



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN DE LOS PATRONES ACÚSTICOS DE
BALLENAS JOROBADAS (*Megaptera novaeangliae*) EN LA RESERVA
MARINA BAJO COPÉ”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

UGARTE ALCIVAR ADRIANA LISSETTE

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN DE LOS PATRONES ACÚSTICOS DE
BALLENAS JOROBADAS (*Megaptera novaeangliae*) EN LA RESERVA
MARINA BAJO COPÉ”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

UGARTE ALCIVAR ADRIANA LISSETTE

TUTOR:

BLGA. JODIE DARQUEA ARTEAGA, M.Sc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

DEDICATORIA

A mis padres, sin ellos no hubiera logrado esta gran meta, por influir y transmitir perseverancia, autoestima, fuerza de voluntad, comprensión, por sostenerme y escucharme, por motivarme a ser mejor persona constantemente y no ponerme límites para alcanzar mis metas. A mi tía Eugenia, desde la distancia su cariño ha sido recibido y apreciado, este trabajo va para ustedes, mis personas especiales y a quienes adoro con todo mi ser.

" There´s plenty of water in the universe without life, but
nowhere is there life without water" Sylvia Earle.

AGRADECIMIENTO

La culminación de un logro requiere de personas que han sido partícipes de ese arduo trayecto, que han colaborado, apoyado y animado. Durante mi formación académica agradezco a cada docente por el que curse y a la vez me siento honrada de haber residido en una institución con profesionales que alientan y enseñan con amor y pasión, inculcando curiosidad por lo desconocido, por seguir haciendo preguntas y no temer ir hacia nuevos caminos y posibilidades.

A mi querida tutora, que estuvo pendiente a cada paso de este trabajo, por su confianza, enseñanzas y sobretodo paciencia, de corazón, gracias. A Proyecto CETACEA-ECUADOR, por la grandiosa oportunidad de participar y aprender, una aventura que jamás olvidaré junto a Michelle Vela y Javier Oña, que sin ellos no hubiera conocido, ni explorado la extravagancia y dificultades de esta investigación.

A mis amigos, conocerlos y pasar estos años junto a ustedes hizo más sonriente el camino hasta aquí, por el apoyo incondicional y una amistad sincera, muchas gracias.

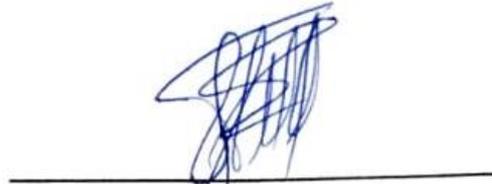
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Blgo. Richard Duque Marín, M.Sc.

Decano

Facultad Ciencias del Mar



Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.

Director

Carrera de Biología



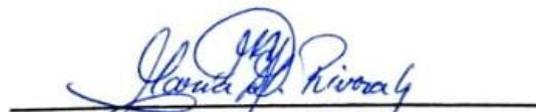
Blga. Jodie Darquea Arteaga, M.Sc.

Docente Tutor



Blga. Erika Salavarría, Ph.D.

Docente de Área



Abg. María Rivera González, Mgtr.

Secretaría General

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los datos, ideas y resultados expuestos en este Trabajo de Integración Curricular, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma y a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Adriana Lissette Ugarte Alcívar

C.I. 2000110813

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMÁTICA	5
3. JUSTIFICACIÓN.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
OBEJTIVO GENERAL	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
CAPÍTULO I.....	8
5. MARCO TEÓRICO	8
5.1 ANTECEDENTES	8
5.2 ALIMENTACIÓN	11
5.3 REPRODUCCIÓN.....	12
5.4 POBLACIONES.....	13
5.6 CAZA Y CONSERVACIÓN	16
5.7 CANTO	18
CAPÍTULO II.....	22
6. METODOLOGÍA	22
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	22
6.2 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	23
CAPÍTULO III.....	29
7. RESULTADOS.....	29
7.1 CLASIFICACIÓN DE UNIDADES BÁSICAS	29
7.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE FRASES	33
7.3ANÁLISIS DE PATRONES ACÚSTICOS DEL CANTO EN TEMPORADA REPRODUCTIVA	38
CAPÍTULO IV	45
8. DISCUSIÓN	45
9. CONCLUSIÓN.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49
ANEXOS	53

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Figura 1.	10
Figura 2.	10
Figura 3.	16
Figura 4.	20
Figura 5.	22
Figura 6.	24
Figura 7.	28
Figura 8.	33
Figura 9.	33
Figura 10.	34
Figura 11.	34
Figura 12.	34
Figura 13.	35
Figura 14.	35
Figura 15.	35
Figura 16.	36
Figura 17.	36
Figura 18.	37
Figura 19.	37
Figura 20.	38
Figura 21.	39
Figura 22.	41
Figura 23.	41
Figura 24.	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	9
Tabla 2.	26
Tabla 3.	32
Tabla 4.	40
Tabla 5.	42

RESUMEN

El presente estudio caracteriza los patrones emitidos por las ballenas jorobadas que transitan en la Reserva Marina Bajo Copé. Por medio del monitoreo acústico pasivo, donde se analizó grabaciones de los cantos de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) durante la temporada reproductiva 2022, en Ayangue, Provincia de Santa Elena, utilizando un software especializado para la visualización y medición de señales acústicas (Raven Pro 1.6). Registrando un total de 11 unidades, con frecuencias que variaron, entre un rango mínimo de 190 Hz hasta más de 5000 Hz. Mientras que por medio de la descripción cualitativa del conjunto de unidades repetitivas estableció la composición de frases, obteniendo 10 frases y 2 temas. En el análisis de secuencias de unidades del canto de un ejemplar cantor, se encontraron dos cantos en una sola grabación, donde la estructura de las frases no varió de unidades, aunque si en organización, siendo las unidades individuales consistentes dentro de su frecuencia y duración de entonación, pero manteniendo las características acústicas y patrones sonoros del canto. La caracterización de los patrones repetitivos en una temporada indica que las modificaciones de los cantos no transcurren en un corto periodo, sino que requieren años para una variación de unidades y por ende de los temas y frases. El aporte de este estudio es clave para las comparaciones de los cantos en diferentes años reproductivos y el registro de variaciones en los repertorios vocales generando una mayor comprensión en la comunicación de estos cetáceos durante la actividad reproductiva.

Palabras claves: Bioacústica, espectrogramas, patrones acústicos, stock G.

GLOSARIO

Acústica pasiva. - grabación de sonidos para la evaluación de organismos vivos y su entorno.

Patrones. - variables constantes o recurrentes dentro de un conjunto de datos.

Avenza Maps. - aplicación de mapas para celulares, sin necesidad de conexión de internet.

Repertorio vocal. - conjunto o agrupación de sonidos para su ejecución.

Espectrogramas. - visualización para análisis de señales que permite identificar la intensidad y frecuencia en un determinado tiempo.

Stock G.- parte de la población reproductora de una especie (ballenas jorobas), en la región del Océano Pacífico Sudeste.

1. INTRODUCCIÓN

La Reserva Marina de Bajo Copé se encuentra a 13 millas mar adentro frente a la costa de Ayangué, localizada en la provincia de Santa Elena, fue creada el 22 de mayo de 2017 con una extensión de 39,952,50 hectáreas. Se caracteriza por considerarse un espacio de importancia pesquera con el cual favorece a la comunidad en actividades de pesca de subsistencia además de actividades científicas y turísticas especialmente por el tránsito de megafauna marina. Como es el caso de las ballenas jorobadas, que cada año llegan a las costas ecuatorianas principalmente a reproducirse (Carchi, 2021), siendo la principal atracción turística y fuente de ingresos económicos de la comuna durante esa temporada (Stevick et al., 2004; Acevedo et al., 2007).

En el lado del Pacífico Oriental, las zonas reproductivas del Hemisferio Norte se sitúan en Hawái, México, Norte del Océano Índico, Baja California y Norte de la línea ecuatorial (Van Waerebeek, 2003). En el Hemisferio Sur, por otro margen geográfico las áreas reproductivas se sitúan en Ecuador, Colombia, Australia, Nueva Zelanda, Archipiélago de Tonga (Garrigue et al., 2001), Panamá, Brasil, África del sur y Madagascar (Mackintosh, 1965; Rosenbaum et al., 1997), donde los desplazamientos abarcan desde la Península Antártica hasta las costas de Sudamérica y Centroamérica. Entre junio-noviembre de cada año para copular y reproducirse. Este grupo pertenece al stock reproductivo G o también conocido como la población del Pacífico Sudeste (Flórez-González et al., 2007).

En la temporada reproductiva las jorobadas prefieren establecerse en litorales subtropicales y tropicales con una temperatura del agua que oscilan entre 24° - 28°C, dado que no derivan un gasto energético por mantener su temperatura corporal además de eludir a sus depredadores naturales

(Dawbin, 1966; Herman & Antinaja, 1977; Clapham, 1996), además de favorecer al comportamiento sexual de 4 - 6 meses en las áreas de reproducción y con un lapso de gestación de 10-12 meses, y con aproximadamente un año de cuidado maternal (Kaufman & Forestell, 2003).

Para la estimación del crecimiento poblacional del stock G, se han realizado estudios satelitales y de foto-identificación, principalmente registrando las aletas caudales de estos cetáceos que poseen patrones únicos que diferencian a los individuos de un mismo stock (Albertson, G. R; Friedlaender, A. S Steel; & Baker, C. S., 2018). El stock G desde inicios del siglo XVII fue sobreexplotado por la caza industrial, reduciendo un 95% de la población de más de 90.000 individuos. Por lo que a partir de 1946 se crea la Comisión Ballenera Internacional (CBI), que tomaron medidas y regulaciones para el control y conservación de los mamíferos marinos, demandando cuotas anuales a los países que cazan con fines comerciales y científicos, las investigaciones y monitoreos de cetáceos en diferentes países que conforman el Pacífico Sudeste para la identificación de individuos estado de las poblaciones bajo regulaciones, logrando evidenciar una recuperación biológicamente sostenible del stock (Albertson, et al., 2018). Otro aspecto crucial de investigaciones es el estudio del despliegue vocal entre jorobadas macho que permuta en cada temporada reproductiva siendo un factor indispensable para el apareamiento. (Caicedo, Laurido; A, Marriaga; L, Iriarte; J, Cabeza; L, Zurita & Bernales, A., 2019).

La importancia del estudio acústico de las jorobadas recae en la compleja comunicación y en la variedad lingüística dependiendo del stock tanto en el Hemisferio Norte como en el Hemisferio Sur, acorde a la versatilidad y capacidad de modificar el repertorio vocal cada año. Así mismo, comprender la dinámica existente en la transmisión cultural y evolución de los cantos a través del tiempo, siendo

las ballenas jorobadas uno de los pocos mamíferos marinos en los que se ha documentado sonidos vocales complejos para la comunicación (Stafford et al., 2018).

Los sonidos producidos por las ballenas jorobadas son emitidos frecuentemente por los machos maduros durante la temporada reproductiva (Tyack, 1981; Thomson & Richardson, 1995) donde el conjunto sonoro produce una canción que puede durar entre 10 y 15 minutos (Payne & McVay, 1971; Flórez-González & Capella, 1993) o tener una duración de hasta 22 horas. Los sonidos están relacionados con: a) reproducción, b) socialización (generalmente en zonas de alimentación y en menor grado, aunque en zonas de reproducción) (Tyack, 1981; Thomson & Richardson, 1995).

Los sonidos emitidos por las jorobadas son infrasonidos (ondas sonoras no detectables en rango de frecuencia de humanos), y sonidos, que oscilan entre los 20 y 24000 Hz. Para el caso de los sonidos sociales estos poseen una frecuencia entre los 50 Hz y 10000 Hz (Silber, 1986). En zonas de alimentación, la frecuencia del sonido en el cual se comunican oscila entre los 20 – 2.000 Hz (Hertz) con una duración promedio de 0.2 a 0.8 segundos ligados al empleo de forrajeo (Thomson & Richardson, 1995). La diferencia de las entonaciones sociales con la reproductiva, se debe principalmente a que son ejecutadas por jorobadas hembras o crías, por lo que su duración es corta y no repetitiva con una frecuencia baja sin tener una composición compleja (Thompson et al., 1986).

La variación de los sonidos y su funcionalidad con los cuales se comunican las ballenas jorobadas han captado el interés de la comunidad científica para comprender la capacidad evolutiva de cada población, así como el efecto de los cantos complejos y la transcendencia de la propagación de las ondas sonoras en las diferentes poblaciones. Los numerosos estudios sobre la bioacústica de esta

especie se han realizado principalmente en las costas de Hawái, analizando el uso y funciones de patrones estereotípicos en los cantos por ser un componente primordial a partir del cual se componen las canciones, además de la dominancia y perdurabilidad de algunos de esos patrones (Payne &, 1985; Guinee & Payne, 1988).

En el caso de Ecuador, se han realizado investigaciones sobre la distribución, hábitat y comportamiento social de estos cetáceos en Esmeraldas, bajo la supervisión de la Universidad San Francisco de Quito, documentando la preferencia por zonas pocas profundas para las jorobadas hembras con crías. Mientras que, en Machalilla, la Universidad Central del Ecuador llevó a cabo un proyecto de investigación relacionado con el análisis de bioacústica de las jorobadas enfocándose en unidades que se conservan durante años (Oña, J., Garland, E. C., & Denkinger, J. 2016).

Por lo que, este estudio busca clasificar acorde a las unidades individuales y describir las frases proporcionando afinidad entre ellas para determinar los patrones del canto. Se prevé que sirva como información base para futuras investigaciones y comparar los cantos durante la temporada reproductiva, contribuyendo en la conservación de la especie.

2. PROBLEMÁTICA

La mayoría de los estudios sobre estos cetáceos se han enfocado en la distribución poblacional, conectividad genética y el comportamiento de los grupos sociales, pero en menor grado en la dispersión recepción y patrones acústicos de los cantos entre individuos de la población del Pacífico Sudeste.

Para el caso de la Reserva Marina Bajo Copé en el presente estudio las señales sonoras de las ballenas jorobadas asociadas a comportamientos reproductores de los machos, cantores pueden estar sujetos a variaciones en la comunicación. Por lo que se requiere estudiar y determinar las características de los patrones para comprender la selección de sonidos repetitivos que producen dentro de los cantos y a lo largo de su vida, que pueden ser influenciados por la contaminación acústica que alteran las condiciones normales de la zona, ejerciendo un impacto en la composición de los cantos.

3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio caracteriza los patrones emitidos por las ballenas jorobadas que transitan en la Reserva Marina Bajo Copé en la provincia de Santa Elena, lo cual servirá, para obtener registros de las vocalizaciones producidas durante una temporada reproductiva con la finalidad de interpretar y clasificar unidades básicas para la descripción y organización de los cantos que serán como guía para el análisis de patrones acústicos dentro del área de estudio.

