



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**ESSUNA**  
ESCUELA SUPERIOR NAVAL  
CMDTE. RAFAEL MORÁN VALVERDE

**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA**

**CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS NAVALES**

**TEMA: EL RUIDO BIOLÓGICO Y SU INFLUENCIA EN LOS  
ALCANCES DE DETECCIÓN DE SONAR.**

**AUTOR: ERIC DANIEL DORADO QUINDE**

**DIRECTOR: CPCB-SS ÓSCAR ALFREDO BARRIONUEVO VACA  
CODIRECTOR: MSC. RICARDO CHAVARRÍA CALDERÓN**

**SALINAS**

**2017**



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA  
CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el proyecto de investigación, “**EL RUIDO BIOLÓGICO Y SU INFLUENCIA EN LOS ALCANCES DE DETECCIÓN DE SONAR**” realizado por el señor Eric Daniel Dorado Quinde, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas - ESPE, por lo tanto, me permito acreditarlo y autorizar para que lo sustente públicamente.

Salinas, 30 de noviembre del 2017

Atentamente,

**CPCB-SS OSCAR ALFREDO BARRIONUEVO VACA  
DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA  
CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, ***ERIC DANIEL DORADO QUINDE***, con cédula de ciudadanía N° 0923843544 declaro que este Trabajo de Titulación “***EL RUIDO BIOLÓGICO Y SU INFLUENCIA EN LOS ALCANCES DE DETECCIÓN DE SONAR***”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros registrándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Salinas, 04 de diciembre del 2017

ERIC DANIEL DORADO QUINDE

C.C. 0923843544



**DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y DEFENSA  
CARRERA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NAVALES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **ERIC DANIEL DORADO QUINDE**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“EL RUIDO BIOLÓGICO Y SU INFLUENCIA EN LOS ALCANCES DE DETECCIÓN DE SONAR”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Salinas, 04 de diciembre del 2017

ERIC DANIEL DORADO QUINDE

C.C. 0923843544

## **Dedicatoria**

Dedico la culminación de mi tesis a Dios, familia, amigos, docentes y oficiales los cuales contribuyeron en mi formación como Oficial de Marina.

## Agradecimiento

Familia, amigos, y personas especiales en mi vida, que son el conjunto de seres queridos de importancia inimaginable en mi circunstancia de ser humano especialmente cuando he contado con su apoyo incondicional, desde que comenzó parte del reto de mi vida. Quiero agradecerle a mi tutor el Sr. CPCB-SS Oscar Barrionuevo Vaca y mi cotutor el Sr. MSC. Ricardo Chavarría Calderón por la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su apoyo incondicional para el desarrollo del presente proyecto.

Este logro alcanzado es gracias a ustedes, he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable.

## Índice de Contenido

Certificación.....	ii
Autoría de Responsabilidad.....	iii
Autorización.....	iv
Dedicatoria .....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Contenido.....	vii
Índice de Imágenes .....	x
Índice de Tablas .....	xi
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
Introducción.....	xiv
Marco General de la Investigación.....	1
I. Planteamiento del Problema .....	1
A. Contextualización.....	1
B. Análisis crítico.....	1
C. Enunciado del problema.....	2
D. Delimitación del objeto de estudio.....	2
II. Preguntas de investigación .....	2
III. Justificación .....	2
IV. Objetivos de la investigación.....	3
A. Objetivo General .....	3
B. Objetivos Específicos.....	3
Capítulo I.....	4

Fundamentación Teórica .....	4
1.1    Marco Teórico.....	4
1.1.1    Historia del sonar. ....	4
1.1.2    El descubrimiento de la acústica subacuática: Pre-1800s .....	6
1.1.3    Historia de los estudios del ruido ambiental .....	7
1.2    Marco Conceptual .....	9
1.2.1    Fuentes de ruido .....	9
1.2.2    Ruido Ambiental .....	9
1.2.3    Ruido Biológico .....	10
1.2.4    ¿Cómo producen sonidos los animales marinos? .....	11
1.2.5    Cetáceos .....	17
1.2.6    Tipos de cetáceos .....	18
1.2.7    Sonar .....	30
1.2.8    Ecuaciones de sonar .....	30
1.2.9    Predicción de Distancia .....	35
Capítulo II .....	36
Marco Metodológico .....	36
2.1    Enfoque y Tipo de Investigación .....	36
2.2    Modalidad de la Investigación.....	36
2.3    Alcance de la Investigación .....	36
2.4    Diseño o Tipo de Investigación .....	37
2.5    Población y Muestra .....	37
2.6    Técnicas de Recolección de datos .....	37
2.7    Instrumentos de Recolección de datos .....	38
2.8    Procesamiento y Análisis de datos .....	39



Capítulo III .....	43
Resultados del Proyecto de Investigación .....	43
3.1 Propuesta .....	43
3.1.1 Datos informativos.....	43
3.1.2 Justificación.....	44
3.1.3 Justificación.....	44
3.1.4 Objetivos .....	44
3.1.5 Fundamentación de la Propuesta .....	45
3.1.6 Diseño de la Propuesta .....	45
Conclusiones .....	56
Recomendaciones .....	57
Bibliografía.....	58

## Índice de Imágenes

Imagen 1 Batitermógrafo .....	5
Imagen 2 Montaje de lanzamiento del batitermógrafo.....	5
Imagen 3 Estructuras involucradas en el habla humana y la producción de voz	11
Imagen 4 Diagrama Esquemático de la producción de sonido en ballenas.....	12
Imagen 5 El sonido de las ballenas jorobadas que se estrellan contra la superficie del agua se puede oír bajo el agua. ....	13
Imagen 6 Distribución mensual y migración de la Ballena azul .....	19
Imagen 7 Idoneidad del hábitad y avistamientos de la Ballena azul.....	20
Imagen 8 Distribución mensual y migración de la Ballena bryde .....	22
Imagen 9 Idoneidad del hábitad y avistamientos de la Ballena bryde .....	23
Imagen 8 Distribución mensual y migración de la Ballena jorobada.....	25
Imagen 11 Idoneidad del hábitad y avistamientos de la Ballena jorobada .....	26
Imagen 12 Distribución mensual y migración del cachalote .....	28
Imagen 13 Idoneidad del hábitad y avistamientos del cachalote .....	29
Imagen 14 Ecuación de Sonar Activo. ....	30
Imagen 15 Ecuación de Sonar Pasivo. ....	32
Imagen 16 Ejemplo de Predicción de Distancia .....	35
Imagen 17 Ruido ambiente vs Figura de merito.....	39
Imagen 18 Ejemplo de Predicción por medio de la curva Proploss.....	40
Imagen 19 Base de datos de ruidos biológicos.....	49
Imagen 20 Área de operaciones de submarinos .....	50

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	39
Tabla 2 .....	41
Tabla 3 .....	42
Tabla 4 .....	48

## Resumen

Este proyecto está orientado a generar un sistema de recopilación y análisis de información del ruido biológico, debido a la no existencia de una fuente de información, dicho ruido perturba a los sensores de detección acústica afectando al alcance de reconocimiento con lo cual puede llegar a producir el posible enmascaramiento de contactos poniendo en riesgo el desarrollo de las operaciones antisubmarinas. En las operaciones antisubmarinas el sistema de detección acústica es de vital importancia, debido que para los submarinos y unidades de superficie que poseen estos sensores acústicos, es el medio en el cual se puede determinar la presencia de algún contacto. El enfoque de la presente investigación es cualitativo, debido a que se aplicó entrevistas y se recopiló información real de los institutos y bases de datos que estudian la vida marina. El propósito de la investigación es aportar a la planificación de las operaciones antisubmarinas y a la capacitación de los operadores del sonar.

**Palabras Claves:** Ruido Biológico, Alcance de Detección, Operaciones Submarinas y Sonar.

## Abstract

This project is oriented to generate a system of information collection and analysis of biological noise, due to the absence of a source of information, this noise disturbs the sensors of acoustic detection affecting the scope of recognition with which it can produce the possible masking of contacts putting at risk the development of antisubmarine operations. In antisubmarine operations the acoustic detection system is of vital importance, because for the submarines and surface units that have these acoustic sensors, it is the medium in which the presence of some contact can be determined. The focus of this research is qualitative, because interviews were conducted, and actual information was collected from the institutes and databases that study marine life. The purpose of the research is to contribute to the planning of antisubmarine operations and the training of sonar operators.

**Key words:** Biological noise, Scope of Detection, Underwater Operations and Sonar

## Introducción

En este trabajo de investigación se elabora un informe sobre el ruido biológico y su afectación a los alcances de sonar. Inicialmente en el planteamiento del problema de investigación se define las fuentes que producen estos ruidos y la fundamentación de los efectos del ruido producido por las especies marinas que afecta a la discriminación de contactos por parte de la detección acústica, al igual que la no existencia de información del ruido biológico.

El primer capítulo especifica marco teórico especifica los diferentes conceptos acerca del sonar, ruidos biológicos, fuentes de ruido, ecuaciones de sonar y predicción de alcance.

En el segundo capítulo menciona sobre la metodología la técnica de investigación es de campo, puesto que se realizaron visitas, entrevistas y recopilación de información para evidenciar la falta de información del ruido biológico, como también el establecimiento de periodos de circulación de los cetáceos con el fin de ser empleadas para la toma de consideraciones en la planificación de las operaciones y la toma de decisiones de los operadores del sonar.

En el tercer capítulo es el más importante, se presenta la propuesta, obteniendo como resultado una elaboración de un sistema de recolección y análisis de información del ruido biológico a través del trabajo conjunto de los repartos de la Armada del Ecuador.

# El Ruido Biológico y su Influencia en los Alcances de Detección de Sonar.

## Marco General de la Investigación

### I. Planteamiento del Problema

**A. Contextualización.** El submarino es un buque con capacidad para navegar bajo la superficie del mar, lo cual a lo largo del tiempo se lo ha considerado como arma silenciosa con diferentes características tales como su permanencia manteniendo largas patrullas en la mar, con un gran poder ofensivo permitiendo atacar de una manera letal, además de poseer una gran maniobrabilidad y ocultamiento.

En el funcionamiento de un submarino, la acústica es muy importante en las acciones de guerra antisubmarina, puesto que las unidades navales mediante sus sensores acústicos pueden detectar diferentes contactos de interés.

El sonar es un sensor de gran importancia, el que puede ser afectado por el ruido ambiental el cual está comprendido por el ruido biológico, sísmico, hidrodinámico y de tránsito oceánico. El enfoque de esta investigación se centrará en el ruido biológico que es producido por la vida marina específicamente en los cetáceos, causando la disminución de la capacidad de detección de los sistemas acústicos de las unidades submarinas, lo que dificulta la detección de contactos.

**B. Análisis crítico.** La no existencia de información de estudios, análisis, clasificación por tipos y áreas de ruidos originados por las especies marinas de los espacios acuáticos jurisdiccionales; podría estar impidiendo la correcta aplicación de funciones del sonar generando un enmascaramiento de contactos, dificultando la detección acústica y al desarrollo de las operaciones antisubmarinas.

**C.Enunciado del problema.** En el medio marino las principales fuentes de ruido biológico son las especies acuáticas, las cuales aumentan el ruido ambiente afectando la detección de contactos y la evaluación de estos por parte de los operadores de sonar, lo que provocaría entregar información errónea para la toma de decisiones al Comando aumentando el riesgo a la unidad submarina.

#### **D. Delimitación del objeto de estudio**

Área de conocimiento : Ciencias físicas

Sub área de conocimiento: Las ciencias marinas

Campo : Vida marina

Aspecto : Ruidos Ambientales

Contexto temporal : Operaciones Navales

Contexto espacial : Espacios Acuáticos Jurisdiccionales

## **II. Preguntas de investigación**

¿Cómo afecta el ruido biológico a la detección acústica del sonar?

¿Se puede establecer áreas de circulación de los cetáceos de los espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador, para evitar el enmascaramiento de contactos?

¿Cómo se puede obtener información del ruido biológico?

## **III. Justificación**

El Ecuador es un país beneficiado por tener un territorio marítimo 5,3 veces más extenso que el territorio continental, en el que cuenta con una gran fuente de recursos y especies marinas; los primeros microorganismos tuvieron lugar en el mar en donde se originó la vida y por esto nunca ha sido silencioso, el ruido es producido por las diferentes especies marinas entre ellas los cetáceos denominado ruido biológico, parte componente del ruido de fondo, el que es



uno de los parámetros para la determinación de alcance del sonar. Es por esto la importancia de desarrollar un estudio investigativo acerca de los ruidos existentes en nuestros espacios acuáticos jurisdiccionales donde abarque la evaluación de las afectaciones a los alcances del sonar con la recolección de información sobre el tipo, periodo, área, intensidad y frecuencia del ruido originado por los cetáceos.

Esto beneficiaría a detección acústica, en referencia a tiempo de localización, ubicación de objetivo, reacción y toma de decisiones precisas ante las amenazas submarinas y para tratar de evitar el enmascaramiento de contactos; lo cual favorecerá al cumplimiento de las operaciones submarinas.

#### **IV. Objetivos de la investigación**

**A. Objetivo General.** Proponer el procedimiento de levantamiento y análisis del ruido biológico con la participación de los medios y recursos de la Armada para la optimización de las operaciones submarinas.

##### **B. Objetivos Específicos**

- Determinar la existencia de afectaciones a la detección de sonar por parte del ruido biológico, dentro de los parámetros que participan en la determinación de predicción de alcance, estableciendo el grado de incidencia sobre la detección acústica.
- Analizar los periodos de tiempo de presencia de los cetáceos en las áreas de estudio, a través de la investigación de bases de datos y publicaciones relacionadas con la vida marina para la toma de decisiones en las operaciones submarinas.
- Desarrollar la ingeniería conceptual del sistema Cetaceum, para el levantamiento de información del ruido biológico a través de los medios de la Armada para la elaboración de mapas de ruido biológicos.

## Capítulo I

### Fundamentación Teórica

#### 1.1 Marco Teórico

**1.1.1 Historia del sonar.** Después de los primeros combates submarinos, siendo uno de ellos, el ataque al RMS Lusitana por parte de un submarino alemán U-Boot, se hizo necesario contar con aparatos que detecten, eludan e inutilicen la amenaza submarina. (Santos, s.f.)

Después de varios estudios por parte de científicos, en el año de 1917 se desarrollaron los transductores de ultrasonidos, utilizando las propiedades piezoeléctricas del cuarzo, lo que dio origen al primer sonar submarino. Este primer dispositivo tenía poco alcance, pero sentó las bases de la detección submarina. (Santos, s.f.)

