

Informe Inicial (Lote 2) Evaluación del nivel de ruido submarino originado por fuentes acústicas de origen natural (Entregable 1)

Marzo 2024

LIFE IP INTEMARES

Gestión integrada, innovadora
participativa de la Red Natura 2000
en el medio marino español

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

ÍNDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO	4
1.1. OBJETIVOS.....	4
2. ÁREA DE ESTUDIO	5
2.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	5
2.2. UBICACIÓN DE LOS PUERTOS CERCANOS	6
3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO SUBMARINO ANTROPOGÉNICO	8
3.1. RUTAS MARÍTIMAS.....	8
3.2. TRÁFICO MARÍTIMO Y SUS DENSIDADES	10
3.3. OTRO TIPO DE FUENTES DE RUIDO	15
4. OTROS FACTORES PARA CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DEL PUNTO DE FONDEO	15
4.1. TIPO DE SUSTRATO Y HáBITATS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	15
4.2. ÁREAS RESTRINGIDAS A LA NAVEGACIÓN	19
4.3. MODELO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO SUBMARINO	20
4.4. MONITOREO DEL RUIDO SUBMARINO.....	22
5. PROPUESTA DE LA UBICACIÓN PARA EL FONDEO.....	22
6. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FONDEO SELECCIONADO	23
7. RESULTADOS ESPERADOS	26
8. CRONOGRAMA.....	27
9. REFERENCIAS.....	28
10. ANEXO I.....	28
10.1. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD BAJA.....	28
10.2. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD MEDIA	29
10.3. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD ALTA.....	30

Autoría: Santiago Núñez Gutiérrez (director técnico de laboratorio), Tatiana Tkachuk (analista de datos), Fernando Aneiros González (oceanógrafo e inspector) y Ángel Fernández Sotoca (buzo Profesional e inspector).



Coordinación y revisión:

Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Edita:

El proyecto LIFE INTEMARES avanza hacia el objetivo de lograr una 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.

La Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico coordina el proyecto. 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 Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, 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 del Programa LIFE de la Unión Europea.



Coordina



Socios



Fecha de edición

25/03/2024

1. RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto LIFE INTEMARES tiene como objetivo conseguir una red de espacios marinos de la Red Natura 2000, gestionada de manera eficaz, con la participación de los sectores implicados y la investigación como herramientas básicas para la toma de decisiones.

En este contexto, el proyecto contempla entre sus acciones la realización de proyectos demostrativos para mejorar el conocimiento sobre el ruido submarino, así como los impactos que este genera en la biodiversidad marina. Para ello, la Fundación Biodiversidad y el Ministerio para la Transición Ecológica (en adelante FB y MITECO respectivamente) publicaron una licitación que tiene como objetivo estudiar los niveles de ruido submarino en espacios marinos protegidos, donde la presencia del ser humano en el medio está limitada, con el fin de evaluar el paisaje sonoro en ausencia (parcial) de actividades antrópicas. El fin último de esta contratación es determinar los niveles de referencia de ruido ambiente marino con el objetivo de disponer de unos niveles básicos del mismo y poder obtener información que permita definir el nivel de Buen Estado Ambiental de este indicador en nuestras aguas. Para ello, las acciones licitadas incluyen el diseño de un proyecto de fondeo de hidrófonos en varios espacios marinos protegidos de la Red Natura 2000.

El presente documento, relativo a los trabajos a desarrollar en el marco del Lote 2 de la mencionada licitación, contiene las propuestas de estudio del nivel de ruido submarino de referencia en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera (ES0000518). En ese sentido, y teniendo en cuenta la caracterización del medio, de las actividades antrópicas presentes y la tecnología a estudiar, el punto seleccionado se encuentra en la parte oriental del espacio, próximo a la costa suroriental de la isla de Cabrera.

Executive summary

The LIFE INTEMARES project aims to achieve an efficiently managed network of marine areas in the Natura 2000 Network, with the active participation of the sectors involved and with research as the basic tools for decision-making.

In this context, the project's actions include carrying out demonstration projects to improve knowledge of underwater noise and the impacts it has on marine biodiversity. For this purpose, the Biodiversity Foundation and the Ministry for Ecological Transition (hereafter FB and MITECO respectively) published a call for tenders to study underwater noise levels in protected marine areas, where human presence in the environment is limited, in order to assess the soundscape in the (partial) absence of anthropic activities. The aim of this contract is to determine the reference marine ambient noise that will allow to define the level of Good Environmental Status of this indicator in our waters. To achieve this, the actions put out to tender include the design of a hydrophone mooring project in several protected marine areas of the Natura 2000 Network.

The present document contains the proposals for the study of the reference underwater noise level in the Special Protection Area for Birds (SPA) Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera (ES0000518). The selected point, considering the characterisation of the environment, the anthropic activities present and the technology to be studied, is located to the east of the area, close to the south-eastern coast of the island of Cabrera.

1.1. OBJETIVOS

Tal y como se ha descrito en el apartado anterior, la principal finalidad de esta licitación es evaluar, mediante el fondeo de hidrófonos, el nivel de ruido asociado a factores de origen natural, principalmente condiciones meteorológicas, y establecer así un nivel de referencia a partir del cual evaluar el incremento de presión debido a actividades humanas en general y tráfico marítimo en particular. En el marco de esta contratación (Lote 2 de la licitación mencionada en el apartado anterior), los trabajos de fondeo de hidrófonos se realizan en el Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera (ZEPA ES0000518).

El objetivo de estos trabajos iniciales es identificar, por tanto, dentro del espacio marino protegido, una localización en la cual la influencia del ruido antropogénico (es decir, derivado de las actividades humanas que se desarrollan en la zona) sea mínima para poder determinar los niveles de referencia de ruido ambiente submarino.

Para realizar la selección del punto de fondeo se han tenido en cuenta los siguientes factores: distancia a puertos marítimos, distancia a rutas marítimas, densidad de tráfico marítimo, tipología de tráfico marítimo, tipología del fondo marino y hábitats presentes en la zona de estudio. Además de lo indicado, se ha realizado una modelización de ruido submarino con un software comercial (dBSea) para determinar las zonas con ruido antropogénico más bajo.

2. ÁREA DE ESTUDIO

2.1. UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio (marcada en verde en las imágenes) se encuentra en el sur de la isla de Mallorca y rodeando el archipiélago de Cabrera (ver Fig.1 y Fig.2). Esta zona ha sido declarada Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) según lo recogido en la Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, por la presencia en el espacio de poblaciones de aves incluidas en el Anexo I de la citada Directiva (pardelas cenicienta y balear, paíño europeo o cormorán moñudo). Por este motivo se prestará un especial cuidado en la selección del lugar de fondeo con la premisa de no interferir con las posibles colonias nidificantes de aves, aunque se considera que el impacto de los trabajos sobre las mismas es nulo. De igual modo, y dada la presencia de otras figuras de protección del espacio marino (Parque Nacional de la Isla de Cabrera), se ha realizado un completo estudio de los fondos marinos de la zona con el objetivo de no generar afección sobre los posibles hábitats marinos de interés comunitario (HIC) presentes en la zona.



Fig.1. Ubicación de la zona de estudio

Basándose en esta herramienta, se ha establecido una clasificación por colores de los puertos, siendo rojo los puertos de influencia alta, es decir, puertos en los que los barcos que entran o salen del mismo pasan por o por los alrededores de la zona de estudio. Los puntos amarillos representan una influencia media/baja, es decir, se asignan a los puertos que tienen rutas de excursiones con barcos de recreo entre Palma de Mallorca y la isla de Cabrera, las cuales se analizarán en detalle en el apartado 3.2. Finalmente, el color verde representa los puertos que tienen una densidad de tráfico baja en la zona de estudio o sin certeza de que exista tráfico en dicha zona.

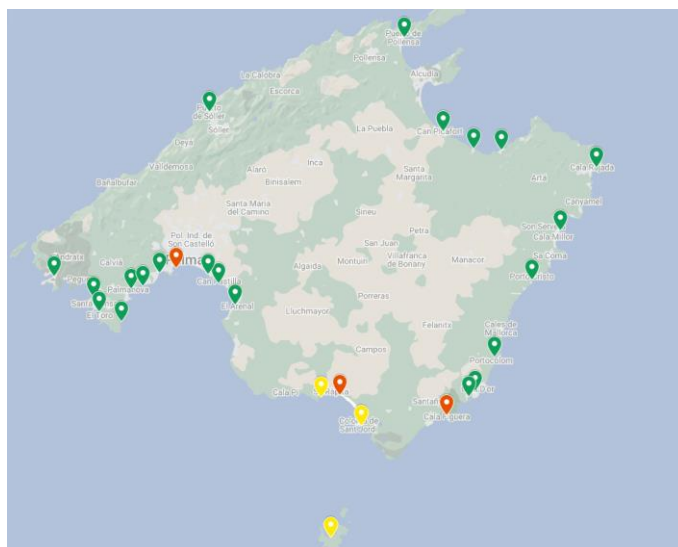


Fig.3. Ubicaciones de los puertos de Palma de Mallorca e Isla Cabrera



Fig.4. Ubicaciones de los puertos más cercanos a la zona de estudio

Los puertos que posiblemente tengan una mayor influencia en la zona de estudio, porque se encuentran en las costas más cercanas y desde estos salen barcos pesqueros y de recreo que se mueven entre ambas islas, son los siguientes:

- Club Nàutic sa Ràpita
- Club Nàutic s'Estanyol
- Port de Campos (Colonia de Sant Jordi)
- Es Port de Cabrera

Además, el puerto de Palma de Mallorca también presenta una influencia notoria ya que, en la zona de estudio se ubica una ruta marítima de importancia que parte de ese puerto (y se describe en la sección 3.1) y, además se trata de uno de los puertos principales de las Islas Baleares. Finalmente, desde el Puerto de Cala Figuera eventualmente salen barcos pesqueros que navegan por la costa sur de Mallorca, (por ejemplo, MARISITA SEGUNDA (ver Fig.5), por lo que ha sido marcado en rojo.

