

Memoria técnica 2.2.- Evaluación del nivel de ruido submarino originado por fuentes acústicas de origen natural en el LIC ESZZ15002 Espacio Marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura durante la estación de otoño

Lote 3

Junio 2025

LIFE IP INTEMARES

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

Autoría:

- DC Servicios Ambientales SL

- Daida Cristina Almeida Navarro, J. Francisco Domínguez Yanes, Diego Antoñanzas Francisco, Gabriel Herrera Quintana y Javier Cenxual Miñano.



Coordinación y revisión:

Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Revisión por parte del MITECO.

Edita:

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 Sostenibilidad, Medio Ambiente y Sostenibilidad, así como de la Agencia de Medio Ambiente y Agua; el Instituto Español de Oceanografía del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; 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.



Fecha de edición

10/07/2025

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

Evaluación del nivel de ruido submarino originado por fuentes acústicas de origen natural en el LIC ESZZ15002
Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura.
APLI0032

Índice

1. RESUMEN EJECUTIVO	3
2. INTRODUCCIÓN	5
3. ÁREA DE ESTUDIO: LIC ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE-FUERTEVENTURA (ESZZ15002)	7
3.1. Hábitats bentónicos sensibles del sur de Fuerteventura.....	7
3.2. Cetáceos en el área marina del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura.....	8
4. METODOLOGÍA.....	11
4.1. Ubicación del fondeo.....	11
4.2. Diseño y descripción del fondeo.....	13
4.3. Tratamiento de datos acústicos.....	16
5. RESULTADOS.....	19
6. CONCLUSIONES.....	23
7. BIBLIOGRAFÍA	24
8. LEGISLACIÓN	25
9. ANEXO I. CARTOGRAFÍA.....	26

1. RESUMEN EJECUTIVO

Las acciones englobadas dentro del presente trabajo se encuentran relacionadas con el descriptor 11 “Ruido submarino” de las Estrategias Marinas, que pretende definir el Buen Estado Ambiental (BEA) del medio marino con respecto a este impacto. Se considera de especial relevancia ya que esta es una de las presiones antrópicas que potencialmente puede afectar a aquellos animales sensibles al sonido submarino. En este sentido, el objetivo final de esta actuación es que, a través del estudio de datos sonoros mediante el fondeo de hidrófonos en zonas con baja concurrencia de actividades antrópicas, se pueda obtener información relevante que sirva para determinar unos niveles de referencia de ruido ambiente marino, completando los vacíos de conocimiento existentes.

En el presente estudio, se ha fondeado un hidrófono al norte de la isla de La Graciosa, dentro del LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura. Se llevó a cabo la grabación en continuo del periodo de otoño, obteniendo datos desde el 18 de septiembre de 2024 hasta el 17 de octubre de 2024. Estaba previsto grabar durante un período más largo, pero debido a un fallo en el sistema del grabador la grabación se interrumpió al mes de fondeo.

Durante el periodo de observación, a través del estudio de los distintos valores de nivel de presión sonora (SPL) y su distribución temporal y frecuencial en distintas bandas de tercio de octava, se identificaron patrones acústicos que permiten caracterizar el ambiente submarino y sus posibles fuentes de ruido, tanto naturales como antropogénicas.

Las bandas de baja frecuencia (63 y 125 Hz) presentan una mayor estabilidad con una dispersión mínima. Esto es indicativo de un ruido de fondo constante, sin influencia de fuentes variables. Las ligeras variaciones en la banda de 125 Hz podrían reflejar presencia ocasional de fuentes móviles, como el paso de pequeñas embarcaciones.

La banda de 2000 Hz también presenta una mayor variabilidad, con niveles medios y altos que sugieren fuentes acústicas activas en el entorno, con un posible origen antropogénico, proveniente de embarcaciones cercanas.

Por otro lado, los valores de SPL detectados en las bandas más altas, de 8 y 16 kHz, son algo altos en relación a lo que se cabría esperar en una zona como la estudiada. Habría que estudiar más en profundidad la zona para llegar a alguna conclusión que explique estos valores.

EXECUTIVE SUMMARY

The actions included in this work are related to descriptor 11 'Underwater noise' of the Marine Strategies, which aims to define the Good Environmental Status (GES) of the marine environment with respect to this impact. It is considered to be of particular relevance as this is one of the anthropic pressures affecting marine species present in marine protected areas. In this sense, the final objective of this action is that, through the study of sound data by means of hydrophone anchoring in areas with low concurrence of anthropic activities, relevant information can be obtained that can be used to determine reference levels of marine ambient noise, filling in the existing gaps in knowledge.

In the present study, a hydrophone was anchored in the north of the island of La Graciosa, within the SCI ESZZ15002 Marine area of the east and south of Lanzarote-Fuerteventura. Continuous recording was carried out during the autumn period, obtaining data from 18 September 2024 to 17 October 2024. It was planned to record for a longer period, but due to a failure in the recorder system, the recording was interrupted at the month of the mooring.

During the observation period, through the study of the different sound pressure level (SPL) values and their temporal and frequency distribution in different one-third octave bands, acoustic patterns were identified to characterise the underwater environment and its possible sources of noise, both natural and anthropogenic.

The low frequency bands (63 and 125 Hz) show a higher stability with minimal dispersion. This is indicative of a constant background noise, without influence from variable sources. Slight variations in the 125 Hz band could reflect the occasional presence of mobile sources, such as passing small boats.

The 2000 Hz band also shows greater variability, with medium and high levels suggesting active acoustic sources in the environment, with a possible anthropogenic origin, coming from nearby boats.

On the other hand, the SPL values detected in the higher bands, 8 and 16 kHz, are somewhat high in relation to what would be expected in an area such as the one studied. Further study of the area would be necessary to reach a conclusion that would explain these values.

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto LIFE IP-PAF INTEMARES “Gestión integrada, innovadora y participativa de la Red Natura 2000 en el medio marino español” tiene como objetivo conseguir una red consolidada de espacios marinos Natura 2000 gestionada de manera eficaz e integrada, con la participación activa de los sectores implicados, con la investigación como herramienta básica para la toma de decisiones y bajo la oportunidad de contribuir a un modelo de desarrollo asentado en la sostenibilidad y en la innovación.

El proyecto está coordinado por la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), que actúa también como socio a través de la Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación. Participan como socios además el Instituto Español de Oceanografía, la Confederación Española de Pesca, SEO/BirdLife, WWF-España, la Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul y la Agencia de Medio Ambiente y Agua de Andalucía de la Junta de Andalucía, AZTI, la Universidad de Alicante y la Universidad Politécnica de Valencia.

El medio marino es el escenario de multitud de actividades humanas que de una u otra manera generan impacto. De las distintas actividades que contribuyen a generar polución acústica submarina se destaca el tráfico marítimo, relacionado principalmente con la emisión de energía al medio en el espectro de las bajas frecuencias (<1kHz), aunque esto depende del tipo de embarcación, de su velocidad, y de la motorización y actividad que desarrolle, aspectos que se desarrollarán más adelante.

Las acciones englobadas dentro del presente trabajo se encuentran relacionadas con el descriptor 11 “Ruido submarino” de las Estrategias Marinas, que pretende definir el Buen Estado Ambiental (BEA) del medio marino con respecto a este impacto. Se considera de especial relevancia ya que esta es una de las presiones antrópicas que afectan a las especies marinas presentes en las áreas marinas protegidas.

Los diferentes efectos negativos de un elevado ruido submarino sobre la fauna marina, sobre todo cetáceos, están ampliamente estudiados. Se ha verificado que el ruido submarino afecta de manera negativa a diferentes organismos acuáticos si se sobrepasa cierto valor umbral durante un tiempo de exposición determinado (Erbe et al., 2019). El potencial impacto negativo sobre mamíferos marinos, en concreto los cetáceos, se debe a que estos utilizan el sonido para realizar diferentes funciones vitales básicas como orientarse en el medio, alimentarse, reproducirse, comunicarse, etc. (Thomsen et al., 2023). La NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), en su documento “2024 Technical Guidance for Assessing the effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing (Version 3.0) Underwater and In-Air Criteria for Onset of Auditory Injury and Temporary Threshold Shifts”, establece ciertos umbrales a partir de los cuales pueden producirse estos enmascaramientos en las comunicaciones y cambios en el comportamiento animal (TTS), así como umbrales donde se podrían producir daños permanentes (PTS). En este caso, estos trastornos auditivos, así como los barotraumas, no son competencia del D11, aunque este pretende definir un estado base para establecer medidas que prevengan este tipo de impactos.

En este sentido, el objetivo final de esta actuación es que, a través del estudio de datos sonoros mediante el calado de hidrófonos en zonas con baja concurrencia de actividades antrópicas, se pueda obtener información relevante que sirva para determinar unos niveles de referencia de ruido ambiente marino, completando los vacíos de conocimiento existentes (Martín-García et al., 2015).

3. ÁREA DE ESTUDIO: LIC ESPACIO MARINO DEL ORIENTE Y SUR DE LANZAROTE-FUERTEVENTURA (ESZZ15002)

Las áreas marinas protegidas incluyen diversas figuras de protección, entre las que destacan las de la Red Natura 2000. La Red está formada por Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y por los Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) hasta su transformación en ZEC, establecidas de acuerdo con la Directiva 92/43/CE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres (o Directiva Hábitats), y por las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), designadas en aplicación de la Directiva 2009/147/CE relativa a la conservación de las aves silvestres, o Directiva Aves. En el territorio nacional se han declarado 1.468 LICs.

