



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



INTEMARES



Informe (Lote 2) Monitorización del nivel de presión sonora en el Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera durante la época otoño-invierno

Diciembre 2024

LIFE IP INTEMARES

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

Autoría:

- Eurofins Cavendish S.L.U.

- Nombres de los autores: Santiago Núñez Gutiérrez (director técnico de laboratorio), Tatiana Tkachuk (analista de datos), Marc Vilanova Badia (técnico de campo) 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 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 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

Diciembre de 2024

LIFE15 IP ES012 – INTEMARES

ÍNDICE

1.	RESUMEN EJECUTIVO	4
2.	EXECUTIVE SUMMARY	4
3.	RESUMEN DE ACTUACIONES	5
3.1.	ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	5
3.2.	RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS	6
3.3.	DETALLE DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	6
3.4.	ANÁLISIS DE DATOS	7
3.5.	RESULTADOS OBTENIDOS	8
3.6.	CONCLUSIONES	22
	ANEXO I	24
	CRONOGRAMA DE LOS TRABAJOS	24
	ÁREA DE ESTUDIO	25
	EQUIPAMIENTO UTILIZADO	27

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 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 los análisis, a partir de las grabaciones realizadas durante un período de tres meses, en las estaciones de otoño e invierno, 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).

Como conclusiones principales de estos trabajos, se destaca que los niveles de presión sonora (SPL, sound pressure level) registrados durante los meses de otoño e invierno presentan valores similares, lo que sugiere condiciones meteorológicas y antrópicas parecidas en los últimos meses del año. Los resultados del paisaje sonoro obtenidos durante ambas estaciones son coherentes con la ubicación y con el tráfico marítimo existente en la zona, ya que los niveles de presión sonora son inferiores a los reportados en áreas con mayor actividad antropogénica. Esto concuerda con la limitada presencia de tráfico marítimo relacionado con el transporte de mercancías en la zona. Además, se han identificado componentes de niveles de presión sonora más elevadas a frecuencias bajas (hasta los 250 Hz), asociadas principalmente a embarcaciones de recreo y al transporte de pasajeros.

Finalmente, se ha observado que la lluvia y el viento impactan en las frecuencias bajas, generando mayores niveles de presión acústica durante determinados días.

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 the current knowledge of underwater noise and its impacts on marine biodiversity. For this purpose, the Biodiversity Foundation and the Ministry for the Ecological Transition (hereafter FB and MITECO, respectively) published a call for tenders to study underwater noise levels in marine protected areas, where human presence 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 to establish reference levels and obtain information that will help define the Good Environmental Status of this indicator. To achieve this, the actions put out to tender include the design of a hydrophone mooring project in several marine protected areas of the Natura 2000 Network.

The present document contains the analyses, from recordings made over a period of three months during the autumn and winter seasons, the reference underwater noise level in the Special Protection Area for Birds (SPA) Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera (ES0000518).

The main conclusions of this study highlight that the SPL (sound pressure level) values in autumn and winter are similar, likely due to comparable meteorological and anthropogenic conditions in the last months of the year. The soundscape results obtained during both seasons are consistent with the maritime traffic in the area, as the sound pressure levels are lower than those reported in areas with higher anthropogenic activity. This aligns with the expectation of low nearby activity due to the limited presence of maritime traffic related to cargo transport. Additionally, higher SPL components have been identified at low frequencies (up to 250 Hz), mainly associated with recreational boats and tourist liners.

Finally, it has been observed that rain and wind impact low frequencies, leading to higher levels of acoustic pressure on certain days.

RESUMEN DE ACTUACIONES

3.1. ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

El ruido submarino es una preocupación creciente en la conservación de los ecosistemas marinos, ya que puede afectar negativamente a la fauna, especialmente a especies sensibles como cetáceos, peces y aves marinas. Las fuentes de este ruido pueden ser de origen natural, como la lluvia, el oleaje, el viento o la actividad sísmica; pero también de origen antrópico, como el tráfico marítimo o la construcción de infraestructuras en el medio marino.

El incremento del ruido de origen humano puede alterar la comunicación, la orientación y/o el comportamiento de muchas especies marinas. Por ello, es fundamental establecer niveles de referencia del ruido ambiente natural para evaluar el impacto de las actividades humanas y proponer medidas de mitigación adecuadas.

En el marco del proyecto LIFE INTEMARES, se ha identificado la necesidad de mejorar el conocimiento sobre el ruido submarino en áreas marinas protegidas con el objetivo de determinar los niveles de referencia de ruido ambiente marino y así 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 abordar este aspecto, se han llevado a cabo distintas campañas de monitorización acústica mediante fondeo de hidrófono en un punto estratégico seleccionado en base a diversos factores, como la densidad del tráfico marítimo, la tipología del fondo marino y la propagación del sonido en el agua.

Las actuaciones se han realizado dentro del espacio declarado como 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 de poblaciones de aves incluidas en el Anexo I de la citada Directiva (pardelas cenicienta y balear, paíño europeo o cormorán moñudo). Dicho espacio está sombreado en verde en las imágenes 2 y 3 del [Anexo I](#) y se encuentra en el sur de la isla de Mallorca y rodeando el archipiélago de Cabrera.

La ubicación elegida para la medición del ruido submarino, dentro del Espacio Marino del Sur de Mallorca y Cabrera (ZEPA ES0000518; ver Fig.1), se define por las coordenadas 39°08'01"N 3°00'05"E (o en coordenadas decimales 39,13361 N 3,00139 E), y presenta una profundidad de 90 metros. El hidrófono utilizado para realizar las mediciones se desplegó a una profundidad de 40 metros y a unos 4,12 kilómetros aproximadamente de la costa de Cabrera (ver Fig.4 del [Anexo I](#)).

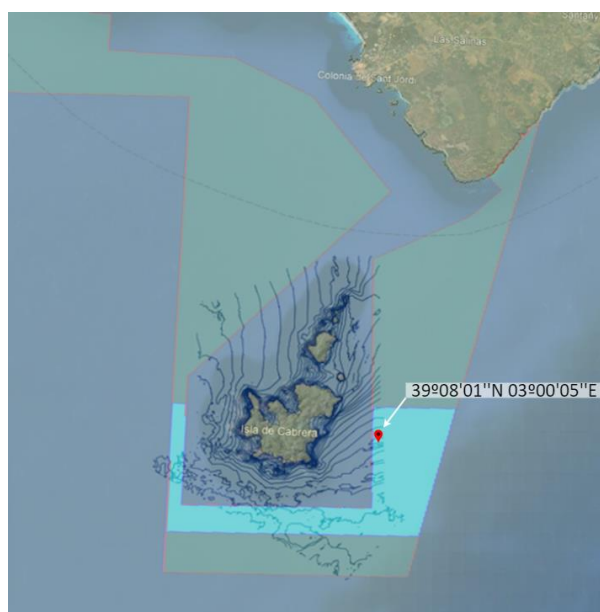


Fig.1. Ubicación del punto de medición

Los datos recopilados durante tres meses permitirán establecer un nivel de referencia del ruido submarino en ausencia (parcial) de actividades humanas, lo que facilitará la evaluación del impacto del ruido antrópico en este ecosistema protegido.

El objetivo de este trabajo es extraer la información y analizar los parámetros de los audios recopilados por los hidrófonos fondeados en la ubicación seleccionada en el informe inicial.

3.2. RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES PREVISTAS

En el presente documento se realiza un tratamiento de los audios y se analizan los parámetros que se describen a continuación:

- Percentiles del nivel de presión sonora: P₁, P₅, P₁₀, P₂₅, P₅₀, P₇₅, P₉₀, P₉₅, P₉₉.
- Valores de nivel de presión sonora para las frecuencias en tercio de octava: 63 Hz, 250 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz.
- Espectrogramas.
- Patrones inter estacionales para la anualidad monitorizada.

Para llevar a cabo dicho análisis y tratamiento de los datos recopilados, las grabaciones de audio submarino se procesaron utilizando un software especializado creado por Eurofins Cavendish para identificar las características del ruido ambiental.

3.3. DETALLE DE LA EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Tal y como se acordó con la dirección de los trabajos en el inicio del contrato, se seleccionó 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 constituir fuentes de ruido y enmascarar el ruido ambiental.

Este tipo de fondeo (ver Fig.5 del Anexo I) consta de una boya con un diámetro de 40 cm, un hidrófono (ver Fig.6 del Anexo I) de 30 cm de longitud, de 9 cm de diámetro y 1,9 kg de peso, un liberador acústico (ver Fig.7

del Anexo I) de 45 cm de longitud, de 6,3 cm de diámetro y 0,5 kg de peso, un conjunto de pesos 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 5 del Anexo I.

Teniendo en cuenta que la profundidad en la zona seleccionada es de 90 metros, el fondeo se instaló de modo que el hidrófono se ubicaba en la columna de agua a una profundidad de 40 metros.

Datos del hidrófono	
Localización	ISLA DE CABRERA, MALLORCA
Coordenadas UTM	39,13361 N 3,00139 E
Coordenadas (grados, minutos y segundos)	39°08'01"N 3°00'05"E
Profundidad de la ubicación	90 m
Profundidad en la columna de agua a la que se localiza el hidrófono	40 m

Tabla 1 Datos del hidrófono en la ubicación

El equipamiento cuenta, además, con un perfilador para aguas someras (ver Fig.8 del Anexo I) 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.

Condiciones ambientales	
Temperatura columna-superficie	15,9 – 16,3 °C
Salinidad	36,9‰

Tabla 2 Condiciones ambientales

3.4. ANÁLISIS DE DATOS

Las mediciones se llevaron a cabo durante las estaciones de otoño e invierno, obteniéndose un total de tres meses de grabaciones de audio submarino. Las campañas de mediciones se han distribuido de la siguiente manera:

- Campaña representativa de condiciones de otoño: desde el 14 de agosto de 2024 hasta el 28 de septiembre de 2024.
- Campaña representativa de condiciones de invierno: desde el 13 de noviembre de 2024 hasta el 27 de diciembre de 2024.