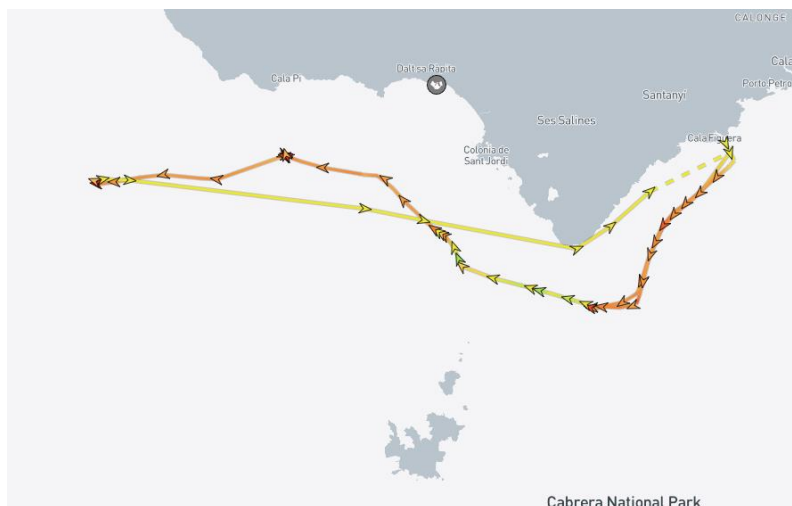


Fig.5. Ruta del barco MARISITA SEGUNDA [1]

3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO SUBMARINO ANTROPOGÉNICO

Una vez estudiados los puertos marítimos que pueden influir en la ubicación del punto de fondeo, se han analizado las principales rutas y sus densidades de tráfico marítimo. Se ha utilizado de nuevo la herramienta MarineTraffic, mencionada en el apartado anterior, con el fin de analizar las rutas de navegación y su densidad en la zona de estudio. Por otra parte, se hará uso de la página web de embarcaciones de recreo y excursiones de Mallorca a la isla de Cabrera [2] para observar qué rutas exactas realizan los barcos.

3.1. RUTAS MARÍTIMAS

Existe una ruta en la zona de estudio que une el puerto de Palma de Mallorca con el puerto de Mahón de la isla de Menorca (ver Fig.6). Eventualmente, hay barcos que navegan por esta ruta, por ejemplo, con destino a Italia, como es el caso del buque transoceánico COSTA SMERALDA (ver Fig.7).

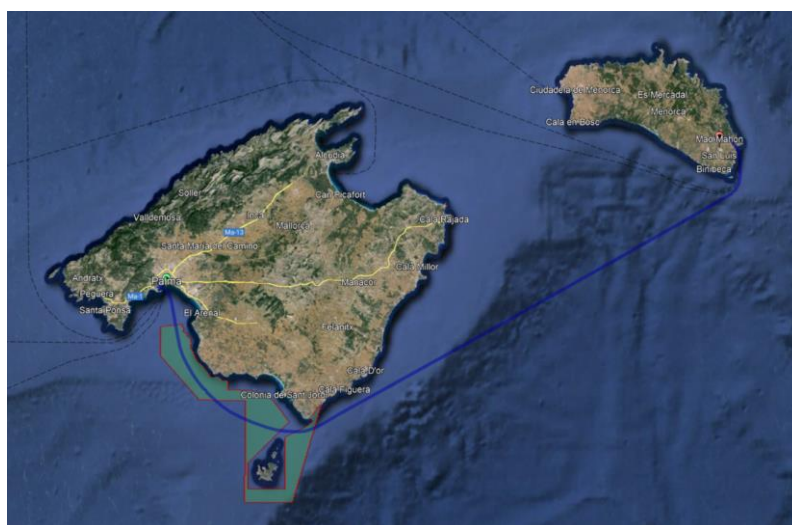


Fig.6. Ruta Palma de Mallorca - Mahón



Fig.7. Ruta del barco COSTA SMERALDA [1]

Con la ayuda de la herramienta MarineTraffic, se ha podido determinar la densidad de tráfico de cada ruta durante los años 2021-2022 (ver Fig.8), se considerará que en la actualidad estas densidades corresponden a la realidad. Así, se ha observado que la mayor parte del tráfico marítimo se distribuye por la costa sur de la isla de Mallorca. Sin embargo, también existen otras rutas con gran densidad hacia la isla de Cabrera, fundamentalmente debido a embarcaciones de recreo con fines turísticos (ver Fig.9).

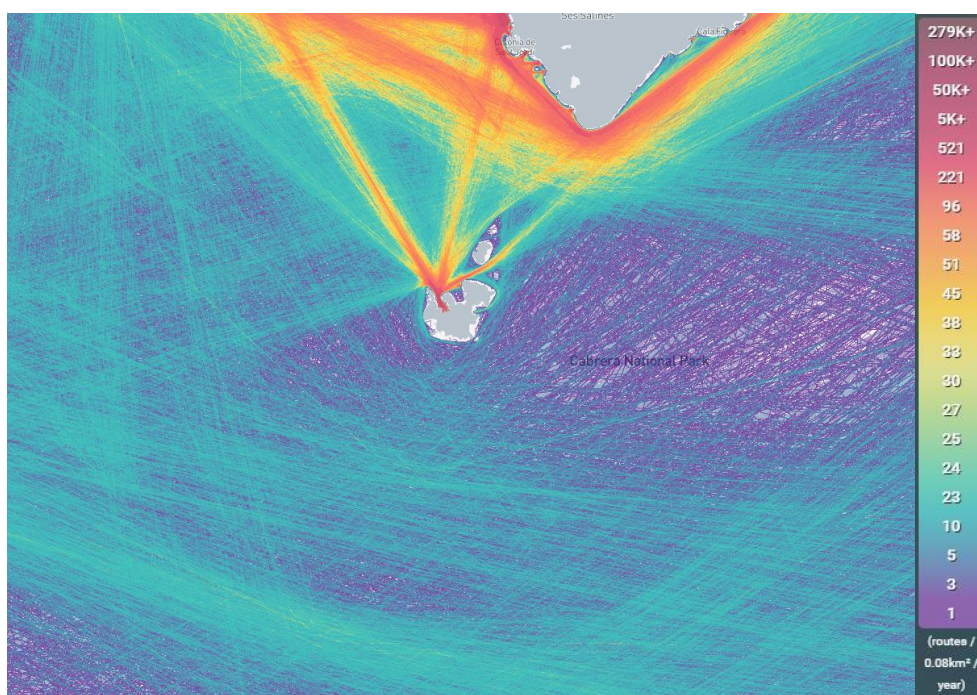


Fig.8. Densidad de las rutas (I) [1]

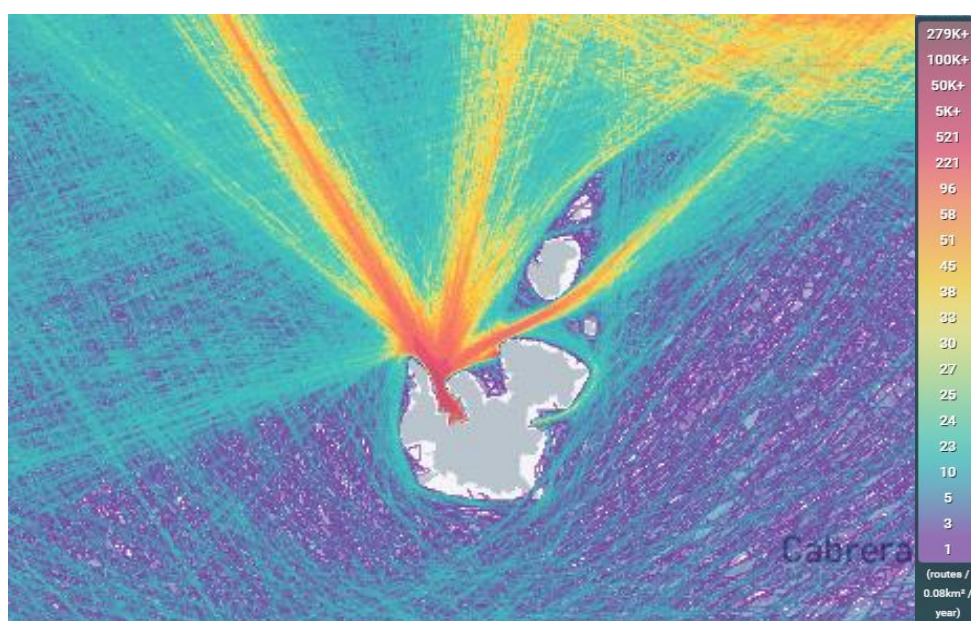


Fig.9. Densidad de las rutas (II) [1]

3.2. TRÁFICO MARÍTIMO Y SUS DENSIDADES

Una vez analizada la tipología de tráfico marítimo que existe en la zona, con la ayuda de MarineTraffic, se ha podido observar que el tráfico marítimo principalmente es de recreo, aunque también es frecuente observar barcas pesqueras y barcos de pasajeros y, en menor medida, se ha identificado tráfico de mercancías y cruceros transoceánicos (*ver Anexo I*). A continuación, se clasifica el área de estudio en tres zonas según la densidad de tráfico marítimo existente en cada una de ellas (*ver Fig.10*).