El ASDIC que es un aparato para la detección y localización de objetos sumergidos que fue precedente del sonar el cual fue instalado en el buque HMS Antrim, y consiguió contactos submarinos a más de 2.000 yardas, quedando demostrada su eficacia en la lucha antisubmarina, siendo los estadounidenses los primeros en usar el sonar en sus unidades. En 1931 el sonar americano alcanzó una velocidad de 6 nudos. (Santos, s.f.)

Otro equipo desarrollado y que influye en la detección de contactos es el batitermógrafo (Ver Imagen 1) que fue presentado por Athelstan Frederick Spilhaus, Teniente Coronel de la Marina Americana. Aparato que proporcionaba una gráfica de la temperatura a distintas profundidades. El batitermógrafo se lanzaba por un costado del buque mediante un montaje que a su vez también servía para recuperarlo una vez hecha la medición. (Santos, s.f.)



**Imagen 1** Batitermógrafo

**Fuente:** [www.uhistoria.com/uhistoria/tecnico/articulos/sonar/sonar.htm](http://www.uhistoria.com/uhistoria/tecnico/articulos/sonar/sonar.htm)



**Imagen 2** Montaje de lanzamiento del batitermógrafo

**Fuente:** [www.uhistoria.com/uhistoria/tecnico/articulos/sonar/sonar.htm](http://www.uhistoria.com/uhistoria/tecnico/articulos/sonar/sonar.htm)

Un factor importante luego de la aparición del sonar es la capacitación a los operadores del sonar, porque si bien es cierto el sonar es un equipo idóneo para la detección de contactos, la persona que lo opera es de vital importancia para su correcto funcionamiento. Por tal motivo en 1939 se fundó la Escuela de Sonido de la costa Oeste “West Coast Sound School” en San Diego, en esta escuela se impartió la formación de los operadores de sonar de la marina americana y fue en 1945 que se publicó el primer manual para operadores del sonar submarino (Ver Imagen 2), en la cual venían explicadas muchas situaciones ya conocidas y los procedimientos a seguir en cada una de las operaciones en las que intervenía el sonar, incluía manejo, cómo reportar contactos, manejo de la “Eco Sonda”, y batitermógrafo. (Santos, s.f.)

Los avances en la investigación del sonar en 1943 condujeron a una nueva serie de sonares, en los cuales se hallaban separadas la emisión de la recepción. La emisión trabajaba en las frecuencias comprendidas entre los 14 y los 22 Kilociclos, mientras que el receptor lo hacía en los 38,5 Kilociclos. Su cono de búsqueda abarcaba 65° en horizontal y 45° en vertical, este nuevo sonar permitía mantener y seguir de manera mucho más satisfactoria los contactos a gran profundidad, además fue el primero que proporcionaba datos sobre profundidad del contacto. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.) "Sword". (Santos, s.f.)

**1.1.2 El descubrimiento de la acústica subacuática.** Aristóteles fue de los primeros en notar que el sonido podía ser oído tanto en el agua como en el aire. Casi 2000 años más tarde, se realiza una observación por parte de Leonardo da Vinci (1940) citando, "Si usted hace que su barco se detenga y coloque la cabeza de un tubo largo en el agua y coloque la extremidad externa en su oído, oirá los barcos a una gran distancia de usted.", 200 años después de dicha observación, la comprensión física del proceso acústico avanza rápidamente con Marín Mersenne y Galileo, descubriendo independientemente las leyes de las cuerdas vibrantes que Mersenne publicó en su obra L'Harmonie Universelle a finales de 1620.

Las observaciones de Mersenne sobre la naturaleza y el comportamiento del sonido y sus primeras mediciones experimentales sobre la velocidad del sonido en el aire se consideró la base para la acústica. Varias décadas más tarde, en 1687, Sir Isaac Newton publicó la primera teoría matemática de cómo el sonido viaja, en su gran obra Philosophiae Naturalis Principia Mathematica. Aunque Newton se centró en el trayecto del sonido en el aire, la misma teoría matemática básica se aplica al trayecto del sonido en el agua. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

En 1743, el físico francés Abbé Jean-Antoine Nollet, llevó a cabo una serie de experimentos para resolver una disputa sobre si los sonidos podían viajar a través del agua. Con la cabeza bajo el agua, informó haber escuchado un disparo

de pistola, campana, silbato y gritos. También observó que un reloj de alarma que chocaba en el agua podía ser escuchado fácilmente por un observador submarino, pero no en el aire, demostrando claramente que el sonido viaja a través del agua. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

**1.1.3 Historia de los estudios del ruido ambiental.** A principios de 1950, la US Navy se dio cuenta de que los submarinos soviéticos, basados en la mejor de la tecnología alemana de la Segunda Guerra Mundial, representaban una grave amenaza para la seguridad de Estados Unidos, por lo que se realizaron varias reuniones técnicas secretas para discutir la amenaza de los submarinos soviéticos. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

Frederick Hunt, jefe del Laboratorio de Sonido Subacuático de la Universidad de Harvard durante la Segunda Guerra Mundial, argumentó que la Marina de los EE.UU. podría utilizar el canal SOFAR (para el Fixing and Ranging) para detectar submarinos a cientos de millas de distancia, escuchando los ruidos que generan. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

El canal SOFAR había sido descubierto al final de la Segunda Guerra Mundial cuando los científicos se dieron cuenta de que existe un canal de sonido en el océano que permite que el sonido de baja frecuencia recorra grandes distancias. Durante la Segunda Guerra Mundial, la Armada de los Estados Unidos experimentó como una herramienta para salvar vidas el uso de transmisiones de baja frecuencia y de largo alcance. La idea era que los supervivientes de un avión derribado o un barco que se hundiera, pudieran lanzar una pequeña carga explosiva para explotar en el canal de sonido del océano. Los tiempos de llegada de la señal en una serie de estaciones de escucha en tierra, ampliamente espaciadas, podrían ser usados para calcular la posición de la balsa salvavidas. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

El sistema SOSUS fue muy exitoso en la detección y seguimiento del ruido de diésel y luego de los submarinos soviéticos nucleares de la Guerra Fría. Los marineros que operaban las primeras matrices SOSUS también detectaron algunos sonidos cuyas fuentes fueron al principio desconocidas.

El sonido fue encontrado por ser de baja frecuencia azul y vocalizaciones de ballenas. Incluso durante la Guerra Fría, la Marina de los Estados Unidos permitió a un pequeño número de oceanógrafos hacer uso del sistema SOSUS para la investigación. Una de las primeras aplicaciones fue medir la velocidad y la dirección de corrientes oceánicas profundas usando flotadores SOFAR. Los flotadores fueron diseñados para derivar con la corriente y transmitir señales acústicas de baja frecuencia a intervalos regulares. Las señales acústicas se recibieron originalmente en las matrices de hidrófonos SOSUS y los tiempos de llegada se utilizaron para calcular las posiciones de los flotadores. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

Como una herramienta para salvar vidas en la Guerra Fría, la Marina de guerra de los EE. UU. permitió a científicos civiles más acceso al sistema SOSUS para la investigación básica. El sistema se ha utilizado para estudiar erupciones volcánicas subacuáticas, terremotos desde principios de los noventa, y para estudiar mamíferos marinos y sus vocalizaciones . Por último, se ha utilizado para medir la variabilidad de la temperatura del océano a gran escala, realizando mediciones precisas de los tiempos de recorrido entre las fuentes del espacio y los receptores SOSUS. (University of Rhode Island and Inner Space center, s.f.)

## 1.2 Marco Conceptual

**1.2.1 Fuentes de ruido.** El ruido de fondo, como la reverberación que es un fenómeno producido por la reflexión, que consiste en la ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original haya dejado de emitirlo, este interfiere con la recepción de los ecos deseados. A diferencia de ésta, sin embargo, no resulta de ecos indeseados del pulso transmitido, sino de productores activos de ruido ubicados en el buque o en el agua. El ruido producido por estas fuentes se clasifica como ruido propio y ruido ambiental. El ruido propio está asociado a la operación mecánica y eléctrica del sonar y del buque. El ruido ambiental incluye a todos los ruidos del mar. (Frieden, 1985)

**1.2.2 Ruido Ambiental.** Es el ruido de fondo o de base en el mar, debido a causas naturales o producido por el hombre, y puede dividirse en cuatro categorías generales: hidrodinámico, sísmico, del tránsito oceánico, biológico. (Frieden, 1985)

El ruido hidrodinámico lo causa el movimiento del agua misma, como resultado de mareas, vientos, corrientes y tormentas. El nivel del ruido hidrodinámico presente en el mar está directamente relacionado con las condiciones de su superficie. Cuando la superficie se agita por el viento o una tormenta, el nivel del ruido sube, reduciéndose la capacidad de detección. Los niveles de ruido hidrodinámico muy altos, causados por fuertes tormentas en el área general del buque pueden causar la pérdida total de toda recepción de señal. (Frieden, 1985)

Los ruidos sísmicos son causados por movimientos de tierra debajo o cerca del mar, son raros y de corta duración. Como, por ejemplo, un terremoto.

El efecto del tránsito oceánico sobre el nivel del ruido ambiental está determinado por las características de propagación sonora del área, la cantidad de buques y la distancia entre ellos y el área. Los ruidos causados por los buques son similares a los tratados bajo el título de ruido propio, con las frecuencias dependientes de la distancia a los buques que los causan. Los ruidos de los

navegantes cercanos pueden oírse en un amplio espectro de frecuencias, pero a medida que aumenta la distancia el rango de frecuencias disminuye y sólo las más bajas alcanzan al buque, puesto que las más altas se atenúan. En aguas profundas, las bajas frecuencias pueden oírse por miles de kilómetros. (Frieden, 1985)

Los ruidos biológicos producidos por la vida marina son parte del ruido ambiental de fondo, y en ocasiones son un factor importante en la GAS. Las plantas y animales que se incrustan en los buques son pasivos y contribuyen al ruido propio al incrementar la turbulencia del agua. Los crustáceos, peces y mamíferos marinos son activos productores de ruidos que son fácilmente captados por los equipos de sonar. (Frieden, 1985)

Durante la Segunda Guerra Mundial y a partir de ella, se han llevado a cabo gran cantidad de investigaciones sobre los animales marinos productores de ruido, cuyo objetivo era reconocer todas las especies de animales que producen sonidos, sus métodos de producción y las características de los sonidos (frecuencias, intensidades, etc.). Luego de ser analizados electrónicamente los sonidos producidos por los mismos, se han obtenido datos físicos importantes, deduciendo que los animales marino-sónicos importantes pertenecen a uno de los tres grupos: crustáceos, peces y mamíferos. (Frieden, 1985)

**1.2.3 Ruido Biológico.** En acústica se llama ruido, a cualquier sonido que no se desea escuchar y biológico a los seres vivos del medio ambiente por lo tanto el ruido biológico son los sonidos o ruidos emitidos por los animales marinos.

Tradicionalmente las profundidades marinas han sido consideradas como un espacio eminentemente silencioso, sin embargo, los sonidos que pueden captarse en los más recónditos lugares de nuestros mares son comparables en nivel a los que existen en un jardín tranquilo.

Las señales acústicas recibidas en el océano tienen una enorme variedad de orígenes. Pueden ser generadas por fenómenos naturales, por organismos



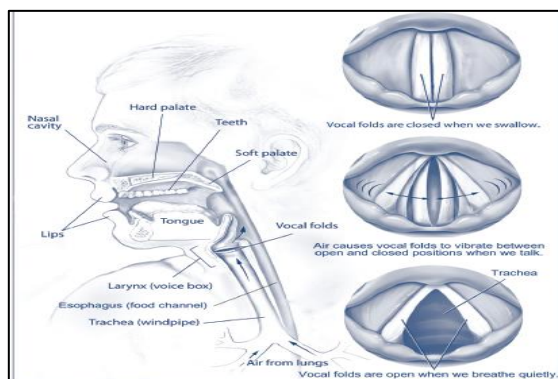
marinos, actividad humana, etc. Todas ellas tienen una composición compleja formada por la suma de diversos componentes que varían en amplitud y en fase, muchas veces de manera aleatoria. (Frieden, 1985)

El ruido en el medio marino es importante porque enmascara la información contenida en las señales acústicas submarinas. Todo el proceso de señal que debe realizar el sonar tiene por objeto extraer la información de la combinación señal – ruido. El parámetro que interesa aquí será la Relación Señal / Ruido (SNR). (Richards, 2014)

#### 1.2.4 ¿Cómo producen sonidos los animales marinos?

- ¿Cómo producen sonidos los mamíferos marinos?

Las vocalizaciones de los mamíferos son producidas por las acciones de la laringe, un conjunto de tejidos situados en la garganta. La laringe contiene pliegues de tejido llamados cuerdas vocales o pliegues vocales, que vibran a medida que el aire pasa de los pulmones a la cavidad oral (también llamada boca). La forma y la tensión de las cuerdas vocales (Ver Imagen 3) pueden

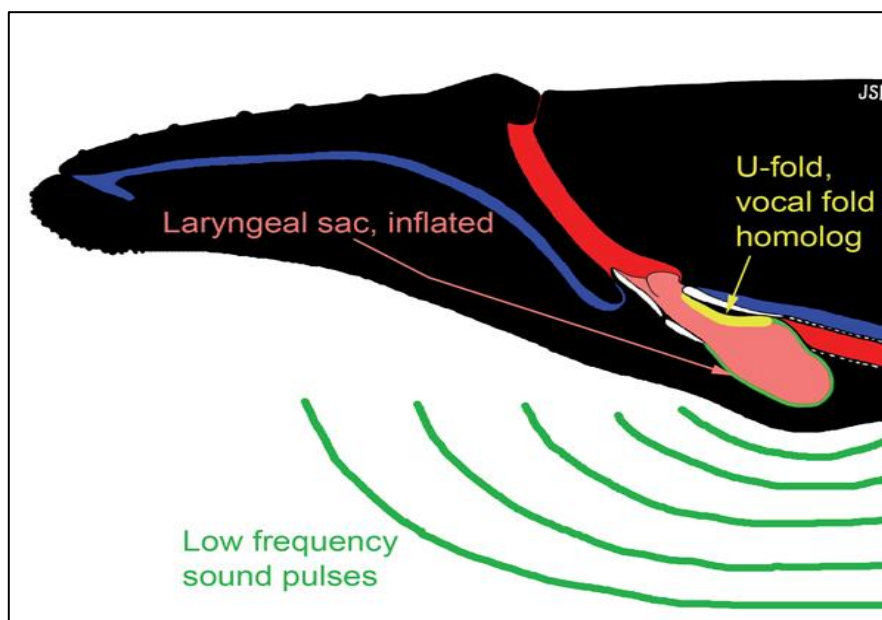


**Imagen 3** Estructuras involucradas en el habla humana y la producción de voz

**Fuente:** Instituto nacional salud

cambiar para producir diferentes sonidos. Los sonidos pueden verse afectados por cambios en la forma de la cavidad bucal, la lengua y los labios.