Como resultado de los 90 días de grabación se ha registrado un total de, aproximadamente, 25.600 audios que corresponden a grabaciones de 5 minutos cada uno. El volumen total aproximado es de 1400 GB.

La configuración de las grabaciones del hidrófono es la siguiente:

Configuración del hidrófono	
Ganancia	13,28 dB
Sensibilidad	-184,9 dB re 1V/μPa

Tabla 3 Configuración del hidrófono

Mediante el software creado por Eurofins Cavendish, se han procesado la totalidad de los audios para obtener los patrones de los niveles de presión sonora por cada estación y los niveles de presión sonora del paisaje sonoro sin ningún tipo de contaminación ambiental.

Para empezar con los cálculos, es necesario obtener la raíz cuadrática media (RMS; root mean square en inglés) de la presión acústica en el entorno submarino. Esta medida es como un valor promedio del sonido y se obtiene con la siguiente fórmula:

$$p_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N p_i^2}$$

donde N es el número total de muestras de la señal sonora y p_i son los valores individuales de cada muestra de sonido.

A continuación, se convierte el valor RMS a decibelios con referencia en el agua (dB re 1 μ Pa). Para ello se ha utilizado la siguiente fórmula de la sección 3.2.1.1 de la ISO 18405:

$$SPL \text{ (dB re 1 } \mu\text{Pa)} = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{p_{RMS}}{p_{ref}}\right)$$

donde p_{ref} es la presión de referencia, que en el caso del ruido submarino es 1 μ Pa, que es una referencia estándar en la medición del SPL en el agua.

Se proporciona una medida representativa del comportamiento general de los niveles de presión sonora a lo largo del tiempo. Este valor medio se ha obtenido a partir de todos los SPL registrados cada segundo durante cada estación. Este método suaviza las fluctuaciones diarias o las causadas por factores transitorios, como el tráfico marítimo o las condiciones meteorológicas, y permite obtener una visión global del entorno acústico sin verse influenciada por picos anómalos o variaciones momentáneas.

Para calcular los niveles de presión sonora máximos y mínimos, se han obtenido todos los valores de SPL de cada segundo de grabación y, mediante una función de máximos y mínimos, se han seleccionado los valores correspondientes.

La metodología para calcular los niveles de presión sonora en tercios de octava consiste en analizar una señal acústica y descomponerla en sus componentes espectrales en frecuencias específicas. Se seleccionan las frecuencias de interés correspondientes a los tercios de octava (por ejemplo, 63 Hz, 250 Hz o 1000 Hz) y, tras aplicar un filtro para aislar estas frecuencias del espectro frecuencial completo, se calcula el SPL para cada banda. Finalmente, estos valores se representan en un gráfico de barras para observar la distribución de los niveles de presión sonora en función de las frecuencias seleccionadas en un momento específico de la señal.

3.5. RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 4 se muestran los niveles globales de presión sonora (SPL) en la ubicación de fondeo del hidrófono para las dos estaciones.

Ensayo	Mes	Descripción	Profundidad del ensayo	Hidrófono		Rango frecuencial	Resultados globales	
				Tipo	Sensibilidad			
1	Agosto-Septiembre	Monitorización de la presión sonora durante la época otoño-invierno	40 m	ABYSSens DORI recorder	-184,8 dB re 1V/ μ Pa	20 Hz-250 kHz	SPL medio	87,1 dB re 1 μ Pa
							SPL máximo	103,3 dB re 1 μ Pa
							SPL mínimo	86,1 dB re 1 μ Pa
2	Noviembre-Diciembre					20 Hz-250 kHz	SPL medio	87,0 dB re 1 μ Pa
							SPL máximo	103,8 dB re 1 μ Pa
							SPL mínimo	86,2 dB re 1 μ Pa

Tabla 4 Resumen de los resultados obtenidos

A continuación, se indican los diferentes índices y percentiles de los niveles globales de SPL. Cuando se realizan medidas de ruido de larga duración es bastante visual utilizar los percentiles. Estos indican el porcentaje de señal que queda por debajo de un nivel determinado. Es decir, si el percentil 75 de una señal es 90 dB re 1 μ Pa entonces el 75% de las muestras de toda la señal tiene valores inferiores a 90 dB re 1 μ Pa.

Debido a la gran cantidad de resultados obtenidos se escoge la representación mediante cajas para exponer los resultados debido a su fácil comprensión. Los gráficos de cajas representan los valores máximos y mínimos, los valores de los percentiles 25 y 75 y la mediana. Además, los valores que están por debajo del mínimo y por encima del máximo son los valores atípicos, dichos valores no son incorrectos si no que se dispersan del rango de valores no atípicos (ver Fig.2).

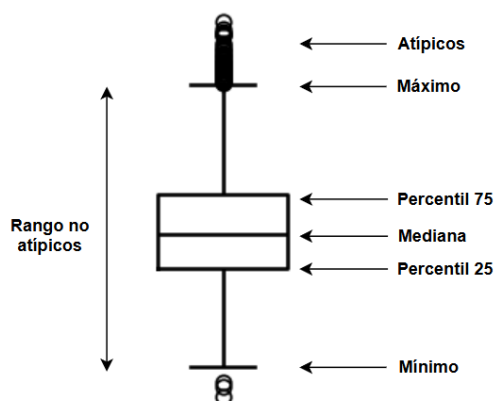


Fig.2. Representación mediante cajas.

Se representan los 90 días de medición y se observa que la tendencia de los resultados no tiene variaciones importantes debido a que la ubicación carece de movimientos marítimos. Los resultados del primer día de cada estación están contaminados por el ruido generado por la embarcación responsable de colocar el hidrófono en la ubicación, por ello existen niveles de presión sonora atípicos elevados.

A continuación, los resultados se separaron en MEDICIONES OTOÑO y MEDICIONES INVIERNO y para cada estación se representaron las siguientes gráficas:

- SPL diario global. Rango frecuencial completo.
Se ilustra la distribución del SPL diario global a lo largo de varios días, reflejando tanto los picos como las fluctuaciones en los niveles de presión sonora, utilizando el rango frecuencial completo del hidrófono (20 Hz-250 kHz). Este gráfico proporciona una visión general de la variabilidad diaria del sonido submarino, permitiendo visualizar la dispersión de los valores, la mediana y los valores atípicos en cada día de medición, lo que facilita el análisis de las tendencias y las anomalías en los niveles de ruido durante el período de medición.

- SPL diario en frecuencias de 1/3 de octava (63 Hz).
Se ilustra la distribución de los SPL diarios a lo largo de varios días en la frecuencia de 63 Hz. Este gráfico ofrece una visión general de la variabilidad diaria del ruido submarino en esa banda de frecuencia, permitiendo identificar tendencias y anomalías.
- SPL diario en frecuencias de 1/3 de octava (250 Hz).
Se ilustra la distribución de los SPL diarios a lo largo de varios días en la frecuencia de 250 Hz. Este gráfico ofrece una visión general de la variabilidad diaria del ruido submarino en esa banda de frecuencia, permitiendo identificar tendencias y anomalías.
- SPL diarios en frecuencias de 1/3 de octava (1 kHz).
Se ilustra la distribución de los SPL diarios a lo largo de varios días en la frecuencia de 1 kHz. Este gráfico ofrece una visión general de la variabilidad diaria del ruido submarino en esa banda de frecuencia, permitiendo identificar tendencias y anomalías.
- Espectrograma. Rango frecuencial 20 Hz – 6 kHz.
Se muestra, a modo ilustrativo, cómo se distribuyen los SPL en las frecuencias de 20 Hz a 6 kHz a lo largo de 5 minutos de un audio seleccionado, lo que permite visualizar la evolución temporal de los diferentes niveles de presión sonora en el rango de frecuencias de 20 Hz a 6 kHz.
- Percentiles. Rango frecuencial completo 20 Hz – 250 kHz.
Se representan los percentiles P_1 , P_5 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} , P_{95} , P_{99} de los niveles de presión sonora en el rango frecuencial completo. Esto proporciona información (ejemplo ilustrativo) sobre la distribución de los SPL durante un periodo de tiempo seleccionado de 5 minutos.
- Niveles de presión sonora en 1/3 de octava. 63Hz, 250Hz, 1kHz, 2kHz y 4kHz.
Se representan los SPL característicos de las estaciones en las frecuencias de tercio de octava de 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 2 kHz y 4 kHz. Esto permite observar cómo varían los SPL en estas frecuencias clave.
- Comparativa de los niveles de presión sonora en 1/3 de octava entre el sonido de fondo, la embarcación y el efecto del oleaje y el viento.
En este análisis, se comparan los niveles de presión sonora entre el sonido de fondo, el causado por embarcaciones y el generado por el oleaje y el viento. Para ello se utilizan distintas bandas de frecuencia de tercios de octava en diferentes momentos, permitiendo entender los impactos relativos de cada fuente de ruido en el entorno marino.

MEDICIONES OTOÑO

Se han obtenido los valores diarios de SPL medio global (ver Fig.3) y los valores diarios de SPL para las frecuencias en tercios de octava de 63 Hz, 250 Hz y 1 kHz (ver figuras 4, 5 y 6) desde el 14 de agosto hasta el 28 de septiembre.