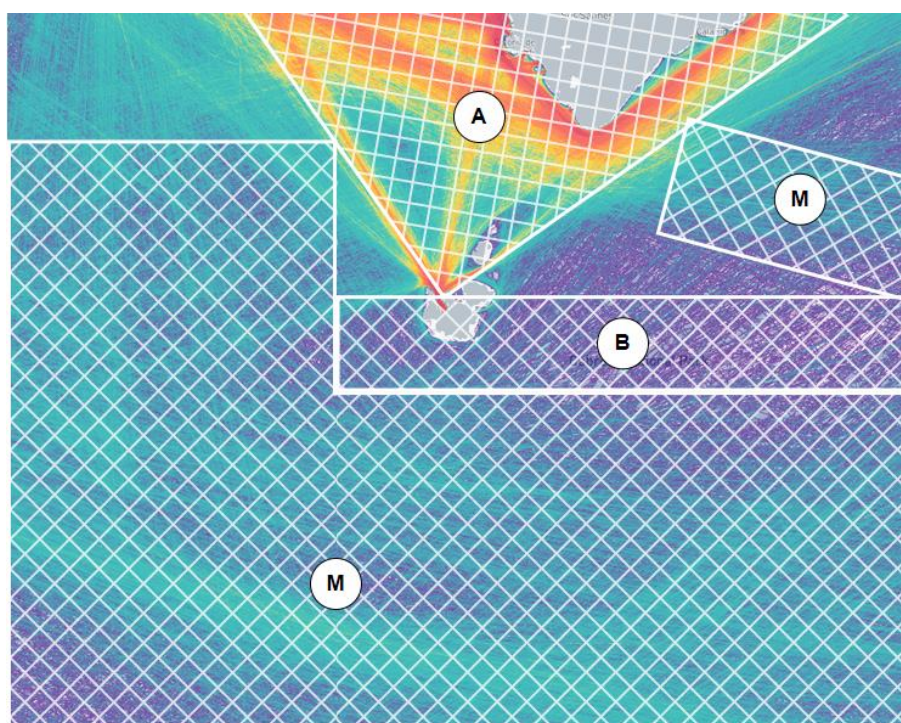


Fig.10. Clasificación de zonas según la densidad: alta (A), media(M) y baja (B)

3.2.1. Zona A: densidad tráfico alta

Se ha considerado el área con densidad de tráfico alta la señalada como zona A (ver Fig.11) por contar con una densidad de tráfico de más de 30 rutas/0,08km²/año.

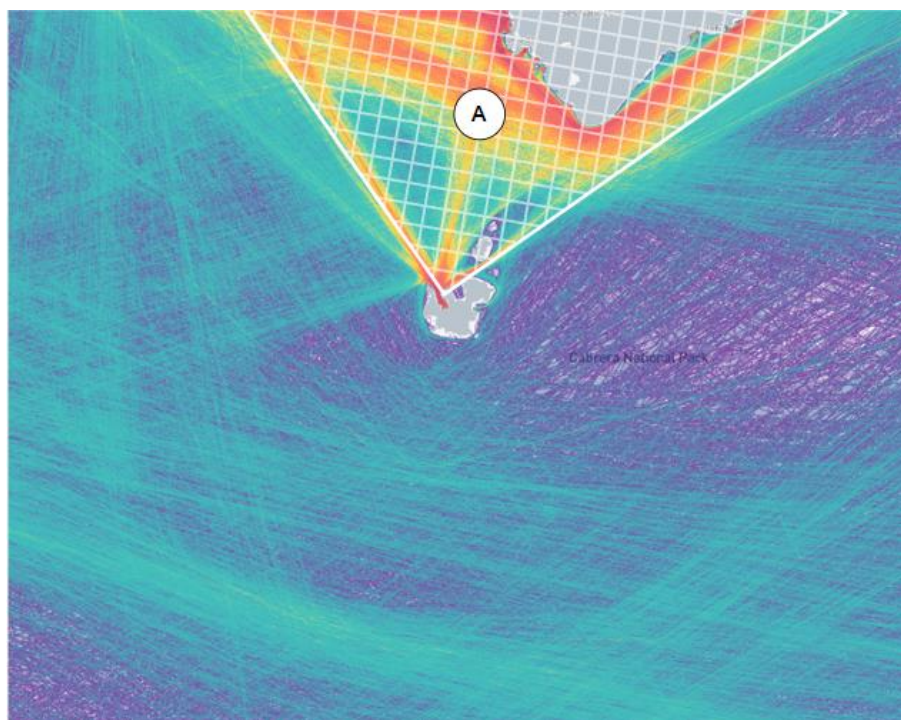


Fig.11. Zona A: Densidad alta

A modo de ejemplo se muestran las principales rutas de las embarcaciones diarias. Un tipo de barcos que representan esas rutas son los que efectúan excursiones desde el puerto Port de Campos o desde el Club Nàutic s'Estanyol hasta la isla de Cabrera (ver Fig.12), otros son los pesqueros (ver Fig.13).

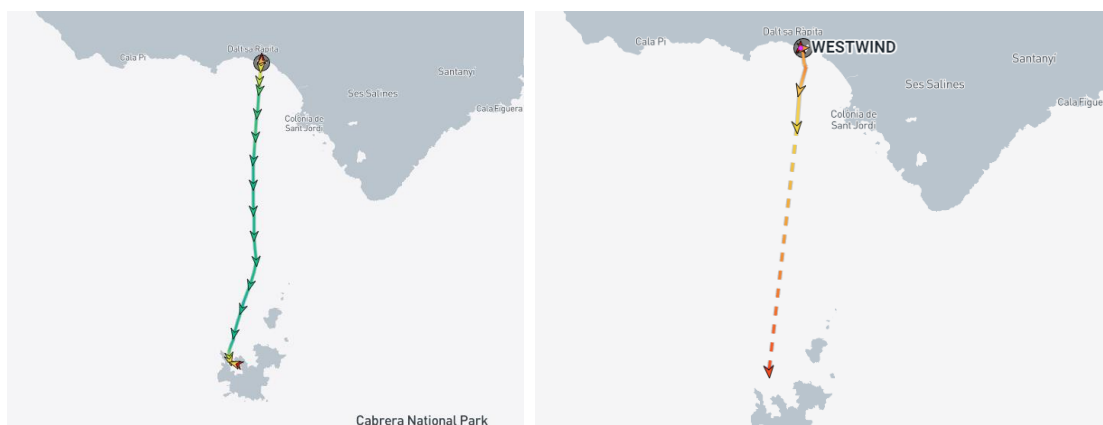
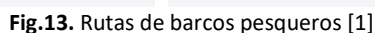


Fig.12. Rutas de las excursiones a Cabrera [1]



3.2.2. Zona M: Densidad media o moderada

Fig.14. Zona M: Densidad media o moderada

Por lo tanto, esta zona quedaría **descartada** para la posible ubicación del punto de fondeo.

3.2.3. Zona B: Densidad baja

Se considera zona de baja densidad de tráfico, identificada como zona B (ver Fig.15), a la zona con densidad inferior a 10 rutas/0,08km²/año.

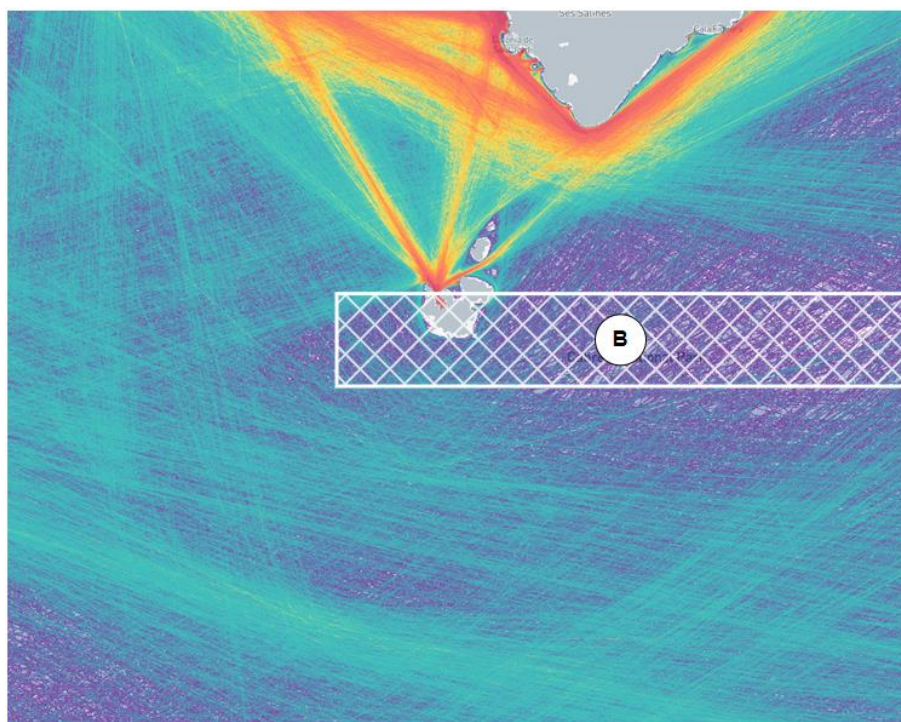


Fig.15. Zona B: Densidad baja

Por ser rutas poco frecuentes, ha sido complicado rastrear algún tipo de barco que navegara por esa zona, siendo las más habituales las embarcaciones de recreo de pequeña eslora con baja emisión acústica. Como la fuente principal MarineTraffic no tiene en cuenta dichas rutas, se ha investigado en una fuente adicional, es decir, en una página de excursiones entre Mallorca y Cabrera [2].

Los itinerarios de los barcos de excursiones comentados en el apartado 3.2.1 son los que se representan en la figura 16. No todos los barcos de recreo navegan alrededor de la isla de Cabrera y, por ello, las densidades de dichas rutas no son tan elevadas en comparación a las que se pueden observar entre ambas islas.



Fig.16. Itinerarios de las excursiones a Cabrera

Esta zona, debido a la baja densidad de rutas, así como a la tipología del tráfico es considerada como la zona idónea para ubicar el punto de fondeo.

Dado que una de las premisas establecidas para ubicar el punto de fondeo es que debe encontrarse dentro del Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera, se procede al solapamiento del perímetro del espacio protegido con la zona de baja densidad de tráfico marítimo. La zona resultante del solapamiento será, por tanto, la zona óptima para el fondeo del hidrófono. En la siguiente figura (ver Fig.17) se marca en color celeste la zona resultante.