Los mamíferos marinos producen sonidos que resultan del movimiento del aire a través de diferentes tejidos y se utilizan para la comunicación, la alimentación y la navegación. Producen vocalizaciones utilizando mecanismos similares a los de los mamíferos terrestres. Algunos sonidos de baja frecuencia pueden ser producidos por la laringe. La mayoría de los sonidos son de mayor frecuencia y son producidos por un sistema complejo de sacos de aire y tejidos blandos especializados, que vibran a medida que el aire se mueve a través de los pasajes nasales. El sonido producido en los sacos de aire se canaliza a través de las grasas del melón. La forma del melón puede ser modificada por el animal para producir un haz estrecho o amplio de sonido. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.).



**Imagen 4** Diagrama Esquemático de la producción de sonido en ballenas  
**Fuente:** Dr. Joy Reidenberg. Adaptado de Joy S. Reidenberg y Jeffrey T. Laitman. 2007.

Las ballenas contraen los músculos de la garganta y el pecho, haciendo que el aire fluya entre los pulmones y el saco laríngeo (tejido rosa en el diagrama), alternando la expansión y la contracción de los pulmones y sacos de aire, a través de una cresta en forma (Ver Imagen 4), lo que hace vibrar y producir sonido. Las vibraciones del saco laríngeo (líneas verdes) pueden propagarse a través de los pliegues de la garganta ventral hacia el agua circundante como ondas sonoras.

El tracto respiratorio de la ballena se muestra en rojo, el tracto digestivo en azul y el cartílago asociado en blanco. Los mamíferos marinos producen otros sonidos golpeando partes de su cuerpo contra la superficie del agua (Ver Imagen 5) como lo hacen los delfines nariz de botella y las bofetadas de cola de las ballenas jorobadas, las cuales producen sonidos de banda ancha entre 30 y 12.000 Hz. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)



**Imagen 5** El sonido de las ballenas jorobadas que se estrellan contra la superficie del agua se puede oír bajo el agua.

**Fuente:** Holly Morin

Las mordazas se hacen por encima y bajo el agua cerrando con fuerza las mandíbulas superior e inferior. Estos tipos de sonido a menudo señalan la agresión de las ballenas dentadas. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

- **¿Cómo producen sonidos los peces?**

Los peces producen diferentes tipos de sonidos utilizando diferentes mecanismos y por diferentes razones. Los sonidos (vocalizaciones) pueden ser producidos intencionalmente como señales a los depredadores o competidores, para atraer a compañeros o como una respuesta de susto. Los sonidos también se producen involuntariamente, incluidos los que se hacen como un subproducto de la alimentación o la natación. Las tres principales formas en que los peces producen sonidos son mediante el uso de músculos sónicos que se encuentran cerca de su vejiga natatoria (tamborileo); golpear o frotar los componentes esqueléticos (estridulación); y cambiando rápidamente la velocidad y la dirección mientras nadan (hidrodinámica). (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Entre los sonidos más conocidos producidos por los peces se encuentran los de tambor de la vejiga natatoria con el músculo sónico. La vejiga natatoria es una gran cámara de aire situada en la cavidad abdominal en la mayoría de los peces óseos, se utiliza principalmente para regular la flotabilidad. El aire entra en la vejiga natatoria de dos maneras diferentes, dependiendo de la especie

Los músculos de contracción más rápidos conocidos en los vertebrados, hacen que la vejiga natatoria se contraiga y se expanda a un ritmo rápido, creando así sonidos de batería. La mayoría de los sonidos producidos de esta manera son impulsos cortos con frecuencias fundamentales que van desde aproximadamente 45 - 60 Hz a aproximadamente 250 - 300 Hz. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Por ejemplo, algunos bagres marinos poseen un mecanismo modificado de la vejiga natatoria, llamado "aparato elástico de resorte". Los músculos sónicos especializados en la superficie superior de este resorte elástico causan la vibración de la vejiga natatoria. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

- **Estridulación**

Los sonidos estridulatorios se producen cuando las partes esqueléticas duras o los dientes se frotran juntos, como el método utilizado por los grillos para hacer sonidos. En los peces, la estridulación ocurre a menudo durante la alimentación cuando los dientes de la mandíbula o los dientes faríngeos se retuercen juntos. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

- **Sonido hidrodinámico**

La producción de sonido hidrodinámico se produce cuando un pez cambia rápidamente de dirección y/o velocidad . Estos sonidos son de frecuencia extremadamente baja y son simplemente un subproducto de la natación. Es posible que los sonidos hidrodinámicos sean importantes para las interacciones entre predadores y presas y la comunicación. Por ejemplo, se ha postulado que los tiburones pueden detectar los sonidos hidrodinámicos de baja frecuencia emitidos por los peces más pequeños. Por lo tanto, la educación de los peces puede inadvertidamente atraer a un tiburón simplemente por los sonidos producidos durante la natación. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

- **¿Cómo producen sonidos los invertebrados marinos?**

La producción de sonido por invertebrados marinos no ha sido investigada en la misma medida que lo ha sido para peces y mamíferos marinos. Otros invertebrados marinos también pueden producir sonido, pero sus mecanismos de producción de sonido no han sido estudiados con gran detalle. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

La mayoría de los invertebrados marinos que utilizan estridulación para producir sonido dependen de superficies duras. Sin embargo, las langostas espinosas son inusuales en que producen sonidos estridulatorios utilizando un plectro de tejido blando. Debido a que el método " se pega y se desliza " no requiere partes duras.

Estas especies hacen un sonido de "raspado" frotando un plectro (una extensión fuera de la base de cada antena) sobre un archivo que está situado en cada lado de una placa debajo de los ojos. El plectro está hecho de tejido blando y el archivo es suave, lo que significa que las langostas espinosas hacen sonido de manera diferente que otros artrópodos. La mayoría de los artrópodos frotran una selección dura sobre una serie de topetones para hacer el sonido. En su lugar, las langostas espinosas usan la fricción entre el plectro blando y el archivo pegajoso-liso para hacer pulsos de sonido como un arco que se mueve sobre las cuerdas de un violín. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Algunas especies de cangrejos semi- terrestres también usan estridulación para producir sonido. Los sonidos producidos por los cangrejos se transmiten a través del aire y el sustrato. El cangrejo violinista y el mangle producen sonidos estridulatorios dentro de sus madrigueras. Para la estridulación se utilizan múltiples estructuras anatómicas en las garras, las patas para caminar y el caparazón de los cangrejos violinistas. Los cangrejos frotran su garra agrandada contra cualquier estructura para producir sonido. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Los cangrejos de mangle tienen crestas duras, o tubérculos e hileras de cerdas, llamadas setas. Cuando una garra frotra contra la otra, se crea un sonido raspador. Los cangrejos también pueden colocar una garra en el sustrato y mover la otra garra arriba y abajo contra la garra estacionaria, produciendo sonido. Con una garra en contacto con el sustrato, las vibraciones pueden transmitirse a través del suelo. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Una gran variedad de sonidos producidos de esta manera ha sido descritos como tambores, bocinazos, raspas, y siseos. Algunas especies pueden ser identificadas por la frecuencia y el intervalo de tiempo de sus sonidos. Por lo general los cangrejos producen los sonidos que golpean entre 300 y 2400 Hz. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

El camarón, es un productor de sonido común, bien investigado en el océano. Los camarones tienen dos garras, una de las cuales está muy ampliada y puede crecer hasta la mitad del tamaño de todo el cuerpo.

Alguna vez se pensó que el sonido producido por el chasquido de camarón se produjo como resultado de la parte superior e inferior de la garra golpeando uno a otro. Sin embargo, más tarde se descubrió que el sonido es causado por el estallido de una burbuja que se produce cuando la garra se abre y se cierra rápidamente. La garra agrandada suele estar ligeramente abierta, pero durante la contracción muscular, la garra se cierra a una velocidad muy alta. Esto hace que se forme una burbuja de vapor. El sonido que se escucha de los camarones se produce al colapso de esta burbuja. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

Algunos invertebrados marinos utilizan contracciones musculares rápidas para producir sonido. Las contracciones musculares en la base de las antenas de la langosta americana, causan vibraciones en el caparazón del animal, creando zumbidos de baja frecuencia aproximadamente de 180 Hz.. Los sonidos de baja frecuencia por el camarón tienen una frecuencia dominante promedio de 167 Hz, y duran aproximadamente 0,2 s. (University of Rhode Island and Inner Space Center., s.f.)

**1.2.5 Cetáceos.** Son mamíferos que se han adaptado a la vida acuática y viven exclusivamente en el agua. El término cetáceo en términos biológicos significa ballena o (originalmente) animal marino grande. Existen tres tipos de mamíferos marinos que componen las especies de cetáceos que incluyen ballenas, delfines y marsopas. Aunque el término ballena puede usarse para referirse a todos los cetáceos, generalmente excluye delfines y marsopas para evitar confusiones entre las tres especies principales.

### 1.2.6 Tipos de cetáceos

Ballena azul (*Balaenoptera musculus*)

Ballena de Bryde (*Balaenoptera brydei* = *edeni*)

Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)

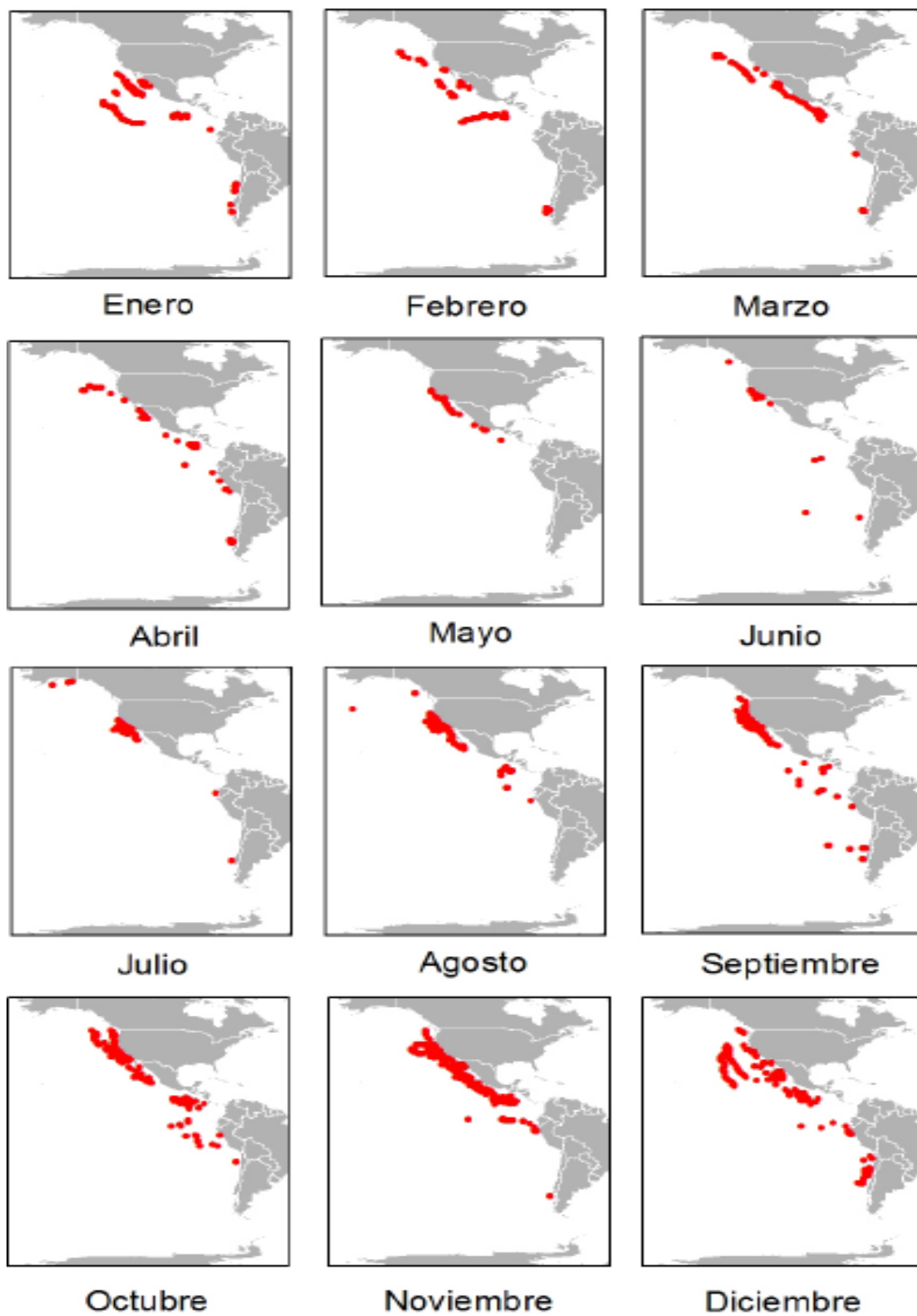
Cachalote (*Physeter macrocephalus*)