El LIC ESZZ15002 Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura, se emplaza en las islas más orientales del archipiélago canario (Ilustración 1). Se trata de un LIC de índole marina de gran extensión y cubre una superficie aproximada de 14.328,43 Km². Presenta una extensa plataforma continental de hasta 33 km de longitud que alcanza los 200 m de profundidad seguida de un pronunciado talud oceánico que desciende bruscamente hasta los 2.000 m. El fondo marino de la plataforma es rocoso e irregular en los primeros metros. La gran extensión de la plataforma insular de ambas islas y la gran complejidad y heterogeneidad del sustrato facilitan la existencia de una extraordinaria diversidad de ambientes, con numerosas especies de flora y fauna. La existencia de Bancos y montañas submarinas con pendientes abruptas, expuestas a corrientes, favorecen la producción e incrementan la presencia de taxones suspensívoros sésiles que forman parte de hábitats vulnerables. Estos hábitats actúan como reclamo a peces demersales y bentopelágicos, que atraen al resto de los elementos del ecosistema como elasmobranquios, túnidos, cetáceos, tortugas y aves marinas (Herrera et al., 2021).

3.1. Hábitats bentónicos sensibles del sur de Fuerteventura

Los hábitats bentónicos presentes en la zona se incluyen dentro del Hábitat de Interés Comunitario (HIC) Arrecifes (1170), que cubre una extensión de 946 km². Incluye una gran cantidad de comunidades bionómicas descritas, entre las que destacan bancos profundos de *Antipathella wollastoni*, fondos de rodolitos, arrecife de corales profundos de *Lophelia pertusa* y/o *Madrepora oculata*, roca batial con *Dendrophyllia cornigera*, roca batial con grandes esponjas hexactinélidas, y otros. Se sitúan principalmente en el entorno de la baja de Amanay (monte submarino al noreste de la Península de Jandía) y El Banquete (prolongación al suroeste de la plataforma continental de Fuerteventura). Hacia el oeste de estos hábitats se encuentra la Zona Marítima Especialmente Sensible de Canarias, que se trata de un dispositivo de separación del tráfico marítimo, equivalente a una autopista. La zona también se considera como zona de pesca tradicional de pelágicos oceánicos, siendo un caladero principal de la flota local pesquera de Fuerteventura.

3.2. Cetáceos en el área marina del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura

La costa oriental de Fuerteventura y Lanzarote representa un exponente único en la fauna cetológica europea y es representativa de especies oceánicas de aguas templadas y cálidas de los archipiélagos de la Macaronesia. Dada la situación geográfica de Lanzarote y Fuerteventura, el oriente de ambas islas se halla muy cercano a la costa africana, esto hace que tenga unas condiciones oceanográficas específicas que permite una gran diversidad de cetáceos en las aguas. Con unas 28 especies de cetáceos registradas. El fenómeno de *upwelling* que se produce en la zona favorece la producción primaria y por tanto la disponibilidad de presas en la columna de agua, existiendo tanto cetáceos ictiófagos como cetáceos teutófagos de buceo profundo. Cabe destacar la presencia de cachalotes (*Physeter macrocephalus*), zifio de Cuvier (*Ziphius cavirostris*), calderón gris (*Grampus griseus*) y calderón tropical (*Globicephala macrorhynchus*).

Este LIC colinda con otros espacios de la Red Natura 2000, estos son:

- LIC ES7010014 “Cueva de los Lobos”
- LIC ES7010035 “Playa de Sotavento de Jandía”
- LIC ES7010022 “Sebadales de Corralejo”
- LIC ES7010002 “Cagafrecho”
- LIC ES7010021 “Seabadales de Guasimeta”
- LIC ES7010054 “Los Jameos”
- ZEPA ES0000096 “Pozo negro”
- LIC/ZEPA ES7010033/ES0000039 “Jandía”
- ZEPA ES0000310 “Llanos y cuchillos de Antigua”
- ES7010032 “Corralejo”
- ZEPA ES0000042 “Dunas de Corralejo e isla de Lobos”
- LIC ES7010031 “Islote de Lobos”
- ZEPA ES0000099 “Los Ajaches”
- ZEPA ES0000350 “Llanos de la Corona y Tegala Grande”
- LIC ES7010047 “La Corona”

Este LIC coincide parcialmente con otros espacios de la Red Natura 2000:

- ZEPA ES0000531 “Estrecho de la Bocaina”
- ZEPA ES0000532 “Espacio marino de los Islotes de Lanzarote”



Ilustración 1. Localización del LIC Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura (ESZZ15002). Elaborado a partir de datos del MITECO e IDE Canarias.

Para el LIC ESZZ15002 se consideran valores naturales objeto de conservación los tipos de hábitats naturales de interés comunitario (Anexo I De la Ley 42/2007) y las especies Red Natura 2000 (Anexo II de la Ley 42/2007) con presencia significativa en el espacio marino protegido. Estos valores son el hábitat bancos de arena cubiertos permanentemente por agua poco profunda (1110) y arrecifes (1170), y las especies *Caretta caretta* (1224) y *Tursiops truncatus* (1349). Para más información véase la Tabla 1.

Tabla 1. Listado de Especies de Interés Comunitario y Hábitats de Interés Comunitario presentes en el LIC Espacio marino del Oriente y Sur de Lanzarote-Fuerteventura.

Especie de Interés Comunitario		Código
Clase Reptilia	<i>Caretta caretta</i>	1224
	<i>Dermochelys coriacea</i>	Anexo IV Directiva 92/43/CEE
Clase Echinoidea	<i>Centrostephanus longispinus</i>	Anexo IV Directiva 92/43/CEE
Clase Mammalia	<i>Tursiops truncatus</i>	1349
	<i>Delphinus delphis</i>	Anexo IV Directiva 92/43/CEE
	<i>Delphinus capensis</i>	
	<i>Stenella coeruleoalba</i>	
	<i>Stenella frontalis</i>	
	<i>Lagenodelphis hosei</i>	
	<i>Grampus griseus</i>	
	<i>Globicephala macrorhynchus</i>	
	<i>Globicephala melas</i>	
	<i>Feresa attenuata</i>	
	<i>Orcinus orca</i>	
	<i>Pseudorca crassidens</i>	
	<i>Steno bredanensis</i>	
	<i>Ziphius cavirostris</i>	
	<i>Mesoplodon europaeus</i>	
	<i>Mesoplodon densirostris</i>	
	<i>Mesoplodon mirus</i>	
	<i>Mesoplodon bidens</i>	
	<i>Hyperoodon ampullatus</i>	
	<i>Phocoena phocoena</i>	
	<i>Kogia breviceps</i>	
	<i>Kogia sima</i>	
	<i>Balaenoptera physalus</i>	
	<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	
	<i>Megaptera novaeangeliae</i>	
	<i>Physter macrocephalus</i>	
Orden Corallinales	<i>Lithothamnion corallioides</i>	Anexo V Directiva 92/43/CEE
	<i>Phymatolithon calcareum</i>	
Hábitat de Interés Comunitario		Código
Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda		1110
Arrecifes		1170

4. METODOLOGÍA

En el presente apartado se describe la instrumentación utilizada para la obtención de los datos acústicos, así como la metodología utilizada en la grabación y en el posterior tratamiento de los datos.

4.1. Ubicación del fondeo

El punto de fondeo se localiza dentro del LIC Espacio marino del oriente y sur de Lanzarote-Fuerteventura, y ha sido aprobado con anterioridad por el equipo responsable del Proyecto, según lo recogido en la Memoria técnica 1.

Tabla 2. Coordenadas y profundidad del punto de fondeo.

