

Análisis del paisaje sonoro del parque nacional de la Bahía de Loreto como área de importancia para la ballena azul (*Balaenoptera musculus*)

Analysis of the soundscape of Loreto Bay National Park as important area for the blue whale (*Balaenoptera musculus*)



Trabajo de Fin de Grado

Ignacio Huete-Huerta Mur

Tutores: Natacha Aguilar Soto y Eduardo Romero Vivas

Grado en biología

Mayo 2020

Resumen

El análisis de un paisaje sonoro nos arroja valiosa información a la hora de estudiar un hábitat concreto. Gracias a los hidrófonos colocados durante varios años en el parque nacional de Bahía de Loreto (México) en temporada de reproducción de ballena azul (*Balaenoptera musculus*), ha sido posible el estudio de dicho hábitat. Se han tratado de determinar visualmente las especies en campo, y después ha habido un análisis de todas las grabaciones de los que se han obtenido diferentes estadísticos para determinar las características tanto biológicas: presencia de delfines, rorcuales, peces,...; como antropogénicas: embarcaciones, motores,...; así como las relaciones que se generan de los animales con el ruido procedente del hombre. Finalmente obtenemos una “fotografía” del hábitat.

Palabras clave: bioacústica, paisaje sonoro, parque nacional Bahía de Loreto, *Balaenoptera musculus*.

Abstract

Soundscape analysis gives valuable information when studying particular wildlife habitat. With the information gathered from hydrophones placed during several years onto the National Park of Loreto Bay (Mexico) in the blue whale (*Balaenoptera musculus*) breeding season, it has been possible the study of such habitat. The aim has been to establish visually species on field, and later, it has been done an analysis of every single audio recordings, where there has been different statistical data to determine biological characters both biological: dolphin presence, whales, fishes,...; and anthropogenic: vessels, engines, ...; as well as relationships created between animals and anthropogenic noise. Finally a “photography” from the habitat is obtained.

Key words: bioacoustics, soundscape, Loreto Bay national park, *Balaenoptera musculus*.

Índice

Resumen	1
Abstract	1
1. Introducción	3
1.1 Área de estudio.....	5
1.1.1 Características bióticas	7
1.2 La especie de estudio: ballena azul	8
1.3 Bioacústica en cetáceos	9
2. Objetivos.....	9
3. Material y métodos	10
3.1 Procesamiento de datos	11
4. Resultados	13
4.1 Delfines (grupos pequeños de uno a dos animales dentro del rango de detección acústica del hidrófono).....	13
4.2 Grupo, grupos numerosos	16
4.3 Embarcación.....	17
4.4 Rorcual común	20
4.5 Ballena azul.....	21
4.6 Peces.....	23
4.7 Archivo de audio de 2 de marzo de 2015.....	25
4.8 Archivo de audio 140313-006.....	26
4.9 Archivo de audio de 6 de marzo de 2014 (Grabación 001)	28
4.10 Archivo de audio de 6 de marzo de 2014 (Grabación 004)	29
4.11 Archivo de audio STE-000.....	31
4.12 Archivo de audio STE-001.....	33
5. Discusión.....	36
6. Conclusiones	38
7. Conclusions.....	39
8. Bibliografía	40

1. Introducción

El estudio sobre acústica se inició desde un punto de vista físico o matemático, prestando atención a las propiedades físicas del sonido como son la frecuencia o el nivel de presión del sonido. Sin embargo, en el año 1960, fue R. Murray Schafer quien introdujo el concepto de paisaje sonoro. Esto lo comparó con el concepto que tenemos de paisaje, que tradicionalmente se refiere a lo visual, lo que percibimos con los ojos, en contraposición a esta nueva idea, que alude a lo audible, aquello que captamos por los oídos. “Desde el concepto de paisaje sonoro, el sonido ya no tiene únicamente la concepción física, sino que también tiene un significado social, histórico y ambiental” (Ge, 2004).

Un paisaje sonoro se define como el conjunto de toda la energía sónica que se produce en un hábitat en concreto, las distintas bandas sonoras que se encuentran en un paisaje corresponden tanto a caracteres abióticos (roce de los granos de arena en un fondo sedimentario, rompientes, el viento, etc.) como bióticos, producidos por los seres vivos que ocupan el hábitat grabado, lo que denominamos biofonías. Un caso especial es el ruido antropogénico, causado por el ser humano, que puede ser tanto biofonías (voces) como otros relacionados con las actividades humanas, tales como ruido de embarcaciones, obras, etc. (Pijanowski *et al.*, 2011).

El uso de la energía sonora para el estudio de diferentes facetas de los animales, desde anatómico-fisiológicas, como pueden ser las capacidades auditivas o los mecanismos de la producción de sonidos, como funcionales, en cuanto al uso de señales sonoras para la comunicación entre individuos o los comportamientos alimenticios, etc. es la bioacústica. A través de esta nueva rama de la ciencia podemos acercarnos al conocimiento de la historia natural de los animales; y en el caso de este estudio, de los animales marinos. La energía acústica se propaga por el agua a cinco veces la velocidad de su transmisión en el aire (1500m/s en comparación a 300 m/s) y puede transmitirse largas distancias dependiendo de su frecuencia, de manera que la biota marina puede utilizar el sonido para una gran variedad de propósitos, esto dota a la bioacústica marina de gran interés a la hora del estudio de la fauna marina (Au *et al.*, 2008).

En el mar, las biofonías son señales procedentes de peces, invertebrados marinos o mamíferos marinos. Los animales, pueden producir sonido de manera involuntaria (nadando,

alimentándose, o el propio movimiento de las conchas) o aplicados a funciones vitales, por ejemplo, los mamíferos marinos generan sonidos con fines comunicativos o para reconocer el medio que les rodea y búsqueda de presas. En lo que a peces se refiere, podemos diferenciar los peces vocales, aquellos que producen sonidos, que pueden ser tonales, normalmente de frecuencia modulada y bajas frecuencias o en forma de pulsos (sonidos de corta duración) dependiendo de la especie. En cuanto a invertebrados, en aguas someras, cabe destacar los camarones pistola *Alpheus*, animales que ocupan gran parte del espectro que encontramos en ambientes someros, arrecifes rocosos o coralinos. Estos crustáceos emiten este sonido como consecuencia de un movimiento rápido al abrir y cerrar una pinza muy desarrollada (quelípodo), generando una burbuja a mucha presión y temperatura que produce al explotar sonido y luminiscencia (Buscaino *et al.*, 2016). Se ha especulado que esta burbuja podría ser utilizada para aturdir a las presas.

Cada tipo de sonido del paisaje va a venir regido por unos ciclos, ya sean estacionales o circadianos. Buscaino *et al.*, (2016) describen que durante todo el año encontramos en la banda por debajo de los 1000Hz, las olas, y durante el invierno se incrementa la intensidad; mientras que las más altas frecuencias, de los 4000Hz a los 96000Hz, vienen representadas por el camarón pistola por la noche durante el verano; los coros de peces, por debajo de los 2000Hz, ocupan dicho espectro al atardecer.

En algunas zonas es relevante, a nivel estacional, la presencia de especies vocalizadoras, como el rorcual azul. Este es el caso de la Bahía de Loreto (Baja California), donde se centra el presente estudio. En esta bahía se estudian ballenas azules desde el año 2000, con una estima de 35 ballenas que la visitan cada año para reproducirse (Paniagua *et al.*, 2015). Su temporada de reproducción coincide con los meses de enero a marzo.

Las vocalizaciones de la ballena azul son de las más bajas frecuencias y más intensas de entre las registradas en el reino animal lo que le permite comunicarse a grandes distancias. Diferenciamos tres tipos de vocalizaciones: tipo A (pulsos 20 segundos a 15Hz), tipo B (tonos de 20 segundos a 48Hz el armónico más intenso), y tipo D (pulsos cortos con barridos de 98Hz a 45Hz de unos 4 segundos de duración). Las canciones están compuestas por los tipos A y B (Paniagua, 2016). La función de las canciones no se ha aclarado del todo, pero se propone que puede tratarse de una función de cortejo (Wiggings *et al.*, 2005) debido a que las producen solo los machos; aunque también se han observado a los machos

vocalizando durante su migración (Oelson *et al.*, 2007), mientras que las señales de tipo D se ha propuesto que sirven como llamadas de contacto entre individuos, y las producen ambos sexos.

El propósito del estudio consiste en caracterizar el paisaje sonoro de la Bahía de Loreto en base al análisis de grabaciones realizadas en el área, prestando atención principalmente a la actividad acústica del ecosistema en la temporada de reproducción del rorcuál azul en la bahía de Loreto; ya que “los procesos que ocurren en un hábitat concreto están estrechamente relacionados y reflejados en el patrón que se recoge en un paisaje sonoro” (Pijanowski *et al.*, 2011). La razón de tener en consideración a este mamífero marino en el conjunto del ecosistema estudiado no es solo que constituye un importante componente del paisaje sonoro durante la época de reproducción, sino que, el estudio de sus vocalizaciones puede aportar gran cantidad de información acerca de su comportamiento con los individuos de su misma especie y con el medio en sí mismo (Pijanowski *et al.*, 2011).

Se conocen las bandas de frecuencias para cada grupo de sonidos que se esperan encontrar durante el análisis. Para la búsqueda, se utilizará el software de *Adobe Audition*, asimismo, para el análisis de datos, será *Matlab*, el software con el que se obtendrán diferentes espectrogramas que permitirán elaborar “instantáneas” del paisaje sonoro.

1.1 Área de estudio

El parque nacional de Bahía de Loreto se ubica en el golfo de California, en la península mexicana de Baja California, en el estado de Baja California Sur, comprendido entre las coordenadas 25° 35' 18.41" y 26° 07' 48.72" N y 110° 45' 00" y 111° 21' 08.67" W; desde ahora en adelante designado como “el parque”, está bañado por el mar de Cortés. Pertenece a Loreto, uno de los cinco municipios del estado. Este mar, también denominado Golfo de California es una estrecha línea de mar entre el continente americano y la península de Baja California. La ubicación del parque se plasma en la Figura 1.

Parque Nacional de la Bahía de Loreto

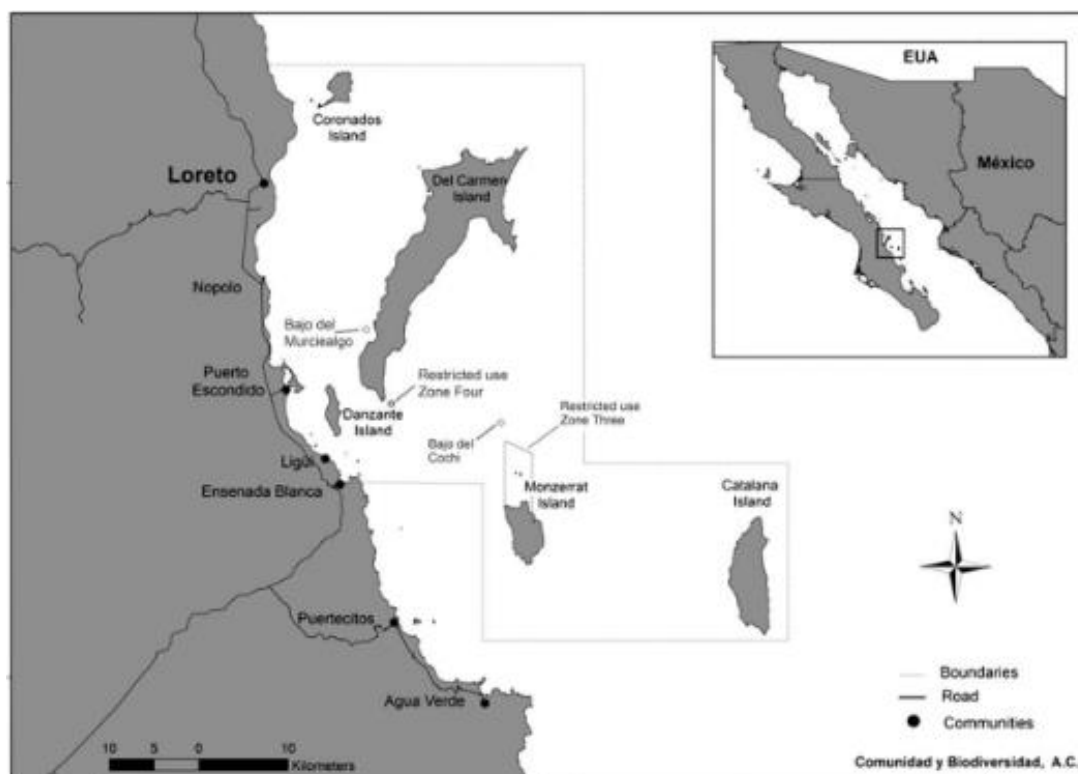


Figura 1 Mapa de la Bahía de Loreto, con delimitación del parque nacional. Imagen tomada de K. Stamieszkin, 2009 “Management of a marine protected area for sustainability and conflict resolution: lessons from Loreto Bay National Park (Baja California Sur, México)”.

El parque consta de 2.056 kilómetros cuadrados en los que se hallan fondos rocosos, arenosos, playas, cañadas, cañones submarinos y terrazas marinas. Incluye una parte terrestre, tanto en la península como en forma de islotes, caracterizados por ser un ambiente seco. Lo que le otorga, junto con su ubicación geográfica una variedad de hábitats con una elevada diversidad biológica, confluyendo poblaciones de las provincias biogeográficas tropical (panámica) y templada (californiana) (Bermúdez, 2003). El parque es caracterizado por una elevada sequedad, precipitaciones de 190 mm como media anual; y un ambiente muy cálido, con medias que oscilan a lo largo del año entre los 14 grados centígrados a los 22. La temperatura del agua tiene una gran oscilación, desde los 26 a los 33 grados centígrados, encontrándose las temperaturas más altas en las zonas menos profundas.

El 19 de julio de 1996 se decretó parque nacional en respuesta a las peticiones de las comunidades locales, turísticas, científicas y la comunidad internacional de conservación en

aras de remediar la notable disminución del número de individuos en las especies de interés pesquero, debido a la sobre pesca en la zona (Stamieszkin *et al.*, 2009).

1.1.1 Características bióticas

Parte de la importancia del parque viene dada por ser visitado por alrededor de un tercio de las especies de mamíferos marinos del planeta y el 75% de las especies de las costas de México(alrededor de 32 especies) (Bermúdez, 2003)(Tabla 1).

Tabla 1 Listado de los mamíferos marinos más representativos del parque Bahía de Loreto y su categoría de amenaza según la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (IUCN).

Orden	Familia	Género	Epíteto específico	Autor	Año	UICN	Nombre común
Cetacea	Balaenopteridae	Balaenoptera	physalus	Linnaeus	1758	EN	Rorcual común
Cetacea	Balaenopteridae	Balaenoptera	musculus	Linnaeus	1758	EN	Ballena azul
Cetacea	Balaenopteridae	Megaptera	novaeangliae	Borowski	1781	LC	Ballena jorobada
Cetacea	Eschrichtiidae	Eschrichtius	robustus	Lilljeborj	1861	LC	Ballena gris
Cetacea	Physeteridae	Physeter	macrocephalus	Linnaeus	1758	VU	Cachalote
Cetacea	Delphinidae	Orcinus	orca	Linnaeus	1758	DD	Orca
Cetacea	Balaenopteridae	Balaenoptera	acutorostrata	Lacépède	1804	LC	Ballena
Carnivora	Otariidae	Zalophus	californianus	Lesson	1897	LC	minke Lobo marino de california

LC: preocupación menor; EN: en peligro de extinción; VU: vulnerable; DD: datos insuficientes.