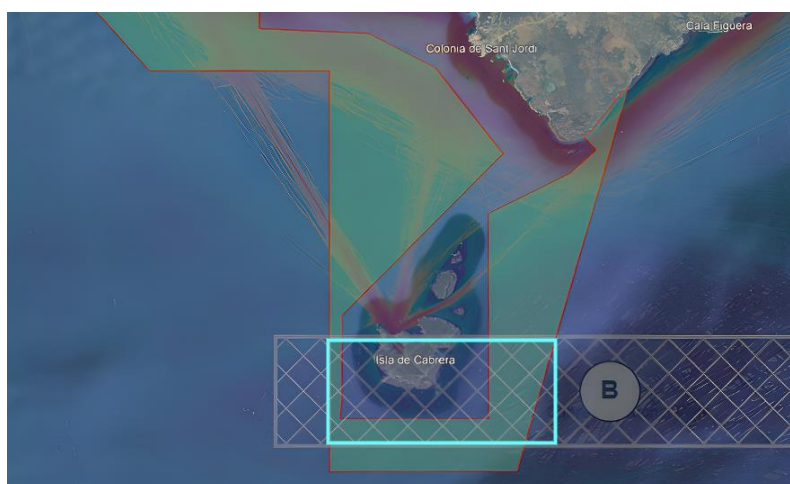


Fig.17. Zona de estudio, zona de densidad baja y zona seleccionada

La figura 18 representa el solapamiento entre la zona seleccionada y el espacio protegido, con las respectivas coordenadas de los vértices de la zona seleccionada.

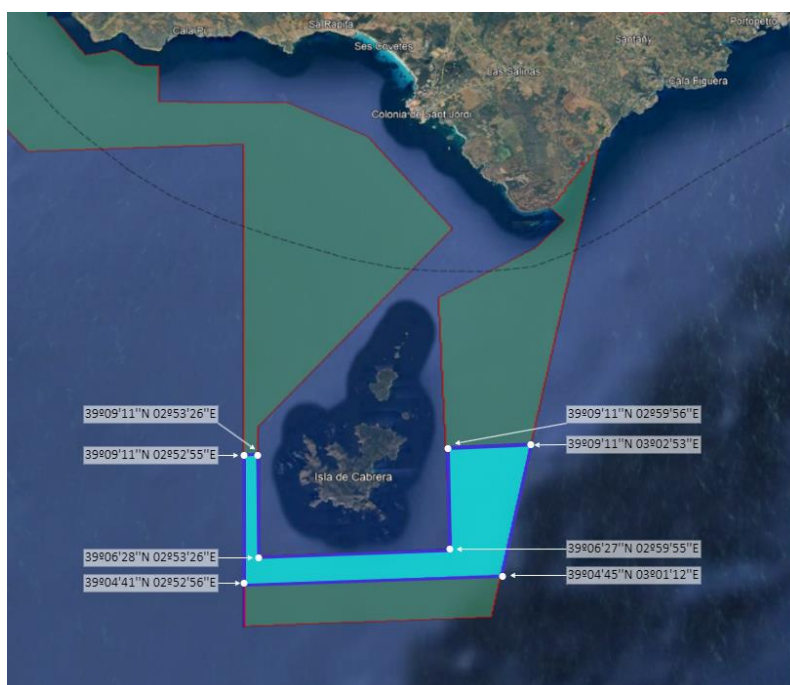


Fig.18. Perímetro y coordenadas de la zona seleccionada

3.3. OTRO TIPO DE FUENTES DE RUIDO

No se dispone de información por parte de Capitanía Marítima de Mallorca sobre la existencia de obras, prospecciones, perforaciones marítimas o actividades similares que se estén llevando a cabo actualmente o que se llevarán a cabo durante este año en la zona de estudio, y que pueda condicionar la ubicación del punto de fondeo.

Tampoco se dispone de información sobre estudios geotécnicos en la zona ni proyectos de tendidos de cable eléctrico o de telecomunicaciones.

Debido a la carencia de información sobre otras fuentes de ruido, estas no se han tenido en cuenta para hacer la propuesta de fondeo en el apartado 5.

4. OTROS FACTORES PARA CONSIDERAR PARA LA SELECCIÓN DEL PUNTO DE FONDEO

4.1. TIPO DE SUSTRATO Y HÁBITATS PRESENTES EN LA ZONA DE ESTUDIO

Como ya se ha mencionado anteriormente, otro de los condicionantes a la hora de seleccionar la ubicación del punto de fondeo es el tipo de sustrato y el hábitat. La necesidad de impactar en la menor medida posible en los hábitats protegidos y/o de interés comunitario presentes en la zona, hace indispensable realizar un estudio de los fondos existentes en el área de desarrollo de los trabajos.

Para realizar este análisis se ha utilizado la información contenida en los visores GeoPortal [3] e INFOMAR [4], que ofrecen servicios de visualización, consulta y análisis de información cartográfica del medio marino español.

Con la ayuda del visor GeoPortal se ha podido analizar la información de la batimetría del sur de la isla de Cabrera (ver Fig.19), lo que permitirá la selección de un punto de fondeo adecuado a las necesidades específicas de la profundidad del hidrófono y la distancia desde la costa. En cuanto a la batimetría, y según se explica en la propuesta en apartados posteriores, la profundidad será superior a 90 metros y, por tanto, no se prevé que el efecto *cut-off* aparezca en este caso.

Por otra parte, se ha observado que no existen localizaciones cercanas a la zona que tengan boyas y/o estaciones meteorológicas y de seguimiento marino, por lo que el sistema que se utilizará es un fondeo sin boya de superficie (ver apartado 6).

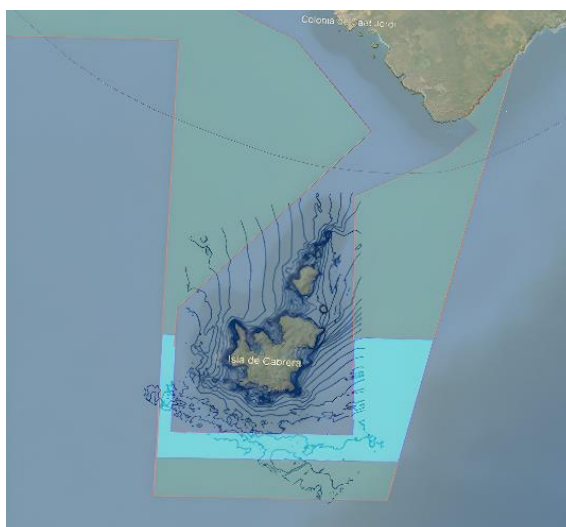


Fig.19. Batimetría del área de la isla de Cabrera [4]

Por otro lado, con la información extraída del visor INFOMAR, se ha realizado un análisis de la tipología de fondos y hábitats presentes para evitar las zonas que cuenten, con presencia de hábitats de interés comunitario. En las imágenes Fig.20 y Fig.21 están representadas la tipología de fondos de la zona de estudio, así como su clasificación dentro de los hábitats de interés comunitario de la Directiva 92/43/CEE o Directiva Hábitats.

En la zona seleccionada, tal y como se puede ver en la Fig.20 y la Fig.21, no hay presencia de hábitats de interés comunitario.

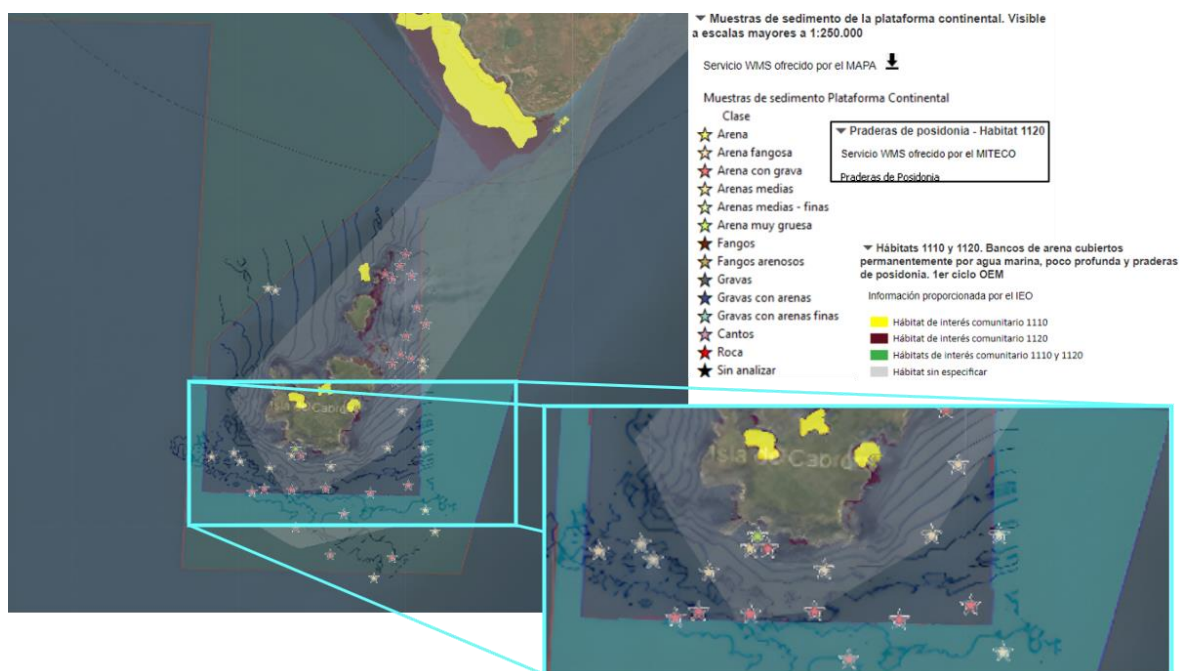


Fig.20. Praderas de *Posidonia oceanica* (hábitat 1120), hábitat de interés comunitario 1110 y muestras de sedimentos de la plataforma continental (I) [4]



Fig.21. Praderas de *Posidonia oceanica* (hábitat 1120), hábitat de interés comunitario 1110 y muestras de sedimentos de la plataforma continental (II) [4]

Por otra parte, se han utilizado los resultados publicados en el Estudio Bionómico de Cabrera [5] elaborado por OCEANA y el Gobierno de las Islas Baleares (Consejería de Medio Ambiente y Territorio) en 2007, donde se encuentra un mapa con la distribución de corales, algas y otros hábitats (ver Fig.22). Estas son también zonas que se deberán evitar para reducir un posible impacto negativo del fondeo sobre la flora y la fauna marina.



