Strake, S. (2020). *Target species selection criteria for risk assessment based exemptions of ballast water management requirements*. Ocean & Coastal Management, Volume 183, 2020, 105021, ISSN 0964-5691. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105021>
- Hulme, P.E. (2009). Trade, transport and trouble: managing invasive species pathways in an era of globalization. *Journal of Applied Ecology*, 46: 10–18. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01600.x>
- Katsanevakis, S., Zenetos, A., Belchior, C., Cardoso, A.C. (2013). Invading European Seas: assessing pathways of introduction of marine aliens. *Ocean and Coastal Management*, 76: 64–74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.02.024>
- Kumschick, S., Gaertner, M., Vilà, M., Essl, F., Jeschke, J.M., et al. (2015). Ecological impacts of alien species: quantification, scope, caveats, and recommendations. *BioScience*, 65: 55–63.
- Lehtiniemi, M., Ojaveer, H., David, M., Galil, B., Gollasch, S., McKenzie, C., Minchin, D., Occhipinti-Ambrogi, A., Olenin, S., and Pederson, J. (2015). Dose of truth – monitoring marine non-indigenous species to serve legislative requirements. *Marine Policy*, 54: 26-35.
- Occhipinti-Ambrogi, A. (2007). Global change and marine communities: alien species and climate change. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 342–352.
- Ojaveer, H., and Kotta, J. (2014). Ecosystem impacts of the widespread non-indigenous species in the Baltic Sea: literature survey evidences major limitations in knowledge. *Hydrobiologia*. doi: 10.1007/s10750-014-2080-5
- Ojaveer, H., Galil, B.S., Carlton, J.T., Alleway, H., Gouletquer, P., Lehtiniemi, M., Marchini, A., Miller, W., Occhipinti-Ambrogi, A., Peharda, M., Ruiz, G.M., Williams, S.L., and Zaik, A. (2018). Historical baselines in marine bioinvasions: Implications for policy and management. *PLOS ONE*, 13: e0202383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202383>.

Olenin, S., Minchin, D., Daunys, D. (2007). Assessment of biopollution in aquatic ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 379-394.

Pyšek, P., and Richardson, D.M. (2010). Invasive species, environmental change and management, and health. *Annu.Rev.Env.Resour.*, 35: 25–55.

QGIS Development Team (2021). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <https://qgis.org>.

MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005). Ecosystems and Human Wellbeing: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, 86 pp

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., and Galil, B.S., (2004). A uniform terminology on bioinvasions: a chimera or an operative tool? *Marine Pollution Bulletin*, 49: 688 – 694.

R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RD 630/2013. 2013. 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).

Słomska-Przech, K., Panecki, T., and Pokojski, W. (2021). Heat Maps: Perfect Maps for Quick Reading? Comparing Usability of Heat Maps with Different Levels of Generalization. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*, 10: 562. <https://doi.org/10.3390/ijgi10080562>

Tsiamis, K., Palialexis, A., Connor, D., Antoniadis, S., Bartilotti, C., Bartolo, et al. (2021). Marine Strategy Framework Directive- Descriptor 2, Non-Indigenous Species, Delivering solid recommendations for setting threshold values for non-indigenous species pressure on European seas, EUR 30640 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-32257-3, doi:10.2760/035071,JRC124136.