En el Golfo de California existen al menos 1050 especies de macroinvertebrados de los cuales el 30% han sido registrados en el parque (Hernández-Trejo, 2009).

En cuanto a los reptiles marinos con presencia en el parque, cabe destacar: *Chelonia agassizii*, Bocourt, 1868 (tortuga prieta); *Chelonia mydas*, Linnaeus, 1758 (verde); *Dermochelys coriacea*, Vandelli, 1761 (laúd); *Eretmochelis imbricata*, Rüppell, 1853 (carey) y *Lepydochelis olivacea*, Eschscholtz, 1829 (golfina), que usan el hábitat como zona de alimentación (Bermúdez, 2007).

Asimismo se puede hablar de alrededor de 750 especies de actinopterigios en los ambientes arrecifales rocosos, además de elasmobranquios como tiburones, rayas, mantas, etc.

1.2 La especie de estudio: ballena azul

Dentro del orden *Cetartiodactyla*, se encuadran los cetáceos misticetos y los cetáceos odontocetos; dentro del primer grupo (ballena con barbas) es donde se halla el rorcual o ballena azul, *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758), que se encuadra en la familia *Balaenopteridae*.

Es el animal más grande que ha existido nunca en el planeta, con longitudes de hasta 31 metros en el Hemisferio Norte y 33 metros en el Hemisferio Sur (Gambell, 1979) y una masa de entre 50 y 150 toneladas, siendo la mayor reportada en la isla de Georgia del Sur de 190 toneladas en 1947 (Sears, 2009). Aunque su historia natural no es conocida con exactitud se han estimado varios parámetros como sigue: la edad máxima que alcanzan es de entre 80 a 90 años (Yochem *et al.*, 1985) siendo su madurez sexual entre los 5 a los 10 años de edad. Ponen una sola cría cada 2 o 3 años. Las crías tienen una longitud al nacer de 7 metros y son destetadas a los 6-8 meses, cuando alcanzan la longitud de 16 metros (Gambell, 1979).

La identificación de los diferentes individuos se hace con arreglo a la pigmentación alrededor de la aleta dorsal que emerge del agua cada vez que respiran; asimismo también es útil para su identificación la observación de la forma de la aleta dorsal (Sears *et al.*, 1990). En ocasiones algunos individuos pueden sacar a la superficie la aleta caudal, lo que también servirá para su identificación.

1.3 Bioacústica en cetáceos

El uso de la bioacústica en el estudio de los cetáceos ha ampliado el conocimiento sobre su comportamiento. En este campo, se aplican los datos de bioacústica para investigar varias líneas, entre las que destacan estudios poblacionales y del uso del hábitat así como comportamiento de alimentación y reproducción (Paniagua, 2017).

El repertorio vocal de los cetáceos puede esclarecer la presencia y movimiento de los individuos de una especie en una región (Watkins *et al.*, 1982). En el caso que nos concierne, ha permitido identificar el patrón de migración de la ballena azul: realizan una migración trófica en la que a finales de verano, se concentran a las afueras de las costas del sur y centro de California, coincidiendo con los picos de biomasa de eufáusiáceos, su principal alimento. Según va avanzando el verano, se mueven hacia el norte, siendo finales de otoño cuando llegan hasta la isla de Vancouver. En cuanto a la migración reproductiva, se inicia cuando se acerca el invierno, cuando bajan a regiones tropicales y en estas bajas latitudes donde dan a luz a los ballenatos (Burtenshaw *et al.*, 2004).

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio es realizar un análisis sobre el paisaje sonoro marino del Parque Nacional de la Bahía de Loreto, por su importancia debido a la presencia de ballena azul en temporada de reproducción. Se definirán las características bióticas y abióticas del hábitat de este mamífero marino.

Para ello se abordarán los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las vocalizaciones de ballena azul y categorizarlas dentro de sus distintos tipos.
- Registrar los silbidos y chasquidos emitidos por los odontocetos del parque, como puede ser delfín común o delfín mular.
- Hallar los sonidos emitidos por los peces o por otros animales de la zona.

- Cuantificar el ruido antrópico de embarcaciones.

3. Material y métodos

Los datos se obtuvieron con dos procedimientos distintos: el primero consistió en la colocación de un hidrófono estacionario, ubicado cercano al islote de Isla Danzante, como se muestra en la figura 2.



Figura 2 Mapa del parque, el círculo rojo indica la ubicación del hidrófono estacionario.

El sistema de grabación fue fabricado por el equipo de acústica (Eduardo Romero Vivas y Braulio López León) del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. El

sistema consiste en un hidrófono Benthos AQ2000 con una sensibilidad de -201 dB/V conectado a una grabadora Sony que actúa de convertidor analógico a digital, con una tasa de muestreo de 44000 Hz. El sistema se ubica dentro de una carcasa estanco y se ancla, mediante apnea, a una boya sumergida a 7 metros de profundidad. Este sistema de acústica pasiva, graba constantemente hasta finalizar batería del dispositivo. Se obtuvieron 9 horas y 52 minutos de grabaciones llevadas a cabo en los días: 6 de marzo de 2014 y 2 de marzo de 2015.

El segundo método utilizado fue lanzar el hidrófono por la borda desde una embarcación en el momento que fuera observada una o varias ballenas en las cercanías. De este otro método se obtuvieron 2 horas y 25 minutos de grab. En las fechas del 2 de marzo de 2015 y el 13 de marzo de 2014.

Durante la estancia del autor de este trabajo en el Parque de Loreto, en verano de 2019 se obtuvieron 47 horas y 30 minutos de grabaciones con un hidrófono fondeado, en las que no se obtuvieron datos. Esto fue debido a un fallo técnico del equipo. El hidrófono se conectó de manera inapropiada desde un principio, lo que llevó a no recoger ningún sonido. Por ello, para este trabajo se utilizaron las grabaciones citadas anteriormente llevadas a cabo por Aurora Paniagua en colaboración con el CIBNOR.

3.1 Procesamiento de datos

Con los seis archivos de audio recogidos (dos del sistema de superficie y cuatro del sistema fondeado), se procedió a hacer un análisis visual a través del espectrograma producido por ADOBE AUDITION. Una vez realizada la anotación de todas las señales encontradas, se ejecutó un análisis con MATLAB para cada tipo de señal. Con la ayuda del programa PAM GUIDE se obtuvieron análisis estadísticos para cada tipo de señal y para cada archivo de audio. Se hizo un primer monitoreo con todo el rango de frecuencias y otro decimado, para cada rango de frecuencias.

El sonido se representa para su análisis de varias maneras. Se puede plasmar un análisis temporal de la presión o nivel sonoro en forma de oscilograma de las ondas sonoras, en el que el eje de abscisas (x) representa el tiempo y el eje de ordenadas (y) el nivel sonoro (puede darse en forma de presión, voltaje, intensidad...). También se puede realizar un análisis de frecuencias o análisis espectral, el spectrum plasma en el eje de las x la frecuencia

y en el eje de ordenadas el nivel de la señal. Este análisis no da información temporal de la variación de la intensidad a distintas frecuencias a lo largo del tiempo, sino de la distribución de energía a distintas frecuencias para el fragmento de sonido analizado. Para obtener una representación de cómo cambia la distribución de frecuencias en el tiempo se utiliza el sonograma o espectrograma, en el que el eje de abscisas es el tiempo y el eje de ordenadas la frecuencia, mostrándose el nivel de la señal en cada momento y frecuencia en una gama de color. Es posible también utilizar spectrum apilados de forma tridimensional, de forma que además de los ejes x (frecuencia) e y (intensidad) de una señal, se da un eje Z de tiempo, para plasmar la evolución temporal de las señales.

En este trabajo, para el estudio de las grabaciones se utilizó la búsqueda visual monitoreando los espectrogramas en secciones de 20 segundos, en las que se puede observar la onda sonora que ha sido detectada. En algunos casos se plasman espectros tridimensionales con las gráficas extraídas del programa de procesador de sonidos PAM GUIDE de Matlab. Por último se plasmarán los estadísticos de ruido de cada fragmento de los archivos de audio con un análisis espectral con el objetivo de conocer cómo está repartida la energía para cada grupo de frecuencias.

Para la búsqueda de vocalizaciones de balaenoptéridos, se decimaron las grabaciones hasta una frecuencia de muestreo de 2 kHz para facilitar el procesamiento. Los espectrogramas se configuraron con un ancho de ventana de 90 segundos y un rango de frecuencia de 0 a 150 Hz , con una resolución espectral de 1024 bandas de frecuencias (Paniagua, 2016).

Los análisis pudieron identificar señales de tres especies de mamíferos marinos, que se determinaron como: delfín común (*Delphinus spp*), rorcual común (*Balaenoptera physalus*) y ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Asimismo se pudieron identificar vocalizaciones de peces, sonidos de invertebrados y señales provenientes de embarcaciones.

4. Resultados

A continuación se muestran los gráficos de los análisis llevados a cabo tanto para cada tipo de señal como para cada archivo analizado,

4.1 Delfines (grupos pequeños de uno a dos animales dentro del rango de detección acústica del hidrófono)

El análisis registró gran actividad acústica en frecuencias medidas de entre los 10, 17 KHz, frecuencias donde se acostumbra a hallar las vocalizaciones tonales de odontocetos (Au, 2000).

La figura 3 muestra un espectrograma de varios silbidos emitidos por uno o dos delfines, mostrando en el eje 'X' el tiempo en segundos; en el eje 'Y' la frecuencia; la escala de color refleja la intensidad de la señal.

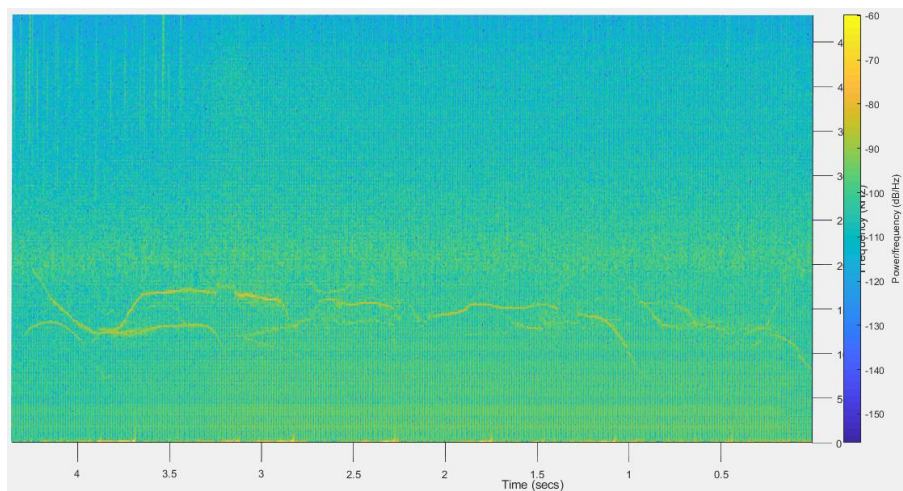


Figura 3 Silbido de un delfín común (*Delphinus spp*)

La figura 4 muestra con mayor detalle los silbidos del delfín.

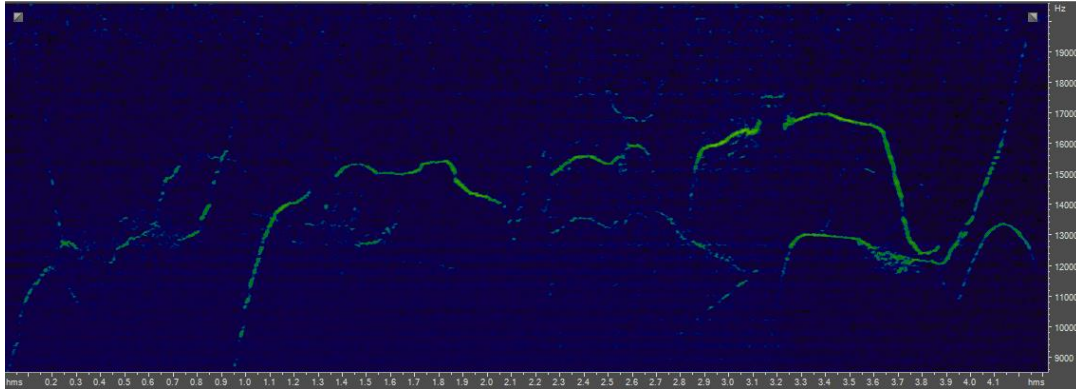


Figura 4 Silbido de un delfín (*Delphinus sp.*)

En la figura 5 se aprecia el spectrum tridimensional, lo que nos ayuda a observar la intensidad medida en decibelios y cómo varía a lo largo del tiempo. Gracias a esta figura observamos además de la actividad propia de los odontocetos, probablemente delfines. Se observan un acúmulo de energía a frecuencias bajas, por debajo de los 1.000 Hz, lo que procede del equipo de captación de sonido y del sonido ambiente marino.

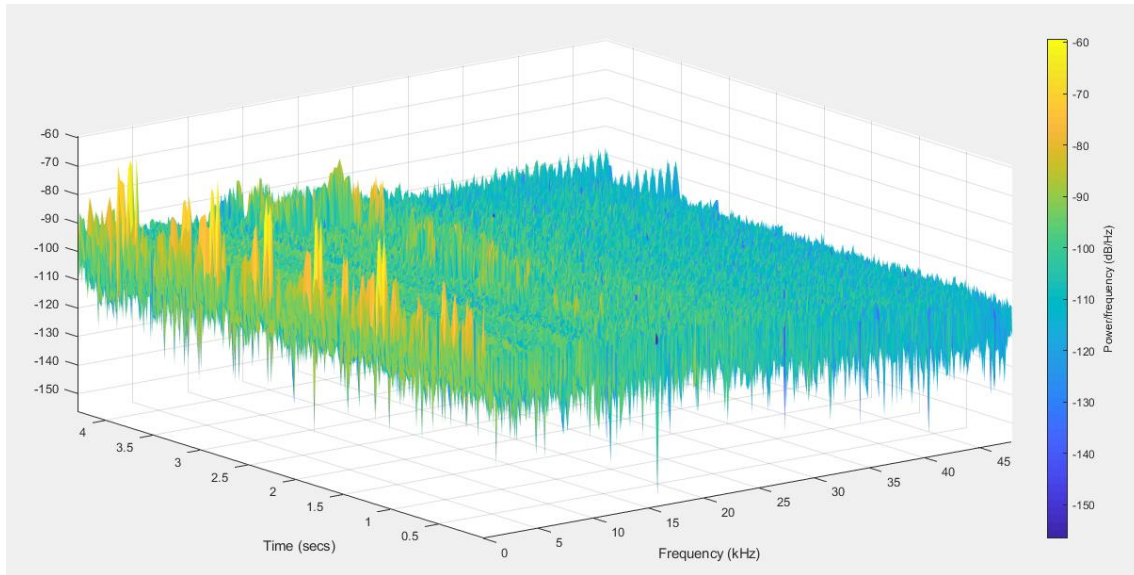


Figura 5 Spectrum tridimensional silbido de un delfín común, *Delphinus* sp. Se observan las frecuencias dominantes del delfín común a unos 15 kHz, así como las frecuencias bajas del sonido ambiente y del equipo de grabación.