Profundidad	Coordenadas UTM (WGS84 – Huso 28N)	
	X	Y
41 m	647.068	3.241.865

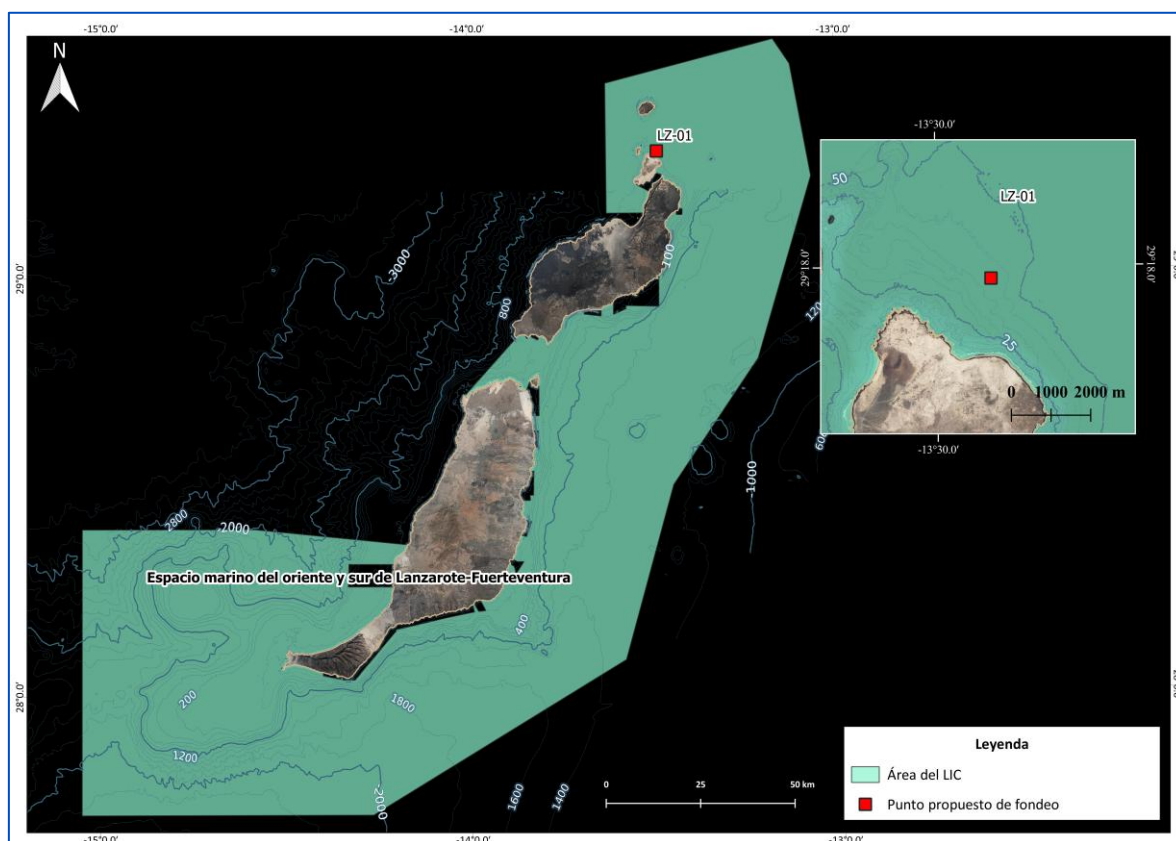


Ilustración 2. Localización del punto de fondeo.

Esta localización tiene las características idóneas para la instalación de un fondeo con el objetivo de toma de datos de ruido submarino de origen natural:

- Fondo eminentemente llano, de pendiente baja y constante.
- No existen elementos abruptos cercanos que puedan alterar las frecuencias y direccionalidad del ruido.
- Fondo de sustrato blando, que absorben las ondas sonoras en mayor medida que los sustratos duros.
- Presencia mínima de fuentes de ruido submarino antropogénico.
- Baja densidad de tráfico marítimo.
- No existen obras marítimas cercanas, ni presencia de zonas de acuicultura.

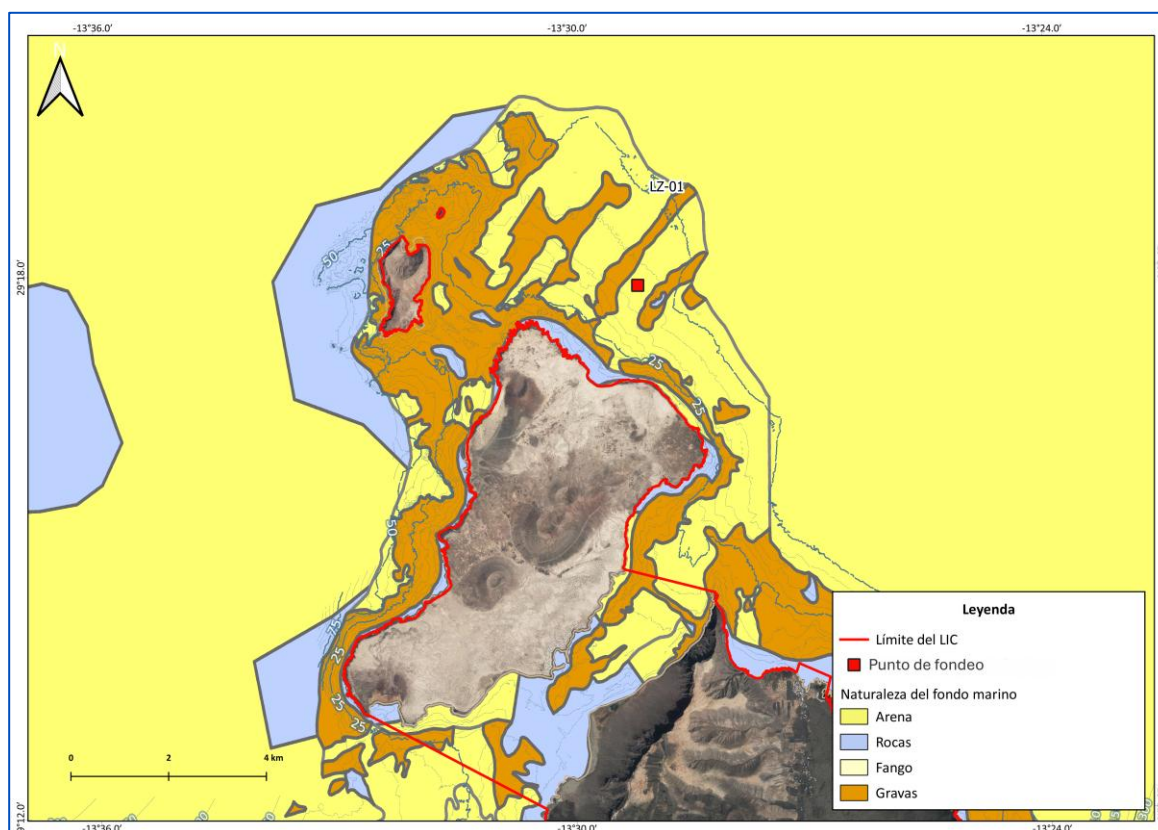


Ilustración 3. Naturaleza del fondo marino. Fuente: IEO.

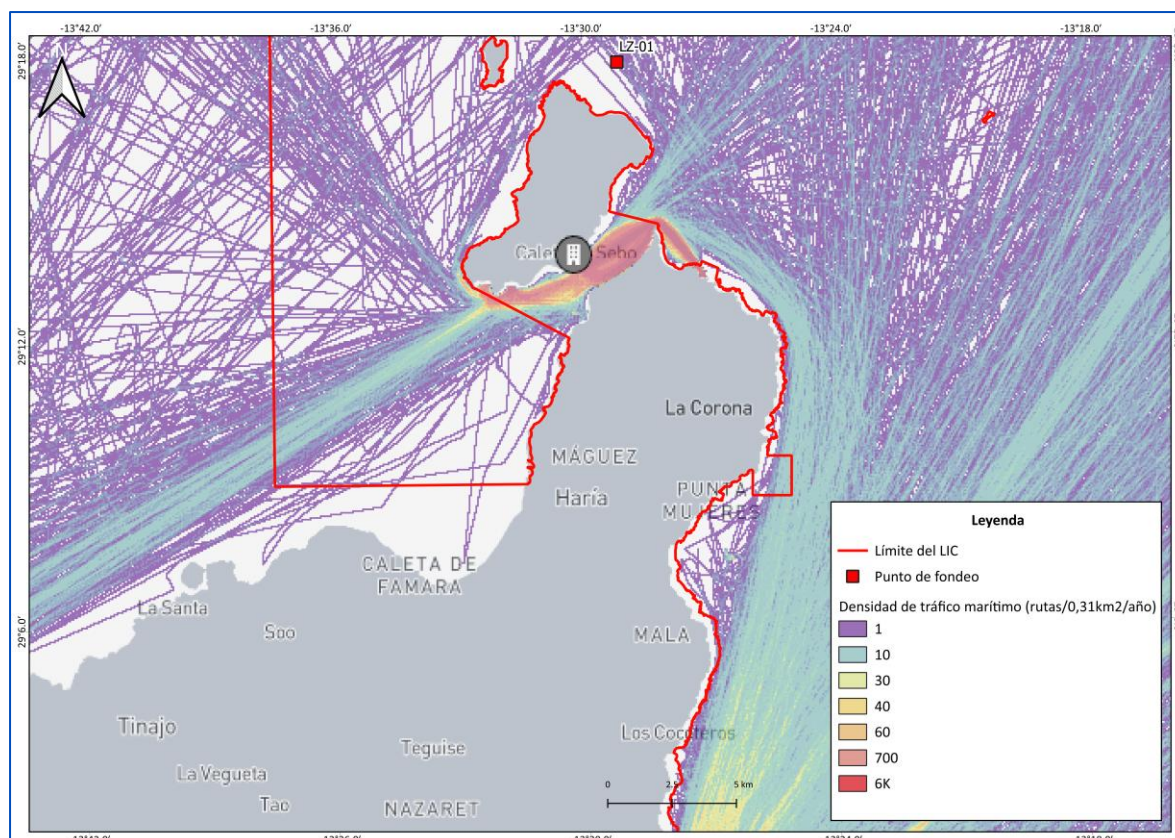


Ilustración 4. Densidad de tráfico marítimo. Mapa elaborado con datos extraídos de MarineTraffic.com. Datos de noviembre del 2022 a noviembre del 2023.

4.2. Diseño y descripción del fondeo

El fondeo del hidrófono consta de los componentes necesarios para su instalación, funcionamiento y posterior recuperación exitosa. Los componentes se recogen en la Tabla 3.

El diseño del fondeo atiende principalmente a tres características clave: estabilidad, recuperabilidad y evitación de ruido no deseado por partes móviles. El hidrófono está fijado a un mástil de sujeción. Este mástil de sujeción elevará la posición del hidrófono a unos 1,5 m del fondo, evitando fenómenos de reverberación. El mástil consiste en una varilla de acero con un enganche en su parte superior, que permitirá su posterior recuperación. Este mástil va fijo al lastre, que consiste en un prisma rectangular de hormigón marino de unos 0,35 x 0,25 x 0,15 m y unos 27 kg aproximados (peso en aire). Cabe destacar que este diseño carece de partes móviles que puedan influenciar con ruido los datos muestreados.