HÁBITATS

Coralígeno	Laminarias	Maërl- Coralígeno- Laminarias	Maërl- Peyssoneliáceas- Restos fanerógamas
Coralígeno- Algas esciáfilas	Maërl	Maërl- Laminarias	Maërl- Restos fanerógamas
Coralígeno- Laminarias	Maërl- Algas esciáfilas	Maërl- Nidos chucias	Nidos chucias
Coralígeno- Nidos chucias	Maërl- Algas esciáfilas- Restos fanerógamas	Maërl- Peyssoneliáceas	Restos fanerógamas
Coralígeno- Peyssoneliáceas	Maërl- Coralígeno	Maërl- Peyssoneliáceas- Algas esciáfilas	Restos fanerógamas- Algas esciáfilas

Fig.22. Hábitats presentes en el área sur de la isla de Cabrera [5]

Como se puede ver, en la zona sur más próxima a la isla abundan los bosques de laminarias. Además, en el área seleccionada existe también una zona con restos de fanerógamas y algas esciáfilas y en sus inmediaciones abundan los fondos coralígenos. La presencia de estos hábitats, representados en el mapa de la figura 23 condiciona la selección del punto de fondeo descartando la zona sur de la isla de Cabrera.



Fig.23. Hábitats presentes en el área seleccionada

El Estudio Bionómico de Cabrera [5] también incluye información de los tipos de sustrato presentes en el lecho marino en la zona sur de Cabrera (*ver Fig. 24*). Como se puede ver en la figura 25, predominan los fondos arenosos, lo que coincide con la información extraída del visor INFOMAR y representada en las figuras 20 y 21.

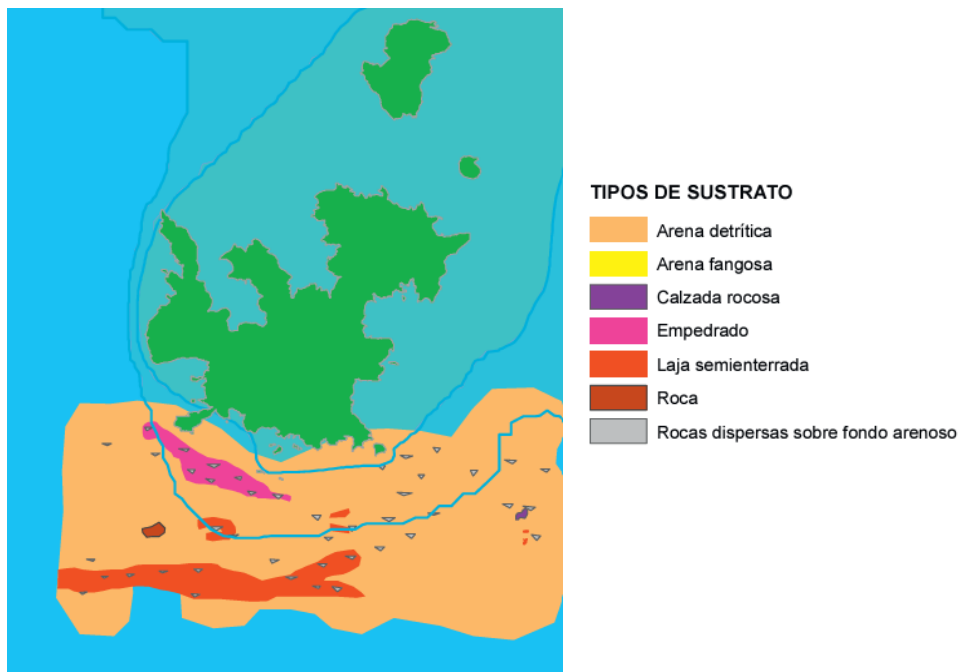


Fig.24. Tipo de sustrato en el área sur de la isla de Cabrera [5]

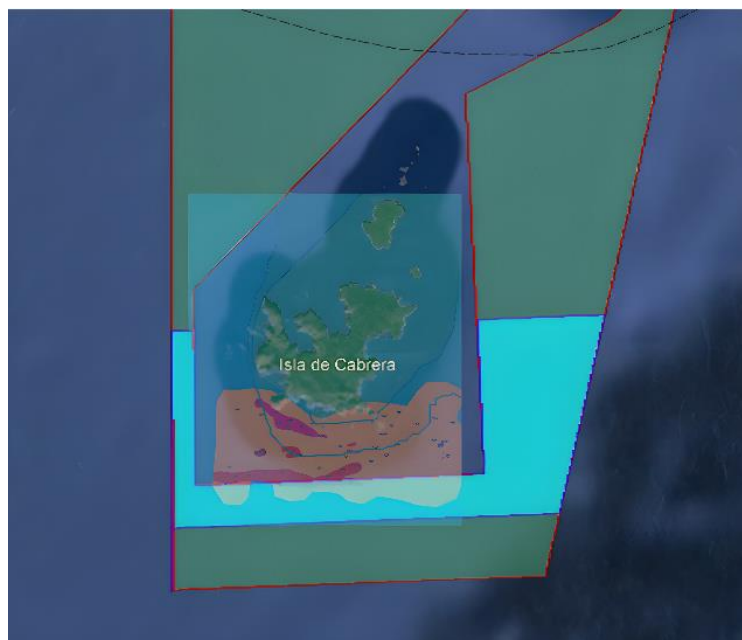


Fig.25. Tipo de sustrato en la zona seleccionada

De este modo, teniendo en cuenta el análisis de los hábitats y los tipos de fondo presentado en este apartado, se descartan para colocar el fondeo las zonas con presencia de HICs, corales, laminarias, fanerógamas o algas esciáfilas.

4.2. ÁREAS RESTRINGIDAS A LA NAVEGACIÓN

Finalmente, hay que tener en cuenta que existen áreas restringidas a la navegación por ser reservas marinas según el Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del Parque Nacional (marcadas en rojo en la Fig. 26). Según el PRUG, en estas áreas las actividades serán las mínimas, necesarias e indispensables y deberán estar justificadas, no se permitirán los aprovechamientos tradicionales (pesca, recolección de recursos marinos...) y no se permitirá la navegación ni el anclaje salvo por motivos de gestión o de seguridad de las personas [6].

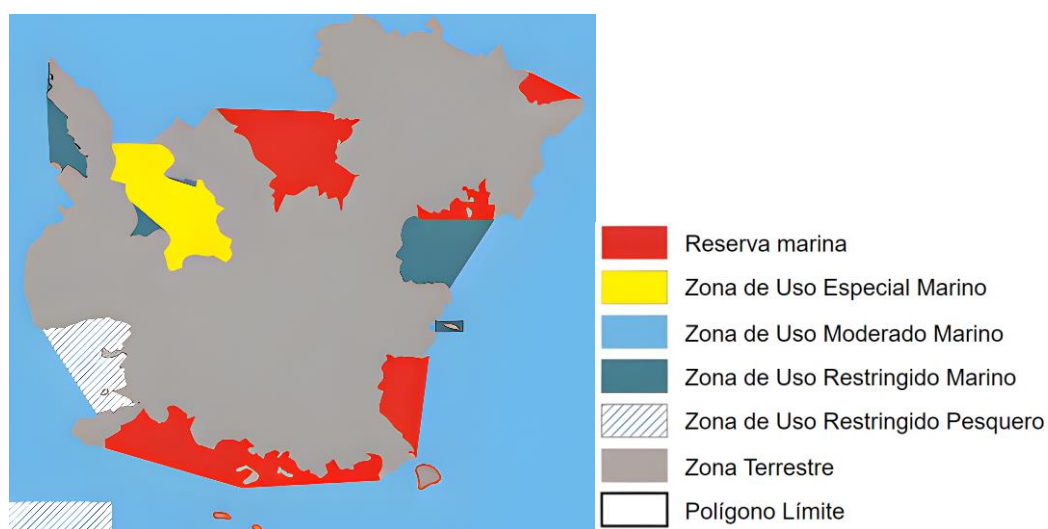


Fig.26. Tipos de zonas en isla de Cabrera y sus alrededores [6]



Fig.27. Tipos de áreas en la zona seleccionada

En la figura 27 se puede observar que estas áreas se localizan fuera de la ZEPA, por lo que no afectan a la determinación del punto de fondeo.

4.3. MODELO DE PROPAGACIÓN DE RUIDO SUBMARINO

En el apartado 3.2 se analizaron las diferentes rutas marítimas y sus densidades. En dicho análisis se detectó la existencia de rutas (fundamentalmente embarcaciones de recreo) entre la isla de Mallorca y la isla de Cabrera.

También se detectaron rutas al sur de Cabrera con una densidad media de tráfico marítimo. La tipología de las embarcaciones de estas rutas es variable, pero destaca la circulación de grandes buques de carga, los cuales generan ruido radiado con presencia de frecuencias bajas. Las frecuencias bajas pueden propagarse en el agua a grandes distancias por lo que, para determinar la posible incidencia del ruido generado en estas rutas más allá de las inmediaciones de estas, se decide utilizar un modelo de simulación de ruido submarino, analizando la propagación del mismo mediante el software comercial dBSea.

Este modelo permitirá concretar la zona con menor ruido antropogénico. Para ello, en el modelo se han introducido las principales rutas marítimas identificadas en el apartado 3, teniendo en cuenta las tipologías de embarcación más frecuentes en cada una de ellas y considerando condiciones de alta densidad. A continuación, se detallan el método de cálculo, las características de las fuentes de cálculo y, finalmente, se presentan los resultados gráficos del modelo de simulación.

