

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

**Identificación de sonidos acústicos del *Tursiops Truncatus* en el Canal Bolívar y Costa Oeste de Isabela.**

**Alba Jimena Erazo Meza**

**Gestión Ambiental**

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

Quito, 1 de marzo de 2023

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales**

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

**Identificación de sonidos acústicos del *Tursiops Truncatus* en el Canal  
Colívar y Costa Ceste de Isabela.**

**Alba Jimena Erazo Meza**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Daniela Alarcón**

Quito, 01 de marzo de 2023

## © 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: Alba Jimena Erazo Meza

Código: 00203234

Cédula de identidad: 1724347354

Lugar y fecha: Puerto Baquerizo Moreno, 01 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## **UNPUBLISHED DOCUMENT**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 ecosistema marino de Galápagos posee una gran diversidad de especies debido a las características oceanográficas únicas. En este paraíso natural se encuentra el delfín nariz de botella (*Tursiops Truncatus*) que tiene la particularidad de generar y escuchar estímulos acústicos bajo el agua para así poder sobrevivir. Realizan estos sonidos para buscar alimento, reconocer el ambiente, reproducirse e identificar amenazas. Este proyecto tiene el objetivo de aportar al análisis de datos acústicos y buscar sonidos o vocalizaciones producidos por cetáceos. Hace 10 años atrás existe el Programa Cetacea Galapagos que recolecta sonidos acústicos de cetáceos para determinar poblaciones residentes en Galapagos con ayuda de equipos de electroacústica y un hidrófono o trampa de sonido en noviembre de 2022 en la zona oeste de la Isla Isabela en el canal Bolívar lograron obtener más de 100 grabaciones de cetáceos. Utilizando el programa RavenPro, que sirve para medir y visualizar sonidos a través de espectrogramas se pudo analizar las frecuencias de los sonidos producidos por cetáceos, después de una cualificación de sonidos se identificó 25 grabaciones con sonidos individuales del delfín nariz de botella, los cuales fueron analizados y se seleccionó solo una grabación la cual se podía observar diferentes tipos de espectrogramas en su grabación teniendo como resultado 4 tipos de sonidos que fue el de ecolocalización, sonidos de ráfagas, sonidos de silbas y un sonido único no identificado. Estos resultados ayudarán a que se continúe con los análisis de sonidos acústicos de los delfines que podemos encontrar en Galápagos para mejorar los planes de manejo y conservación de estas especies.

Palabras clave: Odontoceto, hidrófono, sonidos, espectrogramas, frecuencia.

## ABSTRACT

The Galapagos marine ecosystem has a great diversity of species due to its unique oceanographic characteristics. This natural paradise is home to the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*), which has the particularity of generating and listening to acoustic stimuli underwater in order to survive. They make these sounds to search for food, recognize the environment, reproduce and identify threats. This project aims to contribute to the analysis of acoustic data and search for sounds or vocalizations produced by cetaceans. Ten years ago, the Cetacea Galapagos Program was created to collect acoustic sounds of cetaceans to determine resident populations in Galapagos with the help of electroacoustic equipment and a hydrophone or sound trap in November 2022 in the western zone of Isabela Island in the Bolivar channel, they were able to obtain more than 100 recordings of cetaceans. Using the RavenPro program, which is used to measure and visualize sounds through spectrograms, the frequencies of the sounds produced by cetaceans could be analyzed, after a qualification of sounds, 25 recordings with individual sounds of bottlenose dolphins were identified, which were analyzed and only one recording was selected, which could observe different types of spectrograms in its recording, resulting in 4 types of sounds that were echolocation, burst sounds, whistling sounds and a unique unidentified sound. These results will help to continue with the analysis of acoustic sounds of the dolphins that we can find in Galapagos to improve the management and conservation plans of these species.

Key words: Odontocetes, hydrophone, sounds, spectrograms, frequency.