Tabla 3. Características de los elementos constituyentes del fondo.

Elemento	Cantidad	Peso en aire	Peso en agua	Flotabilidad neta
Lastre de hormigón marino	1	≈ 27 kg (0,3 x 0,25 x 0,15 m)	≈ 15,75 kg	≈ - 15,75 kg
Mástil de sujeción	1	≈ 2 kg	≈ 1,5 kg	≈ - 1,5 kg
Hidrófono	1	0,2 kg	≈ 0,2 kg	≈ - 0,2 kg
Grabadora	1	4,2 kg	1,5 kg	≈ - 1,5 kg
Total		33,4 kg	18,95 kg	≈ - 18,95 kg

El equipo de grabación consta de un hidrófono Colmar GP1190 con una banda de trabajo de 5 Hz a 180 kHz, junto con una grabadora RTSys Sylence-LP con una capacidad de grabación de 512 kS/s. Algunas de las especificaciones técnicas del hidrófono y de la grabadora se detallan a continuación.

Tabla 4. Características técnicas del hidrófono y de la grabadora.

Hidrófono Colmar GP1190	
Ancho de banda	5 Hz – 180 kHz
High – pass filter	3Hz
Sensibilidad	-181 dB re 1V/uPa
Direccionalidad	Esférico – Omnidireccional
Máxima profundidad de trabajo	900 m
Cuerpo	POMC + núcleo interno de acero
Grabadora RTSys Sylence -LP	
Longitud	440 mm
Diámetro	90 mm
Profundidad de grabación	250 m
Capacidad de almacenamiento	2 TB

La obtención de los datos se ha realizado siguiendo las características reflejadas en la Tabla 5.

Tabla 5. Características para el procesado de los datos.

Características para el procesado de los datos	
Modelo equipo de grabación	RTSys Sylence – LP; Colmar GP1190
Nomenclatura de archivos	channelA_fecha_hora
Formato de los datos brutos	.wav
Sensibilidad	-181 re 1V/uPa
Frecuencia de muestreo	64 kS/s
Factor de amplificación	0 dB re1/V
High – pass filter	3Hz
Periodo de grabación otoño	18/09/2024 – 17/10/2024

Características para el procesado de los datos	
Duty Cycle (ON/OFF)	100%/0%

El fondeo se realizó el día 18 de septiembre de 2024. Mediante una embarcación se llega al punto seleccionado, donde se baja el muerto con el hidrófono mediante un cabo hasta el fondo marino.

El día 7 de febrero de 2025 se vuelve a la zona para la recuperación del hidrófono mediante ROV. Esta recuperación se realiza más tarde de lo previsto debido a las malas condiciones climáticas durante finales de diciembre y el comienzo del año 2025.



Fotografía 1. Imagen del fondeo colocado en el LIC en su recuperación.

Tras la revisión de los datos, se observa que el hidrófono dejó de grabar el día 17 de octubre, por lo que se tienen datos solamente de un mes, correspondiente a la estación de otoño. Tras revisar los Log, se llega a la conclusión de que ha habido un consumo anómalo de las baterías, como ocurrió en el periodo anterior. Al ser un fallo reiterado, se llega a la conclusión de que probablemente sea un problema del propio grabador, no de las baterías utilizadas. A la hora de realizar este informe, el grabador ya ha sido enviado a fábrica, donde nos han confirmado que se trata de un problema del grabador, que debido a algún tipo de cortocircuito interno, estaba activando funciones durante el periodo de grabación que deberían estar inactivas, con el consecuente aumento de consumo de las baterías.

4.3. Tratamiento de datos acústicos

Para determinar los niveles de ruido emitidos al medio se tuvo como referencia para el método de trabajo la *Ley 41/2010 de 29 de diciembre, de protección del medio marino*, transpuesta a partir de la Directiva Marco de Estrategias Marinas (DMEM). Para el seguimiento acústico estandarizado se utilizó la *Decisión (UE) 2017/848 de la comisión de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como las especificaciones y métodos normalizados de seguimiento de evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/447/UE*. En esta decisión se establecen los criterios e indicadores que se han de seguir para las mediciones del nivel de ruido. Para el seguimiento acústico se distinguen dos tipos de ruido:

- **Ruido impulsivo:** entendido como aquel sonido capaz de generar repercusiones negativas graves durante periodos muy cortos de tiempo. Los indicadores son:
 - **Nivel de exposición sonora (siglas en inglés, SEL):** Puede usarse tanto en ruido continuo si se mide durante un intervalo de tiempo específico, como también en ruido impulsivo, cuyo uso está más extendido. SEL representa la energía total acumulada del ruido durante ese intervalo, siendo útil cuando se necesita correlacionar el impacto acumulativo sobre organismos marinos, como la exposición total al ruido durante un periodo.

$$SEL = 10 \log_{10} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_{ref}^2} dt$$

- **Nivel de presión sonora pico,** (siglas en inglés, SPL_{peak}) con unidades de dB pico re 1μPa m representa el nivel de presión acústica máxima durante un evento de ruido, siendo la unidad recomendada para el ruido impulsivo. Su ventaja es que captura los picos instantáneos característicos de eventos impulsivos. Es crítico en contextos donde el daño biológico depende del pico máximo, como en organismos que experimentan trauma auditivo.

$$N_{0-p} = 20 \log_{10} \left(\frac{P_{pico}}{P_{ref}} \right)$$

- **Ruido continuo,** es aquel que representa el nivel promedio de presión acústica en un periodo de tiempo. Es útil para medir sonidos continuos, ya que proporciona una estimación de la energía acústica promedio que puede afectar al entorno marino. Su ventaja es que representa la potencia global del ruido continuo de forma más representativa. Su uso se recomienda en evaluaciones de ruido ambiental submarino a largo plazo, como el tráfico marítimo o el uso de maquinaria subacuática.

La unidad de medida utilizada es el RMS (Root Mean Square):

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T |x(t)|^2 dt}$$

Las presiones sonoras en unidades de micropascales (μPa) son detectadas por los hidrófonos por medio de voltajes, de forma que las unidades de referencia para la sensibilidad de los mismos son $1\text{V}/\mu\text{Pa}$. Estas unidades de presión obtenidas por dicha relación es lo que permite obtener las intensidades sonoras en unidades de decibelios, partiendo de la siguiente expresión logarítmica:

$$dB = 20 \log_{10} \left(\frac{P}{P_{ref}} \right)$$

donde P es la presión sonora (en μPa).

En función de las mediciones que se vayan a realizar, esta expresión logarítmica cambia, de modo que, aunque las unidades de referencia obtenidas sean decibelios (dB) no se está haciendo referencia a las mismas presiones sonoras, y por tanto no son los mismos resultados.

A la hora de estudiar las presiones sonoras es necesario tener en cuenta que existen muchos factores que condicionan la propagación de las ondas sonoras en el medio marino, como son la profundidad, salinidad, temperatura, etc. que modifican las propiedades de transmisión del sonido, y que a su vez afectan a la divergencia, absorción, refracción y dispersión del sonido.

Mediante software específico de programación, se realizaron los espectrogramas parciales, por cada hora, mediante una Transformada Rápida de Fourier (FFT), así como los oscilogramas, donde se pueden apreciar las variaciones de intensidad sonora, detectando eventos de mayor intensidad, como el paso de barcos.

Gracias a los espectrogramas, y a la localización de eventos donde existe variación en las intensidades sonoras, es posible acudir posteriormente a los audios para intentar detectar de qué se trata: pasos de barcos, eventos naturales como tormentas, etc. En la Ilustración 5 se aprecia el paso de una embarcación por la zona donde se encuentra el hidrófono, aumentando la intensidad sonora cuando este pasa más cerca.

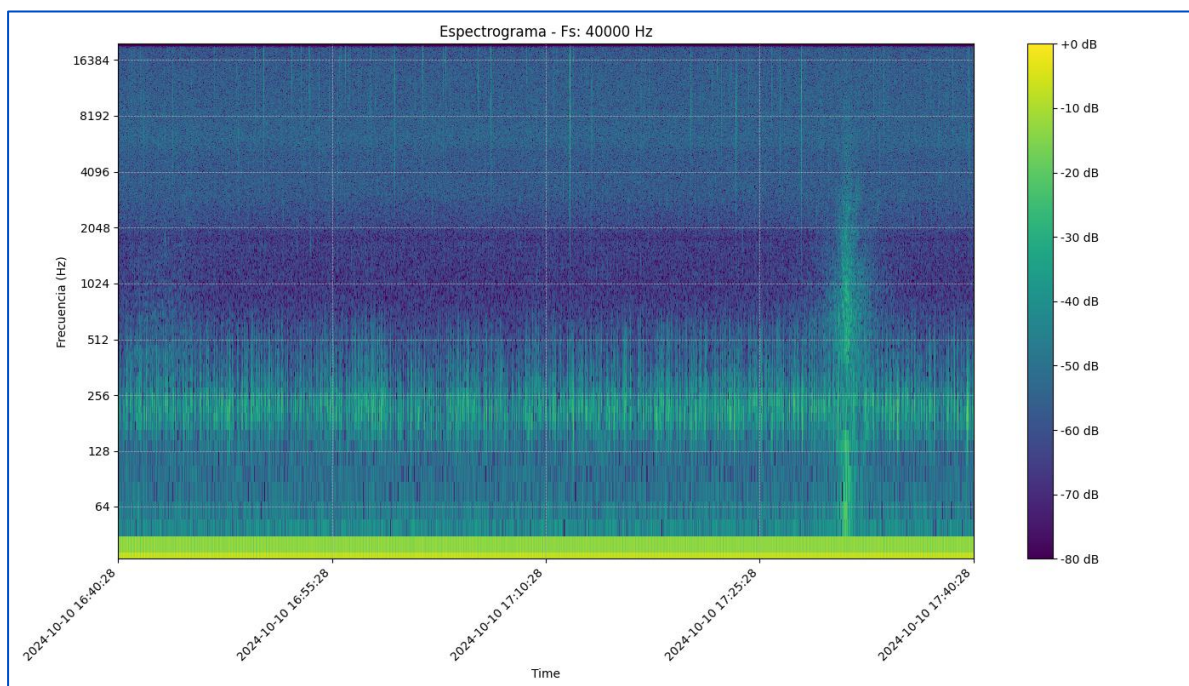


Ilustración 5. Espectrograma donde se representa el paso de una embarcación.