- **Ballena azul (*Balaenoptera musculus*)**

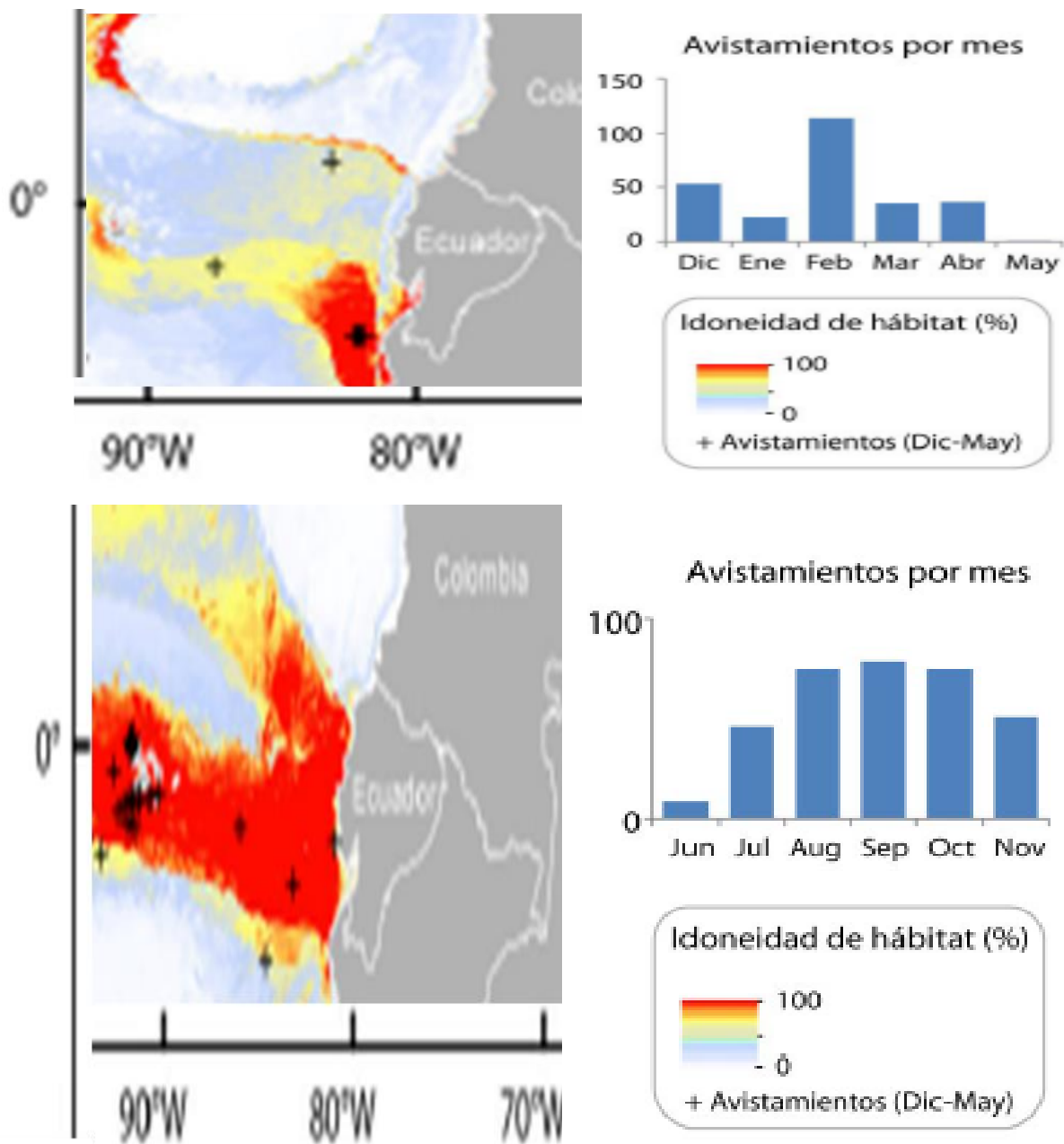
Características de la especie. La ballena azul es uno de los animales más grande del mundo. Su tamaño adulto esta entre 23 y 27 m, pero hay investigaciones de animales descendientes de la Antártida de más o menos 150 toneladas de peso (Jefferson et al.,2008).

Distribución. La especie se distribuye en todo el globo terráqueo donde tiende a alojarse en aguas oceánicas (Ver Imagen 6), pero también es observada a las cercanías de las costas alimentándose y reproduciéndose donde las propiedades son idóneas para su presencia (Ver Imagen 7) (Gendron, 2002; Hucke-Gaete etal., 2004b).





**Imagen 6** Distribución mensual y migración de la Ballena azul  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur

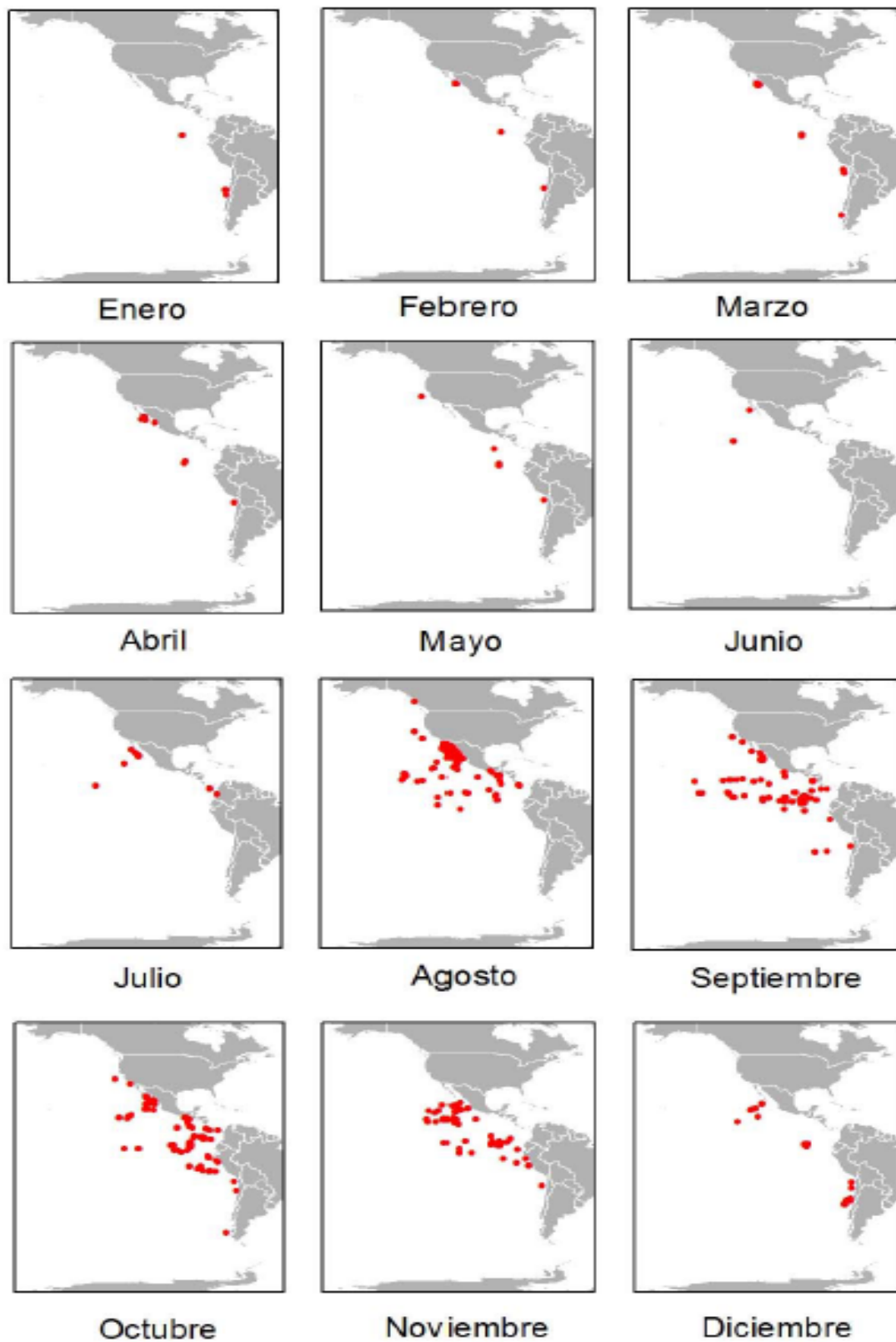


**Imagen 7** Idoneidad del hábitat y avistamientos de la Ballena azul  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur

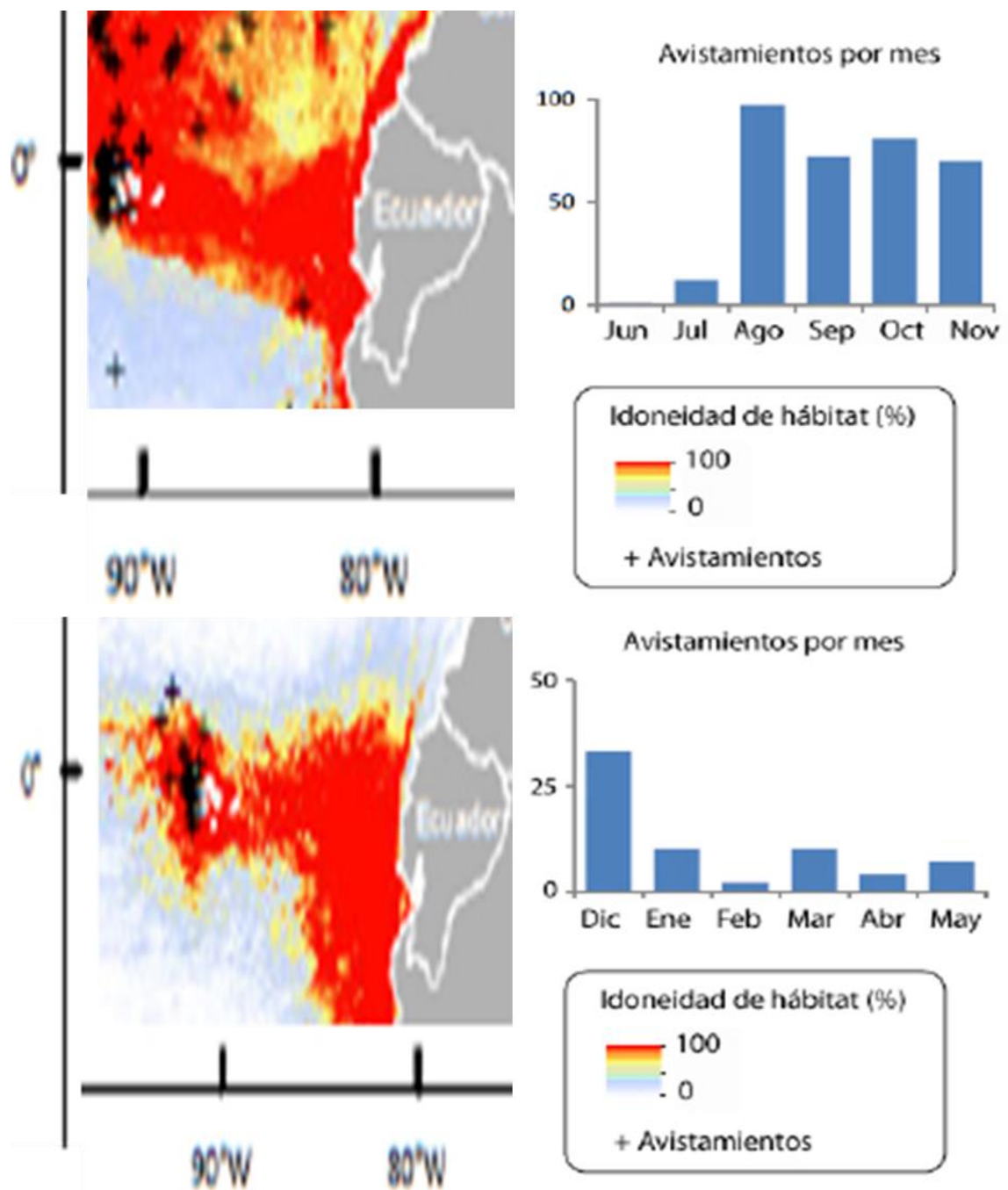
- **Ballena de Bryde (*Balaenoptera brydei* = *edeni*)**

Características de la especie. La ballena de Bryde o ballena tropical tiene una forma hidrodinámica. Los adultos tienen una longitud 15-16 m y llegando a pesar hasta 40 toneladas por lo general tienen tres crestas prominentes a lo largo de la cabeza lo cual la hace característica y la diferencia con la ballena sei (*B. borealis*) que comúnmente es confundida. Generalmente se encuentran en grupos pequeños, pero en las zonas de alimentación se encuentran de 10 a 20 de estas especies.

Distribución. Se encuentran distribuidas en aguas tropicales y subtropicales alrededor de todo el mundo (Ver Imagen 8), frecuentemente en las cercanías de las costas o zonas de alta productividad que tienen propiedades idóneas para su presencia (Ver Imagen 9). (Kato y Perrin, 2009).



**Imagen 8** Distribución mensual y migración de la Ballena bryde  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur

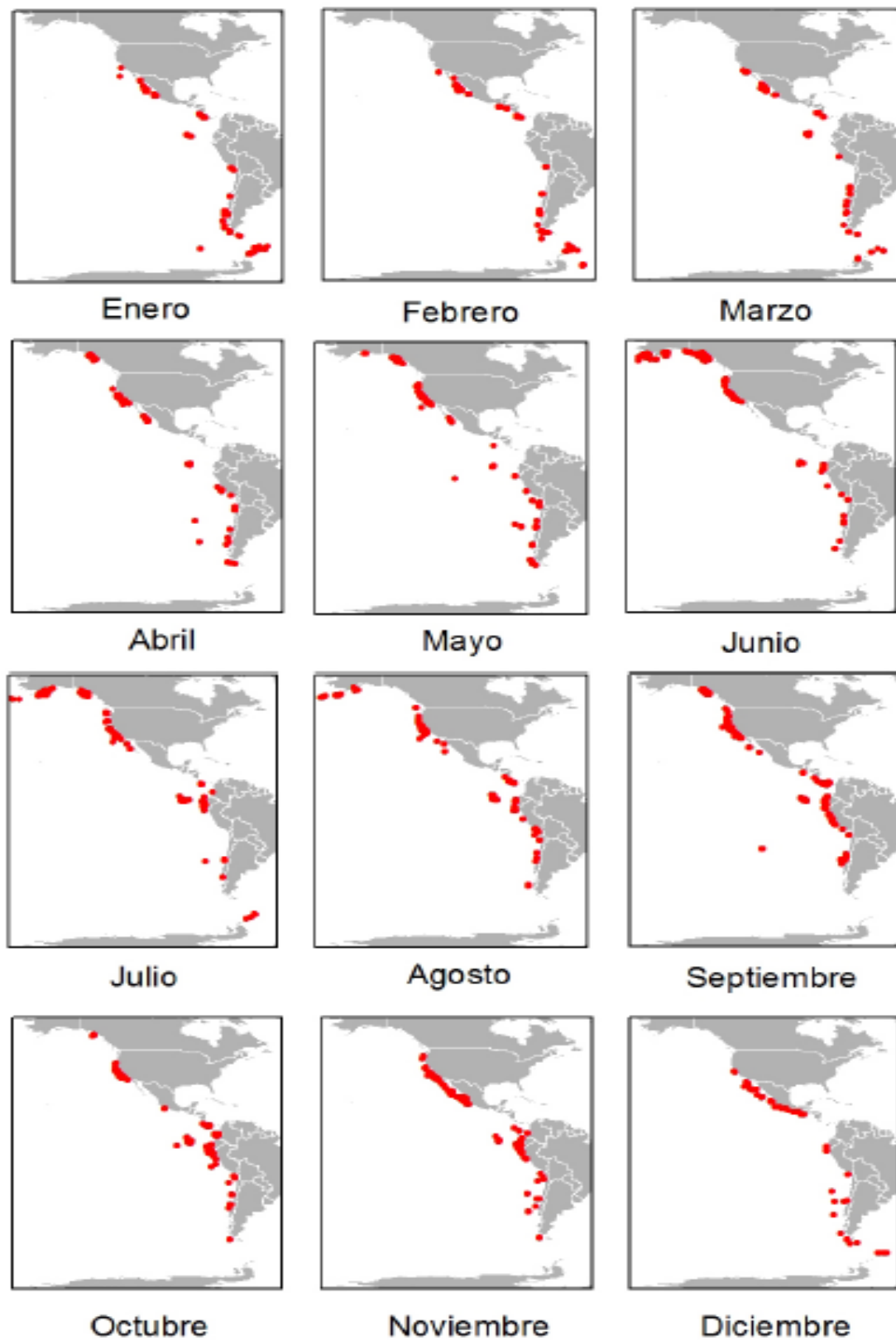


**Imagen 9** Idoneidad del hábitat y avistamientos de la Ballena bryde  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur

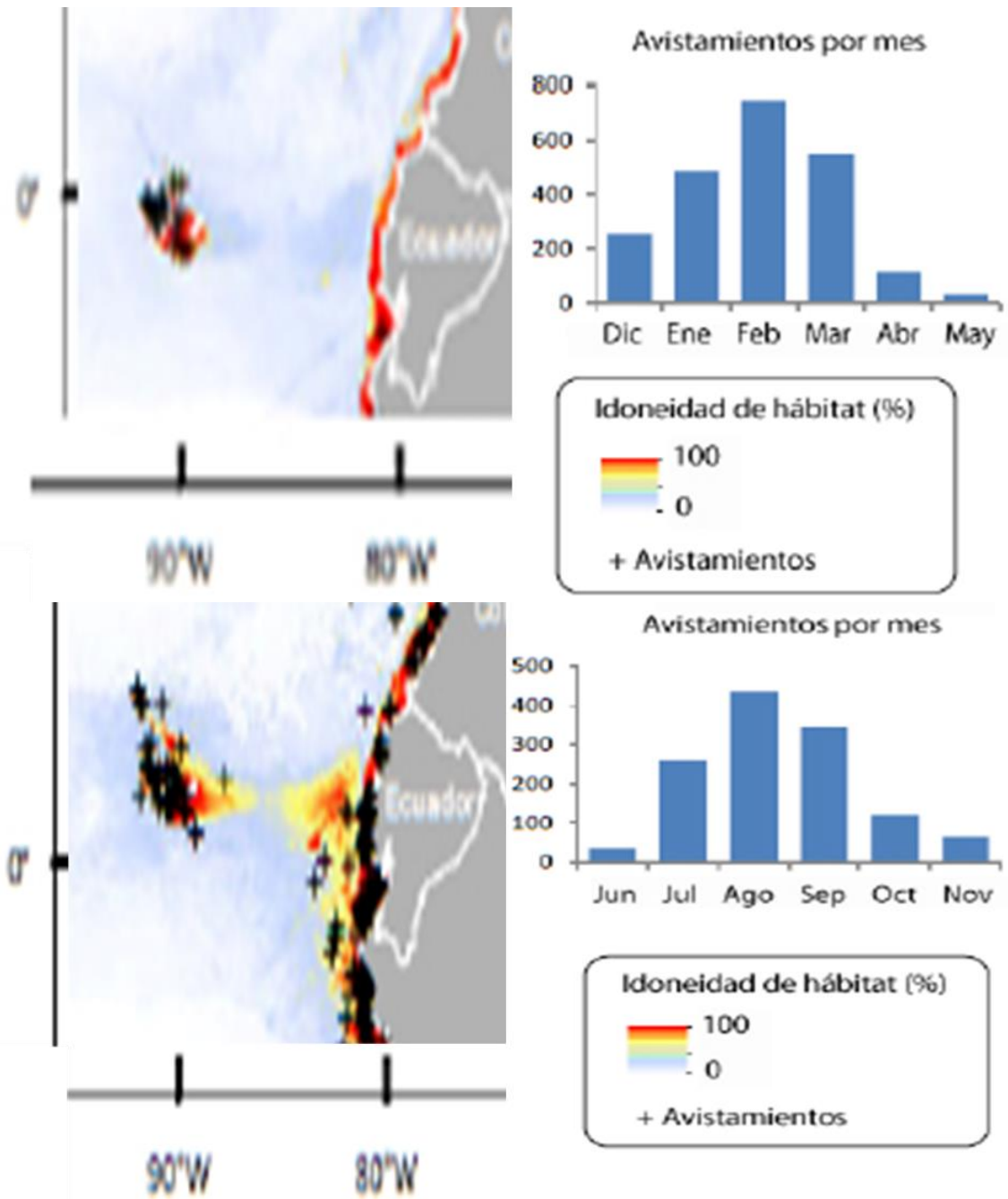
- **Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)**

Características de la especie. La forma de ballena jorobada se diferencia con el resto por tener un aspecto más robusto, tiene aletas pectorales que son un tercio del total de su cuerpo y su cabeza es ancha al igual que algunos tubérculos a lo de cabeza hasta la mandíbula. Las hembras adultas llegan a medir hasta 17 m y pesar 40 toneladas. Su coloración es negra o gris oscura, pero en la parte ventral y lateral inferior puede ser blanca.

Distribución. Esta especie se encuentra distribuida en todo el mundo (Ver Imagen 10) y estas se las encuentra habitualmente en las costas de archipiélagos y zonas continentales donde tienen propiedades idóneas para su presencia (Ver Imagen 11). Existen dos poblaciones de estas ballenas en el Pacífico oriental, la del Pacífico nordeste y la del Pacífico sudeste.



**Imagen 10** Distribución mensual y migración de la Ballena jorobada  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur



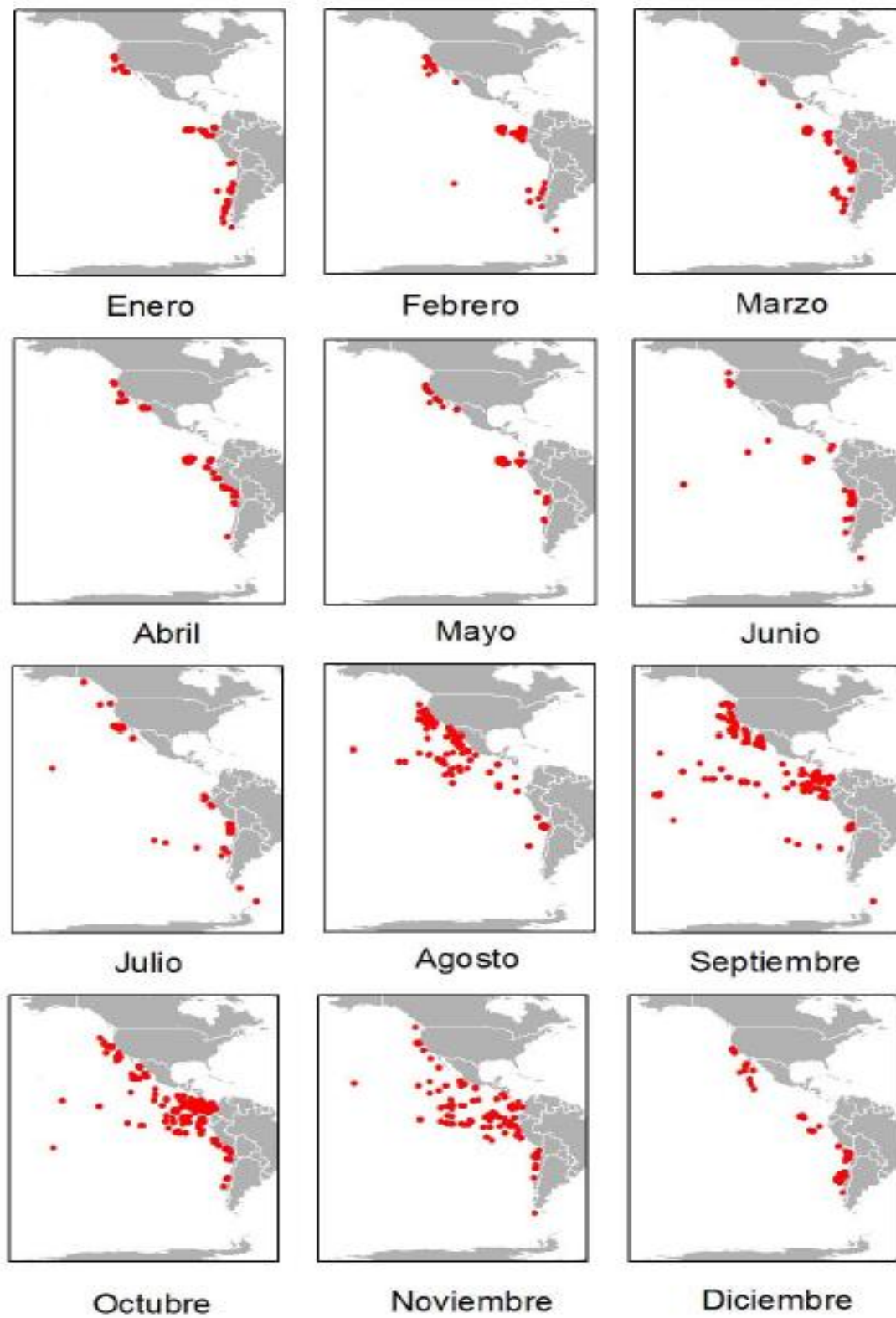
**Imagen 11** Idoneidad del hábitat y avistamientos de la Ballena jorobada  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur



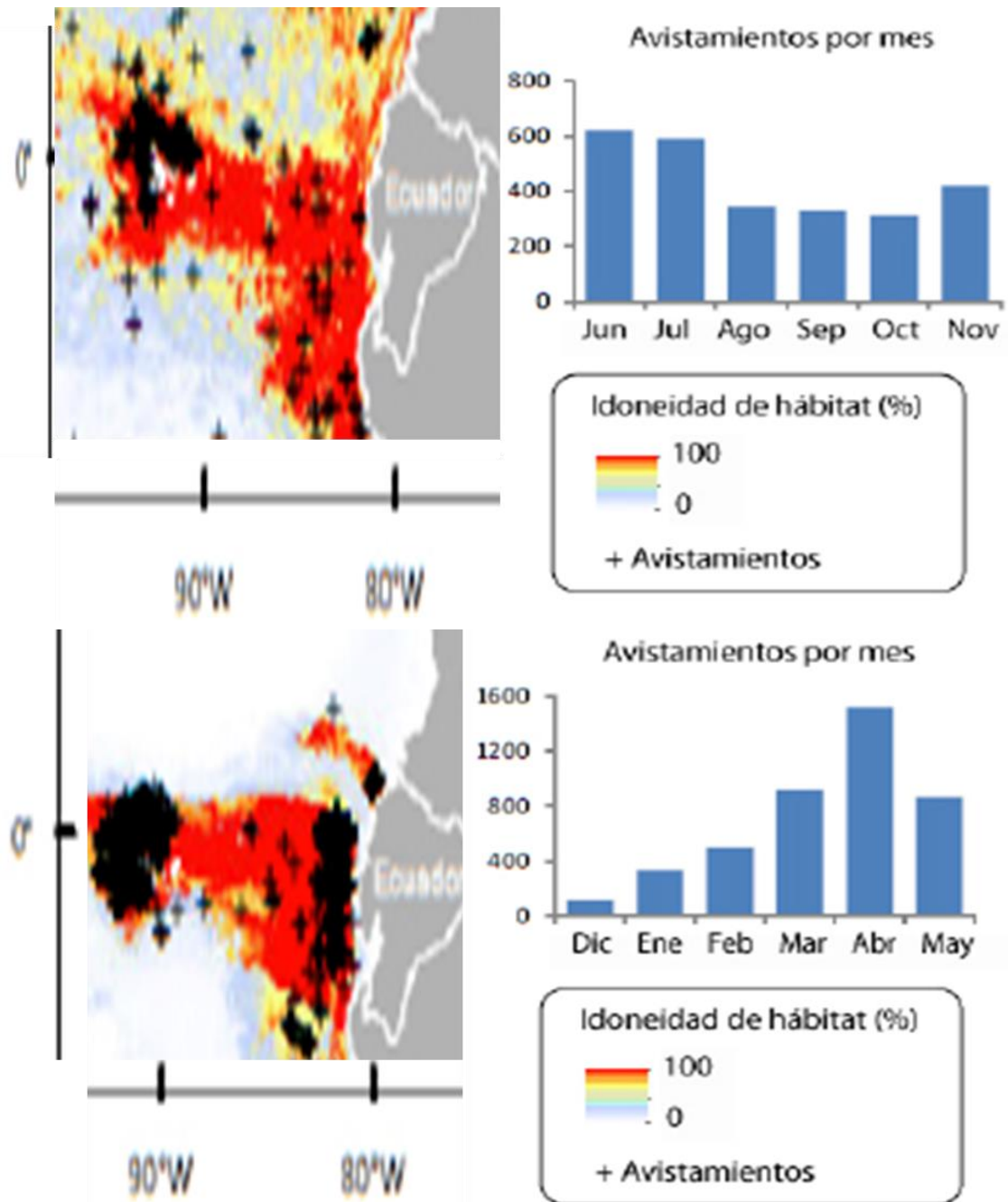
- **Cachalote (*Physeter macrocephalus*)**

Características de la especie. El cachalote su cuerpo es lateralmente comprimido y tienen una cabeza de considerable tamaño el cual es un cuarto de su tamaño. Su piel es arrugada de color gris o café, presentan un orificio respiratorio. Las hembras llegan a medir hasta 12.8m y los machos 18m. (Clarke, 1956; et al., 2008)

Distribución. Se encuentran distribuidas estas especies (Ver Imagen 12) alrededor de todo el mundo en los diferentes océanos desde las regiones polares hasta el trópico (Rice, 1989). Habitualmente se las encuentra en aguas muy profundas y con características específicas (Ver Imagen 13).