## AGRADECIMIENTOS

A Alessandro Bocconcelli y Julien Bonnel de Woods Hole Oceanographic Institute, por el apoyo de equipos al Proyecto Cetacea Galapagos.

A Daniela Alarcon y Ashley Altobelli, por la ayuda brindada en el proyecto.

Principalmente, quiero agradecer a Dios por cuidar de mí y mostrarme día a día su amor, dándome la fuerza y la valentía para lograr cumplir mis sueños.

A mis pastores Wilson Bautista y Maribel Haro, por siempre acogirme como una más de su familia y motivarme a seguir adelante a pesar de las dificultades, a sus Hijos Carla Bautista, Frank Bautista y Connie Bautista por darme ánimos en todo tiempo.

A mis amigas Karina Flores, Carolin Guerrero e Ismenia Mora, las cuales fueron de gran inspiración y apoyo para lograr terminar mi carrera universitaria además por aconsejarme y motivarme a no rendirme.

A mi hermana Diana Rosero y su familia, que siempre ha sido unida y dispuestos en apoyarme en los momentos mas necesarios.

A mis hermanos, a mi tía Ester Mesa, son parte de mi y de alguna manera siempre han estado incentivándome a salir adelante.

Y finalmente dedico este logro a mi madre que desde el cielo sé que esta muy orgullosa de lo que su hija a logrado.

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>Introducción .....</b>	<b>11</b>
<b>Desarrollo del Tema.....</b>	<b>12</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>17</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>18</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas de los sonidos grabados de delfín nariz de botella.....	14
--	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de Ecolocalizacion producido por el delfin nariz de botella.

Figura 2. Mapa de Isabela.

Figura 3. Mapa del Canal Bolivar entre Isabela y Fernandina.

Figura 4. Ejemplos de clics de ecolocalización.

Figura 5. Ejemplos de muchos clics de ecolocalización.

Figura 6. Ejemplos de clics de explosión (Sonidos de Rafagas)

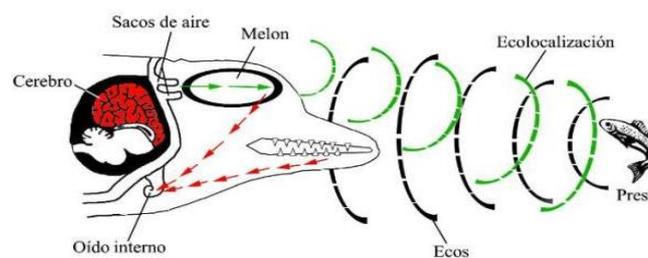
Figura 7. Ejemplos de clics de Silbas.

Figura 8.- Ejemplo de dos Silbas en el mismo espectrograma.

Figura 8. Ejemplos de clics no identificados.

## INTRODUCCIÓN

La parte submarina de la Reserva Marina de Galápagos abarca unos 2.000 kilómetros cuadrados y tiene particularidades oceanográficas especiales las cuales se han convertido en un medio ideal para estudiar diferentes especies de mamíferos marinos (Denkinger, 2013). Como lo es el delfín nariz de botella, el cual tiene la particularidad de generar y escuchar estímulos acústicos ya que se conoce que tienen un sistema auditivo que incluye la capacidad de utilizar un sonar biológico, también conocido como ecolocalización (Aquariums, 2017). Permitiendo que estos animales convivan en diferentes hábitats oceánicas, por ejemplo, moverse en lugares con poca visibilidad buscando presas. Los sonidos y la fonética son elementos esenciales en todos los aspectos de su ciclo de vida, por que lo utilizan para comunicación, reproducción, desarrollo y ecolocalización, forrajeo, navegación y exploración ambiental (Palacios & Cantor, 2022). El sonido se produce en tres pares de bolsas de aire ubicadas debajo de la abertura. Después de inhalar, el delfín cierra la abertura y el aire de los pulmones regresa a un canal que conduce a la abertura y uno o más sacos de aire. (Denkinger, 2013).