Tras este primer procesado, se realiza un cálculo de los distintos valores de presión sonora en diferentes bandas de tercio de octava (63 Hz, 125 Hz, 2000 Hz, 8000 Hz y 16000 Hz), así como el cálculo de los diferentes percentiles para cada banda.

Estos valores se representan mediante diferentes gráficas temporales, donde se pueden apreciar las variaciones de los niveles de presión sonora a lo largo del período de grabación.

5. RESULTADOS

A continuación, se representan los distintos valores de presión sonora (SPL) en las diferentes bandas de tercio de octava estudiadas a lo largo de todo el periodo muestreado. Por otro lado, se representan también la distribución de los percentiles para cada una de las bandas.

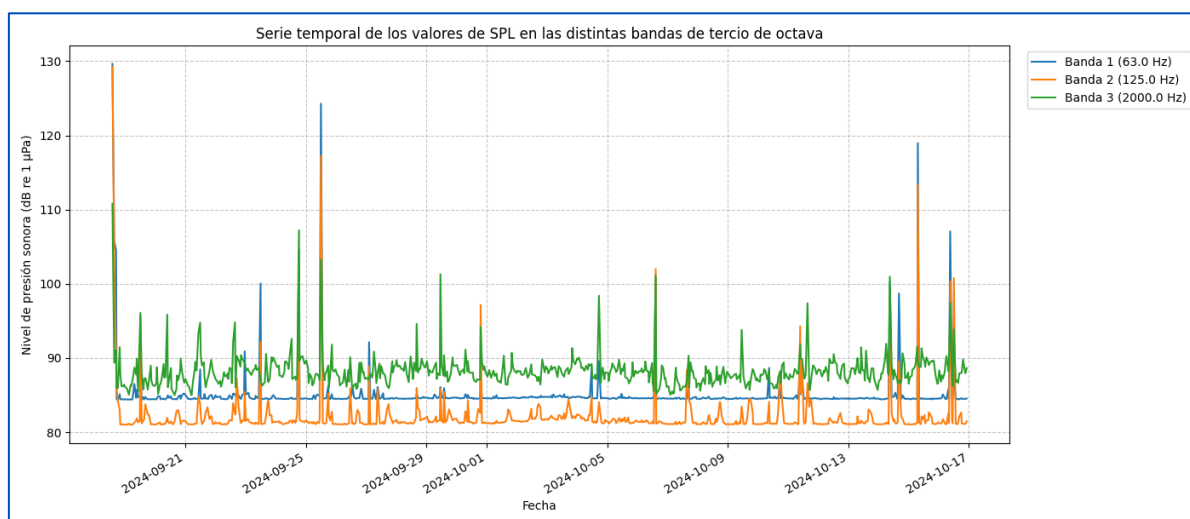


Gráfico 1. Serie temporal de los niveles de presión sonora en las diferentes bandas de tercio de octava.

Los rangos de baja frecuencia (63 y 125 Hz) son típicos de fuentes de ruido antropogénico, como motores de barcos. Los niveles de SPL en estas bandas son bastante estables (entre 82 y 85 dB), aunque ocasionalmente presentan picos significativos. Estos picos indican la presencia esporádica de fuentes de baja frecuencia en el área, como el paso de embarcaciones.

La banda de los 2000 Hz muestra una actividad algo más variable. Los eventos en esta frecuencia pueden estar relacionados con fuentes de ruido moderadamente agudas, como motores pequeños.

A continuación, se representan las variaciones de los valores de SPL para los diferentes percentiles en cada una de las bandas estudiadas.

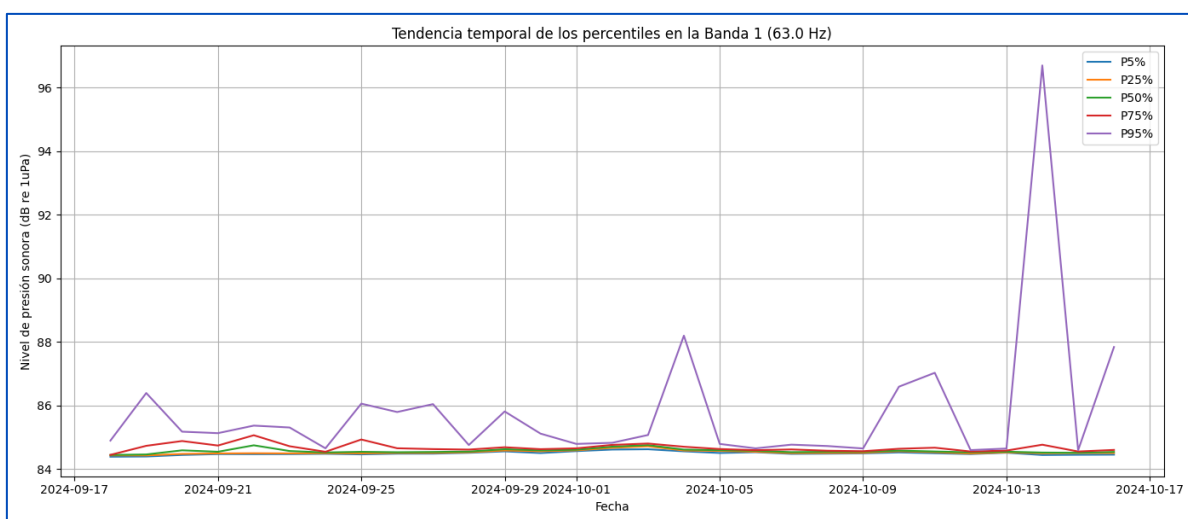


Gráfico 2. Serie temporal de los niveles de SPL en los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, de la banda de 63Hz, calculados para una ventana temporal de integración de 1 hora.

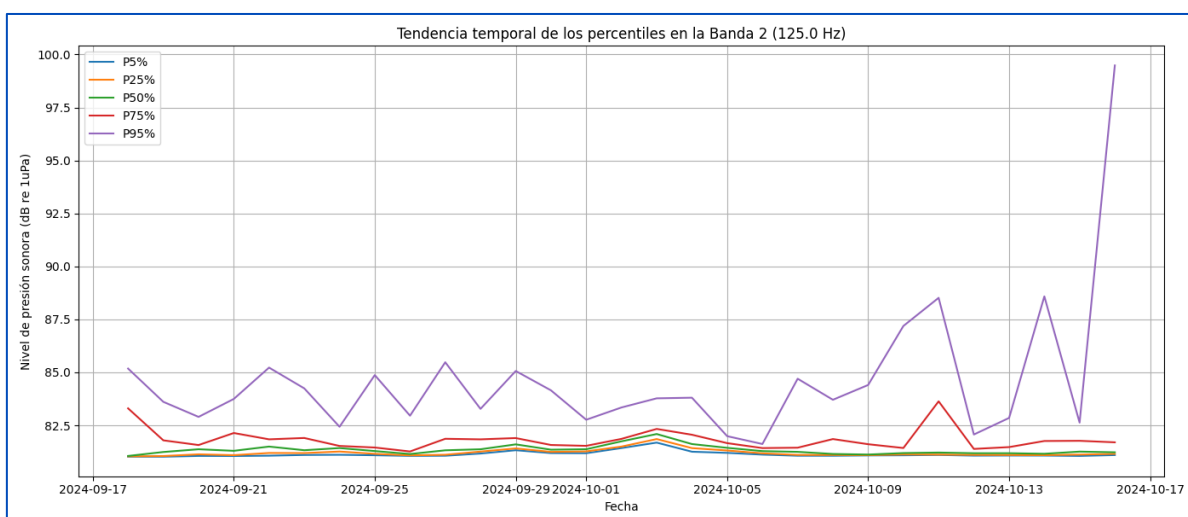


Gráfico 3. Serie temporal de los niveles de SPL en los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, de la banda de 125Hz, calculados para una ventana temporal de integración de 1 hora.