**Imagen 12** Distribución mensual y migración del cachalote  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur



**Imagen 13** Idoneidad del hábitat y avistamientos del cachalote  
**Fuente:** Comisión Permanente del Pacífico Sur

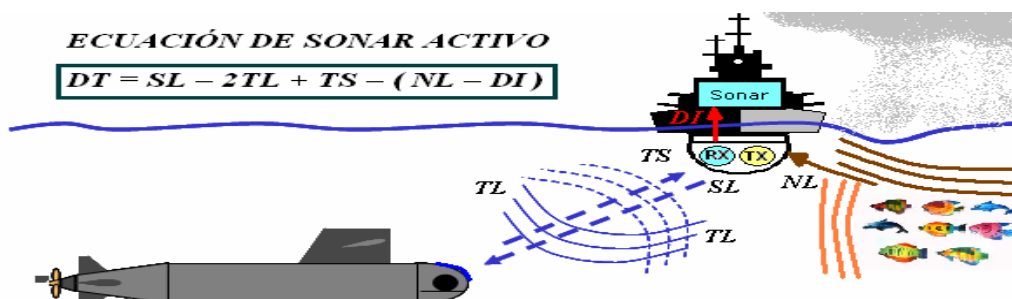
**1.2.7 Sonar.** Un sonar es un aparato que permite al hombre identificar la posición a la que se encuentran objetos situados a bastante profundidad o sumergidos a cierta distancia. Existen dos tipos de sonar: sonar activo y sonar pasivo. (Vasquez, 2011)

**1.2.8 Ecuaciones de sonar.** Inicialmente fueron formuladas durante la Segunda Guerra Mundial de tal modo que sirva como las bases para el cálculo del alcance de detección máximo del sonar. En los últimos años, éstas han sido incrementado su uso para otros fines diferentes a la guerra en el mar. (Vasquez, 2011)

- **Ecuación de Sonar Activo**

La principal característica del sonar es la detección, es decir, su propósito principal es dar aviso de alguna presencia de contacto cercano. Cuando la relación señal-ruido (SNT) de está por arriba del umbral de detección cumpliendo un criterio de probabilidad, el operador toma la decisión en base a los cálculos y su experiencia que el blanco está presente; si la SNT de entrada es menor que el umbral de detección esto indica la ausencia de blancos. Si cumple con que la SNT es igual al umbral de detección (DT), tenemos una probabilidad de detección del 50%, y se puede plantear la siguiente relación:

$$DT = SL - 2TL + TS - (NL - DI)$$



**Imagen 14** Ecuación de Sonar Activo.  
Fuente: (Barrionuevo, 2008)

Esta ecuación en detalle implica que (Ver Imagen 14):

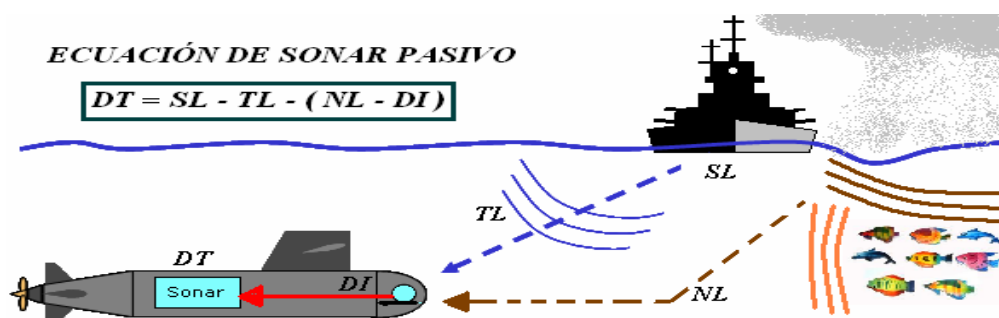
1. Una fuente sonora funcionando también como un receptor produce un Nivel de la Fuente (SL)
2. La trayectoria de la onda acústica (hacia el blanco) implica a que se disminuya su propagación. (pérdidas por transmisión TL).
3. Por lo tanto, al blanco llega  $SL - TL$ .
4. En el momento que el sonido activo originado por la fuente alcanza el blanco, este sonido es reflejado por el Nivel o Fuerza de reflexión del Blanco (TS), el nivel reflejado podemos concluir que será  $SL - TL + TS$ .
5. En el momento de recorrido de regreso de la onda acústica hacia la fuente, este nivel nuevamente es disminuido por la pérdida de transmisión y concluimos que  $SL - 2TL + TS$ .
6. El sonar (detector) no solo recibirá el sonido de la Fuente, sino que simultáneamente recibirá el Ruido del Ambiente (NL)
7. El sonar (detector) también tiene limitaciones como lo es su Índice de Directividad (DI).
8. Por todo lo anterior, podemos concluir que el Umbral de Detección (DT) que ingresará al sonar (detector) será  $SL - 2TL + TS - (NL - DI)$ . (MARIO, 2015)

- **Ecuación del sonar pasivo**

El sonar pasivo únicamente escucha el ruido producido por el blanco, su alcance es mayor al del sonar activo, debido a que se trabaja en una sola vía lo cual disminuye la pérdida de propagación. La ecuación del sonar pasivo es la siguiente:

$$DT = SL - TL - (NL - DI)$$

Esta ecuación en detalle implica lo siguiente (Ver Imagen 15):



**Imagen 15** Ecuación de Sonar Pasivo.

**Fuente:** (Barrionuevo, 2008)

1. El buque (blanco) produce un sonido, Nivel de la Fuente (SL).
2. La trayectoria (hacia el detector) del sonido se disminuye, Pérdidas por Transmisión (TL).
3. Por lo tanto, al sonar (detector) llega  $SL - TL$ .
4. El sonar (detector) no solo recibirá el sonido de la Fuente, sino que simultáneamente recibirá el Ruido del Ambiente (NL).
5. El sonar(detector) también tiene limitaciones como lo es su Índice de Directividad (DI).
6. Por todo lo anterior, el Umbral de Detección (DT) que ingresará al sonar (detector) será  $SL - TL - (NL - DI)$ . (Soto, 2011)

- **Factores del equipo**

**Nivel de la Fuente (SL = Projector Source Level)**

Se refiere a la intensidad del sonido generado por una fuente generadora de sonido, establecido en decibeles referidos a 1  $\mu$ Pa a una distancia de 1 mt., en la dirección del receptor. (Vasquez, 2011)

**Nivel de Ruido Propio (NL = Self - Noise Level)**

Es el ruido producido por la maquinaria y equipos del buque propio. El nivel del ruido es referido a 1 micro pascal (unidad de presión - y es usualmente dado como un nivel de un ancho de banda de 1 Hertz (Hz). El ruido propio puede ser controlado debido a los sistemas de amortiguación en los equipos rotativos y entrenamiento de la tripulación a bordo, permiten la disminución de los niveles. (Vasquez, 2011)

**Índice de Directividad (DI = Directivity Index)**

Es la capacidad del equipo en discernir la señal de ruido de un contacto y del medio que nos rodea, a través de la medida de la resolución angular. Habitualmente depende de la cantidad de hidrófonos en el arreglo de sonar, tamaño y forma del arreglo y de la frecuencia del sonido receptado. (Vasquez, 2011)

**Umbral de Detección (DT = Detection Threshold)**

DT= SNT-PG

SNT.- Umbral de la razón de la señal-ruido.

DT.- Es la razón señal-ruido necesaria a la entrada del procesador, para que a la salida se pueda detectar a la señal al menos el 50% de las veces. Mas correcto añadir para un operador medio y el nivel de ruido de ancho de banda 1 Hz. (Barrionuevo, 2008)

- **Factores del medio**

**Pérdidas por Transmisión (TL = Transmission Loss)**

Son las pérdidas de la intensidad del sonido entre el blanco (a 1 yarda) y el receptor. (Vasquez, 2011)

**Ruido del Ambiente (NL = Noise Level).**

Es el que abarca todos los ruidos en el agua que son captados por un hidrófono lo cuales son originados de diferentes tipos de fuentes. El ruido propio y el ruido del ambiente están unidos en un mismo termino NL.

**Nivel de Reverberaciones (RL = Reverberation Level)**

La reverberación es un fenómeno sonoro originado por la reflexión, que radica en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente originaria ha dejado de emitirlo. Las reverberaciones pueden ser tan intensas que pueden causar el enmascaramiento del eco del blanco, y además limitando al alcance de detección. (Vasquez, 2011)

- **Factores del blanco**

**Nivel de la Fuente (SL = Target Source Level)**

Se refiere a la intensidad del sonido generado por una fuente generadora de sonido, establecido en decibeles referidos a 1  $\mu$ Pa a una distancia de 1 mt., en la dirección del receptor. (Vasquez, 2011)

**Nivel o Intensidad (de reflexión) del Blanco (TS = Target Strength)**

Es el coeficiente de reflexión del blanco expresado en decibeles. Es importante saber que este nivel es variable y que dependerá de varios factores como el tamaño, la posición o aspecto del blanco, del revestimiento con capacidad para absorber las reflexiones producidas por las ondas acústicas, de la frecuencia de la transmisión y de la construcción interna del blanco. (Vasquez, 2011)



**1.2.9 Predicción de Distancia.** Para la obtención del alcance de sonar en un determinado escenario acústico se emplean programas de software informáticos que por lo general proporcionando la solución de las ecuaciones del sonar y la función de transmisión del sonido, mediante las cuales podemos adquirir graficas que representan las trayectorias del sonido y las pérdidas que el sonido es sometida a medida que se propaga.

La predicción de distancia es una estima de cómo se comportará el sonido y las pérdidas que tendrá durante su trayecto.

La predicción de alcance nos indica la distancia de detección pasiva y pasiva, con esta información podemos iniciar la toma de decisiones como por ejemplo don iniciar el ploteo del contacto, que escala de distancia a utilizar en el sonar activo y la distancia mínima donde puede estar un submarino de un buque que transmite.

El principio de la predicción de distancia y para el cálculo del alcance del alcance de sonar se realiza por medio de programas de software informáticos. (Vasquez, 2011)



**Imagen 16** Ejemplo de Predicción de Distancia  
**Fuente:** Manual de Acústica del Submarino Shyri

## **Capítulo II**

### **Marco Metodológico**

#### **2.1 Enfoque y Tipo de Investigación**

El enfoque de esta investigación es cualitativo debido, a que se tomó como fenómeno de estudio al ruido biológico y las afectaciones al alcancé de detección de sonar y se procederá a analizar la información recopilada y el grado de incidencia que tiene sobre las operaciones submarinas, al igual que se realiza un estudio del comportamiento de los cetáceos en el medio marino y las propiedades idóneas para la presencia de estas especies a través de las bases de datos y publicaciones que poseen información de estos cetáceos, y su interacción con el medio para la toma de consideración de la presencia de dichas especies.

Al igual que se realiza los medios de la Armada que tienen para analizar el ruido biológico y no son utilizados con el fin de realizar un proceso donde se aprovechen estos medios para el levantamiento y análisis de dicha información que aportara al desarrollo de las operaciones submarinas.

#### **2.2 Modalidad de la Investigación**

La modalidad de esta investigación es documental bibliográfico debido a que se realizó la búsqueda de información y se analiza lo cual es un proceso de conocimientos que parte de otros conocimientos o informaciones recolectadas de cualquier realidad, teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

#### **2.3 Alcance de la Investigación**

El nivel de investigación es explicativo, puesto a que en el presente trabajo de titulación se detalla el ruido biológico y como afecta a los alcances de detección de sonar, describe y explica el comportamiento de los cetáceos en los espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador, además de investigar los medios que tiene la Armada para realizar el levantamiento y análisis de la información del ruido producido por las especies marinas.

## **2.4 Diseño o Tipo de Investigación**

La investigación que se realizó es de tipo no experimental, lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos. Puesto que se analizan las afectaciones que sufre el alcance de detección de sonar y por ende a las operaciones submarinas.

## **2.5 Población y Muestra**

Población:

La población son los cetáceos.

Muestra:

El tamaño de la muestra será los cetáceos avistados en espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador.

## **2.6 Técnicas de Recolección de datos**

- Técnica Documental

Libros

Revistas científicas

Documentos

- Técnica de campo

Acopio de testimonios

## **2.7 Instrumentos de Recolección de datos**

### **La Entrevista**

Existen varios tipos de vista el del oceanógrafo, submarinista y operador de sonar.

### **Objetivo**

Identificar las fuentes que posee la Armada del Ecuador para la recopilación de información del ruido biológico, al igual que el tipo de influencia de este ruido en la detección acústica,

### **Resumen**

Ingresar a un área con alto nivel de ruido biológico limitara a la detección de nuestros equipos al captar el ruido de las especies marinas y no el de un contacto lo cual se denomina enmascaramiento, si la información existiera podría ayudar a un mejor empleo de los sonares ya que facilitaría la discriminación de algún posible contacto submarino y se trataría de evitar las áreas con alto nivel de ruido producidos por las especies marinas. El INOCAR no realiza estudios para caracterizar el ruido biológico producido por las especies marinas, al no contar con medios o equipos para mediciones de ruidos biológicos mientras que los sonares de las unidades submarinas pueden registrar este ruido producido por la vida marina, por otra parte, el Comando de submarinos no aprovecha los medios que posee para iniciar el estudio de dicho ruido.

El oficial submarinista y principalmente el oficial de sensores, debe ser el soporte frente a las dudas de los operadores, para lo cual debe tener información oportuna del ruido biológico lo cual ayudara a evitar el ingreso a áreas con alto ruido y a la discriminación de contactos.