*Figura 1- Sistema de ecolocalización delfín nariz de botella*

El delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*) es de interés para el Proyecto Cetácea Galápagos, que tiene como objetivo analizar sonidos acústicos producidos por los cetáceos en la RMG a través de la acústica. Los datos acústicos utilizados en este proyecto fueron canalizados para distinguir y reconocer los diferentes sonidos de los delfines nariz de botellas según sus frecuencias a través de los espectrogramas.

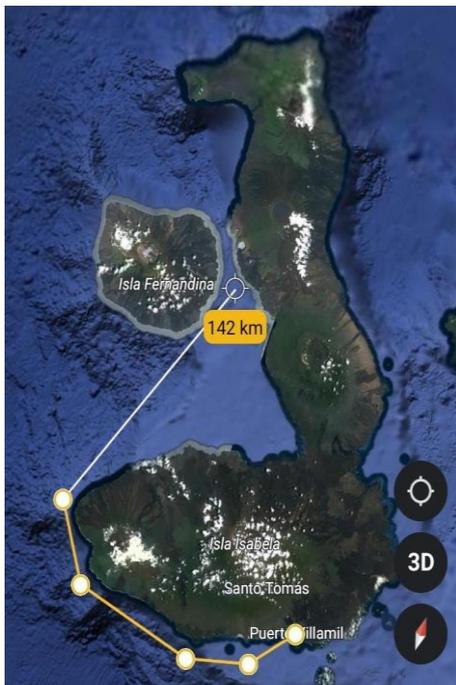
## DESARROLLO DEL TEMA

### Objetivo:

Identificar grabaciones de sonidos acústicos del Delfín nariz de botella, para determinar poblaciones residentes en Galápagos.

### Metodología:

En noviembre de 2022 en el canal Bolívar y costa oeste de Isabela el grupo de Proyecto Cetacea Galapagos realizó una visita en situ para obtener grabaciones de cetáceos, con ayuda un hidrófono soudtrap (ocean instruments nz) el cual es un equipo tecnológico que sirve para grabar ondas sonoras que viajan a través de los líquidos por lo cual se obtuvo grabaciones asumidas que eran del delfín nariz de botella, se realizó una selección de las mismas para identificar los sonidos acústicos producidos por esta especie y se analizaron 25 grabaciones las cuales se las categorizaron según su calidad la cual se escogió una grabación que contenía diferentes sonidos del delfín nariz de botella derivadas por el programa Cetacea.



*Figura 2.- Mapa de Isabela*



*Figura 3.- Hidrófono*

Los datos fueron descargados en el programa Raven Pro 1.6.4 es un programa de software para la adquisición, visualización, medición y análisis de sonidos (Bioacoustics, 2022). Una vez visualizados en el espectrograma, se realizaron cajas de selección según las formas de los sonidos individuales asumidos de ser producidos por el delfín nariz de botella. Cuando fue posible, cada sonido fue identificado por tipo.

Medidas de duración, frecuencia baja, frecuencia alta, y frecuencia pico fueron calculadas con el programa. Duración es el tiempo pasado adentro de la caja de selección. Frecuencia baja y alta indican las frecuencias del límite menor y el límite mayor de la caja de selección en el espectrograma, respectivamente. Frecuencia pico es la frecuencia entre la selección en lo cual ocurre el poder más alto. (Roselló, 2020). Frecuencia baja y alta no fueron calculadas para clics y sonidos de ráfagas porque el hidrófono no puede capturar el rango de frecuencia entero de estos sonidos. Frecuencia pico no fue calculada por silbas porque había muchos otros sonidos fuertes simultáneo con las silbas. En el caso de los ‘clics’ de ecolocalización, las cajas de selección solo fueron hechos alrededor clics que se podían visualizar individualmente, para obtener frecuencia pico, e intervalos entre clics (ICI) fueron calculadas como el tiempo pasado entre dos clics individuales. Dos ICI fueron calculados: uno por clics de velocidad ‘normal’ (i.e. típico en el audio) y otro por clics de velocidad más rápido.