La figura 6 plasma un análisis espectral con un estadístico del nivel de sonido de la onda del silbido de delfín. Donde podemos observar la frecuencia en el eje 'X' en escala logarítmica. En el eje 'Y' el PSD (*power spectral density*), densidad espectral de potencia, lo que nos da información acerca de cómo está distribuida la potencia entre todas las frecuencias (eje 'X') por las que está formada la onda. En este caso observamos claramente un pico alrededor de los 15.000 Hz, correspondiente a los silbidos del delfín y otro pico en torno a los 100 a 300 Hz, correspondiente ruido procedente del sistema de grabación y del sonido ambiente.

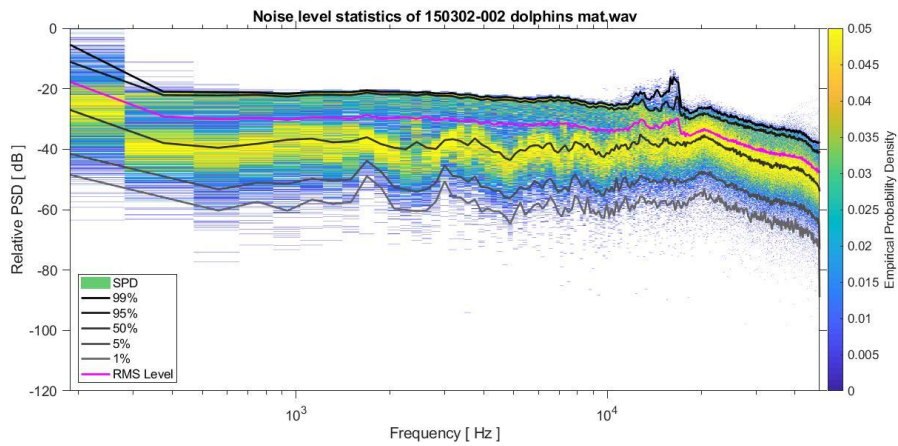


Figura 6 Estadísticos de nivel de sonido de un delfín común (*Delphinus spp*). Se observan las frecuencias dominantes del delfín común a unos 15kHz, así como las frecuencias bajas del sonido ambiente y del equipo de grabación.

4.2 Delfines, grupos numerosos

En la figura 7 se muestra un espectrograma de la onda en la que se ha encontrado la presencia de un grupo numeroso de delfines, probablemente más de diez. Se observan una mayor variabilidad en las que ocupan el espectrograma, unos 9.000 a 19.000 Hz.

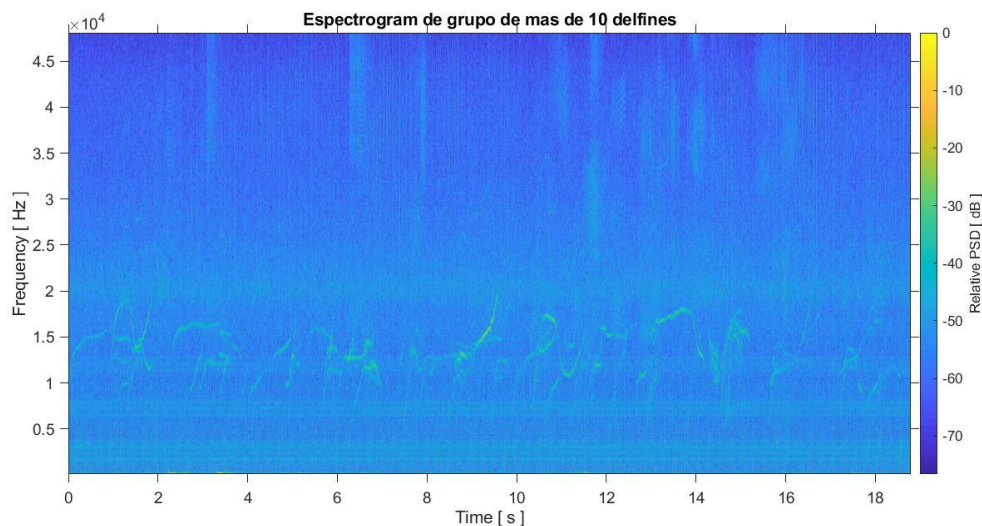


Figura 7. Espectrograma de un grupo de más de 10 delfines.

En la figura 8 encontramos con más detalles los silbidos del numeroso grupo de delfines.

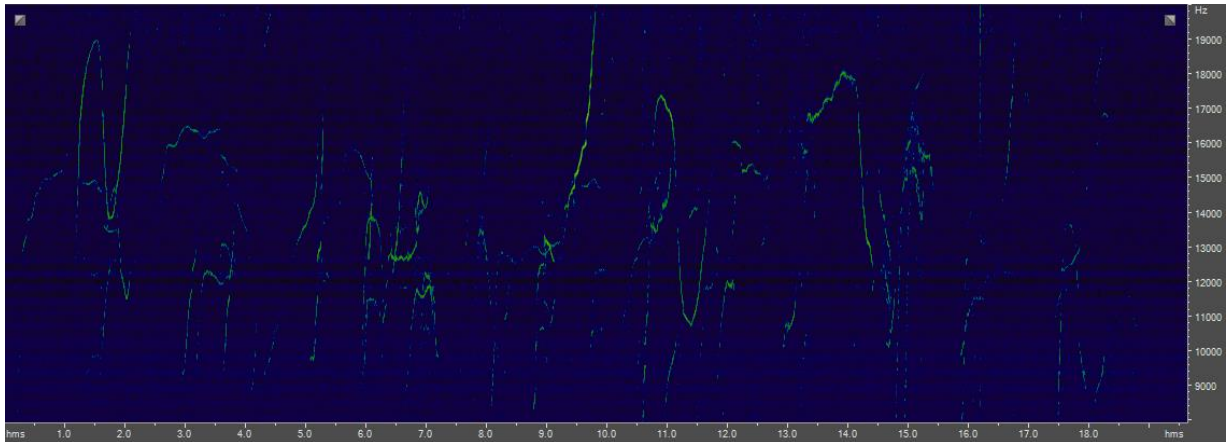


Figura 8 Silbidos de más de diez individuos (*Delphinus sp.*)

En la figura 9 vemos los estadísticos de la onda de 10 delfines, se observa un acúmulo de energía entre los 10 y 20 kHz que es donde se concentran los silbidos.

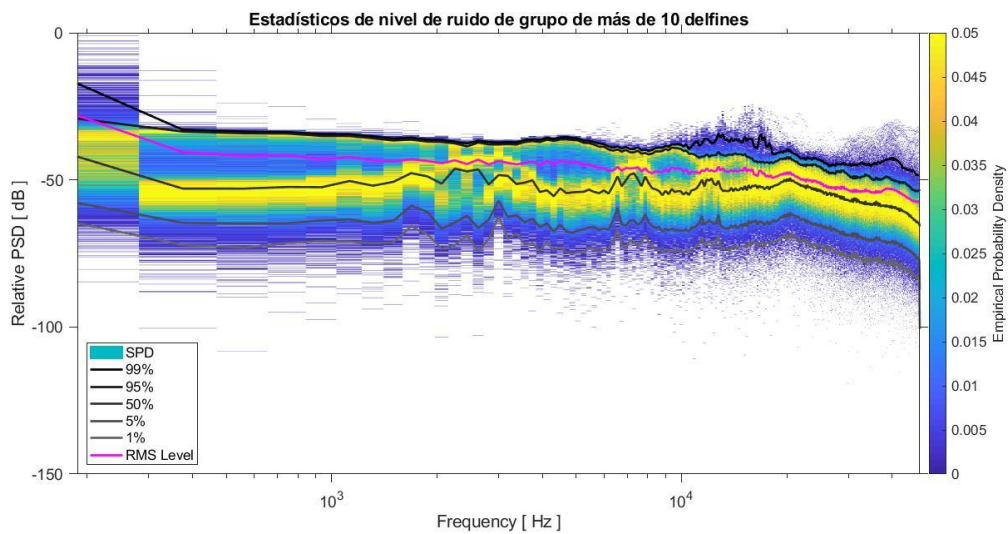


Figura 9 Estadísticos de nivel de sonido de grupo de más de diez delfines (*Delphinus spp*)

4.3 Embarcación

En la figura 10 se observa el espectrograma del paso de una embarcación, de una duración de alrededor de dos minutos, acercándose y alejándose al hidrófono. Los valores

más intensos, los podemos dividir visualmente en tres franjas de frecuencias: altas, de 14kHz a 22kHz; medias, de 4kHz a 8kHz y bajas, menores de 4 kHz.

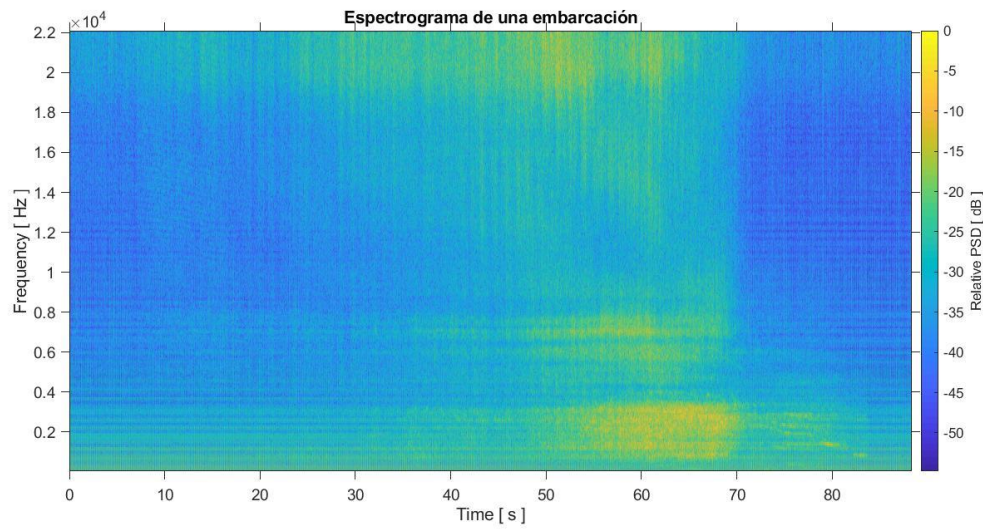


Figura 10 Espectrograma de una embarcación

En la figura 11 observamos la misma onda procedente de una embarcación en un spectrum tridimensional.

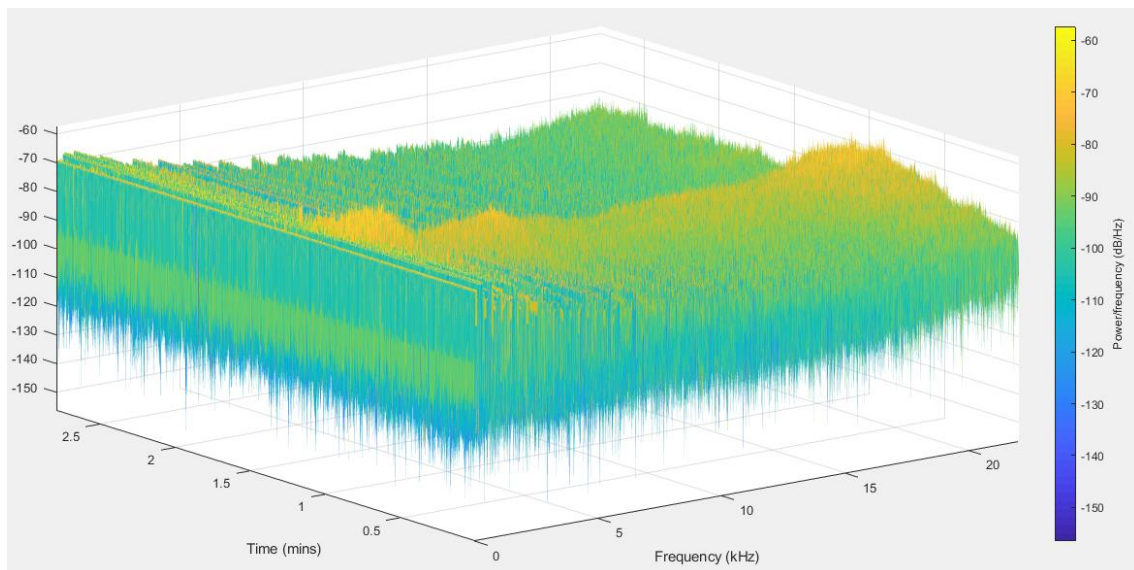


Figura 11 Spectrum tridimensional de una embarcación

En la figura 12 vemos la onda procedente de una embarcación con mayor detalle

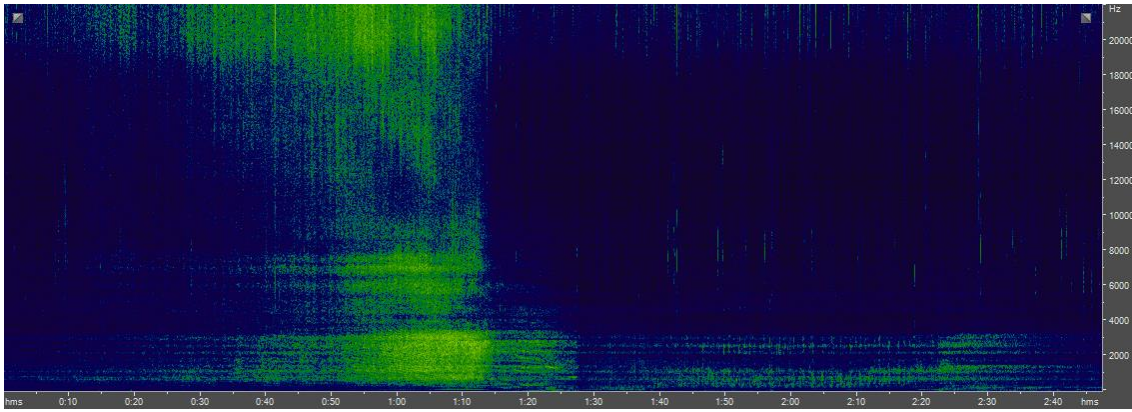


Figura 12 Embarcación

En la figura 13 observamos los estadísticos de la onda de la embarcación. Observamos homogeneidad a excepción de unos picos en 6.000 , y 8.000 Hz aproximadamente, que corresponde al ruido cavitación del motor (explosión de burbujas creada por la hélice); y otro pico de 1.000 a 3.000 Hz que corresponde a las frecuencias bajas del motor, correspondiente al paso de la hélice y vibraciones del casco. Probablemente fuera un barco de pequeña eslora, dado que los buques de gran tamaño generan sonidos de frecuencias más bajas. Para definirlo sería necesario contar con los datos de calibración del sistema de grabación, para conocer su sensibilidad a bajas frecuencias

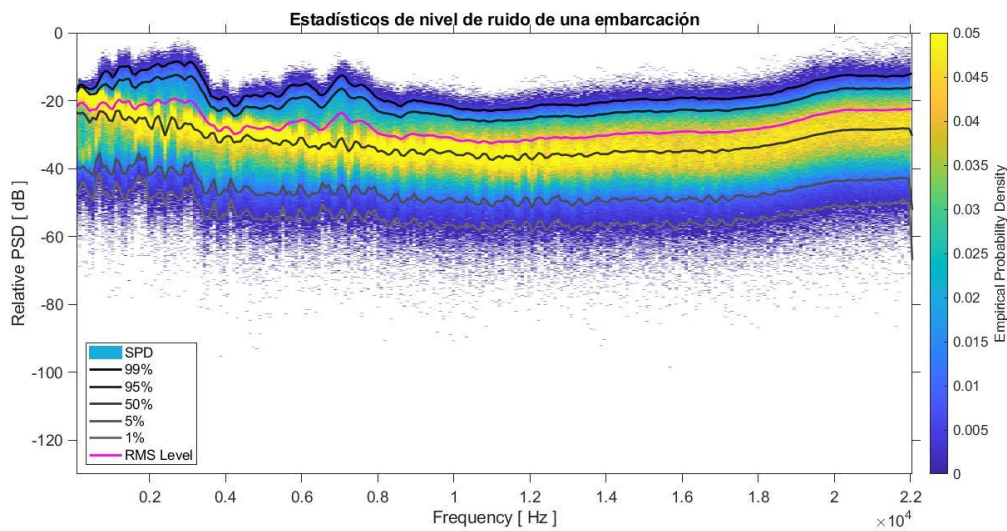


Figura 13 Estadísticos de nivel de sonido de una embarcación

4.4 Rorcual común

En la figura 14 se observa el espectrograma en escala decimal de 45 segundos de grabación en los que se observan sonidos del rorcual, predominantemente alrededor de los 20Hz.