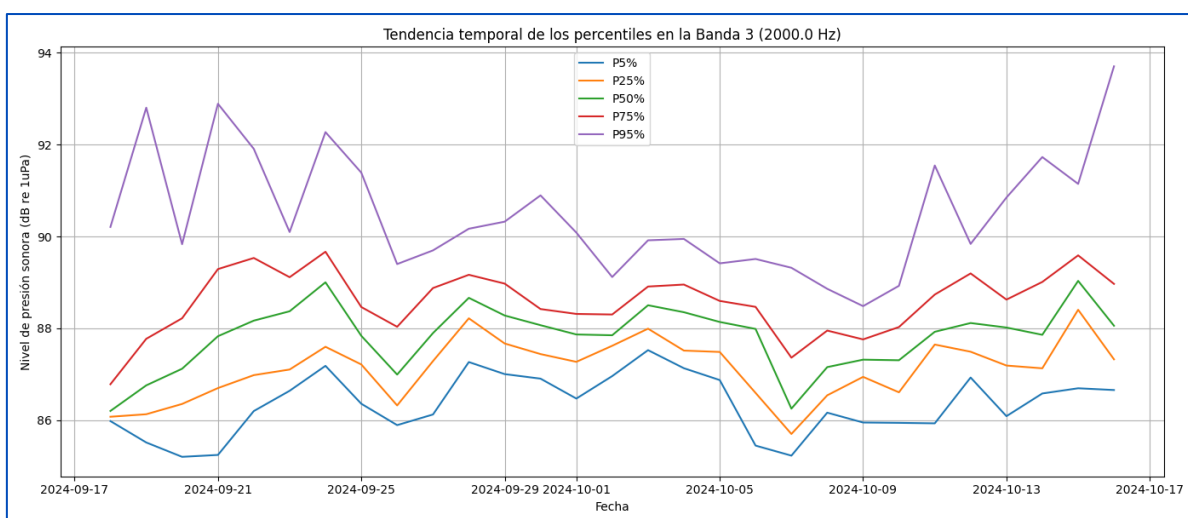


Gráfico 4. Serie temporal de los niveles de SPL en los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, de la banda de 2 KHz, calculados para una ventana temporal de integración de 1 hora.

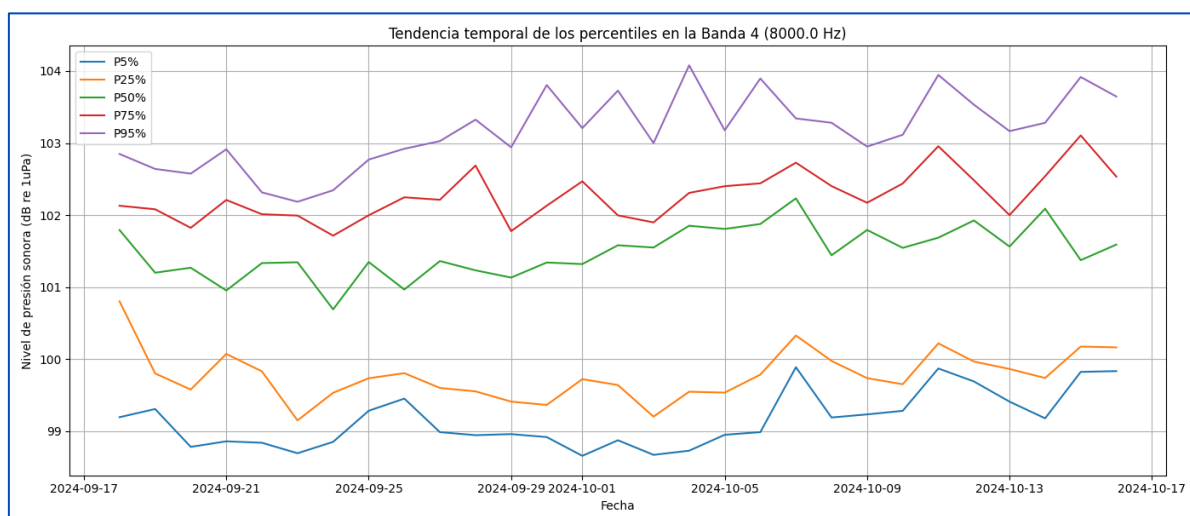


Gráfico 5. Serie temporal de los niveles de SPL en los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, de la banda de 8 KHz, calculados para una ventana temporal de integración de 1 hora.

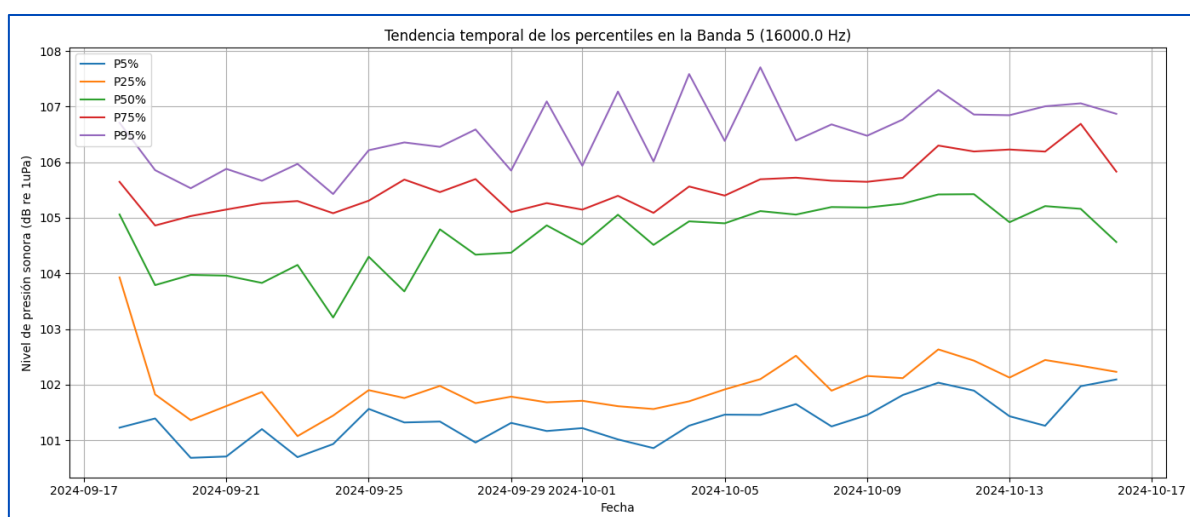


Gráfico 6. Serie temporal de los niveles de SPL en los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95, de la banda de 16 KHz, calculados para una ventana temporal de integración de 1 hora.

Los valores de SPL detectados en las bandas más altas, de 8 y 16 kHz, son algo altos en relación a lo que se cabría esperar en una zona como la estudiada. Habría que estudiar más en profundidad la zona para llegar a alguna conclusión que explique estos valores.

Por otro lado, los valores de SPL obtenidos en las bandas de 63, 125 y 2000 Hz muestran valores que concuerdan con lo esperado en un entorno de poca influencia antropogénica.

A continuación, en la Tabla 6 se muestran los valores de los diferentes niveles de presión sonora promediados para el conjunto del periodo de otoño:

Tabla 6. Valores medios de presión sonora durante el periodo de otoño.

Parámetros	Valores (dB re 1μPa)
Banda 1 (63 Hz)	
Percentil 5%	84.4
Percentil 25%	84.5
Percentil 50%	84.5
Percentil 75%	84.6
Percentil 95%	85.3
Banda 2 (125 Hz)	
Percentil 5%	81
Percentil 25%	81.1
Percentil 50%	81.3
Percentil 75%	81.8
Percentil 95%	84.6
Banda 3 (2000 Hz)	
Percentil 5%	85.9
Percentil 25%	87
Percentil 50%	87.9
Percentil 75%	88.8
Percentil 95%	90.6
Banda 4 (8000 Hz)	
Percentil 5%	98.9
Percentil 25%	99.7
Percentil 50%	101.3
Percentil 75%	102.2
Percentil 95%	103.3
Banda 5 (16000 Hz)	
Percentil 5%	101
Percentil 25%	101.9
Percentil 50%	104.5
Percentil 75%	105.5
Percentil 95%	106.8

Los valores de nivel de presión para las bandas de 8kHz y 16 kHz son mayores que los de baja frecuencia. Aunque los valores no son excesivamente altos, es un comportamiento anómalo.

6. CONCLUSIONES

A raíz de los resultados obtenidos, se puede esbozar un paisaje sonoro submarino dinámico, caracterizado por un ruido de fondo estable de intensidad moderada en comparación con otras zonas de mayor tráfico marítimo, interrumpido ocasionalmente por eventos de mayor intensidad y variabilidad en frecuencia.

Las bandas de baja frecuencia (63 y 125 Hz) presentan una mayor estabilidad con una dispersión mínima. Esto es indicativo de un ruido de fondo constante, sin influencia significativa de fuentes variables. Las ligeras variaciones en la banda de 125 Hz podrían reflejar presencia ocasional de fuentes móviles, como el paso de pequeñas embarcaciones.

La banda de 2000 Hz también presenta una mayor variabilidad, con niveles medios y altos que sugieren fuentes acústicas activas en el entorno, con un posible origen antropogénico, proveniente de embarcaciones cercanas.

Por otro lado, los valores de SPL detectados en las bandas más altas, de 8 y 16 kHz, son algo altos en relación a lo que se cabría esperar en una zona como la estudiada. Habría que estudiar más en profundidad la zona para llegar a alguna conclusión que explique estos valores.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Buckingham, M. J., & Richardson, M. D. (2002). On tone-burst measurements of sound speed and attenuation in sandy marine sediments. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, 27(3), 429–453. <https://doi.org/10.1109/JOE.2002.1040929>
- Erbe, C., Marley, S. A., Schoeman, R. P., Smith, J. N., Trigg, L. E., & Embling, C. B. (2019). The Effects of Ship Noise on Marine Mammals—A Review. *Frontiers in Marine Science*, 6(October). <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00606>
- J. Swartz, A., H. Clark IV, A., & Olson, D. (2023). *A granular-based approach to the acoustic properties of marine sediments* (Issue June). Naval Postgraduate School.
- Kibblewhite, A. C. (1989). Attenuation of sound in marine sediments: A review with emphasis on new low-frequency data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 86(2), 716–738. <https://doi.org/10.1121/1.398195>
- MarineTraffic.com. (2023, December 20). *Marine Traffic*.
- Martín-García, L., Sangil, C., Brito, A., & Barquín-Diez, J. (2015). Identification of conservation gaps and redesign of island marine protected areas. *Biodiversity and Conservation*, 24(3), 511–529. <https://doi.org/10.1007/s10531-014-0833-0>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina. Madrid. 146 pp.
- Sánchez, M; Madrid, E; Felis, I; Martínez, R. (2020) Guía de buenas prácticas para la medición de sonido submarino. Fundación Biodiversidad y CTN.
- Thomsen, F., Ram, M., Chreptowicz, M., Nocon, M., & Balicka, I. (2023). Noise modelling and environmental risk assessment of a geophysical survey and its impact on herring and minke whales in Irish coastal waters. In *Marine Institute, Galway* (Issue October).