### **Resultados:**

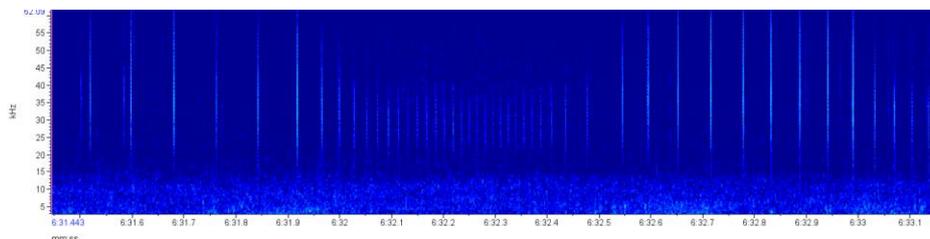
Cincuenta y ocho minutos de grabación submarino fueron analizados, en lo cual se encontraron 25 sonidos individuales de delfin nariz de botella, no incluyendo los ‘clics’ de ecolocalización que son incontables (*Tabla 1*). Además de los clics de ecolocalización (*Figura 3 y 4*), se encontraron sonidos de ráfagas (*Figura 5*), silbas (*Figura 6 y 7*), y un sonido único y desconocido (*Figura 8*)

**Tabla 1. Medidas de los sonidos grabados de delfín nariz de botella. ICI es el tiempo en segundos entre los clics.**

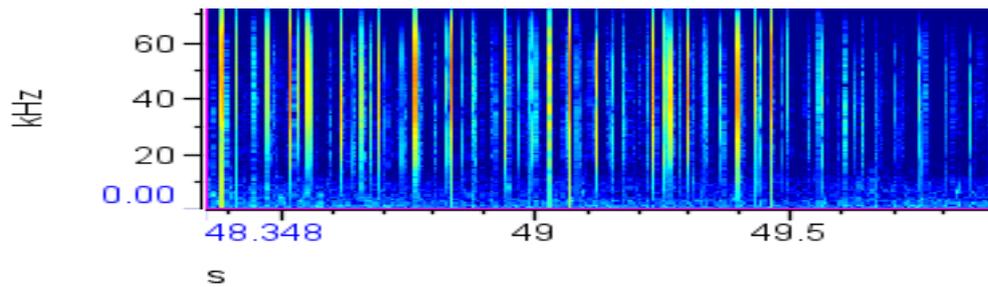
Tipo de Sonido	n	Duración mínima (s)	Duración máxima (s)	Duración promedio (s)	Frecuencia baja (Hz)	Frecuencia alta (Hz)	Frecuencia pico (Hz)	ICI Normal (s)	ICI Corto (s)
Clic (Echolocación)	23	-	-	-	-	-	45673	n = 21; 0.046	n = 12; 0.016
Ráfagas	6	0.046	0.748	0.260	-	-	1875	-	-
Silba	13	0.403	3.095	1.312	5997	30114	-	-	-
Desconocido	6	0.041	0.060	0.049	1750	22917	14531	-	-

### 1. Ecolocalización Clics.

Los “clics” de ecolocalización fueron los sonidos más comunes en el audio (Fig. 1). La mayoría de los clics fueron indistinguible, probablemente por el gran número de delfines individuales presentes durante la grabación. La frecuencia pico para clics de esta comunidad de delfín nariz de botella fue 45,673 Hz (Tabla 1). El típico ICI en la grabación fue aproximadamente 0.046 s. Sin embargo, también había clics más rápidos en con ICI de 0.016 s, lo cual fue tres veces más corto que el ICI típico (*Figura 4*).