4.3.1. Método de cálculo

- Método de cálculo dBSeaModes. Método de modos normales.
- Malla con resolución: grid 100x100 metros.
- Profundidad: 45m.
- Coordenadas de la malla:

Coordenadas	Izquierda	Derecha
Superiores	39°19'46.2"N	39°19'46.2"N
	02°39'46,1"E	03°07'22.2"E
Inferiores	39°01'23,1"N	39°01'23,1"N
	02°39'46,1"E	03°07'22.2"E

Tabla 2. Coordenadas de la malla

4.3.2. Características de las fuentes de cálculo

A continuación, se detallan la densidad y tipología de embarcaciones consideradas en cada ruta:

- Ruta 1 (color blanco): compuesta por 3 embarcaciones de recreo
- Ruta 2 (color verde): compuesta por 2 embarcaciones de recreo
- Ruta 3 (color naranja): compuesta por 1 embarcación de recreo y una embarcación de pesca
- Ruta 4 (color negro): compuesta por 1 embarcación de carga/transatlántico

Las velocidades consideradas para cada embarcación son las siguientes:

- Embarcaciones de recreo: 20 nudos
- Embarcación de pesca: 15 nudos
- Embarcación de carga/transatlántico: 13 nudos

La Tabla 3 muestra el nivel de fuente en bandas de frecuencia de tercio de octava utilizado en el modelo para cada tipología de embarcación.

Tipo	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k
Recreo	112	115	118	120	128	128	127	123	120	116
Pesquero	120	122	123	126	129	131	133	130	128	125
Transatlántico	150	156	150	145	125	120	120	120	115	100

Tabla 3. Espectro en tercios de octavas para cada embarcación

4.3.3. Resultados gráficos del modelo de simulación

Para obtener la representación gráfica de los niveles de presión sonora a 45 metros de profundidad, se introducirán en el modelo de cálculo (dBSea) los parámetros indicados en el apartado anterior. Es decir, se aplicará un método de cálculo de modos normales, introduciendo en el modelo las cuatro rutas marítimas mencionadas en el subapartado anterior. Cada embarcación tiene un nivel de fuente diferente según la tipología y la velocidad. El nivel de fuente utilizado para el modelo de cálculo está indicado en la Tabla 3.

A continuación, en la figura 28 se muestran los niveles de presión sonora generados por las 4 rutas marítimas a 45 metros de profundidad para la banda de frecuencias comprendida entre 31,5 Hz y 16 kHz. Las líneas isofónicas representadas por un código de colores tienen una correspondencia en los niveles de presión sonora como puede apreciarse en la leyenda.

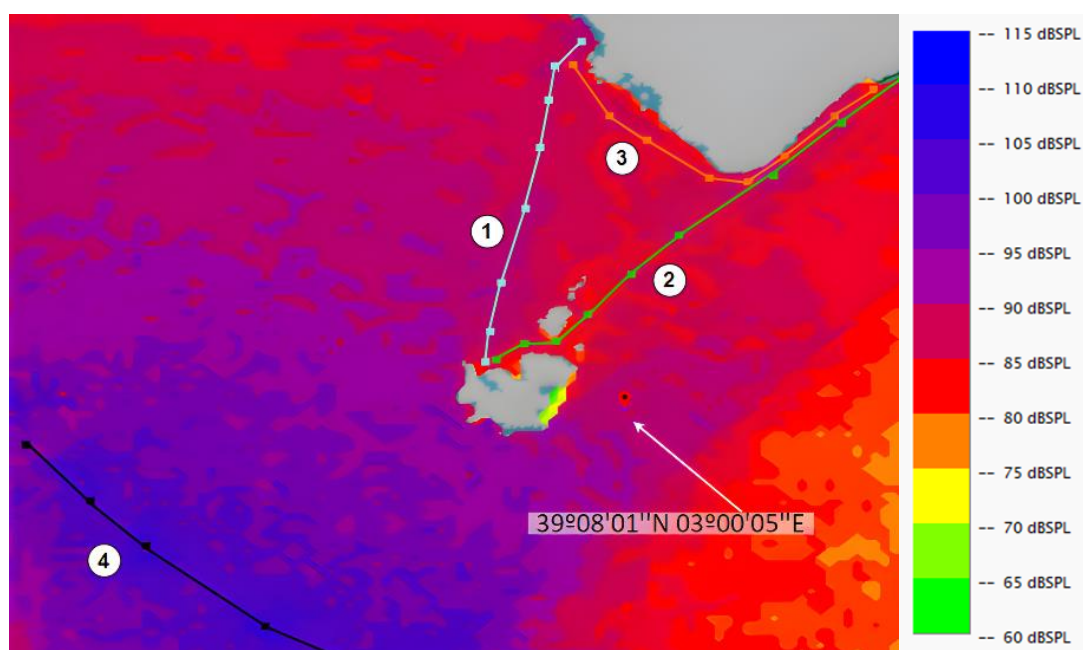


Fig.28. Resultado gráfico del nivel de presión sonora (SPL) generado por las rutas marítimas a 45 m de profundidad

La principal conclusión que se ha obtenido de los resultados gráficos del modelo de simulación es que la ruta que genera un mayor nivel de presión sonora, pese a tener menos densidad de tráfico, es la ruta 4. También se confirma que entre la ruta 4 y el área de estudio no existen elementos como islas o islotes que puedan modificar la propagación de ruido submarino y, por tanto, atenuar los niveles de ruido submarino, por lo que la zona sur y la zona oeste de la isla de Cabrera son susceptibles de sufrir contribuciones de ruido antropogénico procedentes de la ruta 4, mientras que la zona norte y este de la isla de Cabrera quedan menos expuestas a la influencia de la ruta de tráfico carga y transatlánticos.

Por tanto, para disminuir la contribución al ruido antropogénico de la ruta 4 debemos ubicar el punto de fondeo en el este, intentando alejarlo de la zona sur, dentro del área de estudio.

4.4. MONITOREO DEL RUIDO SUBMARINO

Según la “Guía de buenas prácticas para la medición de sonido submarino” [7] se establecen, en función del propósito del fondeo, dos tipos de monitoreo de sonido continuo en el agua. El monitoreo de categoría A se enfoca en comprender y predecir el ruido ambiental y el monitoreo de categoría B se centra en identificar y caracterizar las fuentes de ruido específicas para mejorar la precisión de los modelos de propagación acústica submarina. Como este proyecto está centrado en evaluar el ruido ambiente de las aguas del Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera en ausencia parcial de las actividades antropogénicas, se seguirán las recomendaciones de la categoría A.

Siguiendo el criterio de que la zona comprende profundidades menores a 3000 metros, se recomienda colocar los equipos a una distancia de la fuente generadora de ruido de 30 a 100 veces la profundidad del agua. Es decir, en este caso, con una profundidad aproximada de 95 metros el despliegue de los hidrófonos abarcará los ruidos en un radio máximo de 9,5 kilómetros.

El sistema que se instalará será de tipo “fondeo sin boya de superficie”. Este consiste en sumergir todas las partes del equipo, incluida la boya (ver Fig.30 de la sección 6.1). El sistema se explicará con mayor detalle en la sección 6.1.

5. PROPUESTA DE LA UBICACIÓN PARA EL FONDEO

La ubicación propuesta a continuación se basa en todos los análisis previos realizados sobre la zona de estudio y descritos en los apartados anteriores (3 y 4). Estos análisis incluyen la presencia de rutas marítimas, teniendo en consideración tipología y densidad del tráfico en las mismas, la tipología del fondo marino, la presencia de hábitats de interés comunitario y las características de propagación de ruido submarino. A continuación, se resume cómo se han aplicado estos criterios para obtener la ubicación propuesta:

- **Zona de interés:** el punto de fondeo debe encontrarse dentro del Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera, de modo que las ubicaciones posibles se restringen a la extensión de dicha área protegida.
- **Tráfico marítimo:** se descartan las zonas A y M (ver Fig. 10) debido a la mayor densidad de tráfico marítimo en las mismas, de modo que las ubicaciones posibles se limitan al solapamiento de la zona B (ver Fig. 10) con el área indicada en el punto anterior (ver Fig. 18).
- **Propagación del ruido submarino:** además de las zonas con mayor densidad de tráfico marítimo, se descartan también aquellas en las que el modelo de propagación predice una mayor presión sonora debida al ruido procedente del tráfico marítimo en zonas próximas, lo que descarta las zonas sur y oeste de la isla de Cabrera, limitando las ubicaciones posibles a la parte oriental de la zona de solapamiento indicada en el punto anterior.
- **Impacto en los hábitats marinos:** la zona seleccionada no incluye Hábitats de Interés Comunitario, pero sí otros hábitats relevantes, como bosques de laminarias y fondos con restos de fanerógamas y algas esciáfilas. Adoptando un criterio de máxima prudencia de cara a evitar un impacto negativo en la flora y la fauna, se evitarán estos hábitats, lo cual descarta la zona Sur de la Isla de Cabrera (ya descartada en el punto anterior).
- **Elección de la profundidad y distancia desde la costa:** interesa colocar el equipo a la menor profundidad y a la menor distancia de la costa posible para evitar la pérdida del mismo.

Según los resultados obtenidos, el punto geográfico considerado como óptimo para el fondeo del hidrófono (ver Fig.29) está situado en las coordenadas 39°08'01"N 3°00'05"E (o en coordenadas decimales 39,13361 N 3,00139 E). Esta ubicación, según el visor INFOMAR, tiene 95 metros de profundidad, aunque el valor podría oscilar ± 5 metros.

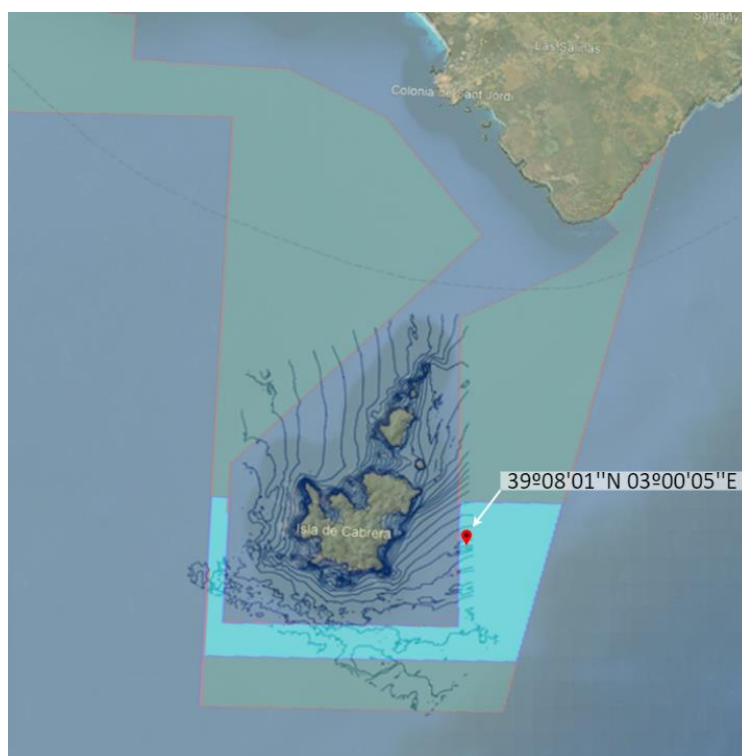


Fig.29. Ubicación del punto de medición

El punto está situado en la zona seleccionada dentro del Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera a unos 4,12 kilómetros de la costa de Cabrera (ver Fig.30).