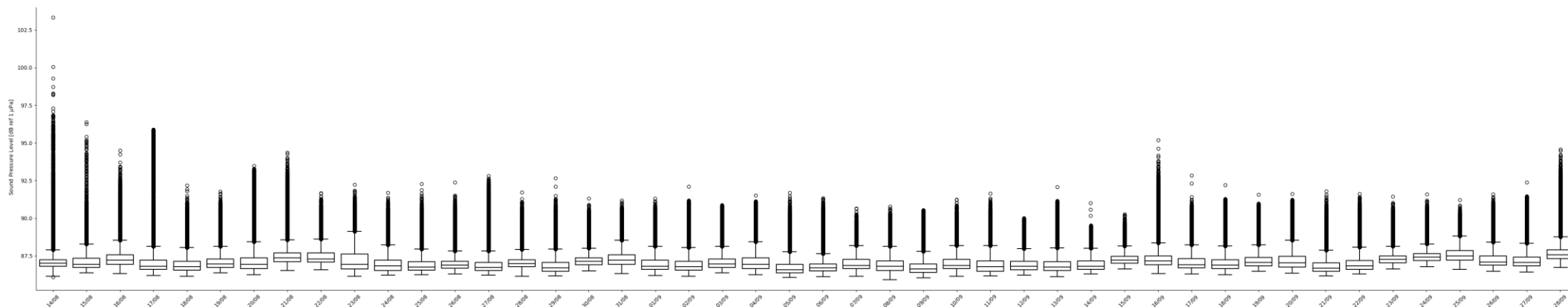


Fig.3. Mediciones de otoño. SPL diario global. Rango frecuencial completo

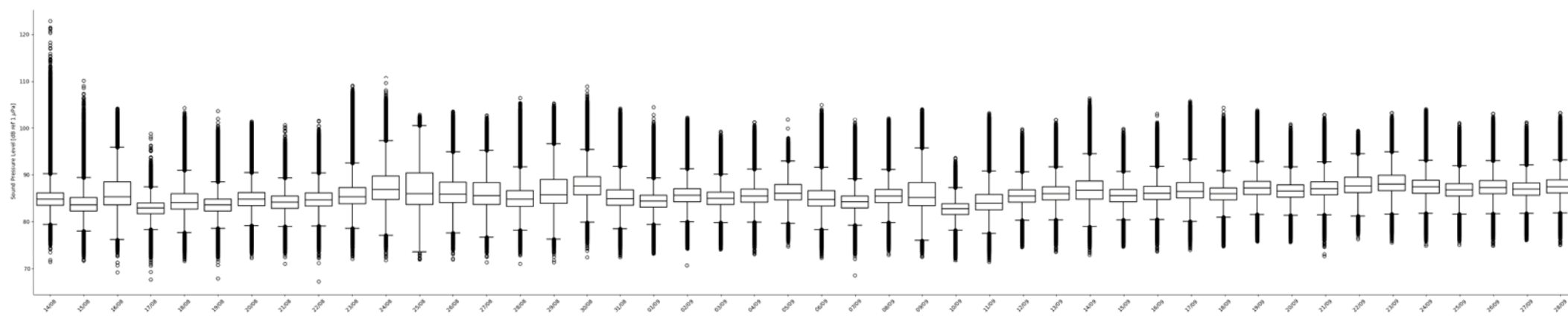


Fig.4. Mediciones de otoño. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (63 Hz)

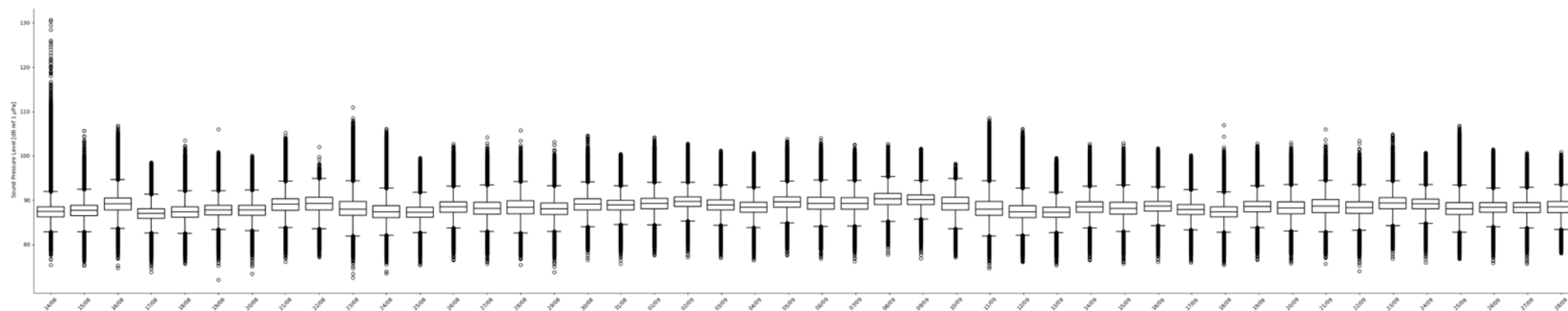


Fig.5. Mediciones de otoño. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (250 Hz)

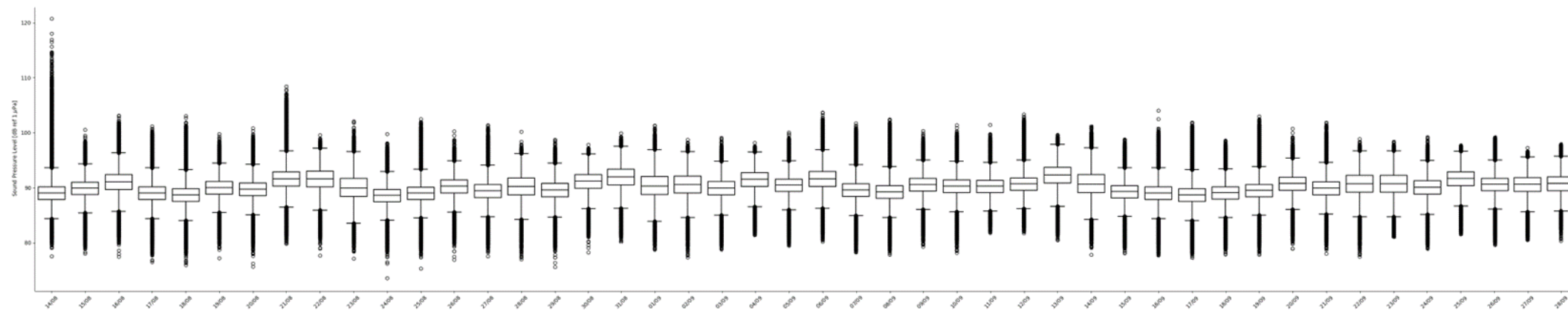


Fig.6. Mediciones de otoño. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (1 kHz)

A continuación, como ejemplo ilustrativo de una grabación de 5 minutos, se muestran los niveles de paisaje sonoro de otoño en forma de espectrograma para el rango de 20 Hz a 6 kHz (ver Fig. 7) sin eventos puntuales generadores de ruido (embarcaciones; panel superior de la Fig. 7), y con eventos generadores de ruido (paso de una embarcación; panel inferior de la Fig. 7).

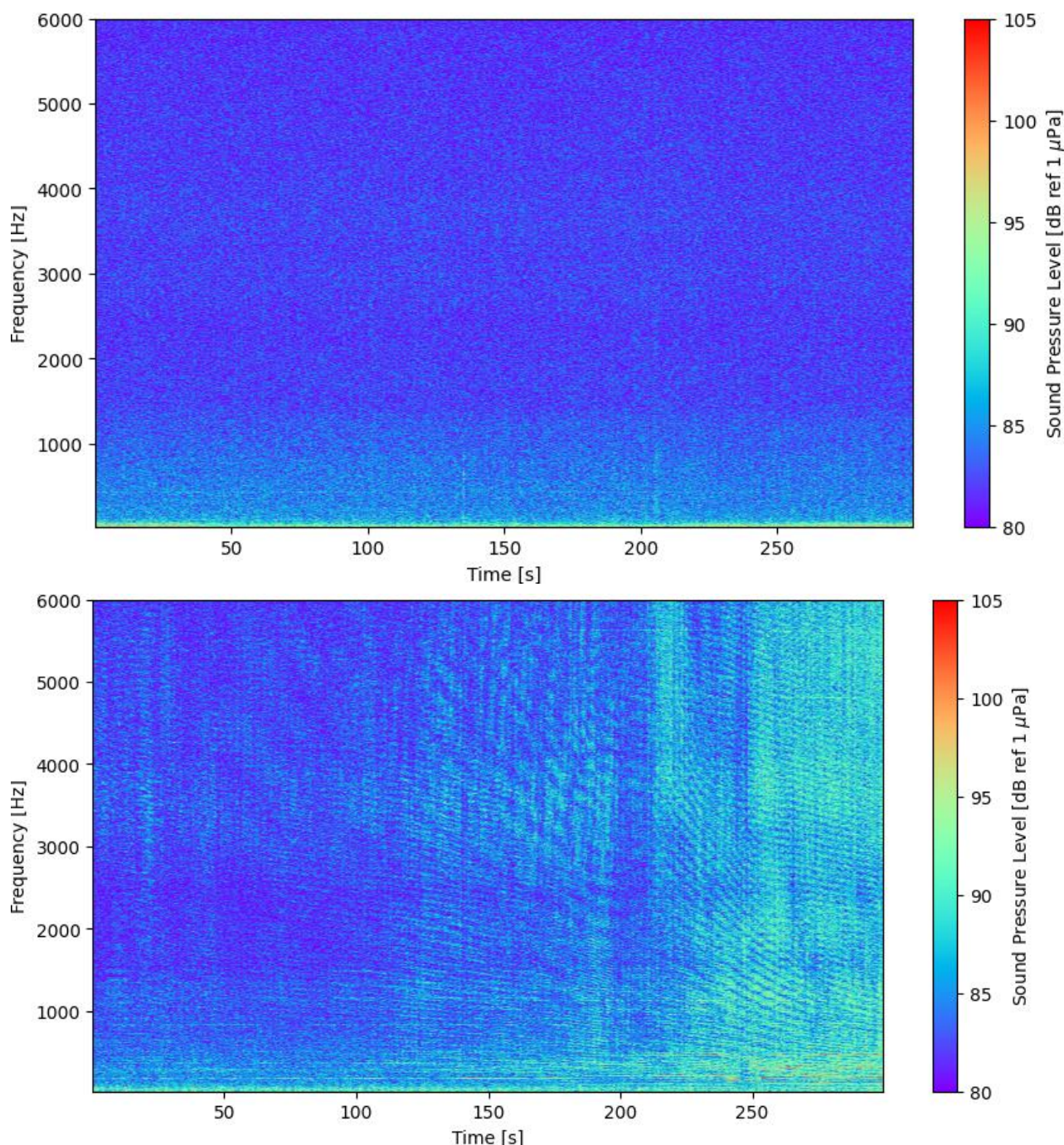


Fig.7. Espectrogramas. Rango frecuencial 20 Hz – 6 kHz. Panel superior: paisaje sonoro en ausencia de embarcaciones. Abajo: paisaje sonoro en presencia de una embarcación