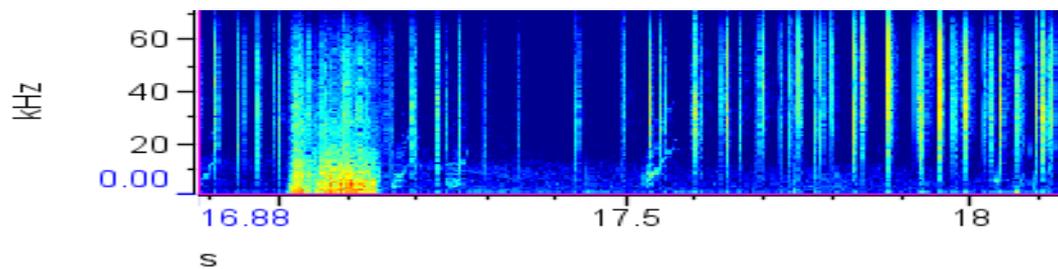
**Figura 4.- Un ejemplo de ‘clics’ individuales de ecolocalizacion en lo cual se puede visualizar el cambio del ICI. Las partes izquierdas y derechas muestran ICI típico del audio, mientras el centro muestra un ICI más corto donde el individuo aumenta la velocidad de los clics.**



*Figura 5.- Es un ejemplo de muchos clics donde se muestra que sus ICI son más cortos.*

## 2. Sonidos de Ráfagas: “explosión” de clics (Burst Pulse)

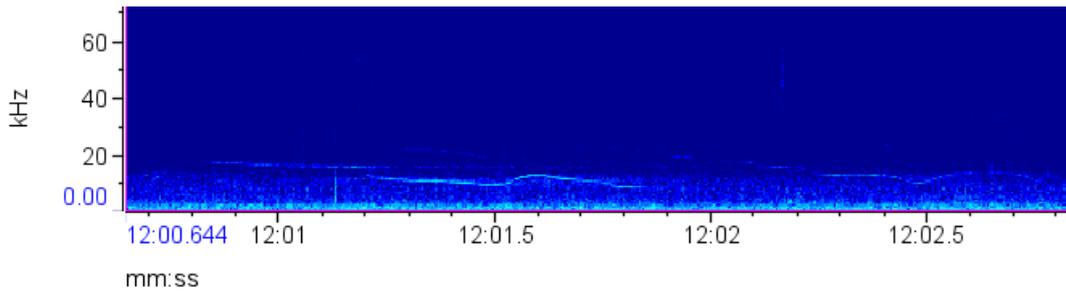
Los sonidos de ráfagas están compuestos de clics demasiado rápidos a comparación del echolocación, y también tienen tonos diferentes. Los seis sonidos de ráfagas de esta grabación (*Figura 6*) tuvieron una duración promedio de 0.260 s y una frecuencia pico más bajo que la frecuencia pico de los clics de echolocación (Tabla 1).



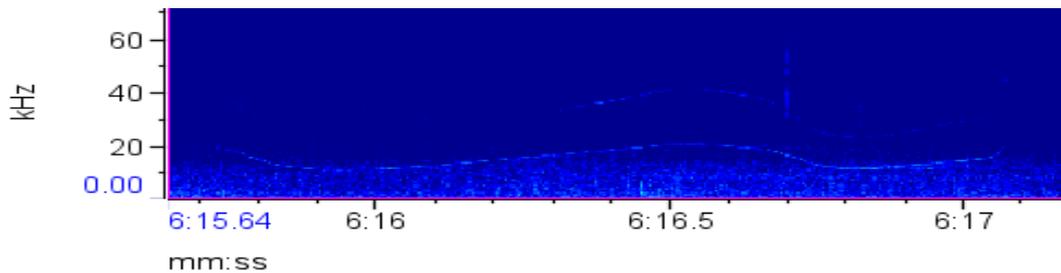
*Figura 6.- Un ejemplo de un sonido de ráfagas entre varios clics de echolocación (líneas verticales) y una silba (línea horizontal).*

## 3.- Silbas (Silbas):

En esta grabación, había 13 silbas con duración entre 0.403 y 3.095 s. Las silbas tuvieron formas muy distintivas, con frecuencias localizadas entre 5997 y 30114 Hz (Tabla 1).