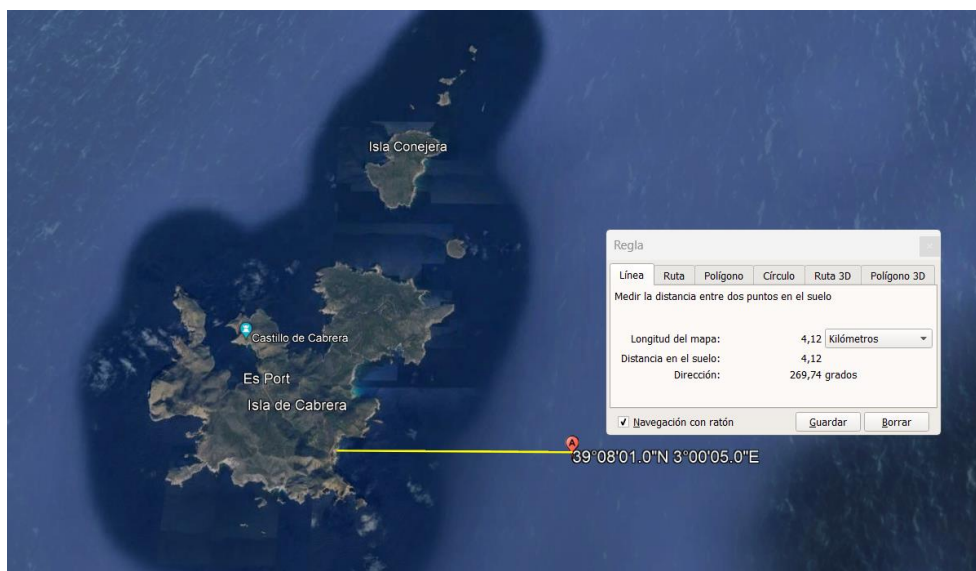


Fig.30. Distancia desde la costa

6. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FONDEO SELECCIONADO

Según lo descrito en apartados anteriores, se ha escogido la tipología de fondeo sin boya de superficie ya que se trata de un sistema aislado sin elementos, como boyas flotantes o anclajes metálicos, que puedan construir fuentes de ruido y enmascarar el ruido ambiental.

Este tipo de fondeo (ver Fig.31) consta de una boya con un diámetro de 40 cm, un hidrófono de ABYSsens modelo *DORI recorder* (ver Fig.32) de 30 cm de longitud, de 9 cm de diámetro y 1,9 kg de peso, un liberador acústico de SONARDYNE modelo *RT6-1000* (ver Fig.33) de 45 cm de longitud, de 6,3 cm de diámetro y 0,5 kg de peso, un conjunto de pesos de material biodegradable con un total de 60 kg para evitar que el fondeo se mueva debido a las corrientes de agua, una serie de uniones cuerda-metal y un sistema de cuerdas para unir las diferentes partes. El modelo y el montaje real se pueden ver en la figura 31.

Teniendo en cuenta que la profundidad en la zona seleccionada es de aproximadamente 95 metros, el fondeo se montará de modo que el hidrófono estará ubicado en la columna de agua a una profundidad de unos 45 metros.

Cabe destacar que se pondrá especial cuidado en reducir la posible contaminación por la instalación del fondeo utilizando material biodegradable como peso muerto para evitar generar residuos una vez se recoja el equipamiento.

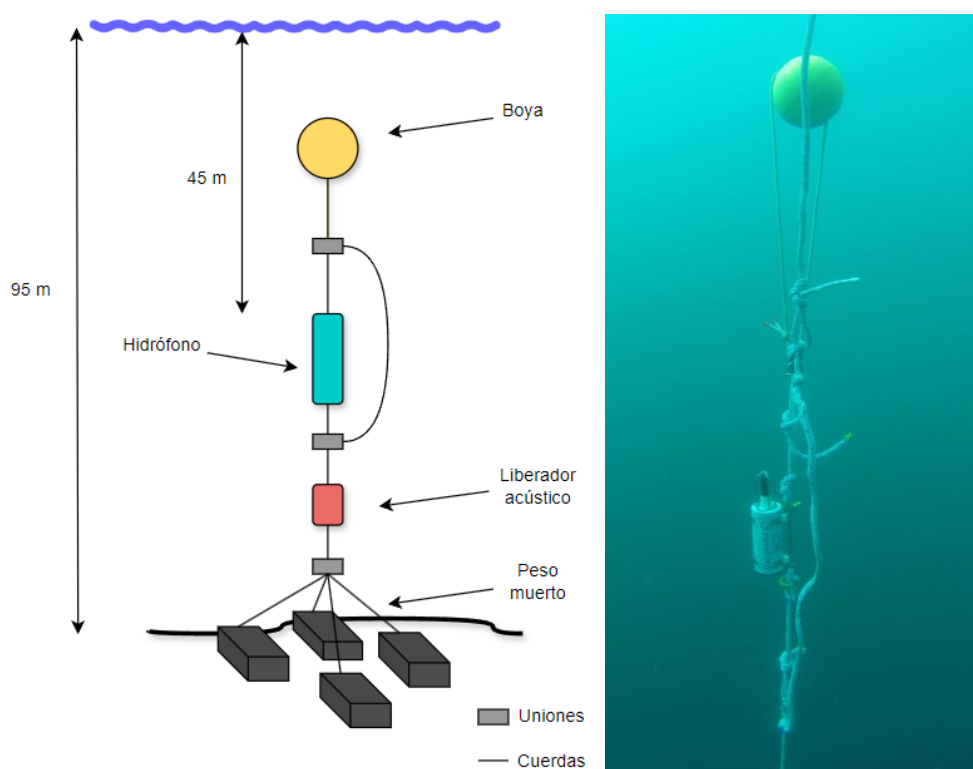


Fig.31. Esquema del sistema de fondeo sin boya de superficie



Fig.32. Hidrófono. ABYSsens modelo *DORI recorder*



Fig.33. Liberador acústico. SONARDYNE modelo *RT6-1000*

El equipamiento contará, además, con un perfilador para aguas someras de AML OCEANOGRAPHIC modelo *Base X₂* de una longitud de 39 cm, diámetro de 6,9 cm y 0,5 kg de peso. Este dispositivo proporciona datos de temperatura y salinidad, entre otros, que se necesitan para poder calcular las pérdidas de propagación del sonido.



Fig.34. Perfilador. AML OCEANOGRAPHIC modelo *Base X₂*

7. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados que se aportarán tras realizar el análisis estacional del ruido de las mediciones recopiladas, para finalmente favorecer la interpretación y la futura evaluación del Buen Estado Ambiental, serán los siguientes:

- Percentiles del nivel de presión sonora: P_1 , P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} , P_{95} , P_{99} .
- Valores de nivel de presión sonora para las frecuencias en tercio de octava: 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.
- Espectrogramas (ver Fig.35, Fig.36 y Fig.37) y patrones semanales e inter estacionales para la anualidad monitorizada.

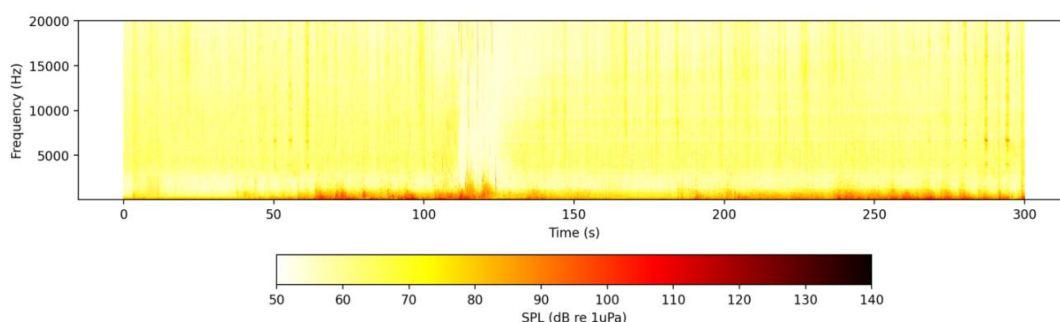


Fig.35. Ejemplo de espectrograma durante obras portuarias. Rango frecuencial alto

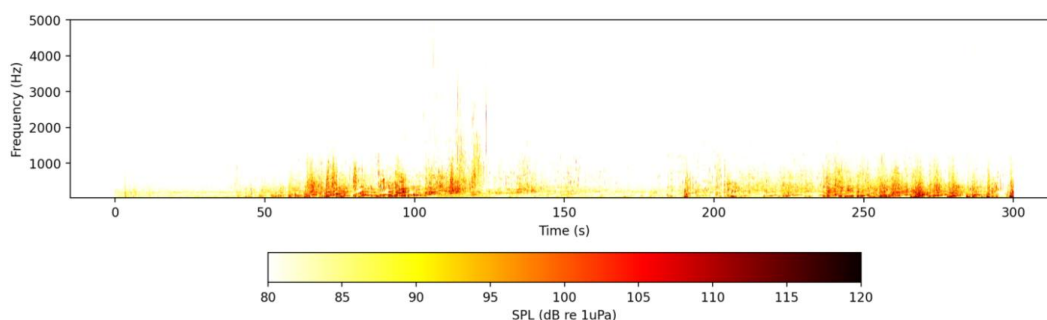


Fig.36. Ejemplo de espectrograma durante obras portuarias. Rango frecuencial específico para frecuencias bajas