En la Figura 8 se muestran los respectivos percentiles para todas las frecuencias que el hidrófono es capaz de captar, es decir, de 20 Hz a 250 kHz.

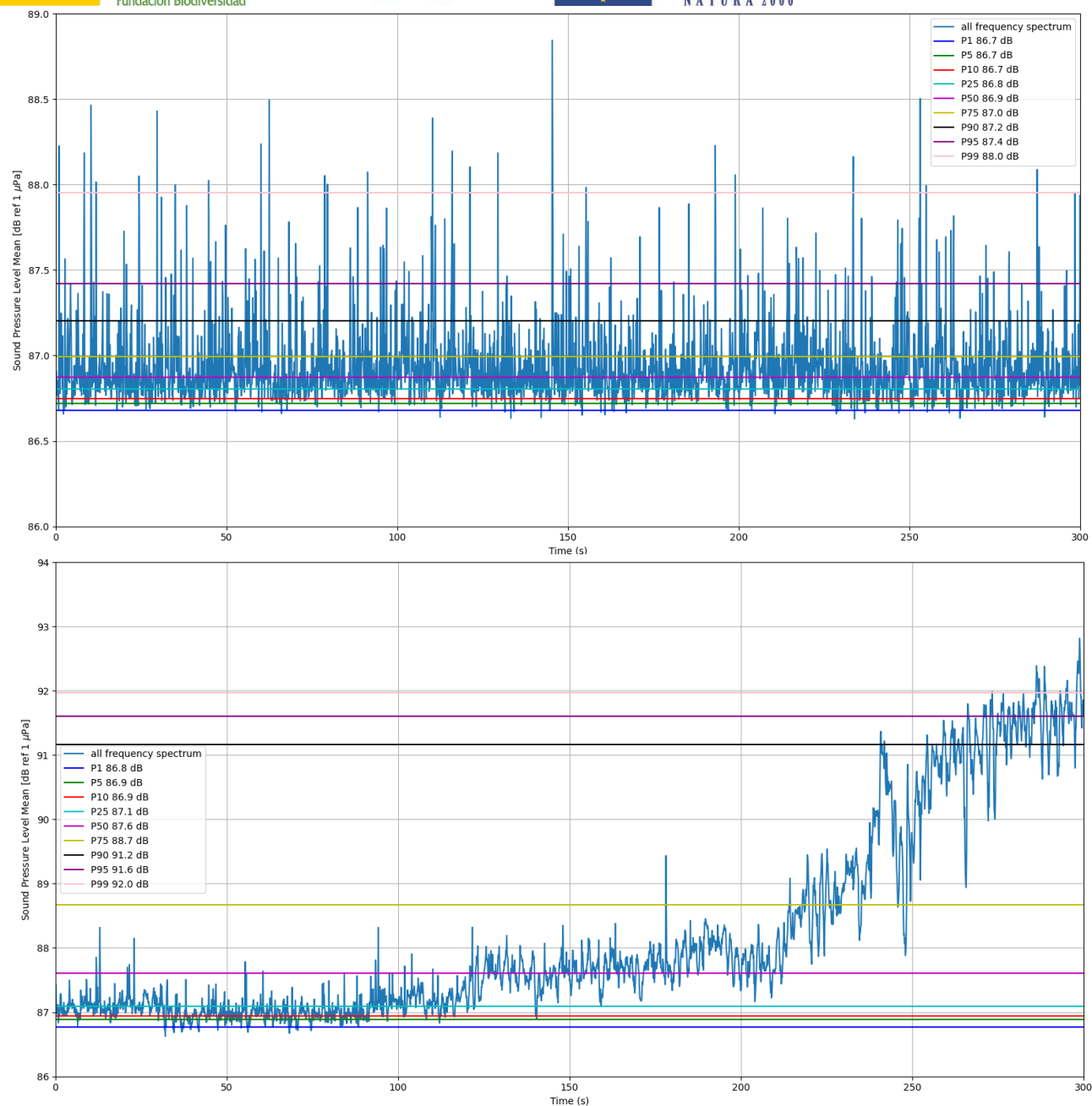


Figura 8. Percentiles. Rango frecuencial completo 20 Hz – 250 kHz.
Panel superior: paisaje sonoro en ausencia de embarcación. Abajo: paisaje sonoro en presencia de embarcación

Los valores SPL en 1/3 de octava se encuentran entre 86,6 y 88,5 dB re 1 μ Pa. Finalmente, la Figura 9 representa los SPL en tercios de octava para las frecuencias 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 2 kHz y 4 kHz, calculados a partir de las medianas de los diagramas de cajas proporcionando una visión detallada del paisaje sonoro de otoño en esas bandas de frecuencia.

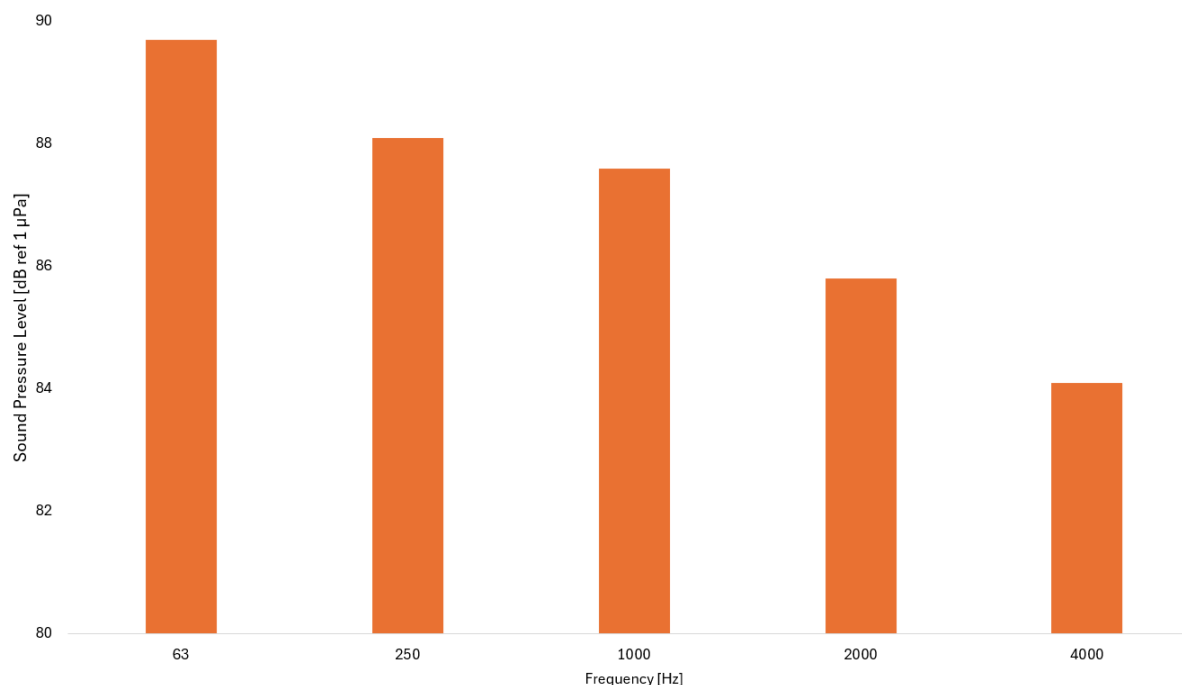


Fig.9. Niveles de presión sonora en 1/3 de octava. 63Hz, 250Hz, 1kHz, 2kHz y 4kHz

Además de los resultados del sonido de fondo, se ha consultado en la base de datos de AEMET OpenData las condiciones meteorológicas a lo largo de la campaña de mediciones de otoño para observar los efectos que se producen en los niveles de presión sonora del sonido de fondo. Dichos datos han sido registrados por la estación meteorológica de la Isla de Cabrera.

El día 24 de agosto, el valor de la velocidad media del viento fue de 10,6 m/s, siendo la racha máxima de 14,4 m/s. Según la escala de Beaufort, velocidades de 10,6 m/s y 14,4 m/s (que corresponden a 20 y 28 nudos, respectivamente) corresponden a olas de fuerza 5 y 6, que ya empiezan a ser olas de tamaño moderado (de 1,25 a 2,5 metros) e incluso peligrosas (de 2,5 a 4 metros).