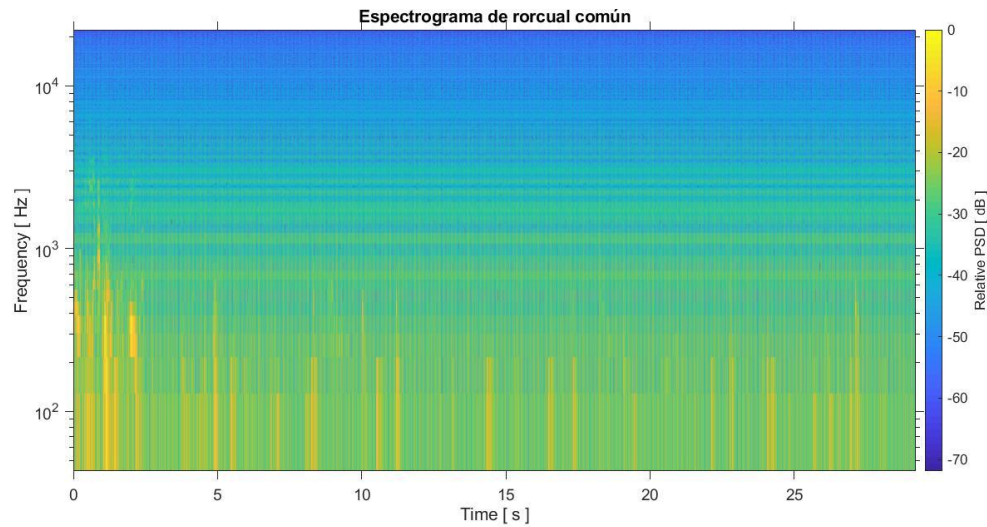


Figura 14 Espectrograma de rorcual común (*Balaenoptera physalus*) con las frecuencias en escala logarítmica para visualizar con más detalle las frecuencias bajas de las vocalizaciones.

En la figura 15 vemos la onda procedente de rorcual común con mayor detalle y una escala lineal. Se muestra la onda decimada, de forma que se aprecian únicamente frecuencias hasta 150Hz.

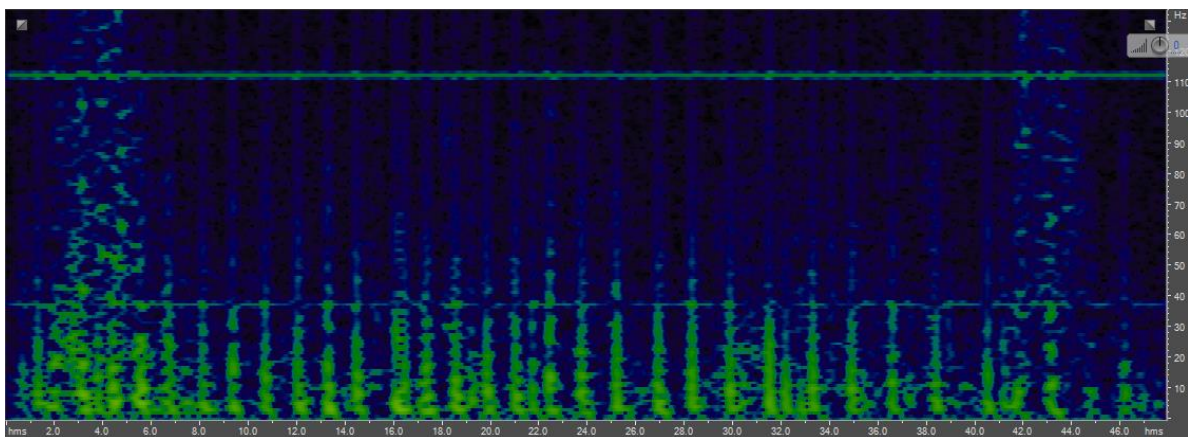


Figura 15 Espectrograma de un rorcual común (*Balaenoptera physalus*)

En la figura 16 se ve representado un estadístico de sonido de la onda perteneciente a la vocalización del rorcual común. Se presenta con un modelo logarítmico. Vemos gran actividad por debajo de los 100Hz.

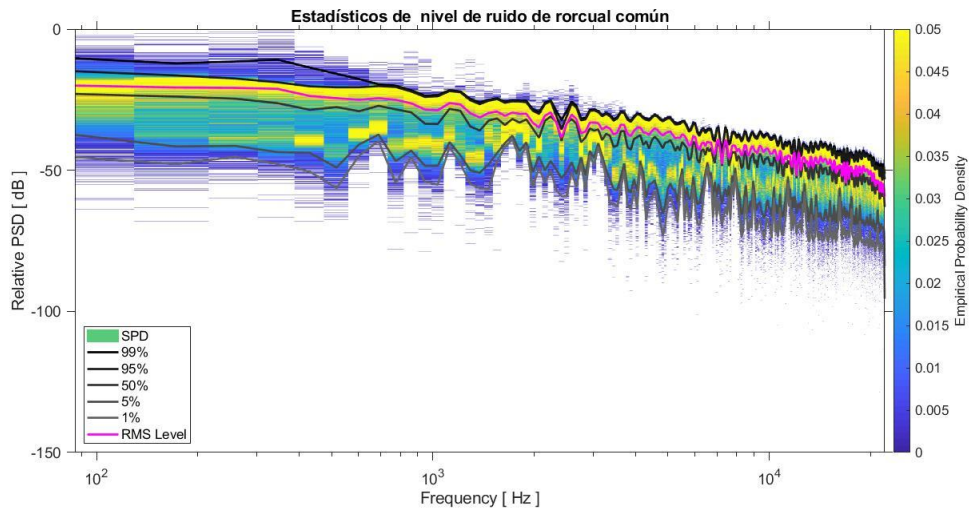


Figura 16 Estadísticos de nivel de sonido de un rorcual común (*Balaenoptera physalus*)

4.5 Ballena azul

En la figura 17 se ve un espectrograma en escala logarítmica de un extracto de 20 segundos de una grabación en la que aparece vocalizaciones de tipo A y B de ballena azul. Se aprecian las vocalizaciones por debajo de los 100 Hz.

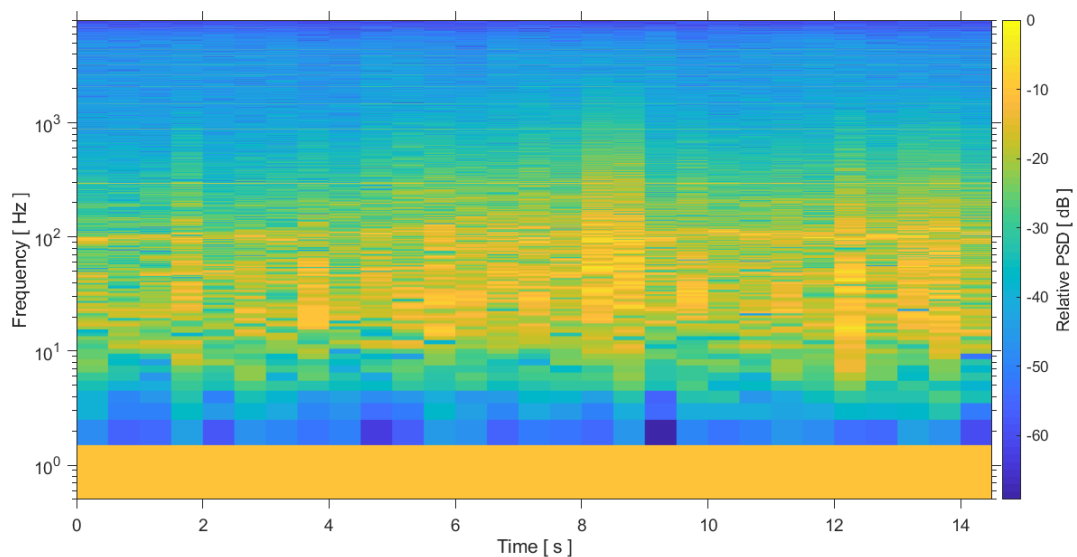


Figura 17 Espectrograma de vocalización A y B de ballena azul (*Balaenoptera musculus*). La banda cercana a la base de la figura es un artefacto e la representación gráfica.

En la figura 18 vemos la onda de la vocalización de la ballena azul en escala decimal, utilizando el sonido decimado, es decir, vemos las frecuencias hasta los 800Hz.

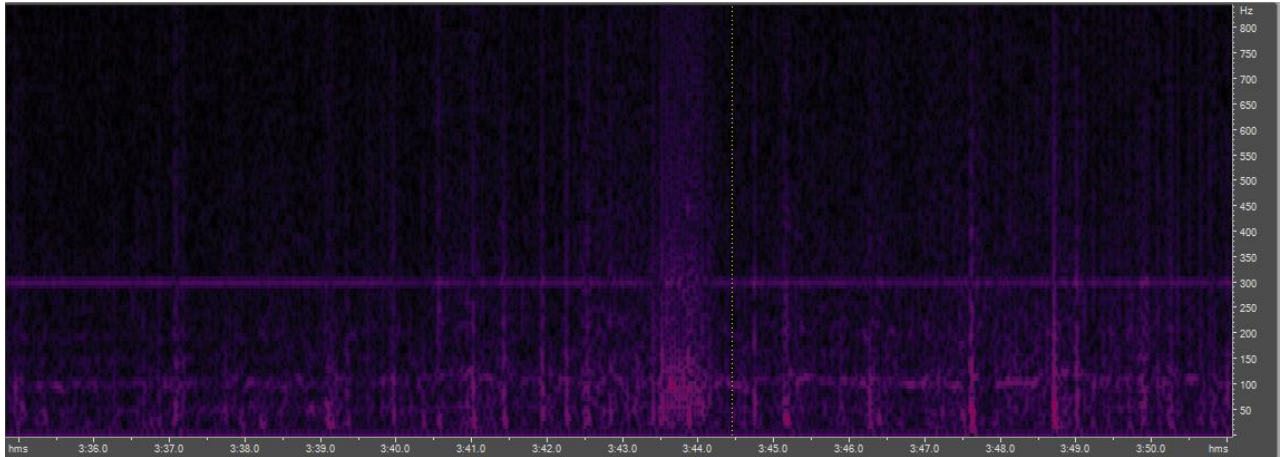


Figura 18 Vocalización A y B de ballena azul (*Balaenoptera musculus*)

En la figura 19 vemos el spectrum tridimensional para poder observar los picos de mayor energía.

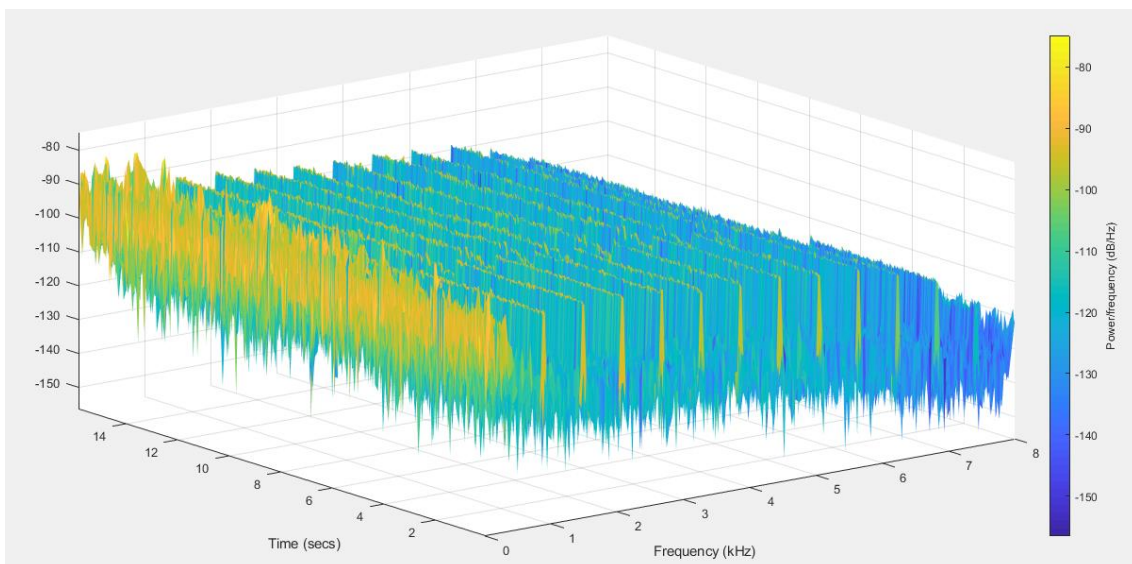


Figura 19 Spectrum tridimensional vocalización de ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Los picos de energía en forma de armónicos a mayores frecuencias son artefactos de la grabación y representación.

En la figura 20 se representan los estadísticos de sonido de la grabación en la que se observa ballena azul. Vemos varios picos en distintas frecuencias (200, 1000, 1050Hz,...) que corresponden a ruido procedente del sistema de grabación. Así mismo vemos acumulación de energía alrededor de los 100 Hz que corresponden a la ballena azul.

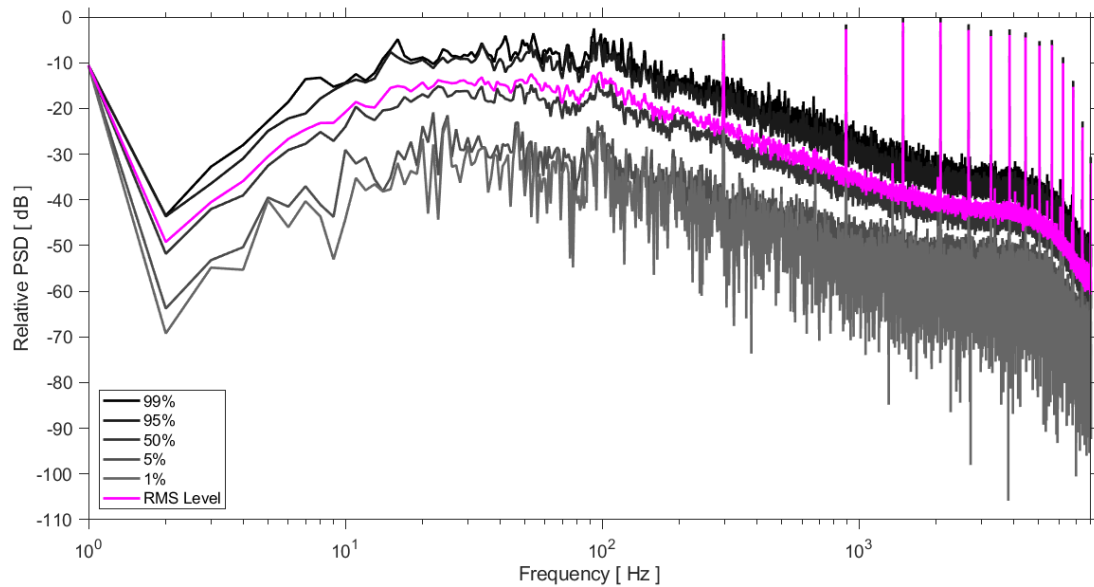


Figura 20 Estadísticos de nivel de ruido de una ballena azul

4.6 Peces

En la gráfica 21 vemos un espectrograma en el que se representa una biofonía de peces. Se representa un fragmento en el que la energía se encuentra repartida a lo largo de la grabación, en frecuencias bajas de hasta 1400Hz.

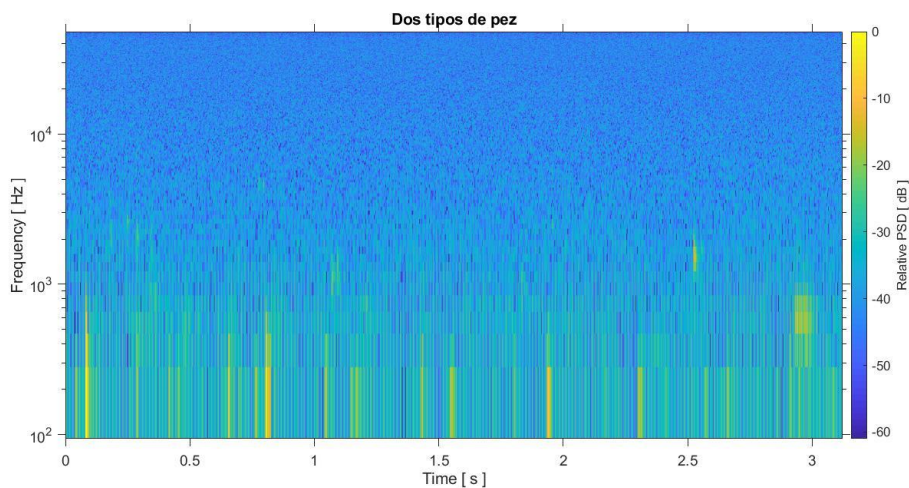


Figura 21 Espectrograma de dos peces distintos.

En la figura 22 se puede apreciar la onda en la que se encuentran las 2 especies de peces, producen sonidos notablemente diferentes: las señales de una especie se plasman recuadradas en verde y las de la otra especie rodeadas en azul.

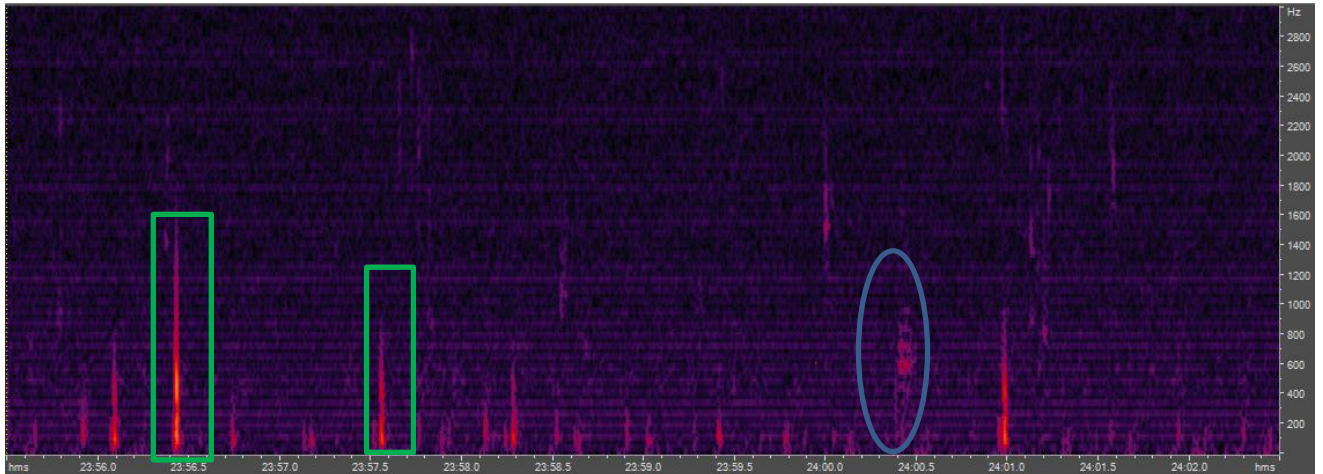


Figura 22 Vocalización de dos tipos de peces

La siguiente gráfica(figura 23) representa los estadísticos de nivel de sonido de la grabación en la que se encontraron los peces. Vemos que es bastante monótona, a excepción de algún pico en frecuencias bajas, por debajo de los 1000Hz.

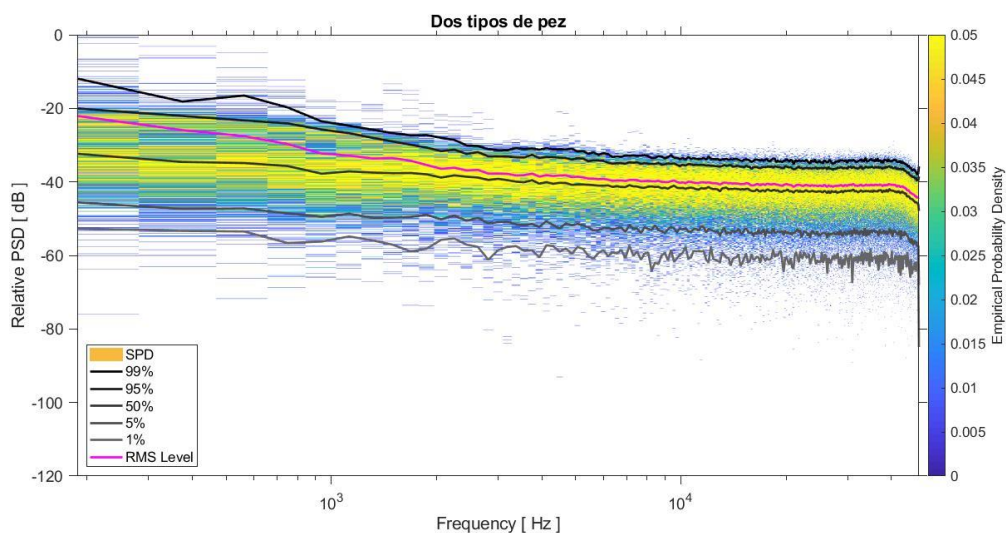


Figura 23 Estadísticos de nivel de sonido de dos peces

A continuación se muestran ejemplos de los análisis de archivos completos y cómo se distribuyen en los mismos los distintos tipos de sonidos encontrados:

4.7 Archivo de audio de 2 de marzo de 2015

Comienza a las 13:53 y finaliza a las 15:26 (1 hora y 33 minutos). A continuación se muestra el archivo de audio procesado con PAM GUIDE. Se trata de una grabación en presencia de una ballena azul, pero ésta no vocalizó, mientras que se detectaron en el área delfines que sí que lo hicieron.

La gráfica 24 representa el espectrograma de esta grabación.

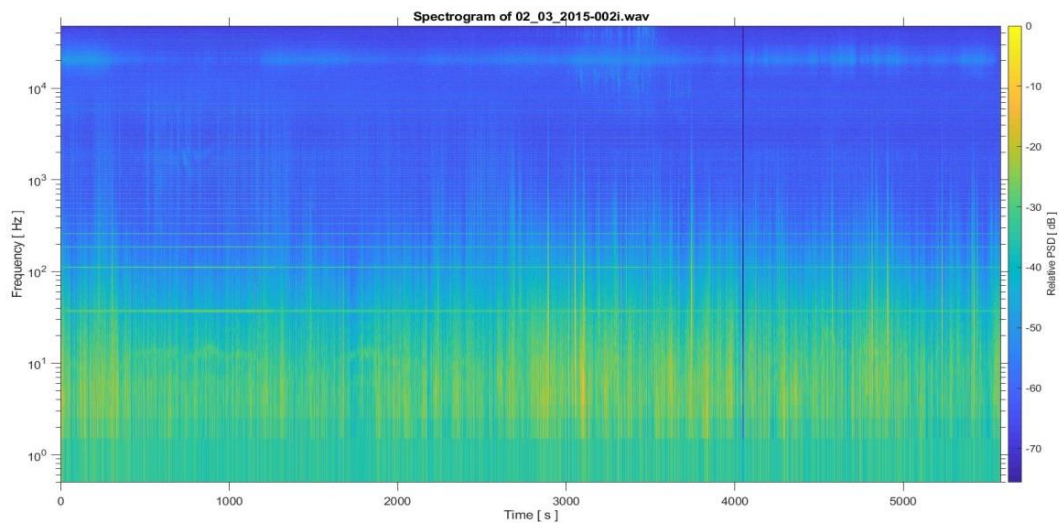


Figura 24 Espectrograma del archivo de audio del 2 de marzo de 2015

Para explicar lo observado en este archivo se usa la figura 25 que se expone a continuación. En este caso, se encontraron dos elementos: silbidos y chasquidos (clicks) de delfín.

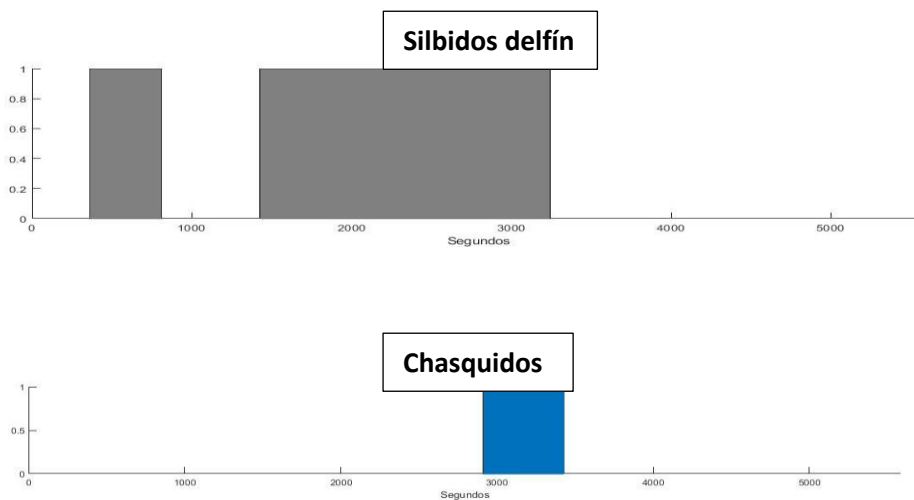


Figura 25 Representación de las detecciones de la grabación del archivo de audio de 2 de marzo de 2015.

La figura 26 representa el estadístico de sonido del archivo. Se observa la mayoría de la energía se concentra por debajo de los 100Hz. Es necesario un análisis más profundo para investigar a qué corresponde esta energía, dado que los chasquidos y silbidos de los delfines se observan como concentraciones de energía a mayores frecuencias.

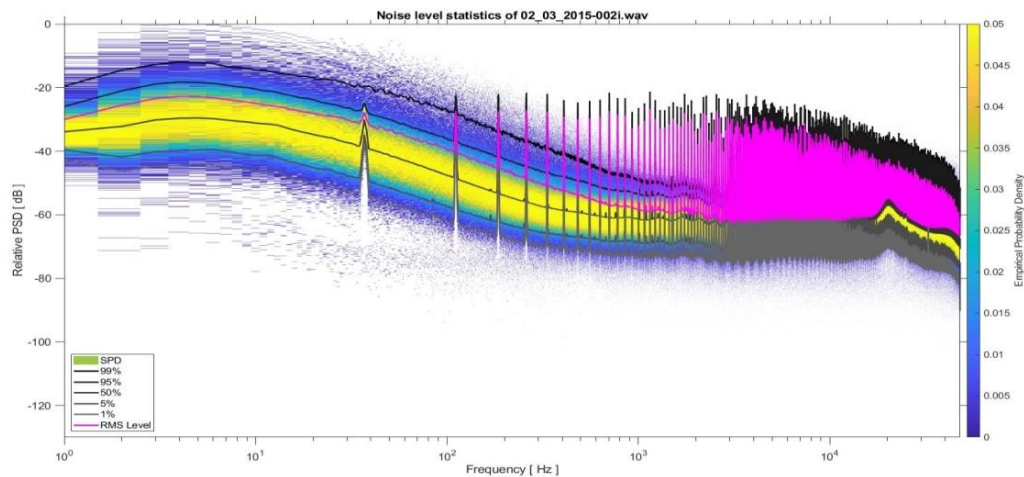


Figura 26 Power spectral density y estadísticos de nivel de ruido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo con una superposición del 50%. Escala logarítmica.

4.8 Archivo de audio 140313-006

A continuación se muestra la figura 27, que es el espectrograma del archivo del 14 de marzo de 2013. Con 51 minutos y 39 segundos. Los metadatos de este archivo, referidos a la hora de grabación no se consiguieron. Esta gráfica representada con PAM GUIDE se observa que la mayoría de la energía se concentra alrededor de los 100Hz. Se trata de una grabación en presencia de una ballena azul.

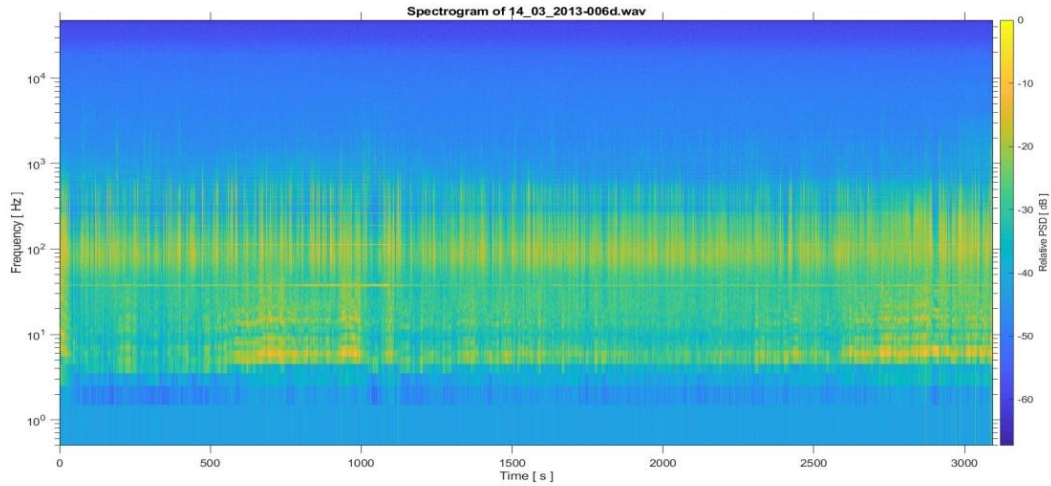


Figura 27 Espectrograma del archivo de audio 140313-006

A continuación se representa en la figura 28 los sonidos encontrados en el archivo: peces, 3 embarcaciones y una ballena azul que ocupa el total del archivo.

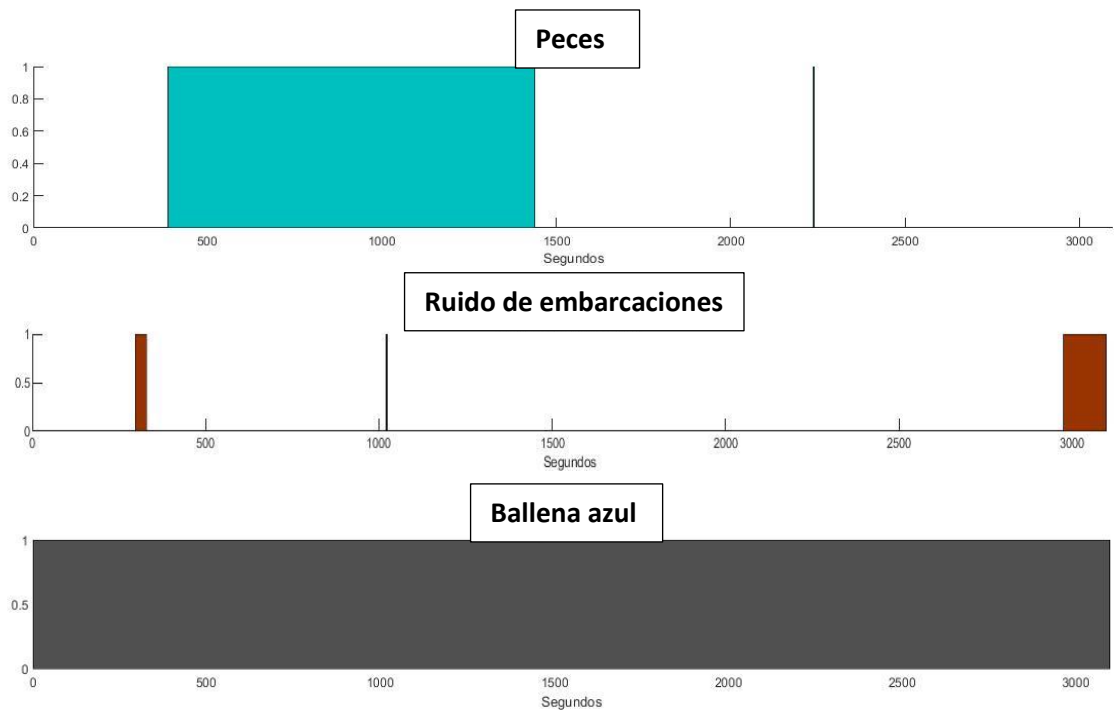


Figura 28 Representación de las detecciones encontradas en el archivo de audio 140313-006.

La siguiente gráfica, la figura 29, son los estadísticos de sonido del archivo de audio 140313-006, el círculo rodea las frecuencias donde se encuentra la ballena azul, por ello uno de los picos de más energía (alrededor de los 10Hz). Asimismo vemos otro pico, más o menos constante, de los 100 a los 1000Hz.

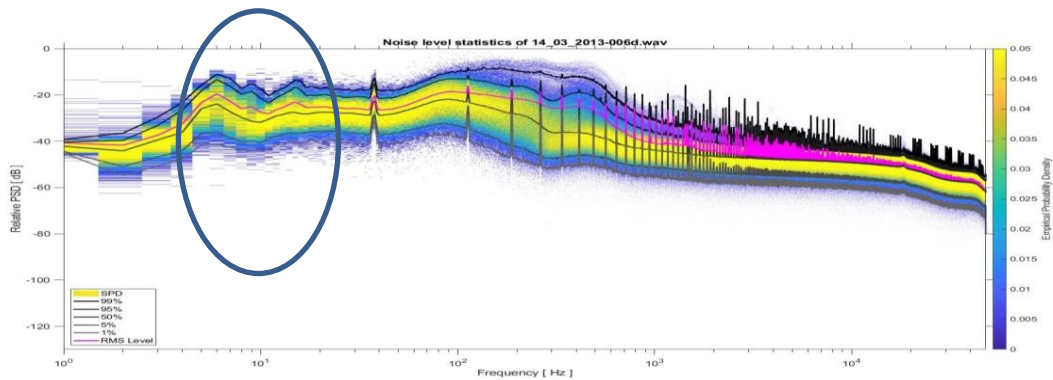


Figura 29 Estadísticos de nivel de ruido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo, con una superposición del 50%. Escala logarítmica.

4.9 Archivo de audio de 6 de marzo de 2014 (Grabación 001)

Comienza a las 11:14 y acaba 14:47; duración de 3 horas y 33 minutos. A continuación se observa en la figura 30 un espectrograma de dicha grabación, a simple vista se observa poca intensidad de energía. Es una grabación en una boya.

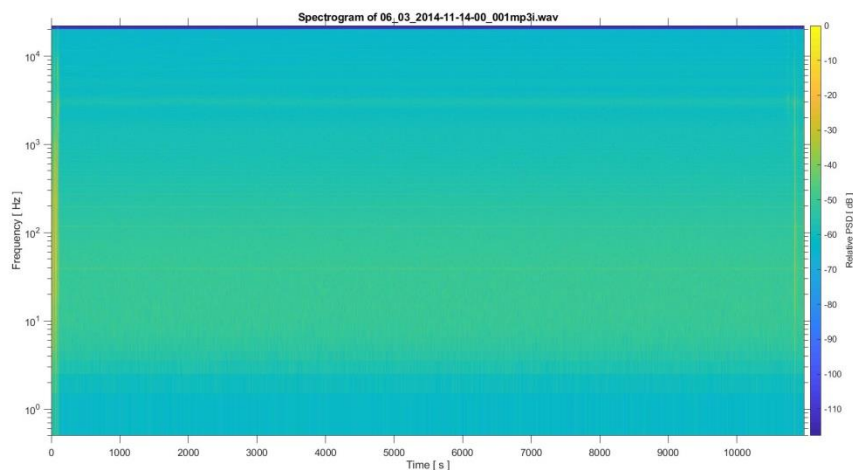


Figura 30 Espectrograma del archivo de audio del 6 de marzo de 2014 (Grabación 001)

En la gráfica 31 observamos los estadísticos de sonido de la grabación en el que se observa energía de banda ancha, que es necesario investigar más para identificar su fuente, que podría estar lejos de la boya, lo que dificulta su determinación.

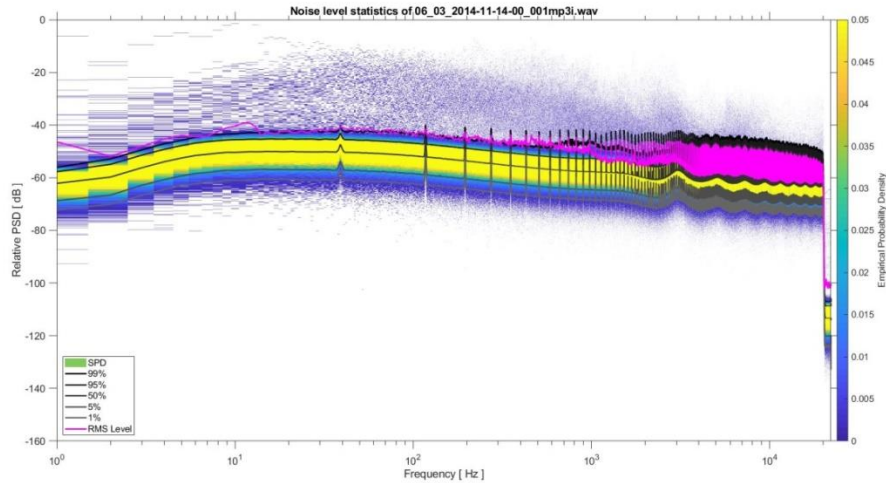


Figura 31 Estadísticos de nivel de ruido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo. Con una superposición del 50%. Escala logarítmica.

4.10 Archivo de audio de 6 de marzo de 2014 (Grabación 004)

La figura 32 muestra el espectrograma de la grabación obtenida el 6 de marzo de 2014, se comienza a grabar a las 15:31. Tiene una duración de 2 horas, 5 minutos y 18 segundos. Se aprecia a simple vista la acumulación de la energía en la última parte de la grabación, y en un amplio rango espectral.

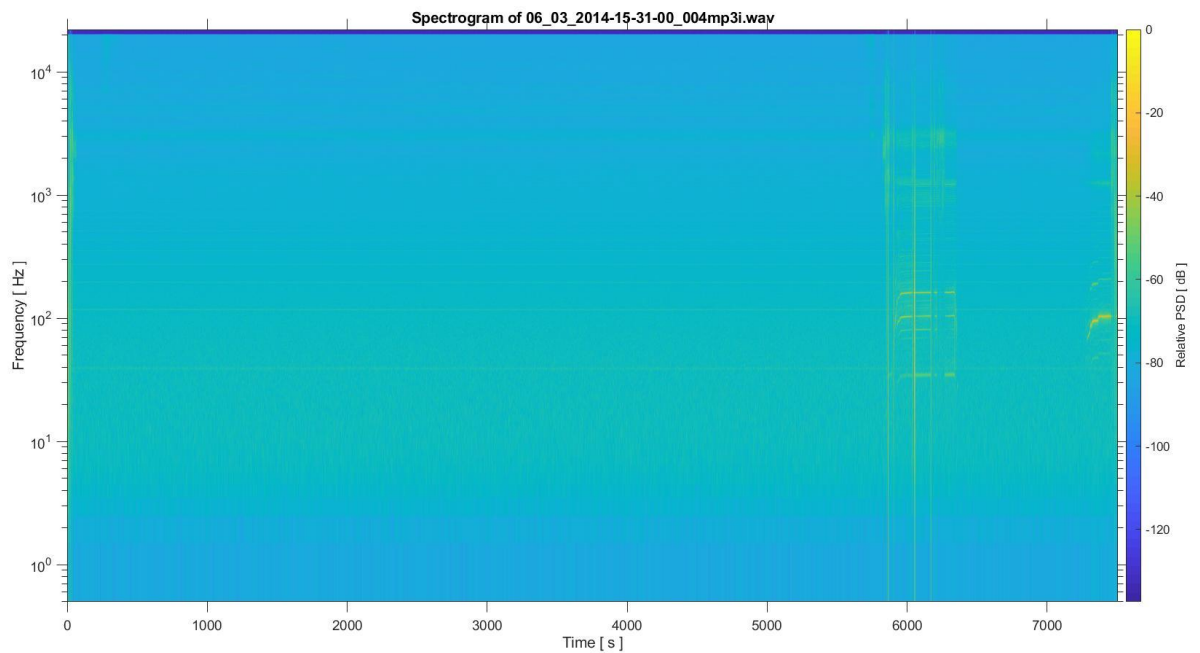


Figura 32 Espectrograma del archivo de audio del 6 de marzo de 2014 (Grabación 004)

En la siguiente figura 33 se aprecia un esquema donde se observa la presencia de dos grupos de peces, uno de delfines (silbidos) y una embarcación.

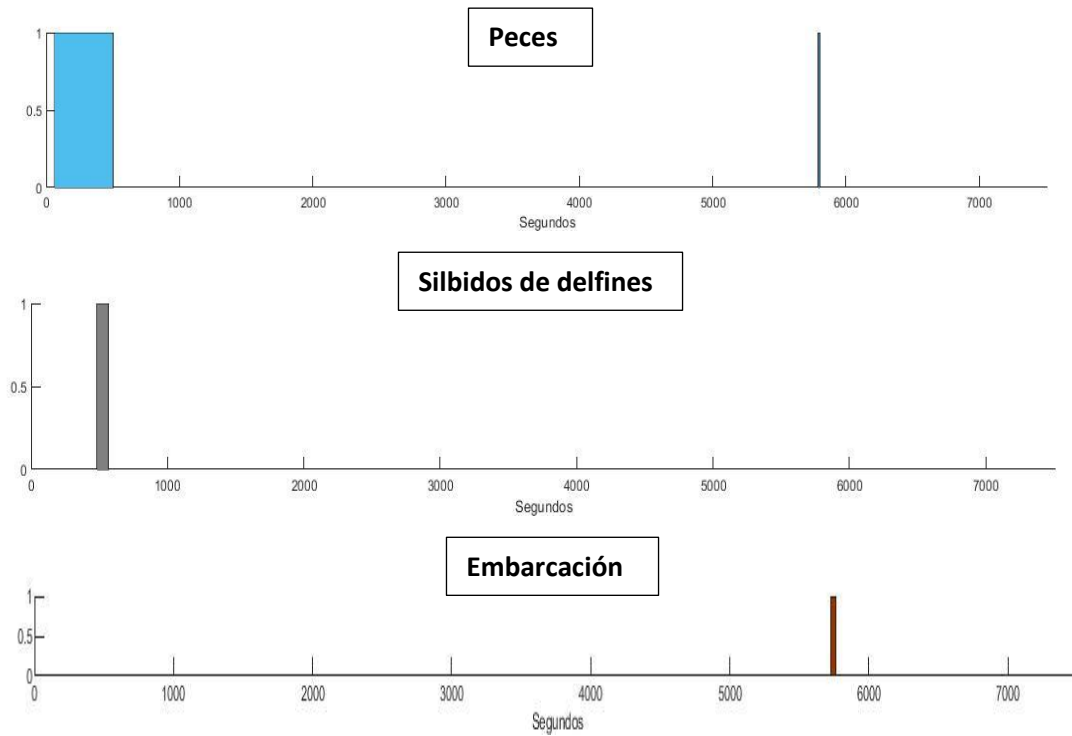


Figura 33 Esquema de presencia peces, silbidos delfines y embarcación respectivamente.

En la siguiente gráfica 34 se observan los estadísticos de sonido de la grabación. Se aprecian varios picos alrededor de los 100Hz y más pequeños picos entre los 200 y 1000Hz. Asimismo se puede ver alrededor de los 20Hz un pico de energía.

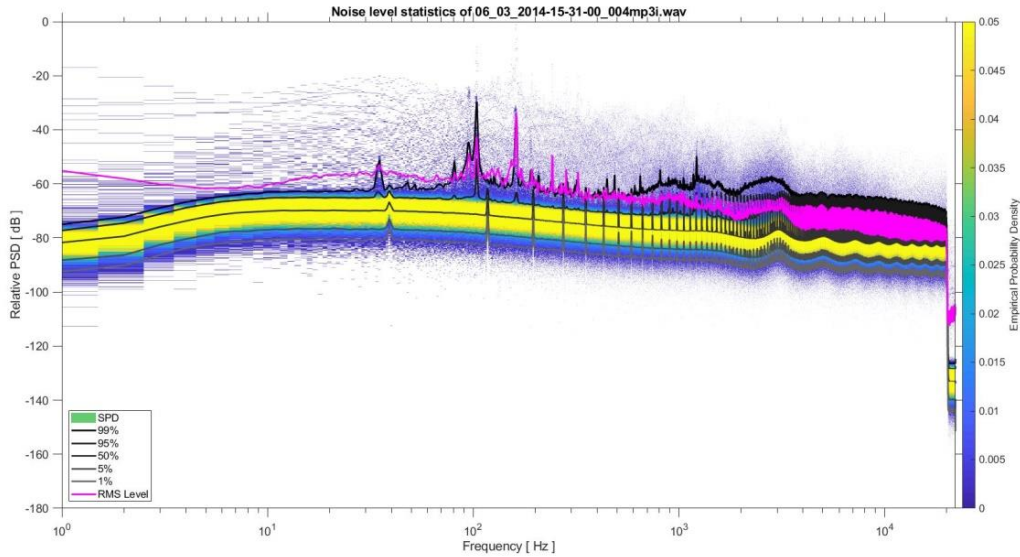


Figura 34 Estadísticos de nivel de sonido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo, con una superposición del 50% Escala logarítmica.