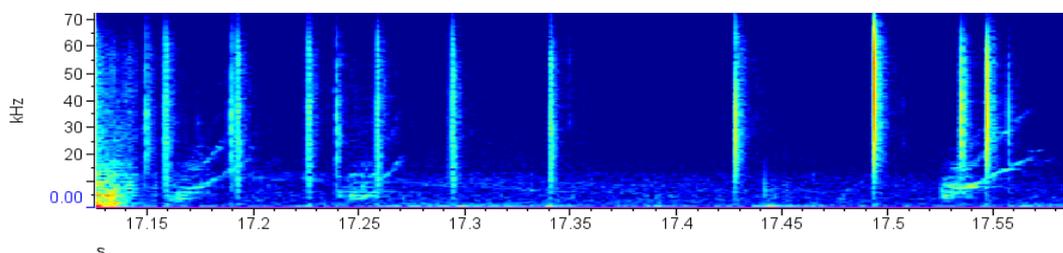
*Figura 7.- Se observa una forma distinta de silba con una variación de frecuencias constantes.*



*Figura 8.- Se observa dos tipos de formas de silba, esta vez con una variación de frecuencia alto y bajo, esta vez con una variación de frecuencia más alta y constantes.*

#### Unclassified:

Un sonido específico con una forma distintiva fue encontrado seis veces en la grabación (Figura 9). Este sonido tuvo una duración promedio de 0.0409 s y una forma inclinada que empezó alrededor de 1750 Hz y terminó alrededor de 23000 Hz. El tipo y el uso de este sonido fue desconocido.



*Figura 9.- Se evidencia diferentes formas distintas de silbidos no identificado en su espectrograma.*

## CONCLUSIONES

- Se logró identificar 3 tipos de sonidos ya determinados y 1 sonido no identificado.
- La metodología usada para grabar las vocalizaciones acústicas del delfín nariz de botella, también puede ser aplicable para identificar otros tipos de cetáceos en la RMG.
- El delfín nariz de botella, es uno de los animales acuáticos más inteligentes del ecosistema marino, por lo cual sigue siendo un reto identificar cada uno de sus silbidos y determinar para que los utilizan, por lo cual se recomienda que el proyecto continúe para poder identificar poblaciones de delfines residentes en Galápagos.

## REFERENCIAS

- Aquariums, A. O. (2017). *www.ammmpa.org*. Obtenido de <https://www.ammmpa.org/sites/default/files/files/animalfactsheets/AMMMPA-DolphinFactSheet-SPANISH-WEB.pdf>
- Bioacoustics, K. L. (2022). *Raven Sound Analysis*. Obtenido de <https://ravensoundsoftware.com/>
- Denkinger, J. O. (2013). *From Whaling to Whale Watching: Cetacean Presence and Species Diversity in the Galapagos Marine Reserve*. Recuperado el 05 de 01 de 2023, de [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-5794-7\\_13](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-5794-7_13)
- Palacios, D. M., & Cantor, M. (2022). *Priorities for ecological research on cetaceans in the Galápagos Islands*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/368514323\\_Priorities\\_for\\_ecological\\_research\\_on\\_cetaceans\\_in\\_the\\_Galapagos\\_Islands](https://www.researchgate.net/publication/368514323_Priorities_for_ecological_research_on_cetaceans_in_the_Galapagos_Islands)
- Roselló, I. P. (2020). *“DETECCIÓN, IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CETACEOS CON TÉCNICAS DE ACÚSTICA PASIVA*. GANDIA. Obtenido de <file:///C:/Users/ACER/OneDrive/Escritorio/PROYECTO%20TESIS/Dovgan%20-%20Deteccio%CC%81n,%20identificacio%CC%81n%20y%20localizacio%CC%81n%20de%20ceta%CC%81ceos%20con%20te%CC%81cnicas%20de%20acu%CC%81stica%20pasiva.pdf>