Por otra parte, el día 23 de septiembre la probabilidad de lluvia alcanzó un 25% por lo que, seguramente, hubo precipitaciones. Sin embargo, no se han confirmado estos eventos de lluvia ni existe información sobre su intensidad, con lo que únicamente se ha analizado el efecto del viento y del oleaje.

A continuación, en la Figura 10, se muestra una gráfica comparativa entre los niveles de sonido de fondo, una embarcación y el efecto del viento y del oleaje, tomando en cuenta distintos escenarios de condiciones meteorológicas.

El análisis comparativo entre estos escenarios permite evaluar de manera clara el impacto relativo de cada factor en los niveles de presión sonora. Por ejemplo, el ruido generado por las embarcaciones se puede comparar directamente con los efectos del viento y el oleaje los cuales, aunque siendo ruidos naturales, pueden tener un impacto significativo en los niveles de ruido submarino. La representación gráfica de estos datos proporciona una visión detallada de cómo las variaciones meteorológicas, como la velocidad del viento y el tamaño de las olas, afectan al sonido de fondo en comparación con las emisiones de embarcaciones, permitiendo identificar patrones y tendencias en la interacción de estos factores en el medio marino.

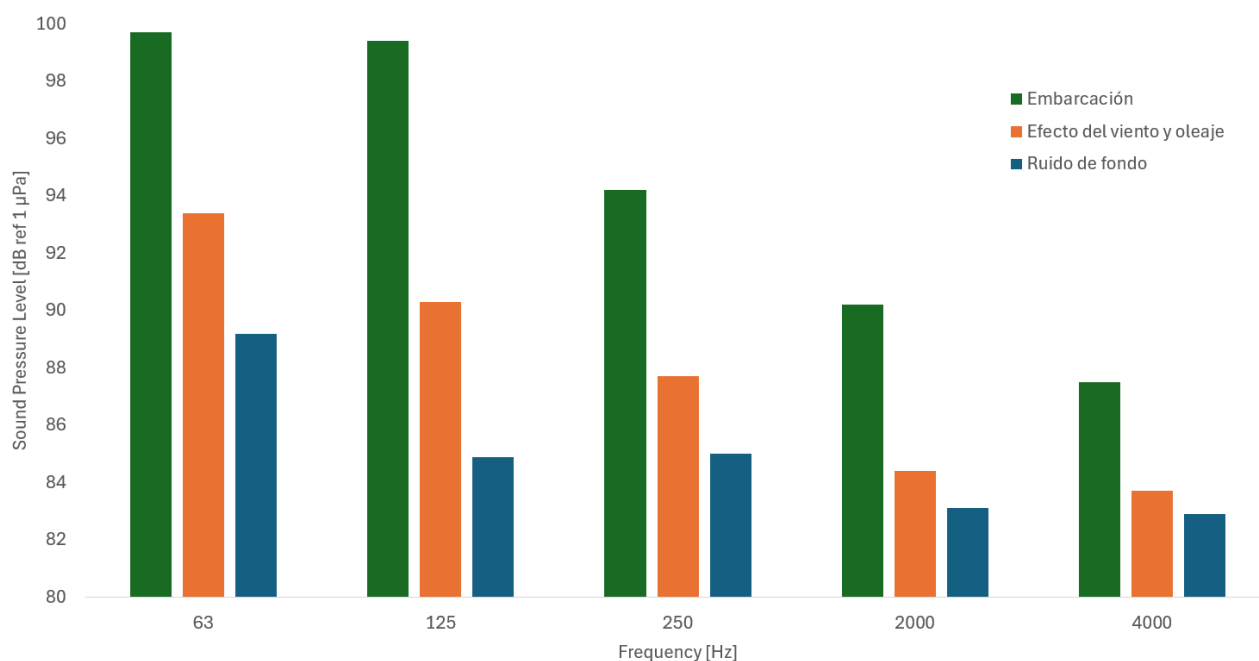


Fig.10. SPL en 1/3 de octava. Sonido de fondo, embarcación, efecto del viento y del oleaje.

Respecto al efecto del viento y del oleaje, se puede observar un incremento de entre 1 y 5 dB re 1µPa sobre los niveles de presión sonora del sonido de fondo, indicando que existe un impacto debido a este evento meteorológico.

Además, se ha analizado un evento de una embarcación durante la campaña de otoño. Al igual que en el informe de los resultados de primavera y verano, se observa un aumento en los niveles SPL, lo cual puede influir en la capacidad de detectar sonidos de origen natural.

Es importante señalar que el aumento del nivel de presión sonora debido al paso de una embarcación no enmascara en sí mismo los sonidos naturales, como las vocalizaciones de los animales marinos, ya que estos tienen características acústicas distintas. Además, no se conoce con precisión la distancia exacta entre la embarcación y el hidrófono, por lo que el aumento del nivel de presión registrado debe considerarse orientativo.

En el informe final de los trabajos, se analizarán y extraerán las conclusiones derivadas de esta toma de datos, en comparación con el resto de las mediciones realizadas en otras estaciones.

MEDICIONES INVIERNO

Se han obtenido los valores diarios de SPL medio global (ver Figura 11) y los valores diarios de SPL para las frecuencias en tercios de octava de 63 Hz, 250 Hz y 1 kHz (ver figuras 12, 13 y 14) desde el 13 de noviembre hasta el 27 de diciembre.

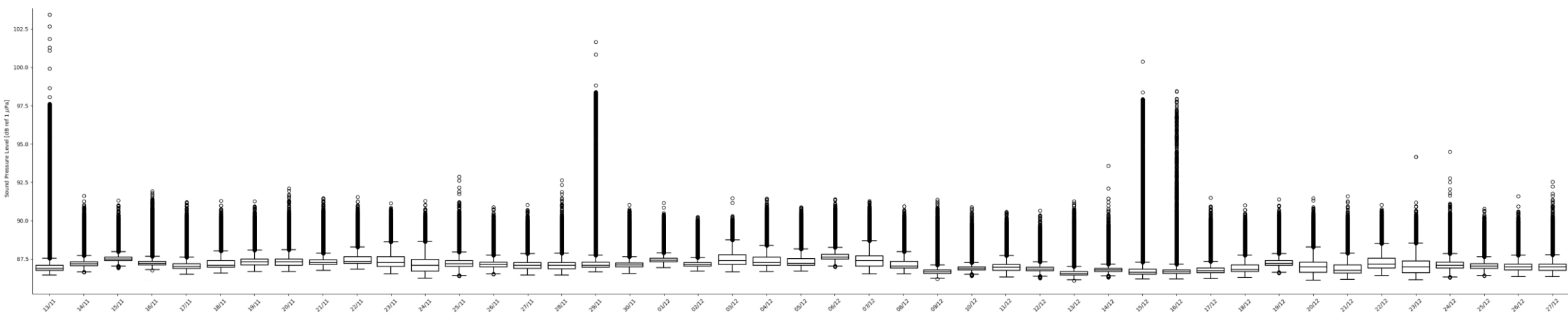


Fig.11. Mediciones de invierno. SPL diario global. Rango frecuencial completo

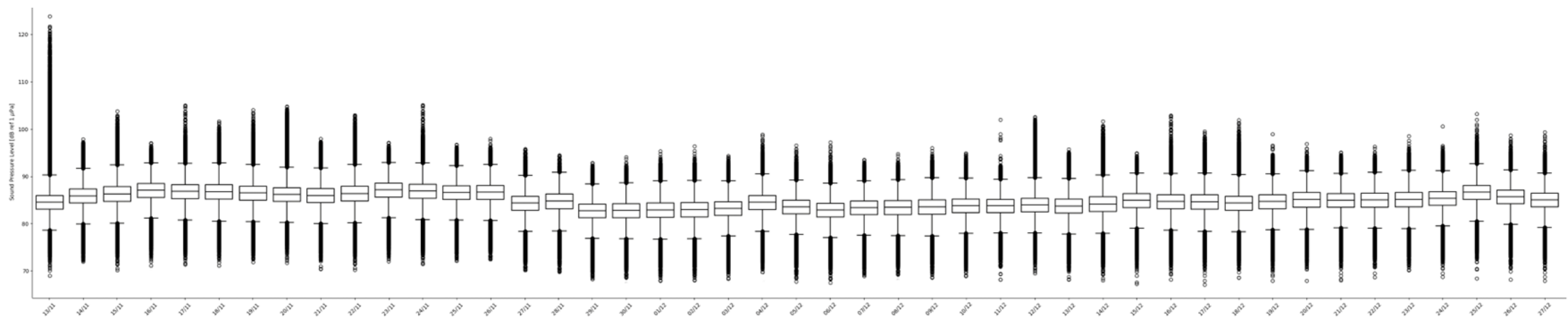


Fig.12. Mediciones de invierno. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (63 Hz)

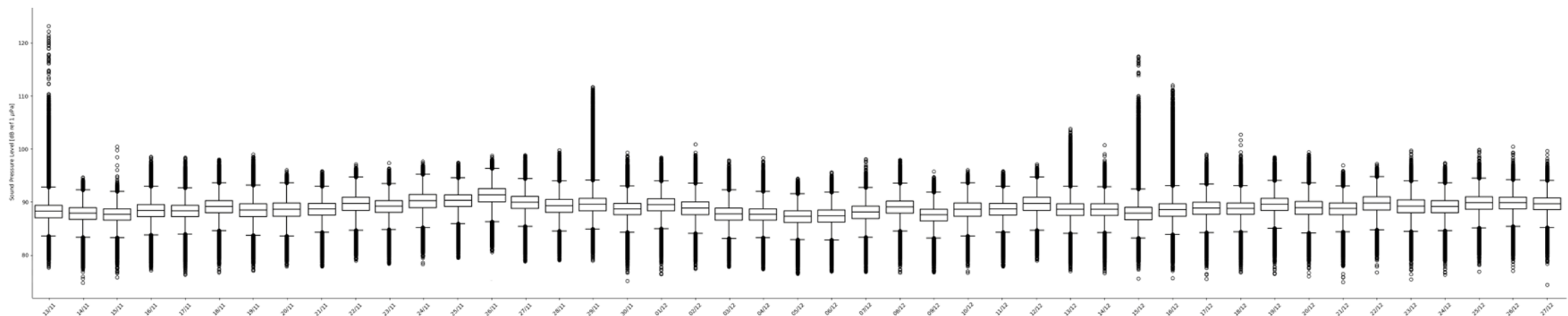


Fig.13. Mediciones de invierno. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (250 Hz)