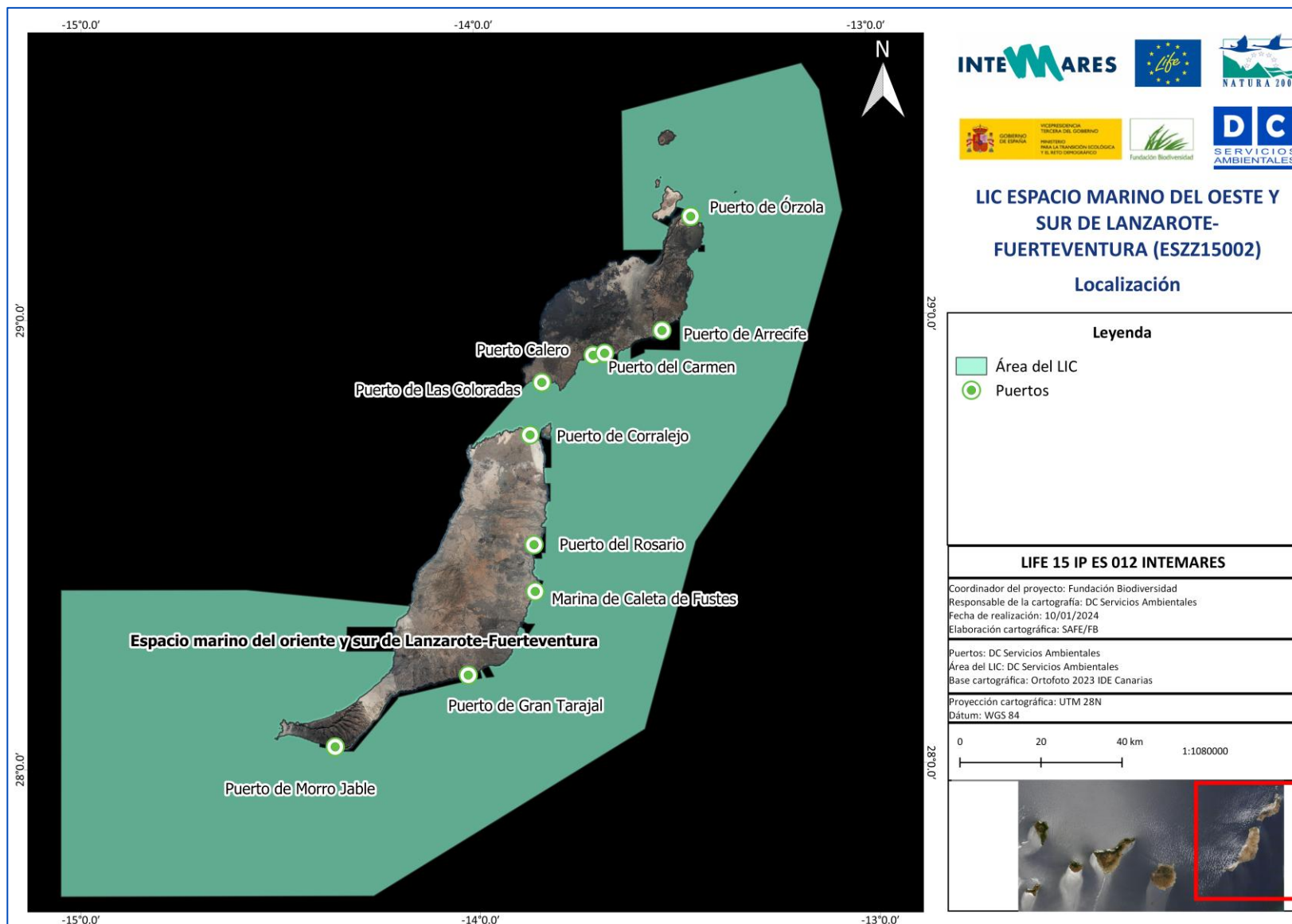
8. LEGISLACIÓN

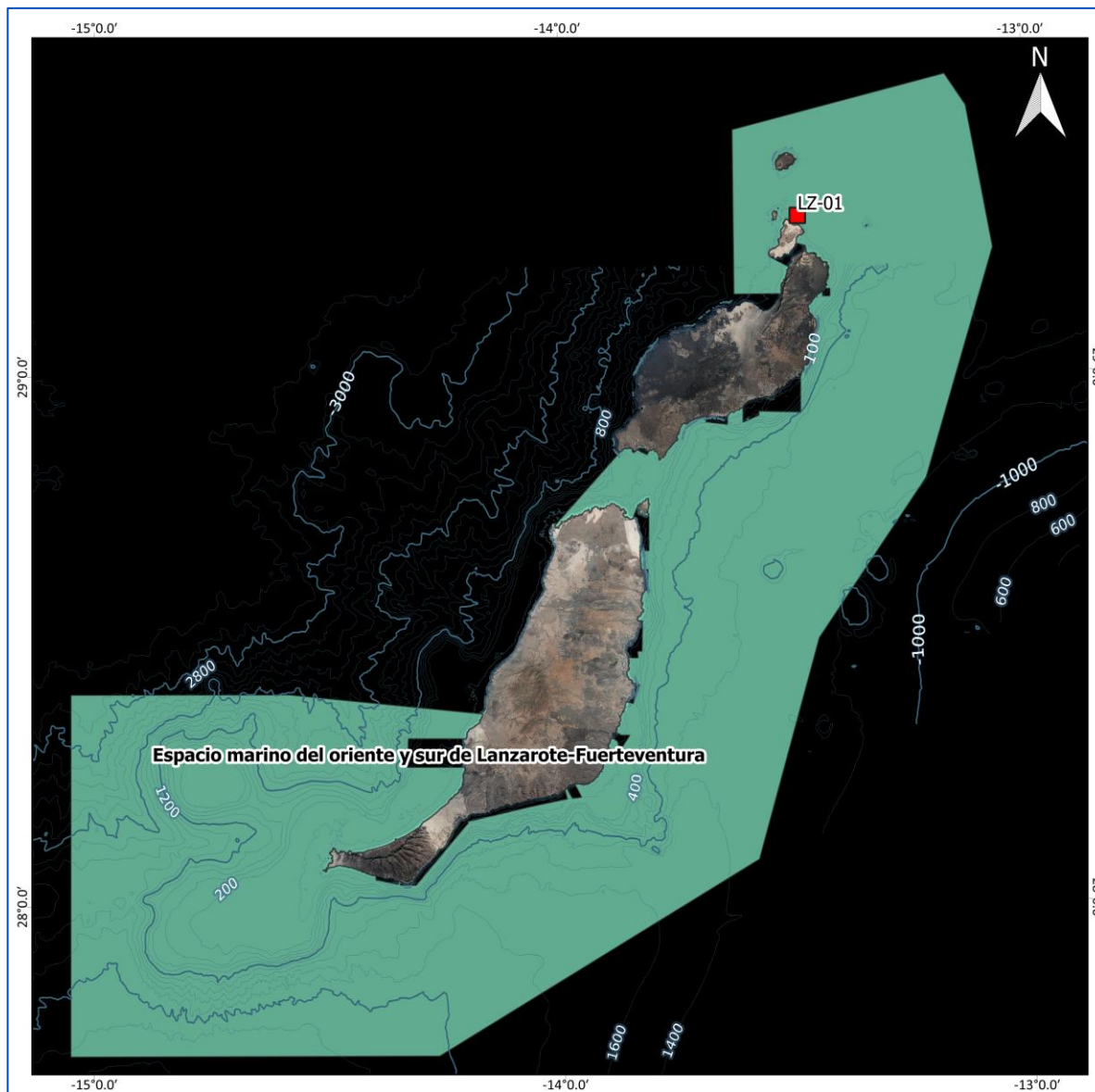
Decisión (UE) 2017/848 de la comisión de 17 de mayo de 2017, por la que se establecen los criterios y las normas metodológicas aplicables al buen estado medioambiental de las aguas marinas, así como las especificaciones y métodos normalizados de seguimiento de evaluación, y por la que se deroga la Decisión 2010/447/UE.

Directiva 2008/56/ce del Parlamento Europeo y del Consejo de 17 de junio de 2008 por la que se establece un marco de acción comunitaria para la política del medio marino.

Ley 41/2010 de 29 de diciembre, de protección del medio marino.