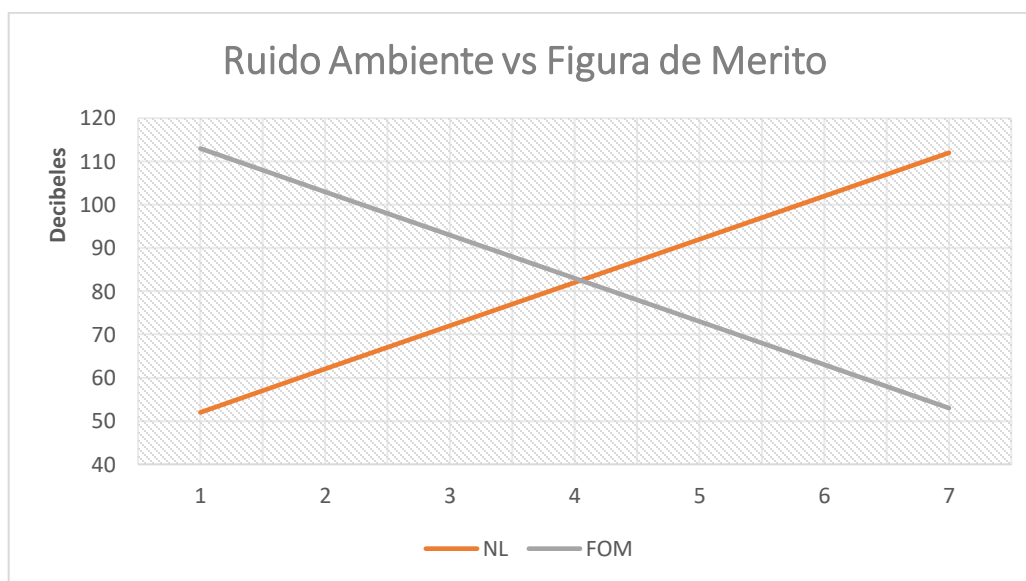
## 2.8 Procesamiento y Análisis de datos

Tabla 1

Datos de ecuación de sonar pasivo

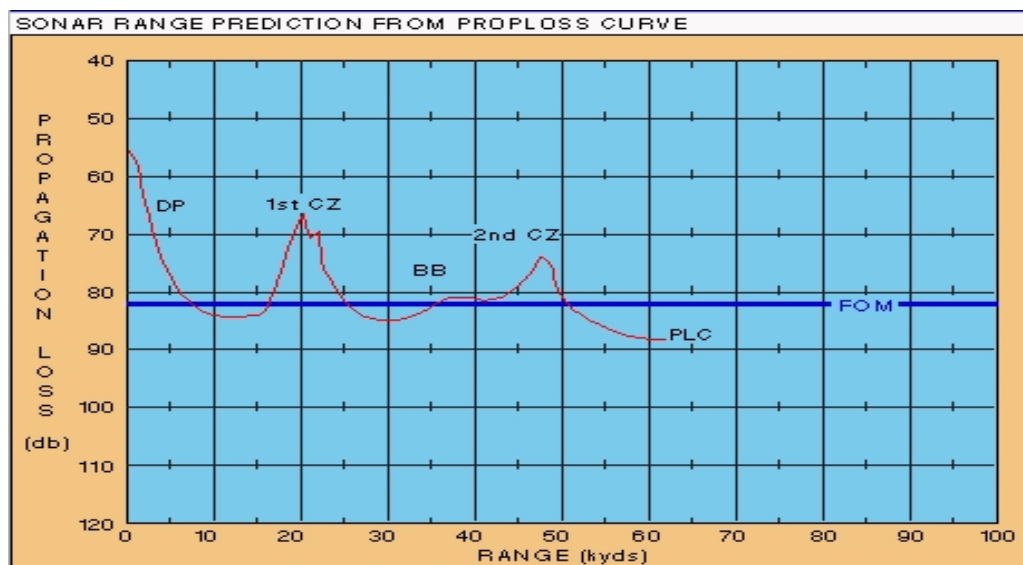
	Ruido de la fuente	Perdida por propagación	Ruido Ambiente	Índice de directividad	Diferencial de reconocimiento	Figura de merito
1	SL	TL	NL	DI	RD O DT	FOM
2	132	113	52	20	-13	113
3	132	103	62	20	-13	103
4	132	93	72	20	-13	93
5	132	83	82	20	-13	83
6	132	73	92	20	-13	73
7	132	63	102	20	-13	63
8	132	53	112	20	-13	53

Fuente: Autor



**Imagen 17** Ruido ambiente vs Figura de merito

Fuente: Autor



**Imagen 18** Ejemplo de Predicción por medio de la curva Proploss

**Fuente:** Manual de Acústica del Submarino Shyri

**Análisis:** Mediante la evaluación de la ecuación del sonar pasivo (Ver Tabla 1) podemos determinar que si incrementa la intensidad del ruido biológico nuestra figura de mérito disminuye lo cual se puede observar (Ver Imagen 17) al igual que la disminución del alcance de detección que se encuentra ilustrada en la curva Proploss. (Ver Imagen 18) y así es como identificamos la afectación al alcance de detección acústico.

## Distribución mensual de los cetáceos en el Ecuador

Mediante la observación de figuras se determina los meses y el grado de presencia que tienen los cetáceos en los espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador.

**Tabla 2**

### Distribución mensual de los cetáceos en el Ecuador

	Ballena azul	Ballena de Bryde	Ballena jorobada	Cachalote	
Enero	Alta	Alta	Media	Baja	
Febrero	Alta	Alta	Alta	Baja	
Marzo	Alta	Alta	Media	Baja	
Abril	Media	Alta	Media	Baja	
Mayo	Media	Alta	Media	Baja	
Junio	Media	Alta	Baja	Media	
Julio	Media	Alta	Baja	Media	
Agosto	Media	Media	Baja	Media	
Septiembre	Media	Baja	Baja	Baja	Presencia
Octubre	Media	Baja	Baja	Baja	Alta
Noviembre	Baja	Baja	Baja	Baja	Media
Diciembre	Baja	Media	Baja	Media	Baja

**Fuente:** Autor

**Análisis:** Mediante la observación que es un instrumento de recolección de datos se analizó las imágenes que contemplan a la distribución mensual de la ballena azul (Ver Imagen 6), ballena bryde (Ver Imagen 8), ballena jorobada(Ver Imagen 10) y cachalote (Ver Imagen 12), en lo cual se determina el grado de presencia que existe por parte de las diferentes especies de cetáceos (Ver Tabla 2), en las que se establece tres niveles que son alta color verde, media color amarillo y baja color rojo.

### Condiciones semestrales de habitat idóneas para la presencia de cetáceos en el Ecuador.

Mediante la observación de figuras se determina las condiciones del habitat para la presencia de los cetáceos por semestre en los espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador.

**Tabla 3**

#### Distribución semestral de los cetáceos en el Ecuador

	DIC -MAY	JUN-NOV
BALLENA AZUL	50%	100%
BALLENA BRYDE	100%	100%
BALLENA JOROBADA	75%	100%
CACHALOTE	100%	100%
	100%	
	75%	
	50%	
	25%	
	0%	

**Fuente:** Autor

**Análisis:** Mediante la observación que es un instrumento de recolección de datos se analizó las imágenes que contemplan a la distribución semestral del habitat idóneo para la presencia de la ballena azul (Ver Imagen 7), ballena bryde (Ver Imagen 9), ballena jorobada(Ver Imagen 11) y cachalote (Ver Imagen 13), en lo cual se determina el grado idóneo de habitat para la presencia que debe tener para las diferentes especies de cetáceos (Ver Tabla 3), en las que se establece los siguientes parámetro 100% rojo, 75% naranja, 50% amarillo, 25% celeste y 0% celeste oscuro.



## Capítulo III

### Resultados del Proyecto de Investigación

#### 3.1 Propuesta

Desarrollar la ingeniería conceptual del sistema Cetaceums que servirá para el levantamiento y análisis de la información del ruido biológico que se obtenga a través de los medios que aportará a las operaciones submarinas.

##### **3.1.1 Datos informativos**

###### **a. Título del Proyecto de Investigación**

Desarrollo de ingeniería conceptual del sistema Cetaceums de levantamiento y análisis de la información del Ruido Biológico.

###### **b. Tipo de proyecto**

Este proyecto se encuentra enmarcado dentro de las ciencias marinas aplicadas al ámbito de la seguridad y defensa, el campo de estudio es la vida marina y el área de conocimiento se establece dentro de las ciencias físicas.

###### **c. Institución Responsable**

Armada de Ecuador

###### **d. Cobertura Poblacional**

Estará orientado al personal de la Armada, quienes serán los encargados de desarrollar el sistema y aprovechar la información para el desarrollo de las operaciones submarinas.

###### **e. Cobertura Territorial**

Áreas de operaciones submarinas del Ecuador

El lugar destinado para la recolección de información será las áreas de operaciones submarinas y el análisis de la presencia de animales marinos se efectuará en el instituto oceanográfico de la Armada al igual que el análisis de la parte acústica será realizado por parte del Comando de Submarinos.

### **3.1.2 Antecedentes**

La Armada del Ecuador dispone de dos unidades submarinas clase Shyri, el BAE “Shyri” y BAE “Huancavilca”, siendo su rol principal la destrucción y neutralización de unidades de la fuerza de superficie y el ataque al tráfico marítimo enemigo; es un arma que posee sistemas de detección acústica que basan su funcionamiento en el análisis de este tipo de ondas con el fin de obtener contactos de interés y mantener la seguridad en la navegación, para lo cual es necesario conocer las diferentes fuentes de ruido en el mar que pudiera interferir en el funcionamiento del sonar.

La Armada del Ecuador no dispone de un sistema para la obtención de la información del ruido biológico que le permita conocer de mejor manera este fenómeno.

### **3.1.3 Justificación**

La falta de información sobre el ruido biológico en nuestro mar es un limitante para las unidades submarinas de la Armada del Ecuador lo que puede afectar a sus operaciones, debido a la falta de un sistema de registro y análisis de información de los ruidos producidos por la vida marina. El disponer de dicha información genera un gran aporte en la planificación de las operaciones en las áreas a operar de los submarinos, lo que permitirá el mejor desarrollo de las operaciones submarinas mejorando las capacidades de detección de sonar.

Por lo tanto, la aplicación del sistema Cetaceum de información acerca del ruido biológico, que se presenta, aportará de manera significativa en las operaciones submarinas.

### **3.1.4 Objetivo**

Desarrollar la ingeniería conceptual del sistema Cetaceum para el levantamiento de mapas de ruido biológico a través de los medios que posee la Armada del Ecuador, que faciliten la navegación y obtención de contactos de interés a las unidades submarinas.

### **3.1.5 Fundamentación de la Propuesta**

Esta propuesta se fundamenta en los aspectos científicos y técnicos de la propagación del sonido en el mar, indicando la importancia que tiene el estudio del ruido biológico presentándolo por medio de mapas que aporten información deseable a nuestras unidades submarinas, y mejorar la detección por medio de los sistemas acústicos de a bordo.

### **3.1.6 Diseño de la Propuesta**

#### **Ingeniería Conceptual**

Es aquella que sirve para identificar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Se basa en un estudio previo (estudio de viabilidad) y en la definición de los requerimientos del proyecto.

Los principales conceptos que estudiar y analizar son:

- Producto
- Diagramas de procesos básicos
- Lista de equipos preliminar
- Estimación económica de la inversión  $\pm 30\%$

- **Producto**

El producto son mapas de ruido con información de áreas, frecuencias, intensidad, periodos e intensidad de los ruidos producidas por las especies marinas de los espacios jurisdiccionales del Ecuador, las cuales aporten a la planificación y desarrollo de las operaciones submarinas.



### **Levantamiento de Información**

Se realizará mediante el registro en bitácoras en las unidades submarinas BAE Shyri y BAE Huancavilca, donde se especificará la posición, fecha y hora marcación profundidad, frecuencia, intensidad y se procederá a guardar las grabaciones en el disco duro sólido para el posterior análisis, y las salidas de campo empleando el vehiculó submarino autónomo llamado Glider junto con el equipo de grabación acústica digital subacuático remoto uRudar.

### **Ingreso a base de datos**

Se realizará el ingreso a la base de datos creada en Access en la cual contendrá la información de posición, fecha y hora, intensidad, frecuencia y su respectiva grabación lo cual le dará apertura al desarrollo del siguiente paso que es el análisis.

### **Análisis**

Se analizará las grabaciones de la base de datos en el programa Spectrum Lab por parte del Comando de Submarinos, al igual que el equipo de biólogos del Instituto Oceanográfico analizará las tendencias de presencia de las especies marinas en las diferentes áreas marítimas.

### **Creación de mapas**

Se desarrollará los mapas con la herramienta informática ArcMap con el informe, la cual tiene funciones que permiten georreferenciar datos.

### **Difusión**

La difusión mediante informes y cartillas con mapas de las especies georreferenciadas de los espacios acuáticos jurisdiccionales del Ecuador y una tabla con la frecuencia e intensidad de los animales marinos, lo cual se realizará por parte de INOCAR y las beneficiadas de dicha información será el Comando de submarinos y la Escuadra Naval en especial las unidades de superficie que posea capacidad de detección acústica.

**Registro:**

Esta tabla (Ver Tabla 4) tiene como fin ser una guía de referencia para los señores oficiales y tripulantes de unidades que posean sonar, para registrar el ruido biológico que se presente en las operaciones dentro de los espacios marítimos jurisdiccionales del Ecuador.

**Tabla 4**  
**Registro de ruidos biológicos**

ARMADA DEL ECUADOR

UNIDAD \_\_\_\_\_  
OPERACIÓN \_\_\_\_\_  
FECHA \_\_\_\_\_

SONARISTA DE GUARDIA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	FRECUENCIA	INTENSIDAD	IDENTIFICADO		NOMBRE DE GRABACIÓN
							SI (TIPO)	NO	

-----  
OFICIAL SENSORES

Fuente: Autor

### Base de datos:

La base de datos (Ver Imagen 19) fue creada en Access la cual permite ingresar datos como tipo de operación, unidad, el operador de sonar de guardia, fecha/hora, posición, marcación, frecuencia, intensidad y su respectiva grabación.