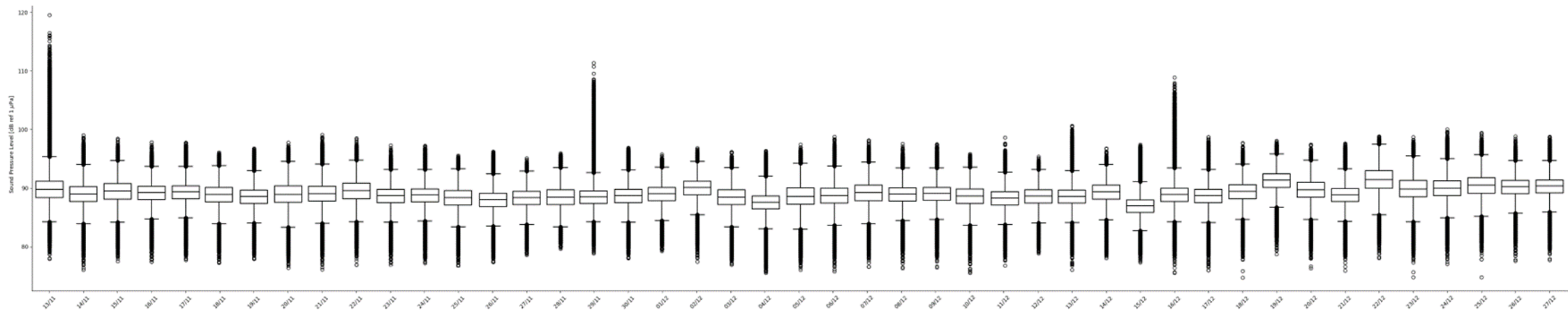


Fig.14. Mediciones de invierno. Niveles diarios de SPL en frecuencias de 1/3 de octava (1 kHz)

A continuación, como ejemplo ilustrativo de una grabación de 5 minutos, se muestran los niveles de paisaje sonoro de invierno en forma de espectrograma para el rango de 20 Hz a 6 kHz (ver Fig. 7) sin eventos puntuales generadores de ruido (embarcaciones; panel superior de la Fig. 15), y con eventos generadores de ruido (paso de una embarcación; panel inferior de la Fig. 15)

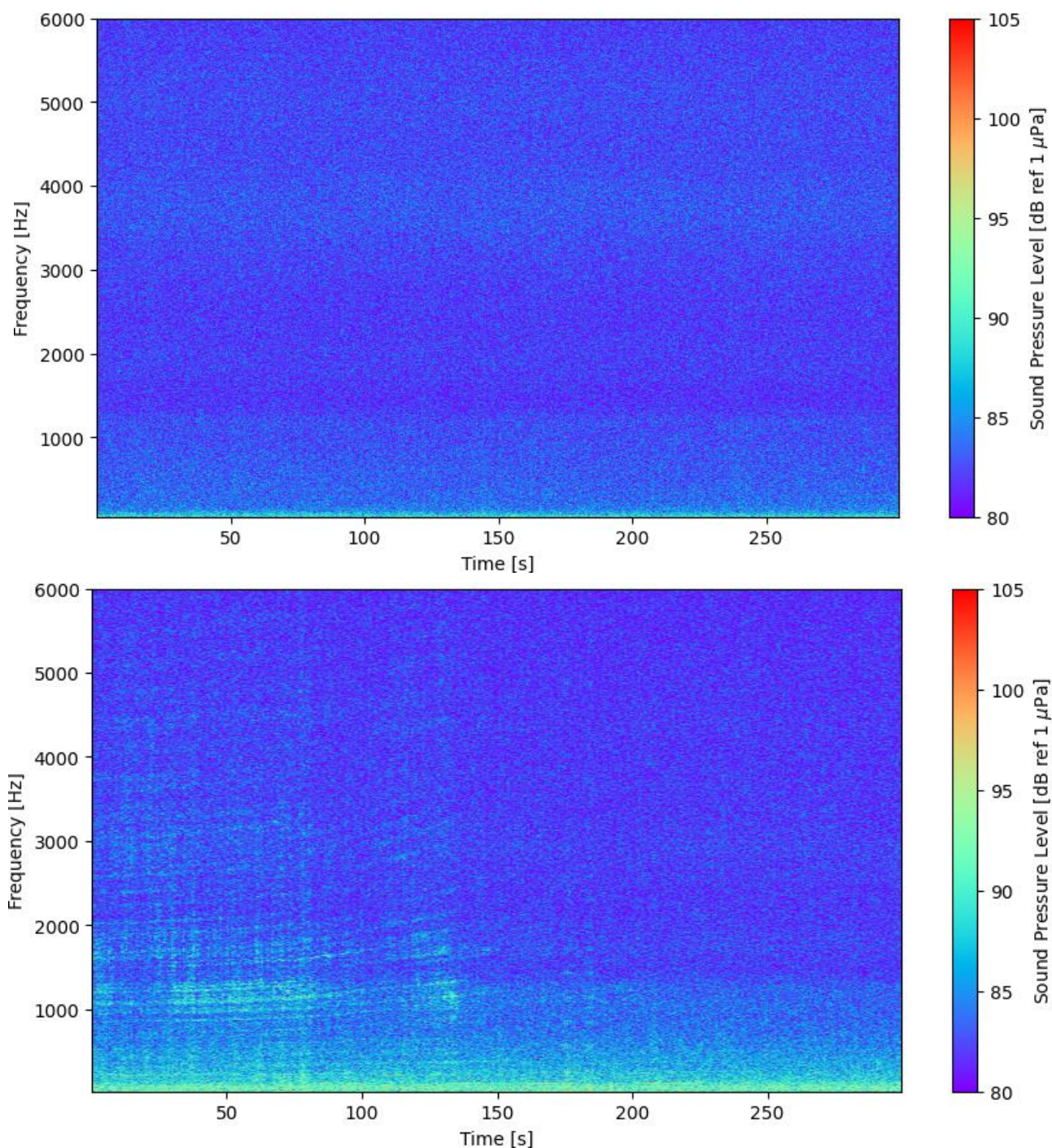


Fig.15. Espectrogramas. Rango frecuencial 20 Hz – 6 kHz. Panel superior: paisaje sonoro en ausencia de embarcaciones. Abajo: paisaje sonoro en presencia de una embarcación

En la Figura 16 se muestran los respectivos percentiles para todas las frecuencias que el hidrófono es capaz de captar, es decir, de 20 Hz a 250 kHz.

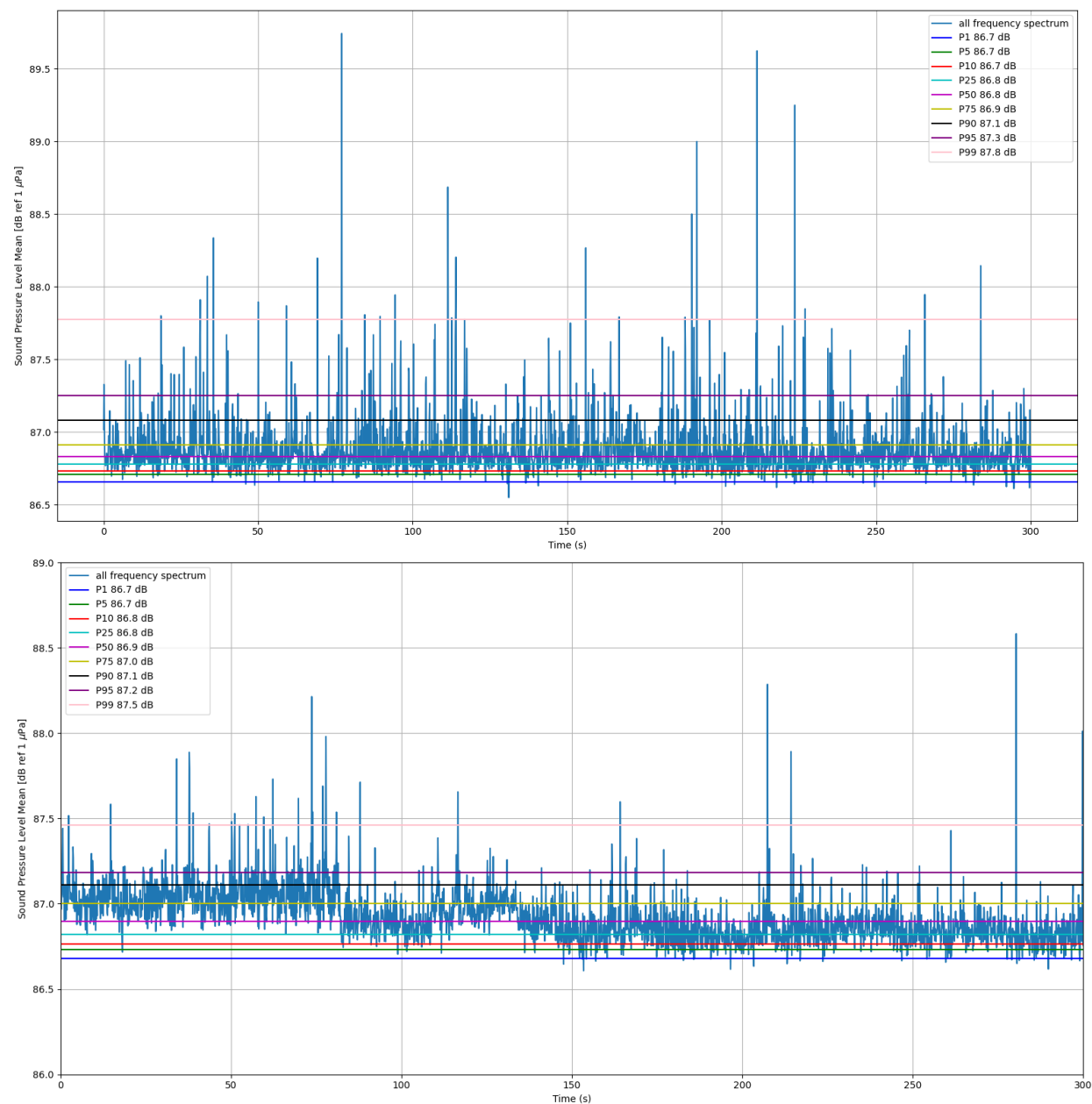


Figura 16. Percentiles. Rango frecuencial completo 20 Hz – 250 kHz.
Panel superior: paisaje sonoro en ausencia de embarcación. Abajo: paisaje sonoro
en presencia de embarcación

Los valores de SPL en 1/3 de octava se encuentran entre 86 y 87 dB re 1 μ Pa. Finalmente, la Figura 17 representa los SPL en tercios de octava para las frecuencias 63 Hz, 250 Hz, 1 kHz, 2 kHz y 4 kHz, calculados a partir de las medianas de los diagramas de cajas, proporcionando una visión detallada del paisaje sonoro de invierno en esas bandas de frecuencia.

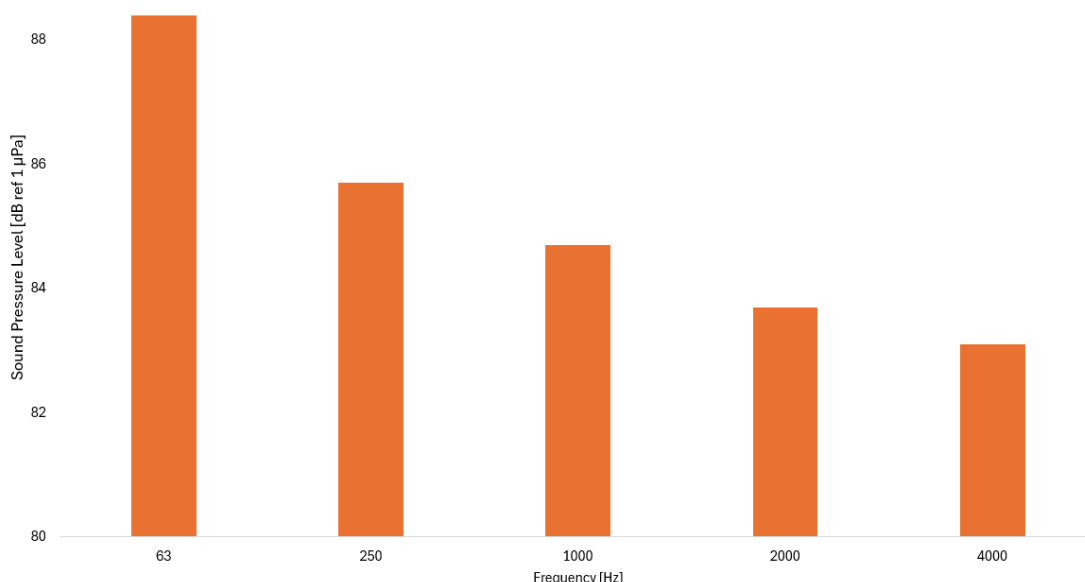


Fig.17. Niveles de presión sonora en 1/3 de octava. 63Hz, 250Hz, 1kHz, 2kHz y 4kHz

Se ha consultado en la base de datos de AEMET OpenData y se ha observado que el día 8 de diciembre, el valor de la velocidad media del viento fue de 11,4 m/s, siendo la racha máxima de 27,8 m/s. Según la escala de Beaufort, velocidades de 11,4 m/s y 27,8 m/s (que corresponden a 22 y 54 nudos, respectivamente) corresponden a olas de fuerza 6, 7, 8, 9 y 10. Las olas de grado 6 corresponden a olas grandes (de 2,4 a 4 metros) y el grado 10 es considerado como temporal duro con olas de 9 a 14 metros.

Por otra parte, el día 11 de diciembre la probabilidad de lluvia alcanzó un 12,7%, sin haberse confirmado la existencia de eventos de lluvia durante la mencionada jornada. Por ello, únicamente se ha analizado el efecto del viento y del oleaje.

A continuación, en la Figura 18, se muestra una gráfica comparativa entre los niveles de sonido de fondo, una embarcación y el efecto del viento y del oleaje, tomando en cuenta distintos escenarios de condiciones meteorológicas.

La representación gráfica de la comparación de estos datos proporciona una visión detallada de como las variaciones meteorológicas, como la velocidad del viento y el tamaño de las olas, afectan al sonido de fondo en comparación con las emisiones de embarcaciones, permitiendo identificar patrones y tendencias en la interacción de estos factores en el medio marino.

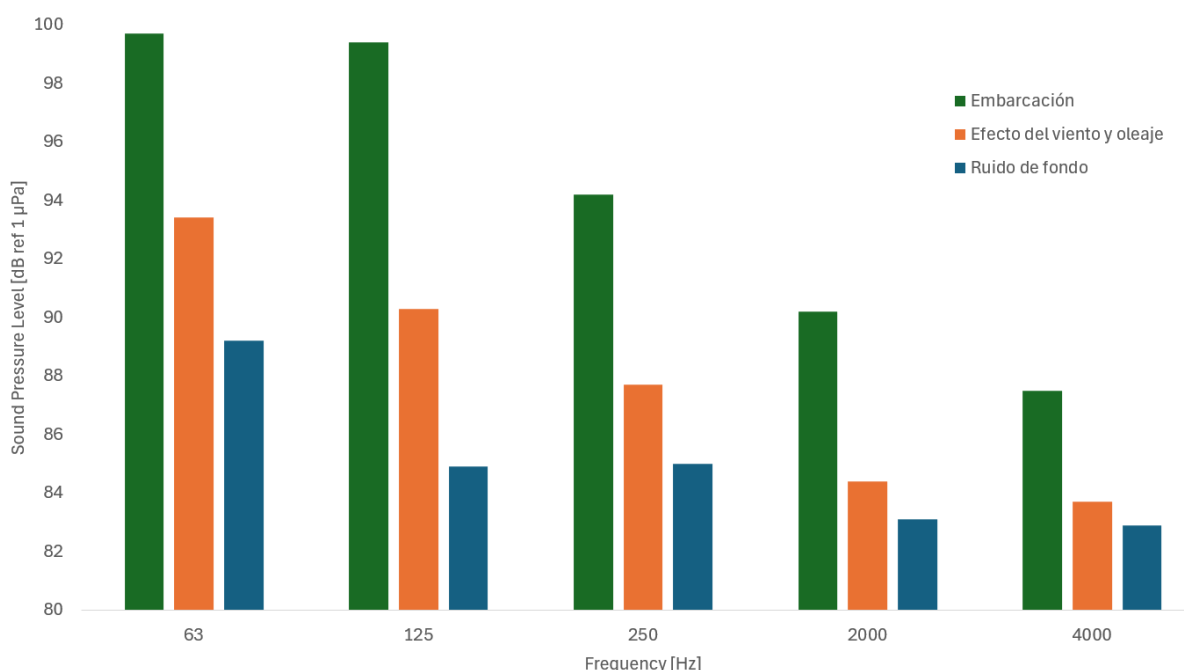


Fig.18. Niveles de presión sonora en 1/3 de octava. Sonido de fondo, embarcación, efecto del viento y del oleaje

Respecto al efecto del viento y del oleaje, se puede observar un incremento de entre 6 y 10 dB re 1µPa sobre los niveles de presión sonora del sonido de fondo, indicando que existe un impacto importante debido a este evento meteorológico.

Además, se ha analizado un evento de una embarcación durante la campaña de invierno que, como en el informe de los resultados de primavera y verano, muestra unos valores SPL más elevados que los de origen natural.

En el informe final de los trabajos, se analizarán y extraerán las conclusiones derivadas de esta toma de datos, en comparación con el resto de las mediciones realizadas en otras estaciones.

3.6. CONCLUSIONES

En otoño, los valores SPL de la ubicación escogida en la ZEPA ES0000518 están comprendidos entre el valor mínimo 86,1 dB re 1µPa y el valor máximo 103,3 dB re 1µPa, donde el valor promedio es 87,1 dB re 1µPa, lo cual significa que la mayoría de las frecuencias presentan valores comprendidos entre 86 y 88 dB re 1µPa.

En invierno, los valores SPL están comprendidos entre el valor mínimo 86,2 dB re 1µPa y el valor máximo 103,8 dB re 1µPa, donde el valor promedio es 87,0 dB re 1µPa, lo cual significa que la mayoría de las frecuencias presentan valores comprendidos entre 86 y 88 dB re 1µPa.

Los SPL de otoño e invierno son similares, lo que sugiere que condiciones meteorológicas parecidas en los últimos meses del año.

Como se puede observar en los diagramas de cajas, las componentes elevadas de SPL observadas durante las campañas de otoño e invierno corresponden a frecuencias bajas, mientras que, a partir de 1kHz, los SPL se atenúan hasta los 90 dB re 1µPa.

Por otra parte, los días 14 de agosto y 13 de noviembre los niveles de presión sonora se disparan debido al sonido generado por la embarcación utilizada a la hora de realizar el fondeo, por lo tanto, los niveles altos se clasifican como contaminados.

Los resultados del paisaje sonoro obtenidos durante las estaciones de otoño e invierno muestran una alta similitud entre ambos periodos, reflejando una estabilidad en los niveles de presión sonora registrados. Se observa que las componentes de SPL más elevadas se encuentran en frecuencias bajas (hasta los 250 Hz), lo que podría estar relacionado con fuentes antrópicas como embarcaciones de recreo y al transporte de pasajeros. Estos datos resultan especialmente relevantes al tratarse de un área protegida, donde el monitoreo del ambiente acústico es fundamental.

Por último, se ha observado que la lluvia y el viento impactan en las frecuencias bajas, generando mayores niveles acústicos ciertos días.

ANEXO I

CRONOGRAMA DE LOS TRABAJOS

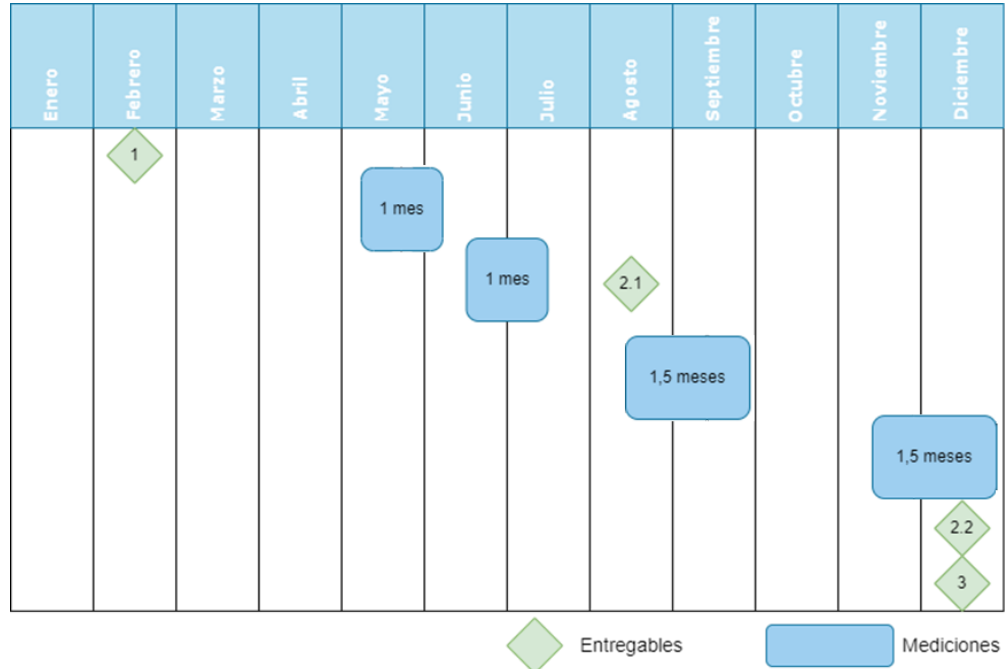


Fig.1. Cronograma del proyecto llevado a cabo

ÁREA DE ESTUDIO



Fig.2. Ubicación de la zona de estudio

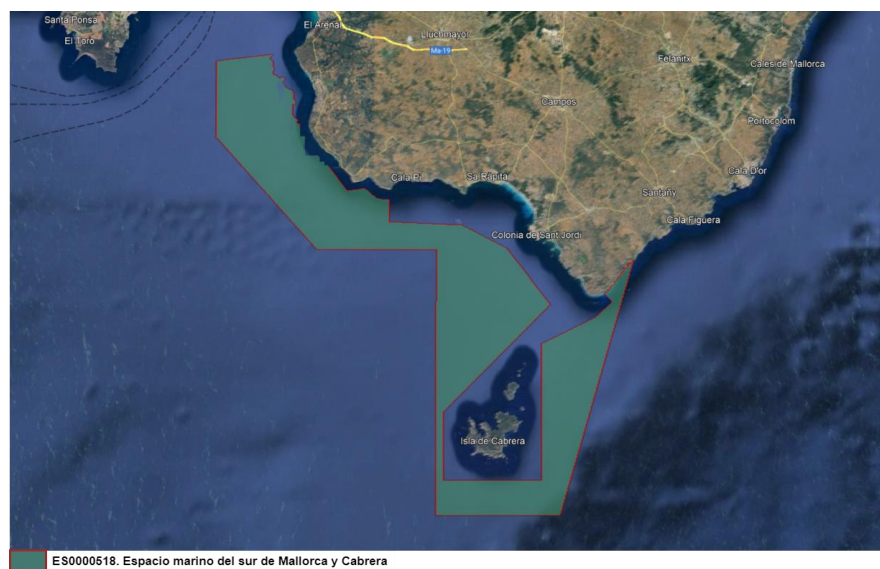


Fig.3. Zona de estudio: ZEPA ES0000518

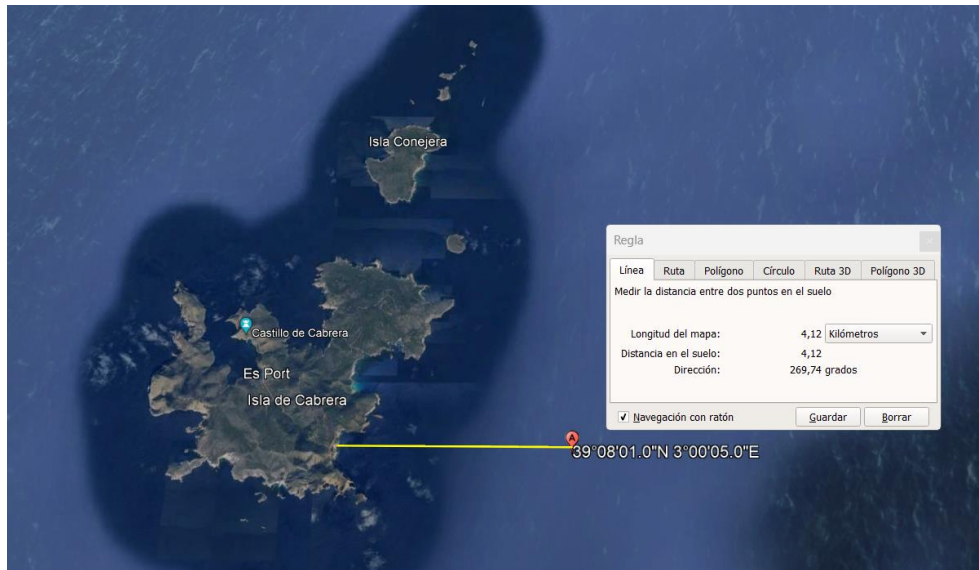


Fig.4. Distancia desde la costa

EQUIPAMIENTO UTILIZADO

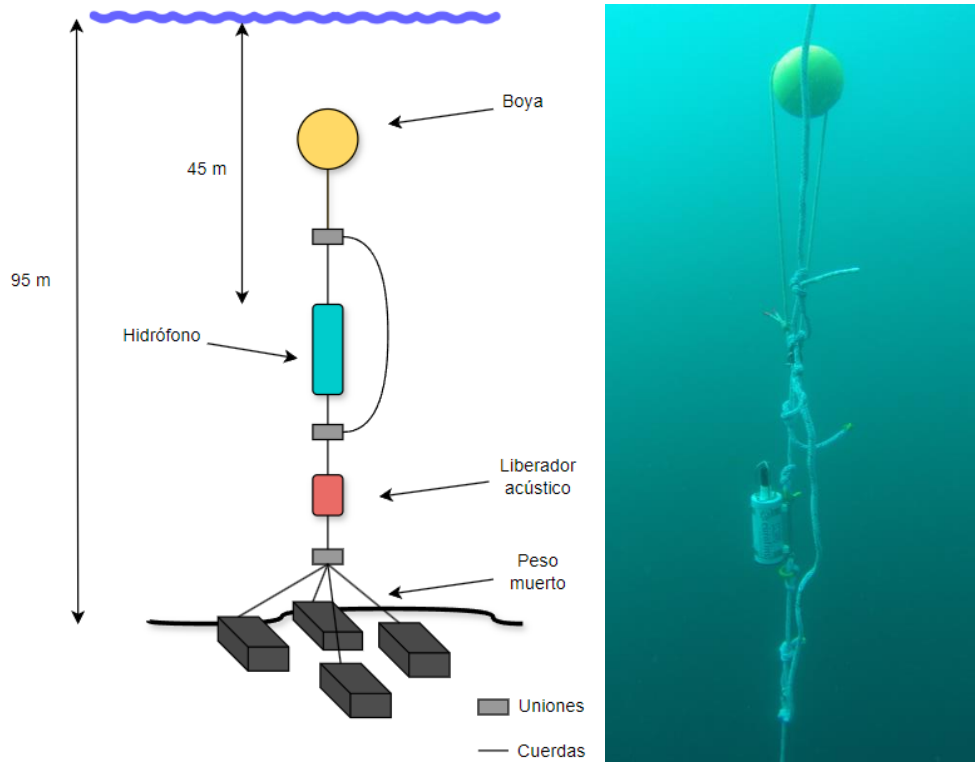


Fig.5. Esquema del sistema de fondeo sin boya de superficie



Fig.6. Hidrófono.



Fig.7. Liberador acústico. SONARDYNE modelo RT6-1000



Fig.8. Perfilador. AML OCEANOGRAPHIC modelo Base X₂