9. ANEXO I. CARTOGRAFÍA





LIC ESPACIO MARINO DEL OESTE Y SUR DE LANZAROTE-FUERTEVENTURA (ESZZ15002)

Punto de fondeo

Leyenda

- Área del LIC
- Punto de fondeo

LIFE 15 IP ES 012 INTEMARES

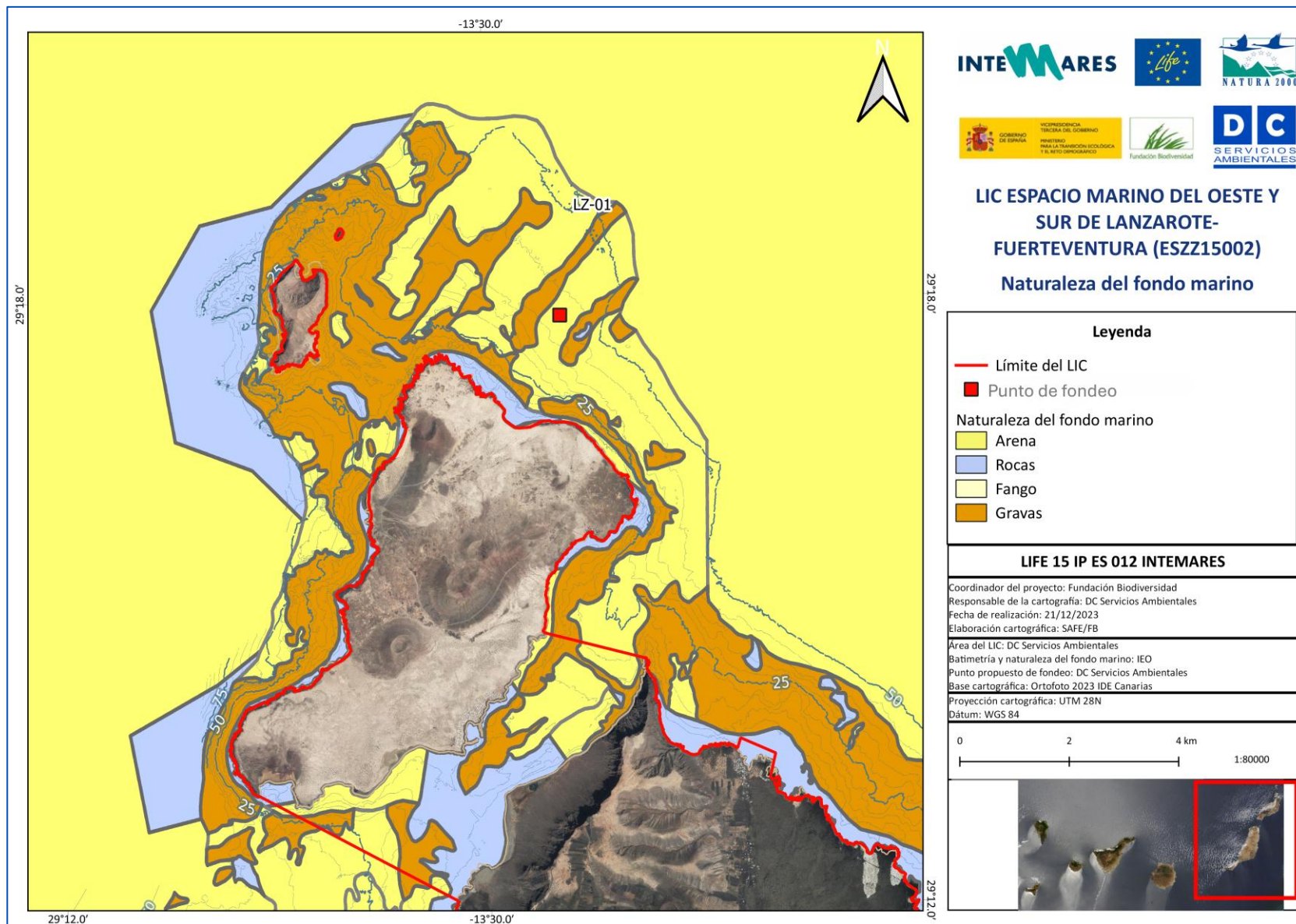
Coordinador del proyecto: Fundación Biodiversidad
Responsable de la cartografía: DC Servicios Ambientales
Fecha de realización: 31/10/2024
Elaboración cartográfica: SAFE/FB

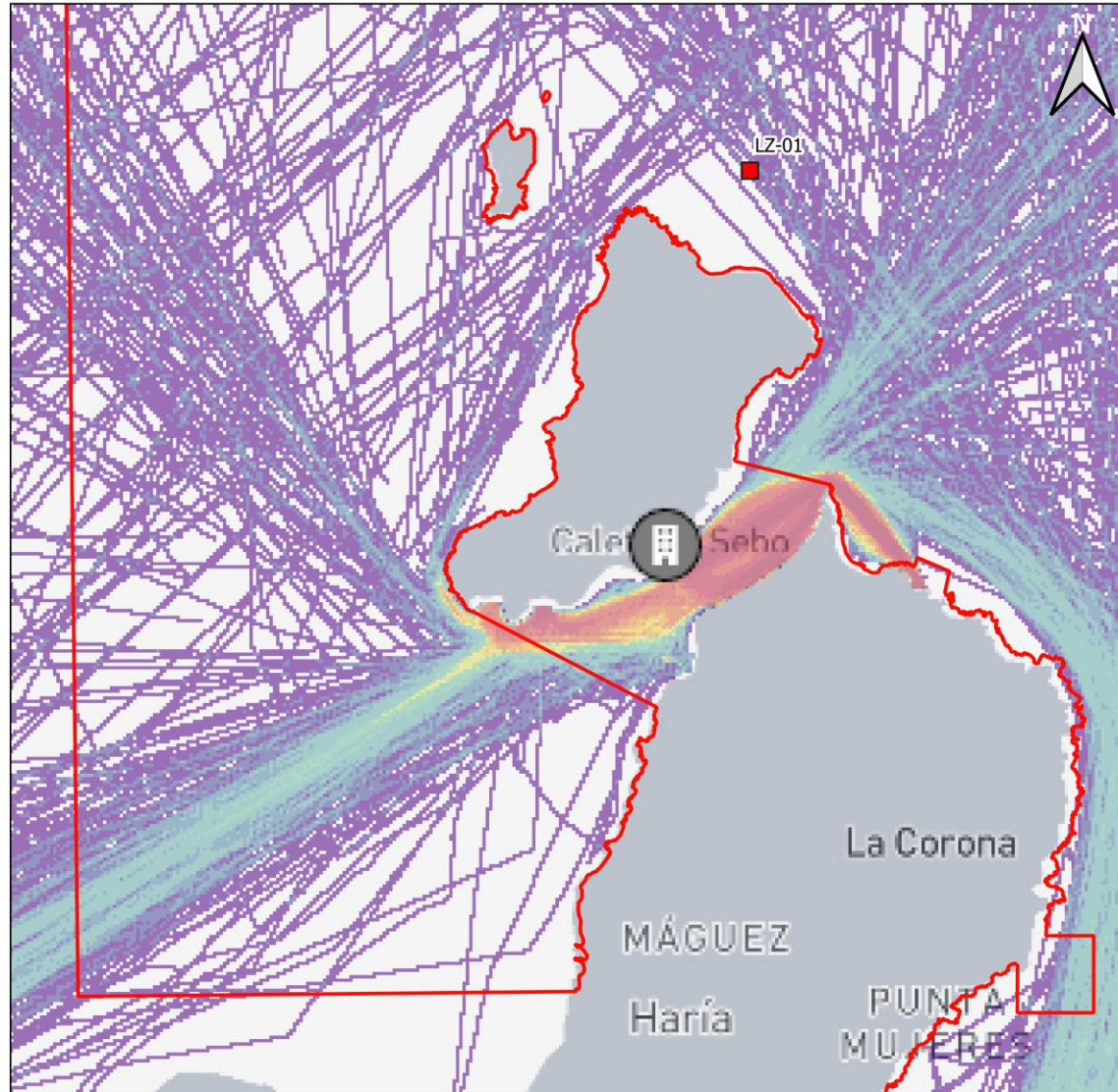
Área del LIC: DC Servicios Ambientales
Batimetría: IEO
Punto propuesto de fondeo: DC Servicios Ambientales
Base cartográfica: Ortofoto 2023 IDE Canarias

Proyección cartográfica: UTM 28N
Datum: WGS 84

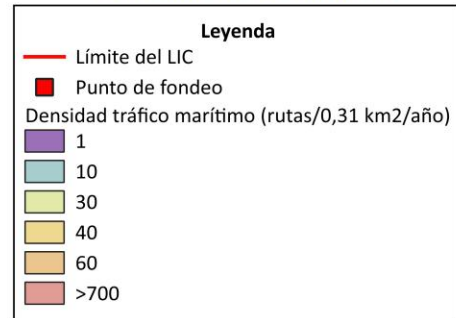
0 20 40 km 1:1.080.000.001102







LIC ESPACIO MARINO DEL OESTE Y SUR DE LANZAROTE-FUERTEVENTURA (ESZZ15002)
Densidad tráfico marítimo



LIFE 15 IP ES 012 INTEMARES

Coordinador del proyecto: Fundación Biodiversidad
Responsable de la cartografía: DC Servicios Ambientales
Fecha de realización: 31/10/2024
Elaboración cartográfica: SAFE/FB

Límite del LIC: DC Servicios Ambientales
Densidad de tráfico marítimo: MarineTraffic.com
Base cartográfica: Ortofoto 2023 IDE Canarias

Proyección cartográfica: UTM 28N
Datum: WGS 84

0 1 2 km

1:108.478.752346