Armada del Ecuador

Ingreso de Ruidos Biologico

OPERACION	<input type="text"/>
UNIDAD	<input type="text"/>
SONARISTA DE GUARDIA	<input type="text"/>
FECHA/HORA	<input type="text"/> <input type="text"/>
LATITUD	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "
LONGITUD	<input type="text"/> ° <input type="text"/> ' <input type="text"/> "
MARCACION REAL	<input type="text"/> 0
PROFUNDIDAD (m)	<input type="text"/> 0
FRECUENCIA	<input type="text"/> 0
INTENSIDAD	<input type="text"/> 0
IDENTIFICADO	<input type="checkbox"/>
TIPO	<input type="text"/>
GRABACION	<input type="text"/>

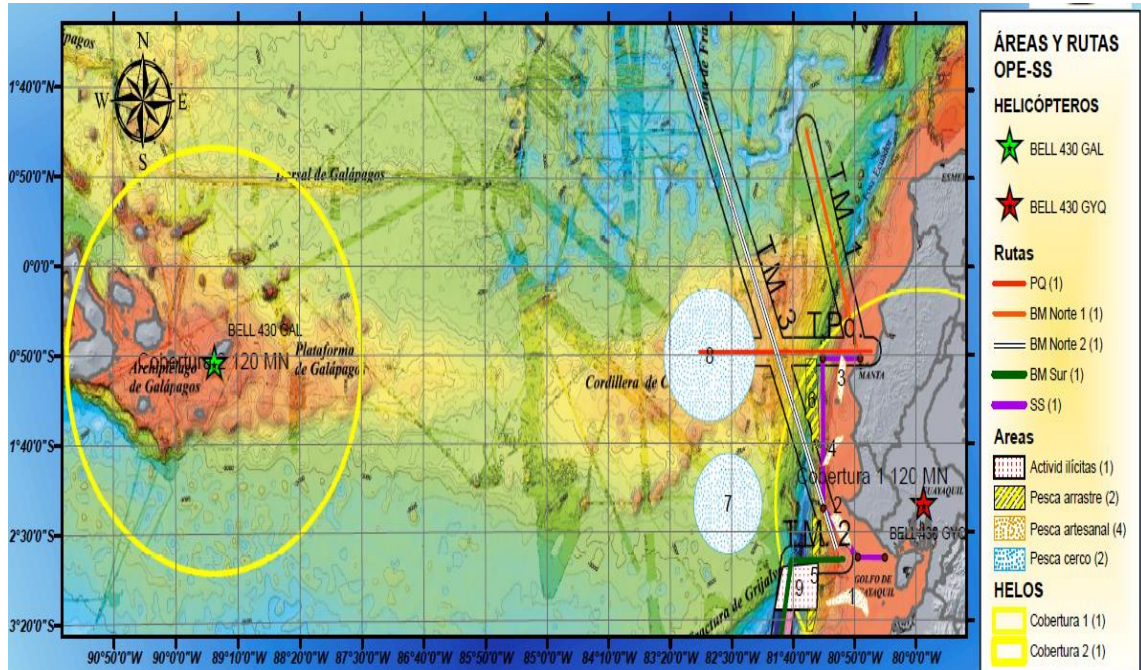
**Imagen 19** Base de datos de ruidos biológicos

**Fuente:** Autor

**Resultados**

Mediante el programa ARC GIS se elabora un mapa de ruidos (Ver Imagen 20) permitiendo realizar gráficas con georreferenciaciones las cuales nos ayudara a tomar nuestras consideraciones en el desarrollo de las operaciones submarinas.

Ejemplo:



**Imagen 20** Área de operaciones de submarinos  
**Fuente:** Zambrano J



- **Lista de Equipos y programas preliminares**

**Lista de Equipos preliminares**

Descripción	Especificaciones
<b>Disco duro solido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D NAND SATA SSD para capacidades de hasta 2TB con confiabilidad mejorada.</li> <li>• Un consumo de energía activo hasta un 25% más bajo que las generaciones anteriores de WD Blue SSD</li> <li>• Velocidad de lectura secuencial de hasta 560 MB y velocidades de escritura secuenciales de hasta 530 MB / s.</li> <li>• Un tiempo líder en la industria de 1.75M significa tiempo hasta la falla (MTTF) y hasta 500 terabytes por escrito (TBW) para una confiabilidad mejorada.</li> </ul>
<b>PC de escritorio HP Pavilion 510</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador 6ª generación Quad Core Intel® Core™ i7-6700T (2.8 Ghz turbo a 3.6Ghz, 8M caché), gráficos Intel HD 530</li> <li>• Memoria DDR4 de 8GB, disco duro Serial ATA de 1TB (7200 rpm), grabadora de DVD SuperMulti de bandeja ultra plana</li> <li>• Soporte multidisplay con HDMI y VGA, lector de medios 3 en 1, 2 puertos USB 3.0 y 4 puertos USB 2.0, monitor no incluido</li> <li>• Conectividad inalámbrica de nueva generación LAN inalámbrica 802.11ac, LAN Ethernet 10 / 100Base-T incorporada, audio integrado</li> <li>• Windows 10 recupera el menú de inicio de Windows 7 e introduce nuevas funciones, como el navegador web Edge que le permite marcar páginas web en su pantalla.</li> </ul>
<b>Monitor 32"</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitor UHD 4K de 32 pulgadas (3840 x 2160)</li> <li>• DCI-P3 95% Color Gamut</li> <li>• Compatible con HDCP 2.2</li> <li>• Tecnología AMD FreeSync</li> <li>• Soporte ajustable en altura</li> </ul>
<b>Glider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso y dimensiones</li> <li>• 1.8 - 2 m de largo (depende de la configuración)</li> <li>• Diámetro máximo del vehículo 30 cm</li> <li>• Peso 52 kg (seco)</li> <li>• Longitud del mástil de la antena entre 43 cm y 1 m (depende de la configuración)</li> <li>• Alcance / duración máxima de viaje</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4,600 km (650 inmersiones a 1 km de profundidad)</li> <li>• Rango de profundidad de funcionamiento</li> <li>• 50 a 1000 m</li> <li>• Velocidad</li> <li>• Velocidad típica de 25 cm / s (0.5 kt)</li> <li>• Volumen variable de flotabilidad</li> <li>• 850 cc</li> <li>• Ángulo de deslizamiento</li> <li>• 16-45 ° (pendiente de 1: 3.5 a 1: 1)</li> <li>• Resistencia de la batería</li> <li>• Baterías primarias de cloruro de sulfuro de litio 17 MJ</li> <li>• Hasta 10 meses (depende de la configuración, frecuencia de muestreo y área operacional)</li> <li>• Orientación y control</li> <li>• Cálculo de cuentas a destiempo entre arreglos de GPS de superficie usando una brújula digital de 3 ejes</li> <li>• Predicción del filtro Kalman para corrientes medias y oscilatorias</li> <li>• Sistema de mapas batimétricos y altímetro acústico para inmersiones cerca del fondo</li> <li>• Los datos pueden transmitirse después de cada inmersión</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MicroRUDAR</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excepcionalmente fácil de usar</li> <li>• From 16 bits / 44,1 kHz a 24 bits / 96 kHz de frecuencia de muestreo y el ancho de banda de 45kHz</li> <li>• Hasta 16,5 días de tiempo de grabación continua - 8x más de <math>\mu</math>RUDAR originales</li> <li>• Más 5 días de grabación continua al muestrear a 24 bits / 96kHz</li> <li>• Formato de archivo BWF para fácil edición y análisis usando la mayoría del software</li> <li>• Función de grabación activada por umbral</li> <li>• Control de grabación WiFi y capacidad de transferencia de archivos - Transferencia de tamaño de archivo seleccionable de cinco minutos a uno hora</li> <li>• Sensibilidad del hidrófono de -169dB, ref. 1V / <math>\mu</math>Pa</li> <li>• Clasificación de profundidad de 100 m</li> <li>• Alimentado por 8x D-cell plus (opcionalmente) 2x baterías alcalinas AA-cell 17.5 "de largo x 4.5" de diámetro. 4 libras sin baterías y 6,5 libras con 8 células</li> </ul>

## Programas informáticos

Descripción	Especificaciones
<p><b>ArcMap</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformar datos en mapas e información procesable</li> <li>• Combina varios orígenes de datos para crear mapas inteligentes y atractivos. Utilice las potentes herramientas de análisis 2D y 3D para identificar patrones y tendencias. A continuación, haga un buen uso de esta información compartiéndola con la organización, en línea y mediante aplicaciones móviles</li> <li>• El diseño de ArcMap puede parecer abrumador a primera vista, pero cuando se toma una segunda mirada, lo que se ve son dos secciones distintas de ArcMap. El marco de datos donde la información es espacial y la tabla de contenidos donde los datos están alineados en términos de simbología de importancia se modifica.</li> <li>• La sección de ArcMap donde los datos se aplican espacialmente desde la tabla de contenido. Los datos vienen en funciones y capas. Mientras trabajan en el sector espacial de los datos, las unidades de tierra (millas, kilómetros, pies, metros, etc.) se usan y representan en el sistema de coordenadas definido. Aquí es donde las vistas se pueden cambiar entre Diseño y Vista de datos. Los datos se ordenarán según el orden en la Tabla de Contenidos.</li> <li>• El usuario puede crear múltiples marcos de datos dentro de una tabla de contenidos. El marco de datos mientras está en esa vista solo verá un único marco de datos a la vez.</li> <li>• La tabla de contenido es la forma en que ArcMap representa qué datos están disponibles para poner en el marco de datos y cómo cada capa está simbolizada. La forma normal de organizar las capas es de arriba hacia abajo. Con los elementos del mapa base como un mapa de calles o DEM enumerados en la parte inferior, las capas del mapa temático se pueden colocar arriba para transmitir el mensaje para el que se está diseñando el mapa.</li> </ul>

<b>Spectrum Lab</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Paleta de colores editable para un contraste óptimo de la pantalla de cascada " retroceder en el tiempo" mientras el programa continúa recibiendo el modo opcional Radio-Dirección-Buscador donde el valor del color (matiz) muestra la dirección del transmisor (es) y la intensidad (brillo) muestra la fuerza del campo escala de frecuencia ajustable ("Min" y "max") mientras continúa la recepción la parte anterior de la pantalla de cascada.</li><li>• La escala de frecuencia se puede reflejar para los receptores de "Banda lateral inferior" cambie entre modos de visualización sin detenerse para grabar datos, para que no se pierda nada de la señal de entrada</li><li>• El tamaño de entrada de FFT puede cambiarse entre 256 y 65536 muestras por FFT sin detener el análisis y sin eliminar la parte previamente grabada de la cascada de frecuencia de muestreo de audio puede seleccionarse entre 8000 y 44100 muestras por segundo con una resolución de 16 bits que proporciona aproximadamente 90 dB de rango de entrada.</li><li>• La salida FFT puede ser escalada "lineal" o "logarítmica" (en decibelios) buffer para los resultados de FFT con tamaño ajustable para observaciones de balizas "a largo plazo" (junto con el control deslizante "scroll-back") monitor de forma de onda en una ventana separada de "alcance" generador de señal de prueba de multitono y ruido con AM y FM decodificador de señal horaria y decodificador digi-mode (en construcción) filtro de audio programable (orden N-ésimo filtro FIR o IIR, o filtro basado en FFT con autonotch)</li></ul>
---------------------	--

- **Estimación económica de la inversión**

Nombre del recurso	Costo unitario	Cantidad	Total	Observación
Glider	\$ -	2		INOCAR disponible
Pc	\$500,00	2	\$1.000,00	
Pantalla	\$200,00	2	\$400,00	
Mouse	\$10,00	2	\$20,00	
Micrófono	\$15,00	2	\$30,00	
Bitácoras	\$7,00	2	\$14,00	
Disco duro solido	\$140,00	2	\$280,00	
Microrudar	\$2.999,00	2	\$5.998,00	
Impresora	\$250,00	2	\$500,00	
Resma de hojas	\$20,00	2	\$40,00	
		TOTAL	\$8.282,00	

## Conclusiones

- El ruido biológico afecta de manera directa a los alcances de detección de sonar dificultando la toma de decisiones por enmascaramiento de contactos.
- El análisis de la información sobre los ruidos provocados por los cetáceos permitió establecer los periodos y áreas de presencia de los mismos en los espacios acuáticos jurisdicciones del Ecuador.
- El desarrollo de la ingeniería conceptual del sistema Cetaceum permite exponer de manera detalla los procesos que se deben seguir por parte de la Armada del Ecuador para la obtención de información y datos del ruido biológico

## **Recomendaciones**

- Utilizar la información de los periodos de presencia de los cetáceos del presente proyecto para la planeación de las operaciones submarinas.
- Gestionar la adquisición de los equipos necesarios como los descritos en esta investigación para el estudio, recopilación de información y posterior análisis del ruido biológico en la planificación submarinas.
- Gestionar la implementación de estos mapas de ruidos en las unidades submarinas a modo de prueba para verificar su funcionalidad.

## Bibliografía

- Agüena. (2008). Manual de Empleos de Medios. Guayaquil.
- Barrionuevo. (2008). Introducción al análisis Acústico.
- de Jong, Ainslie, & Blacchiere. (2011). Norma para la medición y monitoreo de ruido subacuático.
- Departamento de Armada de los Estados Unidos. (2008). Analisis de ruido submarino. Washington D.C.
- Frieden, D. (1985). Principios de los Sistemas de Armas Navales. Maryland : Annapolis Institute.
- H.Evans, D. (2000). La fisiología de los peces. Florida: CRC Press LLC.
- Instituto Nacional de Pesca. (2009). Análisis de la pesquería de peces. Guayaquil.
- Mario. (2015). Clases de propagacion de Sonido.
- Mechanics, Q. (22 de 06 de 2015). QUO. Obtenido de <http://www.quo.es/tecnologia/historia-del-submarino>
- Richards. (2014). Sistemas electrónicos de datos: aspectos prácticos. Madrid: Norma.
- Santos, F. J. (s.f.). U-historia. Obtenido de <https://www.u-historia.com/uhistoria/tecnico/articulos/sonar/sonar.html>
- Soto. (2011). Acústica Submarina. Armada del Ecuador.
- Universidad Politécnica de Cataluña. (2009). Efectos y Control del Ruido antropogénico en ecosistemas marinos. Cataluña.
- University of Rhode Island and Inner Space Center. (s.f.). Discovery of Sound in the Sea. Obtenido de The Cold War: History of the SOund SURveillance System (SOSUS): <http://dosits.org/people-and-sound/history-of->



underwater-acoustics/the-cold-war-history-of-the-sound-surveillance-system-sosus/

University of Rhode Island and Inner Space center. (s.f.). Discovery the sound of the Sea. Obtenido de The Discovery of Underwater Acoustics: Pre-1800s: <http://dosits.org/people-and-sound/history-of-underwater-acoustics/the-cold-war-history-of-the-sound-surveillance-system-sosus/>

University of Rhode Island and Inner Space Center. (s.f.). Discovery the sound of the Sea. Obtenido de Animals and Sound: <http://dosits.org/animals/sound-production/how-do-marine-mammals-produce-sounds/>

Vasquez. (2011). Acustica Submarina. Guayaquil.

Wem, X. (27 de Julio de 2016). Beevoz. Obtenido de <http://www.beevoz.com/2016/07/27/la-interesante-historia-del-submarino-y-su-evolucion/>