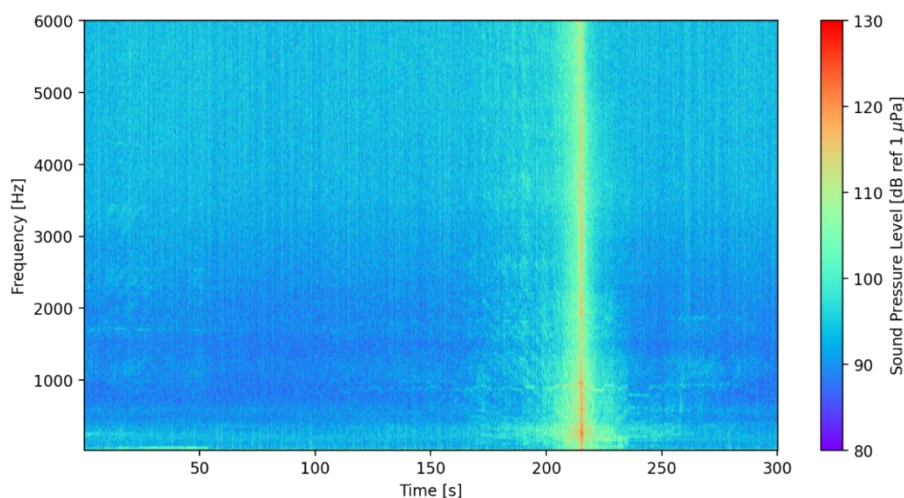


Fig.37. Ejemplo de una firma acústica perteneciente al paso de una embarcación menor, en forma de espectrograma

8. CRONOGRAMA

A continuación, se muestra el cronograma del proyecto (ver Fig.38). Se tomarán mediciones de ruido submarino durante 5 meses entre mayo y noviembre de 2024.

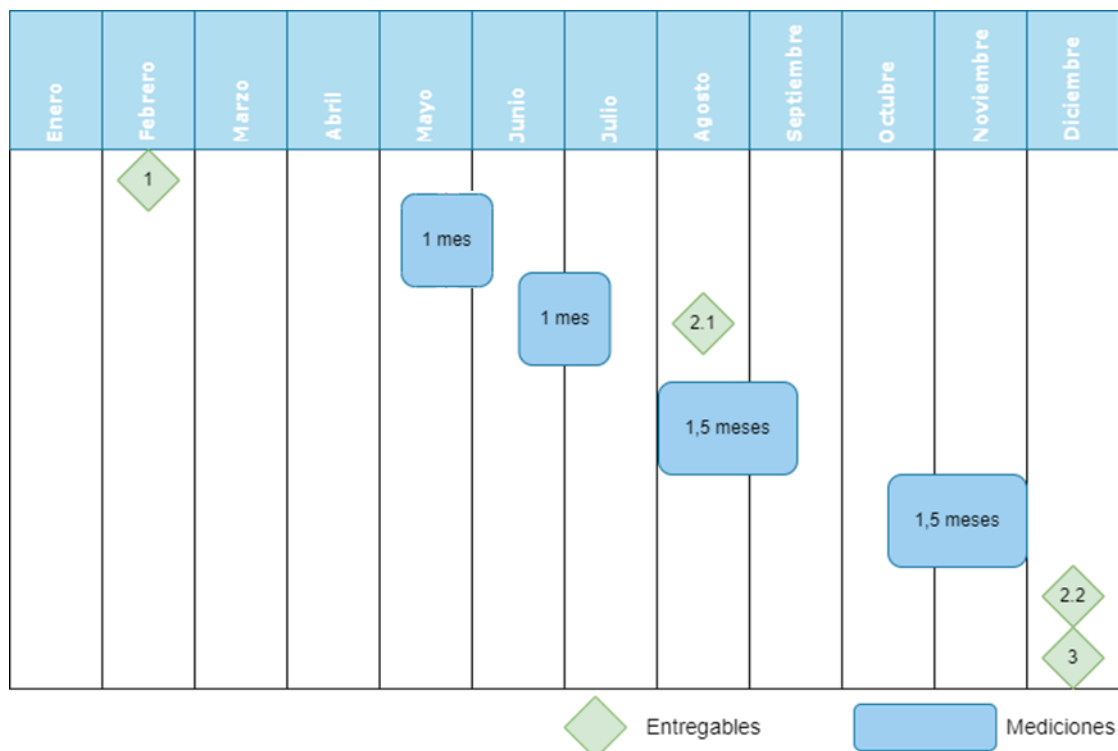


Fig.38. Cronograma del proyecto

Las mediciones durarán un mes o un mes y medio y se intentará abarcar las diferentes estaciones del año, dentro de lo que se puede según los plazos establecidos.

- La primera medición desde el inicio de mayo hasta el inicio de junio.
- La segunda medición desde la mitad de junio hasta la mitad de julio.
- La tercera medición desde agosto hasta la mitad de septiembre.
- La cuarta medición desde la mitad de octubre hasta noviembre incluido.

Se realizarán **tres** entregas:

- La entrega 2.1 a mediados de agosto.
- Las entregas 2.2 y 3 a mediados de diciembre.

9. REFERENCIAS

- [1] MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence. AIS Marine Traffic. Disponible en: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home>
- [2] Excursiones en Barco a Cabrera desde Mallorca. Disponible en: <https://www.excursionsacabrera.es/>
- [3] GeoPortal. Disponible en: <https://sig.mapa.gob.es/visor/#/visor2/geoportal>
- [4] INFOMAR. Disponible en: <http://www.infomar.miteco.es/visor.html>
- [5] *Estudio bionómico de los fondos profundos del Parque Nacional marítimo-terrestre del archipiélago de Cabrera y sus alrededores*. OCEANA y el Ministerio de las Islas Baleares. Disponible en: https://europe.oceana.org/wp-content/uploads/sites/26/oceana_estudio_bionomico_cabrera.pdf
- [6] *Zonificaciones PRUG en Cabrera*. CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/parques-nacionales-oapn/red-parques-nacionales/parques-nacionales/PRUGCabrera_tcm30-62821.pdf
- [7] *Guía de buenas prácticas para la medición de sonido submarino*. Centro Tecnológico Naval y del Mar (CTN).

10. ANEXO I

10.1. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD BAJA

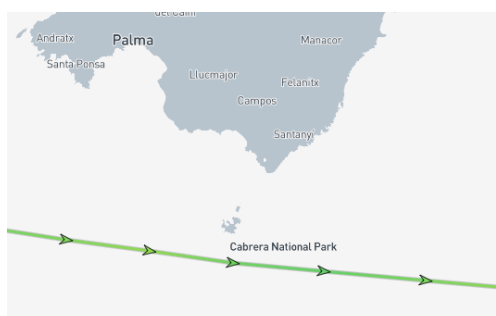
EUROCARGO ALEXANDRIA



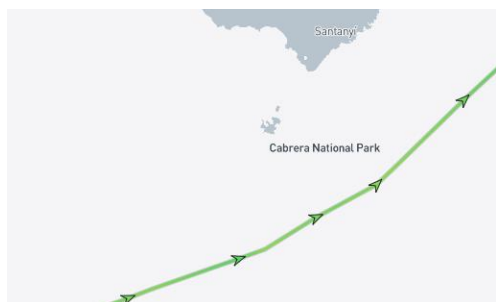
MSC GIUSY



MSC ORIANE

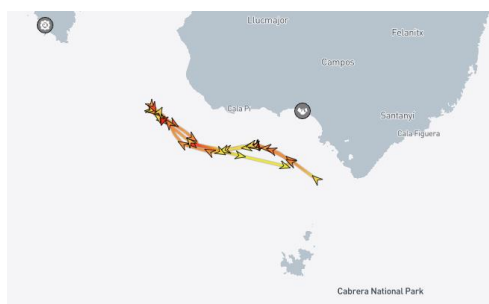


TINERFE

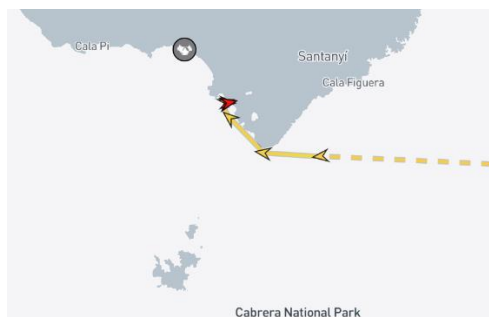


10.2. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD MEDIA

BALEAR SEGUNDO



MARIANNE



10.3. EJEMPLOS DE RUTAS DE DENSIDAD ALTA

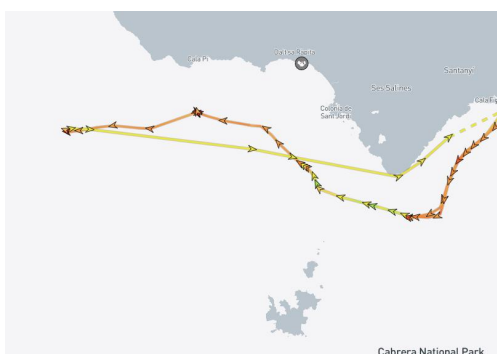
COSTA SMERALDA



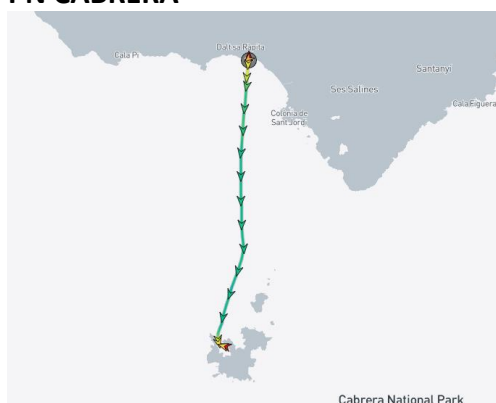
ES REFALAR



MARISITA SEGUNDA



PN CABRERA



Cabrera National Park

[NO HAY IMAGEN DEL BARCO]

WESTWIND