Se espera que este análisis tenga un impacto tanto de largo como a corto plazo para comprender mejor la propagación y cambios en los dialectos de las ballenas jorobadas que transitan la costa ecuatoriana perteneciente a la población del Pacífico Sudeste. De igual manera continuar indagando en el papel funcional de la continuidad de elementos sonoros en los cantos.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar los patrones acústicos de *Megaptera novaeangliae* (ballena jorobada) mediante el programa Raven Pro 1.6 determinando los componentes básicos de los cantos en la Reserva Marina Bajo Copé.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los sonidos fonéticos de *Megaptera novaeangliae* para la clasificación de las unidades básicas coetáneas por medio de espectrogramas.
- Establecer la estructura de frases y temas de manera cualitativa a través de los parámetros acústicos de las unidades identificadas.
- Analizar la estructuración del canto de la temporada reproductiva en la Reserva Marina Bajo Copé mediante los patrones sonoros.

Hipótesis

H0. El canto durante la temporada reproductiva 2022, experimenta cambios de unidades dominantes.

H1. El canto durante la temporada reproductiva 2022, no experimenta cambios de unidades dominantes.

CAPÍTULO I

5. MARCO TEÓRICO

5.1 ANTECEDENTES

La familia Balaenopteridae tiene relación con los extintos cetotéridos, teniendo un registro fósil del Mioceno tardío (Barnes et al; 1985). *Megaptera novaeangliae*, cuyo género "Megaptera" tiene su etimología del griego que significa grande, "ptera" haciendo referencia a sus aletas pectorales y el origen de la especie *Novaeangliae* se da por la ciudad de Nueva Inglaterra donde se describió por primera vez este cetáceo, perteneciente a la familia Balaenopteridae y único en su género (tabla 1) (CLAPHAM; MEAD, 1999).

Las hembras adultas llegan a tener una longitud promedio entre 15m y 19m mientras que los machos son más pequeños teniendo una longitud promedio de 14m - 17m, tiene un cuerpo robusto con cabeza ancha, también posee unas aletas pectorales que ocupa casi un tercio de la longitud total, la aleta dorsal en cambio se encuentra sobre una giba de longitud variable de la cual se deriva su nombre común, la aleta caudal posee una envergadura grande con el borde anterior curvado hacia atrás (Leatherwood y Reeves, 1983; Nishiwaki, 1972; Tomilin, 1967; Watson, 1985; Winn y Reichley, 1985).

Las jorobadas llegan a tener entre 270 y 400 barbas con un tamaño aproximado de 80cm, presentando surcos que inicia desde el mentón hasta la zona del ombligo así como en la parte de las comisuras de la boca como la base de las aletas pectorales teniendo contornos irregulares debido a la unión de los carpos y metacarpos de las falanges entre el primer y segundo dígito (figura 2).

La aleta caudal en las ballenas funciona como huella digital por los diferentes patrones y colores, la envergadura es grande y curvado hacia atrás (Leatherwood y Reeves, 1983; Nishiwaki, 1972; Tomilin, 1967; Watson, 1985; Winn y Reichley, 1985). La variación en la coloración, forma y cicatrices tanto en las aletas caudales como dorsales permiten por medio de fotoidentificación llevar un registro de sus avistamientos, longevidad y migración (Glockner, 1983; Katona y Whitehead, 1981).

Clasificación:

Tabla 1. Taxonomía biológica de *Megaptera novaeangliae*.

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Mammalia
Orden	Cetacea
Suborden	Mysticeti
Familia	Balaenopteridae
Género	Megaptera
Especie	Novaeangliae (Borowski, 1781)

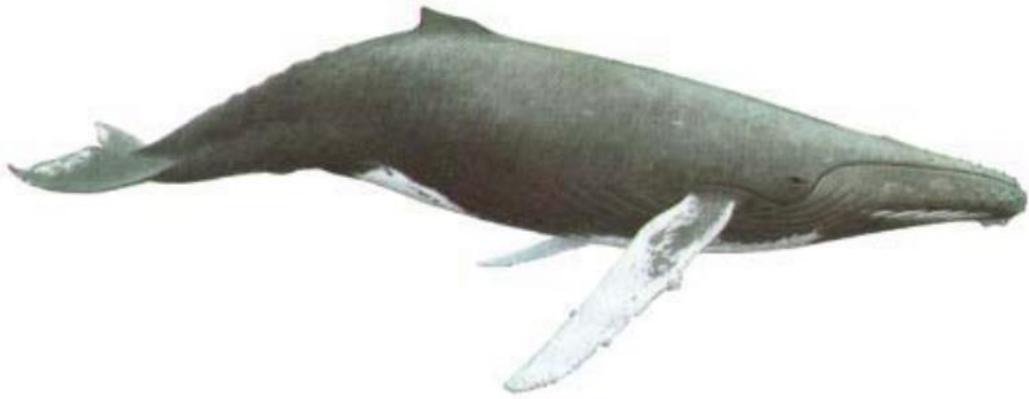


Figura 1. Humpback Whale. Tomada de Leatherwood y Reeves (1983).

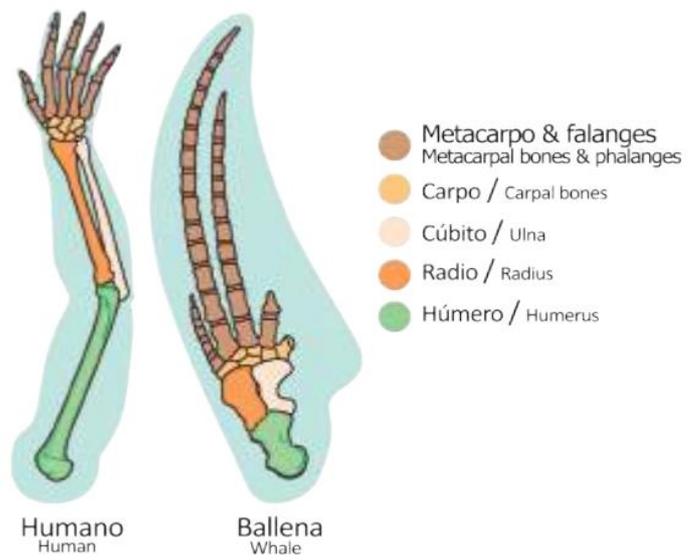


Figura 2. Addison Longman, Inc. 1999.

Las ballenas jorobadas son cosmopolitas, habitando en aguas subtropicales y tropicales de ambos hemisferios hasta las zonas subpolares, con un ciclo migratorio en cada año, la duración de la migración puede variar según sus localidades existiendo un desfase de seis meses entre las poblaciones del Hemisferio Sur y del Hemisferio Norte (Winn & Reichley, 1985).

Para la predominancia de la diversidad genética y selectividad la separación entre poblaciones es beneficiosa para los procesos de especiación (NOAA, 2015). Durante el invierno no se alimentan mucho debido a que dan a luz y cuidan a sus crías en aguas someras con temperaturas de 20°-25°, las jorobadas del Pacífico Sudeste entre junio y septiembre les enseña a sus ballenatos recorrer grandes kilómetros además de que los machos entran en competencia por la búsqueda y apareamiento con hembras, en esta fase los comportamientos o actividades de saltos, coletazos y golpe de las aletas dorsales abundan, mientras que en verano buscan altas altitudes de 35°-65° con zonas de gran productividad de krill.

5.2 ALIMENTACIÓN

Estos cetáceos pueden sumergirse hasta 200 metros mientras se alimentan, llegando a formar grupos, habiendo cooperación y por medios de los sonidos comunicación para la división de trabajo incluso se ha llegado a registrar asociaciones que han durado años (Dawbin, 1966; Guevara Porras, 2001; National Marine Fisheries Service, 1991; Winn y Reichley, 1985). Según por la Comisión Ballenera Internacional las poblaciones de jorobadas se dividen en subpoblaciones o stocks a nivel mundial, debido que se encuentran alejadas demográficamente, a lo largo de los años se ha comprobado por diversos estudios que las jorobadas mantienen una filopatría con las zonas de alimentación que de reproducción (Baker et al., 1998; Herman, 1979; Medrano-González, 2001; Ruddiman, 1987;

Guevara, 2001; Urban, 2001). Se ha documentado que la filopatría y cooperación entre individuos favorece el aprendizaje para su supervivencia. Las jorobadas hembras que no están en estado de parto son las primeras en abandonar las zonas de reproducción igual que machos inmaduros y hembras con crías recién nacidas, para los machos la segregación les funciona como una estrategia estando en las zonas de reproducción para aparearse mientras que las hembras maximizan la segregación en zonas de alimentación debido que necesita energía para la demanda de migración y reproducción (Clapham, 1996).

Hay registro que las conductas de alimentación son amplias y se heredan culturalmente, para ello suelen observarse jorobadas en la superficie nadando de costado, creando burbujas para atrapar krill, aturdiendo presas por medio de su aleta caudal y de las aletas pectorales con una alimentación en formación frontal además que usan señales acústicas para coordinar embestidas y asociación de individuos, también hay evidencia que las ballenas jorobadas son oportunistas en asociación con actividades de pesca por la intervención humana (Gendron, 1993; Johnson y Wolman, 1984; Kawamura, 1994; Cabrera y Rodríguez, 2000; National Marine Fisheries Service, 1991; Nishiwaki, 1972; Perry et al., 1999; Tershy et al., 1990, Weinrich et al., 1992).

5.3 REPRODUCCIÓN

Las jorobadas tienen un ciclo asociado de reproducción-migración que depende de su alimentación, en machos los testículos tienen forma elongada llegando a pesar hasta 4 kg en la pubertad con una longitud de 1.0m en la madurez y en adultos entre 1.0 - 2.5m, tejido que conforma el pene es fibroelástico por lo que se erecta con contracciones musculares, en el caso de las hembras poseen un lóbulo semiesférico posterior al ano que permite la identificación del sexo de los individuos, el útero

tiene forma bicorne con una placentación epiteliocorial, los ovarios son maduros sexualmente llegando a un peso entre 0.5 – 3.0 kg manteniendo un peso constante después de la madurez sexual, en invierno puede haber varias ovulaciones pero mayormente hay una, la leche materna contiene grasas, lactosa, proteínas y agua (Baker et al., 1987; Barlow y Clapham, 1997; Berta y Sumich, 1999; Brownell y Ralls, 1986; Clapham, 1996; Craig y Herman, 2000).

5.4 POBLACIONES

En el Pacífico Norte la subpoblación occidental se alimentan desde las Islas Kuriles y Honshu, Mar de Okhotsk, Península de Kamchatka e Islas Aleutianas occidentales reproduciéndose en las costas del sur de Japón, Corea y China, Filipinas orientales, Marshall. El stock central o hawaiana se alimenta frente a las costas de Alaska teniendo su reproducción entre Hawái y Maui, la subpoblación americana tiene sus zonas de alimentación en las costas de Washington y California mientras que su reproducción se da en la costa del Sur de Baja California hasta América central (Baker et al., 1998; Dawbin, 1996; Doroshenko, 2000; Johnson y Wolman, 1984; Leatherwood y Reeves, 1993; National Marine Fisheries Service, 1991; Nishiwaki, 1972; Perry et al., 1999; Rice, 1998; Tomilin, 1967; Townsend, 1935; Watson, 1985; Winn y Reichley, 1985).

La existencia de los stocks en el Océano Austral se los reconoce como seis regiones antárticas donde en verano las subpoblaciones se alimentan en el sur de la Convergencia Antártica; la primera región migra hacia las costas de Panamá Colombia, Ecuador e incluso se ha tenido registro de los avistamientos en Costa Rica, la segunda región en invierno, pasa en el Golfo de Benguela (África), mientras que la tercera región antártica tiene sus migraciones desde Madagascar hasta Etiopía, la cuarta región (70°-130° E), se reproduce en las costas de Australia a diferencia de la quinta región

en donde las jorobadas se direccionan a la costa Oriental de Australia en particular en el Mar de Coral, Tonga Fiji, Cook y Nueva Caledonia, por último en la sexta región antártica llegan a las costas de Tahtí, Tuamotú y Las Marquesas (Baker et al., 1998; Dawbin, 1996; Doroshenko, 2000; Johnson y Wolman, 1984; Leatherwood y Reeves, 1993; National Marine Fisheries Service, 1991; Nishiwaki, 1972; Perry et al., 1999; Rice, 1998; Tomilin, 1967; Townsend, 1935; Watson, 1985; Winn y Reichley. 1985).

Dentro del Hemisferio Sur se halla la población reproductora Pacífico Sudeste de cuencas oceánicas, conformada por una agrupación de siete stocks: A, B, C, D, E, F, G; cada una representando el asentamiento de la población durante su temporada reproductiva junto a la ruta migratoria que realiza. El stock A esta delimitado por la costa este de América del Sur (Brasil) donde llegan las jorobadas a reproducirse después de pasar en las costas de Francia, mientras el stock B centra su población en la costa oeste de África con dos subpoblaciones, con el substock B1 recorriendo Gabón (Costa oeste) hasta Angola limitando con el substock B2 que tiene su trayectoria también en Angola hasta Sudáfrica, el stock C se ubica en la costa este de África y del Océano Índico occidental con tres subpoblaciones, basándose en estudios de distribución el substock C1 esta denominado para jorobadas que nadan a lo largo de la costa oriental de África, el substock C2 esta designado para las jorobadas que recorren el canal de Mozambique por lo que el substock C3 transita entre las costa sur y este de Madagascar (Rosenbaum, H. C., Pomilla, C., Mendez, M& Kiszka, J. 2009).

El stock D sin ninguna subpoblación, se localiza en la costa este de Australia mientras tanto el stock E con tres subpoblaciones está ubicado en la costa este de Australia y del Océano Pacífico Occidental, específicamente E1 en Australia Oriental con una corriente oceánica importante por ser una autopista marina de varias especies, en el substock E2 las jorobadas se concentran en las costas de la isla Nueva

Caledonia y en el substock E3 en los alrededores de la nación insular Tonga a una distancia del Ecuador por 10.000 km (Kilómetros). El stock F posee dos subpoblaciones que se concentran en el Océano Pacífico centro-sur, con el substock F1 centrado en las Islas Cook y el substock F2 en la Polinesia Francesa (Olavarria et al. 2006), teniendo como último el stock G, que ocupa la costa este de América del Sur integrando países como Ecuador, Perú y Colombia (IWC, 2007).

5.5 ACTIVIDADES ACROBÁTICAS

Las ballenas jorobadas es uno de los cetáceos más acrobáticos exhibiendo una mezcla de comportamientos aéreos (Kaufman & Forestell. 2003) como: soplido, golpe de cola, cabeza y pectorales, cabeza espía, cruces y saltos (Edel & Winn, 1978; Whitehead, 1981; Baker & Herman, 1984; Pittman & Danton, 1985; Winn & Reichley, 1985; Florez-Gonzalez, 1989; Clapham et al., 1993).

Para algunos investigadores los saltos están relacionados con la limpieza de parásitos que se adhieren en la dermis mientras que los otros movimientos se los relaciona con cortejos, dominancia entre machos, comunicación visual y acústica (Baker & Herman. 1984; Whitehead. 1981; Ávila. 2000; Feliz. 2004). Los resoplidos y colisiones con partes de su cuerpo se lo vinculan a comportamientos de agresión mientras que las exposiciones de las cabezas están consideradas como comportamientos de orientación y exploración (Baker & Herman, 1984; Florez-Gonzalez, 1991; Avila, 2000; Kaufman & Forestell. 2003).

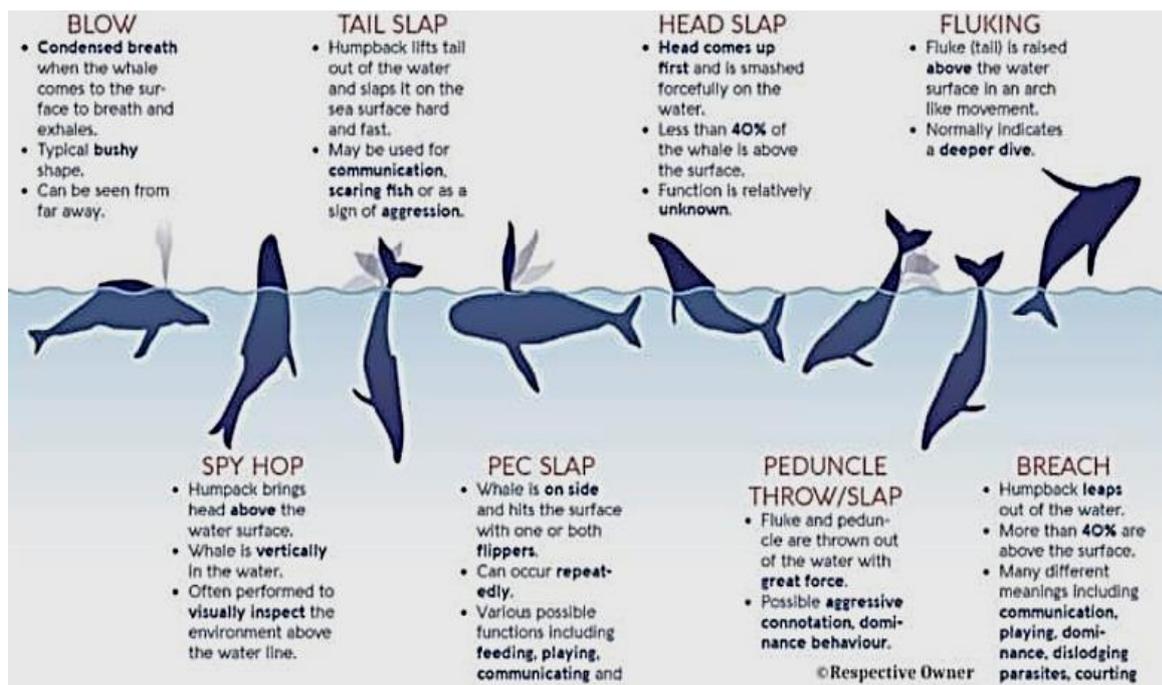


Figura 3. Faculty of Fisheries and Ocean Sciences. Ocean University of Sri Lanka. (2020).

5.6 CAZA Y CONSERVACIÓN

Antes de la cacería en el hemisferio sur la población lo conformaba un aproximado de 95000 individuos, una explotación a nivel mundial que tuvo sus inicios en el siglo XIX (Chapman. 1974). En el siglo XVIII, Ecuador formo una compañía Ballenera Ecuatoriana que estuvo por el Golfo de Guayaquil y Galápagos, ya durante los siglos XIX - XX a las ballenas se las cazó de forma comercial por la carne, grasa y huesos incluso llegando ser influyente en la cultura de Japón, Polinesia, Groenlandia. En este último país la caza comercial se detuvo en 1976 con un registro de haber asesinado a más de 1397 individuos. La cacería a una escala industrial entre 1905 y 1965 redujo un 5% de la población original quedando solo 1000 individuos de casi 15000, en el Océano Austral, bajo operaciones costeras se cazó 43000 ballenas jorobadas hasta 1917. Entre los años 1917 y 1938 utilizaron buques alrededor de la Antártica capturando un aproximado de 28 000 ballenas, agregando

la captura de 48.477 jorobadas por parte de la flota soviética entre 1947 y 1980 donde solo reportaron 2710, una gran diferencia entre lo capturado y lo reportado, mercados clandestinos en ciertas regiones del mundo aún sigue ofreciendo ventas de carne de diferentes especies de ballenas evadiendo las regulaciones y estricto control de la prohibición de ventas de organismos vulnerables y en peligro (Baker y Palumbi, 1994; Funahashi. 1998). Aunque en países balleneros como Groenlandia, Islandia y Japón actualmente se permite cuotas de captura de cetáceos con fines científicos y comerciales.

Los santuarios balleneros declarados no impiden que las jorobadas estén fueran de peligro con interacciones directas e indirectas de humanos. En Pacífico Sudeste los registros indican que en el siglo XVIII los barcos balleneros de EE. UU cazaban y capturaban en territorio de Panamá, Colombia y Ecuador (Townsend, 1935; Clarke. 1962), documentando capturas dentro de las 100 millas náuticas instalando los barcos desde el mes de mayo hasta finales de noviembre (Townsend, 1935; Aguayo. 1974).

Ecuador se encuentra conjunto a otros países como Chile, Perú y Colombia en acuerdos internacionales para el manejo y conservación de vida silvestre contando con herramientas legales para el direccionamiento de la diversidad biológica. En 1990, Ecuador firmó un acuerdo Ministerial N° 196 y manifestó un Refugio de Ballenas en todas las aguas territoriales y realización de un santuario de ballenas en la RMS (Reserva Marina de las Galápagos) con el objetivo de prohibir toda actividad que afecte y perturbe la vida de estos especímenes (DIMAR. 2001). La Defensa Nacional del Ecuador conjunto al Ministerio del Ambiente lograron modelar una Comisión de Supervisión de la Observación de ballenas que con el creciente interés turístico han establecido regulaciones para el avistamiento de ballenas previniendo mayores impactos negativos, pero sobretodo enseñando y

participando en la responsabilidad social sobre la población de cetáceos que llegan a las costas ecuatorianas.

En el 2014 CONVEMAR, con el apoyo del gobierno ecuatoriano decretaron un Acuerdo Interministerial con el objetivo de salvaguardar y regular las actividades de observación de cetáceos (Samaniego. 2015), debido que el desarrollo costero ha acrecentado obras de infraestructura que incorpora dragados del lecho marino además de incluir otros aspectos perjudicando el hábitat de varias especies marinas, existiendo colisiones de cetáceos por tráfico marino por altas velocidades de las embarcaciones teniendo registros de organismos varados, con cicatrices o con mutilaciones por las hélices siendo frecuente la mortalidad de las ballenas y delfines, los cetáceos y en particular las jorobadas en las zonas de reproducción son vulnerables a las colisiones por situarse en aguas pocas profundas con sus crías y por el incremento del tráfico marino destinado a la actividad turística de las zonas costeras más llamativas (Félix. 2006).

5.7 CANTO

La comunicación se produce moviendo el aire a través del pasaje nasal transmitiéndose a una considerable distancia bajo el agua (Félix. 2012), se ha propuesto que el canto es una demostración asociada con la reproducción ya que es solo los machos solitarios emiten las vocalizaciones complejas (Chittleborough, 1955; Dawbin, 1966; Nishiwaki, 1966; Baker et al., 1986; Katona y Beard. 1991). Las primeras descripciones de los cantos de las jorobadas fueron hechas por los científicos Roger Payne y Scott McVay denominando canción a la secuencia de sonidos con duración de 5 – 30 min repitiéndose cíclicamente (Payne y McVay, 1971; Winn y Winn, 1978; Silber. 1986). Los cantos son

emitidos por un gran número de machos sin que exista sincronía entre ellos por lo que en mayormente se puede escuchar a más de un individuo entonando (Cato, 1991; Smith. 2007).

Los estudios enfocados en los cantos de las jorobadas exploran el valor adaptativo y la estructura jerárquica de los patrones, sus variaciones, así como la trasmisión cultural (Winn y Winn, 1978; Hafner et al., 1979; Payne et al., 1983; Cerchio et al., 2000). Se ha evidenciado los cambios involucrados en unidades y frases a lo largo del tiempo (Winn y Winn. 1978), diferentes estudios han demostrado como influye su distribución geográfica en cuanto la estructura de los cantos (Winn y Winn, 1978; Winn et al., 1981; Helweg et al., 1990; Cato, 1991; Dawbin y Eyre, 1991; Noad et al., 2000), investigadores han propuesto que ciertos aspectos estructurales de las canciones pueden ser indicadores de la salud física de los individuos (Chu y Harcourt. 2000). Varias hipótesis indican que el canto de los machos tiene un desempeño fundamental en la selección sexual apoyando la interacción intrasexual como intersexual (Darling y Bérubé, 2001; Darling et al., 2006; Cholewiak, 2008; Smith *et al.*, 2008). Además, que las variaciones en las unidades de cantos sugieren que tiene una función comunicativa sobre aspectos de la identidad individual (Payne y McVay, 1971; Cholewiak et al., 2013).

El canto siendo un comportamiento vocal, se compone por elementos complejos conocidos como unidades que son sonidos cortos ruidosos o percusivos, que pueden durar entre 0.1 y 30 sg con energía variable de 200 a 2500 Hz (Payne y Payne, 1985; Mednis. 1991), seguido de frases que son secuencias que pueden variar entre 2 a 20 unidades componiendo temas, que es el conjunto de frases teniendo por canción entre 2 a 4-12 temas con una extensión de 5 a 30 min (Frankel. 2009), la frecuencia del canto difiere alrededor de los 20 Hz, que facilita la detección y registro al ser humano por estar dentro del espectro audible (Frankel, 2009; Winn et al., 2011; Rosii-Santos. 2012).

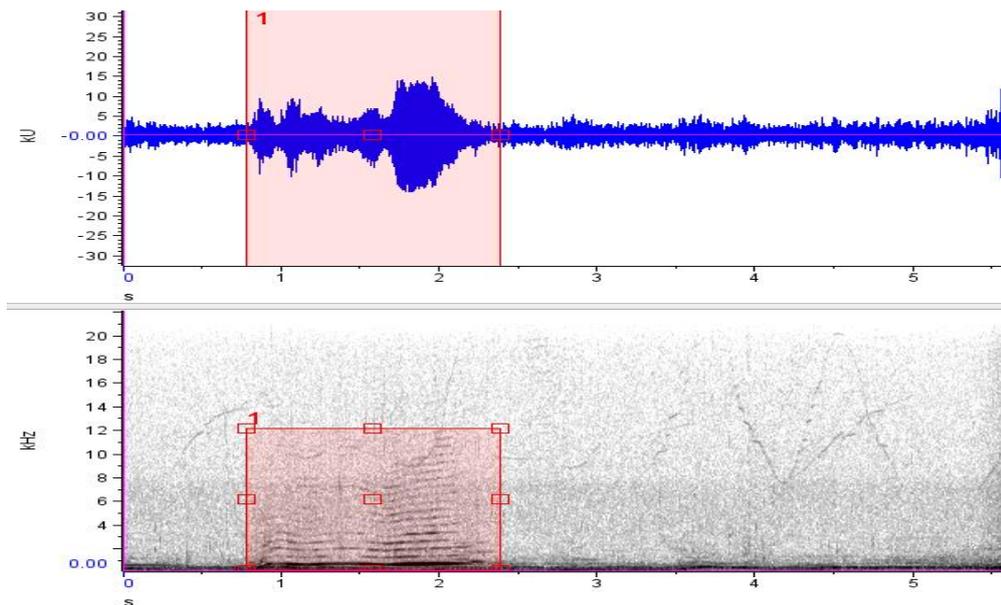


Figura 4. Parte superior (waveform). KU (amplitud), parte inferior (spectrogram). KHz (frecuencia) de una fracción de canción de *M. novaeangliae* 2022.

La transferencia horizontal del canto involucra a más individuos dentro de una población teniendo como funcionalidad la propagación dentro de la generación de la comunidad a diferencia de la transferencia vertical donde se refiere a que la hembra madre transmite el carácter a su descendencia (Garlander et al., 2011). Las variaciones de cantos de las poblaciones se propagan a través de cuencas oceánicas, provocando que los repertorios evolucionen de un año tras otro (Noad et al., 2000; Garland et al., 2011). Las poblaciones con alto grado de intercambio de canto suelen compartir o agruparse en la misma cuenca oceánica (Payne y Guinee, 1983; Helweg et al., 1990; Helweg et al., 1998; Cerchio et al., 2001). Las características espectrales modificadas indica que los elementos del canto están involucrados en el aprendizaje creando estructuras que evolucionan gradualmente, cuando una canción es rápida y reemplaza a otra versión que se lo conoce como revolución de la canción ya que no tienen similitud entre los cantos (Noad et al., 2000; Garland et al., 2011; Garland et al., 2013; Allen et al., 2018).

Se ha evidenciado que el patrón de las jorobadas a medida que evoluciona va aumentando su complejidad por medios de los cambios progresivos (Garland et al., 2021), una hipótesis correlaciona con los cantos de los machos es la transferencia de unidades entre individuos estando en contacto acústico. Los cantos de las jorobadas del Pacífico Sur tienen una evolución progresiva haciendo referencia a los machos que embellecen modificando sus cantos mediante sustitución o eliminación de los elementos individuales mientras que por otro lado las revoluciones culturales mencionan el reemplazo de una canción con otra por medio de la introducción vecina (Garland et al., 2021).

A partir de los patrones de sonidos repetitivos se componen los cantos por la duración y consistencia de los temas (Thompson, 1981; Frumhov. 1983). Las jorobadas pueden modificar o repetir los patrones con precisión, a medida que los patrones se repiten en los años tienden a ser más duraderos y al ser repetitivos pueden llegar a propagarse en el medio marino para ser recibidos por otras ballenas, los sonidos con altas intensidades pueden detectarse a kilómetros demostrando que el espécimen recepta y responden a la distancia (Payne &, 1985; Guinee & Payne, 1988).

Sin embargo, aún no hay estudios que evidencien por completo si algunos los patrones de sonido son más predecibles o si las jorobadas usan frecuentemente ciertas unidades, siendo puntos críticos para conocer la funcionalidad de la composición de las canciones (Winn, 1970; Frumhov. 1983). Para la exploración, identificación y caracterización manual de los patrones de cantos intraespecíficos por medio de la detección visual del espectrograma se ha usado en varios organismos como cetáceos y aves (Fischer y Hammer, 2002; Catchpole y Slater, 2003; Schall y Van Opzeeland. 2017).

CAPÍTULO II

6. METODOLOGÍA

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

La Reserva Marina de Bajo Copé está ubicada en la provincia de Santa Elena, parroquia Colonche, cantón Ayangue, el área protegida posee una superficie de 39,952 ha y está a 11,3 millas de la costa de Montañita.

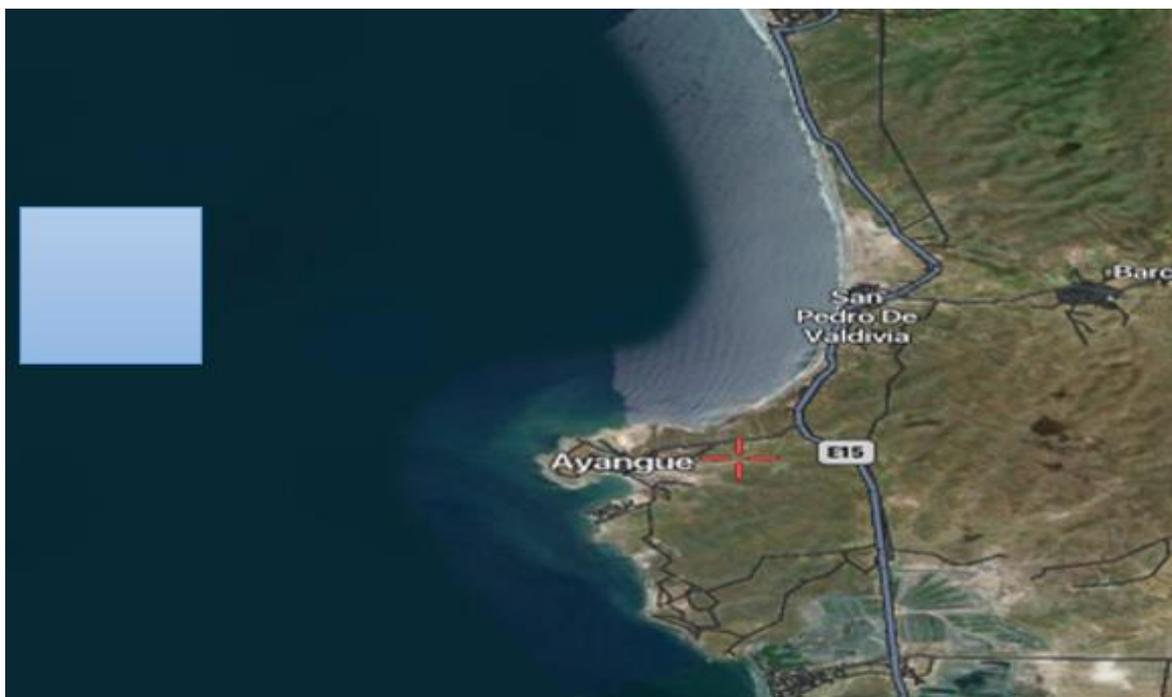


Figura 5. Vista satelital del cantón Ayangue. El cuadro celeste hace referencia a la ubicación y límites de la Reserva Marina de Bajo Copé (Fuente: Google Maps, 2022, maps.google.com).

El presente estudio se realizó durante la temporada reproductiva 2022 de la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) de la población Pacífico Sudeste, en la costa de Ecuador del cantón Ayangué. Predominando un clima seco durante junio-noviembre con temperaturas entre 22°C y 25°C influenciado por la corriente de Humboldt que impide el flujo de vientos cálidos y húmedos.

Se realizaron 11 salidas de campo, acatando el protocolo que regula los avistamientos de cetáceos, según el Art. 8, del Acuerdo Ministerial No. 20140004, con un estado vigente y con Registro Oficial 278 de 30 de junio de 2014, para garantizar la integridad de los ocupantes y evitar las perturbaciones a las ballenas.

6.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para este estudio se establecieron estaciones acústicas por medio de muestreos aleatorios teniendo entre cada estación una separación mínima de 10 km para evitar autocorrelación (que no se grabara el mismo macho cantor) (figura 6). Por medio del programa Avenza Maps se determinó el trayecto (en kilómetros) la distancia del recorrido y la distancia entre estaciones. Las salidas de campo se realizaron desde una embarcación de fibra de vidrio entre 10-12 m de largo, con jornadas de monitoreo de 5-6 horas en el día y con paradas acústicas de 10 a 30 minutos.

Una vez avisatadas las ballenas, las grabaciones se llevaron a cabo con el motor de la embarcación apagado. Aunque en algunas grabaciones la contaminación acústica estuvo presente por el sonido de motores de embarcaciones que transitaban a lo lejos de las estaciones, estas se ejecutaron para obtener el mayor número de registros y analizar posteriormente en gabinete y según la calidad de las grabaciones, se determinarían las más claras para el análisis de los patrones sonoros. Para la recepción

de sonidos fueron requeridos equipos como: hidrófono omnidireccional (Cetacean Research modelo SQ26-08 con un rango de frecuencia 0.020-45 kHz), un cable de 10 m de longitud para la sumersión del hidrófono y una grabadora digital Zoom H1. Ambos equipos conectados permitieron escuchar los cantos con auriculares en tiempo real.

En cada estación se realizó grabaciones de 30 minutos, si el canto era de alta calidad; y si el canto era con interferencia, las grabaciones tenían una duración de 5 min a 15 min, obteniéndose en cada de monitoreo 3 grabaciones por cada una de las 3 estaciones establecidas. En total se realizaron 10 grabaciones de las cuales se escogieron 5 para ser analizadas por presentar una relación señal-ruido (SNR) entre buena y muy buena, como se muestra en la figura. 7.

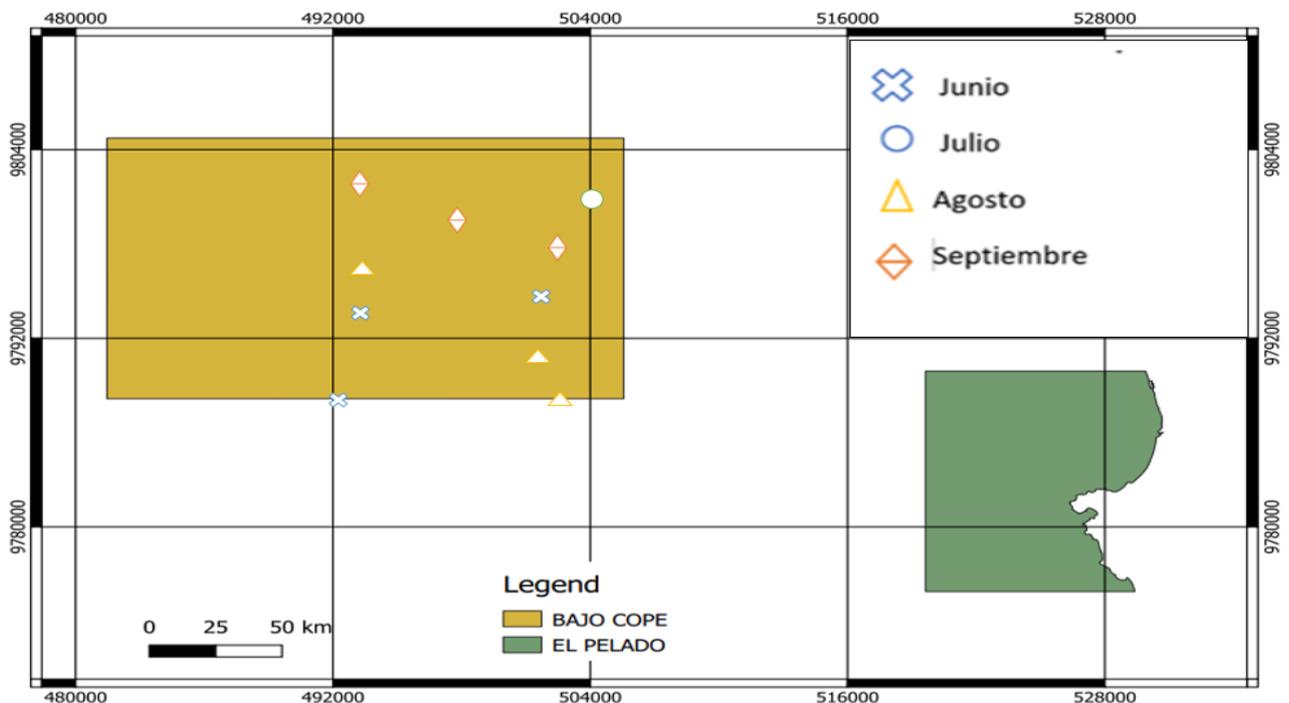


Figura 6. Mapa de REMAPE (Reserva Marina El Pelado), indicando con color amarillo la ubicación de la Reserva Marina de Bajo Copé y señalando con figuras geométricas las estaciones de monitoreo por mes.

Se utilizó datos acústicos recopilados desde junio hasta septiembre de 2022, que fueron una parte otorgadas por especialistas en mamíferos marinos del proyecto CETACEA Ecuador y otras registradas por la autora, los cuales se almacenaron en archivos digitales y fueron previamente analizadas por medio del espectrograma de Raven Pro 1.6.

Las grabaciones en formato digital facilitaron el análisis de los elementos sonoros y determinación de las unidades básicas utilizando el software Raven Pro (versión 1.6.) desarrollado y otorgado por Cornell Lab of Ornithology part of Cornell University (Charif *et al.*, 2010), que a través de los espectrogramas se identificó, interpretó y clasificó las unidades, frases y temas del canto de las ballenas jorobadas.

6.3 ANÁLISIS DE DATOS

De las 10 grabaciones realizadas, las registradas con los códigos 170101-185337, 190822-090154, 160922-085358 y 090922-125555; fueron descartadas por ser muestras regulares, es decir, que, a pesar de las entonaciones captadas, la interferencia por varios machos cantando, afectan a la distinción de unidades. Y la grabación 170101-192100 perteneciente al mes de junio se descartó por no poseer unidades para ser interpretadas. Analizándose solamente 5 grabaciones categorizadas por la calidad de la grabación entre muy buena y buena (Tabla 2).

Tabla 2. Calidad de las grabaciones de acuerdo al mes de muestro y SNR.

AÑO	SNR				
2022	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
JUNIO		170101-175617 (15:00 min)	170101-185337 (4:48 min)		170101-192100 (8:20 min)
JULIO		200722-110303 (15:20 min)			
AGOSTO	190822-093611 (32:00 min)	190822-075929 (5:30 min)	190822-090154 (15:34 min)		
SEPTIEMBRE		090922-135913 (32:00 min)	160922-085358 (15:30 min)	090922-125555 (17:00 min)	

6.3.1 CLASIFICACIÓN DE UNIDADES

La clasificación de las unidades dependió mucho de la nitidez en el espectrograma, donde las grabaciones con pocos cantores fueron más sencillas de seleccionar por presentar unidades interpuestas. Se seleccionó en el software las unidades individuales para ser analizadas de manera visual y sonora derivando así una interpretación, analizando las unidades en el programa Raven 1.6 (transformada de Fourier, ventana de Hann, con una frecuencia de muestreo de 44100 Hz) (Charif et al.,2010). Etiquetando las unidades que conforman las frases y temas acorde a Payne & Scott McVay (1971).

Una vez seleccionados los sonidos individuales se estableció de modo simbólico letras para la categorización de las frases repetitivas. Y por medio de selección activa del programa Raven se enmarcó las unidas visibles, es decir, con más potencia de energía en la ventana del espectrograma, con funcionalidades de vista del tiempo recorrido (segundos) y frecuencias emitidas (kilohercios), para la visualización de unidades (Oña, 2018).

6.3.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE FRASES

Para la descripción de frases y temas de cada mes, se realizó la medición, eligiendo en el programa Raven Pro 1.6, parámetros como: (begin time y end time), que indica el tiempo ya sea segundos o minutos que empezó y finalizó las unidades individuales seleccionadas en toda la grabación; la frecuencia delta (delta frequency) que abarca la unidad sonora completa seleccionada.

Para los límites de cada elemento sonoro fue indispensable las frecuencias mínimas y máximas (low frequency – high frequency), y en cambio para la medición de cúspides altas presentes en cada unidad se usó el pico de frecuencia (peak frequency). Parámetros que sirvieron de apoyo para relacionar las unidades similares y las diferentes, porque incluso entre las unidades análogas existen ínfimas disimilitudes. Sean estas por la entonación de otros cantores más lejanos o por el ruido submarino, pero sin generar grandes cambios en las estructuras sonoras de elección para el análisis cualitativo. Estos parámetros fueron seleccionados por recomendación del investigador en bioacústica de jorobadas y co-fundador de Proyecto CETACEA, Javier Oña.

Se seleccionó un total de 5 grabaciones de muy buenas y buena calidad de las 10 realizadas, evitando superposiciones de unidades considerando el planteamiento de Mercado et al., (2003), donde indica que las frases simbolizan el componente sustancial de la canción. Todos los análisis se basaron en el método observacional-descriptivo, donde se caracterizó las señales sonoras del canto de las jorobadas, eligiendo las unidades más consistentes (cantidad de apariciones durante los cantos y la frecuencia). El etiquetado del conjunto de frases y temas fue asignado según el orden de visualización y mes de muestreo, además de enmarcar con diferentes colores las selecciones de las frases y temas.

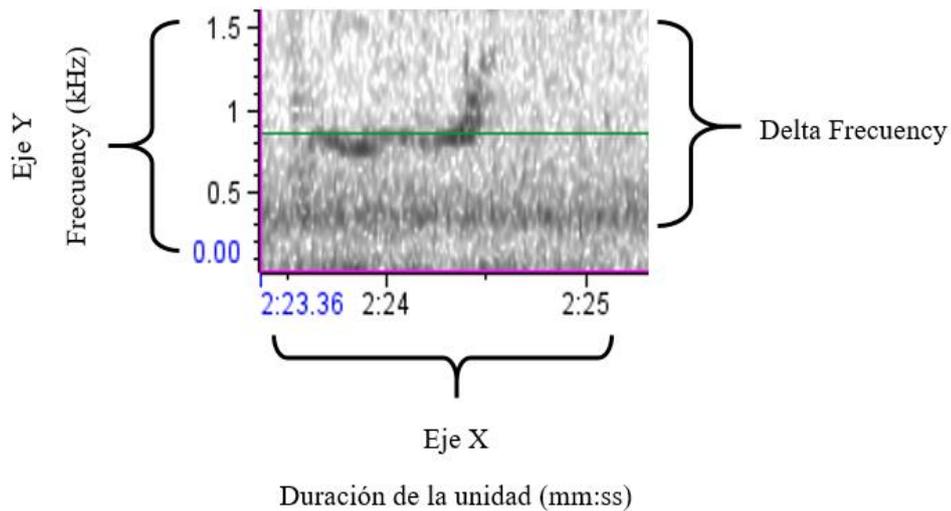


Figura 7. Ejemplo de una unidad. El eje Y representa la frecuencia en kHz (kilohertz) y el eje X representa el tiempo(seg).

6.3.3 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL CANTO EN TEMPORADA REPRODUCTIVA

De las 5 muestras seleccionadas, se eligió un canto con mayor duración, de mejor calidad (SNR) y con un solo cantor, para analizar si un cantor vocalizaba un solo canto o varios en un determinado periodo de tiempo. Se estructuró y organizó las frases que conforman el canto para determinar qué conjunto de unidades se repetían constantemente, de este modo, comparar los cantos producidos y la capacidad de modificar las características acústicas.

Por lo tanto, para la distinción se asignó letras dependiendo de la cantidad de frases y números de acuerdo con las variaciones de cada frase para las respectivas comparaciones entre las variantes, y las unidades que las conforman, lo cual se realizó para conocer que unidades presentaban una mayor repetición cíclica. Y simultáneamente cual unidad o conjunto de unidades constituían los patrones sonoros de esta temporada reproductiva.

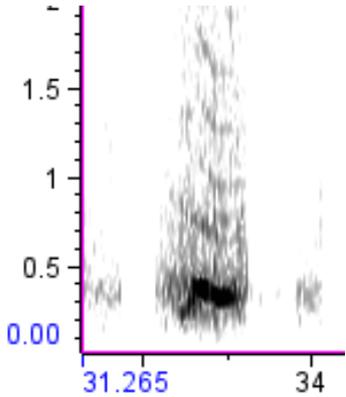
CAPÍTULO III

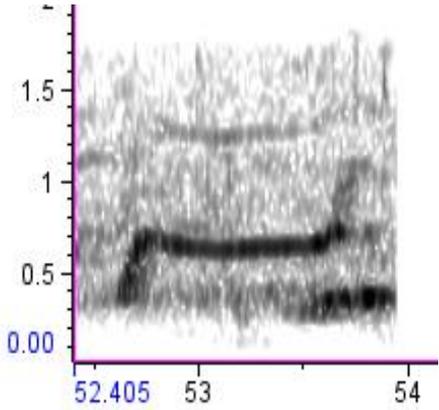
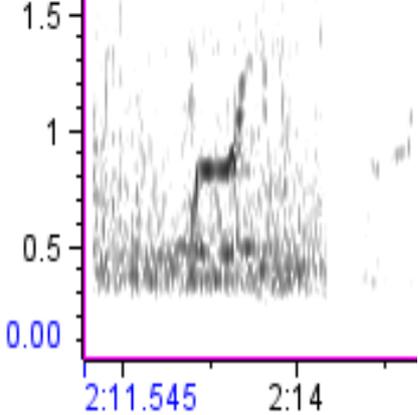
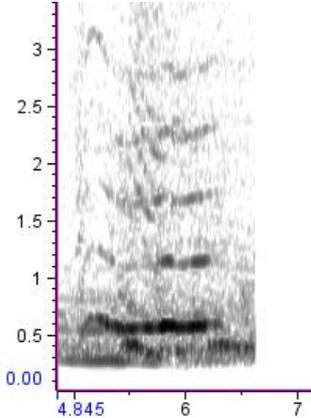
7. RESULTADOS

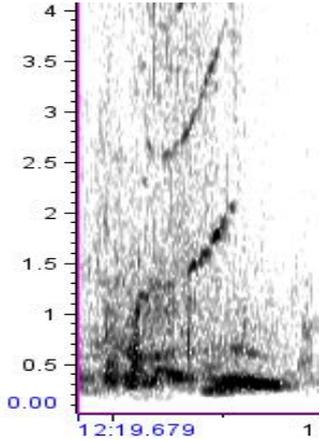
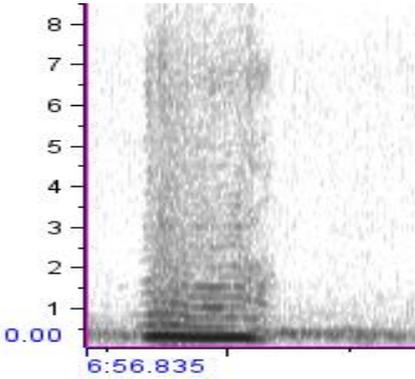
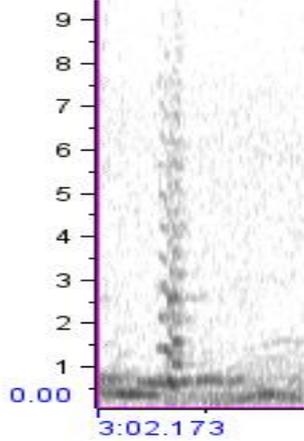
Se analizó las mejores secciones conteniendo un total de 99,67 minutos de 2028 unidades de las 5 muestras recopiladas (de calidad muy buena y buena).

7.1 CLASIFICACIÓN DE UNIDADES BÁSICAS

Durante la temporada reproductiva 2022, las unidades fueron interpretadas simbólicamente de acuerdo con la forma visual y sonora, en las cuales se eligieron unidades que se repetían constantemente entre los meses de monitoreo (Tabla 3). Para la clasificación se tomó en consideración la duración y Hz (Hertz) de cada elemento individual para su distinción, obteniendo 11 elementos sonoros como:

UNIDAD	DURACIÓN (Sg) / FRECUENCIA (Hz)	CANTIDAD	IMAGEN ESPECTRAL
MD (Modulado descendente)	D: 0,47 sg / F: 190-450 Hz	580	

<p>L (Llorón)</p>	<p>D: 0,9 sg F: 450 – 1470 Hz</p>	<p>200</p>	
<p>MH (Modulado High)</p>	<p>D: 0,11 sg F: 400 – 2010 Hz</p>	<p>191</p>	
<p>MDL (Modulado descendente largo)</p>	<p>D: 0,10 sg F: 370 – 690 Hz</p>	<p>420</p>	

<p>H</p>	<p>D: 0,9 sg F: 330 – 2700 Hz</p>	<p>30</p>	
<p>P Pulsado</p>	<p>D: 1 sg F: 260 – 2000 Hz</p>	<p>173</p>	
<p>M (Modulado cry)</p>	<p>D: 0,2 sg F: 510 – 5000 Hz</p>	<p>57</p>	

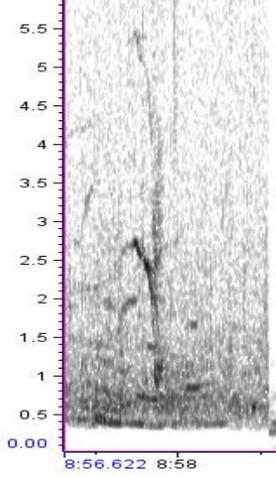
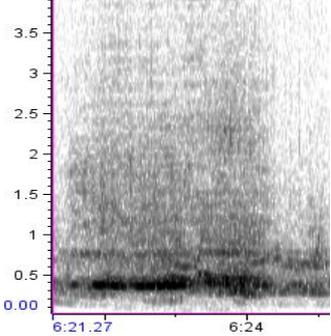
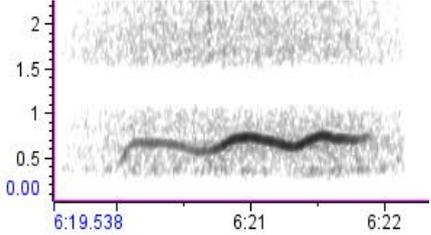
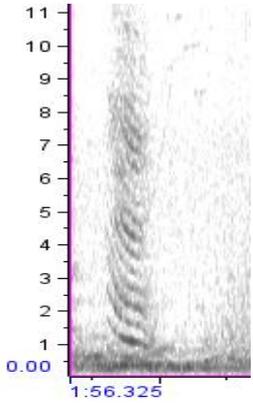
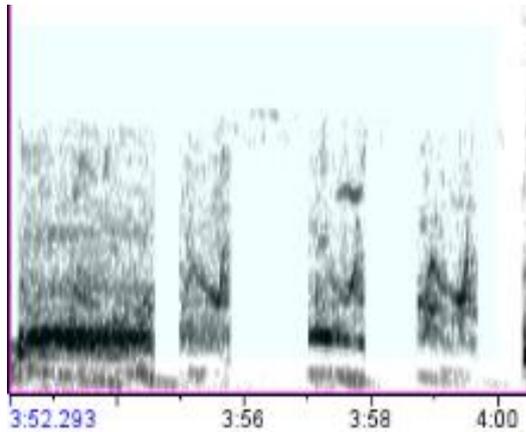
<p>A</p>	<p>D: 0,8 sg F: 730 - 5080</p>	<p>64</p>	
<p>BB Ráfaga de banda ancha</p>	<p>D: 1,4 sg F: 290 – 4050 Hz</p>	<p>126</p>	
<p>W</p>	<p>D: 1 sg F: 550 – 920 Hz</p>	<p>50</p>	
<p>BD Barrido descendente</p>	<p>D: 0,3 sg F: 420 – 4000 Hz</p>	<p>55</p>	

Tabla 3. Clasificación de tipos de unidades sonora, con duración y rango de frecuencia de la temporada reproductiva *Megaptera novaeangliae* 2022.

7.2 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LAS FRASES

En el análisis se registró 10 frases en la temporada, de las cuales, se obtuvo 2 temas por la estructuración de las frases.

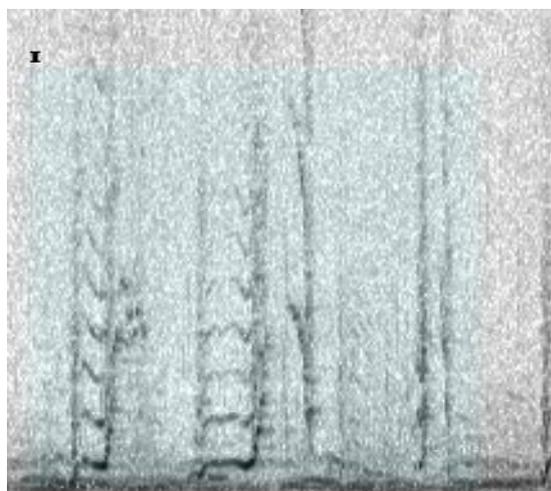
Frase 0



Única frase con una duración de 9 segundos que se repitió por 2 minutos, la primera unidad de gorgoteo grave, teniendo una repetición de whoup agudo mayor desde el minuto 3:55 – 3:59. Ambas unidades con frecuencia media mayor a 1000 Hz.

Figura 8. Espectrograma de una frase entonada.

Frase 1



Frase de 5 segundos, que se compuso por el conjunto de 4 unidades de frecuencia media, repitiéndose dos veces al comienzo de la grabación y volviendo a aparecer 3 veces al final de la misma.

Con dos unidades agudas de whoups seguidas y unidades cortas tonales.

Figura 9. Frase de un canto con vista en el espectrograma.

Frase 2

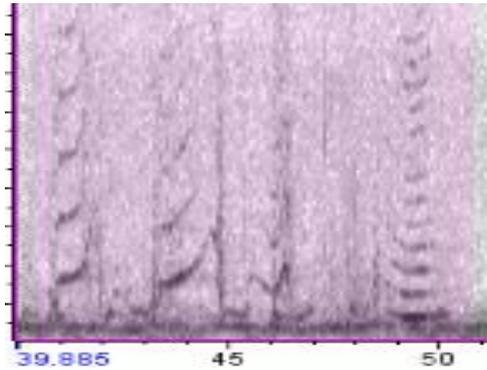


Figura 10. Espectrograma de la frase 2.

Frase con duración de 11 segundos con 3 unidades, de mayor ocurrencia en mitad del canto y siendo vocalizada 7 veces. Se compuso de frecuencias agudas entre 2000 – 5080 Hz terminando con una unidad de gemido descendente entre el segundo 49-50.

Frase 3

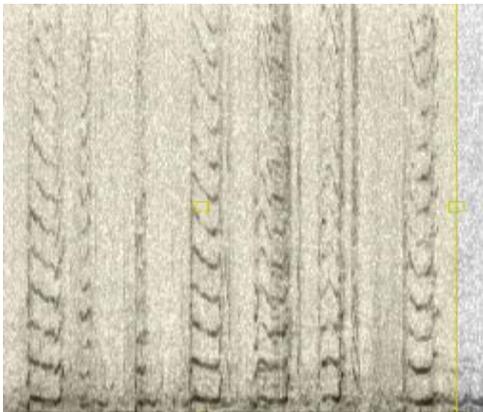


Figura 11. Espectrograma frase 3.

Frase de 18 segundos de duración, que se repitió durante 1 minuto, presentando unidades largas agudas y bajas rechinantes con frecuencias entre 1400 – 5000 Hz.

Con cinco whoups, dos ronquidos y un barrido descendente

Frase 4

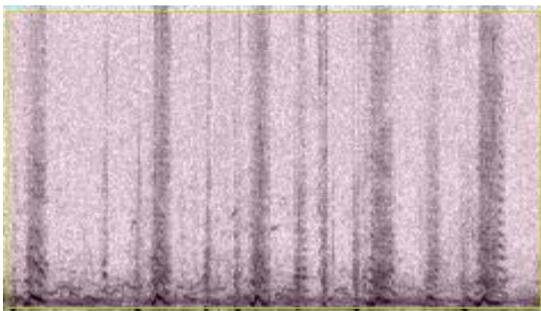


Figura 12. Vista del espectrograma.

Frase compuesta de dos unidades cortas con duración de 15 segundos que se repitió constantemente por casi 1 minuto presentando gemidos descendentes y frecuencias medias de 5000 Hz, que se repitió 4 veces en la grabación, además de ronquidos cortos.

Frase 5

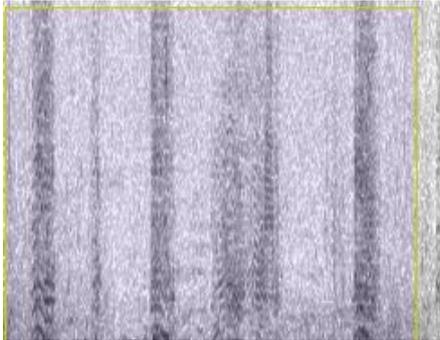


Figura 13. Espectrograma de frase 5.

Con una similitud con la frase 4, con 3 unidades de una duración de 11 segundos, este conjunto de unidades fue el más repetitivo, con frecuencias medias de gemidos, ronquidos y chillido modulado.

Frase 6

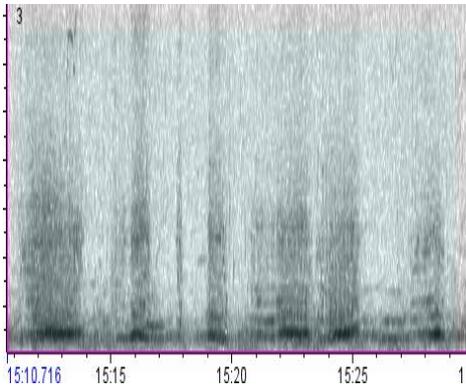


Figura 14. Espectrograma de unidades.

La constituye la unión de 3 unidades de esta frase, con una duración de 10 seg, comenzando con banda ancha de frecuencia media de mas de 3000 Hz, gemidos descendentes, un ronquido corto grave, y gorgoteo. Esta frase fue repetitiva durante un minuto y volvió a entonarse finalizando la grabación.

Frase 7S

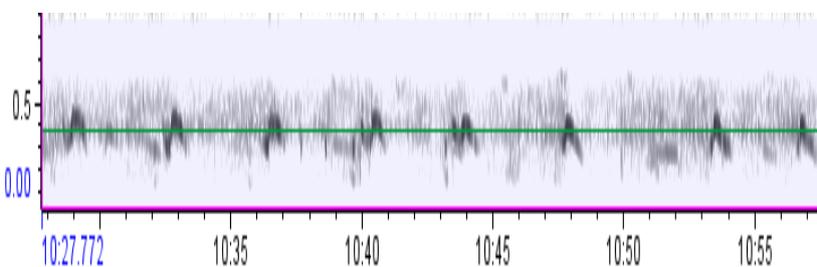


Figura 15. Fragmento de un canto con dos unidades cíclicas.

Formaron esta secuencia, la repetición de una unidad de frecuencia media, mayor a 250 Hz, fue la predominante durante la mitad de la grabación, presentando sonidos de gemidos, teniendo una duración de 47 segundos repitiéndose de manera ciclica. Su predominancia durante los 16 minutos de grabación puede estar relacionado con la detectabilidad de un solo cantor en el rango.

Frase 8S

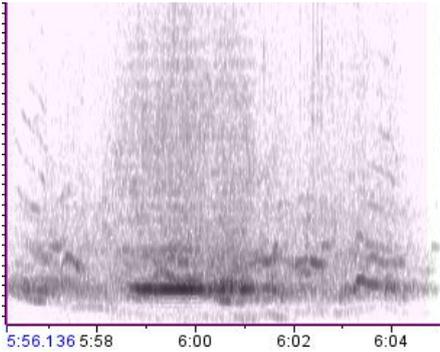


Figura 16. Exploración de unidades presentes en el espectrograma.

En esta frase, la primera unidad presentó una entonación baja de barrido descendente, entre 5:58 y 6:01, seguido de la segunda unidad sonora de gorgoteo con una duración de 1 segundo, la tercera unidad es un gemido descendente. Las unidades combinadas presentaron una consistencia de dos minutos de entonación. Esta frase estuvo presente el comienzo y final del canto

Frase 1S

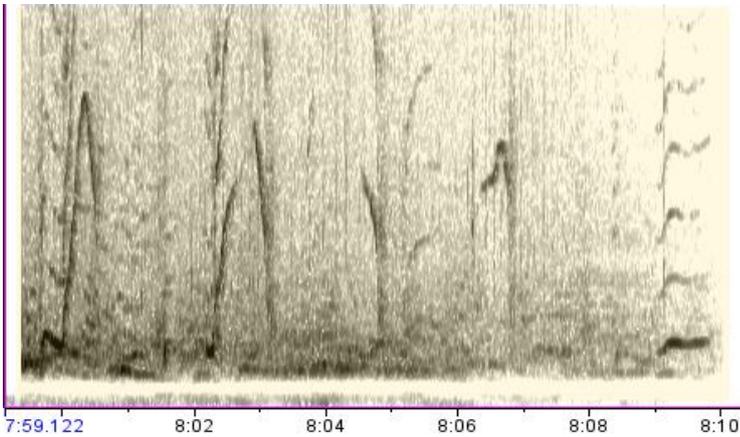


Figura 17. Conjugación de unidades formando una frase del canto.

La frase 1S, se compuso de unidades de frecuencia media, teniendo una similitud con la frase 1. Aunque en esta frase prevalecieron sonidos de chillidos agudos llegando a 5080 Hz y whoup, finalizando con un gemido grave corto con una frecuencia de 450 Hz. La frase se repitió cíclicamente por 2 minutos.

7.3 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS TEMAS

Se analizó 87:06 minutos de 5 grabaciones, con unidades sonoras mayormente de frecuencia media sin ninguna unidad de armónicos que superaban los 13000 Hz. La organización de unidades demostró una gran actividad de vocalizaciones sonoras cortas y graves (gemidos) y sonidos agudos altos como chillidos.

La composición y descripción de las frases dio como resultado los temas más frecuentes en la temporada compartiendo una frase entre ambos temas. El tema AU, lo conformaba frase 3, con unidades (MA, MH, BD, MDL) y la frase 4, con unidades cortas (MD, F).

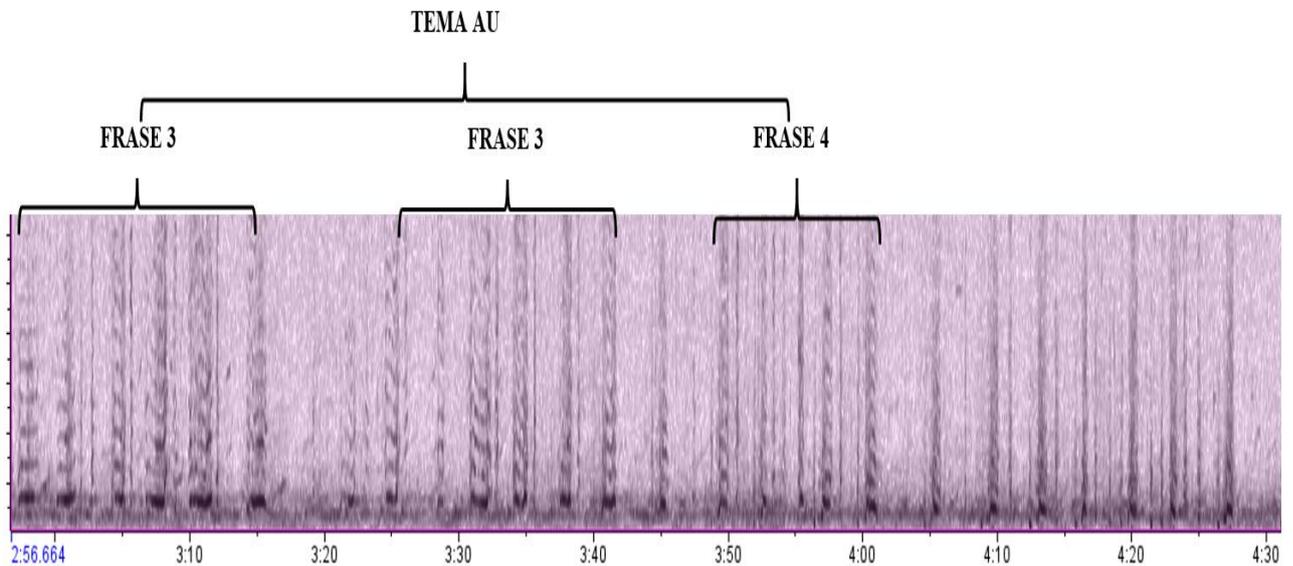


Figura 18. Conjunto de dos frases que conforman el Tema AU del canto emitido de *M. novaeangliae* 2022.

Mientras el tema AU2, estuvo formado por la frase 3 (MA, MH, BD, MDL) y frase 2 (H, A, A, MDL) (Figura 20).

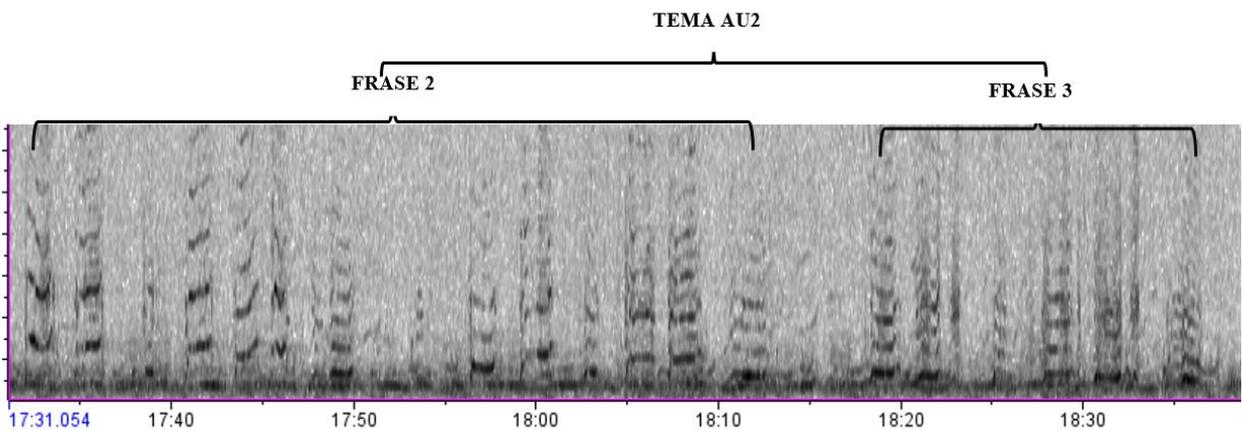


Figura 19. Tema AU2, compuesto por dos frases de un canto visualizadas en el espectrograma.

7.4 ANÁLISIS DE PATRONES ACÚSTICOS DEL CANTO

Se interpretó 32:00 minutos de un macho cantor de una grabación obtenida en el mes de agosto. Durante la visualización en el espectrograma se consideró dos cantos vocalizados por el ejemplar de acuerdo con la estructura y orden de las frases. En el primer canto explorado se obtuvo 5 frases, en el cual, las frases A y B presentaron variaciones, es decir, que una frase se altera por la eliminación o adición de una unidad en el intervalo de la emisión cíclica del canto, mientras, la distancia notoria entre el conjunto de unidades señala el fin de una frase para el comienzo de otra. Sin embargo, estas pausas o silencios acústicos no son constantes en los cantos.

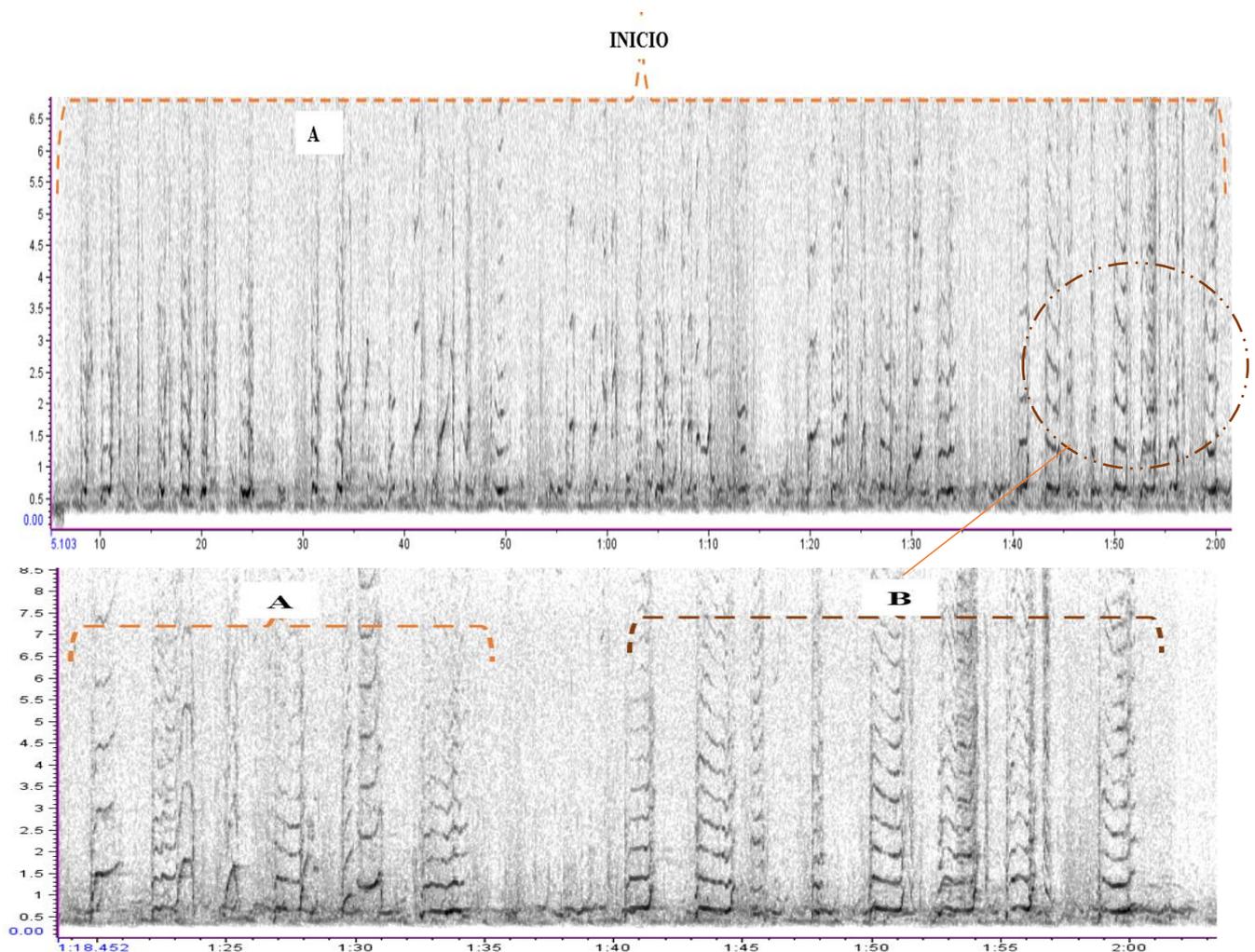


Figura 20. Secuencia de diversidad de frases del primer fragmento del canto.

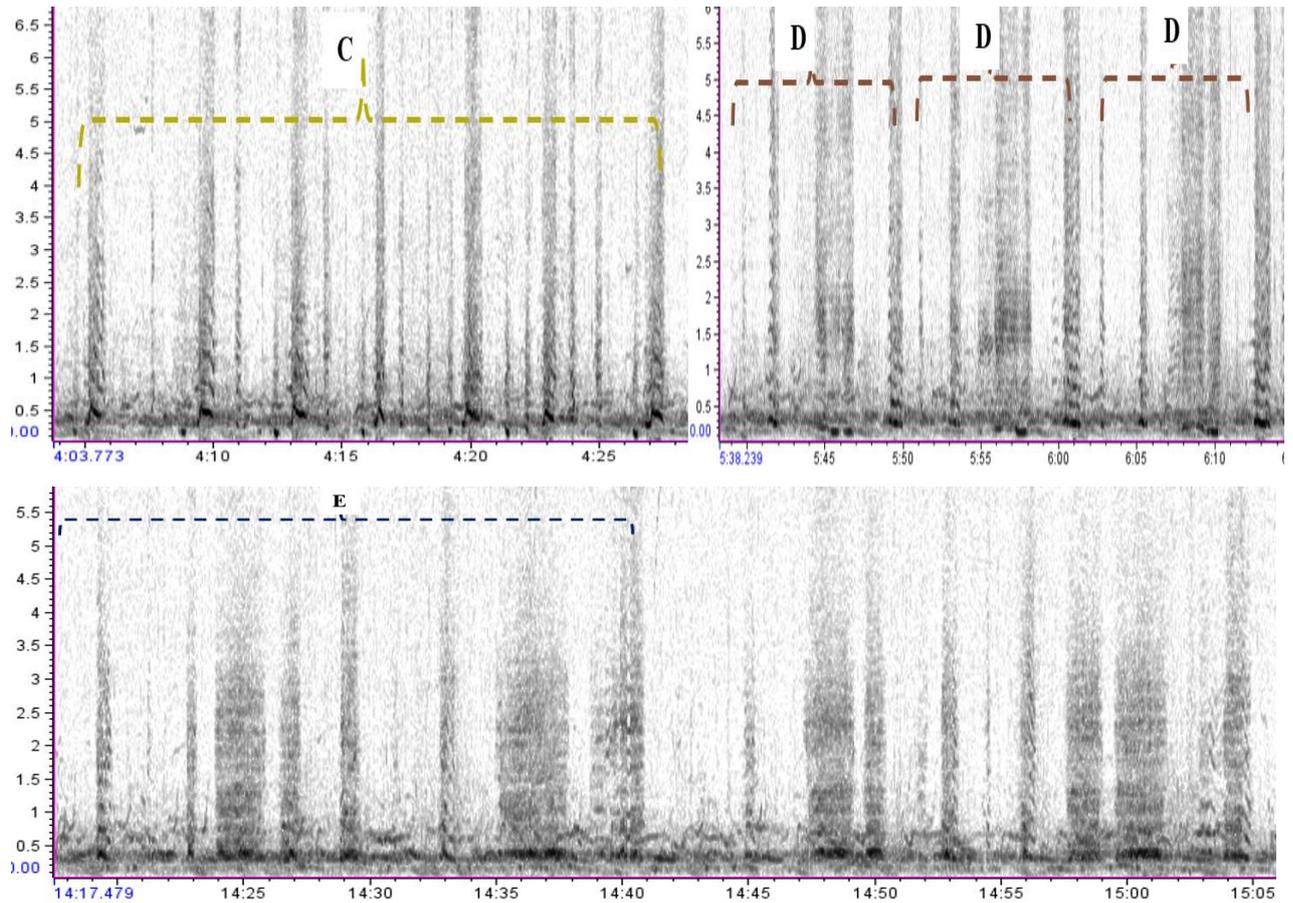


Figura 21. Secuencia del primer fragmento del canto. Con Frase C, D, E.

El primer segmento se lo denominó canto 1, conformado por la frase A, con unidades compactas que se repitieron en ese transcurso sin volver a ser entonadas, dando una introducción de frecuencias agudas altas de chillidos, mientras en frase B fue el conjunto de frases que perduró más que la anterior frase.

Entre frase C y D, fue notoria una transición de cambio, mientras en la frase C existieron unidades repetitivas cortas, y en D se unieron formando un conjunto de 4 unidades en donde se alternaron dos unidades cortas y una larga. Mediante esta observación se evidenció como un cantor fue uniendo unidades en su repertorio vocal.

En cambio, en la última frase E, la repetición de unidades con mayor presencia fue de gorgoteos de mayor a menor duración entre cada entonación. Dos de las frases (E y D) se repitieron al finalizar este canto, con el mismo patrón de unidades y de transición (Tabla 4).

Tabla 4. Estructura de las frases del primer fragmento vocalizado por un macho *M. novaeangliae*.

PRIMER CANTO							
FRASE	SECUENCIA DE UNIDADES						
A	H	MH	A	A	MA	H	W
B	MH	MH	BD	M	MA	MA	
C	MD	MH	MD	M			
D	BD	BB	BD	M			
E	MD	MH	BB	MD	MD	MD	BB

En el segundo canto analizado, registraron frases con sonidos de gorgoteos, chillidos y gemidos. La frase A1, se consideró como el inicio del segundo canto de un solo ejemplar, por la vocalización en este canto, fue similar al canto 1, aunque a comparación, esta frase tuvo mayor presencia de unidades repetitivas y con estructuración desigual iniciando con unidades de banda ancha (gorgoteos). Estas dichas unidades solo fueron vocalizadas dos veces dentro de este canto siendo parte de la frase A1.

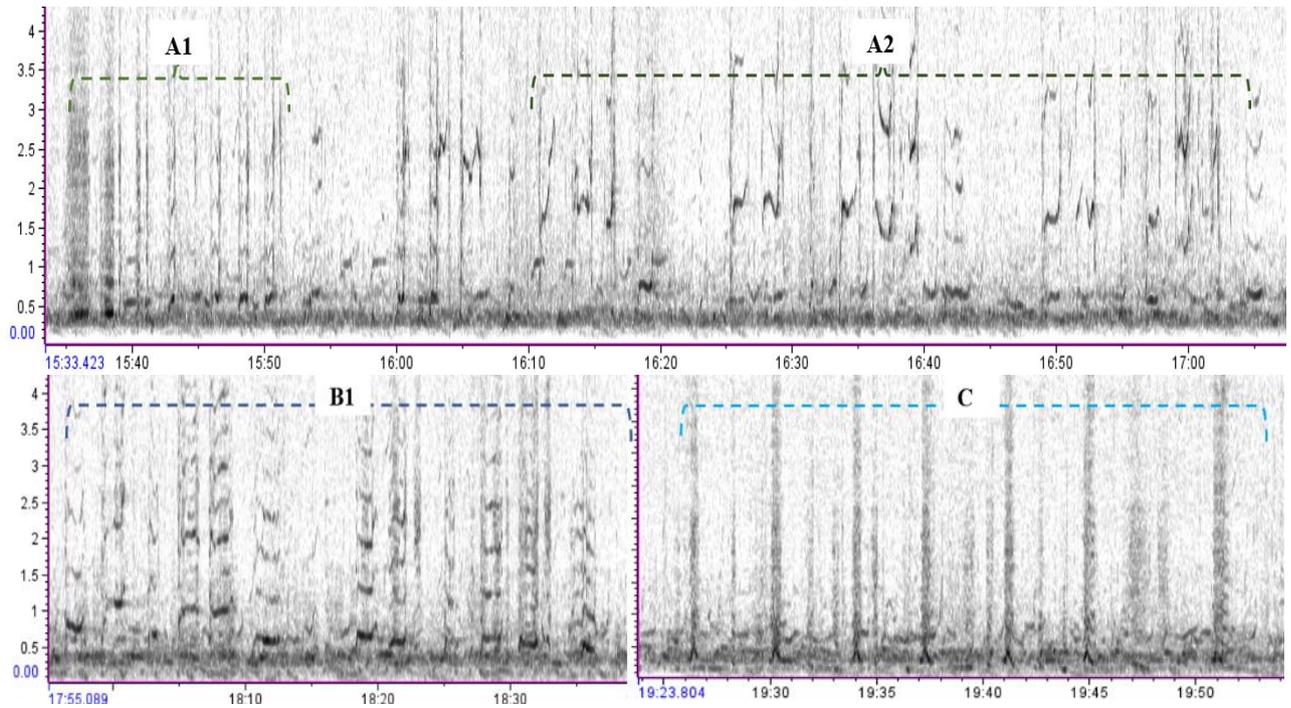


Figura 22. Fragmento de inicio del segundo canto de una jorobada macho.

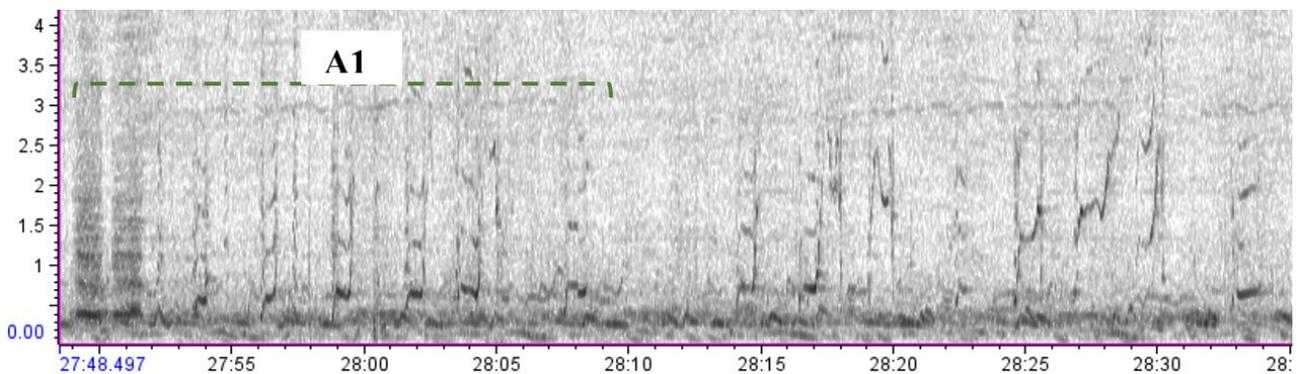


Figura 23. Repetición de la primera secuencia del segundo canto del macho

En cuanto a B1, frase del segundo canto, la composición estuvo caracterizada por unidades de gemidos con duración prolongada y con gruñidos graves cortos. El cantor fue introduciendo vocalizaciones agudas cortas que dio entrada para una frase que fue entonada en el primer canto y siendo la única homóloga entre los cantos. La potencia de las unidades fue minorando, probablemente por el cambio de una frase a otra, en donde el cantor se preparó para la transición o cambio de unidades en el mismo repertorio vocal. La frase C, conto con emisión de más de 1:00 minuto, reconocida por

ser la unidad MD (modulado descendente). La probabilidad de esta frase de mantenerse se da por la corta duración y frecuencia media de propagación de onda que puede ser receptada por otros cantores.

Al finalizar el canto 2, la secuencia de la frase A1 fueron las mismas que al comienzo del segundo canto, durante este fragmento fueron estables el conjunto de frases, con presencia de sonidos ascendentes como chillidos, además, se redujo la producción de unidades manteniéndose solo la unión de unidades H y A, que el cantor vocalizo hasta el final de la grabación (tabla 5).

Tabla 5. Estructuración del segundo canto vocalizado en temporada reproductiva 2022.

SEGUNDO CANTO							
FRASE	SECUENCIA DE UNIDADES						
A1	BB	MH	MH	M	MA		
A2	H	A	M	H	A	A	MDL
B1	MH	H	MA	MA	MDL		
C	MD	MH					

La frase A, fue caracterizada por presentar unidades ascendentes con un rango de frecuencia media, las variaciones fueron asignadas con un número para diferenciar entre los cantos, debido a que la organización de las unidades entre las frases de los dos cantos no fue homogénea.

Con la frase B, sucedió lo mismo, aunque solo presentó una variación de acuerdo con la estructura por lo que se le asignó el nombre de frase B1 en el segundo canto, frase que estuvo, conformada por cuatro unidades, que inició con unidades de frecuencia media y terminó con una de frecuencia baja,

presentando este segundo canto pocas unidades a diferencia del primer canto. Mientras, que las frases D y E, no fueron entonadas en esta parte del canto, De este modo, la conformación del primer canto estuvo compuesto de 5 frases que se repitieron por 15:00 minutos. Y el segundo canto conformado de 4 frases, donde el macho cantor entonó sonidos de chillidos.

Los patrones recurrentes en la temporada consistieron en elementos sonoros como: chillidos, gruñidos, gorgoteos y gemidos (Figura. 21), indicando una prevalencia de estas unidades y la conjugación para crear nuevas frases y temas sin cambios drásticos en su organización (Figura. 22). Manteniendo una preferencia y dominancia para entonar frases repetitivas para el cortejo y selección sexual. Estas secuencias cíclicas también se deben a que los cambios en la composición requieren años y no son posibles en una sola temporada, con una tendencia a señales sonoras análogas en un mismo año y en una misma zona geográfica. Por eso, con dos cantos diferentes realizados por un solo ejemplar, la estructura de las frases no varió de unidades, aunque si en su organización, incluso las unidades individuales fueron consistentes dentro de su frecuencia y duración de entonación, donde las características acústicas y los patrones sonoros se mantuvieron.

Las variaciones presentes de las frases A, B, del primer canto al segundo canto, denoto la importancia del cambio sutil en las entonaciones, si las variaciones no se hubieran repetido se habría descartado por no tener un patrón repetitivo en todo el canto. Por lo contrario, se tomó en cuenta frases A1, A2 y B1, por ser frases cíclicas en la vocalización, porque fueron frases repetitivas y con entonaciones duraderas (Figura. 23).

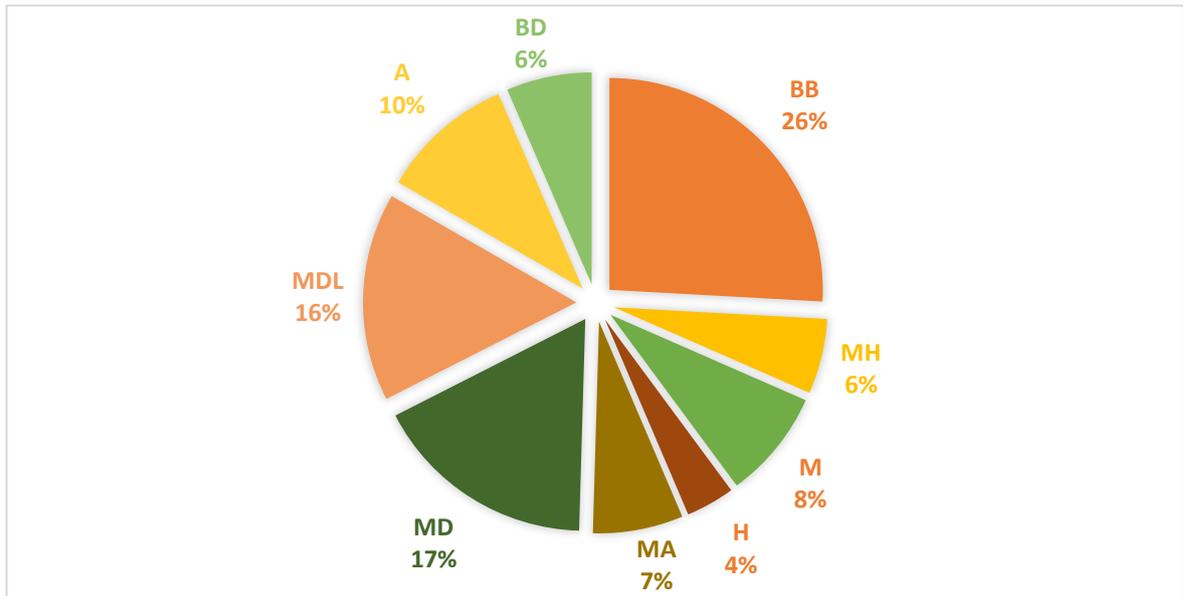


Figura 24. Porcentaje de unidades recurrentes en el canto de la temporada 2022.

Con el análisis del canto de mejor calidad y SNR, se seleccionó las unidades que conformaban las frases, dando porcentajes de prevalencia de cada unidad, teniendo un total de 9 unidades que formaron parte de los patrones de esta temporada, con una abundancia de unidades BB y MD. Mientras las unidades que apenas conformaron las secuencias de los dos cantos de un mismo macho cantor fueron BD, M, MA y H.

Por medio de este análisis se deduce que tanto las unidades de corta duración como las unidades de mayor duración, son esenciales dentro del despliegue de un canto. Siendo probable que las unidades cortas permanezcan por ser sencillas al momento de integrarlas y ser entonadas por otras jorobadas. Caso contrario, de las unidades con una mayor duración ya que poseen un rango de frecuencia medio y alto, con una funcionalidad de propagación y adquiridas por jorobadas fuera del área de estudio.

CAPÍTULO IV

8. DISCUSIÓN

Este estudio de bioacústica en la provincia de Santa Elena y el primero en la Reserva Marina Bajo Copé, se enfocó en la caracterización de elementos sonoros durante una temporada reproductiva, donde investigaciones de clasificación de unidades de los cantos de ballenas jorobadas por lo general indican que estos, evolucionan progresivamente, llegando a cambiar el repertorio vocal. Sin embargo, en esta investigación se evidenció que esos cambios graduales no se desarrollan en un corto periodo, por lo que en una sola temporada se observó variantes de frases, pero sin secuencia de unidades iguales entre los cantos.

Las unidades encontradas en esta, investigación se registraron con anterioridad en otros estudios, compartiendo unidades como: BB (ráfaga de banda ancha) de acuerdo con la clasificación de Barragán (2019) en el Área Marina del Parque Nacional Machalilla y Reserva Marina Canta Gallo, donde se expusieron 8 unidades diferentes, de las cuales se determinó que tres unidades se repitieron (B, H y M) entre el periodo 2017-2018.

Así también, las unidades H (High) que se encontraron en este estudio, también fueron encontradas por Maldonado (2018) en la Reserva Marina Galera San Francisco, entre 2013 y 2017, pero sin cambios notorios. Por lo que podría interferirse una preferencia y/o dominancia de las unidades (H y BB) por ser repetitivas en los diferentes periodos de estudio en las costas de Ecuador.

Schall et al., (2022), que abarcó los cantos de jorobadas del Hemisferio Sur, tuvo la presencia de las unidades H y A, esta última reportada como parte de ASSO (Atlantic sector of the Southern Ocean), registrada en la costa de Brasil. Y a diferencia de la misma unidad A obtenida en este estudio, esta presentó una baja frecuencia de entonación. Mientras que la unidad H, se ha mantenido con un mismo rango de frecuencia. De igual manera, dos unidades (M y BD), que conformaron las secuencias de un estudio de los cantos de ballenas jorobadas en el Parque Nacional Machalilla realizado por Fowler et al., (2019), si fueron registradas en la zona de este estudio. Aunque con respecto a las frases, no se encontró homología entre las frases encontradas en esta investigación con las descritas de acuerdo con Fowler et al., (2019).

Los estudios bioacústicos dentro del país son indispensable para generar comparaciones del canto, sus unidades y frases en los diferentes años y áreas durante la etapa migratoria, lo que ayudaría a observar cambios progresivos y determinar el tiempo que tardan en incorporar nuevas unidades de poblaciones vecinas. En este estudio hubo interposiciones de unidades por el canto unísono de varias jorobadas interfiriendo así, en la obtención de datos cuantitativos, por lo cual solo se utilizaron las grabaciones de buena calidad. Sirviendo esta investigación de referencia base para el registro de las unidades, frases y temas de las ballenas jorobadas, claves en el comportamiento reproductivo de la especie.

9. CONCLUSIÓN

Se obtuvo un total de 11 unidades con 10 frases y 2 temas establecidas en temporada reproductiva, demostrándose la consistencia de unidades sonoras durante una temporada reproductiva del stock G, donde algunas unidades y frases también fueron establecidas por otros investigadores en años anteriores. Las unidades registradas en este estudio fueron frecuencias que variaron, entre un rango mínimo de 190 Hz hasta más de 5000 Hz. No se observó unidades con armónicos altos que sobrepasan los 14000 Hz. Por lo que la mayoría de las unidades se mantuvieron entre frecuencias medias. Mientras que la duración de cada unidad fue necesaria para conocer la importancia que tienen las entonaciones de unidades cortas y largas, las cuales favorecen en la composición de los cantos por ser cíclicas.

La mejor grabación registrada en el mes de agosto, mostró una visualización continua de estructuración de frases, con variedad de unidades organizadas y, sin interferencia por otros cantores o por contaminación acústica. Lo que facilitó la interpretación y clasificación de frases y tema. Se diferenció dos cantos vocalizados por un solo ejemplar, aunque el principio de los dos cantos presentó una similitud de composición, al seguir entonando se registraron cambios en la cantidad de unidades emitidas, disminuyendo las entonaciones y por ende el conjunto de unidades.

Dos frases encontradas en el primer canto también fueron entonadas en el segundo, deduciéndose que un macho cantor puede vocalizar varios cantos con una estructuración muy similar al no modificar todo el repertorio y manteniendo unidades constantes.

10. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, realizar futuros estudios con una base acústica fija, para la obtención de grabaciones ininterrumpidas durante la temporada reproductiva, para obtener un mayor registro de cantos y registrar información de las unidades individuales entre cantores machos y a la vez conseguir una clasificación más precisa.
- Se recomienda, elaborar un catálogo de frases consistentes de cada temporada con los parámetros enfocados en la frecuencia, de este modo, establecer comparaciones de unidades conservativas en diferentes años en una misma área de estudio.
- Monitorear a un solo macho cantor durante el transcurso de la temporada reproductiva, además de sus actividades de cortejo, para de esta manera establecer la funcionalidad del canto para atraer a las hembras.

BIBLIOGRAFÍA

- Nieto García, M. D. (2019). Guía sobre la vida de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y su paso por el pacífico colombiano.
- SEMARNAT, (2018). Programa de Acción para la Conservación de la Especie Ballena Jorobada (*Megaptera novaeangliae*), SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).
- Carchi Jurado, A. F. (2021). Estudio situacional de La Reserva Marina Bajo Copé para la planificación de un recorrido turístico (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Comunicación Social
- Barragán Tabares, L. M. (2019). Análisis bioacústico del canto de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en el área marina del Parque Nacional Machalilla y la Reserva Canta Gallo entre el 2017 y 2018 (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Libro Rojo de la Fauna Venezolana (pp.1-4) Edition: 4taChapter: Ballena Jorobada Publisher: Provita y Fundación Polar.
- Koen Van Warebeek, B. (2007). Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales. Fundación Yubarta. Cali. Colombia. 106 p.
- Guadamud, K. (2017). Observación de ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) y su incidencia dentro de las actividades turísticas de la parroquia Puerto Cayo del cantón Jipijapa (Doctoral dissertation, Tesis de Grado Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Ecoturismo, Universidad Estatal del Sur de Manabi).
- Oña, J., Garland, E. C., & Denkinger, J. (2017). Southeastern Pacific humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) and their breeding grounds: distribution and habitat preference of singers and social groups off the coast of Ecuador. *Marine Mammal Science*, 33(1), 219-235.
- Elliott, W. (2007). Whales in hot water.
- Caycedo-Rosales, P. C., Ruiz-Muñoz, J. F., & Orozco-Alzate, M. (2013). Reconocimiento automatizado de señales bioacústicas: Una revisión de métodos y aplicaciones. *Ingeniería y Ciencia*, 9(18), 171-195.
- Ortiz-Wolford, J. S., Corona-Figueroa, M. F., Coronado, O. H. M., & Petersen, A. G. (2022). Cetacean sightings in the Caribbean Sea of Guatemala. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 17(1), 51-58.

- Djokic, D. (2021). Latin American humpback whales song dynamics.
- Mora, B. D. (2017). Estructuración del canto de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) para la población del Pacífico Colombiano.
- Aguilar, S. E. S. (2009). Análisis estructural de la canción de la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). Variación individual, temporal y geográfica en la Bahía de Banderas y alrededores de la Isla Socorro, México.
- González, L. M., & Aguilar, S. E. S. (2014). Patrones espacio-temporales del canto de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) en el Pacífico mexicano.
- Mercado, I. I. I., Herman, L. M., & Pack, A. A. (2003). Stereotypical sound patterns in humpback whale songs: Usage and function. *Aquatic Mammals*, 29(1), 37-52.
- Mercado III, E. (2021). Song morphing by humpback whales: Cultural or epiphenomenal?. *Frontiers in Psychology*, 11, 574403.
- Green, S. R., Mercado III, E., Pack, A. A., & Herman, L. M. (2011). Recurring patterns in the songs of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Behavioural processes*, 86(2), 284-294.
- Cholewiak, D. M., Sousa-Lima, R. S., & Cerchio, S. (2013). Humpback whale song hierarchical structure: Historical context and discussion of current classification issues. *Marine Mammal Science*, 29(3), E312-E332.
- Zandberg, L., Lachlan, R. F., Lamoni, L., & Garland, E. C. (2021). Global cultural evolutionary model of humpback whale song. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 376(1836), 20200242.
- Noad, M. J., Cato, D. H., Bryden, M. M., Jenner, M. N., & Jenner, K. C. S. (2000). Cultural revolution in whale songs. *Nature*, 408(6812), 537-537.
- Chu, K., & Harcourt, P. (1986). Behavioral correlations with aberrant patterns in humpback whale songs. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 19(5), 309-312.
- Medrano. (2000). La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) en la Norma Oficial Mexicana 059-ECOL-2000, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias.
- Ministerio de Turismo. (2017). Capacitación Especializada en Observación de Ballenas para Guías de Turismo Locales identificados en la Zona Costera del Ecuador.

- Au, W. W., Pack, A. A., Lammers, M. O., Herman, L. M., Deakos, M. H., & Andrews, K. (2006). Acoustic properties of humpback whale songs. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 120(2), 1103-1110.
- Lilián Flórez-González, Isabel Cristina Ávila, Juan Capella Alzueta, Patricia Falk F., Fernando Félix, Jorge Gibbons, Héctor M. Guzmán, Ben Haase, Julio César Herrera c., Viviana Peña, Luis Santillán, Isabel Cristina Tobón B., Koen Van Warebeek. (2006). Estrategia para la conservación de la ballena jorobada del Pacífico Sudeste. Lineamientos de un plan de acción regional e iniciativas nacionales. Fundación Yubarta. Cali. Colombia. 104 pp.
- Zoidis, A. M., Smultea, M. A., Frankel, A. S., Hopkins, J. L., Day, A., McFarland, A. S., ... & Fertl, D. (2008). Vocalizations produced by humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) calves recorded in Hawaii. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123(3), 1737-1746.
- García, M., (2015). Los derechos de las Ballenas frente a la Refinería del Pacífico.
- Schulze JN, Denkinger J, Oña J, Poole MM, Garland EC. (2022). Humpback whale song revolutions continue to spread from the central into the eastern South Pacific. *R. Soc. Open Sci.* 9: 220158.
- Hauer-Jensen. (2018). Análisis de los Cantos de las Ballenas Jorobadas: Aplicando el método tradicional.
- Félix, F., Carrasco Valdivieso, A., & Haase, B. (2018). Nueva evidencia de conectividad de ballenas jorobadas entre la Península Antártica y la costa de Ecuador.
- Tyarks SC, Aniceto AS, Ahonen H, Pedersen G y Lindstrøm U. (2022). Changes in humpback whale song structure and complexity reveal a rapid evolution on a feeding ground in Northern Norway.
- Schulze JN, Denkinger J, Oña J, Poole MM, Garland EC. (2022). Las revoluciones del canto de las ballenas jorobadas continúan extendiéndose desde el centro hacia el este del Pacífico Sur. *R. Soc. Ciencia abierta.* 9:220158.
- Schall, E., Roca, I., & Van Opzeeland, I. (2021). Acoustic metrics to assess humpback whale song unit structure from the Atlantic sector of the Southern Ocean. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 149(6), 4649-4658.
- Mercado, E., & Perazio, C. E. (2022). All units are equal in humpback whale songs, but some are more equal than others. *Animal Cognition*, 25(1), 149-177.
- Zhang, Z., & White, P. R. (2017). A blind source separation approach for humpback whale song separation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 141(4), 2705-2714.

- Castro, C. y Tirira, D. G. (2021). Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*). En: Libro Rojo de los mamíferos del Ecuador (3a edición). Versión 2022.1. Quito: Asociación Ecuatoriana de Mastozoología, Fundación Mamíferos y Conservación, Pontificia Universidad Católica del Ecuador y Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador.
- Acevedo, J. (2013). Diagnóstico de las relaciones predador-presa en el Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane.
- Félix, F., Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., Ávila, I. C., Botero Acosta, N., Calderón, A., ... & Vásquez, E. (2021). Humpback whale Breeding Stock G: Updated population estimate based on photo-ID matches between breeding and feeding areas (SC/68C/ASI/02 IWC working paper). International Whaling Commission.
- Albertson, G. R., Friedlaender, A. S., Steel, D. J., Aguayo-Lobo, A., Bonatto, S. L., Caballero, S., ... & Baker, C. S. (2018). Temporal stability and mixed-stock analyses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the nearshore waters of the Western Antarctic Peninsula. *Polar Biology*, 41, 323-340.
- Monnahan, C. C., Acevedo, J., Noble Hendrix, A., Gende, S., Aguayo-Lobo, A., & Martinez, F. (2019). Population trends for humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) foraging in the francisco coloane coastal-marine protected area, magellan strait, Chile. *Marine Mammal Science*, 35(4), 1212-1231.
- Reisinger, R.R.; Friedlaender, A.S.; Zerbini, A.N.; Palacios, D.M.; Andrews-Goff, V.; Dalla Rosa, L.; Double, M.; Findlay, K.; Garrigue, C.; How, J. (2021). Combining Regional Habitat Selection Models for Large-Scale Prediction: Circumpolar Habitat Selection of Southern Ocean Humpback Whales. *Remote Sens.* 2021, 13, 2074.
- Rosenbaum, H. C., Pomilla, C., Mendez, M., Leslie, M. S., Best, P. B., Findlay, K. P., ... & Kiszka, J. (2009). Population structure of humpback whales from their breeding grounds in the South Atlantic and Indian Oceans. *PLoS One*, 4(10), e7318.

ANEXOS



ANEXO 1. Monitoreo de acústica pasiva en el Provincia de Santa Elena.



ANEXO 2. Vista aérea de la embarcación desde un dron.



ANEXO 3. Salida de campo bajo la supervisión del MAE (Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica).