

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Identificación acústica de Mysticetos (Ballenas) en el Canal de Bolívar y la Costa Oeste de la Isla Isabela.**

**Génesis Karina Rivas Solórzano**

**Licenciatura en Gestión Ambiental**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Licenciada en Gestión Ambiental

Quito, 24 de marzo de 2023

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de COCIBA**

**HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Identificación acústica de Mysticetos (Ballenas) en el Canal de Bolívar y la  
Costa Oeste de la Isla Isabela**

**Génesis Karina Rivas Solórzano**

**Daniela Alarcón Ruales, PhD (c)**

Quito, 24 de marzo de 2023

### **AGRADECIMIENTOS:**

Extiendo mis sinceros agradecimientos a la Master Daniela Alarcón, quien es la persona que lleva a cabo el proyecto de cetáceos en las islas Galápagos y además es mi tutora. Gracias por su tiempo y apoyo incondicional durante estas horas prácticas. De igual forma al Programa Cetácea Galápagos, quienes realizaron las grabaciones de los sonidos acústicos in situ y sus colaboradores del Woods Hole Oceanographic Institute.

Quiero agradecer a mi esposo, quien estuvo apoyándome y soportando cada momento de esta etapa. A mi mamá, quien es el pilar fundamental de mi vida y quien nunca me ha dejado sola a pesar de la distancia.

A mi familia y amigos porque de una u otra forma han estado conmigo durante este proceso.

Y un agradecimiento infinito a mi ángel, mi papá, porque sé que desde el cielo me ha dado esas fuerzas que necesito para continuar y sé lo orgulloso que estaría si me pudiera ver en estos momentos.

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Génesis Karina Rivas Solórzano

Código: 00215777

Cédula de identidad: 0950274118

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno, 24 de marzo de 2023

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

## RESUMEN

El archipiélago de Galápagos cuenta con una Reserva Marina que alberga un ecosistema muy diverso y es catalogada como una de las más grandes a nivel mundial. La interacción de varias corrientes marinas ha permitido el asentamiento de diversas especies, como los misticetos, mismos viajan largas distancias hasta llegar a este lugar. Las ballenas emiten sonidos muy particulares que usan para comunicarse, para distinguir sus presas y como medio de localización. El programa Cetácea Galápagos ha realizado una serie grabaciones acústicas con el fin de estudiar más a fondo a los misticetos. El presente estudio trata sobre la identificación acústica de misticetos en Canal Bolívar y la Costa Oeste de la Isla Isabela. Para esta investigación se utilizaron los datos ya colectados por el programa Cetácea Galápagos, mismo que utilizaron un hidrófono Soundtrap ST400 a <12 metros de profundidad desde el bote para realizar las grabaciones de los sonidos acústicos. Estas grabaciones las realizaron en el mes de noviembre del año 2022, durante el día y en cada salida de campo se tomaban apuntes detallados de los misticetos avistados. Con esta información recolectada, se realizó el análisis de 30 grabaciones con un total de 240 minutos. Las vocalizaciones detectadas durante esta investigación fueron de tipo infrasónico, es decir que son menores o iguales a 20 kHz y audibles (mayor a los 20 kHz); existen otros sonidos no identificados cuyo rango de kHz varía. Los resultados que se obtuvieron en este estudio, simbolizan el gran esfuerzo de los investigadores por adquirir nuevos datos sobre los misticetos en el Archipiélago de Galápagos. Este trabajo busca identificar vocalizaciones de misticetos y describir los patrones de sonidos que emite esta especie, para obtener nuevos datos sobre estos.

**Palabras clave:** Misticetos, Programa Cetácea Galápagos, sonidos acústicos, hidrófono, espectrograma.

## ABSTRACT

The Galapagos archipelago has a Marine Reserve that houses a very diverse ecosystem and is classified as one of the largest in the world. The interaction of several marine currents has allowed the settlement of various species, such as mysticetos, they travel long distances to reach this place. Whales emit very particular sounds that they use to communicate, to distinguish their prey and as a means of locating. The Cetacea Galapagos program has made a series of acoustic recordings to further study the mysticetos. This study deals with the acoustic identification of mysticetos in Canal Bolívar and the West Coast of Isabela Island. For this research, data already collected by the Cetacean Galapagos program was used, which used a Soundtrap ST400 hydrophone at <12 meters depth from the boat to record the acoustic sounds. These recordings were made in the month of November of the year 2022, during the day and in each field trip detailed notes were taken of the sighted mysticetos. With this information collected, the analysis of thirty recordings with a total of 240 minutes was carried out. The vocalizations detected during this investigation were of the infrasonic type, that is, they are less than or equal to 20 kHz and audible (greater than 20 kHz); there are other unidentified sounds whose kHz range varies. The results obtained in this study symbolize the great effort of researchers to acquire new data on mysticetos in the Galapagos Archipelago. This work seeks to identify mysticetos' vocalizations and describe the patterns of sounds emitted by this species, to obtain new data on them.

**Keywords:** Mysticetos, Galapagos Cetacea Program, acoustic sounds, hydrophone, spectrogram.

**TABLA DE CONTENIDO**

Introducción.....	11
Objetivo General.....	13
Objetivos específicos.....	13
Metodología.....	13
Resultados.....	14
Conclusiones.....	18
Referencias.....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.....	13
Figura 2. Espectrograma de posible sonido de ballena azul.....	16
Figura 3. Espectrograma de sonido de salida y entrada al agua de un misticeto.....	16
Figura 4. Espectrograma de dos sonidos no identificados.....	17
Figura 5. Espectrograma de un sonido desconocido.....	17

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los llamados encontrados en tiempo y frecuencia.....	15
--	----

## INTRODUCCIÓN

Las Islas Galápagos albergan una variedad de especies de fauna, debido a las corrientes marinas que las atraviesan. Las observaciones de los cetáceos entre ellos las ballenas de barbas, se las puede realizar durante todo el año en diversos lugares del archipiélago. Estas especies de misticetos migran desde las aguas oceánicas de los polos donde se alimentan, hasta las aguas tropicales donde llevan a cabo su reproducción (Alarcón, 2012, pág. 01). Stafford K. M, Moore S. E & Foxt C. G nos mencionan que varios estudios a nivel mundial han dado a conocer que las ballenas barbadas en conjunto con las ballenas azules se localizan en zonas con abundancia de eufáusidos comúnmente conocidos como Krill y por ende en zonas con bajos niveles de eufáusidos estas especies de misticetos son escasos (2004, pág. 954).

Alarcón, en su investigación menciona que la Reserva Marina de Galápagos (RMG) presenta un ambiente muy variado, debido a la alta productividad tanto primaria como secundaria que existe en relación a las especies que allí habitan. El afloramiento que realizan las corrientes marinas y la diversidad de hábitats oceanográficos y físicos, influyen en que las poblaciones de las especies de los trópicos, así como de las aguas ecuatoriales tanto de zonas costeras como pelágicas se asienten en esta reserva (2012, pág.2).

Dovgan en su investigación menciona que el océano es un mundo lleno de sonidos de fauna marina, de eventos propios de la naturaleza y por supuesto de las acciones que ejerce el ser humano sobre este. Gracias a la dimensión de las aguas oceánicas, este es el medio perfecto para la transmisión de los sonidos acústicos de los cetáceos. Estas especies emiten sonidos como medio de comunicación, medio para buscar alimentos y para conocer el sitio de desplazamiento. Los sonidos dentro del océano alcanzan mayores

distancias en comparación a la luz, por lo que se puede conseguir datos de las especies marinas incluso cuando no se encuentran a simple vista del ser humano (2020, p. 1, 6).

Los mysticetos emiten vocalizaciones que tienen grandes alcances, esto se debe a que las frecuencias de los llamados son más bajas, es decir que están en un rango de 20 a 2000 Hz, por lo tanto, alcanzan mayores kilómetros de distancia (Dovgan, 2020, p.6).

Berchok, Bradley y Gabrielson mencionan que los mysticetos tienen llamadas de larga duración y baja frecuencia (infrasónicas), que se visualizan en series continuas y que se conocen comúnmente como pulsos de 20 Hz y corresponden a gemidos, canciones, etc. También existen las llamadas de corta duración y alta frecuencia (audibles), que son las que se ven reflejadas en agrupaciones, pero más esporádicas y se las conoce como barridos descendentes de FM (Modulación de frecuencia) y corresponden a pulsos cortos, sonidos de arco, entre otros (2006, p. 1).

La información de los mysticetos en el Archipiélago de Galápagos no es tan abundante como la de otras especies marinas, sin embargo, los investigadores del programa Cetácea Galápagos se encuentran en constantes estudios para conocer más de esta especie. En este estudio se analizaron grabaciones realizadas en salidas de campo en el mes de noviembre del año 2022, con el fin de buscar vocalizaciones emitidas por mysticetos e intentar describir la especie y describir las vocalizaciones. Para llevar a cabo este proyecto se necesitó la colaboración de investigadores y voluntarios que apoyaron tanto en las salidas de campo como en el análisis y procesamiento de los datos obtenidos. Los sitios escogidos donde se realizaron las grabaciones son de poca afluencia de turistas y son sitios ricos en biodiversidad. Toda la información recabada en este estudio es importante para obtener más datos sobre esta población.

### Objetivo General:

Identificar mediante grabaciones los sonidos acústicos de los misticetos en el Canal Bolívar y la zona Oeste de la Isla Isabela en la provincia de Galápagos.

- **Objetivos específicos:**

- Identificar a través de las grabaciones los sonidos de las ballenas.
- Describir los patrones de sonidos encontrados.

### Metodología:

Este estudio consiste en la identificación acústica de ballenas (misticetos) en sitios específicos de Galápagos como es el Canal Bolívar y la Costa Oeste de la isla Isabela (Fig. 1).

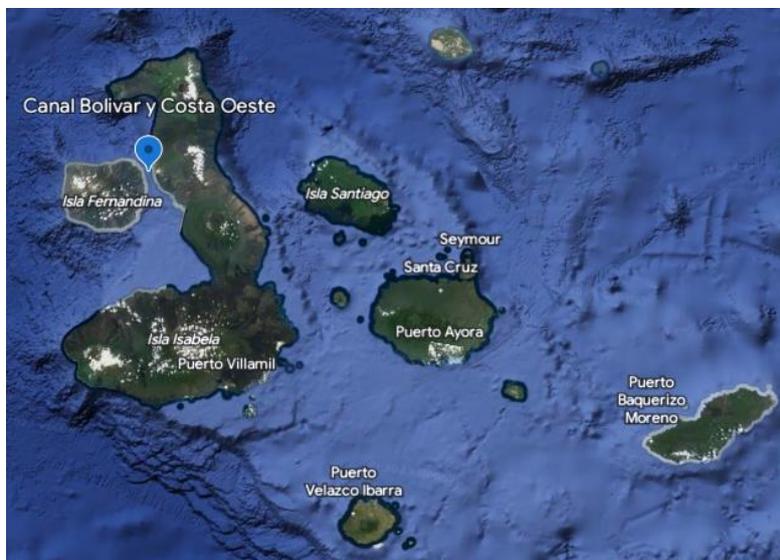


Figura 1. Mapa de ubicación Canal Bolívar y Costa Oeste isla Isabela

Los investigadores y colaboradores que conforman el programa Cetácea Galápagos consiguieron grabar en total 30 audios oceánicos con la ayuda de un hidrófono Soundtrap ST400 HF en los sitios de Canal Bolívar y en el Oeste de la Isla Isabela. Estas grabaciones se realizaron durante el día, tanto en la mañana como en la tarde y se ejecutaron a < 12 metros de profundidad desde una embarcación particular de pesca. Durante la navegación

se logró avistar un individuo de ballena azul, un individuo de ballena de Bryde y dos individuos de ballenas jorobadas.

Para ejecutar el análisis y procesamiento de los datos acústicos de los mysticetos se utilizó el programa Raven Pro 1.6, el mismo que a través de espectrograma mostraba los posibles llamados de ballenas. Para el correcto uso del programa se revisaron varios videos tutoriales proporcionados por el mismo programa, adicional a la información proporcionada por la Master Daniela Alarcón, quien es la líder del Programa Cetácea Galápagos.

En cada uno de los audios se seleccionó la vista de espectrograma mediante la cual se muestra la relativa densidad espectral de potencia del sonido en base al tiempo y frecuencia.

Luego se realizaron selecciones de segmentos de frecuencias, mismas que se asumían eran las llamadas de los mysticetos, las cuales fueron categorizadas según la información de documentos científicos como el de Berchok, Bradley y Gabrielson (2006) y luego revisadas por Daniela Alarcón. En estas selecciones se pudo identificar la frecuencia y el tiempo tanto de inicio como fin y a su vez identificar la frecuencia pico de cada llamada o canto.

### **Resultados:**

Se analizó 30 archivos de grabaciones acústica; que se efectuaron en diferentes momentos del día en los sitios de Canal Bolívar frente a la caseta de la Dirección del Parque Nacional Galápagos (DPNG) y en la Costa Oeste de la isla Isabela, cerca del radar. Estos audios tuvieron una duración total de 240 minutos de grabación. Estas grabaciones están disponibles en formato WAV (WaveForm Audio Format), las mismas que se encuentran

agrupadas por carpetas y designadas con el nombre de la ubicación y el momento en que fueron obtenidos.

En el espectrograma de cada grabación se visualizan los distintos patrones de sonidos, pero solo en tres grabaciones se identificaron los llamados de los mysticetos.

El procesamiento de datos de las tres grabaciones donde se encontraron los llamados de los mysticetos, se agruparon por tipos de sonidos para diferenciarlos. Los tipos de sonidos fueron: un llamado infrasónico y un llamado audible. Por otra parte, se lograron visualizar tres patrones de otros sonidos no identificados. Durante las grabaciones de estos audios se vio la presencia de ballenas de barbas y en tres de las ocasiones se reportó una ballena azul, una ballena de Bryde y una ballena jorobada con su cría (Tabla.1).

Tabla 2. Resumen de los audios encontrados, en tiempo y frecuencia pico.

Sitio	Tipo de sonido	Característica del sonido		Posible especie identificada	Posible acción que representa
		Tiempo Inicio- Fin	Pico de Frecuencia		
Canal Bolívar por la caseta de la DPNG	Infrasónico	224.7761- 225.3076	562.500	Ballena azul	Alimentación o localización
Costa Oeste de la Isla Isabela por el radar	Audible	319.1610- 326.2719	28.125	Ballena de Bryde	Splash
Costa Oeste de la Isla Isabela por el radar	No identificado	206.3588- 287.3409	56.250	Ballena jorobada	-
Costa Oeste de la Isla Isabela por el radar	No identificado	209.0027- 285.1866	106.875		-
Costa Oeste de la Isla Isabela por el radar	No identificado	519.9125- 582.6810	73.125		-

Un hallazgo interesante fue el sonido encontrado en el audio grabado en el Canal Bolívar frente a la caseta de la DPNG, que posiblemente lo emite una ballena azul, el cual tiene

un patrón muy particular en forma de secuencias, es de baja frecuencia y tiene una corta duración, la cual es de 0,35 segundos.

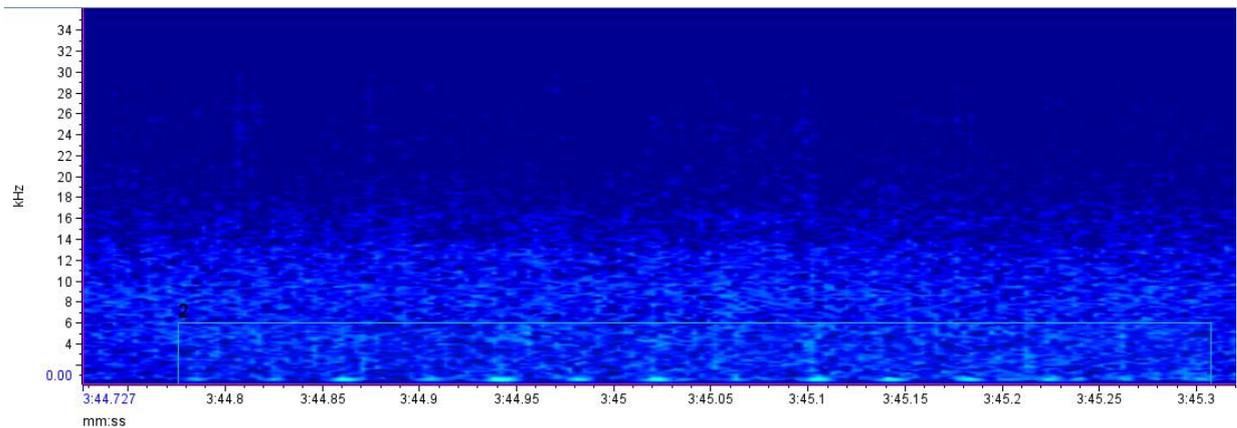


Figura 3. Espectrograma de posible sonido de ballena azul

Otro hallazgo interesante que se obtuvo durante el análisis fue el sonido que emite un misticeto al entrar y salir del agua, en este caso se visualiza que existe mayor potencia de sonido, por lo que el sonido es audible para el ser humano. Cuevas, Veragua, Tobar, Silva y Ríos en una investigación realizada denominaron como “Splash” al sonido que realizan las ballenas al salir e ingresar al agua (s/f, p. 2).

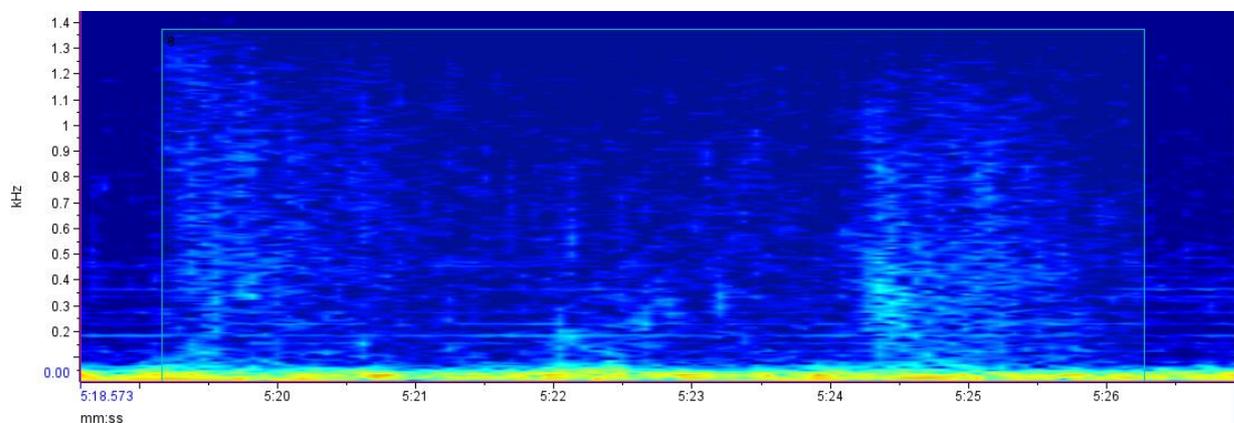


Figura 4. Espectrograma del sonido de una ballena de bryde cuando sale y entra al océano

Finalmente, dentro de nuestro estudio también se lograron encontrar otros sonidos que no se sabe exactamente si pertenecen a las ballenas o no, sin embargo, estos datos son detallados para futuros análisis de información por parte de los investigadores en otro

estudio. Cabe indicar que estos sonidos tienen una larga duración en comparación a otros y su frecuencia es alta. En el espectrograma se visualizan dos patrones de sonidos, los mismos que se ubican uno debajo del otro. El primer sonido del espectrograma presenta un pico de frecuencia de 106.875 Hz y el segundo posee un pico de frecuencia de 56.250 Hz.

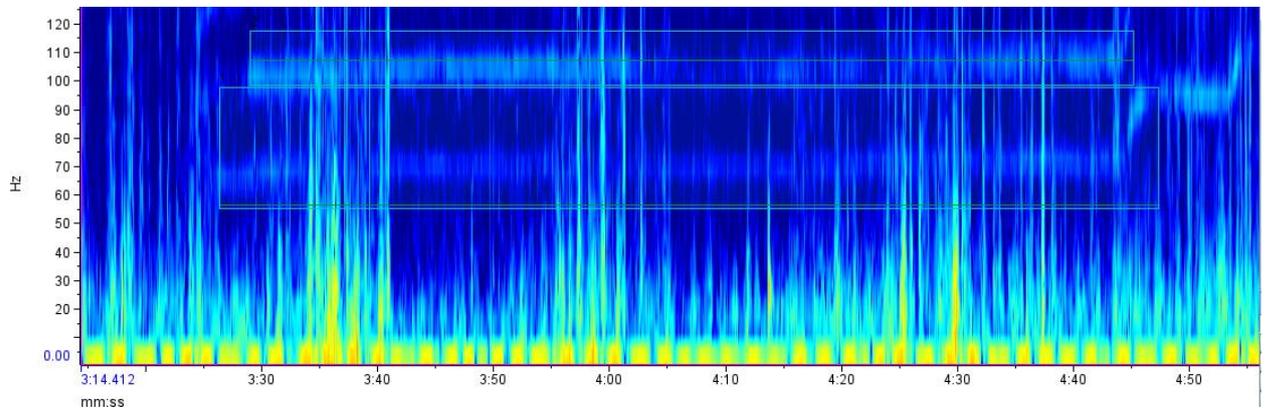


Figura 5. Espectrograma de dos sonidos no identificados

En este mismo archivo se logra visualizar, luego de aproximadamente cuatro minutos, que se emite nuevamente otro sonido, pero este a diferencia de los patrones anteriores se muestra en una frecuencia más baja y para este caso solo se observa un patrón. Además, cabe mencionar que durante esta grabación de sonido se tuvo el avistamiento de una ballena jorobada con su cría, sin embargo, no se puede inferir que estos patrones pertenezcan a la misma hasta un nuevo estudio.

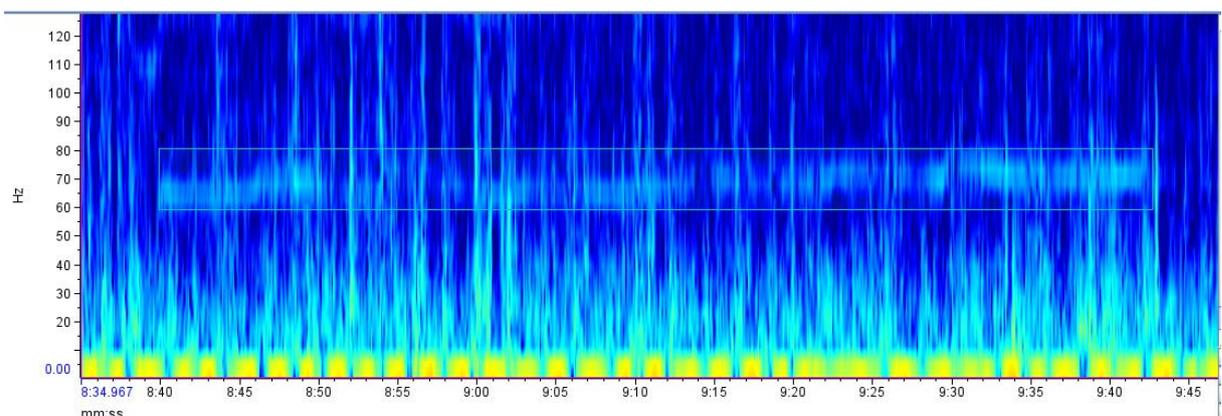


Figura 6. Espectrograma de un sonido desconocido

## CONCLUSIONES

Se logró identificar dos sonidos de misticetos, mismos que corresponden a un llamado infrasónico y un llamado audible, además se pudieron describir los patrones que emite cada vocalización. Los resultados obtenidos constituyen un gran aporte al conocimiento de esta especie. Estos datos servirán como referencia para el proyecto macro sobre cetáceos que tiene a cargo el Programa Cetácea Galápagos. El procesamiento de los datos fue complejo pero interesante, el categorizar los llamados permitió que se reflejen los resultados de mejor manera. La complejidad al procesar los datos se debe a la presencia de muchos ruidos del entorno. Sin embargo, fue posible identificar llamados de misticetos y registrar patrones de sonidos no identificados.

Se sugiere continuar con estudios e investigaciones similares para poder determinar a fondo los sonidos que no se pudieron identificar, y a su vez poder obtener patrones similares que permitan la comparación de los mismos para nuevos datos sobre la especie. Es transcendental que programas como Cetácea Galápagos se conserven en el tiempo y que a su vez cuenten con apoyo técnico y económico para realizar los trabajos de investigación cuyo fin es el de obtener mayor información de las poblaciones de misticetos en Galápagos.

## REFERENCIAS

- Alarcón D. E. (2012). *Análisis de la abundancia relativa y distribución de cetáceos en el Canal Bolívar* (Isabela), Galápagos. (Tesis de Maestría). Universidad San Francisco de Quito, 1-2. Recuperada de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4709/1/104922.pdf>
- Berchok C. L, Bradley D. L & Gabrielson T. B. (2006). St. Lawrence blue whale vocalizations revisited: Characterization of calls detected from 1998 to 2001. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(4), 2340-2354. Traducción mía.
- Cuevas A, Veragua A, Tobar F, Silva C y Ríos G. (s/f). *Detección automática de llamados en ballenas azules utilizando algoritmos de reconocimientos de patrones y procesamiento de señales*. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile, 2. Recuperado el 28 de febrero de 2023 de [http://games.cmm.uchile.cl/media/uploads/courses/2016/Informe/Veragua\\_Albornoz\\_\\_Alejandro\\_Antonio.pdf](http://games.cmm.uchile.cl/media/uploads/courses/2016/Informe/Veragua_Albornoz__Alejandro_Antonio.pdf)
- Dovgan A. (2020). *Detección, identificación y localización de cetáceos con técnicas de acústica pasiva*. (Trabajo final de Master). Universitat Politècnica de Valencia. Gandia. Recuperado el 31 de enero de 2023 de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/158441/Dovgan%20-%20Detecci%20c%20b3n%20c%20identificaci%20c%20b3n%20y%20localizaci%20c%20b3n%20de%20cet%20c%20a1ceos%20con%20t%20c%20a9cnicas%20de%20ac%20c%20b3stica%20pasiva.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Stafford K. M, Moore S. E & Foxt C. G. (2004). *Diel variation in blue whale calls recorded in the eastern tropical Pacific*. The Association for the Study of Animal Behaviour. Published by Elsevier Ltd. Traducción mía.