4.11 Archivo de audio STE-000

En la siguiente figura 35 se observa el espectrograma del archivo STE-000, perteneciente al sistema de grabación en una boya fijada en el año 2014. Tiene una duración de 3 horas, 22 minutos y 48 segundos. En la figura se aprecian varias acumulaciones de energía sucesivas y decrecientes: en los 60Hz, 100Hz y hasta los 10.000 Hz perdiendo paulatinamente más energía. Asimismo se ven energía concentrada en varios grupos distintos a lo largo de la grabación, todos ellos por encima de los 1000Hz.

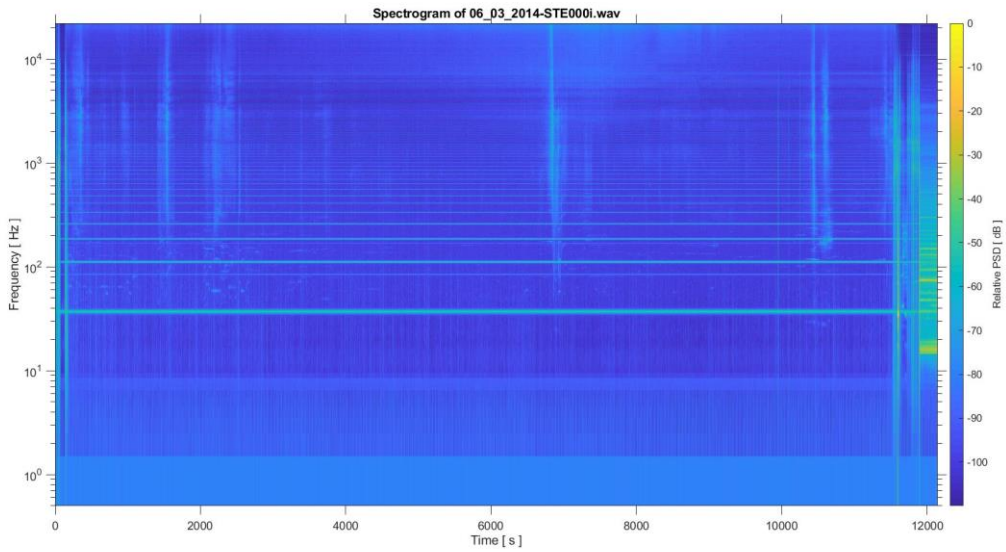


Figura 35 Espectrograma del archivo de audio STE-000

La figura 36 es un esquema que refleja todos los sonidos de esta grabación: 1 grupo de peces, un periodo de camarón pistola, y 3 embarcaciones.

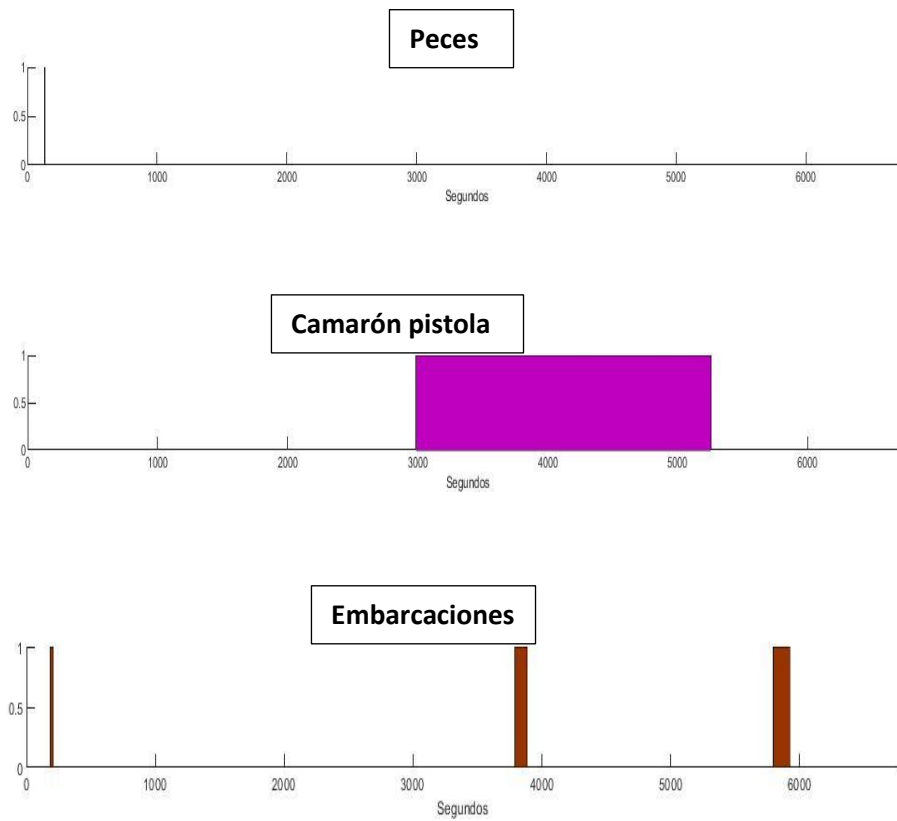


Figura 36 Esquema de las detecciones halladas en el archivo de audio STE-000

A continuación se observa la figura 37 con los estadísticos de sonido de la grabación. La energía se reparte de manera más o menos uniforme por todos los rangos de frecuencia que van desde los 10 Hz hasta los 1200Hz.

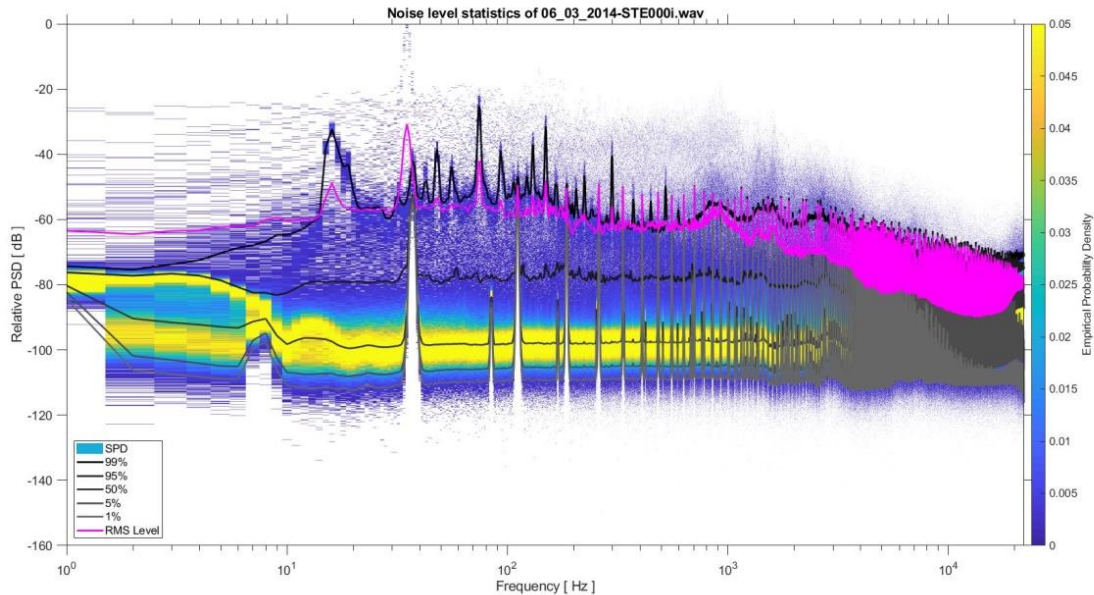


Figura 37 Estadísticos de nivel de sonido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo, con una superposición del 50%. Escala logarítmica.

4.12 Archivo de audio STE-001

En la siguiente figura 38 observamos el espectrograma de la grabación STE-001. Se tomó la grabación el 6 de marzo de 2014 a las 11:14, con una duración de 1 hora 20 minutos y 55 segundos. En la gráfica se observa a simple vista una gran cantidad de energía al comienzo de la grabación, entre los 10 y los 1200Hz. Se trata de una grabación hecha desde una boya (pasiva).

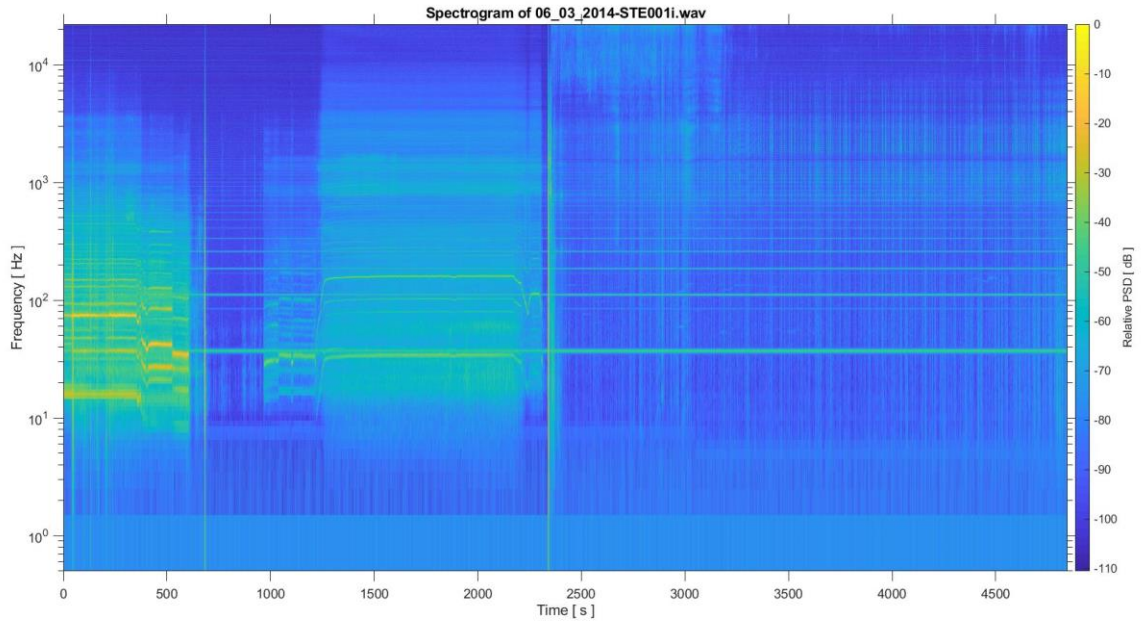
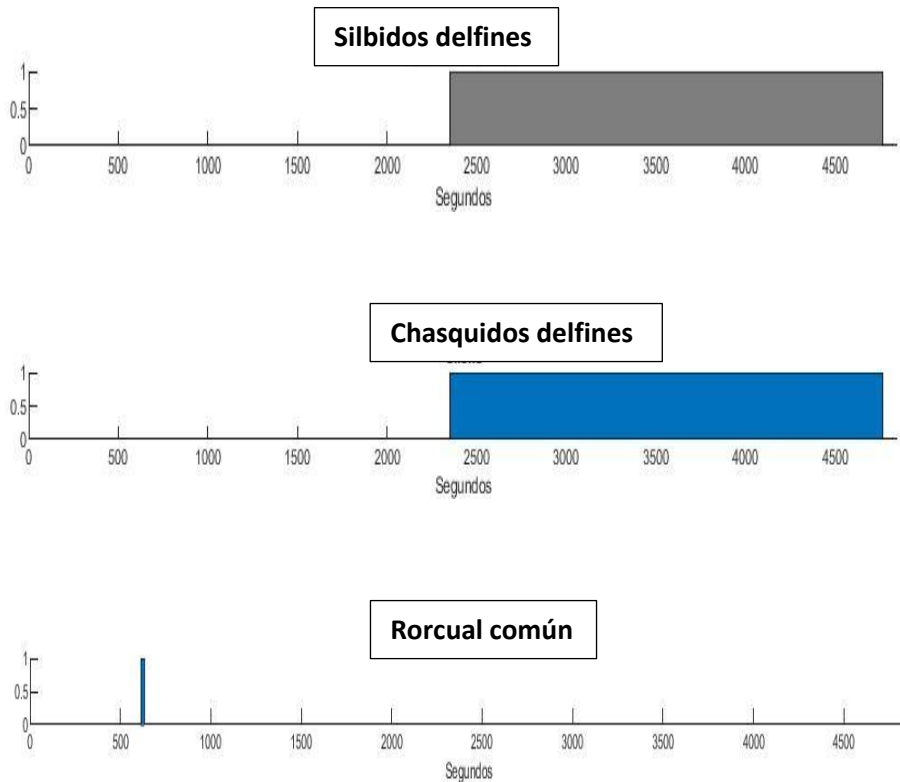


Figura 38 Espectrograma de la grabación STE-001.

La figura 39 muestra el esquema donde vemos que la mayor parte del final de la grabación lo ocupan delfines (silbidos y chasquidos). Vemos un rorcual común, un grupo de peces y 3 embarcaciones.



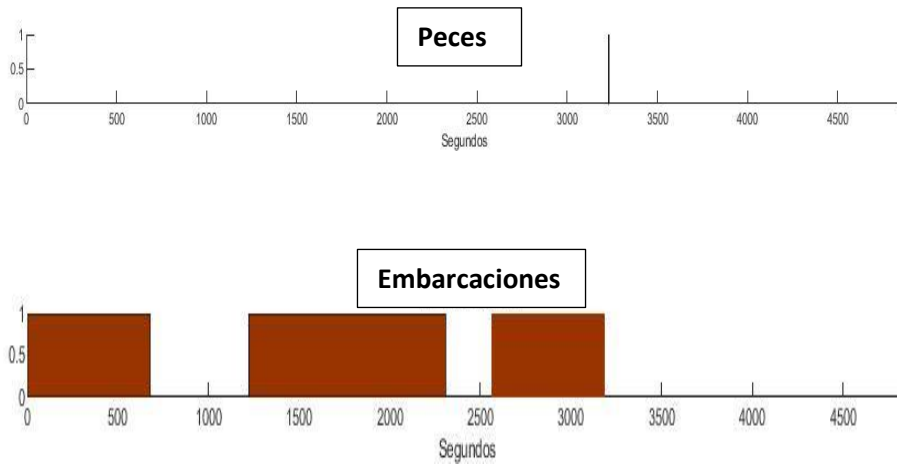


Figura 39 Esquema de detecciones del archivo de audio STE-001

En la figura 40 observamos los estadísticos de nivel de sonido del archivo STE-001, vemos que la mayoría de la energía se acumula entre los 10 y los 100Hz.

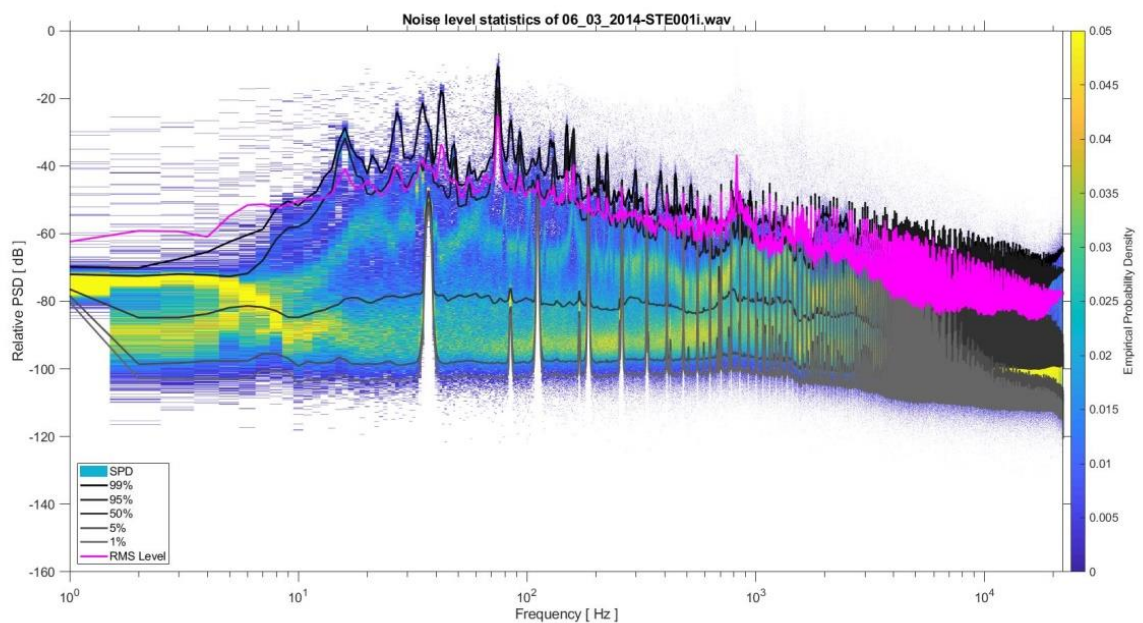


Figura 40 Estadísticos de nivel de ruido. Ratio de muestreo: 44100Hz. Ventana de análisis de 1 segundo, con superposición del 50%. Escala logarítmica.

5. Discusión

El parque de la Bahía de Loreto presenta una actividad acústica dinámica y variable, con presencia de delfines, ballenas, peces e invertebrados, así como de ruido antrópico. Este estudio representa un análisis preliminar del paisaje acústico del parque, que servirá de base a estudios más profundos del mismo, y podrá constituir una referencia para el monitoreo de la calidad acústica del parque en el futuro. Durante el periodo de estancia del autor del trabajo en el parque (tres días de esfuerzo en el mar) se observaron varios grupos de cetáceos, como sigue: dos grupos de delfines, una ballena jorobada, tres ballenas azules y dos rorcuales comunes. El análisis acústico del paisaje sonoro del parque no pudo realizarse de forma simultánea a esta estancia, pero el análisis de datos anteriores ha mostrado la eficacia del método para registrar su fauna marina y contaminación acústica de embarcaciones.

Del archivo de audio del 2 de marzo de 2015 observamos que la presencia de delfines viene acompañada de sus silbidos y en menor medida sus ‘chasquidos’, que se solapan con los primeros en frecuencia. Realmente, los chasquidos de los delfines concentran su energía en frecuencias ultrasónicas, que no se registraron aquí debido a que la frecuencia de muestreo de 48 kHz implica que solo se puede analizar hasta la frecuencia Nyquist (la mitad de la frecuencia de muestreo). Sin embargo, los silbidos se dan a frecuencias medias (Au *et al.*, 2008), que se registran aquí completamente.

Asimismo, a pesar de ser una grabación en la que se graba porque se observa la ballena azul en las proximidades de la barca, ésta puede estar presente pero no vocalizar, por lo que concluimos que incluso en una zona de reproducción, este cetáceo no vocaliza constantemente.

Del archivo de audio 140313-006 se puede ver que, durante toda la hora que dura la grabación, hay al menos una ballena azul vocalizando constantemente. Asimismo, a pesar de la presencia de tres embarcaciones, la ballena no interrumpe la vocalización. No contamos con suficientes datos en este trabajo para cuantificar posibles variaciones de la canción en cuanto a tasa de repetición de las llamadas o cambios espectrales, como han sido registrados en otras especies. También se ve en esta grabación, que a la vez que la ballena, se encuentran algunos peces durante gran parte del tiempo vocalizando en la zona. Los sonidos de las embarcaciones, dependiendo del tipo de embarcación y por tanto de las frecuencias que emite, pueden enmascarar las llamadas de los misticetos (revisado en Aguilar *et al.*, 2011).

Igualmente, se ha estudiado que en la ballena franca del Atlántico Norte, el ruido de embarcaciones parece causar estrés, dado que sus niveles de cortisol se redujeron en un año de menor tráfico marino coincidente con el episodio del ataque del 2001 a las torres gemelas en Estados Unidos (revisado de Aguilar Soto *et al.*, 2011)

De la grabación 1 del 6 de marzo, no se registraron sonidos de cetáceos. Esta grabación es estacionaria, en una boya fija, por lo que graba de forma aleatoria, y se desconoce si su posición coincide o no con las zonas de uso preferente de los animales

En cambio en la grabación 4 del mismo día, se puede observar gran cantidad de peces, justo después silbidos de un grupo de delfines; y sin aparente relación, al final, una embarcación, de lo que no se puede concluir que ésta última sea la que provoca la ausencia del resto de biofonías simultáneas a la embarcación.

En la grabación STE-000 de boya, se aprecia un cambio, con respecto a las anteriores esto es debido a la presencia en gran parte de la grabación, de camarón pistola. Estos animales, vemos en el archivo, que no modifican sus funciones normales por la presencia simultánea de una embarcación que pasa por la misma zona. Lo mismo pasa con los sonidos de peces, que son simultáneos a una embarcación.

En otra grabación STE-001 también desde boya fija, se aprecia presencia de un grupo de delfines, que viene denotado por sus silbidos y chasquidos. Simultánea es una embarcación que parece no afectar a la presencia de estos animales; así como la presencia de peces. También aparece, a la vez que otra embarcación, un rorcual común.

De las 11 horas y 55 minutos analizadas de las grabaciones se observa que solo el 7.11% del tiempo se detectan vocalizaciones de rorcuales azules. Del tiempo total, tan solo durante 2 horas y 24 minutos tenemos la certeza de que había ballena azul en las proximidades, y en este periodo se detectaron señales de la especie en un 35.41% del tiempo. De estos datos sacamos que el método más efectivo para escuchar vocalizaciones de ballena azul es el llevado a cabo cuando hay presencia de algún individuo en el área. Sin embargo hay que tener en cuenta que este cetáceo es de los rorcuales menos activos vocalmente (Recalde Salas, 2014).

En el caso del rorcual común sus vocalizaciones se detectaron en un 0.14% del tiempo de grabación analizado, destacando que se halla en una grabación pasiva, por lo que se refuerza la idea de que el monitoreo acústico que se realiza con una boya fija es efectivo para

el estudio del ambiente, que fue capaz de detectar a este animal, aunque no sea tan frecuente en el área como el rorcual azul.

6. Conclusiones

El análisis de un paisaje sonoro del parque necesita de muchas horas de grabación para poder monitorear variaciones espaciales y temporales de las distintas fuentes sonoras. Aun así se puede observar que con la cantidad de horas de grabaciones, limitadas por las horas de análisis a posteriori de las mismas y otros factores técnicos referidos al equipo de grabación, se puede comenzar un estudio en profundidad de un gran número de características del ambiente y de las especies que en él habitan.

Acerca de la ballena azul se ha apreciado que es muy poco vocalizadora, lo que coincide con estudios previos en otras áreas. También se observa que a pesar del paso de embarcaciones cerca de la misma, no muestra reacciones comportamentales aparentes, continuando de igual manera vocalizando, aunque sería necesario un estudio más profundo para evaluar posibles efectos del ruido sobre las vocalizaciones de estos cetáceos. Lo mismo pasa con los otros cetáceos detectados acústicamente: delfines y rorcual común; así como con los diferentes peces que se han analizado.

Se observa que la Bahía de Loreto registra contaminación acústica por el paso de embarcaciones, que se registraron en un 6.52% del tiempo de grabación. Es necesario evaluar más profundamente los impactos que esta contaminación podría causar sobre el comportamiento y fisiología (estrés) de las ballenas reproductoras en el área, así como sobre otra fauna marina del parque.

El trabajo realizado en este parque es el comienzo de un estudio más profundo para tratar de que las actividades turísticas referidas en general al avistamiento de cetáceos, y más en particular a la ballena azul en temporada de presencia de ballena azul en el parque, afecten lo menos posible a las especies en cuanto a la contaminación acústica. El objetivo es crear unos parámetros que sean eficientes para esta actividad.

De igual manera se puede extrapolar a otras zonas en las que los cetáceos sufran este tipo de contaminación.

7. Conclusions

The soundscape analysis of the park needs several audio recordings hours to effectively monitor spatial and temporary variations of the different sound sources. Even so, it is possible to observe that with the number of recording hours, limited by its analysis hours, and other technic factors about the recording gear, it is possible to start to study deeply a lot of environmental characteristics and of the species which inhabit it.

About blue whales it has been seen that it is not very vocalizer, what is consistent with previous studies in other areas. It is further observed that although vessels are going around close to blue whales, it does not show apparent behaviour reaction, it keeps vocalizing, however, it would be necessary a deeply study to evaluate possible noise effects on vocalizations of these cetaceans. The same applies to other acoustically detected cetaceans in the area: dolphins and fin whale; similarly with different here analysed fishes.

In this study it has been seen that the park presents noise pollution by the passing vessels, which were registered in 6.52% of the recording time. It is necessary to evaluate deeply the impact that this pollution could generate in the behaviour and physiology (stress) of breeding whales on area and other marine fauna of the park too.

The study done in this area is the beginning of a more deep study to try to whale watching touristic activities affect as little as possible referred to noise pollution. The aim is to create some efficient parameters for this activity.

Also it is extrapolated to other areas where cetaceans suffer this kind of pollution.

8. Bibliografía

- Farina, A. (2014). Soundscape and landscape ecology. *Soundscape Ecology* (pp. 1-28). Springer, Dordrecht.
- Reyes-Bonilla, H., Herrero-Pérezrul, M. D., González-Romero, S., González-Peralta, A. y Ramírez-Hernández, Y. (2008). Abundance of the brown sea cucumber *Isostichopus fuscus* at the National Park Bahía de Loreto, México. *Revista de Biología Tropical*, 265-271. Management of a marine protected area for sustainability and conflict resolution.
- Stamieszkin, K., Wielgus, J., & Gerber, L. R. (2009). Management of a marine protected area for sustainability and conflict resolution: Lessons from Loreto Bay National Park (Baja California Sur, Mexico). *Ocean & Coastal Management*, 52(9), 449-458.
- Cummings, W. C., & Thompson, P. O. (1971). Gray whales, *Eschrichtius robustus*, avoid the underwater sounds of killer whales, *Orcinus orca*. *Fishery Bulletin*, 69(3), 525-530.
- Gambell, R. (1979). Blue Whale. *Biologist*, 26(5), 209-215.
- Yochem, P. K. (1985). Blue whale, *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758). Handbook of Marine Mammals, vol. 3, The Sirenia and Baleen Whales.
- Bermúdez, B. (2003). Parque Nacional Bahía de Loreto (México). In *Actas de las I Jornadas sobre Reservas Marinas y I Reunión de la Red Iberoamericana de Reservas Marinas (RIRM): Cabo de Gata, Almería, 17-23 de septiembre de 2001* (pp. 125-132). Secretaría General Técnica.
- Sears, R., & Perrin, W. F. (2009). Blue whale: *Balaenoptera musculus*. *Encyclopedia of marine mammals* (pp. 120-124). Academic Press.
- Sears, R., Williamson, J. M., Wenzel, F. W., Bérubé, M., Gendron, D., & Jones, P. (1990). Photographic identification of the blue whale (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of St. Lawrence, Canada. Report of the International Whaling Commission Special Issue, 12, 335-342.
- Viloria-Gómora, L., Romero-Vivas, E., & Urbán R, J. (2015). Calls of Bryde's whale (*Balaenoptera edeni*) recorded in the Gulf of California. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138(5), 2722-2725.
- Garzon, N. A. B. (2018). Caracterización poblacional del rorcual común (*Balaenoptera physalus*) en el Golfo de California con base en sus sonidos.
- Paniagua-Mendoza, A., Gendron, D., Romero-Vivas, E., & Hildebrand, J. A. (2017). Seasonal acoustic behavior of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Gulf of California, Mexico. *Marine Mammal Science*, 33(1), 206-218.
- Romero Vivas, E., & León López, B. (2010, November). Construction, calibration, and field test of a home-made, low-cost hydrophone system for cetacean acoustic research. *Proceedings of Meetings on Acoustics 160ASA* (Vol. 11, No. 1, p. 010001). ASA.
- Ladich, F. (2014). Fish bioacoustics. *Current opinion in neurobiology*, 28, 121-127.
- Burtenshaw, J. C., Oleson, E. M., Hildebrand, J. A., McDonald, M. A., Andrew, R. K., Howe, B. M., & Mercer, J. A. (2004). Acoustic and satellite remote sensing of blue whale seasonality and habitat in the Northeast Pacific. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(10-11), 967-986.
- Van Parijs, S. M., Parra, G. J., & Corkeron, P. J. (2000). Sounds produced by Australian Irrawaddy dolphins, *Orcaella brevirostris*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(4), 1938-1940.
- Watkins, W. A., & Moore, K. E. (1982). An underwater acoustic survey for sperm whales (*Physeter catodon*) and other cetaceans in the southeast Caribbean. Biological Systems.

Ge, J., & Hokao, K. (2004). Research on the sound environment of urban open space from the viewpoint of soundscape—A case study of Saga Forest Park, Japan. *ACTA Acustica united with Acustica*, 90(3), 555-563.

Au, W. W., & Hastings, M. C. (2008). Principles of marine bioacoustics (pp. 121-174). *New York: Springer*.

Buscaino, G., Ceraulo, M., Pieretti, N., Corrias, V., Farina, A., Filiciotto, F.,... & Mazzola, S. (2016). Temporal patterns in the soundscape of the shallow waters of a Mediterranean marine protected area. *Scientific reports*, 6, 34230.

Paniagua-Mendoza, A., & Gendron, D. (2015). Bioacústica de ballena azul.

Oleson, E. M., Wiggins, S. M., & Hildebrand, J. A. (2007). Temporal separation of blue whale call types on a southern California feeding ground. *Animal Behaviour*, 74(4), 881-894.

Villers-Ruiz, L., Trejo-Vázquez, I., y López-Blanco, J. (2003). Dry vegetation in relation to the physical environment in the Baja California Peninsula, Mexico. *Journal of Vegetation Science*, 14(4), 517-524.

Hernández-Trejo, V. 1 Universidad Autónoma de Baja California Sur. *Opciones de Gestión para Recursos Naturales en Baja California Sur*, 1.

Au, W. W. (2000). Hearing in whales and dolphins: An overview. In *Hearing by whales and dolphins* (pp. 1-42). Springer, New York, NY.

Recalde-Salas, A., Salgado Kent, C. P., Parsons, M. J. G., Marley, S. A. and McCauley, R. D. (2014). Non-song vocalizations of Pygmy Blue Whales in Geographe Bay, Western Australia. *The Journal of the Acoustical Society of America* 135: EL213-EL218.

Aguilar, N., Tejedor, A. (2011). *Documento técnico sobre impactos y mitigación de la contaminación acústica marina*. Gobierno de España, Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente.